الوحدة 20

الهيدروكربونات

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

الأقسام

1 مقدمة للهيدروكربونات

2 الألكانات

3 الألكينات والألكاينات

4 أيزومرات الهيدروكربونات

5 الهيدروكربونات الأروماتية

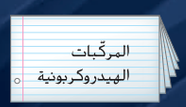
التجربة الاستهلالية

كيف يمكنك إنشاء نموذج بسيط للهيدروكربونات؟

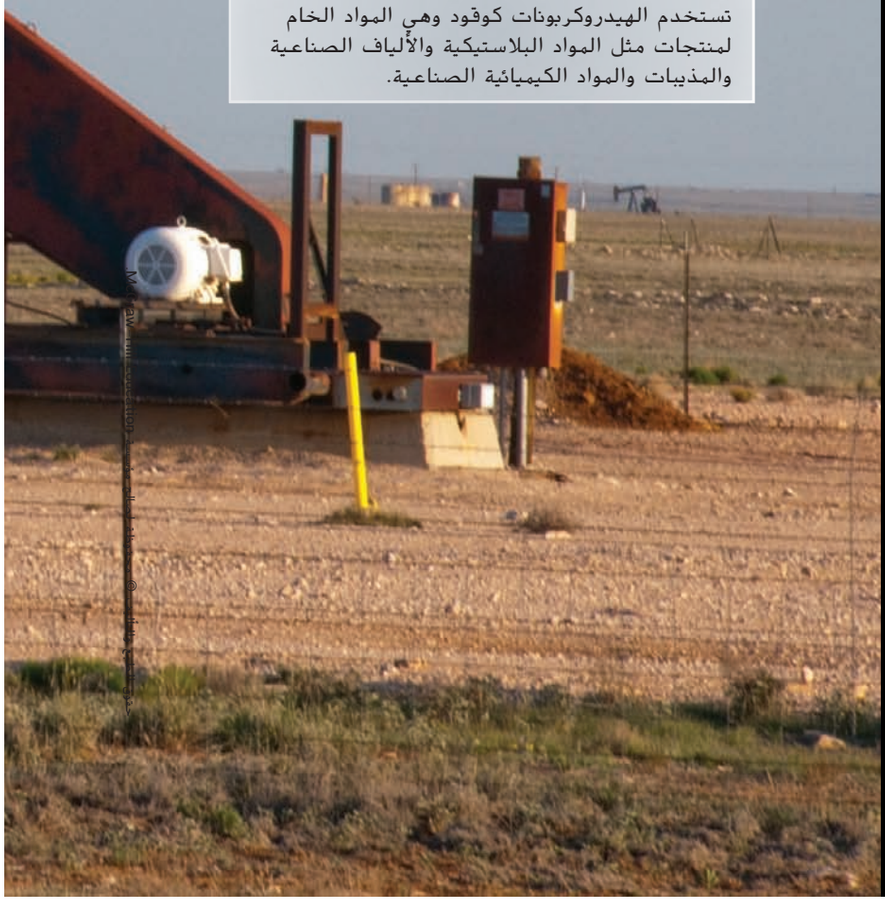
إنّ الهيدروكربونات مكوّنة من ذرات الهيدروجين وذرات الكربون. تذكر أن الكربون لديه أربعة إلكترونات تكافؤ، ويمكنه تشكيل أربع روابط تساهمية. في هذه التجربة، ستقوم بإنشاء نماذج من الهيدروكربونات التي لها ذرّتان، وثلاث وأربع وخمس ذرات كربون.

المركبات الهيدروكربونية

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



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



S_G10_ADV_CH20.indb 718 2/27/2017 11:20:15 AM

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

مقدمة حول الهيدروكربونات

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

الأسئلة الرئيسة

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

مفردات للمراجعة

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

مفردات جديدة

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

الكيمياء في حياتك

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

المركبات العضوية

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

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

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

■ **الشكل 1** تحتوي الكائنات الحية على مجموعة متنوعة من المركبات العضوية كما أنها تتكون من هذه المركبات العضوية وتقوم بإنتاجها.
حدّد اثنين من المركبات العضوية التي قمت بدراستها في مادة العلوم سابقًا.

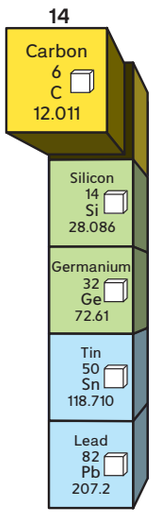
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

S_G10_ADV_CH20.indb 720 2/27/2017 11:20:16 AM

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

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

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



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

الهيدروكربونات

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

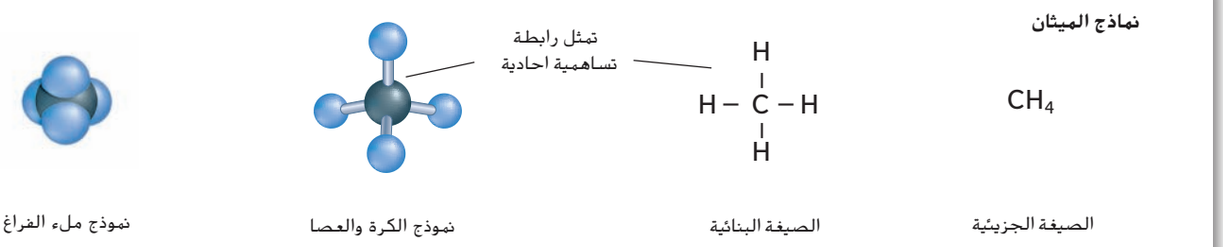
التأكد من فهم النص **اذكر** استخدامين لغاز الميثان أو الغاز الطبيعي في منزلك أو في مجتمعك.

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

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

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

S_G10_ADV_CH20.indb 721 2/27/2017 11:20:16 AM



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

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

روابط الكربون–الكربون المتعددة يمكن لذرات الكربون أن يرتبط بعضها مع بعض، ليس فقط عن طريق روابط تساهمية أحادية ولكن أيضًا عن طريق الروابط التساهمية الثنائية والثلاثية، كما هو مبين في **الشكل 5**. تذكر أنه في الرابطة الثنائية، تقوم الذرات بمشاركة اثنين من أزواج الإلكترونات؛ في الرابطة الثلاثية، تقوم الذرات بمشاركة ثلاثة أزواج من الإلكترونات.

في القرن التاسع عشر، قبل أن يفهم علماء الكيمياء الروابط وتركيب المواد العضوية، قاموا بالتجربة على الهيدروكربونات التي تم الحصول عليها من تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية. وقاموا بتصنيف هذه الهيدروكربونات وفقًا لاختبار كيميائي قاموا فيه بخلط كل هيدروكربون مع البروم ثم قاموا بقياس كمية البروم التي تفاعلت مع الهيدروكربونات. قد تتفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية صغيرة من البروم، والبعض الآخر قد يتفاعل مع كمية أكبر، مع احتمال عدم تفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. قام علماء الكيمياء بتسمية الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم بالهيدروكربونات غير المشبعة بطريقة مماثلة لقدرة محلول مائي غير مشبع لإذابة مقدارٍ أكبر من المذاب. واعتبرت الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم بأنها هيدروكربونات مشبعة.

يمكن لعلماء الكيمياء في يومنا هذا أن يشرحوا النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها قبل 170 عامًا. فالهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم لها روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما المركبات التي لم تتفاعل مع البروم فإنّ لها روابط تساهمية أحادية فقط. إنّ الهيدروكربون الذي لديه روابط أحادية فقط، يعرف اليوم باسم **الهيدروكربون المشبع**. أمّا الهيدروكربون الذي يكون له على الأقل رابطة ثنائية أو رابطة ثلاثية بين ذرات الكربون، فهو يعرف باسم **الهيدروكربون غير المشبع** سوف تتعلم المزيد عن هذه الأنواع المختلفة من الهيدروكربونات في وقت لاحق في هذه الوحدة.

التأكد من فهم النص **اشرح** أصل المصطلحين: الهيدروكربونات المشبعة و الهيدروكربونات غير المشبعة.

■ **الشكل 5** يمكن للكربون أن يرتبط مع ذرات كربون أخرى في روابط ثنائية وثلاثية. يظهر كل من بنية لويس والصيغ البنائية هذه طريقتين للدلالة على الروابط الثنائية والثلاثية.

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

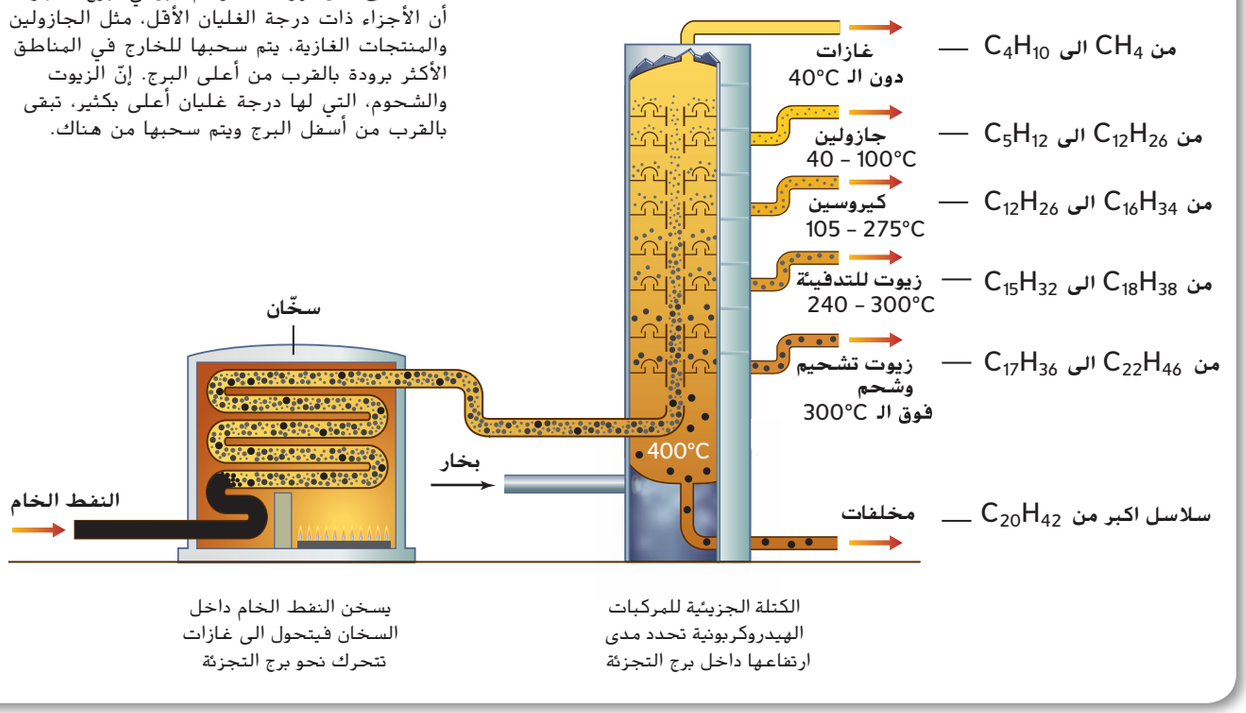
S_G10_ADV_CH20.indb 722 2/27/2017 11:20:17 AM

تكرير الهيدروكربونات

اليوم، يتم الحصول على العديد من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المسمى نفط. تكوّن النفط من بقايا الكائنات الحية الدقيقة التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. بمرور الزمن، كوّنت هذه البقايا طبقات سميكة من الرواسب تشبه الطين في قاع المحيط. تحوّل هذا الطين بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغوط الهائلة للرواسب المغمورة، إلى صخور طينية غنية بالنفط والغاز الطبيعي. في أنواع معينة من التكوينات الجيولوجية، يتسرب النفط من الصخر الزيتي ويتجمّع في برك عميقة في القشرة الأرضية. إنّ الغاز الطبيعي، الذي تشكّل في نفس الوقت وبنفس الطريقة التي تكوّن بها النفط، يكون متوافرًا عادةً في مواضع تجمّع النفط. يتكوّن الغاز الطبيعي أساسًا من غاز الميثان، لكنه يحتوي أيضا على كميات صغيرة من الهيدروكربونات الأخرى التي لديها ذرّتين إلى خمس ذرات كربون.

التقطير التجزيئي إنّ النفط خليط معقد يحتوي على أكثر من ألف من المركبات المختلفة، ولهذا السبب، فإنّ النفط الخام، الذي يسمى أحيانا الزيت الخام، ليس له استخدام عملي يذكر. فالنفط يكون أكثر فائدة للإنسان عندما يتم فصله إلى مكونات أو أجزاء أبسط. يتمّ الفصل من خلال عملية تسمى **التقطير التجزيئي**، وتسمى أيضا التجزئة. وهي تتضمن عملية غلي النفط وجمع المكونات أو الأجزاء أثناء تكثفها عند درجات حرارة مختلفة. يتم التقطير التجزيئي في برج تجزئة مماثل للبرج المبيّن في **الشكل 6**.

يتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة بحيث تبقى قريبة من 400 درجة سيليزية في الجزء السفلي، حيث يغلي النفط، وتقل الحرارة تدريجيًا كلما اتجهنا نحو الأعلى. تنخفض درجات حرارة التكثيف (درجة الغليان) بشكل عام بانخفاض الكتلة الجزيئية. كلما تصاعد بخار الهيدروكربونات الى اعلى برج التجزئة تتكثّف ويتمّ سحبها إلى الخارج، كما هو مبين في **الشكل 6**.



■ **الشكل 6** يظهر هذا الرسم البياني لبرج التجزئة أن الأجزاء ذات درجة الغليان الأقل، مثل الجازولين والمنتجات الغازية، يتم سحبها للخارج في المناطق الأكثر برودة بالقرب من أعلى البرج. إنّ الزيوت والشحوم، التي لها درجة غليان أعلى بكثير، تبقى بالقرب من أسفل البرج ويتم سحبها من هناك.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 723 2/27/2017 11:20:17 AM

■ **الشكل 7** تقوم أبراج التقطير التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات قابلة للاستخدام. إنّ الآلاف من المنتجات التي نستخدمها في منازلنا، وفي النقل، وفي الصناعة هي من نواتج تكرير النفط.

استدلّ ما هي أنواع الانبعاثات التي يجب أن تتحكّم فيها المصافي لحماية البيئة؟

الشكل 6 يعطي أيضًا أسماء المشتقات الأخرى التي يتم فصلها من النفط، بالإضافة إلى درجات غليانها، ونطاق حجم المادة الهيدروكربونية، استخداماتها الشائعة. قد تتعرف على بعض المشتقات لأنك تستخدمها كل يوم. لسوء الحظ، فإنّ أبراج التقطير التجزيئي، المبيّنة في **الشكل 7**، لا تنتج اجزاء الكسور المختلفة بنفس النسب المطلوبة. فعلى سبيل المثال، نادرًا ما ينتج التقطير كمية الجازولين المطلوبة. مع ذلك، فإنه ينتج كمياتٍ من الزيوت الثقيلة أكثر من متطلبات السوق.

قبل عدة سنوات، طوّر علماء كيمياء النفط والمهندسون عملية للمواءمة بين العرض والطلب. إنّ العملية التي يتم فيها تحويل المشتقات الأثقل إلى جازولين عن طريق كسر الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر تسمّى **التكسير**. يتم التكسير في غياب الأكسجين وفي وجود الحفاز. بالإضافة إلى تكسير الجزيئات الهيدروكربونية الثقيلة إلى جزيئات في نطاق الحجم المطلوب للجازولين، فإنّ التكسير ينتج أيضًا مواد لصنع العديد من المنتجات المختلفة، بما في ذلك المنتجات البلاستيكية والأشرطة، والألياف الصناعية.

التأكد من فهم النص صِف العملية التي يتم فيها تكسير الهيدروكربونات ذات السلسلة الكبيرة إلى هيدروكربونات ذات سلسلة اصغر ومطلوبة بشكل اوسع.

تصنيف الجازولين لا يكون أي من المشتقات النفط مادة نقية. كما يظهر في **الشكل 6**، فالجازولين ليس مادة نقية، بل خليط من الهيدروكربونات. إنّ جزيئات الجازولين، تحتوي على روابط تساهمية احادية وعدد ذرات الكربون في جزيئاتها تتراوح من 5–12 ذرة. مع ذلك، فإن الجازولين الذي يتم ضخه في السيارات اليوم يختلف عن الجازولين المستخدم في السيارات في أوائل القرن التاسع عشر. لقد تم تعديل الجازولين الذي يقطر من النفط عن طريق تعديل تركيبته وإضافة مواد لتحسين أدائه في محركات السيارات الحديثة وللحد من التلوث الناتج من عوادم السيارات.

إنّ من الأهمية بمكان، أن يشتعل خليط الجازولين والهواء في اسطوانة محرك السيارة تمامًا في اللحظة المناسبة ويحترق بالتساوي. إذا ما تمّ الاشتعال في وقت مبكر جدًا أو متأخر جدًا، فسوف يتبدّد الكثير من الطاقة، وستنخفض فعاليّة الوقود، وسوف يتلف المحرك قبل أوانه. إنّ معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة تحترق بشكل غير متساو، وتميل إلى الإشتعال بفعل الحرارة والضغط، قبل أن يصل المكبس إلى الموضع الصحيح وقبل احتراق شمعة الاحتراق. يؤدي هذا الاحتراق المبكر إلى أزيز تردد أو ضوضاء تسمى الخبط.

مِهَنٌ في حقل الكيمياء

فني النفط يستخدم فني العلوم هذا أدوات لقياس وتسجيل المعلومات الفيزيائية والجيولوجية حول آبار النفط أو الغاز. فعلى سبيل المثال، يمكن لفني النفط أن يختبر عينة جيولوجية لتحديد محتويات النفط ومعادنه او عناصر مكوناته.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 724 2/27/2017 11:20:17 AM

■ **الشكل 8** يتم استخدام رقم الأوكتان لإعطاء تقييم لمقاومة خبط الوقود. إنّ رقم الأوكتان في للجازولين متوسط الدرجة المستخدم للسيارات هو 89 تقريبًا. أمّا رقم الأوكتان لوقود الطائرات فهو 100 تقريبًا. ورقم الأوكتان لوقود سيارات السباق هو 110 تقريبًا.

في أواخر عام 1920، تم إعداد نظام للجازولين لتحديد مقاومة الخبط، أو رقم أوكتان، مما أدى إلى انتشار رقم الأوكتان على مضخات الجازولين مثل تلك التي تظهر في **الشكل 8**. إن الجازولين متوسط الدرجة المستخدم اليوم له تصنيف بحوالي 89، في حين أن أرقام الجازولين الممتاز تصل إلى 91 أو أعلى. هناك عدة عوامل تحدد رقم الأوكتان الذي تحتاجه السيارة، بما في ذلك مستوى ضغط المكبس على خليط الهواء والجازولين ومستوى ارتفاع مكان قيادة السيارة.

الربط بعلم الأرض منذ العصور القديمة، وجد الناس النفط يتسرب من الشقوق في الصخور. تظهر السجلات التاريخية أن النفط قد استخدم على مدى أكثر من خمسة آلاف سنة. خلال القرن التاسع عشر، منذ دخلت الولايات المتحدة عصر الآلة وازداد عدد سكانها، ازداد أيضًا الطلب على المنتجات النفطية، الكيروسين بشكلٍ خاص، للإضاءة ومواد تشحيم الآلات. في محاولة منه للعثور على إمدادات مضمونة للنفط، حفر إدوين دريك أول بئر للنفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا، في العام 1859. ازدهرت صناعة النفط لبعض الوقت، لكن عندما اخترع توماس إديسون الكهرباء في العام 1882، خشي المستثمرون أن تكون صناعة النفط الى الزوال. إلا أن اختراع السيارات في العام 1890 أنعش هذه الصناعة على نطاق واسع.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون، وهو قادر على تشكيل سلاسل مستقيمة وسلاسل متفرعة.
- إنّ الهيدروكربونات مواد عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين.
- إنّ المصادر الرئيسة للهيدروكربونات هي النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1. الفكرة **الأساسية حدّد** ثلاثة استخدامات للهيدروكربونات كمصدر للطاقة والمواد الخام.
2. **اذكر اسم** مركب عضوي واشرح ما الذي يدرسه عالم الكيمياء.
3. **حدّد** ما الذي يبرزه كل من نماذج الجزيئات الأربعة حول الجزيء.
4. **قارن وقابل** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. **صِف** عملية التقطير التجزيئي.
6. **استدلّ** توصف بعض منتجات الزيت بـ "الزيوت النباتية المهدرجة". هي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين في وجود حفاز. أنشِء فرضية لتفسير السبب في تفاعل الهيدروجين مع الزيوت.
7. **فسّر البيانات** ارجع إلى **الشكل 6**. أيَ من خصائص الجزيئات الهيدروكربونية ترتبط بلزوجة جزيء معين عندما يتم تبريده لتوازي درجة حرارته درجة حرارة الغرفة؟

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

S_G10_ADV_CH20.indb 725 2/27/2017 11:20:18 AM

القسم 2

الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُسمى الألكانات من خلال صيغها البنائية؟
- كيف تُرسم الصيغ البنائية للألكانات إذا أعطيت أسماءها؟
- ما خصائص الألكانات؟

مفردات للمراجعة

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC: هو مجموعة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير في مجالات مثل التسمية والمصطلحات والأساليب المعياريّة الكيميائية

مفردات جديدة

alkane	الألكان
homologous series	سلسلة متجانسة
parent chain	السلسلة الأم
substituent group	المجموعة البديلة
cyclic hydrocarbon	الهيدروكربون الحلقي
cycloalkane	الألكان الحلقي

الكيمياء في حياتك

هل سبق لك ان استخدمت لهب بنسن أو موقد غاز في الخارج؟ إذا كنت قد استخدمتها، فهذا يعني أنك قد استخدمت الألكان. الغاز الطبيعي والبروبان هما النوعان الأكثر شيوعًا من الغازات في هذه التطبيقات، وكلاهما من الألكانات.

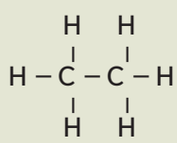
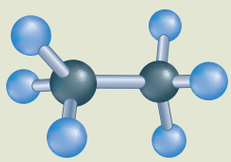
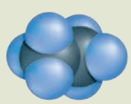
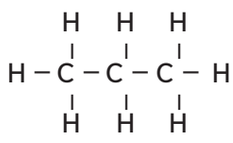
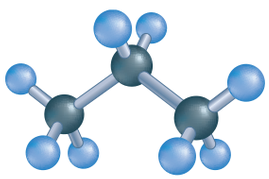
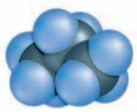
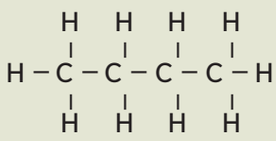
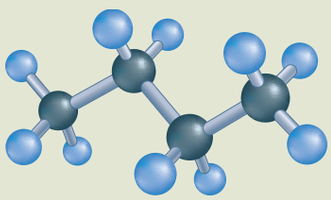
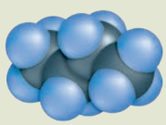
الألكانات ذات السلسلة المستقيمة

الميثان هو أصغر مركّب في سلسلة هيدروكربونات معروفة باسم الألكانات. وهو يُستخدَم كوقود في المنازل ومختبرات العلوم ويتكون نتيجة لحدوث العديد من العمليات الحيوية. **الألكانات** هي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط بين الذرات. ابحث في القسم 1 لاستعراض النماذج المختلفة لغاز الميثان. يُبيّن **الجدول 1** نماذج الإيثان (C_2H_6)، وهو المركب الثاني في سلسلة الألكانات. يتكون الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معًا برابطة أحادية وستة ذرات هيدروجين تتشارك إلكترونات التكافؤ المتبقية في ذرّتي الكربون.

اما المركب الثالث من سلسلة الألكانات، وهو غاز البروبان، ثلاث ذرات كربون وثمانية ذرات هيدروجين، لتكون صيغته الجزيئية هي C_3H_8. أمّا المركب التالي في السلسلة فهو البيوتان،ولديه أربع ذرات كربون وصيغته الكيميائية هي C_4H_{10}. قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان والبروبان والبيوتان المُبيّنة في **الجدول 1**.

يُباع البروبان، المعروف أيضا بالرمز LP (وهو يعني البروبان المسال) كوقود للطهي والتدفئة. ويُستخدَم البيوتان كوقود للقداحات الصغيرة وفي بعض المشاعل. كما أنه يُستخدَم في صناعة المطاط الصناعي.

الجدول 1 الألكانات البسيطة

الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	نموذج الكرة والعصا	نموذج ملء الفراغ
الإيثان (C_2H_6)			
البروبان (C_3H_8)			
البيوتان (C_4H_{10})			

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

S_G10_ADV_CH20.indb 726 2/27/2017 11:20:20 AM

الجدول 2 الألكانات العشر الأولى من سلسلة الألكانات

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية المكثفة
الميثان	CH_4	CH_4
الإيثان	C_2H_6	CH_3CH_3
البروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$
البيوتان	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
البنتان	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
الهكسان	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
الهبتان	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
الأوكتان	C_8H_{18}	$CH_3(CH_2)_6CH_3$
النونان	C_9H_{20}	$CH_3(CH_2)_7CH_3$
الديكان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$

تسمية الألكانات ذات السلسلة المستقيمة من المرجح أنك لاحظت حتّى الآن، أن أسماء الألكانات تنتهي باللاحقة ان. كما أن الألكانات التي تحتوي على خمس ذرات كربون أو أكثر في السلسلة تُسمى بأسماء تستخدم بادئة مشتقة من الكلمة اليونانية أو اللاتينية التي تشير إلى عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. على سبيل المثال، يحتوي البنتان على خمس ذرات كربون مثلما يحتوي الشكل الخماسي على خمسة أضلاع، ويحتوي الأوكتان على ثماني ذرات كربون مثلما يتميز الأخطبوط في الإنكليزية Octopus بثمانية مجسات. ونظرًا لأنه تمت تسمية غازات الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان قبل اكتشاف بنية الألكانات، فإن أسماءهم لا تحتوي على بادئات عددية. يوضح **الجدول 2** أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها البنائية. لاحظ أن البادئة التي تحتها خط تمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

في **الجدول 2** يمكنك أن تلاحظ أن الصيغ البنائية مكتوبة بطريقة مختلفة عن الصيغ الموجودة في **الجدول 1**. فهذه الصيغ، التي تُسمى الصيغ الهيكلية المختصرة، توفر المساحة من خلال عدم إظهار كيفية تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المختصرة بعدة طرق. في **الجدول 2**، تم حذف الخطوط الفاصلة بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

في **الجدول 2** يمكنك أن ترى أن $-CH_2-$ تمثل وحدة متكررة في سلسلة ذرات الكربون. لاحظ، على سبيل المثال، أن البنتان يحتوي على $-CH_2-$ واحدة زيادة عن غاز البيوتان. يمكنك كذلك اختصار الصيغ البنائية أكثر عن طريق كتابة الوحدة $-CH_2-$ بين قوسين تليها لاحقة سفلية توضح عدد الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان والنونان والديكان.

ويطلق على سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض بوحدة مكررة اسم **سلسلة متجانسة**. تحتوي السلسلة المتجانسة على علاقة عددية ثابتة بين عدد الذرات. بالنسبة للألكانات، يمكن التعبير عن العلاقة بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين بالصيغة C_nH_{2n+2} حيث يساوي n عدد ذرات الكربون في الألكان. ومع معرفة عدد ذرات الكربون في الألكان، يمكنك كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان. على سبيل المثال، الهبتان يحتوي على سبع ذرات كربون، لذلك فإن صيغته هي $C_7H_{2(7)+2}$، أو C_7H_{16}.

التأكد من فهم النص **اكتب** الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في بنيته الجزيئية.

المفردات

أصل الكلمة

متجانس

في الإنكليزية homologous وهو مشتقّ من الكلمة اليونانية *homologos* وهي تعني الاتفاق

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

S_G10_ADV_CH20.indb 727 2/27/2017 11:20:20 AM

سلسلة الألكانات المتفرعة

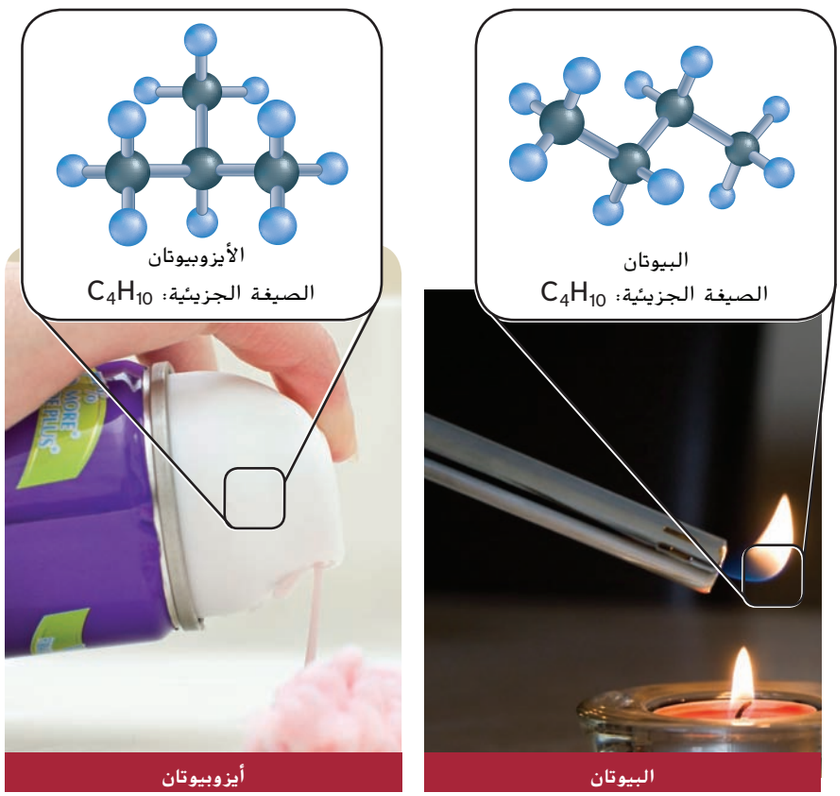
يُطلق على الألكانات التي تمت مناقشتها حتى الآن في هذه الوحدة اسم الألكانات ذات السلاسل المستقيمة بسبب ارتباط ذرات الكربون بعضها مع بعض في خط واحد. انظر الآن إلى الصيغتين البنائيتين الموضحتين في **الشكل 9**. إذا قمت بإحصاء عدد ذرات الكربون والهيدروجين، فسوف تكتشف أن كلتا البنيتين لهما الصيغة الجزيئيّة نفسها، وهي C_4H_{10}. هل البنيتان الموضحتان في **الشكل 9** تمثلان نفس المادة؟

إذا كنت تعتقد أن الصيغتين البنائيتين تمثلان مادتين مختلفتين، فأنت على صواب. تمثل البنية الموضحة على اليمين غاز البيوتان، وتمثل البنية الموضحة على اليسار ألكانًا ذا سلسلة متفرعة اسمه أيزوبيوتان – وهو مادة تختلف عن البيوتان من حيث الخصائص الكيميائية والفيزيائية. قد تكون ذرات الكربون مرتبطة بذرة كربون واحدة أو ذرتين أو ثلاث ذرات أو حتى أربع ذرات كربون أخرى. تُنتج هذه الخاصية مجموعة متنوعة من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة.

تذكر أنه يتم استخدام غاز البيوتان في القداحات والمشاعل. بينما يُستخدم الأيزوبيوتان في كل من المبردات الآمنة بيئيًا وكمادة دافعة في منتجات مثل جل الحلاقة، كما هو مبين في **الشكل 9**. وبالإضافة إلى هذه الاستخدامات، يُستخدم كل من البيوتان والأيزوبيوتان كمواد خام في الكثير من العمليات الكيميائية.

☑ **التأكد من فهم النص** **صِفْ** الفرق في الصيغ البنائية بين البيوتان والأيزوبيوتان.

مجموعات الألكيل قد لاحظت أن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة والألكانات ذات السلاسل المتفرّعة قد يكون لها الصيغة الجزيئيّة نفسها. وتوضح هذه الحقيقة مبدأ أساسيًا من مبادئ الكيمياء العضوية وهو: يحدد تنظيم الذرات وترتيبها في جزيء عضوي هوية هذا الجزيء. لذلك، يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.

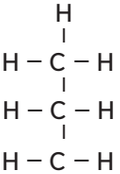
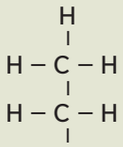
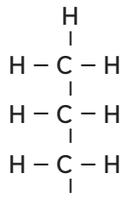
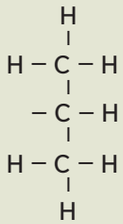


■ **الشكل 9** البيوتان هو وقود مستخدم في القداحات. يستخدم الأيزوبيوتان كمادة دافعة في منتجات مثل جل الحلاقة.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 728 2/27/2017 11:20:21 AM

الجدول 3 مجموعات الألكيل الشائعة

الاسم	الميثيل	الإيثيل	البروبيل	الأيزوبروبيل	البيوتيل
الصيغة البنائية المختصرة	CH_3-	CH_3CH_2-	$CH_3CH_2CH_2-$	$CH_3\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}H$	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$
الصيغة البنائية					

عند تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة، يُطلق على أطول سلسلة متواصلة من ذرات الكربون اسم **السلسلة الأم**. ويُطلق على جميع السلاسل الفرعية الجانبية اسم **المجموعات البديلة** لأنها تبدو وكأنها تحل محل ذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة. ويُطلق على كل مجموعة بديلة متفرعة من السلسلة الأم اسم الألكان ذو السلسلة المستقيمة التي لها عدد ذرات الكربون نفسه التي تحتوي عليها المجموعة البديلة. ويتم استبدال اللاحقة ان باللاحقة يل. ويُطلق على المجموعات البديلة اسم مجموعة الألكيل. يحتوي **الجدول 3** على عدة مجموعات ألكيل.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة لتسمية المركبات العضوية، يستخدم الكيميائيون القواعد المنهجية التالية المعتمدة من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC.

خطوة 1. رقّم عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متواصلة. استخدم اسم الألكان ذي السلسلة المستقيمة الذي يحتوي على نفس عدد ذرات الكربون الموجودة باسم السلسلة الأم للصيغة البنائية.

خطوة 2. رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الأم. حدد موقع ذرة الكربون الطرفية الأقرب إلى المجموعة البديلة، وسمّها الموقع *1*. تسمح هذه الخطوة بإعطاء جميع مواقع المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.

خطوة 3. سمّ كلّ مجموعة ألكيل بديلة. ضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الأم.

خطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة كسلسلة فرعية عن السلسلة الأم، استخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا) قبل اسمها للإشارة إلى عدد مرات ظهورها. ثم، استخدم رقم ذرّة الكربون التي ترتبط بها كلّ مجموعة لتحديد موقعها.

خطوة 5. عندما ترتبط مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الأمّ نفسها، ضع أسمائها في الترتيب الأبجديّ. لا تأخذ بعين الاعتبار البادئات (ثلاثي ،رباعي وهكذا) عند تحديد الترتيب الأبجدي باللغة الانجليزية.

خطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، وذلك باستخدام الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل لفصل الأرقام. لا تقم بإضافة مسافة بين اسم المجموعة البديلة واسم السلسلة الأم.

المفردات

مفردات علمية

بديل
شخص أو شيء يحل محل شخص أو شيء آخر
معلم بديل شرح حصة الكيمياء بالأمس.

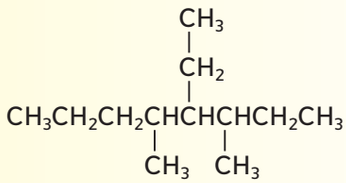
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

S_G10_ADV_CH20.indb 729 2/27/2017 11:20:21 AM

مثال 1

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة

قم بتسمية الألكان المُبيّن



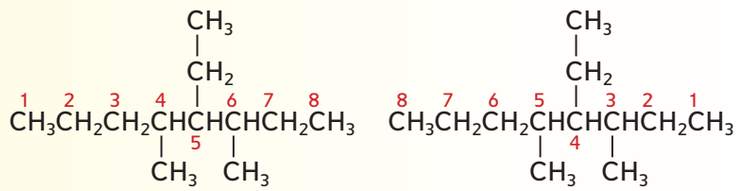
1 تحليل المسألة

لديك الصيغة البنائية. لتحديد اسم السلسلة الأم وأسماء السلاسل الفرعية ومواقعها، اتبع قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC.

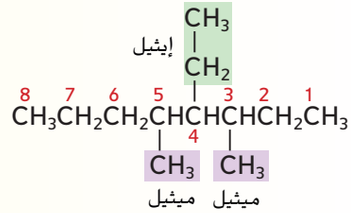
2 حساب المجهول

خطوة 1. احصِ عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متواصلة. بما أنّه يمكن كتابة الصيغ البنائيّة بتوجيه السلاسل بطرق مختلفة، عليك أن تتوخى الحذر عند البحث عن أطول سلسلة كربون متواصلة. وفي هذه الحالة، من السهل إيجاد هذه السلسلة. تحتوي أطول سلسلة على ثماني ذرات كربون، وبالتالي فإن اسم السلسة الأم هو أوكتان.

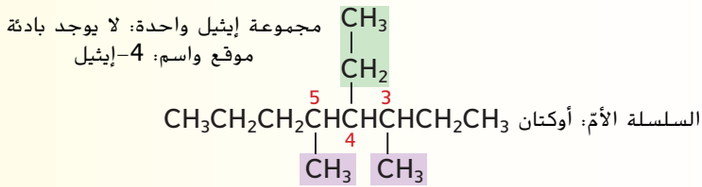
خطوة 2. رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الأم. رقّم السلسلة في الاتجاهين، كما هو مُبيّن أدناه. إنّ الترقيم من اليسار يضع مجموعات الألكيل في المواقع 4 و5 و6. إنّ الترقيم من اليمين يضع مجموعات الألكيل في المواقع 3 و4 و5. وبما أنّ 3 و4 و5 تمثل مواقع الأرقام الأدنى، سيتم استخدامها في الاسم.



خطوة 3. سمّ كلّ مجموعة ألكيل بديلة. حدد مجموعات الألكيل المتفرعة من السلسلة الأم وقم بتسميتها. هناك مجموعات ميثيل أحادية الكربون في الموقعين 3 و5 ومجموعة إيثيل ثنائية الكربون في الموقع 4.



خطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة كسلسلة متفرعة عن السلسلة الأم، استخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا) قبل اسمها للإشارة إلى عدد مرات ظهورها. ابحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وقم بإحصاء عددها. حدد البادئة التي يجب استخدامها لإظهار عدد مرات ظهور كل مجموعة. في هذا المثال، ستُضاف البادئة ثنائي إلى الاسم الميثيل بسبب وجود مجموعتي ميثيل. ليس هناك حاجة إلى إضافة بادئة على مجموعة الإيثيل الوحيدة. ثم اعرض موقع كل مجموعة باستخدام العدد المناسب.



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

S_G10_ADV_CH20.indb 730 2/27/2017 11:20:22 AM

خطوة 5. عندما يكون هناك مجموعات ألكيل مختلفة مرتبطة بالسلسلة الأمّ نفسها، ضع أسماءها بحسب الترتيب الأبجدي. ضع أسماء سلاسل الأكيل الفرعية بالترتيب الأبجدي مع تجاهل البادئات. بحسب الترتيب الأبجدي، يتم وضع اسم إيثيل قبل ثنائي ميثيل.

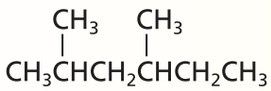
خطوة 6. اكتب الاسم كاملًا، وذلك باستخدام الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل لفصل الأرقام. اكتب اسم الصيغة البنائية، وذلك باستخدام الشرطات والفواصل بحسب الحاجة. يجب كتابة الاسم على الشكل التالي4-إيثيل-5،3-ثنائي ميثيل أوكتان.

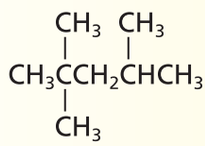
3 تقييم الإجابة

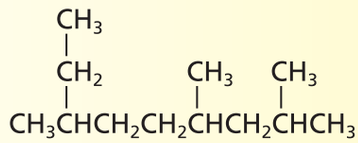
لقد تمّ تحديد أطول سلسلة كربون متواصلة وترقيمها بالشكل الصحيح.
تم تعيين البادئات وأسماء مجموعات الألكيل الصحيحة لجميع السلاسل الفرعية. إنّ الترتيب الأبجدي وعلامات الترقيم صحيحان.

تطبيق

8. استخدم قواعد IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية.

a.


b.


c.


9. تحدي ارسم الصيغ البنائية للألكانات التالية.

a. 3،2-ثنائي ميثيل5--بروبيل ديكان

b. 5،4،3-ثلاثي إيثيل أوكتان

الألكانات الحلقية

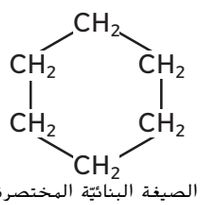
أحد أسباب وجود مجموعة متنوعة من المركبات العضوية كهذه أن ذرات الكربون قد تشكل صيغ بنائية حلقية. يُسمّى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **الهيدروكربون الحلقي**. وللإشارة إلى أن الهيدروكربون له صيغ بنائية حلقية، تُستخدَم المفردة حلقي بعد اسم الهيدروكربون. وتسمى الهيدروكربونات الحلقية التي تحتوي على روابط أحادية فقط **الألكانات الحلقية**.

قد تحتوي الألكانات الحلقية على ثلاث أو أربع أو خمس أو ست ذرات كربون أو أكثر. يُطلق على الألكان الحلقي سداسي الكربون اسم الهكسان الحلقي. ويُستخدَم الهكسان الحلقي، الذي يتم استخراجه من البترول، في مذيبات الطلاء ومواد التلميع ولاستخراج الزيوت الأساسية المستخدمة في صناعة العطور. لاحظ أن الهكسان الحلقي (C_6H_{12}) يحتوي على ذرات هيدروجين أقل من الهكسان ذي السلسلة المستقيمة (C_6H_{14}) بمقدار ذرتين بسبب تشكيل إلكترون تكافؤ من كل ذرتي كربون لروابط بين ذرات الكربون بدلًا من الروابط بين الكربون والهيدروجين.

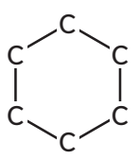
التأكد من فهم النص قيّم إذا كانت المفردة حلقي موجودة بعد اسم ألكان ما. فما الذي تعرفه عن هذا الألكان؟

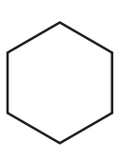
كما هو موضح في **الشكل 10**، تُمثَّل الهيدروكربونات الحلقية مثل الهكسان الحلقي بواسطة صيغ بنائية مختصرة وهيكلية وخطية. لا تُظهر الصيغ البنائية الخطية سوى الروابط بين ذرات الكربون التي يُفترض أن تكون في كل زاوية في الصيغة البنائية، ويُفترض أن تشغل ذرات الهيدروجين المواضع المتبقية في الرابطة ما لم توجد بدائل. كذلك، لا يظهر الهيدروجين في الصيغ البنائية.

الشكل 10 يُمكن تمثيل الهكسان الحلقي في عدة طرق.



الصيغة البنائيّة المختصرة


صيغة هيكليّة


صيغة خطيّة

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

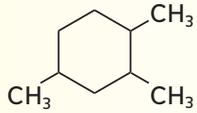
S_G10_ADV_CH20.indb 731 2/27/2017 11:20:22 AM

تسمية الألكانات الحلقية البديلة على غرار الألكانات الأخرى، قد تحتوي الألكانات الحلقية على مجموعات بديلة. تتم تسمية الألكان الحلقي البديل باتباع نفس قواعد IUPAC المُستخدمة للألكانات ذات السلسلة المستقيمة، ولكن مع بعض التعديلات. في حالة الألكانات الحلقية، ليست هناك حاجة للبحث عن أطول سلسلة لأن السلسلة الحلقية تعتبر السلسلة الأم دائمًا. ونظرًا لأن الصيغ الحلقية لا نهايات لها، فإن الترقيم يبدأ بذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة البديلة. عندما يكون هناك بديلان أو أكثر، يتم ترقيم ذرات الكربون حول السلسلة الحلقية بطريقة تعطي أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام للبدائل. إذا ارتبطت مجموعة واحدة فقط بالسلسلة الحلقية، فإن الرقم ليس ضروريًا. يوضح المثال التالي عملية تسمية ألكان حلقي.

مثال 2

تسمية الألكانات الحلقية

قم بتسمية الألكان الحلقي مُبيّن.



1 تحليل المسألة

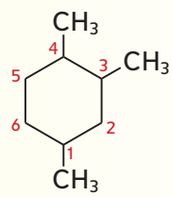
لديك الصيغة البنائية. لتحديد الصيغة الحلقية الأم ومواقع المجموعات البديلة، اتبع قواعد IUPAC.

2 حساب المجهول

خطوة 1. قم بإحصاء عدد ذرات الكربون المرتبطة بالسلسلة الحلقية، واستخدم اسم الهيدروكربون ذي السلسلة الأم الحلقية. في هذه الحالة، تحتوي السلسلة الحلقية على ست ذرات كربون، وبالتالي فإن اسم السلسلة الأم هو الهكسان الحلقي.

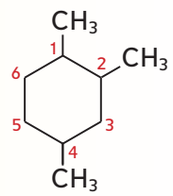
خطوة 2. قم بترقيم السلسلة الحلقية، بدءًا من إحدى السلاسل الفرعية لـ—CH_3. ابحث عن الترقيم الذي يُعيّن أدنى مجموعة ممكنة من الأرقام للسلاسل الفرعية. ثمّة طريقتان لترقيم السلسلة الحلقية.

A



1,3,4

B



1,2,4

يضع الترقيم من ذرة كربون في الجزء السفلي من السلسلة الحلقية مجموعات —CH_3 في المواقع 1 و3 و4 في الصيغة A. بينما يضع الترقيم من ذرة الكربون بأعلى السلسلة الحلقية المجموعات في المواقع 1 و2 و4. تضع جميع أنظمة الترقيم الأخرى تضع مجموعات —CH_3 في المواقع أرقام أعلى. وبالتالي فإن 1 و2 و4 تمثل أدنى أرقام المواقع وسيتم استخدامها في الاسم.

خطوة 3. قم بتسمية المجموعات البديلة. كل المجموعات البديلة الثلاثة هي مجموعات ميثيل تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون.

خطوة 4. قم بإضافة البادئة لإظهار عدد المجموعات الحالية. ثمّة ثلاث مجموعات ميثيل حالية، لذلك ستقومُ بإضافة البادئة ثلاثي إلى الاسم الميثيل ليصبح الاسم ثلاثي الميثيل.

خطوة 5. يمكن تجاهل الترتيب الأبجدي بسبب وجود نوع واحد فقط من المجموعة.

خطوة 6. قم بتجميع أجزاء الاسم باستخدام اسم الألكان الحلقي ذو السلسلة الأم. استخدام الفواصل بين الأرقام المفصولة والشرطات بين الأرقام والكلمات. اكتب الاسم على الشكل التالي 4.2.1-ثلاثي ميثيل الهكسان الحلقي.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 732 2/27/2017 11:20:22 AM

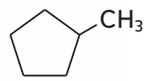
3 تقييم الإجابة

يتم ترقيم صيغة السلسلة الأم الحلقية لتعيين أدنى مجموعة ممكنة من الأرقام للسلاسل الفرعية. تشير البادئة ثلاثي إلى وجود ثلاث مجموعات ميثيل. وليس من الضروري استخدام الترتيب الأبجدي لأن جميع السلاسل الفرعية هي مجموعات ميثيل.

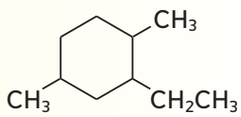
تطبيق

10. استخدم قواعد IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية.

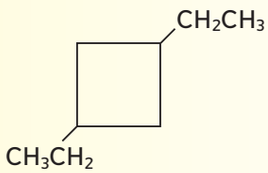
a.



b.



c.



11. تدريب تحفيزي ارسم الصيغ البنائية للألكانات الحلقية الأتية:

a. 1-إيثيل-3-بروبيل البنتان الحلقي

b. 4.2.2.1-رباعي ميثيل الهكسان الحلقي

خصائص الألكانات

لقد تعلّمتَ أن الصيغة البنائية للجزيء تؤثر في خصائصه. في سبيل المثال، تتميز روابط الأكسجين–الهيدروجين في جزيء الماء بأنها روابط قطبية، ولأن جزيء H-O-H له شكل هندسي منحني، فإن الجزيء نفسه يكون قطبيًا. وهكذا، يمكن لجزيئات الماء أن تشكل روابط هيدروجينية بعضها مع بعض. ونتيجة لذلك، فإن درجات غليان الماء وذوبانه أعلى بكثير مقارنة بدرجات غليان وذوبان مواد أخرى لها نفس الكتلة والحجم الجزيئي.

ما الخصائص التي تتوقعها للألكانات؟ إنّ جميع الروابط في الألكانات هي بين إما ذرة كربون وذرة هيدروجين أو بين ذرتي كربون. لا يُمكن أن تكون الرابطة بين ذرتين متطابقتين، مثل ذرتي الكربون، قطبية. وأيضًا، فإن روابط الكربون – الهيدروجين فيها اختلاف بسيط جدًا في السالبية الكهربائية وهي غير قطبية. وبما أنّ جميع الروابط في الألكانات هي روابط غير قطبية، فإن جزيئات الألكانات غير قطبية، مما يجعلها مذيبات جيدة للمواد غير القطبية الأخرى، كما هو مُبيّن في **الشكل 11**.

■ **الشكل 11** إنّ الكثير من المذيبات – المُستخدمة كمذيبات للطلاء والدهان والشمع وأحبار التصوير والمواد اللاصقة وأحبار الطباعة بالضغط– تحتوي على الألكانات غير الحلقية والألكانات الحلقية.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 733 2/27/2017 11:20:23 AM

الجدول 4 مقارنة الخصائص الفيزيائية

المادة والصيغة	الماء (H_2O)	الميثان (CH_4)
الكتلة الجُزيئية	18 amu	16 amu
الحالة عند درجة حرارة الغرفة	سائل	غاز
درجة الغليان	100°C	-162°C
درجة الانصهار	0°C	-182°C

المطويات®

أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الخصائص الفيزيائية للألكانات كيف تُقارن خصائص المركبات القطبية مع خصائص المركبات غير القطبية؟ ارجع إلى **الجدول 4**. ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu). كذلك، فإنّ جزيئات الماء والميثان متشابهة من حيث الحجم. ومع ذلك، عند مقارنة درجة الذوبان والغليان للميثان بدرجتي الذوبان والغليان للماء، يمكنك أن ترى الدليل على أن جزيئاتها تختلف اختلافًا كبيرًا. تختلف درجات الحرارة هذه اختلافًا كبيرًا لأن جزيئات الميثان تتميز بقدرة منخفضة جدًا لجذب الجزيئات مقارنة بجزيئات الماء. يمكن تفسير هذا الاختلاف في الجذب بالحقيقة التي تؤكد أن جزيئات الميثان غير قطبية ولا تشكّل بحريّة روابط هيدروجينية بعضها مع بعض، بينما جزيئات الماء فهي قطبيّة وتشكل روابط هيدروجينية.

كذلك، يفسر الاختلاف في القطبية وتشكل الروابط الهيدروجينية سبب عدم قابلية امتزاج الألكانات وغيرها من الهيدروكربونات مع الماء. فإذا حاولت إذابة الألكانات، مثل زيوت التشحيم، في الماء، فإن كلا السائلين ينفصلان على الفور إلى مرحلتين تقريبًا. يحدث هذا الفصل لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. ولذلك، فإن الألكانات تكون أكثر قابلية للذوبان في المذيبات التي تتكوّن من جزيئات غير قطبية مثل الألكانات نفسها مقارنة بعدم قابليتها للذوبان في الماء، وهو مذيب قطبي.

الخصائص الكيميائية للألكانات الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي انخفاض في النشاطية الكيميائية. تذكّر أن العديد من التفاعلات الكيميائية تحدث عند جذب مادة متفاعلة ذات شحنة كهربائية كاملة، مثل الأيون، أو ذات شحنة جزئية، مثل الجزيء القطبي، إلى مادة متفاعلة أخرى ذات شحنة مضادة. إنّ الجزيئات مثل الألكانات، التي ترتبط بها الذرات بواسطة روابط غير قطبيّة، ليس لديها شحنة. ونتيجة لذلك، لديها قوة جذب منخفضة للأيونات أو الجزيئات القطبية. كما يمكن عزو انخفاض قابلية التفاعل لدى الألكانات إلى روابط الكربون – الكربون والكربون – الهيدروجين القوية نسبيًا.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

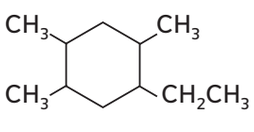
- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تُمثّل الألكانات والمركبات العضوية الأخرى أفضل تمثيل من خلال الصيغ البنائية ويمكن تسميتها باستخدام القواعد المنهجية التي يحددها الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC.
- يُطلق على الألكانات التي تحتوي على حلقات الهيدروكربون اسم الألكانات الحلقية.

12. الفكرة الرئيسة **صِفْ** الخصائص البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

13. **قم بتسمية** الصيغ التالية باستخدام قواعد IUPAC.

a. $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CH_3$

b. $CH_3C(CH_3)_2CH_3$

c. 

14. **صِفْ** الخصائص العامة للألكانات.

15. **ارسم** الصيغ البنائية لكل مما يلي.

a. 4،3-ثنائيّ الإيثيل هيتان

b. 4-الأيزوبروبيل -3-ميثيل ديكان

c. 1-إيثيل -4-ميثيل هكسان حلقي

d. 2،1-ثنائي الميثيل بروبان حلقيّ

16. **تفسير الصيغ البنائية** لماذا يُعد الاسم 3، بيوتيل بنتان غير صحيح؟ استنادًا إلى هذا الاسم، اكتب الصيغة البنائية للمركب. ما هو الاسم الصحيح لـ 3،بيوتيل بنتان بحسب قواعد IUPAC؟

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

S_G10_ADV_CH20.indb 734 2/27/2017 11:20:23 AM

القسم 3

الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة إنّ الألكينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُقارن خواص الألكينات والألكاينات بخواص الألكانات؟
- كيف توصف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات؟
- كيف تُسمى الألكينات والألكاينات بحسب صيغها البنائية؟
- كيف ترسم صيغ الألكينات والألكاينات البنائية بحسب اسمائها؟

مفردات للمراجعة

الهرمون hormone: إنّه مادة كيميائية يفرزها جزء واحد من كائن حي وتنتقل إلى جزء آخر حيث تحدث تغييرًا فسيولوجيًا

مفردات جديدة

الألكين alkene
ألكاين alkyne

الكيمياء في حياتك

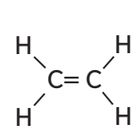
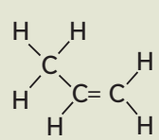
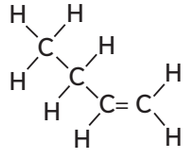
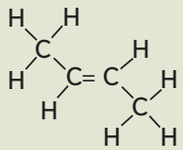
تُنتج النباتات الإيثين كهرمون نضج طبيعي. غالبا ما تُقطف الفواكه والخضروات قبل نضوجها وتتعرّض للإيثين بحيث تنضج كلها في الوقت نفسه، لتأمين كفاءة عالية بالحصاد ونقل المنتجات الى السوق.

الألكينات

تذكر أن الألكانات هي هيدروكربونات مشبعة، لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط بين ذرات الكربون، وأنّ الهيدروكربونات غير المشبعة تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون. يُطلق على الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون في سلسلة اسم **الألكينات**. لا يوجد ألكين يحتوي على ذرة كربون واحدة فقط، لأنّ الألكينات يجب أن تحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون. يحتوي أبسط ألكين على ذرتي كربون يربط بينهما رابطة ثنائية. إنّ الإلكترونات الأربعة المتبقية، إلكترونين من كل ذرة كربون، يتم تقاسمها مع أربع ذرّات هيدروجين لإنتاج جزيء الإيثين (C_2H_4).

تشكل الألكينات التي تحتوي على رابطة ثنائية واحدة فقط سلسلة متماثلة. تذكر من القسم السابق أن السلسلة المتماثلة لديها علاقة عددية ثابتة بين عدد الذرات. إذا ما اطّلعت على الصيغ الجزيئية للمواد المبيّنة في **الجدول 5**، فستلاحظ أن كلًا منها يحتوي على ذرات هيدروجين تساوي مثليّ عدد ذرات الكربون. إنّ الصيغة العامة لهذه السلسلة هي C_nH_{2n}. يحتوي كل ألكين على عدد ذرات هيدروجين أقل من عدد الذرات الموجودة في الألكان المقابل له بمقدار ذرتين لأن اثنين من الإلكترونات يشكلان الآن الرابطة التساهمية الثانية ولم يعودا متوفرين لربط ذرات الهيدروجين. ما هي الصيغ الجزيئية للألكينات التي تحتوي على 6 ذرات كربون والألكينات التي تحتوي على 9 ذرات كربون؟

الجدول 5 أمثلة على الألكينات

الاسم	الإيثين	البروبين	1 ــ بيوتين	2 ــ بيوتين
الصيغة الجزيئية	C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_4H_8
الصيغة البنائية				
الصيغة البنائية المختصرة	$CH_2=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH_3CH=CHCH_3$

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

S_G10_ADV_CH20.indb 735 2/27/2017 11:20:24 AM

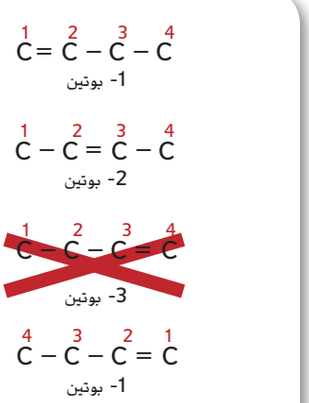
تسمية الألكينات تُسمى الألكينات بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات. تسمّى الألكينات باستبدال الحرفين الأخيرين "ان" من الألكان المقابل لها بالحرفين "ين". يُسمى الألكان الذي يحتوي على ذرتي كربون إيـــثان، ويُسمى الألكين الذي يحتوي على ذرتي كربون إيـــثين . وبالمثل، يُسمى الألكين الذي يحتوي على ثلاثة ذرات كربون "البروبين". إنّ للإيثين والبروبين إسمين قديمين أكثر شيوعًا هما على التوالي الإثيلين والبروبيلين.

إذا ما أردنا تسمية الألكينات التي تحتوي على أربع ذرات كربون أو أكثر في السلسلة، فإنّ من الضروري تحديد موقع الرابطة الثنائية، كما هو مبيّن في **الشكل 12a**. يتم ذلك من خلال ترقيم ذرات الكربون في السلسلة الأم، بدءًا من نهاية السلسلة، بحيث يكون للكربون الأولى في الرابطة الثنائية العدد الأصغر. ثم، يستخدم هذا العدد في الاسم .

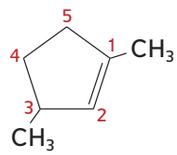
لاحظ أن الصيغة البنائية الثالثة ليست "3-بيوتين" لأنها مطابقة للصيغة البنائية الأولى، "1-بيوتين". من المهم أن ندرك أن 1-بوتين و 2-بوتين هما مادتان مختلفتان، وأنّ لكلٍ منهما خصائصها.

تتم تسمية الألكينات الحلقية بنفس الطريقة التي تُسمى بها الألكانات الحلقية تقريبًا. مع ذلك، يجب أن تكون ذرة الكربون رقم 1 إحدى ذرات الكربون المرتبطة برابطة ثنائية. في **الشكل 12b**، لاحظ الترقيم في المركّب. إنّ اسم هذا المركب هو 3،1-ثنائي ميثيل بنتين حلقي.

التأكد من فهم النص **استدلّ على** سبب ضرورة تحديد موقع الرابطة الثنائية في اسم أحد الألكينات.



a. الألكينات ذات السلاسل المستقيمة



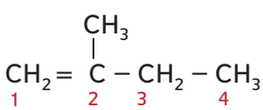
b. الألكينات الحلقية

■ **الشكل 12** عند تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة، يجب أن تكون مرقمة باستخدام قواعد IUPAC

تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة عند تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة، اتبع قواعد IUPAC. لكن على أن يؤخذ بالحسبان أمران. أولاً: في الألكينات، تكون السلسلة الأطول التي تحتوي على الرابطة الثنائية، هي السلسلة الأم دائمًا، سواء أكانت السلسلة الأطول بالنسبة لذرات الكربون أم لم تكن. ثانيًا: إنّ موقع الرابطة الثنائية، وليس موقع الفروع، هو الذي يحدّد طريقة ترقيم السلسلة. يحدد العدد موقع الرابطة الثنائية، تمامًا كما هي الحال في الألكينات ذات السلاسل المستقيمة. لاحظ وجود سلسلتين من اربعة ذرات كربون في الجزيء المبيّن في **الشكل 13a** لكنّ السلسلة ذات الرابطة الثنائية هي فقط التي تستعمل كأساس للتسمية. إنّ هذا الألكين ذا السلسلة المتفرعةهو 2-ميثيل-1-بيوتين.

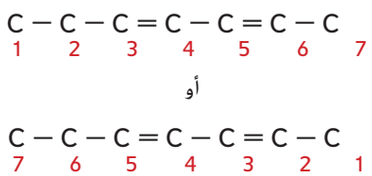
يحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية (أو ثلاثية) واحدة. يتم عرض عدد الروابط الثنائية في مثل هذه الجزيئات باستخدام البادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي وهكذا) قبل الأحرف ين.

يتم ترقيم مواقع الروابط بطريقة تنتج أدنى مجموعة من الأعداد. أي نظام ترقيم قد تستخدم في المثال المبيّن في **الشكل 13b**؟ يمكنك استخدام البادئةهيبتا (سباعي) لأن الجزيء يحتوي على سلسلة سباعية الكربون. كذلك يمكنك استخدام البادئة ثنائي قبل ين، بحيث يُصبح الاسم هيبتادين، لأن الجزيء يحتوي على رابطتين ثنائيتين، وبإضافة الرقمين 2 و4 لتعيين موقعي الرابطتين الثنائيتين، يُصبح الاسم 4،2-هيبتادين.



2-ميثيل-1-بوتين

a. رابطة ثنائية واحدة



2،4-هيبتادين

b. رابطتان ثنائيتان

■ **الشكل 13** يتم ترقيم مواضع الروابط الثنائية في الألكينات بطريقة تنتج أدنى مجموعة من الأرقام. وهذا ينطبق على كل من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة والمستقيمة.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 736 2/27/2017 11:20:24 AM

مثال 3

تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة $CH_3CH{=}\ CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ و CH₃)

قم بتسمية الألكين ذو الصيغة البنائية الآتية:

1 تحليل المسألة

لقد أعطيتَ ألكين ذو سلسلة متفرعة يحتوي على رابطة ثنائية واحدة ومجموعتي ألكيل. اتبع قواعد IUPAC لتسمية المركب العضوي.

2 حساب المجهول

خطوة 1. إنّ أطول سلسلة مستمرة من الكربون، تلك التي تضم الرابطة الثنائية، تحتوي على سبع ذرات من كربون. 7-كربون ألكان هو الهيبتان، لكن تم تغيير الاسم إلى الهيبتين بسبب وجود رابطة ثنائية.

$CH_3CH{=}\ CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ و CH₃)

السلسلة الأم للهيبتين

خطوة 2. قم بترقيم السلسلة لتعيين أدنى رقم للرابطة الثنائية.

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3CH{=}\ CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ و CH₃)

السلسلة الأم 2-هيبتين

خطوة 3. قم بتسمية كل بديل.

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3CH{=}\ CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ و CH₃)

يمثل كل بديل مجموعة ميثيل.

مجموعتا ميثيل

خطوة 4. حدد العدد الموجود من عناصر كل مجموعة بديلة وحدِّد البادئة الصحيحة لتمثيل هذا العدد. ثم، أدرج الأرقام الدالة على المواقع للحصول على البادئة الكاملة.

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3CH{=}\ CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ و CH₃)

السلسلة الأم 2-هيبتين

مجموعتا ميثيل في الموقعين 4 و6

البادئة هي 6,4-ثنائي الميثيل

خطوة 5. ليس من الضروري ترتيب أسماء المجموعات البديلة أبجديًا، لأنها متطابقة. طبِّق البادئة الكاملة على اسم السلسلة الأم للألكين. استخدام الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات. اكتب الاسم 6,4-ثنائي الميثيل-2-هيبتين.

3 تقييم الإجابة

تتضمّن أطول سلسلة كربون الرابطة الثنائية، أمّا موقع الرابطة الثنائية فلديه أدنى رقم ممكن. تحدد البادئات الصحيحة وأسماء مجموعات الألكيل فروع السلسلة.

تطبيق

17. استخدم قواعد IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية.

a. $CH_3CH{=}\ CHCHCH_3$ (CH₃)

b. $CH_3CH_2CHCH_2CH{=}\ CHCCH_3$ (CH₃ و CH₃ و CH₃)

18. تحدي ارسم الصيغة البنائية للمركب 3,1-بنتاداين

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

S_G10_ADV_CH20.indb 737 2/27/2017 11:20:25 AM

■**الشكل 14** يتيح استخدام الإيثين لإنضاج المحاصيل للمزارعين قطف الفواكه والخضروات قبل نضوجها.
اشرح سبب كون استخدام الإيثين مفيدًا للمزارعين.

خصائص الألكينات واستخداماتها إنّ الألكينات غير قطبية مثلها في ذلك مثل الألكانات، وبالتالي فإنّ قابلية ذوبانها في الماء منخفضة، بالإضافة للانخفاض النسبي درجة انصهارها ودرجة غليانها. مع ذلك، تُعد الألكينات أكثر تفاعلاً من الألكانات لأن الرابطة التساهمية الثانية ترفع كثافة الإلكترون بين ذرّتيّ الكربون، مما يوفر موقعًا جيدًا للتفاعل الكيميائي. تستطع المواد المتفاعلة التي تجذب الإلكترونات سحب الإلكترونات بعيدًا عن الرابطة الثنائية.

إنّ العديد من الألكينات يتكوّن بشكل طبيعي في الكائنات الحية. على سبيل المثال، إنّ الإيثين هرمون تنتجه النباتات بشكل طبيعي. وهو يتسبب في نضج الفاكهة ويؤدي دورًا في تساقط الأوراق من الأشجار استعدادًا لفصل الشتاء. تنضج ثمار الفاكهة المبيّنة في **الشكل 14** وغيرها من المحاصيل التي تباع في محلات البقالة بشكل غير طبيعي إثر تعرضها للإيثين. كما أنّ الإيثين مادة أولية تدخل في تركيب البولي إيثيلين البلاستيكي المُستخدم في تصنيع العديد من المنتجات، بما في ذلك الأكياس البلاستيكية والحبال وأواني الحليب. كما تدخل الألكينات الأخرى في تكوين الروائح في الليمون الأخضر والليمون الأصفر وأشجار الصنوبر.

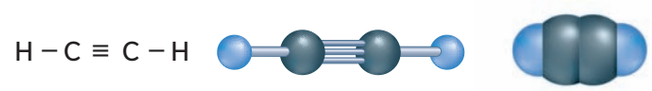
الألكاينات

يُطلق إسم **الألكاينات** على الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون مجمعة في سلسلة. تتضمّن الروابط الثلاثية مشاركة أزواج الإلكترونات الثلاثة. إنّ الألكاين الأبسط تكوينًا والأكثر استخدامًا هو الإيثاين (C_2H_2) الشائع والمشهور بإسم الأسيتيلين. ادرس نماذج الإيثاين المبيّنة في **الشكل 15**.

تسمية الألكاينات تسمّى الألكاينات ذات السلاسل المستقيمة والألكاينات ذات السلاسل المتفرعة بالطريقة نفسها التي تسمّى بها الألكينات، مع الفرق الوحيد الذي يتمثّل في كون اسم السلسلة الأم ينتهي بالأحرف "اين" يين بدلاً من "ين". ادرس الأمثلة الواردة في **الجدول 6**. تشكل الألكاينات ذات الرابطة التساهمية الثلاثية سلسلة متجانسة مع الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

☑ **التأكد من فهم النص** **استدلّ** من خلال النظر إلى الروابط التي يحتوي عليها الإيثاين، على سبب تفاعله الشديد مع الأكسجين.

■ **الشكل 15** تمثل نماذج الجزيئية الثلاثة هذه الإيثاين.

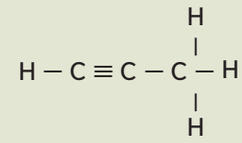
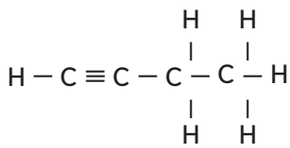
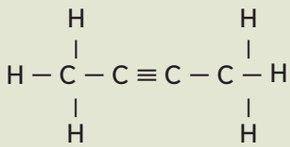


نماذج الإيثاين (الأستيلين)

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

S_G10_ADV_CH20.indb 738 2/27/2017 11:20:25 AM

الجدول 6 أمثلة على الألكانيات

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الصيغة البنائية المكثفة
الإيثاين	C_2H_2	$H-C\equiv C-H$	$CH \equiv CH$
البروباين	C_3H_4		$CH \equiv CCH_3$
1-البيوتاين	C_4H_6		$CH \equiv CCH_2CH_3$
2-البيوتاين			$CH_3C \equiv CCH_3$

تجربة مصغرة

تصنيع وملاحظة الإيثاين

لماذا يستخدم الإيثاين في لحام المعادن؟

الإجراء

1. حدد احتياطات السلامة لهذه التجارب قبل البدء في العمل.
2. إستخدم **شريطًا مطاطيًا لتثبيت شريحة خشبية** بطرف **مسطرة** طولها حوالي **40 cm**، بحيث يبرز حوالي **10 cm** من الشريحة عند طرف المسطرة.
3. ضع **120 mL من الماء** في **كأس سعته 150 mL** ثم أضف **5 mL من سائل الجلي**. اخلط المزيج جيدًا.
4. استخدم **ملقطًا** لالتقاط قطعة من **كربيد الكالسيوم** (CaC_2) صغيرة بحجم حبة بازلاء. لا تلمس CaC_2 بأصابعك. **تحذير: CaC_2 مادة أكّالة؛ ففي حال لامس غبار CaC_2 جلدك، إغسله فورًا بالكثير من الماء.** ضع قطعة من CaC_2 في كأس يحتوي على محلول تنظيف.
5. إستخدم **الثقاب** لإشعال النار في الشريحة الخشبية بينما تمسك المسطرة من الطرف الآخر للشريحة. اغمس طرف الشريحة المشتعل على الفور في الفقاعات التي تشكلت من التفاعل الذي تم في الكأس. قم بإخماد النار المشتعلة في طرف الشريحة بعد ملاحظة التفاعل.
6. استخدم **ساق تحريك** لإبعاد الفقاعات القليلة الكبيرة من الإيثاين. هل تطفو أم تغوص في الهواء؟
7. إغسل الكأس جيدًا، ثم أضف **25 mL من الماء المقطر** وقطرة من **محلول الفينول**. استخدم ملقطًا لوضع قطعة صغيرة من CaC_2 في المحلول. لاحظ النتائج

التحليل

1. **الاستدلال** ما الذي يمكن استدلاله حول كثافة الإيثاين بالمقارنة مع كثافة الهواء؟
2. **التوقع** يُنتج تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء ناتجين اثنين. أحدهما هو غاز الإيثاين (C_2H_2). ما هو الناتج الثاني؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 739 2/27/2017 11:20:25 AM

■ **الشكل 16.** يتفاعل الإيثاين أو الأسيتيلين مع الأكسجين في التفاعل الكيميائي $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$، الذي يولد ما يكفي من الحرارة للحام الفلزات.

خصائص الألكاينات واستخداماتها تتميز الألكاينات بخصائص فيزيائية وكيميائية مشابهة لخصائص الألكينات. تخضع الألكاينات للعديد من التفاعلات التي تخضع لها الألكينات. مع ذلك، تكون الألكاينات عادةً أكثر نشاطًا من الألكينات لأن الروابط الثلاثية للألكاينات فيها كثافة إلكترونات أعلى مقارنة بالروابط الثنائية للألكينات. إنّ هذه المجموعة من الإلكترونات فعّالة في تحفيز تكوين الأقطاب في الجزيئات المجاورة، مما يتسبب في شحنها بشكل غير متماثلة، وبالتالي أكثر نشاطًا.

يمثّل الإيثاين الشائع بإسم الأسيتيلين، منتجًا ثانويًا لتكرير النفط، كما يتم إنتاجه أيضًا بكميات كبيرة عن طريق تفاعل كربيد الكالسيوم (CaC_2) مع الماء. عند إمداد الإيثاين بما يكفي من الأكسيجين، فإنه يشتعل مولِّدًا لهبًا ساخنًا كثيفًا بدرجات حرارة قد تصل إلى 3000°C. يتم استخدام مشاعل الأسيتيلين عادة في لحام الفلزات. كما هو مبيّن في **الشكل 16**. نظرًا لكون الرابطة الثلاثية تجعل الألكاينات متفاعلة، فإن الألكاينات البسيطة مثل الإيثاين تُستخدَم كمواد أولية في صناعة البلاستيك والمواد الكيميائية العضوية الأخرى المستخدمة في الصناعة.

المطويات®
أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- إنّ الألكينات والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل، على التوالي.
- إنّ الألكينات والألكاينات مركبات غير قطبية ذات نشاطية أكبر من تلك التي للألكانات لكنّ لها خواص أخرى شبيهة بتلك التي للألكانات.

19. الفكرة الرئيسة **صِفْ** وجه/أوجه اختلاف كل من الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغ البنائية للألكانات.

20. حدد وجه/أوجه اختلاف الخواص الكيميائية لكل من الألكينات والألكاينات عن الخواص الكيميائية للألكانات.

21. قم بتسمية البنى المبيّنة مستخدمًا قواعد IUPAC.

a.
$$CH \equiv C\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H_2$$

b.
$$CH_3CH_2\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}HCH = CHCH_2CH_3$$

22. أرسم الصيغة البنائية لكل من 4-ميثيل-1،3بينتادين و 3،2ثنائي الميثيل-2-بيوتين.

23. استدل على كيفية مقارنة درجات الغليان والتجمد للألكاينات مقارنة بدرجات الغليان والتجمد للألكانات التي تحتوي على نفس عدد ذرات الكربون. اشرح استنتاجك، ثم ابحث في البيانات لمعرفة ما إذا كانت تدعم فكرتك.

24. توقع أيّ ترتيب هندسي تتوقّع من الروابط المحيطة بذرة كربون في كل من الألكانات والألكينات والألكاينات؟ (تلميح: يمكن استخدام نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ لتوقّع الشكل).

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

S_G10_ADV_CH20.indb 740 2/27/2017 11:20:26 AM

القسم 4

أيزومرات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة **لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئيّة نفسها ولكنّها تختلف من حيث التركيبات الجزيئيّة.**

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن التمييز بين الفئتين الرئيسيتين من الأيزومرات – الأيزومرات البنائية والفراغية؟
- ما أوجه الاختلاف بين الأيزومرات الهندسية؟
- ما التنوع البنائي في الجزيئات التي ينتج عنها أيزومرات الضوئية؟

مفردات للمراجعة

الإشعاع الكهرومغناطيسي electromagnetic radiation:
موجات مستعرضة تنقل الطاقة خلال الفراغ.

مفردات جديدة

أيزومر isomer
أيزومر بنائي structural isomer
أيزومر فراغي stereoisomer
أيزومر هندسي geometric isomer
عدمُ التناظر المرآتي chirality
كربون لا متناظر asymmetric carbon
أيزومر ضوئي optical isomer
دوران ضوئي optical rotation

الكيمياء في حياتك

هل سبق أن قابلت توأمين متماثلين؟ التوأمان المتماثلان لهما نفس التركيب الجيني، إلا أنهما شخصان منفصلان يتمتعان بشخصيّتين مختلفتين. الأيزومرات مشابهة للتوائم، إذ لديها الصيغة الجزيئيّة نفسها ولكنّها تختلف من حيث التركيب البنائي والخصائص.

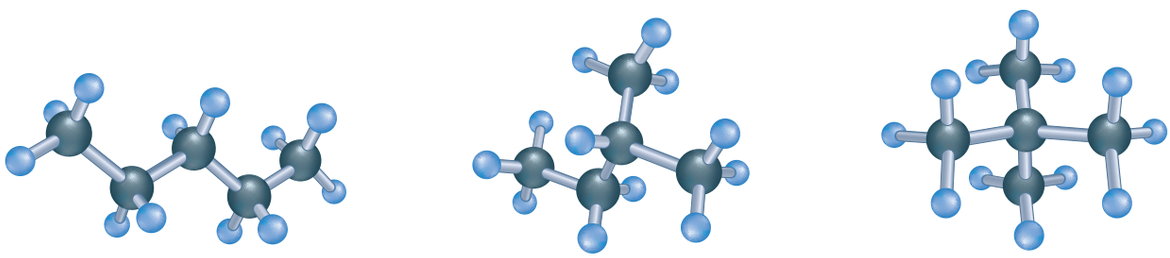
أيزومرات بنائية

ادرس النماذج المكونة من ثلاثة ألكانات الموجودة في **الشكل 17** لتحديد أوجه الشبه والاختلاف بينها. للألكانات الثلاثة 5 ذرات كربون و 12 ذرة هيدروجين، بذلك يصبح لها الصيغة الجزيئية C_5H_{12}. على الرّغم من ذلك، تمثل هذه النماذج ثلاثة ترتيبات مختلفة للذرات وثلاثة مركبات مختلفة — وهي بنتان، و 2 – ميثيل بروبان، و 2,2 – ثنائي ميثيل البروبان. إنّ هذه المركبات الثلاثة هي أيزومرات. **الأيزومرات** هي مركبان أو أكثر من المركبات التي لها نفس الصيغة الجزيئية ولكنها تختلف في الصيغة البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان ليسا أيزومرين لأن الصيغة الجزيئية للبنتان الحلقي هي C_5H_{10}.

ثمّة فئتان رئيسيتان من الأيزومرات. يعرض **الشكل 17** المركبات تُعدّ أمثلة على الأيزومرات البنائية. **الأيزومرات البنائية** لها الصيغة الكيميائيّة نفسها، ولكن ذراتها مرتبطة من خلال ترتيبات مختلفة. للأيزومرات البنائية خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة على الرغم من أنّه لديها الصيغة نفسها. تدعم هذه الملاحظة أحد المبادئ الرئيسة للكيمياء وهو أن: بنية المادة تحدد خصائصها. كيف يرتبط اتجاه درجات الغليان للأيزومرات C_5H_{12} بصيغتها البنائية؟

كلما ازداد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، ازداد أيضًا عدد الأيزومرات البنائية المحتملة. على سبيل المثال، هناك تسعة ألكانات لها الصيغة الجزيئية C_7H_{16}. وهناك أكثر من 300,000 أيزومر بنائي لديه الصيغة $C_{20}H_{42}$.

■ **الشكل 17** إنّ هذه المركبات التي لها الصيغة الجزيئيّة نفسها، C_5H_{12}، هي أيزومرات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.



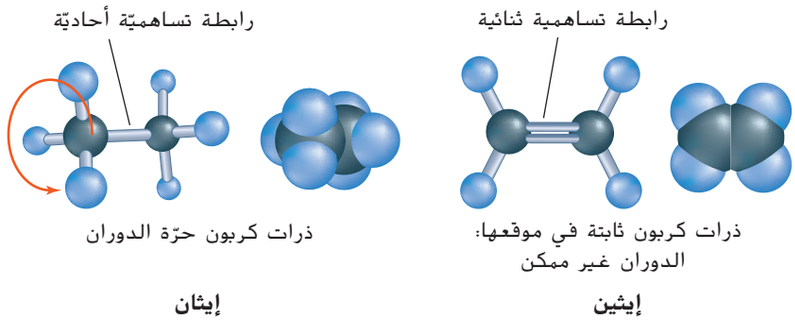
2,2- ثنائي الميثيل بروبان
درجة الغليان = 9°C

2- ميثيل بيوتان
درجة الغليان = 28°C

البنتان
درجة الغليان = 36°C

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

S_G10_ADV_CH20.indb 741 2/27/2017 11:20:26 AM



■ **الشكل 18** إنّ ذرات الكربون ذات الرابطة الأحادية في الإيثان لها حريّة الدوران حول الرابطة. بينما تقاوم ذرات الكربون ذات الرابطة الثنائية في الإيثان حركة الدوران.

أشرح كيف تعتقد أن هذا الاختلاف في القدرة على الدوران من شأنه أن يؤثر على الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة مع ذرات الكربون ذات الرابطة الأحادية وذرات الكربون ذات الرابطة الثنائية؟

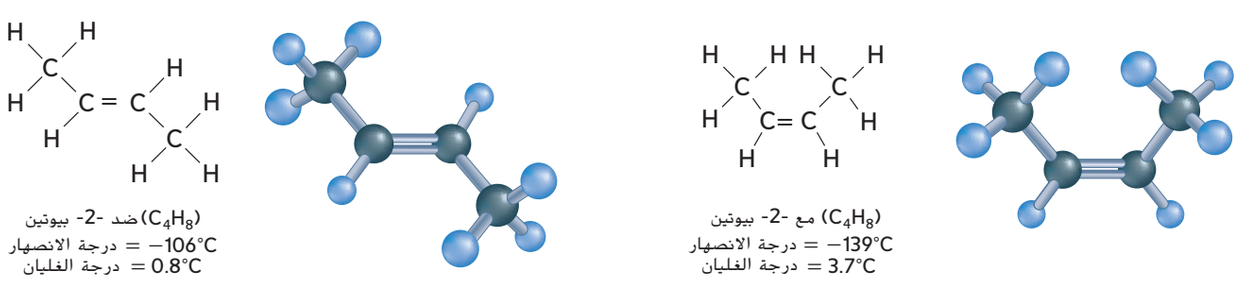
أيزومرات فراغية

تحتوى الفئة الثانية من الأيزومرات على اختلاف غير ملحوظ في الترابط. **الأيزومرات الفراغية** هي الأيزومرات التي تترابط فيها كل الذرات بالترتيب نفسه ولكنها تترتب بشكل مختلف في الفراغ. ثمّة نوعان من الأيزومرات الفراغية. يحدث أحد النوعين في الألكينات التي تحتوي على روابط مزدوجة. ويمكن لذرتي كربون تربطهما رابطة أحادية أن تدورا بحرية مع بعضهما البعض. ولكن، عند وجود رابطة تساهميّة ثانية، لا تكون ذرات الكربون قادرة على الدوران، إذ تُصبح ثابتة في مكانها، كما هو مبين في **الشكل 18**.

قارن بين تركيبي 2-بيوتين المحتملين المبينين في **الشكل 19**. يُشار إلى الترتيب الذي تكون فيه مجموعتي الميثيل على الجانب نفسه من الجزيء بالبادئة مع (cis)-.يُشار إلى الترتيب الذي تكون فيه مجموعتي الميثيل على جوانب متقابلة من الجزيء بالبادئة ضد (trans)-. إنّ هذين المصطلحين مُشتقّان من اللغة اللاتينية، مع (cis) تعني الجهة نفسها وضد (trans) تعني الجهة المختلفة. لا يمكن أن تتحول صيغة مع (cis)- إلى -ضد (trans) بسهولة بسبب عدم قدرة ذرات الكربون ذات الرابطة الثنائية على الدوران.

يُطلق على الأيزومرات الناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات حول الرابطة الثنائية **اسم الأيزومرات الهندسية**. لاحظ كيف يؤثر الاختلاف في الهندسة على الخصائص الفيزيائية للأيزومرات، مثل درجة الانصهار ودرجة الغليان. كذلك، تختلف الأيزومرات الهندسية في بعض الخصائص الكيميائية أيضًا. إذا كان المركب نشط بيولوجيًا، مثل العقاقير، يكون لأيزومرات مع (cis)- و ضد (trans)- تأثيرات مختلفة جدًا.

التأكد من فهم النص اشرح أوجه الاختلاف بين الأيزومرات البنائية والأيزومرات الهندسية.



■ **الشكل 19** تختلف أيزومرات 2-بيوتين في الترتيب داخل الحيز الفراغي لاثنين من مجموعات الميثيل على الأطراف. لا يمكن لذرات كربون الرابطة الثنائية أن تدور بعضها مع بعض، لذلك ثُبتت مجموعات الميثيل في أحد هذين الترتيبين.

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

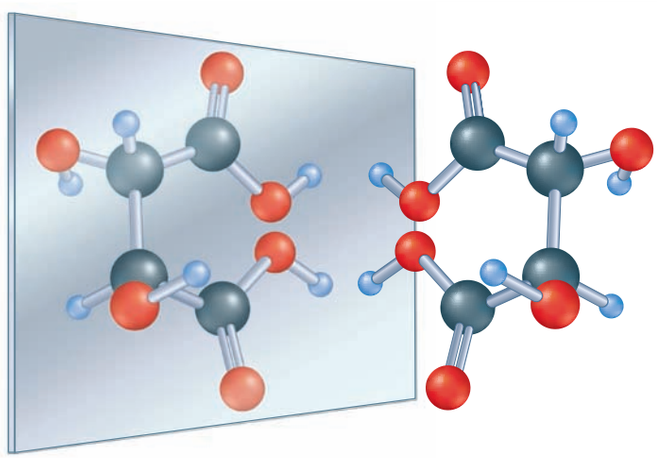
S_G10_ADV_CH20.indb 742 2/27/2017 11:20:26 AM

■ **الشكل 20** يبدو انعكاس كفّك الأيمن في المرآة تمامًا مثل انعكاس كفّك الأيسر. ومع ذلك، عندما تضع راحتي يديك إحداهما فوق الأخرى، لا تتطابق أجزاؤهما مع بعضها.

عدمُ التماثل المرآتي

الربط بعلم الأحياء في عام 1848، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822–1895) عن اكتشافه أن بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك موجودة في شكلين متماثلين. ولمّا كان كفّا الإنسان متماثلين، وكأنّ الواحد صورة مرآتيّة من الأخرى، كما هو مُبيّن في **الشكل 20**، سمّي هذين الشكلين بالشكل الأيمن والشكل الأيسر. لشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائيّة نفسها ودرجة الانصهار والكثافة والذوبان في الماء نفسها، إلّا أنّه لم يتمّ إنتاج سوى الشكل الأيسر باستخدام طريقة التخمر. وبالإضافة إلى ذلك، لم تكن البكتيريا قادرة على التكاثر إلّا عند تغذّيها على الشكل الأيسر كمادة غذائية.

إنّ الشكلين البلوريين لحمض الطرطريك موجودان في الترتيبين المُبيّنين في **الشكل 21**. يُسمّى هذين الشكلين حاليًا بـاسم d–حمض طرطريك و l–حمض طرطريك. ترمز الحروف d و l للبادئات اللاتينية –*dextro*، التي تعني إلى اليمين، و –*levo*، التي تعني إلى اليسار. يُطلق على الخاصية التي يكون فيها الجزيء في في الشكلين الأيمن والأيسر اسم **عدمُ التماثل المرآتي**. لدى العديد من المواد الموجودة في الكائنات الحية، مثل الأحماض الأمينية التي تشكل البروتينات، عدم تماثل مرآتي. وبشكل عام، تستخدم الكائنات الحية شكل متماثل واحد فقط للمادة، لأن هذا الشكل فقط يناسب موقع الانزيم النشط .



d–حمض طرطريك l–حمض طرطريك

■ **الشكل 21** تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك الذي درسه باستور. إذا انعكس نموذج من الشكل الأيمن لحمض طرطريك (d–حمض طرطريك) في المرآة، تكون صورته هي نموذج من الشكل الأيسر لحمض طرطريك (l–حمض طرطريك).

الكيمياء في الحياة اليومية

دهون من النوع ضد (trans)

الأيزومرات في النظام الغذائي

يُطلق على الدهون ذات الأيزومرات ضد (**trans**) اسم الدهون ترانس. وتُصنع العديد من المواد الغذائية المعلبة باستخدام دهون ترانس لأن مدّة صلاحيّتها أطول من غيرها. وتشير الدلائل إلى أن دهون ترانس تزيد من تَكوّن نسبة الكوليسترول الضار وتقلل من نسبة الكوليسترول الصحي، مما يزيد من إمكانية الإصابة بأمراض القلب.

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

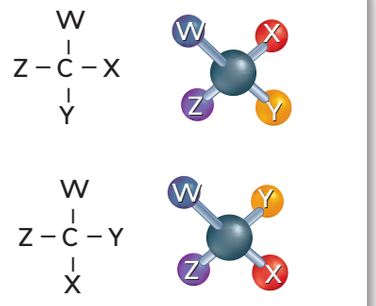
S_G10_ADV_CH20.indb 743 2/27/2017 11:20:28 AM

أيزومرات ضوئية

أدرك علماء الكيمياء في ستيّنيات القرن التاسع عشر، أن عدم التماثل المرآتي يحدث عندما يحتوي أي مركب على ذرات كربون غير متماثلة. تعتبر **ذرة الكربون غير المتماثلة** هي ذرة الكربون المرتبطة بأربع ذرات أو مجموعات ذرية مختلفة. يُمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة بذرّة الكربون نفسها الموجودة في الترتيبين المبينين في **الشكل 22**. لاحظ أن التركيبين مختلفان في أنّ المجموعتين X و Y تبادلتا موقعهما. لا يمكنك تدوير التركيبين بأي شكل من الأشكال بحيث تجعلهما مطابقين بعضهما لبعض.

الآن، لنفترض أنك أنشأت نماذج لهذين التركيبين. هل هناك أي طريقة تمكنك من تدوير أحد التراكيب لبدو تماماً مثل التركيب الآخر؟ (لا يهم ظهور الحروف سواء من الأمام أم من الخلف). سوف تكتشف أنه لا توجد أي وسيلة لإنجاز المهمة من دون إزالة X و Y من ذرة الكربون موقعيهما. ولذلك، فإن الجزيئات تختلف على الرغم من أنها تبدو إلى حد كبير متشابهة.

تمثل الأيزومرات التي تنجم عن الترتيبات المختلفة لأربع مجموعات مختلفة حول ذرّة الكربون نفسها فئة أخرى من الأيزومرات الفراغية التي يُطلق عليها اسم الأيزومرات الضوئية. تحتوي**الأيزومرات الضوئية** على الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها ماعدا في حالة التفاعلات الكيميائية إذ يكون عدم التماثل المرآتي مهمًّا، مثل تفاعل الإنزيم المحفز في الأنظمة البيولوجية. على سبيل المثال، تدمج الخلايا البشرية فقط الأحماض الأمينية من نوع (l) مع البروتينات. يكون حمض الأسكوربيك من النوع (l) فعالاً مثل فيتامين C. ويكون أيضاً عدم التماثل المرآتي من جزيء الدواء مهمًّا. على سبيل المثال، يكون واحداً فقط من الأيزومرات الخاصة ببعض الأدوية فعالاً أما الأيزومرات الأخرى فيمكن أن تكون ضارة.



■ **الشكل 22** تمثل هذه النماذج جزئين مختلفين. تبدلت الأماكن الخاصة بالمجموعات X و Y.

المطويات

أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

مختبر لتحليل البيانات

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

تفسير البيانات

ما هي سرعات الأكسدة الخاصة بأيزومرات ثنائي كلورو الإيثين؟ بوتانوفورا الزائفة هي نوع من البكتيريا التي تستخدم بعض الألكانات والكحول والأحماض العضوية كمصادر للكربون والطاقة. تم اختبار هذه البكتيريا كعامل مساعد في تنقية الماء الجوفية من ثنائي كلورو الإيثين (DCE) الملوث. الخلائط المحتوية على عوامل اختزال متنوعة وإنزيمات البيوتان الأحادية في بوتانوفورا الزائفة والأيزومرات المؤكسدة من ثنائي كلورو الإيثين.

البيانات والملاحظات

يُبيّن الجدول سرعة الأكسدة الخاص بكل مركب في بكتيريا بوتانوفورا الزائفة التي تنمو في البيوتان.

سرعات الأكسدة

عامل مختزل	السرعة الابتدائية للأكسدة ($nmol\ min^{-1}\ mg\ protein^{-1}$) 1,2-cis DCE	1,2-trans DCE
عازل	0.9 (1.0)	1.6 (1.0)
بُوتيرات	6.8 (7.6)	2.0 (1.3)
بروبيونات	5.9 (6.6)	0.4 (0.3)
أسيتات	8.5 (9.4)	3.8 (2.8)
فورمات (ملْحُ حمْض الفورميك)	1.4 (1.6)	1.2 (0.7)
لاكتات	11 (12.2)	4.5 (2.8)

تمثل القيم بين قوسين الزيادة (*n* ضعف) على سرعة العزل.

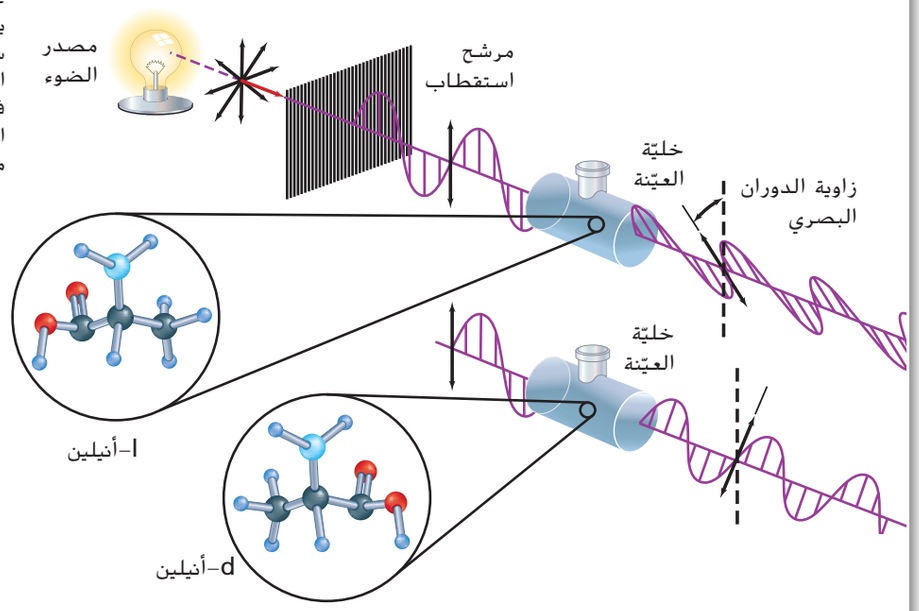
تم الحصول على البيانات من: دي إم دوتي وآخرون. 2005. يؤثر أيزومرات dichloroethene على الحث والنشاط وإنزيمات البيوتان الأحادية في بكتيريا الألكان المؤكسدة "بوتانوفورا" الزائفة." تطبيق علم الجراثيم البيئية. أكتوبر: 6059–6054.

التفكير الناقد

1. **قارن** أي العوامل المختزلة كان أكثر فائدة في أكسدة كل إيزومر؟
2. **استنتج** أي أيزومر متأكسد هو الأبطأ؟

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

S_G10_ADV_CH20.indb 744 2/27/2017 11:20:28 AM



■ **الشكل 23** ينتج الضوء المستقطب عند تمرير الضوء العادي من خلال مرشح ينقل الموجات الضوئية التي تكمن في سطح واحد فقط. هنا، تكون موجات الضوء التي تم ترشيحها في مستوى رأسي قبل أن تمر من خلال خلايا العيّنة. يعمل الأيزومران على دوران الضوء في اتجاهات مختلفة.

الدوران الضوئي إنّ الإنزيمات التي يكون كلّ منها صورة مرآة للآخر تُسمّى أيزومرات ضوئية لأنها تؤثر على الضوء الذي يمر من خلالها. عادةً، تنتقل الموجات الضوئية المرسلة من أشعة الشمس أو من المصباح الكهربائي في كل الأسطح الممكنة. ومع ذلك، يمكن ترشيح الضوء أو عكسه بمثل هذه الطريقة بحيث تكمن جميع الموجات التي يتم تحصيلها في نفس السطح. يُطلق على هذا النوع من الضوء اسم الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب من خلال محلول يحتوي على أيزومر ضوئي، يدور سطح الاستقطاب في اتّجاه اليمين (في اتجاه عقارب الساعة، عند النظر باتجاه مصدر الضوء) من قبل أيزومر d– أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) من قبل أيزومر l–، وينتج عن ذلك تأثير يسمى **دوران ضوئي**. ويظهر هذا التأثير في **الشكل رقم 23**.

يمكنك استخدام أيزومر ضوئي واحد هو l–المنثول. يحتوي هذا الأيزومر الطبيعي على نكهة نعناع قوية ورائحة وطعم منعشين. الصورة المعكوسة للأيزومر d–المنثول ، ليس لها نفس التأثير المنعش مثل l–المنثول.

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- تتكون الأيزومرات من مرّكبين أو أكثر لهما الصيغة الجزيئيّة نفسها ولكن يختلفان في التركيب البنائي.
- تختلف الأيزومرات البنائية في ترتيب ارتباط الذرات بعضها مع بعض.
- تحتوي الأيزومرات الفراغية على جميع الذرات المرتبطة بالترتيب نفسه ولكنّها مُرتّبة بشكل مختلف في الفراغ.

25. الفكرة الرئيسة ارسم جميع الأيزومرات البنائية المحتملة للألكان بالصيغة الجزيئية C_6H_{14}. اعرضها فقط في سلاسل الكربون.

26. اشرح الفرق بين الأيزومرات البنائية و الأيزومرات الفراغية.

27. ارسم التركيبات الخاصة مع–3–هكسين و ضد–3–هكسين.

28. استدلال لماذا تستفيد الكائنات الحية من تكوين مركز واحد لا متماثل في جزيء المادة.

29. تقييم ينتج عن رد فعل معين 80% ضد–2–بنتين و 20% مع–2–بينتين. ارسم تركيبي هذين الإيزومرين الهندسيين، وطور فرضية لتفسير لماذا تتشكل الأيزومرات بالنسب المذكورة.

30. كوّن نماذج بدءًا من ذرة كربون واحدة، وارسم أيزومرين ضوئيين مختلفين عن طريق ربط الذرات التالية أو المجموعات بالكربون:
$-H$, $-CH_3$, $-CH_2CH_3$, و $-CH_2CH_2CH_3$.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 745 2/27/2017 11:20:28 AM

القسم 5

الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة **إنّ الهيدروكربونات الأروماتية هي مركبات مستقرة ومتوازنة على نحو استثنائي، تتميّز بتراكيب حلقية فيها الكترونات تتشاركها ذرّات عديدة.**

الأسئلة الرئيسة

- كيفية المقارنة بين خصائص المركبات الهيدروكربونية الأروماتية والأليفاتية وإظهار الاختلاف بينها؟
- ما هي المادة المسرطنة مع بيان بعض الأمثلة عليها؟

مفردات للمراجعة

الأفلاك المهجنة hybrid orbitals: أفلاك ذرية متعادلة تتشكل خلال الترابط عن طريق إعادة ترتيب إلكترونات التكافؤ

مفردات جديدة

مركب أروماتي aromatic compound
مركب أليفاتي aliphatic compound

الكيمياء في حياتك

ما أوجه التشابه بين الأنسجة اللامعة والملونة وحصى تغطية الأسفلت والزيوت الأساسية الموجودة في العطور بشكل عام؟ تحتوي جميعها على هيدروكربونات أروماتية.

تركيب البنزين

تحتوى الأصباغ الطبيعية مثل تلك الموجودة في أنسجة القماش في **الشكل 24**، والزيوت الموجودة في العطور على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. لقد استخدمت مركبات لها هذه التراكيب على مدى عدة قرون. بحلول منتصف القرن التاسع عشر، توصل الكيميائيون إلى فهم أساسي لتراكيب الهيدروكربونات ذات الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية. مع ذلك، فإنّ بعض التراكيب الهيدروكربونية الحلقية لا تزال لغزًا.

إنّ أبسط مثال على هذه الفئة الهيدروكربونية هو البنزين، الذي قام الفيزيائي الإنجليزي مايكل فاراداي (1867–1791) بعزله للمرة الأولى في العام 1825 عن الغازات المنبعثة عندما قام بتسخين زيت الحوت أو الفحم. على الرغم من تحديد الكيميائيين أن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6، كان صعبًا بالنسبة إليهم تحديد التركيبة الهيدروكربونية التي تعطي هذه الصيغة. توصّلوا في النهاية إلى أنّ صيغة الهيدروكربون المشبع مع ذرات الكربون الستة، الهكسان، هي C_6H_{14}. بما أنّ جزيء البنزين يحتوي على عدد قليل جدًا من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أنّ هذه الذرات غير مشبعة. حيث إنّها يجب أن تحتوى على عدة روابط ثنائية أو ثلاثية أو مزيج من الاثنين معًا. واقترحوا العديد من التراكيب المختلفة، بما في ذلك هذا التركيب الذي تم اقتراحه في العام 1860.

$$CH_2 = C = CH - CH = C = CH_2$$

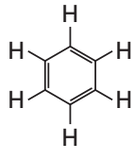
على الرغم من أن هذا التركيب يمثل الصيغة الجزيئية C_6H_6 ، فإن هذا الهيدروكربون قد يكون غير مستقر ومتفاعلًا لأقصى درجة، ذلك بسبب روابطه الثنائية المتعدّدة. مع ذلك، كان البنزين خاملًا إلى حد ما، ولم يتفاعل كما تتفاعل الألكينات والألكاينات عادةً. لهذا السبب، استنتج الكيميائيون أن التراكيب مثل ذلك المبين أعلاه هي خطأ.

الشكل 24 لقد استُخدمت الأصباغ لإنتاج الأنسجة الملونة الزاهية لعدة قرون.
وضح أوجه الشبه بين الأصباغ الطبيعية والزيوت العطرية؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

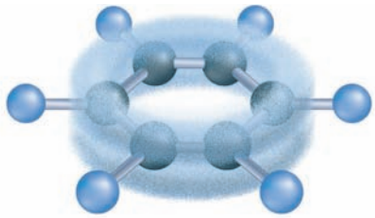
S_G10_ADV_CH20.indb 746 2/27/2017 11:20:29 AM

حلم كيكوليه في عام 1865، اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوغست كيكوليه (1896–1829) نوعًا مختلفًا من التركيب للبنزين—شكل سداسي يتكون من ست ذرات كربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. كيف يمكن مقارنة الصيغة الجزيئية لهذا التركيب مع تركيب البنزين؟



ادعى كيكوليه أنه رأى تركيب البنزين في المنام حينما غلبه النعاس أمام مدفأة في غينت، بلجيكا. وقال إنه رأى حلمًا يتعلق بـأوروبروس، رمز مصري قديم لثعبان يلتهم ذيله، مما جعله يفكر في تركيب على شكل حلقة. بين التركيب المسطح والسداسي الشكل الذي اقترحه كيكوليه بعض خصائص البنزين، لكنه لم يبين عدم تفاعلية البنزين.

نموذج حديث للبنزين منذ اقتراح كيكوليه، أكدت الأبحاث أن التركيب الجزيئي للبنزين سداسي الشكل فعلًا. ومع ذلك، لم يتمكن أحد من شرح عدم تفاعلية البنزين حتى 1930، حينما اقترح لينوس بولينغ نظرية الأفلاك المهجنة. وعند تطبيق هذه النظرية على البنزين، تتنبأ هذه النظرية بأن أزواج الإلكترونات التي تشكل الروابط الثنائية في البنزين لا تقع بين اثنين فقط من ذرات الكربون المحددة كما هو الحال في الألكينات. ولكن أزواج الإلكترونات لم توضع في موضعها الصحيح، وهو ما يعني أنها مشتركة بين جميع ذرات الكربون الست في الحلقة. **الشكل 25** يدل على أن هذا الموضع يجعل جزيء البنزين مستقر كيميائيًا لأنه من الصعب شد الإلكترونات المشتركة في ست نويات كربون بعيدًا مقارنةً بالإلكترونات المرتبطة بنواتين فقط. عادةً لا يتم الإشارة إلى ذرات الهيدروجين الست، ولكن من المهم تذكر أنها موجودة. وفي هذا التوضيح، ترمز الدائرة الموجودة في منتصف الشكل السداسي إلى السحابة التي شكلتها ثلاثة أزواج من الإلكترونات.



■ **الشكل 25** انتشرت الإلكترونات الرابطة للبنزين بشكل متساو في شكل دائرة ثنائية حول الحلقة بدلًا من البقاء بالقرب من الذرات الفردية.

مركبات أروماتية

يُطلق على المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات من البنزين كجزء من تركيبها اسم **المركبات الأروماتية**. استُخدم المصطلح أروماتي في الأصل لأنه تم العثور على العديد من المركبات المتعلقة بالبنزين التي تم الكشف عنها في القرن التاسع عشر في الزيوت ذات الرائحة الجذابة التي تم استخلاصها من التوابل والفواكه وغيرها من أجزاء النباتات الأخرى. ويُطلق على الهيدروكربونات مثل الألكانات والألكينات والألكاينات اسم **المركبات الأليفاتية** لتمييزها عن المركبات الأروماتية. ينحدر مصطلح الأليفاتية من الكلمة اليونانية دهن، وهي *aleiphatos*. وقد حصل الكيميائيون في وقت مبكر على المركبات الأليفاتية عن طريق تسخين الدهون الحيوانية. أذكر بعض أمثلة الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات دهنية؟

التأكد من فهم النص **استدل** لماذا لا يزال الكيمائيون يستخدمون مصطلحات المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية حتى يومنا هذا.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

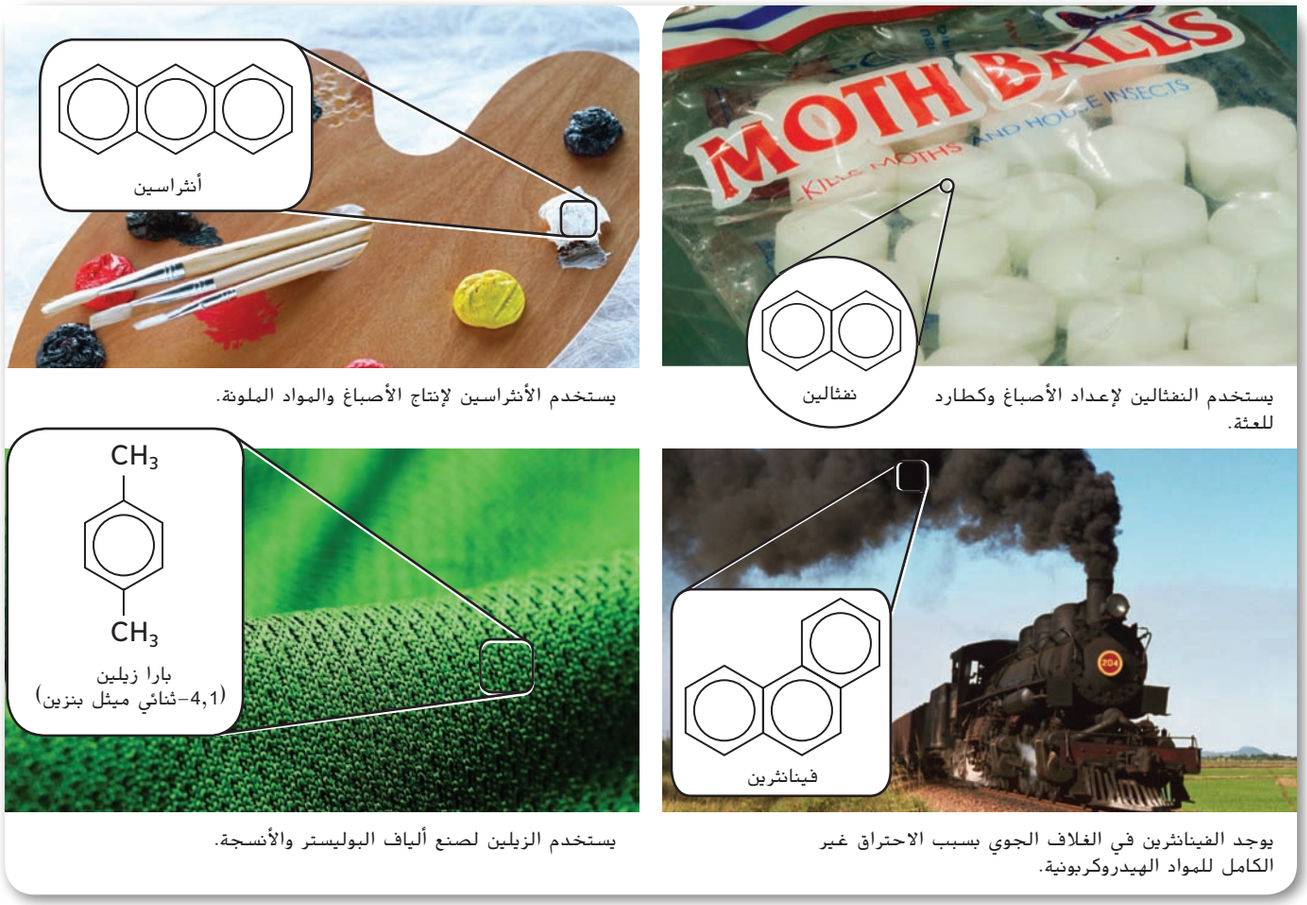
عطرية

الاستخدام العلمي: مركب عضوي مع زيادة الاستقرار الكيميائي بسبب عدم تموضع الإلكترونات
البنزين مركب أروماتي.

الاستخدام العام: وجود رائحة قوية أو رائحة كريهة
كان العطر فواحًا جدًا.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 747 2/27/2017 11:20:30 AM



يستخدم النفثالين لإعداد الأصباغ وكطارد للعثة.

يستخدم الأنثراسين لإنتاج الأصباغ والمواد الملونة.

يوجد الفينانثرين في الغلاف الجوي بسبب الاحتراق غير الكامل للمواد الهيدروكربونية.

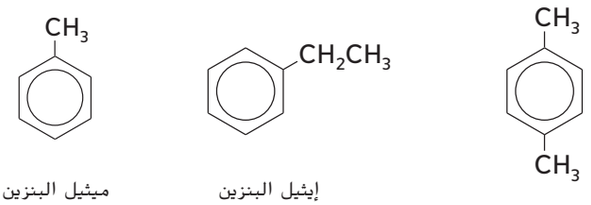
يستخدم الزيلين لصنع ألياف البوليستر والأنسجة.

■**الشكل 26** وُجدت الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للمواد الهيدروكربونية وتستخدم لتقديم مجموعة متنوعة من المنتجات.

يعرض **الشكل 26** تركيب بعض المركبات الأروماتية. لاحظ أن النفثالين يحتوي على تركيب يبدو مثل حلقتين من البنزين مرتبين جنبًا إلى جنب. النفثالين هو مثال على نظام حلقي مندمج، حيث يحتوي المركب العضوي فيه على تركيبين أو أكثر من التراكيب الحلقية بجانب مشترك. كما هو الحال في البنزين، تتشارك الإلكترونات في ذرات الكربون التي تشكل الأنظمة الحلقية.

تسمية المركبات الأروماتية مثل الهيدروكربونات الأخرى، يمكن أن تحتوى المركبات الأروماتية على مجموعات مختلفة ملتصقة بذرات الكربون الخاصة بها. على سبيل المثال، يتكون ميثيل البنزين، المعروف أيضًا باسم التولوين، من مجموعة الميثيل المرتبطة بحلقة البنزين عوضًا عن ذرة هيدروجين. كلما رأيت مجموعة بديلة مرتبطة بحلقة البنزين، تذكر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

يتم تسمية مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بنفس الطريقة التي تسمى بها الألكانات الحلقية. على سبيل المثال، يحتوي إيثيل البنزين على مجموعة من إيثيل مرتبطة بحلقة البنزين، الملتصقة، و 4،1-زيلين، المعروف أيضًا باسم بارا زيلين، يحتوى أيضًا على مجموعتين من الميثيل الملتصقة في الموقعين 1 و 4.



ميثيل البنزين
(بارا زيلين)

إيثيل البنزين

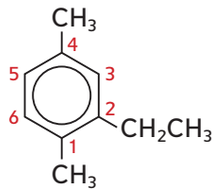
1، 4-ثنائي ميثل بنزين
(بارا زيلين)

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

S_G10_ADV_CH20.indb 748 2/27/2017 11:20:31 AM

فقط كما هو الحال مع الألكان الحلقي المستبدل، يتم ترقيم حلقات البنزين المستبدل بطريقة تعطي أقل أرقام محتملة للمجموعات البديلة، كما هو مبين في **الشكل 27**. فترقيم الحلقة كما هو مبين يعطي أرقام 1 و 2 و 4 للمواقع المستبدلة. لأن الإيثيل يتقدم الميثيل في الحروف الأبجدية، وتم كتابته لأول مرة باسم: 2-إيثيل 4.1-ثنائي ميثيل البنزين

التأكد من فهم النص **اشرح** ماذا يعني وجود دائرة داخل هيكل حلقة سداسية في **الشكل 27**.



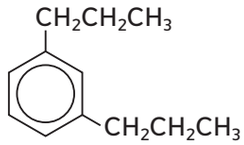
2-إيثيل 4.1-ثنائي ميثيل بنزين

الشكل 27 تتم تسمية حلقات البنزين المستبدلة بنفس الطريقة التي تم تسمية الألكانات الحلقية بها.

المثال 4

تسمية المركبات الأروماتية

قم بتسمية المركب الأروماتي المبين.

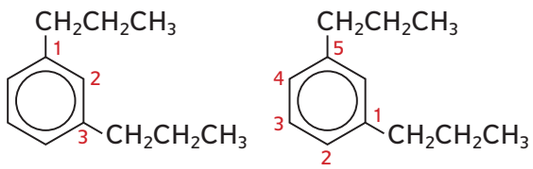


1 تحليل المسألة

يتم إعطائك مركب أروماتي. اتبع قواعد تسمية المركبات الأروماتية.

2 حساب المجهول

خطوة 1. قم بعد ذرات الكربون لإعطاء أصغر عدد ممكن.



كما ترون، فإن الرقمين 1 و 3 هما أقل من الرقمين 1 و 5.
وبالتالي فإن الأرقام المستخدمة لتسمية الهيدروكربونات يجب أن تكون 1 و 3.

خطوة 2. حدد اسم المجموعات البديلة. إذا ظهر نفس المجموعة أكثر من مرة، أضف البادئة لإظهار عدد من المجموعات الحالية.

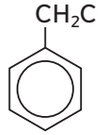
خطوة 3. ضع الاسماء معًا. رتب أسماء المجموعة البديلة أبجديًا واستخدم الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات. اكتب الاسم كما يلي -3،1 ثنائي بروبيل البنزين.

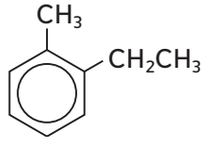
3 تقييم الإجابة

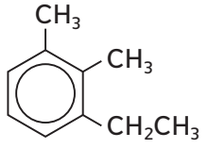
تم ترقيم حلقة البنزين لإعطاء الفروع أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام. وتم تحديد أسماء المجموعات المستبدلة بشكل صحيح.

تطبيق

31. حدد اسم المركبات التالية:

a.


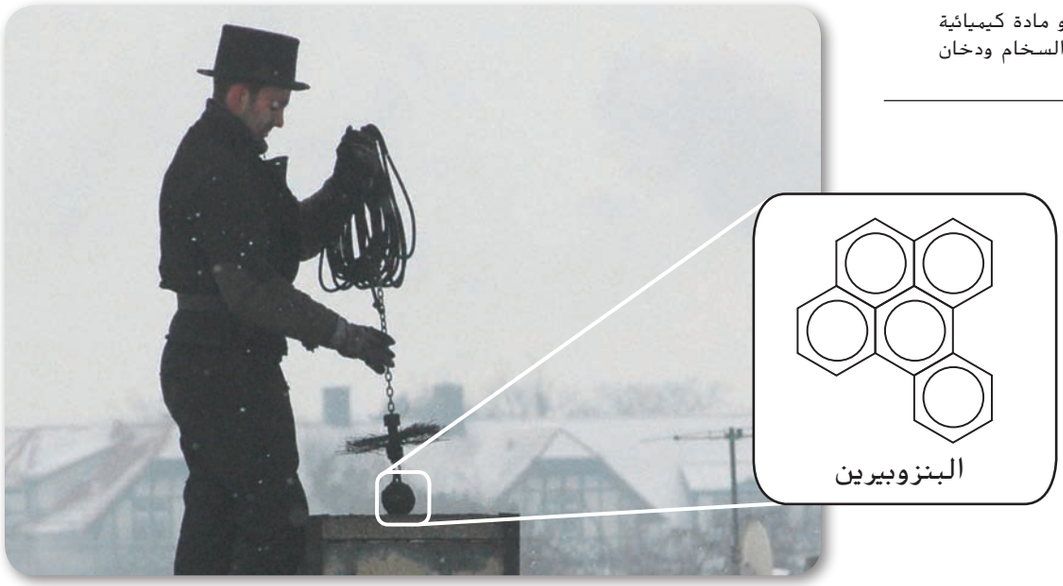
b.


c.


32. التحدي ارسم الصيغة البنائية -4.1زيلين.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 749 2/27/2017 11:20:32 AM



الشكل 28 البنزوبيرين هو مادة كيميائية تسبب السرطان توجد في السخام ودخان السجائر وعادم السيارة.

المواد المسرطنة استُخدمت العديد من المركبات الأروماتية لا سيما البنزين والتولوين والزايلين مرة واحدة عادة باسم المذيبات الصناعية والمخبرية. ومع ذلك، فقد أظهرت الاختبارات أن استخدام هذه المركبات يجب أن تكون محدودة لأنها يمكن أن تؤثر على صحة الأشخاص الذين يتعرضون لها بانتظام. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة بالمركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي ومشاكل الكبد وتلف الجهاز العصبي. وبعيدًا عن هذه المخاطر، فإن بعض المركبات الأروماتية هي مواد مسرطنة وهي عبارة عن مواد يمكن أن تسبب الإصابة بالسرطان.

كانت أول مادة مسرطنة معروفة مادة أروماتية اكتُشفت حوالي مطلع القرن العشرين في مدخنة السخام. كان من المعروف أن منظفي المداخن في بريطانيا العظمى يعانون من معدلات مرتفعة من مرض السرطان بشكل غير طبيعي. واكتشف العلماء أن السبب وراء الإصابة بمرض السرطان يعزو إلى البنزوبيرين والمركبات الأروماتية، كما هو مبين في **الشكل 28**. وهذا المركب هو منتج ثانوي من حرق خليط معقد من المواد العضوية مثل الخشب والفحم. ومن المعروف أن بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الغازولين أيضًا هي مركبات مسببة للسرطان.

المطويات®

أدمج معلومات من هذا القسم في مطويتك.

القسم 5 مراجعة

ملخص القسم

- تحتوي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية على حلقات البنزين كجزء من تركيبها البنائي.
- تتوزع الإلكترونات في المركبات الهيدروكربونية الأروماتية بالتساوي على حلقة البنزين بأكملها.

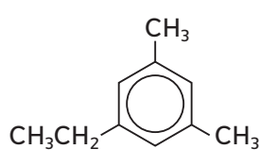
33. الفكرة الرئيسة **اشرح** الشكل البنائي البنزين وكيف أنه يجعل الجزيء مستقرًا على نحو غير عادي.

34. فسر كيف تختلف المركبات الهيدروكربونية الأروماتية عن المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية.

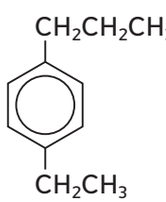
35. صف خصائص البنزين التي جعلت الكيميائيين يعتقدون أنه ليس ألكين بعدة روابط ثنائية.

36. قم بتسمية المركبات التالية:

a.



b.



37. اشرح لماذا كانت العلاقة بين البنزوبيرين والسرطان علاقة هامة.

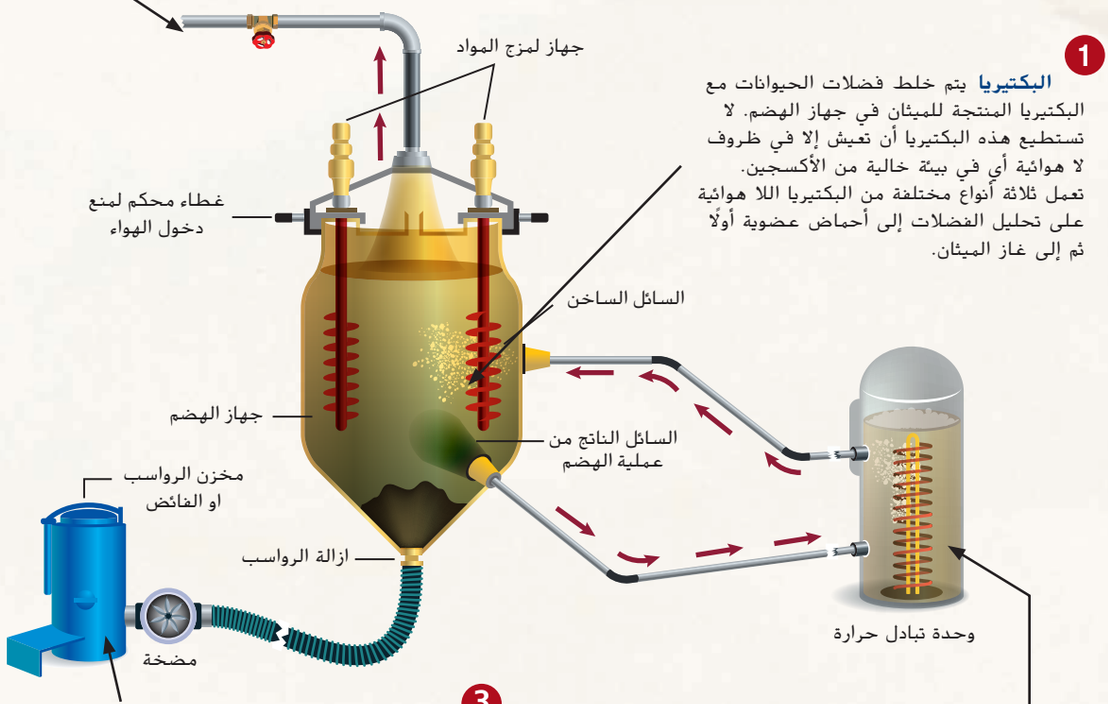
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

S_G10_ADV_CH20.indb 750 2/27/2017 11:20:32 AM

كيف تعمل؟

من مخلفات الحيوانات إلى طاقة: كيف يعمل جهاز هضم الميثان

يأمل المسؤولون في سان فرانسيسكو في أن يساهم أصحاب الحيوانات الأليفة في المدينة بفضلات حيواناتهم في مشروع تجريبي سيحوّل المواد العضوية إلى طاقة قابلة للاستخدام. يعمل جهاز هضم الميثان على تحويل فضلات الحيوانات إلى غاز بيولوجي، وهو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون. يؤدي حرق الميثان إلى توفير الطاقة للمدينة.



1 **البكتيريا** يتم خلط فضلات الحيوانات مع البكتيريا المنتجة للميثان في جهاز الهضم. لا تستطيع هذه البكتيريا أن تعيش إلا في ظروف لا هوائية أي في بيئة خالية من الأكسجين. تعمل ثلاثة أنواع مختلفة من البكتيريا اللا هوائية على تحليل الفضلات إلى أحماض عضوية أولًا ثم إلى غاز الميثان.

2 **درجة الحرارة** كما هو الحال مع التفاعل الكيميائي، تؤثر درجة الحرارة في إنتاج الميثان. على غرار البكتيريا الموجودة في أجسامنا، تحقق البكتيريا الموجودة في جهاز الهضم أقصى فعالية بين درجتي حرارة 35°C و37°C. وتساعد الوحدة الخارجية لتبادل الحرارة إلى جانب العزل حول غرفة جهاز الهضم في الحفاظ على ثبات درجة الحرارة وإبقائها ضمن النطاق الأمثل.

3 **الرواسب** لا تستطيع البكتيريا تحويل 100% من فضلات الحيوانات إلى الميثان. وتكون المادة المتبقية غير القابلة للهضم، تسمى الرواسب أو الفائض، غنية بالمواد الغذائية النباتية ويمكن استخدامها كسماد للتربة.

الكتابة في الكيمياء

قارن قم بإجراء بحث وأنشئ كتيبًا يقارن بين مزايا إنتاج الغاز الحيوي والطرق الأخرى التي تتبعها االمؤسسات الزراعية للتخلص من فضلات الحيوانات، مثل مصانع الألبان واللحم البقري ومنتجي الدواجن.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 751 2/27/2017 11:20:34 AM

تجربة كيميائية

الأدلة الجنائية: تحليل الغازات الهيدروكربونية المستخدمة في موقد بنزن.

الخلفيّة: يوجد صمام بحاجة للاستبدال في مختبر الكيمياء، ويفيد اختصاصي المختبر بأن الغاز المستخدم في داخل المختبر هو البروبان، أما مدرس الكيمياء فيقول بأن الغاز المستخدم هو الغاز الطبيعي (الميثان). استخدام الطرق العلمية لحل هذا النزاع.

السؤال: ما نوع غاز الألكان المستخدم في مختبر الكيمياء؟

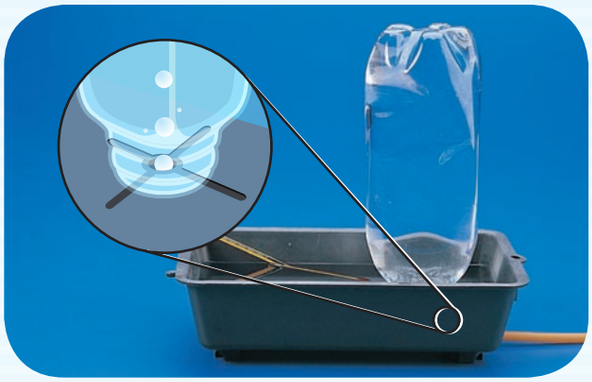
المواد

بارومتر
ثيرموميتر
حوض هوائي
مخبار مدرج 100 mL
قارورة مشروب غازي بلاستيكية سعة 1L أو 2L
أنابيب مطاطية
ميزان (0.01g)
مناشف ورقية

احتياطات السلامة

الإجراء

1. اقرأ تعليما السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. قم بوصل انابيب المطاطية من مصدر الغاز الى الحوض الهوائي، ثم املأ الحوض بماء الصنبور، وافتح صمام الغاز قليلًا لتتيح دخول كمية صغيرة من الغاز إلى الخزان لطرد الهواء خارج الأنبوب.
3. قم بقياس كتلة القارورة البلاستيكية الجافة وغطائها، ثم سجّل الكتلة، الضغط الجوي ودرجة حرارة الهواء.
4. املأ القارورة بماء الصنبور حتى تفيض للخارج، ثم أغلقها بالغطاء. في حال بقاء بعض فقاعات الهواء بداخل القارورة، انقر على القارورة بلطف على سطح مكتبك حتى يصعد كل الهواء بداخل الماء على السطح، ثم أضف المزيد من الماء، وأغلق القارورة مجددًا.
5. ضعّ الثيرموميتر في الحوض، ثم اقلب قارورة الماء المُغطاة في داخل الحوض الهوائي، وإنزع غطاء القارورة بينما تظل فوهتها تحت سطح الماء. أبق فوهة القارورة فوق فتحة الغاز للحوض مباشرة.
6. افتح صمام الغاز ببطء للسماح بدخول بعض الغاز إلى داخل القارورة المقلوبة حتى تُستبدل كل الماء بداخلها، ثم أغلق الصمام فورًا. سجّل درجة حرارة الماء.
7. بينما لا تزال القارورة مقلوبة، قم بإغلاقها بالغطاء، ثم ارفع القارورة من الماء، وجفف سطحها الخارجي.
8. قم بقياس وتسجيل كتلة القارورة التي تحتوي على غاز الموقد.



9. ضع القارورة داخل خزانة الغازات، ثم شغّل المروحة وانزع غطاء القارورة. قم بضغط القارورة عدة مرات لطرد الغاز من داخلها، ثم أعد ملء القارورة بالماء حتى تفيض، وحدّد حجم القارورة من خلال سكب الماء داخل المخبار المدرج المدرجة. سجّل حجم القارورة.
10. **التنظيف والتخلص من النفايات** نظّف مكان عملك وفقًا للتوجيهات.

التحليل والاستنتاج

1. **أوجد** كثافة الهواء تحت ضغط 1 atm وعند درجة حرارة 20°C هي 1.205 g/L. استخدم حجم القارورة لحساب كتلة الهواء داخل القارورة. استخدم قوانين الغاز لحساب كثافة الهواء عند درجة حرارة وضغط المختبر الذي تعمل به.
2. **احسّب** كتلة القارورة الفارغة. احسّب كتلة الغاز المُجمعة. استخدم حجم الغاز، ودرجة الحرارة، والضغط الجوي مع قانون الغاز المثالي لحساب عدد مولات الغاز المُجمعة. استخدم كتلة الغاز، وعدد المولات لحساب الكتلة المولية للغاز.
3. **استنتج** كيف يمكن مقارنة الكتلة المولية التجريبية التي استنتجتها مع الكتل المولية لكل من غاز الميثان، والإيثان، والبروبان؟ استدلّ أي من الغازات يوجد في موقد مختبر الكيمياء.
4. **حلّل الخطأ** اقترحْ مصادر الخطأ الممكنة في تلك التجربة.

التوسع في الاستقصاء

صمّم تجربة لقياس كيفية تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة، أو الضغط الجوي على نتيجة تجربتك.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 752 2/27/2017 11:20:35 AM

الوحدة 20 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة

تختلف المركبات العضوية التي يطلق عليها اسم هيدروكربونات بإختلاف أنواع الروابط بها

القسم 1 مقدمة حول الهيدروكربونات

الفكرة **الرئيسة** الهيدروكربونات هي المركبات العضوية التي تحتوي على الكربون الذي يوفر مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

- المركبات العضوية تحتوي على عنصر الكربون، وهو قادر على تشكيل سلاسل مستقيمة وسلاسل متفرعة.
- المركبات الهيدروكربونية هي مواد عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين.
- المصادر الرئيسة للمواد الهيدروكربونية هي النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مركبات عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

المفردات

- المركب العضوي
- هيدروكربون
- هيدروكربون مشبع
- هيدروكربون غير مشبع
- التقطير التجزيئي
- التكسير

القسم 2 الألكانات

الفكرة **الرئيسة** الألكانات هي هيدروكربونات تحتوي على روابط أحادية فقط.

- الألكانات تحتوي على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى عن طريق الصيغ البنائية ويمكن تسميتها باستخدام القواعد المنهجية التي يحددها الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تسمى الألكانات التي تحتوي على هيدروكربون حلقي بالألكانات الحلقية.

المفردات

- ألكان
- السلسلة المتجانسة
- السلسلة الأم
- المجموعة البديلة
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

القسم 3 الألكينات والألكاينات

الفكرة **الرئيسة** الألكينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية على الأقل، والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

- الألكينات والألكاينات هي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل، على التوالي.
- الألكينات والألكاينات هي مركبات غير قطبية ذات قدرة تفاعلية أكبر من الألكانات ولكن لها خصائص أخرى مماثلة لخصائص الألكانات.

المفردات

- الألكين
- الألكاين

القسم 4 أيزومرات الهيدروكربونات

الفكرة **الرئيسة** بعض الهيدروكربونات لديها نفس الصيغة الجزيئية ولكن لديها صيغ جزيئية مختلفة.

- الأيزومرات هي اثنين أو أكثر من المركبات التي لها نفس الصيغة الجزيئية ولكن ذات هياكل بنائية مختلفة.
- الأيزومرات البنائية تختلف في ترتيب ترابط الذرات مع بعضها البعض.
- الأيزومرات الفراغية كلها ذات ذرات مرتبطة بنفس الترتيب ولكنها ذات ترتيب مختلف في الفراغ.

المفردات

- الأيزومر
- أيزومير بنائي
- أيزومر فراغي
- أيزومير هندسي
- عدم التناظر المرأتي
- الكربون غير المتماثل
- الأيزومر الضوئي
- الدوران الضوئي

القسم 5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة **الرئيسة** الهيدروكربونات الأروماتية هي مركبات مستقرة بشكل غير عادي ذات بنية حلقية تتشارك فيها الإلكترونات بواسطة العديد من الذرات.

- الهيدروكربونات الأروماتية تحتوي على حلقات البنزين كجزء من صيغتها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية بالتساوي في حلقة البنزين بأكملها.

المفردات

- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي

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

S_G10_ADV_CH20.indb 753 2/27/2017 11:20:35 AM

الوحدة 20 التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

38. **الكيمياء العضوية** لماذا أدى اكتشاف فولر إلى تطوير مجال الكيمياء العضوية؟

39. ما السمة الرئيسة للمركب العضوي؟

40. ما خصائص ذرة الكربون التي تجعل منها قادرة على تكوين مركبات عضوية كثيرة ومتنوعة؟

41. اذكر مصدرين من المصادر الطبيعية للمواد الهيدروكربونية.

42. ما الخاصية الفيزيائية للمركبات البترولية المستخدمة للفصل بينها خلال التقطير التجزيئي؟

43. وضح الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة والهيدروكربونات غير المشبعة.

اتقان حل المسائل

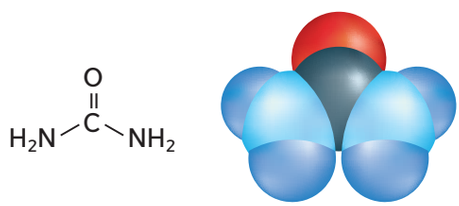
44. **التقطير** رتّب المركبات المذكورة في **الجدول 7** حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من خليط. يبدأ الترتيب من المركب الأول بالفصل إلى المركب الأخير.

الجدول 7 درجات غليان الألكان

المركب	درجة الغليان (°C)
الهكسان	68.7
الميثان	-161.7
الأوكتان	125.7
البوتان	-0.5
البروبان	-42.1

45. كم عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون–الكربون التالية؟

a. رابطة أحادية
b. رابطة ثنائية
c. رابطة ثلاثية



■ **الشكل 29**

46. **الشكل 29** يظهر نموذجين لجزيء اليوريا، وهو الجزيء الذي قام فريدريك فولر بتصنيعه لأول مرة في عام 1828.

a. حدّد أنواع النماذج المبينة.
b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسّر إجابتك.

47. يتم إعداد نماذج للجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية والصيغ البنائية، ونماذج الكرة والعصا، ونماذج ملء الفراغ. ما هي مزايا وعيوب كل نموذج؟

القسم 2

إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المتجانسة للمركبات الهيدروكربونية.

49. **الوقود** اذكر اسم ثلاثة ألكانات تستخدم كوقود وصف استخدام إضافي لكل منها.

50. ارسم الصيغة البنائية لكل مما يلي:

a. الإيثان
b. الهكسان
c. البروبان
d. الهيبتان

51. اكتب الصيغ البنائية الموجزة للألكانات في السؤال السابق.

52. اكتب الاسم وارسم الصيغة البنائية لمجموعة الألكيل التي تتوافق مع كل من الألكانات التالية:

a. الميثان
b. البيوتان
c. الأوكتان

53. كيف يمكن للصيغة البنائية للألكان الحلقي أن تختلف عن ألكان ذو سلسلة مستقيمة وألكان ذو سلسلة متفرعة؟

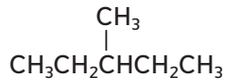
54. **درجات التجمد والغليان** استخدم الماء والميثان لشرح كيف أن التجاذب بين الجزيئات يؤثر عمومًا على درجة الغليان ودرجة التجمد للمادة.

اتقان حل المسائل

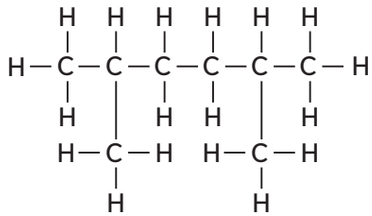
55. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية الآتية:

a. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

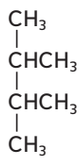
b.



c.



d.



56. ارسم الصيغة البنائية الكاملة للمركبات الآتية:

a. الهيبتان
b. 2–ميثيل هكسان
c. 2,3–ثنائي ميثيل البنتان
d. 2,2–ثنائي ميثيل البروبان

57. ارسم الصيغة البنائية المختصرة للمركبات الآتية.

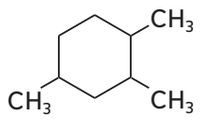
a. 2.1–ثنائي ميثيل بروبان حلقي
b. 1.1–ثنائي إيثيل–2–ميثيل بنتان حلقي

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

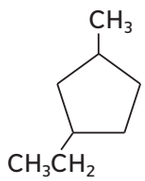
S_G10_ADV_CH20.indb 754 2/27/2017 11:20:35 AM

58. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية الآتية:

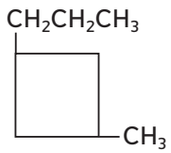
a.



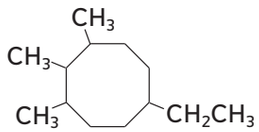
b.



c.



d.



القسم 3

إتقان المفاهيم

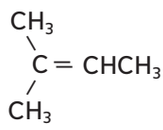
59. اشرح أوجه اختلاف الألكينات عن الألكانات. ما أوجه اختلاف الألكاينات عن كل من الألكينات والألكانات؟

60. يعتمد اسم الهيدروكربون على اسم السلسلة الأم. وضح كيف أن تحديد السلسلة الأم عند تسمية الألكينات يختلف عن نفس التحديد عند تسمية الألكانات.

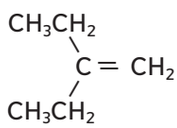
اتقان حل المسائل

61. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية المختصرة التالية:

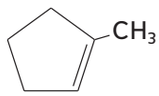
a.



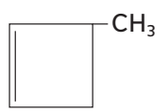
b.



c.



d.



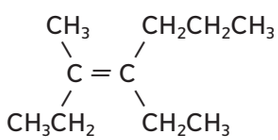
62. ارسم الصيغة البنائية المختصرة للمركبات الآتية.

a. 4.1-ثنائي إيثيل هكسان حلقي

b. 4.2-ثنائي ميثيل-1-اوكتين

c. 2.2-ثنائي ميثيل-3-هكساين

63. اذكر اسم المركب الذي تمثله الصيغة البنائية المختصرة التالية:



القسم 4

إتقان المفاهيم

64. ما أوجه التشابه بين اثنين من الأيزومرين، وما هي أوجه الاختلاف؟

65. صف الفرق بين أيزومرات مع (cis) و ضد (trans) – وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

66. ما خصائص المادة العديمة التماثل المرأتي؟

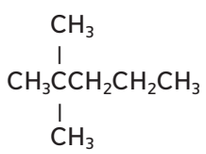
67. **الضوء** ما أوجه الاختلاف بين الضوء المستقطب والضوء العادي، مثل ضوء الشمس؟

68. كيف تؤثر الأيزومرات الضوئية على الضوء المستقطب؟

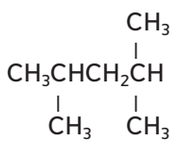
اتقان حل المسائل

69. حدد زوج الايزومرات من الصيغ البنائية المختصرة الواردة في المجموعة التالية:

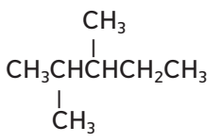
a.



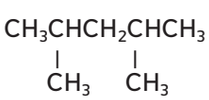
b.



c.

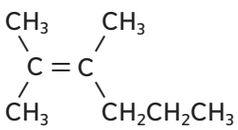


d.

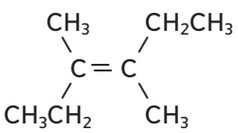


70. حدد زوج الايزومرات الهندسية من بين مجموعة الصيغ البنائية التالية. اشرح اختياراتك. اشرح كيفية ارتباط الصيغة البنائية الثالثة مع الصيغتين الأخرتين.

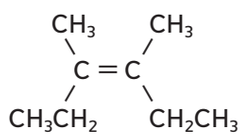
a.



b.



c.



71. ارسم الصيغ البنائية المكثفة لأربعة أيزومرات بنائية مختلفة للصيغة الجزيئية C_4H_8.

72. ارسم وسمّي الأيزومرات الهندسية للجزيء الممثل في الصيغة المختصرة التالية.

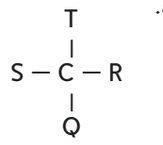
$$CH_3CH=CHCH_2CH_3$$

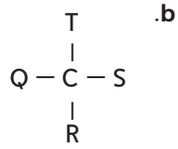
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

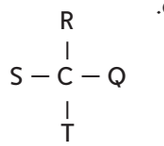
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

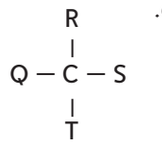
S_G10_ADV_CH20.indb 755 2/27/2017 11:20:36 AM

73. ثلاثة من الهياكل البنائية التالية متماثلة تمامًا، ولكن الهيكل البنائي الرابع يمثل أيزومر ضوئي للثلاث الأخرى. حدّد الأيزومر الضوئي. وفسر السبب في اختيارك.

a.


b.


c.


d.


القسم 5

إتقان المفاهيم

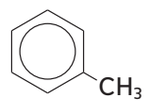
74. ما الخصائص البنائية المشتركة بين جميع الهيدروكربونات الأروماتية؟

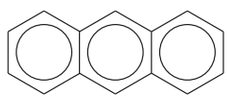
75. ما المواد المسببة للسرطان؟

اتقان حل المسائل

76. ارسم الصيغة البنائية لمركب 2.1-ثنائي ميثيل بنزين.

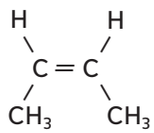
77. اذكر اسم المركب الذي تمثله كل صيغة من الصيغ البنائية الآتية:

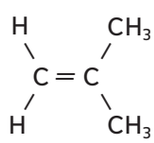
a.


b.


مراجعة شاملة

78. هل الصيغ البنائية التالية تمثل نفس الجزيء؟ فسّر إجابتك.

a.


b.


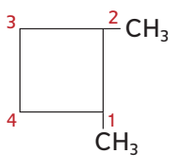
79. كم عدد ذرات الهيدروجين الموجودة في جزيء الألكان الذي له تسع ذرات كربون؟ كم العدد في الألكين الذي له تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

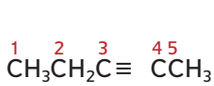
80. الصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2}. حدّد الصيغة العامة للألكان الحلقي.

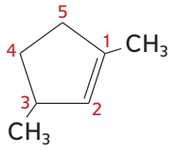
81. **التصنيع** لماذا تعتبر المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة أكثر فائدة من المركبات الهيدروكربونية المشبعة كمواد أولية في الصناعات الكيميائية؟

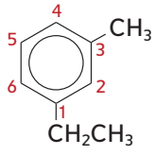
82. هل البنتان الحلقي ايزومر للبنتان؟ فسّر إجابتك.

83. حدّد ما إذا كانت كل من الصيغ البنائية التالية تظهر الترقيم الصحيح. إذا كان الترقيم غير صحيح، فقم بإعادة رسم الصيغة البنائية بالترقيم الصحيح.

a.


b.


c.


d.


84. لماذا يستخدم علماء الكيمياء الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلًا من الصيغ الجزيئية، مثل C_5H_{12}؟

85. أي مما يلي تتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متماثلة أكثر، زوج من الأيزومرات البنائية أم زوج من الأيزومرات الفراغية؟ علل إجابتك.

86. فسر سبب الحاجة لترقيم الالكينات والكاينات غير المتفرعة عند تسميتها بحسب IUPAC، بينما لا حاجة لذلك عند تسمية الألكانات غير المتفرغة.

87. المركب الذي يحتوي على رابطتين ثنائيتين ينتهي اسمه بالمقطع دايين. اسم الهيكل البنائي المبين هو 4.1-بنتادايين. استخدم معرفتك بقواعد التسمية IUPAC لرسم بنية 3.1-بنتادايين.

$$H_2C= CH-CH_2-CH= CH_2$$

التفكير الناقد

88. **حدّد** أي من الاسمين التاليين لا يمكن أن يكون صحيحًا، وارسم صيغته البنائية.

a. 2-إيثيل-2-بيوتين **c.** 5.1-ثنائي إيثيل البنزين

b. 4.1-ثنائي ميثيل هكسان حلقي

89. **استدلّ** يطلق على سكر الجلوكوز في بعض الأحيان دكتروز (dextrose) (سكر العنب)، كما يعرف محلول الجلوكوز dextrorotatory. حلل المصطلح "dextrorotatory"، واقترح معنى للمصطلح.

90. **فسر الرسوم العلمية** ارسم بنية كيكولي للبنزين، وفسر السبب في أنها لا تمثل البنية الفعلية.

91. **تعرّف على السبب والنتيجة** فسر السبب في أن الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحوم، في حين أن الماء ليس كذلك.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 756 2/27/2017 11:20:36 AM

92. **فسر** استخدم **الجدول 8** لكتابة جملة توضح خلالها العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجات الغليان للألكانات المبينة.

93. **ارسم رسمًا بياني** للمعلومات الواردة في **الجدول 8**. تنبأ بدرجة الغليان ودرجة الانصهار للكانات التي تحتوي على 11 و 12 ذرة كربون. ابحث عن القيم الفعلية وقارن بين توقعاتك وهذه الأرقام.

الجدول 8 بيانات عن الألكانات المختارة

الاسم	درجة الانصهار (C°)	درجة الغليان (C°)
CH_4	-182	-162
C_2H_6	-183	-89
C_3H_8	-188	-42
C_4H_{10}	-138	-0.5
C_5H_{12}	-130	36
C_6H_{14}	-95	69
C_7H_{16}	-91	98
C_8H_{18}	-57	126
C_9H_{20}	-54	151
$C_{10}H_{22}$	-29	174

تحدي

94. **كربون غير متماثل** العديد من المركبات العضوية لها أكثر من ذرة كربون غير متماثلة. لكل ذرة كربون غير متماثلة في مركب، قد يوجد زوج من الأيزومرات الفراغية. إجمالي عدد الأيزومرات للمركب يساوي 2^n، حيث أن n هو عدد ذرات الكربون غير المتماثلة. ارسم البنية البنائية، وحدّد عدد الأيزومرات الفراغية الممكنة لكل مركب مذكور أدناه.
   a. 5،3-ثنائي ميثيل النونان
   b. 7،3-ثنائي ميثيل-5-إيثيل الديكان

مراجعة تراكمية

95. ما العنصر الذي لديه تركيب إلكتروني في حالة الاستقرار التالي: $[Ar]4s^23d^6$؟

96. ما شحنة الأيونات التي تشكلت من المجموعات التالية؟
   a. الفلزات القلوية
   b. الفلزات القلوية الأرضية
   c. الهالوجينات

97. اكتب المعادلات الكيميائية للاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثاين لتنتج ثاني أكسيد الكربون والماء.

الكتابة في الكيمياء

98. **الجازولين** كان عنصر مقاومة القرقعة الرئيسي في الجازولين هو مركب رباعي إيثيل الرصاص لسنوات عديدة. ابحث للتعرف على بنية هذا المركب، وتاريخ تطوره واستخدامه، ولماذا توقف استخدامه. ابحث عما إذا كان لا يزال يستخدم كمادة مضافة للجازولين في أماكن من العالم.

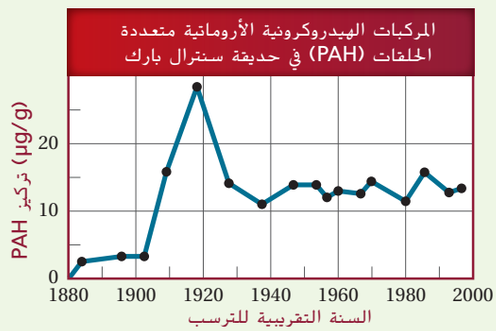
99. **العطور** المسك المستخدم في العطور يحتوي على العديد من المركبات الكيميائية، بما في ذلك ألكانات حلقية كبيرة. ابحث واكتب تقرير قصير عن المصادر المستخدمة لمركبات المسك الطبيعية والاصطناعية في هذه المنتجات الاستهلاكية.

أحم أسئلة حول مستند

المركبات الهيدروكربونية الأروماتية متعددة الحلقات *PAH* توجد بشكل طبيعي، ولكن يمكن للأنشطة البشرية أن تزيد من تركيزها في البيئة. تم جمع عينات من التربة لدراسة المركبات الهيدروكربونية الأروماتية متعددة الحلقات. تمّ تحديد متى ترسب كل مكون رئيس فيها، باستخدام النظائر المشعة لتحديد.

الشكل 30 يدل على تركيز المركبات الهيدروكرونية الأروماتية متعددة الحلقات (*PAH*) التي تمّ الكشف عنها في حديقة سنترال بارك في مدينة نيويورك.

تم الحصول على البيانات من: Yan, B. et al, 2005. *Environmental Science Technology* 39 (18): 7012–7019.



■ **الشكل 30**

100. قارن بين متوسط تركيزات مركبات الهيدروكربون الاروماتية متعددة الحلقات قبل 1905 وبعد 1925.

101. يتم إنتاج مركبات الهيدروكربون الاروماتية متعددة الحلقات بكميات صغيرة في بعض النباتات والحيوانات، ولكن معظمها يأتي من الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استدلّ عن السبب وراء كون المركبات الهيدروكربونية الأروماتية متعددة الحلقات منخفضة نسبيًا في أواخر 1800 وبداية 1900.

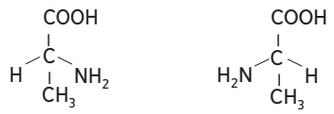
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education.

S_G10_ADV_CH20.indb 757 2/27/2017 11:20:37 AM

تدريب تراكمي على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. الألانين، مثل معظم الأحماض الأمينية، يوجد في شكلين:



الألانين -d الألانين -l

تقريبًا كل الأحماض الأمينية الموجودة في الكائنات الحية هي في الشكل l. أي من المصطلحات التالية يصف بشكل أفضل كلًا من الألانين-l والألانين-d؟

A. ايزومرات بنائية
B. أيزومرات هندسية
C. أيزومرات ضوئية
D. ايزومرات فراغية

2. أي مما يلي لا يؤثر على سرعة التفاعل؟

A. الحفازات
B. مساحة أسطح المواد المتفاعلة
C. تركيز المواد المتفاعلة
D. النشاط الكيميائي للنواتج

3. ما المولالية لمحلول يحتوي على 0.25 g من ثنائي كلورو بنزين ($C_6H_4Cl_2$) المذاب في 10.0 g من الهكسان الحلقي (C_6H_{12})؟

A. 0.17 mol/kg
B. 0.014 mol/kg
C. 0.025 mol/kg
D. 0.00017 mol/kg

استخدم الجدول التالي للإجابة عن الأسئلة من *4* حتى *6*.

بيانات عن مركبات هيدروكربونية مختلفة

الاسم	عدد ذرات الكربون C	عدد ذرات الهيدروجين H	درجة الانصهار (C°)	درجة الغليان (C°)
الهيبتان	7	16	-90.6	98.5
1-هيبتين	7	14	-119.7	93.6
1-هبتاين	7	12	-81	99.7
الأوكتان	8	18	-56.8	125.6
1-أوكتين	8	16	-101.7	121.2
1-أوكتاين	8	14	-79.3	126.3

4. بناء على المعلومات الواردة في الجدول، ما نوع الهيدروكربونات التي تصبح غاز عند أقل درجة حرارة؟

A. الألكان
B. الألكين
C. الألكاين
D. الأروماتية

5. إذا كان *n* عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، فما الصيغة العامة للألكاينات التي لها رابطة ثلاثية واحدة؟

A. C_nH_{n+2}
B. C_nH_{2n+2}
C. C_nH_{2n}
D. C_nH_{2n-2}

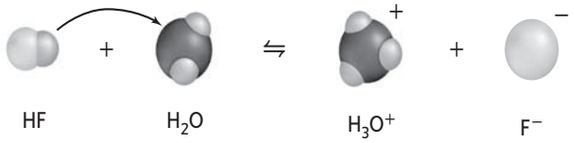
6. يمكن التوقع من الجدول أن النونان سيكون له درجة انصهار

A. أكبر من درجة انصهار الأوكتان.
B. أقل من درجة انصهار الهيبتان.
C. أكبر من درجة انصهار الديكان.
D. أقل من درجة انصهار الهكسان.

7. تحت ضغط 100 atm وعند درجة حرارة 20°C، يمكن إذابة 1.72 g من CO_2 في 1L من الماء. ما مقدار CO_2 الذي يمكن إذابته إذا تم رفع الضغط إلى 1.35 atm دون تغيير درجة الحرارة؟

A. 2.32 g/L
B. 1.27 g/L
C. 0.785 g/L
D. 0.431 g/L

استخدم الرسم التخطيطي للإجابة عن السؤال *8*.



8. في التفاعل الأمامي، أي مادة حمض برونشتد–لوري؟

A. HF
B. H_2O
C. H_3O^+
D. F^-

9. أي مما يلي لا يصف ما يحدث عند غليان السائل؟

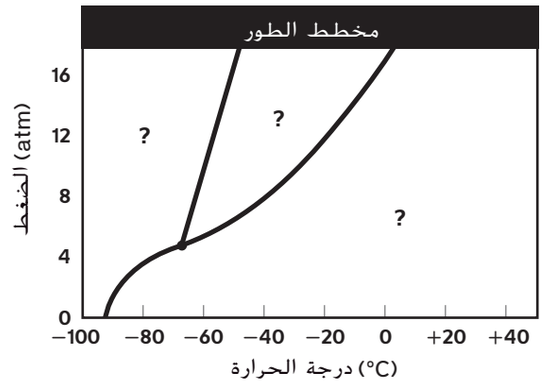
A. درجة حرارة النظام ترتفع.
B. النظام يمتص الطاقة.
C. الضغط البخاري للسائل يساوي الضغط الجوي.
D. السائل يدخل مرحلة الغاز.

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

S_G10_ADV_CH20.indb 758 2/27/2017 11:20:37 AM

إجابة قصيرة

استخدم الرسم التخطيطي أدناه للإجابة عن الأسئلة من *10* حتى *12*.



10. ما حالة المادة التي تقع في درجة حرارة −80°C وضغط 10 atm؟

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة في النقطة الثلاثية؟

12. صف التغيرات التي تحدث في الترتيب الجزيئي عند زيادة الضغط من 8 atm إلى 16 atm، في حين تكون درجة حرارة ثابتة عند 0°C.

أسئلة ذات إجابة مفتوحة

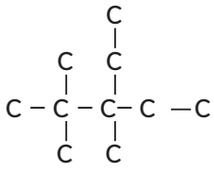
استخدم جدول البيانات التالي للإجابة عن السؤالين *13* و*14*.

بيانات تجريبية للتفاعل بين A و B		
التركيز الإبتدائي(M) [A]	التركيز الإبتدائي(M) [B]	السرعة الابتدائية (mol/L·s)
0.10*M*	0.10*M*	7.93
0.30*M*	0.10*M*	23.79
0.30*M*	0.20*M*	95.16

13. اوجد قيم m و n لقانون السرعة السرعة $= k[A]^m[B]^n$.

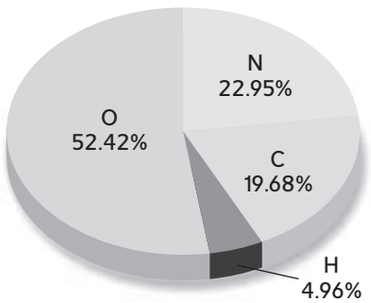
14. حدّد قيمة k في هذا التفاعل.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء



15. ما اسم المركب الذي تظهر صيغته البنائية في الأعلى؟
A. 3،2،2–ثلاثي ميثيل–3–إيثيل بنتان
B. 3–إيثيل–4،4،3–ثلاثي ميثيل بنتان
C. 2–بيوتيل2–إيثيل بيوتان
D. 3–إيثيل3،2،2–ثلاثي ميثيل بنتان
E. 2،2–ثنائي ميثيل، 3–ثنائي ميثيل، 3–ميثيل بروبان

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤالين *16* و*17*.



16. ما صيغة هذا المركب؟
A. $C_5H_{20}N_4O_2$
B. $C_8H_2N_9O_{11}$
C. $C_{1.6}H_5N_{1.6}O_{3.3}$
D. CH_3NO_2
E. $C_2H_5N_2O_5$

17. كم جرام من النيتروجين توجد في 475 g من هذا المركب؟
A. 33.9 g
B. 52.8 g
C. 67.9 g
D. 109 g
E. 120.0 g

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

S_G10_ADV_CH20.indb 759 2/27/2017 11:20:38 AM