



موقع أجاب التعليمي  
منصة تعليمية تساهم في  
حل المنهج الدراسي لكافة  
المراحل الدراسية

قررت وزارة التعليم تدريس  
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



وزارة التعليم  
Ministry of Education

المملكة العربية السعودية

# الكيمياء 2

التعليم الثانوي - نظام المسارات  
السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة  
فريق من المتخصصين

ح) وزارة التعليم ، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر  
وزارة التعليم

كيمياء ٢ - التعليم الثانوي - نظام المسارات - السنة الثانية. /  
وزارة التعليم - ط ١٤٤٥ . - الرياض ، ١٤٤٤ هـ .  
٥٨١ ص ؛ ٢١ × ٢٧ سم

ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

١- الكيمياء - كتب دراسية ٢- التعليم الثانوي - السعودية  
ديوي ٥٤٠,٧١٢ ١٤٤٤ / ٨٦٩١

رقم الإيداع : ١٤٤٤ / ٨٦٩١

ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

[www.moe.gov.sa](http://www.moe.gov.sa)

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



[ien.edu.sa](http://ien.edu.sa)

أعضاء المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم؛  
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.



[fb.ien.edu.sa](http://fb.ien.edu.sa)



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

# المقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 وهو: «إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على الممارسات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية»، وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

ويأتي كتاب كيمياء 2 للتعليم الثانوي (نظام المسارات) داعماً لرؤية المملكة العربية السعودية (2030) نحو الاستثمار في التعليم عبر ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة، بحيث يكون الطالب فيها هو محور العملية التعليمية.

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

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطلاب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجّه والمفتوح. فقبل البدء في دراسة محتوى كل فصل من فصول الكتاب، يقوم الطالب بالاطلاع على الفكرة العامة للفصل التي تقدم صورة شاملة عن محتواه. ثم يقوم بتنفيذ أحد أشكال الاستقصاء المبني تحت عنوان التجربة الاستهلالية التي تساعد

أيضاً على تكوين النظرة الشاملة عن محتوى الفصل. وتتيح التجربة الاستهلالية في نهايتها مجامعة شكل آخر من أشكال الاستقصاء الموجه من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وتتضمن النشاطات التمهيديّة

للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي سيتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية الأخرى التي يمكن تنفيذها من خلال دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو حل المشكلات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الكيمياء في نهاية كل فصل، الذي يتضمن استقصاءً مفتوحاً في نهايته، بما يُعزز أيضاً مبدأ رؤية 2030 " نتعلم لنعمل " .

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحاً وتفسيراً للمفردات الجديدة التي تظهر مظلمة باللون الأصفر، وتجد أيضاً أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الفصل. وتضمن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضاً مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، ومنها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية 2030 وأهدافها الاستراتيجية، منها ما يتعلق بالمهنة، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل فصل.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة، التمهيدي والتكويني والنهائي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل بوصفها تقويماً تمهيدياً لتعرف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل، أو من خلال مناقشة الأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلاكية. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى تجد سؤالاً تحت عنوان «ماذا قرأت؟»، وتجد تقويماً خاصاً بكل قسم من أقسام الفصل يتضمن أفكار المحتوى، وأسئلة تعزز فهمك لما تعلمت وما ترغب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية الفصل تجد دليلاً لمراجعة الفصل يتضمن تذكيراً بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالأفكار الرئيسة التي وردت في كل قسم. ثم تجد تقويماً للفصل في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى إتقان المفاهيم، وحل المسائل، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، والمراجعة العامة، والمراجعة التراكمية، ومسائل تحدّ، وتقويماً إضافياً يتضمن تقويم مهارات الكتابة في الكيمياء، وأسئلة خاصة بالمستندات تتعلق بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية. وفي نهاية كل فصل تجد اختباراً مقنناً يهدف إلى تقويم فهمك للموضوعات التي قمت بتعلمها سابقاً.

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

# القسم الثالث



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

# قائمة المحتويات

## الفصل 3

- 508 ..... المركبات العضوية الحيوية 415
- 510 ..... 3-1 البروتينات 415
- 516 ..... 3-2 الكربوهيدرات 418
- 519 ..... 3-3 الليبيدات 420
- 524 ..... 3-4 الأحماض النووية 426
- 528 ..... في الميدان: المهنة: عالم البيولوجيا الجزيئية 436

## الفصل 4

- 538 ..... الفلزات 455
- 540 ..... 4-1 قوانين الغازات 455
- 551 ..... 4-2 قانون الغاز المثالي 455
- 559 ..... 4-3 الحسابات المتعلقة بالغازات 466

- 564 ..... الكيمياء والصحة: الصحة والضغط 468
- 574 ..... المصطلحات 474
- 580 ..... الجدول الدوري للعناصر 478

## الملاحق

- 574 ..... المصطلحات 484
- 580 ..... الجدول الدوري للعناصر 491

## دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

## الفصل 1

### الهيدروكربونات

- 1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات ..... 420
- 1-2 الألكانات ..... 426
- 1-3 الألكينات والألكاينات ..... 436
- 1-4 متشكلات الهيدروكربونات ..... 443
- 1-5 الهيدروكربونات الأروماتية ..... 449
- كيف تعمل الأشياء؟ تحويل المخلفات إلى طاقة 455

## الفصل 2

### مشتقات المركبات الهيدروكربونية

- وتفاعلاتها ..... 466
- 2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل ..... 468
- 2-2 الكحولات والإثيرات والأمينات ..... 474
- 2-3 مركبات الكربونيل ..... 478
- 2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية ..... 484
- 2-5 البوليمرات ..... 491
- الكيمياء في الحياة اليومية: الثوم ..... 497





# كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هذا الكتاب ليس كتاباً أدبياً أو رواية خيالية، بل يصف ظواهر ونظريات وقوانين وحقائق علمية، ويربطها بحياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرؤه طلباً للعلم والمعلومات. وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته:

## قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسية** و **التجربة الاستهلاكية**؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصل **فكرة عامة** تقدم صورة شاملة عنه. ولكل قسم من أقسام الفصل **فكرة رئيسية** تدعم فكرته العامة.

الفصل

### 1 الهيدروكربونات Hydrocarbons

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

**1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات**

**الفكرة الرئيسية** الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصرَي الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.

**1-2 الألكانات**

**الفكرة الرئيسية** الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

**1-3 الألكينات والألكاينات**

**الفكرة الرئيسية** الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

**1-4 مشتقات الهيدروكربونات**

**الفكرة الرئيسية** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

**1-5 هيدروكربونات الأروماتية**

**الفكرة الرئيسية** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تشارك الإلكترونات في عدد من المدارات.

**حقائق كيميائية**

- المصدر الرئيس للهيدروكربونات هو النفط (البترول).
- يتم ضخ حوالي 75 مليون برميل نפט يومياً من جوف الأرض.
- تُستخدم الهيدروكربونات في الوقود، كما تعد مواداً خاماً لكثير من المنتجات، ومنها اللدائن (البلاستيك)، والألياف الصناعية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الصناعية.

418

يبدأ كل فصل بتجربة استهلاكية تقدم المادة التي يتناولها. نفذ التجربة الاستهلاكية، لتكتشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

## لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمطللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططاً للفصل باستخدام العناوين الرئيسية والعناوين الفرعية.

## نشاطات تمهيدية

### تجربة استهلاكية

كيف يمكنك نمذجة الهيدروكربونات البسيطة؟ تتكون الهيدروكربونات من ذرات كربون وهيدروجين. وتحتوي ذرة الكربون على أربعة إلكترونات تكافؤ، لذا فإنها تستطيع أن تكون أربع روابط تساهمية.



#### خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- استخدم مجموعات النماذج الجزيئية (الكرات والوصلات) لعمل نموذج بنائي من ذرتي كربون مترابطتين برابطة أحادية، على أن تُغزل كل ذرة كربون بكرة فيها أربعة ثقوب، وكل ذرة هيدروجين بكرة فيها ثقب واحد.
- صل ذرة هيدروجين في كل ثقب من الثقوب الشاغرة على الكرات التي تمثل ذرات الكربون، على أن يبلغ مجموع روابط كل ذرة كربون أربعاً.
- كوّن المخطوتين 2، 3 لعمل نماذج من ثلاث وأربع وخمس ذرات كربون في كل مرة، على أن ترتبط كل ذرة كربون مع ذرتي كربون كحد أقصى.

#### تحليل النتائج

- اعد جدولاً وأدرج فيه عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل نموذج بنائي.
  - صف كل نموذج بنائي بكتابة صيغته الجزيئية.
  - حلل النمط الذي تتغير فيه نسبة اتحاد عدد ذرات الكربون إلى عدد ذرات الهيدروجين في كل صيغة جزيئية، ثم ضع صيغة عامة للهيدروكربونات ذات الروابط الأحادية.
- استقصاء كيف تتأثر الصيغة الجزيئية عندما ترتبط ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية؟

### المطلوبات

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

**خطوة 1** انن ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أسك بورقتين معاً، واقطع خط الذي بطول 3 cm.

**خطوة 2** أسك الورقة الثالثة، واقطع على طول خط التي، واترك آخر 3 cm دون قطع.

**خطوة 3** أدخل أول ورقتين خلال القطع في الورقة الثالثة، لعمل سيجل من 12 صفحة، وعنوانه "المركبات الهيدروكربونية".

**الملاحظة:** استعمل هذه المطوية في الأقسام 1-2، 1-3، 1-4، 1-5 من هذا الفصل. وبعد قراءة هذه الأقسام سجل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميزة، وأمثلة من واقع الحياة.

# كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

## عندما تقرأ

ستجد في كل قسم أداة تعمق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، وأدوات أخرى لاختبار مدى استيعابك لها.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

### 1-1

#### الأهداف



www.oxfordschools.com

### مقدمة إلى الهيدروكربونات Introduction to Hydrocarbons

**الفكرة الرئيسية** الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.  
**الربط مع الحياة** عندما تركب سيارة أو حافلة فإنك تستخدم الهيدروكربونات. فالجازولين والديزل اللذان يستخدمان في تسيير السيارات والشاحنات والحافلات من الهيدروكربونات.

#### المركبات العضوية Organic Compounds

عُرف الكيميائيون في بداية القرن التاسع عشر أن المخلوقات الحية. ومنها - النباتات والحيوانات - في الشكل 1-1 تُنتج قَدْراً هائلاً ومتنوعاً من مركبات الكربون. وأشار الكيميائيون إلى هذه المركبات بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة عن مخلوقات حية (عضوية).

عندما قبلت نظرية دالتون في بداية القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون يفهمون حقيقة أن المركبات - بما فيها تلك المصنعة من المخلوقات الحية - تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معاً بترابيب محددة. وقد تمكنوا أيضاً من تصنيع الكثير من المواد الجديدة والمفيدة. ولكن، لم يتمكن العلماء من تصنيع المركبات العضوية. وبناءً على ذلك، استنتج الكثير من العلماء - خطأً - أن عدم مقدرتهم على تصنيع المركبات العضوية عائد إلى القوة الحيوية (أو الحياتية Vitalism). ووفقاً لهذا المبدأ، فإن المخلوقات الحية (العضوية) لها "قوة حيوية" غامضة، تمكنها من تركيب مركبات الكربون.

**دحض فكرة القوة الحيوية** كان فريدريك فوهرل Friedrich Wöhler (1800-1882م) عالم الكيمياء الألماني أول من قام بتحضير مركب عضوي في المختبر. ولم تدحض تجربة فوهرل على الفور فكرة القوة الحيوية، ولكنها حشمت كيميائين أوروبيين آخرين على القيام بسلسلة من التجارب المشابهة. وأخيراً ثبت يُطلان الفكرة القائلة بأن تحضير المركبات العضوية يحتاج إلى قوة حيوية، وأدرك العلماء أن باستطاعتهم تحضير المركبات العضوية.

- توضيح المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية.
- تعين الهيدروكربونات والتأرجح المستخدمة لتمثيلها.
- تضرب بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
- تصف مصدر الهيدروكربونات وكيفية فصلها.

#### مراجعة المفردات

**مخلوِّع حسي دقيق** (microorganism): مخلوق حي صغير جداً لا يمكن رؤيته دون استعمال الميكروسكوب، ومن ذلك البكتيريا والأوليات.

#### المفردات الجديدة

المركب العضوي  
الهيدروكربونات  
الهيدروكربونات المشبع  
الهيدروكربون غير المشبع  
التقطير التجزيئي  
التكسير الحراري



**الشكل 1-1** خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية، ووهب لها القدرة أن تنتجها أيضاً.  
حدد مركبين عضويين درستهما سابقاً.

420

الأمثلة المحلوّلة تنقلك تدريجياً إلى حل مسائل في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات.

## مهارات قرائية

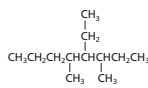
- اسأل نفسك: ما **الفكرة** (العامة) ؟ وما **الفكرة** (الرئيسية) ؟
- اربط المعلومات التي درستها في هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع أحداثاً ونتائج من خلال توظيف المعلومات التي تعرفها من قبل.
- غيّر توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.  
**الخطوة 3.** سمّ كل مجموعة الأكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسية.  
**الخطوة 4.** إذا تكررت مجموعة الأكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها تفرعاً عن السلسلة الرئيسية فاستخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واستخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.  
**الخطوة 5.** عندما تتصل مجموعات الأكيل مختلفة على السلسلة الرئيسية نفسها ضع أسماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي.  
**الخطوة 6.** اكتب الاسم كاملاً، مُستخدماً الشروط لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغاً بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسية.

### مثال 1-1

#### تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمّ الألكان المبيّن في الشكل أدناه.

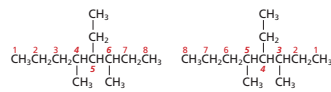


#### 1 تحليل المسألة

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

#### 2 حساب المطلوب

**الخطوة 1.** حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بظنٍ عديد؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثنائي ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.  
**الخطوة 2.** رقم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسية. ورقم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو موضح أدناه مبتدئاً من اليسار بوضع مجموعات الأكيل على المواقع 4 و 5 و 6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الأكيل على المواقع 3 و 4 و 5. ولأن أرقام المواقع 3 و 4 و 5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.



430

# كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

## بعدها قرأت

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



أنتج نظام تصنيف رقم الأوتكان (منع الفرقة)، للجازولين في أواخر العشرينات، مما أدى إلى إدراج رقم الأوتكان على مضخات الجازولين كـ **8-1**. فللجازولين المتوسط الدرجة رقم أوتكان يقارب 89، في حين للجازولين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتحدد كثير من العوامل التصنيف الأوتكاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضًا. وفي المملكة العربية السعودية تم تصنيف رقم الأوتكان على مضخات الجازولين 95، 91.

**الربط علم الأرض** - وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استُخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فإزداد الطلب على منتجات النفط وبخاصة الكيروسين لاستخدامه في الإنارة وتشغيل الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake - في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط - بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أعش هذه الصناعة كثيرًا.

**الشكل 8-1** تستخدم تصنيفات الأوتكان لإعطاء قيم منع الفرقة (antiknock) لتصنيف لجازولين السيارات المتوسط الدرجة 89. أما 91 و 95 وأكثر يصنف على أنه ممتاز. وفي المملكة العربية السعودية هناك نوعين من الجازولين. كما في الصورة. ويتم التعرف على النوع المناسب 91 أو 95 لسيارة من دليل السيارة. والرقم الأوتكاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فرقمه الأوتكاني 110.

### التقويم 1-1

- الخلاصة**
1. **الفكرة الرئيسية** اذكر ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
  2. سَمِّ مرَكَّبًا عضويًا، ووضح ما يدرسه علم الكيمياء العضوية.
  3. حَظِّدْ المعلومات التي تركز عليها كل من النماذج البنائية الجزئية الأربعة.
  4. هاتين بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
  5. صف عملية التقطير التجزيئي.
  6. استنتج توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهْدَجَّة، وهي زيوت تتفاعل مع الهيدروجين بوجود عامل حفز. ما سبب تفاعل النفط والغاز الطبيعي.
  7. هضُرْ البيئات أعضيًا على الشكل 6-1. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات - في لزوجتها أي مكوَّنْ نَفْطِي عندما يُرَدُّ إلى درجة حرارة الغرفة؟

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

## دليل مراجعة الفصل

1

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

### 1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

- المفاهيم الرئيسية**
- الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصر الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.
  - الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
  - المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
  - يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.
- المركب العضوي**
- الهيدروكربون المشع
  - الهيدروكربون غير المشع
  - التكسير الحراري
  - التقطير التجزيئي
  - الهيدروكربون

### 1-2 الألكانات

- المفاهيم الرئيسية**
- الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.
  - تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
  - تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية جُودت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
  - تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.
- المفردات**
- السلسلة المثالية
  - السلسلة الرئيسية
  - المجموعة البديلة
  - الألكان
  - الهيدروكربون الحلقى
  - الألكان الحلقى

### 1-3 الألكينات والألكاينات

- المفاهيم الرئيسية**
- الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة، وأما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.
  - تُعَسَّد الألكينات والألكاينات ومركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.
- المفردات**
- الألكين
  - الألكين

ستجد في نهاية كل فصل دليلًا للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسية. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

## طرائق أخرى للمراجعة

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

عن مزيد من المعلومات حول الموضوع. وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

417



# الهيدروكربونات Hydrocarbons

1

الفصل

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

## 1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

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

## 1-2 الألكانات

**الفكرة الرئيسية** الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

## 1-3 الألكينات والألكاينات

**الفكرة الرئيسية** الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

## 1-4 متشكلات الهيدروكربونات

**الفكرة الرئيسية** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

## 1-5 الهيدروكربونات الأروماتية

**الفكرة الرئيسية** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.

## حقائق كيميائية

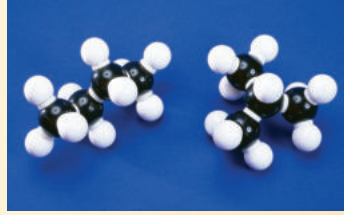
- المصدر الرئيس للهيدروكربونات هو النفط (البترول).
- يتم ضخ حوالي 75 مليون برميل نفط يوميًا من جوف الأرض.
- تُستخدم الهيدروكربونات في الوقود، كما تعد مواد خامًا لكثير من المنتجات، ومنها اللدائن (البلاستيك)، والألياف الصناعية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الصناعية.

## نشاطات تمهيدية

### تجربة استهلاكية

#### كيف يمكنك نمذجة الهيدروكربونات البسيطة؟

تتكون الهيدروكربونات من ذرات كربون وهيدروجين. وتحتوي ذرة الكربون على أربعة إلكترونات تكافؤ، لذا فإنها تستطيع أن تكون أربع روابط تساهمية.



#### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخدم مجموعات

النماذج الجزيئية (الكرات والوصلات) لعمل نموذج بنائي من ذرتي كربون مرتبطتين برابطة أحادية، على أن تمثل كل ذرة كربون بكرة فيها أربعة ثقوب، وكل ذرة هيدروجين بكرة فيها ثقب واحد.

3. صل ذرة هيدروجين في كل ثقب من الثقوب الشاغرة على الكرات التي تمثل ذرات الكربون، على أن يبلغ مجموع روابط كل ذرة كربون أربعاً.
4. كرر الخطوتين 2، 3 لعمل نماذج من ثلاث وأربع وخمس ذرات كربون في كل مرة، على أن ترتبط كل ذرة كربون مع ذرتي كربون كحد أقصى.

#### تحليل النتائج

1. أعد جدولاً وأدرج فيه عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل نموذج بنائي.
2. صف كل نموذج بنائي بكتابة صيغته الجزيئية.
3. حلل النمط الذي تتغير فيه نسبة اتحاد عدد ذرات الكربون إلى عدد ذرات الهيدروجين في كل صيغة جزيئية، ثم ضع صيغة عامة للهيدروكربونات ذات الروابط الأحادية.

**استقصاء** كيف تتأثر الصيغة الجزيئية عندما ترتبط ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية؟

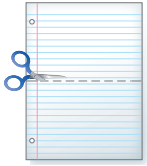
المركبات الهيدروكربونية  
اعمل المطوية الآتية لتساعدك على  
تنظيم المعلومات حول المركبات  
الهيدروكربونية باتباع الخطوات  
الآتية:

#### المطويات

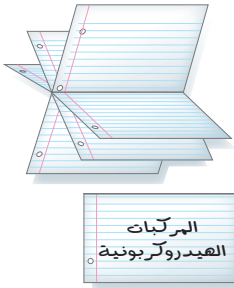
منظمات الأفكار



**خطوة 1** اثن ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معاً، واقطع خط الشني بطول 3 cm.



**خطوة 2** أمسك الورقة الثالثة، واقطع على طول خط الشني، واترك آخر 3 cm دون قطع.



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

استعمل هذه المطوية في الأقسام

1-2، 1-3، 1-4، 1-5 من هذا الفصل. وبعد قراءة هذه الأقسام سجل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميزة، وأمثلة من واقع الحياة.



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445



# 1-1

## الأهداف

- توضيح المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية.
- تعين الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة لتمثيلها.
- تفرّق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
- تصف مصدر الهيدروكربونات وكيفية فصلها.

## مراجعة المفردات

مخاوق حي دقيق (microorganism): مخلوق حي صغير جداً لا يمكن رؤيته دون استعمال الميكروسكوب، ومن ذلك البكتيريا والأوليات.

## المفردات الجديدة

المركب العضوي  
الهيدروكربونات  
الهيدروكربون المشبع  
الهيدروكربون غير المشبع  
التقطير التجزيئي  
التكسير الحراري

## مقدمة إلى الهيدروكربونات

# Introduction to Hydrocarbons

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

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

## المركبات العضوية Organic Compounds

عرف الكيميائيون في بداية القرن التاسع عشر أن المخلوقات الحية. ومنها - النباتات والحيوانات - في الشكل 1-1 تُنتج قدرًا هائلاً ومتنوعاً من مركبات الكربون. وأشار الكيميائيون إلى هذه المركبات بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة عن مخلوقات حية (عضوية). عندما قبلت نظرية دالتون في بداية القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون يفهمون حقيقة أن المركبات - بما فيها تلك المُصنّعة من المخلوقات الحية - تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معاً بتركييب محدّدة. وقد تمكنوا أيضاً من تصنيع الكثير من المواد الجديدة والمفيدة. ولكن، لم يتمكن العلماء من تصنيع المركبات العضوية. وبناءً على ذلك، استنتج الكثير من العلماء - خطأً - أن عدم مقدرتهم على تصنيع المركبات العضوية عائدٌ إلى القوة الحيوية (أو الحياتية Vitalism). ووفقاً لهذا المبدأ، فإن المخلوقات الحية (العضوية) لها "قوة حيوية" غامضة، تمكّنها من تركيب مركبات الكربون.

**دحض فكرة القوة الحيوية** كان فريدريك فوهرل Friedrich Wöhler (1800-1882م) عالم الكيمياء الألماني أول من قام بتحضير مركب عضوي في المختبر. ولم تدحض تجربة فوهرل على الفور فكرة القوة الحيوية، ولكنها حثت كيميائيين أوروبيين آخرين على القيام بسلسلة من التجارب المشابهة. وأخيراً ثبت بطلان الفكرة القائلة بأن تحضير المركبات العضوية يحتاج إلى قوة حيوية، وأدرك العلماء أن باستطاعتهم تحضير المركبات العضوية.



**الشكل 1-1** خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية، ووهب لها القدرة أن تنتجها أيضاً.  
**حدّد** مركبين عضويين درستهما سابقاً.

**الشكل 1-2** يقع الكربون في المجموعة 14 من الجدول الدوري، ويستطيع أن يكون أربع روابط تساهمية لتشكيل الآلاف من المركبات المختلفة.

14	Carbon 6 C 12.011
	Silicon 14 Si 28.086
	Germanium 32 Ge 72.61
	Tin 50 Sn 118.710
	Lead 82 Pb 207.2

**الكيمياء العضوية** يطلق مصطلح **المركب العضوي** اليوم على المركبات التي تحتوي على الكربون ما عدا أكاسيد الكربون، والكربيدات والكربونات؛ حيث تعد مركبات غير عضوية. ونظرًا إلى وجود الكثير من المركبات العضوية، حُصص فرع كامل من فروع الكيمياء - سُمي الكيمياء العضوية - لدراسة هذه المركبات. تذكر أن الكربون عنصر يقع في المجموعة 14 من الجدول الدوري، كما في الشكل 1-2. ويظهر من التوزيع الإلكتروني للكربون  $1s^2 2s^2 2p^2$  أنه يشارك دائمًا بالكتروناته، ويكون أربع روابط تساهمية. في المركبات العضوية تتحد ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين، أو ذرات عناصر أخرى تقع قريبة من الكربون في الجدول الدوري، وخصوصًا النيتروجين والأكسجين والكبريت والفوسفور والهالوجينات.

تتحد ذرات الكربون أيضًا مع ذرات كربون أخرى، وتكوّن سلاسل تتراوح أطوالها بين ذرتين إلى آلاف الذرات من الكربون. ولأن الكربون يكون أيضًا أربع روابط فإنه يكون مركبات في صورة تراكيب معقدة: سلاسل متفرعة، وتراكيب حلقية، وتراكيب شبيهة بأفصاص العصافير أيضًا. وعلى الرغم من احتمالات الربط هذه، فقد تعرّف الكيميائيون ملايين المركبات العضوية المختلفة، وما زالوا يتعرفون ويحصرون المزيد منها كل يوم.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر لماذا يكون الكربون الكثير من المركبات؟

## الهيدروكربونات Hydrocarbons

تُعد **الهيدروكربونات** التي تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط أبسط المركبات العضوية. تُرى ما عدد المركبات المختلفة التي يمكن تكوينها من هذين العنصرين؟ قد تظن أن عددًا قليلًا محتملاً يمكن تكوّنه، لكن هناك آلاف الهيدروكربونات المعروفة والتي تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط. ويعد جزيء غاز الميثان  $CH_4$  أبسط جزيء هيدروكربوني، يتكون من ذرة كربون واحدة متحدة بأربع ذرات هيدروجين، وهو المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي، ومن أجود أنواع الوقود، كما يبين الشكل 1-3.

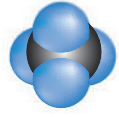
✓ **ماذا قرأت؟** اذكر استخدامين للميثان أو للغاز الطبيعي في بيتك أو مجتمعك.

**الشكل 1-3** الميثان - أبسط هيدروكربون موجود في الغاز الطبيعي.

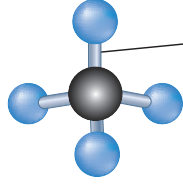
**حدد** بالإضافة إلى الهيدروجين، العناصر الأخرى التي تتحد بسهولة مع الكربون.



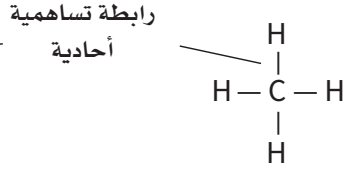
## نماذج جزيء الميثان



النموذج الفراغي



نموذج الكرة والعصا



الصيغة البنائية



الصيغة الجزيئية

الشكل 1-4 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH<sub>4</sub>).

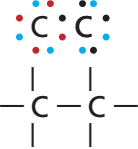
**النماذج والهيدروكربونات** يمثل الكيميائيون جزيئات المركبات العضوية بطرائق مختلفة. وبين الشكل 1-4 أربع طرائق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان، حيث تمثل الرابطة المشتركة (التساهمية) بخط واحد مستقيم يرمز إلى تشابك إلكترونين. ويستخدم الكيميائيون في معظم الأحيان النموذج الذي يوضح المعلومات المراد إلقاء الضوء عليها. فلا تعطي الصيغ الجزيئية أي معلومات عن الشكل الهندسي للجزيء كما في الشكل 1-4، في حين تظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء، ولكن لا تعطي الشكل الهندسي (الثلاثي الأبعاد) الدقيق. ويظهر الشكل الهندسي للجزيء بوضوح في نموذج الكرة والعصا. ولكن النموذج الفراغي يُعطي صورة أكثر واقعية عن الكيفية التي يبدو فيها الجزيء لو أمكن رؤيته حقيقةً. لذا عليك أن تتذكر وأنت تنظر إلى هذه النماذج أن الذرات متصلة معاً بروابط تشترك فيها الإلكترونات.

**الروابط المُضاعفة بين ذرات الكربون** ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضاً بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في الشكل 1-5. وقبل أن يتمكن الكيميائيون في القرن التاسع عشر من فهم الروابط والبناء الكيميائي للمواد العضوية، قاموا بإجراء اختبارات على الهيدروكربونات الناتجة عن تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية، وصنّفوا هذه الهيدروكربونات بناءً على اختبار كيميائي يُخلط فيه الهيدروكربون بالبروم، ثم يُقاس مقدار البروم الذي تفاعل مع الهيدروكربون. فقد تفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية قليلة من البروم، وبعضها مع كمية أكبر، وقد لا يتفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. لذا أطلق الكيميائيون على الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم اسم الهيدروكربونات غير المشبعة متأثرين بمفهوم أن المحلول المائي غير المشبع قادر على إذابة المزيد من المذاب. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فسمّيت بالهيدروكربونات المشبعة.

يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عاماً مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط بالهيدروكربون المشبع. أما الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل فيُعرف بالهيدروكربون غير المشبع.

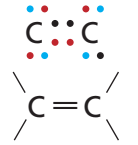
الشكل 1-5 تستطيع ذرة الكربون أن ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية أو ثلاثية. وتوضّح أشكال لويس والصيغ البنائية الآتية طريقتين من طرائق الإشارة إلى الروابط الثنائية والثلاثية.

زوج مشترك واحد



رابطة تساهمية أحادية

زوجان مشتركان



رابطة تساهمية ثنائية

ثلاثة أزواج مشتركة



رابطة تساهمية ثلاثية

••+ إلكترونات ذرة الكربون  
• إلكترون من ذرة أخرى

ماذا قرأت؟ فسّر ما أصل مصطلحي الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة؟ وزارة التعليم

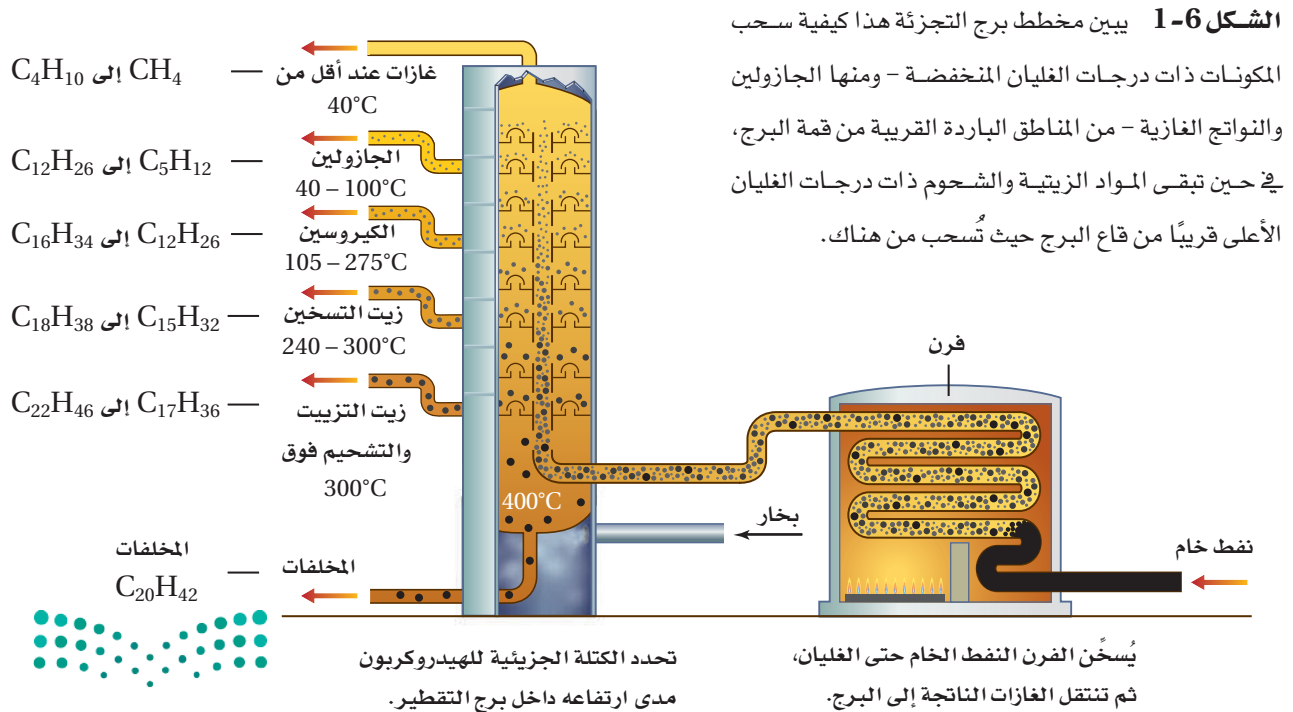


## تنقية الهيدروكربونات Purification of Hydrocarbons

ينتج اليوم الكثير من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المُسمّى النفط (البترول). وقد تشكّل النفط من بقايا المخلوقات الحية التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. ومع مرور الزمن كونت بقايا هذه المخلوقات في قاع المحيط طبقات سميكة من ترسبات شبه طينية، تحوّلت بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغط الهائل من الرواسب الكثيرة إلى صخر زيتي وغاز طبيعي. وينفذ النفط من خلال أنواع معينة من الصخور ذات مسامات، ويتجمع في أعماق القشرة الأرضية في صورة برك. وعادة ما يوجد الغاز الطبيعي مصاحباً للترسبات النفطية، حيث يتشكلان معاً في الوقت نفسه وبالطريقة نفسها. ويتكون الغاز الطبيعي بصورة أساسية من الميثان، ولكنه يحتوي أيضاً على كميات ضئيلة من أنواع أخرى من الهيدروكربونات تحتوي على ذرتي كربون إلى خمس ذرات.

**التقطير التجزيئي** يُعد النفط - على العكس من الغاز الطبيعي - خليطاً مُعقداً يحتوي على أكثر من ألف مركّب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُستخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسان عندما يفصل إلى مكونات أو أجزاء أبسط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئي**، التي تتضمن تبخير النفط عند درجة الغليان، ثم تجمع المشتقات أو المكونات المختلفة في أثناء تكثفها عند درجات حرارة متباينة. ويجري التقطير التجزيئي في أبراج للتجزئة شبيهة بما في الشكل 1-6.

ويتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة، فتكون قريبة من  $400^{\circ}\text{C}$  في أسفل البرج، وهو المكان الذي يغلي فيه النفط، وتنخفض تدريجياً في اتجاه أعلى البرج. وعموماً تنخفض درجات حرارة تكثف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في الشكل 1-6.



## مهن في الكيمياء

**فني التنقيب عن النفط** يستخدم هذا الفني أدوات لقياس وتسجيل معلومات فيزيائية وجيولوجية حول آبار النفط والغاز. فعلى سبيل المثال، قد يقوم باختبار عينة جيولوجية لتحديد محتواها من النفط، وتركيب العناصر والمعادن فيها.

يبين الشكل 6-1 أسماء المشتقات أو المكونات الأساسية التي تُفصل عن النفط مصحوبة بدرجة غليانها، والمدى الذي يتراوح فيه حجم الهيدروكربون واستخداماته الشائعة. وقد يكون بعض هذه المشتقات أو المكونات مألوفاً لديك؛ حيث إنك تستخدمها يومياً، إلا أن أبراج التقطير التجزيئي المبينة في الشكل 7-1 لا تُنتج المكونات بالنسب التي نحتاج إليها من هذه المكونات. فعلى سبيل المثال، نادراً ما يُنتج التقطير الكمية المرغوب فيها من الجازولين، ولكنه يُنتج في المقابل الزيوت الثقيلة بكميات تفوق حاجة السوق.

لقد طوّر الكيميائيون والمهندسون العاملون في قطاع النفط قبل سنوات عديدة عملية تساعد على موازنة العرض مع الطلب، وأطلق على هذه العملية التي تُحوّل فيها المكونات الثقيلة إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر عملية **التكسير الحراري**. وتحدث عملية التكسير الحراري عند غياب الأكسجين ووجود عامل مساعد. وبالإضافة إلى تكسير الهيدروكربونات الثقيلة إلى جزيئات بالحجم المطلوب في الجازولين فإن هذه العملية تنتج أيضاً المواد الأولية لصناعة الكثير من المنتجات المختلفة، ومنها المنتجات البلاستيكية وأفلام التصوير والألياف الصناعية.

**ماذا قرأت؟** صف العملية التي يحدث من خلالها تكسير الهيدروكربونات ذات السلاسل الكبيرة إلى هيدروكربونات مرغوبة أكثر وذات سلاسل أصغر. **تصنيف الجازولين** لا تُعد أي من المشتقات الناتجة عن تكرير النفط الخام مادة نقية. فكما هو موضح في الشكل 6-1، يُعد الجازولين خليطاً من الهيدروكربونات، وليس مادة نقية؛ إذ تتكون معظم جزيئات الهيدروكربونات في الجازولين التي تحتوي على روابط تساهمية أحادية من 5-12 ذرة كربون. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجازولين المستخدم اليوم في السيارات يختلف عما استُخدم في المركبات في بدايات القرن العشرين. فاليوم يجري تعديل الجازولين المستخلص من النفط بعملية التقطير من خلال ضبط تركيبه وإضافة مواد تؤدي إلى تحسين أدائه في محرك المركبات، وتؤدي أيضاً إلى تقليل التلوث الناتج عن عوادم السيارات.

لذا فمن الضروري جداً أن يحدث اشتعال خليط الجازولين والهواء في أسطوانة محرك المركبة في اللحظة المناسبة، وأن يجري احتراقه تماماً. فإذا حدث الاشتعال قبل الموعد المناسب أو بعده فإن ذلك يؤدي إلى خسارة الكثير من الطاقة، وانخفاض فاعلية الوقود، وفقدان كفاءة المحرك. لا تحترق معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة (غير المتفرعة) تماماً، وتميل بفعل الحرارة والضغط إلى الاشتعال المبكر قبل أن يصبح المكبس في الموضع الصحيح، وقبل اشتعال شمعة الاحتراق؛ إذ يكون هذا الاحتراق المبكر مصحوباً بفرقة (knocking).



### الشكل 7-1 تقوم أبراج التقطير

التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات (مشتقات) قابلة للاستعمال. فالآلاف المنتجات التي نستخدمها في منازلنا وفي التنقل والصناعة ناتجة عن عملية تكرير (تنقية) النفط.

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





**الشكل 1-8** تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقعة (antiknock) فالتصنيف لجازولين السيارات المتوسط الدرجة 89، أما 91 و 95 وأكثر يصنف على انه ممتاز. وفي المملكة العربية السعودية هناك نوعين من الجازولين. كما في الصورة. ويتم التعرف على النوع المناسب 91 أو 95 للسيارة من دليل السيارة. والرقم الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فرقمه الأوكتاني 110.

أنشئ نظام تصنيف رقم الأوكتان (منع الفرقعة)، للجازولين في أواخر العشرينات، مما أدى إلى إدراج رقم الأوكتان على مضخات الجازولين كما في الشكل 1-8. للجازولين المتوسط الدرجة رقم أوكتان يقارب 89، في حين للجازولين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتحدد كثير من العوامل التصنيف الأوكتاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضاً. وفي المملكة العربية السعودية تم تصنيف رقم الأوكتان على مضخات الجازولين 91، 95.

**الربط مع علم الأرض** وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استُخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصة الكيروسين لاستخدامه في الإنارة وتشحيم الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake - في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط - بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أنعش هذه الصناعة كثيراً.

## التقويم 1-1

### الخلاصة

1. الفكرة الرئيسية اذكر ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
2. سمِّ مركباً عضوياً، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
3. حدِّد المعلومات التي تركز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.
4. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. صف عملية التقطير التجزيئي.
6. استنتج توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهدرَجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟
7. فسّر البيانات اعتماداً على الشكل 1-6. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات - في لزوجة أي مكوّن نفطي عند ما يُبرَّد إلى درجة حرارة الغرفة؟



# 1-2

## الأهداف

- تُسمى الألكانات من خلال تفحص صيغها البنائية.
- تكتب الصيغة البنائية للألكان إذا أُعطيت اسمه.
- تصف خصائص الألكانات.

## مراجعة المفردات

## الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة

## والتطبيقية أيوباك (IUPAC)

## International Union of Pure and Applied Chemistry:

منظمة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير لبعض المجالات مثل التسمية الكيميائية، والمصطلحات، والطرقات المعيارية.

## المفردات الجديدة

### الألكان

السلسلة المتماثلة

السلسلة الرئيسية

المجموعة البديلة

الهيدروكربون الحلقي

الألكان الحلقي

## الألكانات Alkanes

**الفكرة الرئيسية** الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

**الربط مع الحياة** هل سبق أن استخدمت لهب بنزن أو شواية غاز؟ إذا فعلت ذلك تكون قد استخدمت ألكاناً. فالغاز الطبيعي والبروبان هما الغازان الأكثر استخداماً، وكلاهما ألكان.

## الألكانات ذات السلاسل المستقيمة

### Straight-Chain Alkanes

يُعدّ الميثان أصغر مركب في سلسلة الهيدروكربونات المعروفة بالألكانات. ويتخذ وقوداً في المنازل ومختبرات العلوم، وهو ينتج عن الكثير من العمليات الحيوية. وتحتوي **الألكانات**، وهي هيدروكربونات، على روابط أحادية فقط بين الذرات. انظر إلى النماذج البنائية للميثان التي درستها سابقاً. كما يبين الجدول 1-1 النماذج البنائية للإيثان  $C_2H_6$  المركب الثاني في سلسلة الألكانات. ويتألف الإيثان من ذرتي كربون مرتبطين معاً برابطة أحادية، وست ذرات هيدروجين تتشارك في إلكترونات التكافؤ المتبقية لذرتي الكربون. ويتكون المركب الثالث في سلسلة الألكانات، البروبان، من ثلاث ذرات كربون وثمانية ذرات هيدروجين، مما يعطيه الصيغة الجزيئية  $C_3H_8$ . أما مركب البيوتان فيتكون من أربع ذرات كربون وصيغته  $C_4H_{10}$ . قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان، والبروبان، والبيوتان، المبينة في الجدول 1-1.

الألكانات البسيطة		الجدول 1-1
النموذج الفراغي	نموذج الكرة والعصا	الصيغة الجزيئية
		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ الإيثان ( $C_2H_6$ )
		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ البروبان ( $C_3H_8$ )
		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ البيوتان ( $C_4H_{10}$ )

الجدول 1-2		أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة
الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية المكثفة
ميثان	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>
إيثان	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>
بروبان	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
بيوتان	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
بنتان	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
هكسان	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
هبتان	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
أوكتان	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>
نونان	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>
ديكان	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>

يُباع البروبان - والمعروف أيضًا بـغاز (البروبان المسال) (LP) Liquified Propan - في صورة وقود للطبخ والتسخين. ويستخدم البيوتان في القداحات الصغيرة، وفي بعض المشاعل، كما يستخدم أيضًا في تصنيع المطاط الصناعي.

**تسمية الألكانات ذات السلاسل المستقيمة** لقد لاحظت على الأغلب أن أسماء الألكانات تنتهي بـ المقطع "ان"، وأن الألكانات التي تحوي خمس ذرات كربون أو أكثر تبدأ أسماءها بمقاطع مشتقة من أرقام يونانية أو لاتينية تمثل عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. فالبتان مثلاً له خمس ذرات كربون، تمامًا كالشكل الخمس ذي الأوجه الخمسة، والأوكتان يحتوي على ثمانية ذرات كربون مثل الأخطبوط (octopus) ذي المجسّات الثمانية. أما مركبات الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان فقد سُميت قبل معرفة بناء (تركيب) الألكانات، لذا فإن المقاطع الأولى من أسمائها ليست مشتقة من بادئة رقمية. ويُظهر الجدول 1-2 أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

ويبين الجدول 1-2 أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عما هي عليه في الجدول 1-1. وتُسمى هذه الصيغ بالصيغ البنائية المكثفة، حيث توفر الحيز لكونها لا تظهر تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المكثفة بطرائق عدة. ففي الجدول 1-2 حذفت الخطوط التي بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

وتستطيع أيضًا في هذا الجدول 1-2، ملاحظة أن -CH<sub>2</sub>- هي الوحدة المتكررة في السلسلة الكربونية. فعلى سبيل المثال، يزيد البنتان عن البيوتان بوحدة -CH<sub>2</sub>- واحدة.



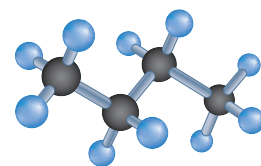
## المفردات

### أصل الكلمة

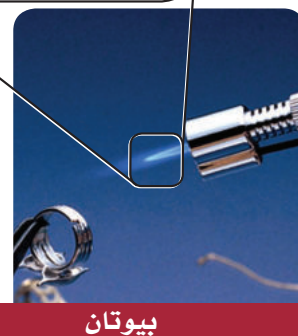
#### مُتماثل Homologous

جاءت من الكلمة الإغريقية

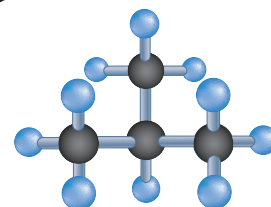
(homologos) وتعني مُتَّفِقٌ.



بيوتان (سلسلة مستقيمة)  
الصيغة الجزيئية: C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>



بيوتان



أيزوبيوتان (سلسلة متفرعة)  
الصيغة الجزيئية: C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>



أيزوبيوتان

وتستطيع زيادة تكثيف الصيغ البنائية بكتابة وحدة -CH<sub>2</sub>- بين قوسين يتبعها رقم سفلي يمثل عدد هذه الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان، والنونان، والديكان.

وتُسمى سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد الوحدة المتكررة **السلسلة المتماثلة**. وهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. ففي الألكانات يمكن كتابة الصيغة العامة التي تربط بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين على النحو الآتي C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>؛ حيث n عدد ذرات الكربون في الألكان. والآن تستطيع كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان إذا أعطيت عدد ذرات الكربون فيه. فعلى سبيل المثال، يحتوي الهبتان على سبع ذرات كربون، لذا فإن صيغته هي C<sub>7</sub>H<sub>2(7)+2</sub> أو C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>.  
✓ **ماذا قرأت؟** اكتب الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في صيغته الجزيئية.

## الألكانات ذات السلاسل المتفرعة Branched-Chain Alkanes

تُسمى الألكانات التي ناقشناها حتى الآن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة؛ لأن ذرات الكربون فيها ترتبط معاً بخط واحد. والآن انظر إلى الصيغتين في الشكل 9-1، فإذا عدت ذرات الكربون والهيدروجين فستكتشف أن كليهما لها الصيغة الجزيئية نفسها C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>، فهل هما المادة نفسها؟

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

لقد عرفت سابقاً أن البيوتان يُستخدم في القَدَّاحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئياً فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات مماثلة لجل الحلاقة، كما في الشكل 9-1. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلاً من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد الكيميائية.

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

الألكيلات البسيطة					الجدول 1-3
البيوتيل	الأيزوبروبيل	البروبيل	الايثيل	الميثيل	الاسم
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3\text{CHCH}_3$ 	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3\text{CH}_2-$	$\text{CH}_3-$	الصيغة البنائية المكثفة
<pre> H   H-C-H   H-C-H   H-C-H   H-C-H </pre>	<pre> H   H-C-H   -C-H   H-C-H   H </pre>	<pre> H   H-C-H   H-C-H   H-C-H </pre>	<pre> H   H-C-H   H-C-H </pre>	<pre> H   H-C-H </pre>	الصيغة البنائية

## المفردات

### أصل الكلمة

### المفردات الأكاديمية البدليل (Substitute)

هو الشخص أو الشيء الذي يحل محلّ غيره.  
مثال: يُتخذ الحرير الصناعي بديلاً عن الحرير الطبيعي.

والأيزوبيوتان.

**مجموعات الألكيل** لقد رأيت أن الألكانات المتفرعة والمستقيمة لها الصيغة الجزيئية نفسها. وتوضح هذه الحقيقة مبدأً أساسياً في الكيمياء العضوية "يحدد تنظيم الذرات وترتيبها في الجزيء العضوي هويته". لذا يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.

يطلق على أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) عند تسمية الألكانات المتفرعة **السلسلة الرئيسية**. وتُسمى كل التفرعات الجانبية **المجموعات البديلة**؛ لأنها تظهر كأنها بديلة لذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة (غير المتفرعة). ويُنسب اسم المجموعة البديلة المشتقة من الألكان، والتي تتفرع من السلسلة الرئيسية، إلى اسم الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها، ويتم تغيير المقطع الأخير من "ان" إلى "يل". وتُسمى المجموعة البديلة المشتقة من الألكان بمجموعة الألكيل. ويُبين الجدول 1-3 بعض مجموعات الألكيل.

**تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة** استخدم الكيميائيون القواعد النظامية الآتية المتفق عليها من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك، (IUPAC) في تسمية مركبات الكيمياء العضوية.

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

**الخطوة 2.** رُقم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسية، مبتدئاً الترقيم من طرف السلسلة الأقرب إلى المجموعة البديلة؛ إذ تُعطي هذه الخطوة مواقع جميع



المجموعات البديلة أصغر أرقام ممكنة.

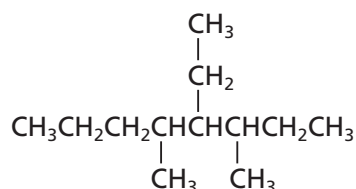
**الخطوة 3.** سمّ كل مجموعة الألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسية.

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

**الخطوة 5.** عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسية نفسها ضع أسماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي.

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

## مثال 1-1



### تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمّ الألكان المبيّن في الشكل أدناه.

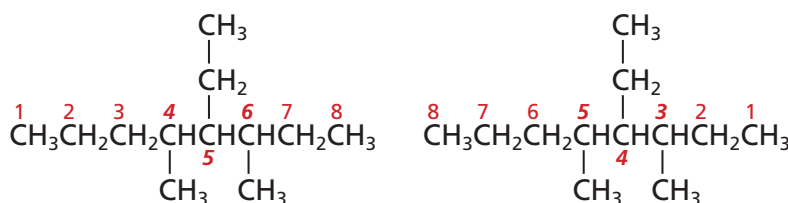
#### 1 تحليل المسألة

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

#### 2 حساب المطلوب

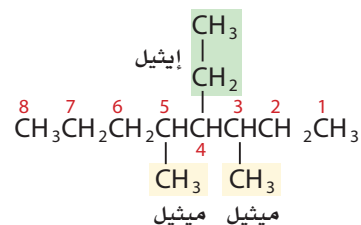
**الخطوة 1.** حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بطرائق عديدة؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثماني ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

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

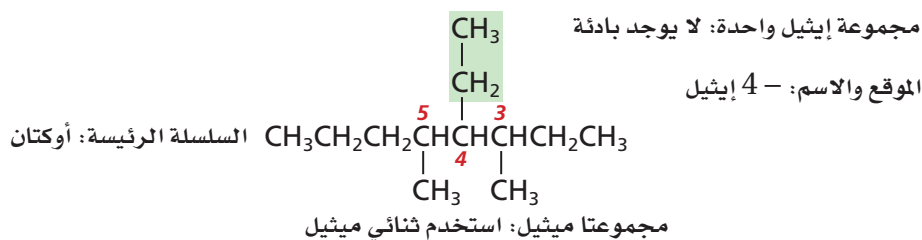




الخطوة 3. عيّن مجموعات الألكيل المتفرعة عن السلسلة الرئيسة وسمّها. هناك مجموعتان ميثيل - موجودتان على الموقعين 3 و 5، ومجموعة إيثيل على الموقع 4.



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



الموقع والاسم: - 3، 5 ثنائي ميثيل

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

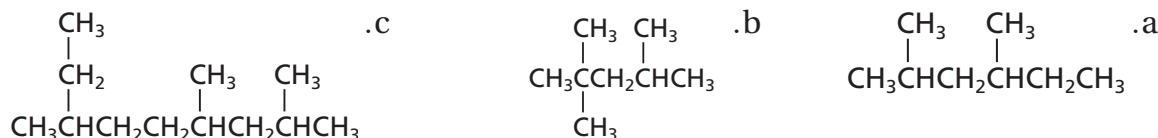
الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، واستخدم الشروط لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل للفصل بين الأرقام، وكتب اسم الشكل (المركب) مستخدماً الشروط والفواصل حسب الحاجة. ويتعين كتابة الاسم على النحو الآتي:  
4- إيثيل - 3، 5 - ثنائي ميثيل أوكتان.

### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

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



9. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

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

b. 3، 4، 5 - ثلاثي إيثيل أوكتان



## الألكانات الحلقية Cycloalkanes

تُعد قدرة ذرة الكربون على تكوين تراكيب بنائية حلقية من أسباب وجود هذا التنوع في المركبات العضوية. ويُسمى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **الهيدروكربون الحلقي**. وتُستخدم البادئة حلقي (cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي. لذا فإن الهيدروكربونات الحلقية المحتوية على روابط أحادية فقط تُسمى **الألكانات الحلقية**. وتتكون الحلقات في الألكانات الحلقية من ثلاث، أو أربع، أو خمس، أو ست ذرات كربون أو أكثر. إن اسم الألكان الحلقي ذي الذرات الست من الكربون هو هكسان حلقي. ويستخدم الهكسان الحلقي المستخرج من البترول في مُزيلات الدهان، واستخلاص الزيوت الطيارة لتحضير العطور. ولاحظ أن الهكسان الحلقي  $C_6H_{12}$  يقل عن الهكسان  $C_6H_{14}$  غير المتفرع بذرتي هيدروجين؛ وذلك لأن إلكترون تكافؤ واحدًا من كل من ذرتي الكربون في الألكان الحلقي يكون رابطة كربون-كربون عوضاً عن رابطة كربون-هيدروجين.

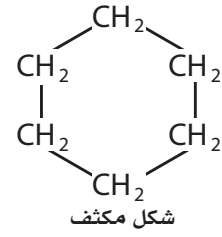
✓ **ماذا قرأت؟** قوم إذا وجدت (حلقي) في اسم الألكان، فما الذي ستعرفه عن هذا الألكان؟

تُمثّل الهيدروكربونات الحلقية، كما في الشكل 1-10 الهكسان الحلقي بأشكال مكثفة وهيكلية وخطية عديدة؛ وتُظهر الأشكال الخطية الروابط بين ذرات الكربون فقط، وتُفسر الزوايا في الشكل على أنها مواقع ذرات الكربون. أما بالنسبة لذرات الهيدروجين فيفترض أنها تحتل بقية مواقع الربط إلا إذا وُجدت التفرعات (المجموعات البديلة). ولا تظهر ذرات الهيدروجين في الشكل الهيكلية.

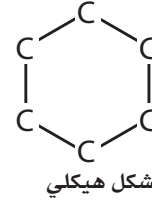
**تسمية الألكانات الحلقية المحتوية على مجموعات بديلة** يمكن أن يكون للألكانات الحلقية مجموعات بديلة كسائر الألكانات الأخرى. وتتم تسميتها باتباع قواعد نظام الأيوباك (IUPAC) المستخدمة في تسمية الألكانات غير المتفرعة نفسها، ولكن بإجراء تعديل محدود؛ فليس هناك حاجة إلى إيجاد أطول سلسلة؛ إذ تعد الحلقة دائماً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



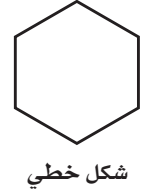
الشكل 1-10 يمكن تمثيل التركيب البنائي للهكسان الحلقي بطرائق عدة .



شكل مكثف



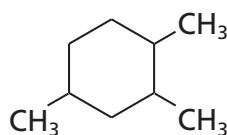
شكل هيكلية



شكل خطي

### تسمية الألكانات الحلقية

سمّ الألكان الحلقي المجاور.



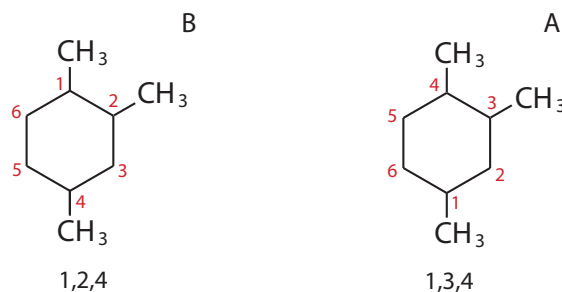
#### 1 تحليل المسألة

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

#### 2 حساب المطلوب

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

**الخطوة 2.** رُقّم الحلقة ابتداءً من أحد تفرّعات  $(-CH_3)$ ، وجد الترتيم الذي يعطي أقل مجموعة أرقامًا ممكنة للتفرعات. وفيما يأتي طريقتان لترقيم الحلقة هما:



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

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

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

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

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

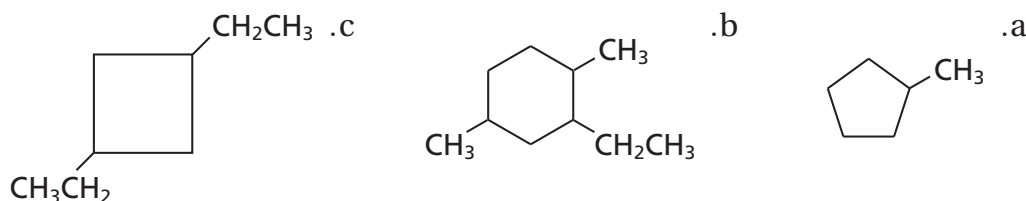
1، 2، 4 - ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

#### 3 تقويم الإجابة

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



10. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية الآتية:



11. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للألكانات الآتية:

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

### خصائص الألكانات Properties of Alkanes

عرفت سابقاً أن بناء الجزيء يؤثر في خصائصه. فمثلاً رابطة O-H الموجودة في الماء رابطة قطبية، ولأن جزيء H-O-H له شكل هندسي منحرف فإن الجزيء نفسه قطبي، لذا تنجذب جزيئات الماء بعضها إلى بعض، وتكوّن روابط هيدروجينية معاً. لذا فإن درجات الغليان والانصهار للماء أعلى كثيراً من سائر المواد المشابهة له في الكتلة الجزيئية وفي الحجم.

تري، ما خصائص الألكانات؟ تتكون جميع الروابط في الهيدروكربونات من ذرة كربون وذرة هيدروجين، أو ذرتي كربون. ويتعذر أن تكون الرابطة بين ذرتين من النوع نفسه - مثل الكربون - رابطة قطبية. لذا تُعد جزيئات الألكانات غير قطبية؛ لأن روابطها جميعاً غير قطبية، مما يجعلها مذيبات جيدة لمواد أخرى غير قطبية، كما في الشكل 1-11.

**الخصائص الفيزيائية للألكانات** كيف تُقارن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى الجدول 1-4، ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu)، كذلك فإن جزيئات الماء والميثان متقاربة في الحجم. وعلى الرغم من ذلك، عندما تُقارن درجات الغليان والانصهار للميثان



الشكل 1-11 الكثير من المذيبات-التي تستخدم مادة مرققة في الدهانات، والطلاء، والمواد الشمعية، وأحبار آلات النسخ، والمواد اللاصقة وأحبار الطابعات- تحتوي على الألكانات والألكانات الحلقية.

مقارنة الخصائص الفيزيائية		الجدول 1-4
الميثان CH <sub>4</sub>	الماء H <sub>2</sub> O	المادة والصيغة
16 amu	18 amu	الكتلة الجزيئية
غاز	سائل	حالة المادة عند درجة حرارة الغرفة
-162°C	100°C	درجة الغليان
-182°C	0°C	درجة الانصهار

بما للماء ترى دليلاً على أن الجزيئات تختلف اختلافاً واضحاً و جوهرياً. ويعود سبب الاختلاف الكبير في درجات الحرارة إلى أن التجاذب بين جزيئات الميثان ضعيف مقارنة بالتجاذب بين جزيئات الماء. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في التجاذب إلى أن جزيئات الميثان غير قطبية، ولا تُكوّن روابط هيدروجينية بينها، أما جزيئات الماء فقطبية وتُكوّن روابط هيدروجينية.

يفسّر الفرق في القطبية والروابط الهيدروجينية أيضاً عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات - مثل زيوت التشحيم - في الماء ينفصل السائلان فوراً إلى طبقتين. ويحدث هذا الانفصال لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. لذا فإن الألكانات تذوب في المذيبات المكوّنة من جزيئات غير قطبية.

**الخصائص الكيميائية للألكانات** إن الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي ضعف نشاطها الكيميائي. وكما عرفت سابقاً فإن الكثير من التفاعلات الكيميائية تحدث عندما تنجذب مادة متفاعلة ذات شحنة كهربائية كاملة، مثل الأيون، أو ذات شحنة جزئية، مثل جزيء قطبي، إلى مادة متفاعلة أخرى ذات شحنة معاكسة. الجزيئات التي تكون فيها الذرات مرتبطة بروابط غير قطبية - كما في الألكانات - تكون غير قطبية. لذا يكون انجذاب هذه الجزيئات نحو الأيونات أو الجزيئات القطبية ضعيفاً جداً. ويمكن إرجاع ضعف نشاط الألكانات إلى روابط C - C و C - H القوية نسبياً.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

## التقويم 1-2

### الخلاصة

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تسمّى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية الألكانات الحلقية.
- 12. **الفكرة الرئيسية** صف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.
- 13. سمّ الصيغ البنائية الآتية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.
  - a.  $\text{CH}_3$
  - b.  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_3$
  - c.  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- 14. صف الخصائص العامة للألكانات.
- 15. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:
  - a. 3، 4 - ثنائي ميثيل هبتان
  - b. 4 - أيزوبروبيل - 3 - ميثيل ديكان
  - c. 1 - إيثيل - 4 - ميثيل حلقي هكسان
  - d. 1، 2 - ثنائي ميثيل حلقي بروبان
- 16. **تفسير الصيغ البنائية** لماذا يعد الاسم 3 - بيوتيل بنتان غير صحيح؟ اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركب 3 - بيوتيل بنتان؟



# 1-3

## الأهداف

- تصف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات.
- تُسمَّى الألكين أو الألكاين اعتماداً على صيغته البنائية.
- تكتب الصيغة البنائية للألكين أو الألكاين إن أعطيت اسمه.
- تقارن خصائص الألكينات والألكاينات بخصائص الألكانات.

## مراجعة المفردات

**الهرمون**: مادة كيميائية تُنتج في جزء من المخلوق الحي وتُنقل إلى جزء آخر، وتؤدي إلى تغير فسيولوجي فيه.

## المفردات الجديدة

الألكين

الألكاين

## الألكينات والألكاينات

## Alkenes and Alkynes

**الفكرة الرئيسية** الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

**الربط مع الحياة** تُنتج النباتات الإيثين في صورة هرمون نُضج طبيعي. وعادةً ما تُقطف الفواكه والخضراوات قبل تمام نضجها، فتُعرض للإيثين حتى تنضج.

## الألكينات Alkenes

تذكر أن الألكانات هيدروكربونات مشبعة؛ لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية بين ذرات الكربون، وأن الهيدروكربونات غير المشبعة لها على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون. وتسمى الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون **بالألكينات**. ولأن الألكين يجب أن يحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون، لذا لا يوجد ألكين بذرة كربون واحدة. وعليه فإن أبسط ألكين يحتوي على ذرتي كربون ترتبطان برابطة ثنائية. والإلكترونات الأربعة المتبقية - اثنان من كل ذرة كربون - تشترك مع أربع ذرات هيدروجين لتعطي جزيء الإيثين  $C_2H_4$ .

تكوّن الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في الجدول 1-5 فسوف ترى أن عدد ذرات الهيدروجين لكل منها هو ضعف عدد ذرات الكربون. لذا تكون الصيغة العامة للألكينات هي  $C_nH_{2n}$ . يقل كل ألكين عن الألكان المناظر له بذرتي هيدروجين؛ لأن إلكترونين اثنين يكوّنان الرابطة التساهمية الثانية، وهما غير متوافرين للربط بذرات الهيدروجين. ما الصيغ الجزيئية للألكينات ذات ذرات الكربون الست والتسع؟

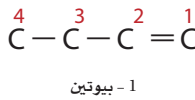
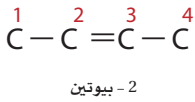
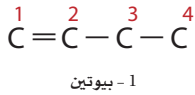
صيغ الألكينات				الجدول 1-5
2- بيوتين	1- بيوتين	بروبين	إيثين	الاسم
$C_4H_8$	$C_4H_8$	$C_3H_6$	$C_2H_4$	الصيغة الجزيئية
				الصيغة البنائية
$CH_3CH=CHCH_3$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_2=CH_2$	الصيغة البنائية المكثفة

### الشكل 12-1 عند تسمية

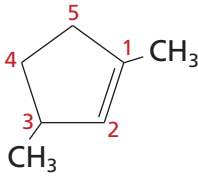
أي من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة يجب ترقيمها باستخدام قواعد نظام الأيوباك.

a. ألكينات ذات سلاسل

مستقيمة (غير متفرعة).



### b. ألكينات حلقية



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

يتعين تحديد موقع الرابطة الثنائية لتسمية الألكينات ذات ذرات الكربون الأربع أو أكثر في السلسلة، كما في الأمثلة في الشكل 12a-1. ويتم هذا بترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسية ابتداءً من طرف السلسلة الذي يعطي أصغر رقم لأول ذرة كربون في الرابطة الثنائية. ثم يُستخدم هذا العدد في الاسم.

لاحظ أن البناء الثالث ليس "3-بيوتين" لأنه مطابق للبناء الأول، 1-بيوتين. لذا من الضروري أن تُدرك أن 1-بيوتين و 2-بيوتين مادتان مختلفتان، لكل منهما صفاته الخاصة. وتُسمى الألكينات الحلقية تقريبًا بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرتي الكربون المرتبطين بالرابطة الثنائية. لاحظ ترقيم المركب في الشكل 12b-1. إن اسم هذا المركب هو 1،3-ثنائي ميثيل بنتين حلقي.

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

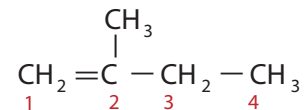
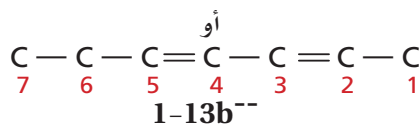
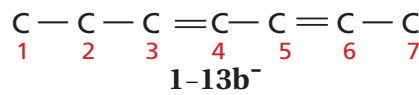
**تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة** اتبع عند تسميتها قواعد نظام الأيوباك المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة، على أن يؤخذ في الحسبان أمران، أولهما أن تكون السلسلة الرئيسية في الألكينات دائمًا أطول سلسلة تحتوي على الرابطة الثنائية، سواء أكانت أطول سلسلة من ذرات الكربون أم لم تكن. وثانيهما أن يحدد موقع الرابطة الثنائية - وليس التفرعات - كيفية ترقيم السلسلة. لاحظ وجود سلسلتين من 4 - ذرات كربون في الجزئي المبيّن في الشكل 13a-1، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية استخدمت وحدها أساسًا للتسمية. إن هذا الألكين المتفرّع هو 2-ميثيل بيوتين.

تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام البادئة (داي، تري، تيترا، وهكذا) قبل المقطع (ين). وترقم مواقع الروابط على أن تُنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم ستستخدم في المثال في الشكل 13b-1؟ ستستخدم البادئة (هبتا)؛ لأن الجزئي يحتوي على سلسلة كربونية سباعية. ولأنها تحتوي على رابطتين ثنائيتين فإنك تستخدم البادئة (داي) قبل المقطع (ين)، تُعطي الاسم هبتاداين. وبإضافة الرقمين 2 و 4 لتعيين مواقع الروابط الثنائية يصبح الاسم 2،4-هبتاداين.

### الشكل 13-1 ترقيم مواقع الروابط الثنائية

في الألكينات بطريقة تعطي أصغر مجموعة من

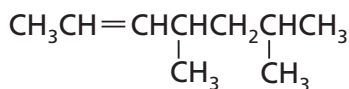
الأرقام. وينطبق هذا على الألكينات المستقيمة والمتفرعة.



2-ميثيل بيوتين

b. رابطتان ثنائيتان

a. رابطة ثنائية واحدة



تسمية الألكينات المتفرعة  
سمّ الألكين المجاور.

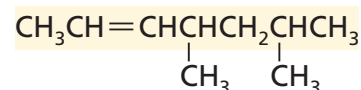
### 1 تحليل المسألة

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

### 2 حساب المطلوب

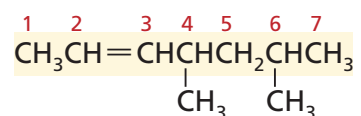
**الخطوة 1.** تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغيّر الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسة هبتين



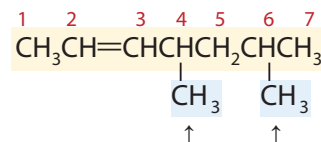
**الخطوة 2.** رقمّ السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسة 2-هبتين



**الخطوة 3.** سمّ كل مجموعة بديلة.

كلتا المجموعتين البديلتين مجموعتا ميثيل



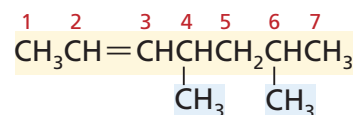
مجموعتا ميثيل

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

السلسلة الرئيسة 2-هبتين

مجموعتا ميثيل على المواقع 4 و 6

البادئة هي 6,4-ثنائي ميثيل



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

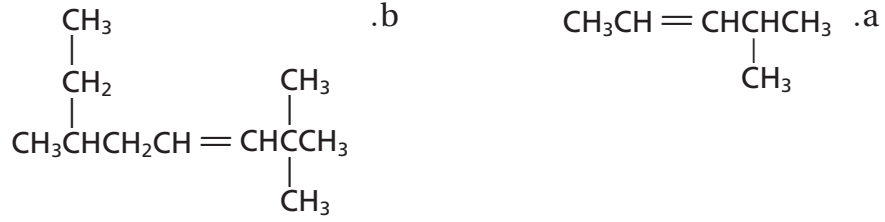
### 3 تقويم الإجابة



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



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



18. تحفيز ارسـم الصيغة البنائية للجزيء 1،3-بنتادين.

تجربة  
عملية

إنضاج الفاكهة بالإيثين

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة  
عين الإثرائية

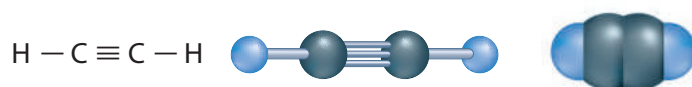
**خصائص الألكينات واستخداماتها** الألكينات، مثل الألكانات، مواد غير قطبية، لذا فإن ذائبيتها قليلة في الماء، وتكون درجات انصهارها وجليانها منخفضة. لكن الألكينات أكثر نشاطاً من الألكانات؛ حيث إن الرابطة المشتركة الثانية تزيد من الكثافة الإلكترونية بين ذرتي الكربون، مهينةً بذلك موقعاً جيداً للنشاط الكيميائي. وهذا يجعل المواد المتفاعلة قادرة على جذب إلكترونات الرابطة باي بعيداً عن الرابطة الثنائية.

ينتج العديد من الألكينات بصورة طبيعية في المخلوقات الحية. فالإيثين، على سبيل المثال، هرمون تُنتجه النباتات على نحو طبيعي، وهو المسؤول عن عملية النضج في الفواكه، ويؤدي دوراً في عملية تساقط أوراق الأشجار إيداناً بدخول فصل الشتاء. تنضج الفواكه الظاهرة في الشكل 1-14 وغيرها من المنتجات التي تُباع في محلات البقالة صناعياً عند تعريضها للإيثين. ويُعد الإيثين من المواد الأولية المستخدمة في تصنيع مادة بولي إيثيلين البلاستيكية المستخدمة في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الحقائب البلاستيكية والحبال وعلب الحليب. وهناك ألكينات أخرى مسؤولة عن روائح الليمون الأصفر، والليمون الأخضر، وأشجار الصنوبر.

الشكل 1-14 استخدام الإيثين في إنضاج الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه والخضراوات قبل أن تنضج. فسّر لماذا يعدّ هذا نافعاً ومناسباً للمزارعين؟



الشكل 1-15 تُمَثِّل هذه النماذج البنائية الثلاثة الإيثاين.



نماذج الإيثاين (الأسيتيلين)

## الألكينات Alkynes

تُسمى الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون الألكينات. وتشترك في الرابطة الثلاثية ثلاثة أزواج من الإلكترونات أحدها يكون رابطة سيجا والآخرين يكونان رابطتين باي. ويعد الإيثاين  $\text{C}_2\text{H}_2$  أبسط الألكينات وأكثرها استخدامًا، وهو معروف على نطاق واسع باسمه الشائع، أسيتيلين. تفحص نماذج الإيثاين في الشكل 1-15.

**تسمية الألكينات** تُسمى الألكينات المستقيمة والمتفرعة بطريقة مماثلة للألكينات. والفرق الوحيد هو أن اسم السلسلة الرئيسة ينتهي بـ (اين) بدلاً من (ين). كما يظهر في أمثلة الجدول 1-6. وتُشكل الألكينات المحتوية على رابطة ثلاثية واحدة سلسلةً متماثلة لها الصيغة العامة  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج،** اعتمادًا على طبيعة روابط الإيثاين، لماذا يتفاعل بسرعة عالية مع الأكسجين؟

أمثلة على الألكينات			الجدول 1-6
الصيغة البنائية المكثفة	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية	الاسم
$\text{CH} \equiv \text{CH}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	$\text{C}_2\text{H}_2$	إيثاين
$\text{CH} \equiv \text{CCH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{C}_3\text{H}_4$	بروبين
$\text{CH} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_4\text{H}_6$	1- بيوتاين
$\text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CCH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{H} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\text{C}_4\text{H}_6$	2- بيوتاين

## تجربة

### تحضير الإيثانين وملاحظة خصائصه

لماذا يستخدم الإيثانين في مشاغل اللحام؟

#### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخدم قطعة مطاط لتثبيت قطعة خشب رقيقة إلى طرف مسطرة طولها 40 cm تقريبًا، على أن يمتد 10 cm تقريبًا من قطعة الخشب خارج المسطرة.
3. ضع 120 mL ماء في كأس مدرجة سعتها 150 mL، وأضف إليها 5 mL من سائل (منظف) الجلي، ثم اخلطها جيدًا.
4. استخدم الملقط لالتقاط قطعة من كربيد الكالسيوم  $CaC_2$  بحجم حبة البازلاء. تحذير:  $CaC_2$  مادة كاوية وحارقة؛ فإذا لامس غبارها جلدك فاغسله بالماء فورًا. وضعها في المحلول الذي في الكأس.

5. استخدم عود ثقاب لإشعال قطعة الخشب، وأنت تمسك بالمسطرة من الطرف المقابل. وقرب قطعة الخشب المشتعلة حالاً من الفقافيع الناتجة عن التفاعل الحاصل في الكأس. ثم أطفئ قطعة الخشب بعد ملاحظة التفاعل.
6. استخدم ساق التحريك لطرد بعض فقافيع الإيثانين. هل تطفو في الهواء أم تفرق؟
7. اغسل الكأس الزجاجية جيداً، ثم أضف 25 mL ماء مقطرًا وقطرة من محلول فينول فتالين. وضع قطعة صغيرة من  $CaC_2$  في المحلول باستخدام الملقط، ثم لاحظ النتائج.

### التحليل

1. **استنتج** ما الذي يمكنك أن تستنتجه حول كثافة الإيثانين مقارنة بكثافة الهواء؟
2. **توقع** يُنتج تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء مادتين، الأولى: غاز الإيثانين  $C_2H_2$ . فما المادة الثانية؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

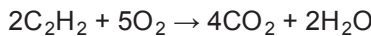
**خصائص الألكينات واستعمالاتها** للألكينات خصائص فيزيائية وكيميائية شبيهة بالألكينات. وتخضع الألكينات لكثير من التفاعلات التي تخضع لها الألكينات، إلا أن الألكينات أكثر نشاطاً من الألكينات عموماً؛ وذلك لأن الرابطة الثلاثية في الألكينات تُشكّل كثافة إلكترونية أكبر مما في رابطة الألكينات الثنائية. إن هذا التجمع من الإلكترونات فعّال في تحفيز تكوين الأقطاب في الجزيئات المجاورة، مما يجعلها غير متماثلة الشحنة، لذا تكون أكثر نشاطاً.

إن الإيثانين - المعروف بالأسيتيلين - ناتج ثانوي عن تنقية البترول، وينتج أيضاً بكميات كبيرة عن تفاعل كربيد الكالسيوم  $CaC_2$  مع الماء. عندما يزود الإيثانين بكمية كافية من الأكسجين يحترق منتجاً لهباً ذا حرارة عالية جداً قد تصل إلى  $3000^\circ C$ ، وتستعمل مشاعل الأسيتيلين عادةً في لحام الفلزات، كما في الشكل 1-16. ولأن الرابطة الثلاثية تجعل الألكينات أكثر نشاطاً فإن الألكينات البسيطة كالإيثانين تُتخذ مواد أولية في صناعة البلاستيك وغيرها من المواد الكيميائية العضوية المستخدمة في الصناعة.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 1-16 يتفاعل الإيثانين، أو الأسيتيلين، مع الأكسجين وفق المعادلة:



وتنتج كمية كافية من الحرارة تستعمل في لحام الفلزات.



## التقويم 1-3

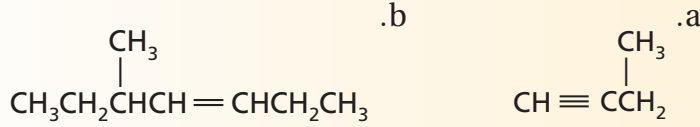
### الخلاصة

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحوي على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

19. **الفكرة الرئيسية** صف كيف تختلف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغة البنائية للألكانات.

20. حدّد كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات والألكاينات عمّا تتصف به الألكانات.

21. سمّ الصيغ البنائية أدناه مستخدماً قواعد نظام الأيوباك.



22. اكتب الصيغة البنائية لـ 4-ميثيل-3،1-بتندين و 2،3-ثنائي-ميثيل-2-بيوتين.

23. استنتج كيف تُقارن بين درجات الانصهار والتجمد لكل من الألكاينات والألكانات التي تحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. فسر إجابتك.

24. توقع ما الترتيبات الهندسية التي تتوقع أن تكونها الروابط المحيطة بذرة الكربون في الألكانات، والألكينات، والألكاينات؟





## 1-4

## الأهداف

- تمييز بين الفئتين الرئيسيتين للمتشكلات البنائية والفراغية.
- تفرّق بين المتشكلات الهندسية ذات البادئة سيس والبادئة ترانس.
- تصف الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

## متشكلات الهيدروكربونات

## Hydrocarbon Isomers

**الفكرة الرئيسية** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

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

## المتشكلات البنائية Structural Isomers

تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في الشكل 1-17 لتحديد أوجه التشابه والاختلاف؛ إذ يحتوي كل من النماذج الثلاثة على 5 ذرات كربون و12 ذرة هيدروجين، لذا فإن لها الصيغة الجزيئية  $C_5H_{12}$ . ومع ذلك تمثل هذه النماذج ثلاثة تركيبات (ترتيبات) مختلفة من الذرات، وثلاثة مركبات مختلفة: بنتان، و-2-ميثيل بيوتان، و-2-ثنائي ميثيل بروبان. إن هذه المركبات الثلاثة هي متشكلات isomers. والمتشكلات عبارة عن اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان العادي ليسا متشكّلين؛ لأن الصيغة الجزيئية للأول هي  $C_5H_{10}$ .

هناك فئتان رئيسيتان من المتشكلات. ويُبين الشكل 1-17 مركبات تعدّ أمثلة على المتشكلات البنائية. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف. وعلى الرغم من اشتراك المتشكلات البنائية في الصيغة الجزيئية نفسها إلا أنها تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتدعم هذه الملاحظة أحد أهم مبادئ الكيمياء الذي ينص على أن "بناء المادة يحدد خصائصها". كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات  $C_5H_{12}$  بصيغها البنائية؟

كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية  $C_7H_{16}$ . وهناك أكثر من 300,000 متشکل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية  $C_{20}H_{42}$ .

## مراجعة المفردات

## الإشعاع الكهرومغناطيسي:

أمواج مستعرضة تحمل الطاقة خلال الفراغ.

## المفردات الجديدة

المتشكلات

المتشكلات البنائية

المتشكلات الفراغية

المتشكلات الهندسية

الكيرالية

ذرة الكربون غير المتماثلة

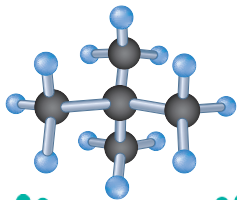
المتشكلات الضوئية

الدوران الضوئي

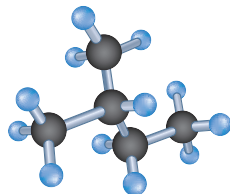
تجربة عملية

التشكل

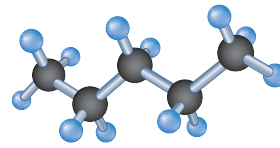
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



2-ثنائي ميثيل بروبان  
درجة الغليان =  $9^{\circ}C$

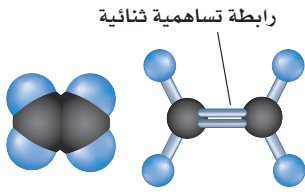


-2-ميثيل بيوتان  
درجة الغليان =  $28^{\circ}C$



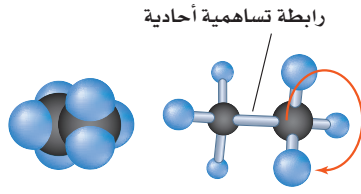
بنتان  
درجة الغليان =  $36^{\circ}C$

الشكل 1-17 إن هذه المركبات المشتركة في الصيغة الجزيئية متشكلات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.



ذرات الكربون ثابتة في موقعها  
احتمالية الدوران معدومة

إيثين



ذرات الكربون حرة الدوران

إيثان

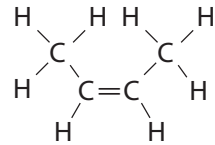
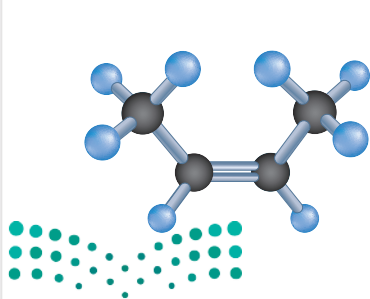
**الشكل 1-18** تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الربط في الإيثين عملية الدوران. **فسّر** كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.

## المتشكلات الفراغية Stereoisomers

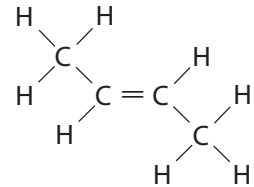
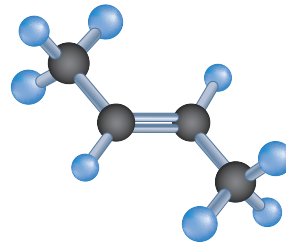
تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جداً في الروابط؛ فالمتشكلات الفراغية متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وهناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات، التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية قادرتين على الدوران بسهولة إحداهما حول الأخرى. والثانية في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها، كما في الشكل 1-18.

قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2-بيوتين في الشكل 1-19. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يشار إليه بالبادئة (سيس)، في حين يُشار إلى التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الألكيل في جهتين متقابلتين من الجزيء بالبادئة (ترانس). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (سيس) تعني الجهة نفسها، و(ترانس) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب سيس لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب ترانس.

**الشكل 1-19** يختلف هذان المتشكلات لـ 2-بيوتين في الترتيب الفراغي لمجموعتي الميثيل عند الأطراف. لا تستطيع ذرات الكربون الثنائية الربط الدوران بعضهما حول بعض، فتبقى مجموعتا الميثيل ثابتتين في أحد هذه الترتيبات.



سيس-2-بيوتين ( $\text{C}_4\text{H}_8$ )  
درجة الانصهار =  $-139^\circ\text{C}$   
درجة الغليان =  $3.7^\circ\text{C}$



ترانس-2-بيوتين ( $\text{C}_4\text{H}_8$ )  
درجة الانصهار =  $-106^\circ\text{C}$   
درجة الغليان =  $0.8^\circ\text{C}$

## واقع الكيمياء في الحياة

### الدهون غير المشبعة



المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون ذات متشكلات ترانس بدهون ترانس. وتحضر الكثير من الأطعمة المغلفة باستخدام دهون ترانس؛ لأن لها فترة حفظ أطول. وتشير الدلائل إلى أن هذه الدهون تزيد من نوع الكولسترول الضار، وتقلل من النوع النافع، مما يزيد من احتمالية الإصابة بأمراض القلب.

الشكل 20-1 إن انعكاس يدك اليمنى في المرآة يبدو تمامًا مثل يدك اليسرى.



وتُسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية بالمتشكلات الهندسية. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي يؤثر في الخصائص الفيزيائية للمتشكلات الهندسية، ومنها درجات الانصهار والغليان. وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية. وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان لمتشكلات سيس و ترانس عادةً تأثيرات مختلفة وواضحة جدًا.

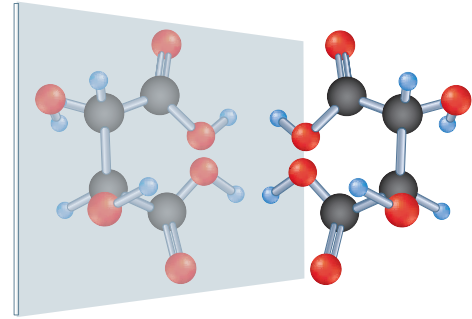
✓ **ماذا قرأت؟** فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

## الكيرالية Chirality

الرابط [علم الأحياء](#) في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822-1895م) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورته في المرآة. ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في الشكل 20-1، لذا سُميت أشكال البلورات نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى. ولشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لهما درجة الانصهار، والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية التخمر، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيتها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في الشكل 21-1. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D - حمض الطرطريك، و L - حمض الطرطريك. ويرمز الحرفان D و L إلى البادئتين اللاتينيتين (dextro) وتعني

الشكل 21-1 تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D - حمض الطرطريك) في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L - حمض الطرطريك).



L-حمض الطرطريك

D-حمض الطرطريك

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

## المتشكلات الضوئية Optical Isomers

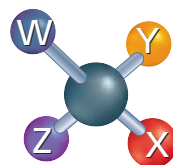
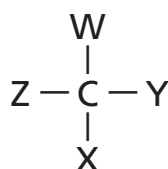
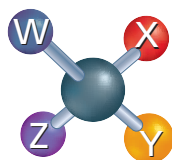
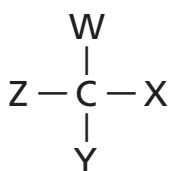
أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. وذرة الكربون غير المتماثلة هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائماً ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبينين في الشكل 1-22، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X و Y. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تماماً.

والآن افترض أنك بنيت نماذج لهذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تماماً؟ (بغض النظر عن بروز الأحرف إلى الأمام أو الخلف). ستكتشف أنه ليس هناك طريقة لإنجاز هذه المهمة دون إزالة X و Y من ذرة الكربون وتبديل موقعيهما. لذا فإن الجزيئين مختلفان حتى لو كانا يبدوان متشابهين كثيراً.

**المتشكلات الضوئية** متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية. ما عدا التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها الكيرالية مهمة، ومنها التفاعلات المحفزة

المطويات

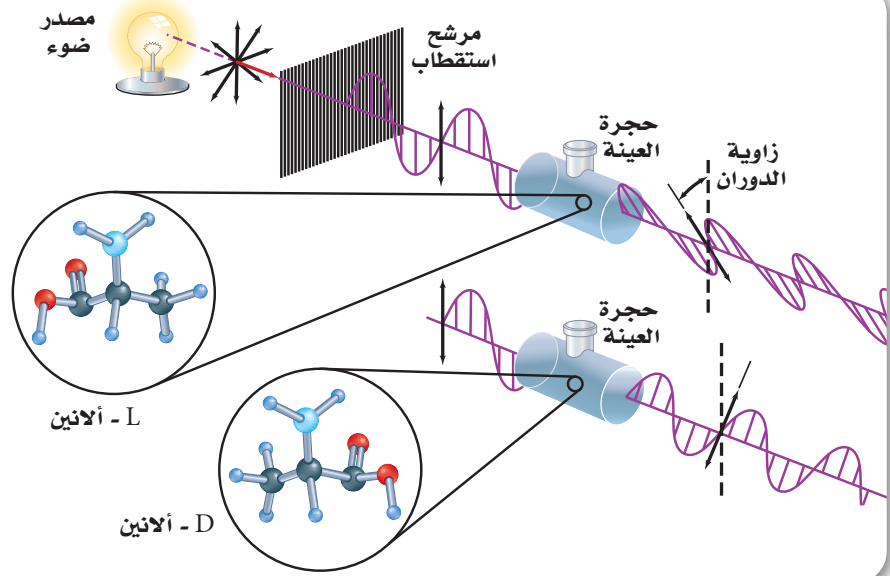
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.



الشكل 1-22 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.



**الشكل 23-1** يَنْتُج الضوء المستقطب بتمرير الضوء العادي من خلال مُرَشِّح (فلتر) يبيث فقط الموجات الضوئية التي تقع في مستوى واحد. تقع الموجات الضوئية المرشحة (المفلترة) في مستوى عمودي قبل أن تمر خلال العينة. ويؤدي التشكلان إلى دوران الضوء في اتجاهين مختلفين.



بالإنزيمات في الأنظمة البيولوجية. فالخلايا البشرية مثلاً تسمح بدخول الحموض الأمينية من نوع (L) فقط في بناء البروتينات. كما أن النوع (L) من حمض الإسكوريك فعال بوصفه فيتامين C. وتعد الكيرالية في جزيء الدواء مهمة أيضاً. فمثلاً يكون متشكل واحد فقط في بعض الأدوية فعالاً في حين قد يكون الآخر ضاراً.

**الدوران الضوئي** إن التشكلات التي يكون كل منها صورة مرآة للآخر تُسمى التشكلات الضوئية؛ لأنها تؤثر في الضوء المار خلالها. عادةً تتحرك الأمواج الضوئية في حزمة الضوء الصادرة عن الشمس أو المصباح في المستويات المحتملة جميعها. ولكن يمكن تصفية الضوء أو عكسه بطريقة تجعل الأمواج الناتجة جميعها تقع في المستوى نفسه. ويُسمى هذا النوع من الضوء الناتج الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب خلال محلول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُنتجاً التأثير المُسمى **الدوران الضوئي**. ويظهر هذا التأثير في الشكل 23-1.

قد يكون L - ميثول أحد التشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. ولهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضاً. أمّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرأة) D - ميثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L - ميثول نفسه.



## التقويم 1-4

### الخلاصة

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





## 1-5

## الأهداف

- تقارن بين خواص الهيدروكربونات الأروماتية والأليفاتية.
- توضح المقصود بالمادة المسرطنة وتذكر بعض الأمثلة عليها.
- تسمي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية.

## مراجعة المفردات

المجالات المهجنة: دمج المجالات الإلكترونية المختلفة في الشكل والطاقة للحصول على مجالات إلكترونية متماثلة الشكل والطاقة.

## المفردات الجديدة

المركب الأروماتي  
المركب الأليفاتي

## الهيدروكربونات الأروماتية

## Aromatic Hydrocarbons

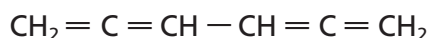
**الفكرة الرئيسية** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.

**الربط مع الحياة** ما الشيء المشترك بين الأنسجة ذات الألوان الزاهية والزيوت العطرية (الطيارة) المستخدمة في العطور؟ كل منهما يحتوي على هيدروكربونات أروماتية.

## الصيغة البنائية للبنزين The Structure of Benzene

إن الأصباغ الطبيعية - ومنها تلك الموجودة في الأنسجة الظاهرة في الشكل 1-24 - والزيوت العطرية، تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. وقد عرفت هذه المركبات واستخدمت منذ قرون. فقد كان لدى الكيميائيين في منتصف القرن التاسع عشر معرفة ودراية أساسية بأشكال الهيدروكربونات البنائية ذات الروابط المشتركة الأحادية والثنائية والثلاثية. ومع ذلك بقيت بعض التراكيب الحلقية غامضة.

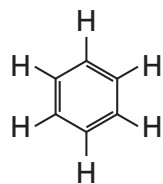
إن أبسط مثال على هذه الفئة من الهيدروكربونات هو البنزين، الذي عُزل أول مرة عام 1825م على يد الفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي Michael Faraday (1791-1867م) من الغازات المنبعثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. ورغم قيام الكيميائيين بتحديد صيغة البنزين الجزيئية بـ  $C_6H_6$  إلا أنه كان من الصعب عليهم تحديد البناء الهيدروكربوني الذي يعطي هذه الصيغة. فصيغة الهيدروكربون المشبع ذي ذرات الكربون الست هي  $C_6H_{14}$ . ولأن جزيء البنزين ينقصه القليل من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أن من الضروري أن يكون غير مشبع؛ وهذا يعني أن لديه بعض الروابط الثنائية أو الثلاثية أو كليهما معاً. واقترحوا الكثير من الصيغ البنائية المختلفة، ومنها الصيغة أدناه التي اقترحت عام 1860م.



الشكل 1-24 استعملت الأصباغ لإنتاج الأنسجة ذات الألوان الزاهية على مر العصور.  
**فسر** ما الشيء المشترك بين الأصباغ الطبيعية والزيوت الطيارة (العطرية) المستخدمة في العطور؟

وعلى الرغم من أن الصيغة الجزيئية لهذه الصيغة البنائية هي  $C_6H_6$  فإن مثل هذا الهيدروكربون غير مستقر وشديد التفاعل؛ لوجود العديد من الروابط الثنائية، إلا أن البنزين مادة غير نشطة كيميائياً، ولا تتفاعل بالطرائق التي تتفاعل بها الألكينات والألكينات عادة. ولهذا السبب استنتج العلماء أن مثل هذه الصيغة البنائية غير صحيحة.

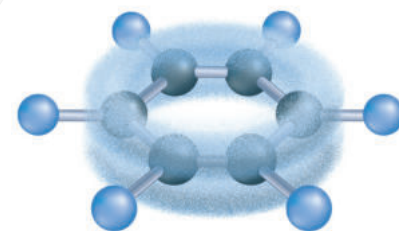
**حلم كيكولي** في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829-1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين - وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارن الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟



ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، ببلجيكا، إذ قال إنه حلم بـ "أوروبوروس، Ouroboros"، وهو شعار مصري قديم تظهر فيه أفعى تفترس ذيلها، مما جعله يفكر في الشكل الحلقي. ويفسر الشكل السداسي المسطح الذي اقترحه كيكولي بعض خصائص البنزين، ولكنه لا يفسر ضعف نشاطه الكيميائي.

**نموذج البنزين الحديث** أكدت الأبحاث منذ اقترح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهجنة. وعند تطبيقها على البنزين تنبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة لروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محددتين كما هو الحال في الألكينات. و عوضاً عن ذلك تكون أزواج الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) delocalized، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

والشكل 1-25 يُوضح أن عدم التمركز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتاً كيميائياً؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيداً مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن تذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة.



**الشكل 1-25** تتوزع إلكترونات البنزين الرابطة بالتساوي في صورة كعكة ثنائية حول الحلقة بدلاً من البقاء قريبة من الذرات المنفردة.

## المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال

الشائع

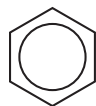
أروماتي (Aromatic)

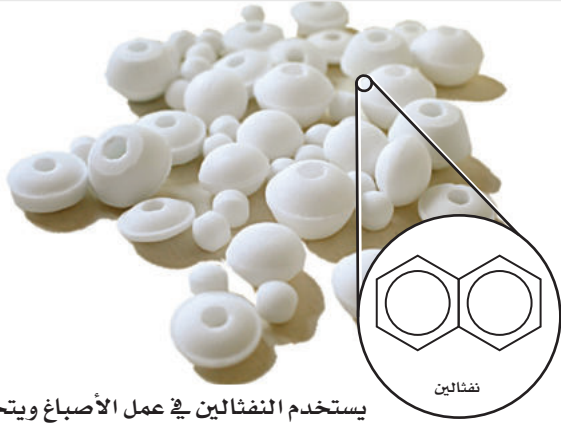
الاستعمال العلمي: مركب عضوي ثابت التركيب بسبب عدم بقاء الإلكترونات في مكان واحد.

كأن نقول مثلاً: البنزين مركب أروماتي

الاستعمال الشائع: لها رائحة قوية.

كأن نقول مثلاً: هذا العطر ذو رائحة قوية.

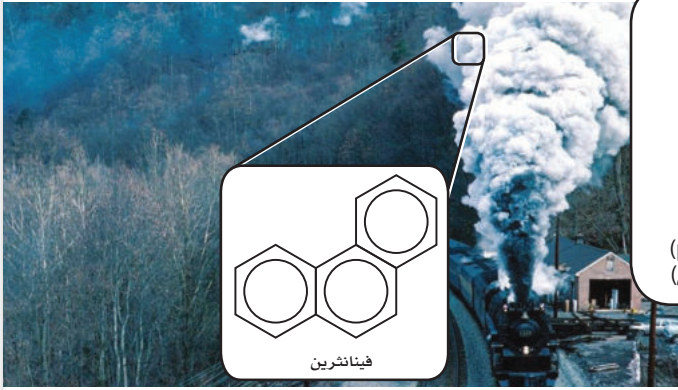




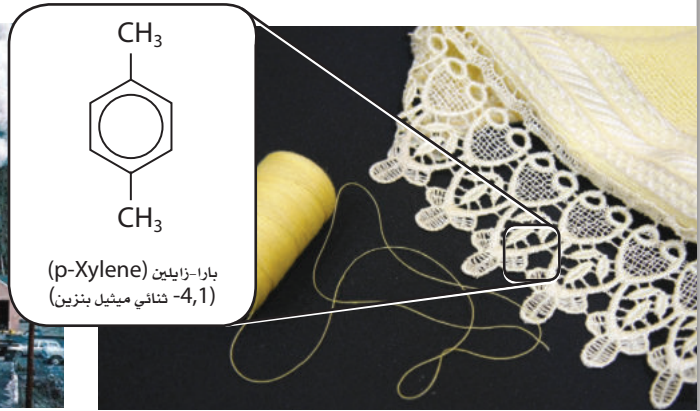
يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طارداً للعث.



يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.



يكثر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.



يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

## الشكل 1-26 توجد

الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

## المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

تُسمّى المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءاً من بنائها المركبات الأروماتية. استخدم المصطلح أروماتي (aromatic) في الأصل لأن الكثير من المركبات المرتبطة مع البنزين والمعروفة في القرن التاسع عشر، وُجدت في الزيوت ذات الرائحة الطيبة الموجودة في البهارات، والفواكه، وغيرها من أجزاء النباتات. وتسمى الهيدروكربونات مثل الألكانات، والألكينات والألكاينات المركبات الأليفاتية لتمييزها عن المركبات الأروماتية. وكلمة أليفاتي (aliphatic) يونانية الأصل، تعني الدهن. وذلك أن الكيميائيين القدامى حصلوا على المركبات الأليفاتية بتسخين دهون الحيوانات وشحومها. ما الأمثلة على الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات أليفاتية؟

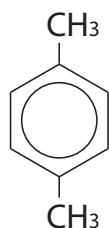
✓ **ماذا قرأت؟** استنتج لماذا استمرّ الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟

تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في الشكل 1-26. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفتالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنباً إلى جنب. ويعد النفثالين مثلاً على نظام الحلقات الملتحمة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشارك في الضلع نفسه. وتشارك ذرات الكربون المكوّنة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.

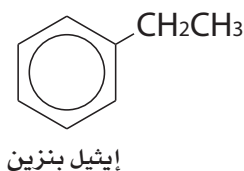


**تسمية المركبات العضوية الأروماتية** للمركبات الأروماتية القدرة على امتلاك مجموعات مختلفة مرتبطة مع ذرات الكربون فيها كبقية الهيدروكربونات. فمثلاً، يتألف ميثيل البنزين، المعروف أيضاً بـ (التولوين toluene)، من مجموعة ميثيل مرتبطة مع حلقة البنزين بدلاً من ذرة هيدروجين واحدة. ومتى وجدت مجموعة بديلة مرتبطة مع حلقة البنزين تذكر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

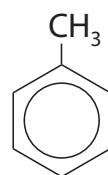
وتسمى مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكوّنة من ذرتي كربون متصلة بالحلقة، ويحتوي 1،4-ثنائي ميثيل بنزين، para - xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



1، 4-ثنائي ميثيل بنزين



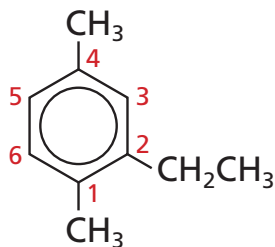
إيثيل بنزين



ميثيل بنزين  
(تولوين)

وتُرقم حلقات البنزين المتفرعة تماماً مثل الألكانات الحلقية المتفرعة بطريقة تعطي أصغر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البديلة أو (التفرعات)، كما في الشكل 1-27. إن ترقيم الحلقة - كما هو مبين - يعطي الأرقام 1، 2، و 4 لمواقع المجموعات البديلة. ولأن كلمة إيثيل تأتي قبل ميثيل في الترتيب الهجائي، لذا فإنها تكتب أولاً على الصورة: 2-إيثيل - 1، 4-ثنائي ميثيل بنزين.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر ماذا تعني الدائرة داخل الحلقة السداسية الظاهرة في الشكل 1-27؟

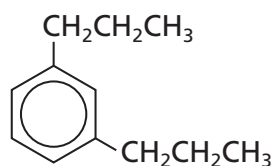


2 - إيثيل - 1، 4 - ثنائي ميثيل بنزين

الشكل 1-27 تسمى حلقات البنزين ذات التفرعات بطريقة تسمية الألكانات الحلقية نفسها.



تسمية المركبات الأروماتية سمّ المركب الأروماتي الآتي.

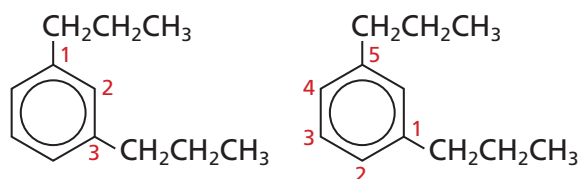


### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت مركباً أروماتياً، اتبع القواعد لتسميته.

### 2 حساب المطلوب

الخطوة 1. رقم ذرات الكربون لإعطاء أصغر أرقام ممكنة.



إن الرقمين 1 و 3 كما ترى أصغر من الرقمين 1 و 5.

لذا فإن الأرقام التي يجب استخدامها لترقيم الهيدروكربون هي 1 و 3.

الخطوة 2. حدّد أسماء المجموعات البديلة. إذا تكررت المجموعة نفسها أكثر من مرة فأضف البادئة الدالة على عدد المجموعات الموجودة.

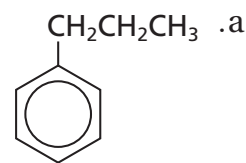
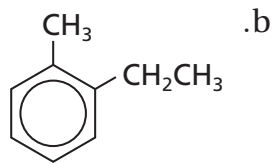
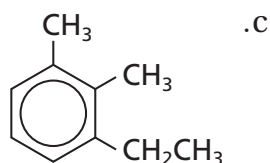
الخطوة 3. جمع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائياً، مستخدماً الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 1، 3- ثنائي بروبيل بنزين.

### 3 تقويم الإجابة

رُقمت حلقة البنزين لتعطي التفرعات أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام، وحُدّدت أسماء المجموعات البديلة على نحو صحيح.

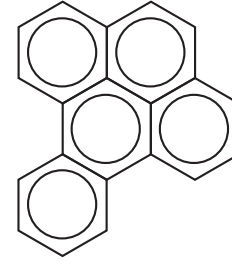
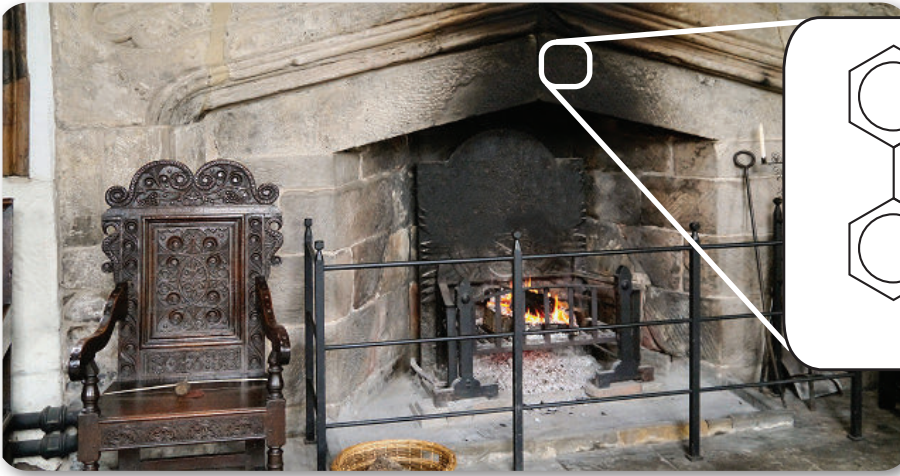
### مسائل تدريبية

31. سمّ الصيغ البنائية الآتية:



32. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للمركب 1، 4- ثنائي ميثيل بنزين.





بنزوبايرين

**المواد المسرطنة** شاع سابقاً استخدام الكثير من المركبات الأروماتية، وبخاصة البنزين والتولوين والإكزايلين، بوصفها مذيبيات صناعية ومختبرية، إلا أن الاختبارات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات؛ لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرضين لها بصورة متكررة. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة مع المركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي، والمشاكل المتعلقة بالكبد، وتلف الجهاز العصبي. وبالإضافة إلى هذه المخاطر فإن بعض المركبات الأروماتية مواد مسرطنة، أي تسبب مرض السرطان.

إن أول مادة مسرطنة تمّ تعرّفها هي مادة أروماتية اكتشفت في القرن العشرين في سناج المداخن. وقد عُرف منظفو المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جداً. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوبايرين الظاهر في الشكل 1-28، وهو ناتج ثانوي عن احتراق المخاليط المعقدة من المواد العضوية، ومنها الخشب والفحم. وعُرفت أيضاً بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين على أنها مسرطنة.

**الشكل 1-28** بنزوبايرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

## التقويم 1-5

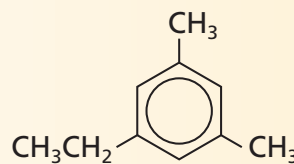
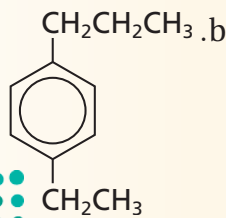
### الخلاصة

33. **الفكرة الرئيسية** فسّر الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟

34. فسّر كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟

35. صف خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كونه ألكيناً ذا روابط ثنائية متعددة.

36. سمّ الصيغ البنائية الآتية:



37. فسّر لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءاً من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.



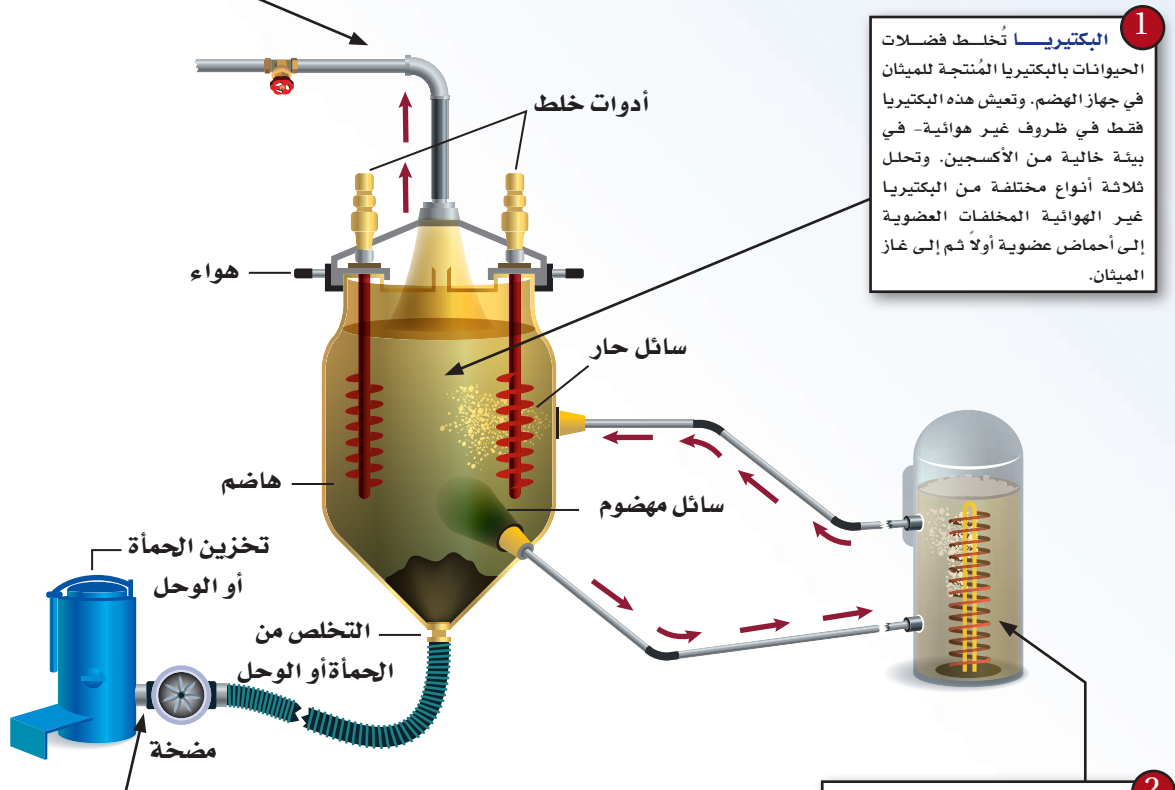
# كيف تعمل الأشياء؟

## تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل جهاز هضم الميثان؟

يأمل المتخصصون أن يساهم مربي الحيوانات الأليفة في تقديم المخلفات العضوية لحيواناتهم لمشروع تجريبي يحول المواد العضوية إلى طاقة مفيدة؛ إذ يحول جهاز هضم الميثان المخلفات العضوية إلى غاز بيولوجي (حيوي)- وهو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون، وحرَق الميثان يزوّد بالطاقة اللازمة.



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



**1** البكتيريا تُخلط فضلات الحيوانات بالبكتيريا المنتجة للميثان في جهاز الهضم. وتعيش هذه البكتيريا فقط في ظروف غير هوائية- في بيئة خالية من الأكسجين. وتحلل ثلاثة أنواع مختلفة من البكتيريا غير الهوائية المخلفات العضوية إلى أحماض عضوية أولاً ثم إلى غاز الميثان.

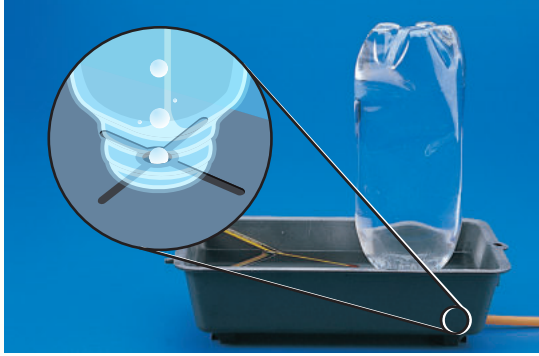
**2** درجة الحرارة تؤثر درجة الحرارة في إنتاج الميثان، كما هو الحال في أي تفاعل كيميائي. ومن ذلك البكتيريا في أجسامنا. إن البكتيريا في الجهاز أعلاه تكون أكثر فاعلية بين 35 °C و 37 °C. ويساعد جهاز التدفئة الخارجي. بالإضافة إلى العزل الحراري حول حجرة الهضم. على إبقاء درجة الحرارة ثابتة وضمن الحدود المثالية.

**3** الحمأة لا تستطيع البكتيريا تحويل المخلفات العضوية للحيوانات بنسبة 100% إلى ميثان. فالمادة المتبقية غير القابلة للهضم المسماة بالحمأة أو الفضلات تكون غنية بالسماد النباتي، ويمكن خلطها مع التربة.

**الكتابة في الكيمياء**  
ابحث اعمل كتيباً تبين فيه كيفية إنتاج الغاز من المخلفات العضوية.

# مختبر الكيمياء

## الغازات الهيدروكربونية لموقد بنزن



**الخلفية النظرية** دعت الحاجة إلى تغيير أحد صمامات الغاز في المختبر. فقال محضّر المختبر إن الغاز المستعمل هو غاز البروبان، على حين قال المعلم إن الغاز هو الغاز الطبيعي أو غاز الميثان. استعمل الطرائق العلمية للفصل بينها.

**السؤال** أي نوع من غازات الألكانات يستعمل في مختبر العلوم؟

### المواد والأدوات اللازمة

- باروميتر
- مقياس حرارة (ثيرمومتر) السوائل.
- قارورة مشروبات غازية
- مخبار مدرج سعة 100 mL
- سعتها 1 L، وأخرى سعتها
- ميزان (0.01g)
- محارم ورقية
- 2 L بغطاء.
- أنابيب مطاطية

### إجراءات السلامة

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

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة كاملاً.
2. صل أنبوب جمع الغاز بمصدر الغاز في المختبر وقارورة جمع الغازات. ثم املاً القارورة بالماء وافتح صمام الغاز برفق، ودع الغاز يملأ محل الماء في القارورة بعد إخراج الهواء من الأنبوب.
3. سجل كتلة قارورة المشروبات الغازية الجافة مع الغطاء، وسجل درجة الحرارة والضغط.
4. املاً القارورة بالماء وأغلقها بإحكام لمنع دخول الهواء.
5. ضع مقياس الحرارة (ثيرمومتر) في ماء وعاء جامع الغازات، وضع القارورة فوقه ثم انزع الغطاء مع إبقاء الفتحة تحت الماء، وضع فوهة القارورة فوق أنبوب الغاز مباشرة.
6. افتح صنبور الغاز ببطء ودعه يملأ القارورة، ثم أغلق الصمام وسجل درجة حرارة الماء.
7. أغلق القارورة بالغطاء وهي في وضع مقلوب، ثم أخرجها من الماء وجففها في الخارج.

8. سجل كتلة القارورة المملوءة بالغاز.

9. ضع القارورة داخل صندوق سحب الغازات وانزع الغطاء وأخرج الغاز جميعه بالضغط على جوانب القارورة. ثم املاً القارورة بالماء وسجل حجمه بوضعه في المخبار المدرج.

10. النظافة والتخلص من النفايات نظّف مكان العمل بحسب الارشادات.

### حلل واستنتج

1. جد قيمة كثافة الهواء تحت 1 atm ودرجة حرارة 20 °C تساوي 1.205 g/L. واستعمل حجم القارورة لحساب كتلة الهواء في الزجاجة.
2. احسب كتلة القارورة الفارغة، وكتلة الغاز فيها، واستعمل حجم الغاز ودرجة حرارة الماء والضغط الجوي وقانون الغاز المثالي في حساب عدد مولات الغاز الذي تم جمعه. واستعمل أيضاً كتلة الغاز وعدد المولات في حساب الكتلة المولية للغاز.
3. استنتج كيف تقارن بين الكتلة المولية المحسوبة والكتلة المولية للميثان، الإيثان، والبروبان؟ استنتج نوع الغاز في القارورة.
4. تحليل الخطأ. اقترح مصادر للأخطاء في هذه التجربة.

### الاستقصاء

صمّم تجربة لاختبار تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة أو الضغط الجوي في نتائج تجربتك.

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

## 1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

### المفاهيم الرئيسية

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون؛ إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

الفكرة الرئيسية الهيدروكربونات مركبات

عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.

### المفردات

- المركب العضوي
- الهيدروكربون المشبع
- الهيدروكربون غير المشبع
- التكسير الحراري
- التقطير التجزيئي
- الهيدروكربون

## 1-2 الألكانات

### المفاهيم الرئيسية

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (أيوباك IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.

الفكرة الرئيسية الألكانات هيدروكربونات

تحتوي فقط على روابط أحادية.

### المفردات

- السلسلة المتماثلة
- السلسلة الرئيسية
- المجموعة البديلة
- الألكان
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

## 1-3 الألكينات والألكاينات

### المفاهيم الرئيسية

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

الفكرة الرئيسية الألكينات هيدروكربونات

تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة، وأما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

### المفردات

- الألكاين
- الألكين



## 1-4 متشكلات الهيدروكربونات

### الفكرة الرئيسية

لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

### المفردات

- المتشكلات
- المتشكلات البنائية
- المتشكلات الفراغية
- المتشكلات الهندسية
- الكيرالية
- ذرة الكربون غير المتماثلة
- المتشكلات الضوئية
- الدوران الضوئي

### المفاهيم الرئيسية

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

## 1-5 الهيدروكربونات الأروماتية

### الفكرة الرئيسية

تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.

### المفردات

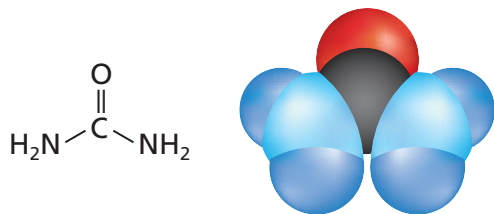
- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي

### المفاهيم الرئيسية

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءاً من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.



46. يبين الشكل 1-29 نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 1-29

- a. حدّد نوع كل من النموذجين.  
b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسر إجابتك.
47. تمثّل الجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية، والصيغ البنائية، ونموذج الكرة والعصا، والنموذج الفراغي. ما مزايا ومساوي كل نموذج؟

## 1-2

### إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المتماثلة للهيدروكربونات.
49. اوقود سمّ ثلاثة ألكانات تُتخذ وقودًا، ثم اذكر استخدامًا آخر لكل منها.
50. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:
- a. الإيثان  
b. الهكسان  
c. البروبان  
d. الهبتان
51. اكتب الصيغ البنائية المكثفة لكل من الألكانات في السؤال السابق.
52. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكل من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:

- a. الميثان  
b. البيوتان  
c. الأوكتان

## 1-1

### إتقان المفاهيم

38. الكيمياء العضوية لماذا أدى اكتشاف فوهلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟
39. ما الخاصية الرئيسة للمركب العضوي؟
40. ما خاصية الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركبات العضوية؟
41. سمّ مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.
42. فسر الخصائص الفيزيائية لمركبات النفط التي تستعمل لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.
43. فسّر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

### إتقان حل المسائل

44. انتقيررتب المركبات المدرجة في الجدول 1-7 حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من الخليط.

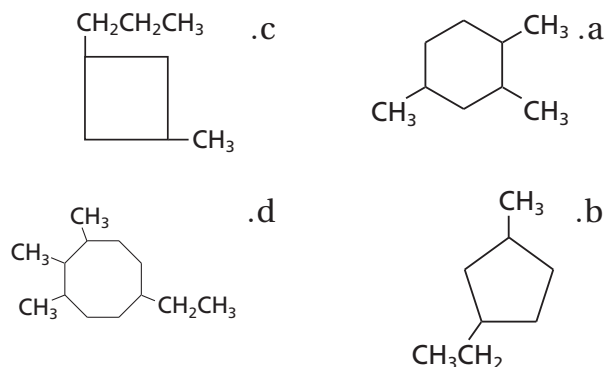
### الجدول 1-7 درجات غليان الألكانات

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

45. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟
- a. رابطة أحادية  
b. رابطة ثنائية  
c. رابطة ثلاثية



58. سمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:



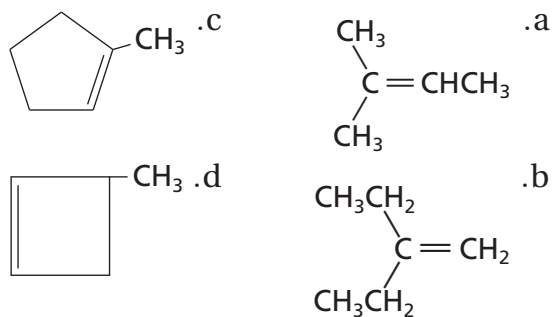
## 1-3

### إتقان المفاهيم

59. فسِّر كيف تختلف الألكينات عن الألكانات، وكيف تختلف الألكينات عن كلٍّ من الألكينات والألكانات؟
60. يُبنى اسم الهيدروكربون على أساس اسم السلسلة الرئيسة. فسِّر كيف تختلف طريقة تحديد السلسلة الرئيسة عند تسمية الألكينات عنها عند تسمية الألكانات؟

### إتقان المسائل

61. سمِّ المركبات المُمثلة بالصيغ البنائية المكثفة الآتية:



62. اكتب صيغاً بنائية مكثفة للمركبات الآتية:

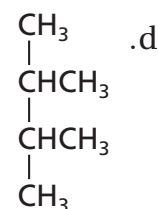
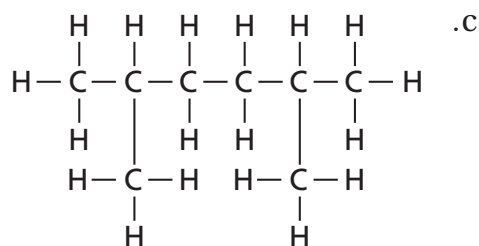
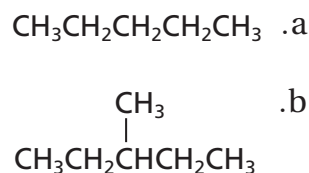
- a. 4،1-ثنائي إيثيل هكسين حلقي
- b. 4،2-ثنائي ميثيل-1-أوكتين
- c. 2،2-ثنائي ميثيل-3-هكسين

53. كيف يختلف بناء الألكان الحلقي عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟

54. درجات التجمد والغليان استخدم الماء والميثان لتفسير كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في درجة غليان ودرجة تجمد المادة.

### إتقان حل المسائل

55. سمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:



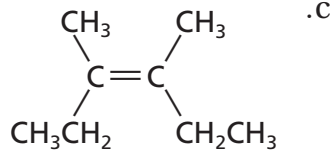
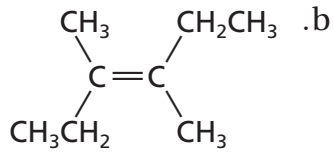
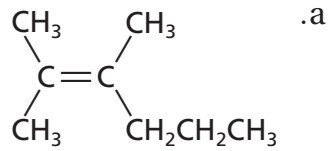
56. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركبات الآتية:

- a. هبتان
- b. 2-ميثيل هكسان
- c. 2،3-ثنائي ميثيل بنتان
- d. 2،2-ثنائي ميثيل بروبان

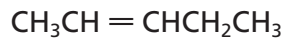
57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

- a. 2،1-ثنائي ميثيل بروبان حلقي
- b. 1،1-ثنائي إيثيل-2-ميثيل حلقي بنتان.

71. عيّن زوج المتشكلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مبيّناً سبب اختيارك، ثم فسّر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الآخرين:



72. اكتب متشكّلين سيس وترانس للجزيء المُمثّل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:



## 1-5

## إتقان المفاهيم

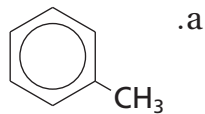
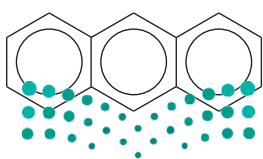
73. ما الخاصية البنائية التي تشترك فيها الهيدروكربونات الأروماتية جميعها؟

74. ما المقصود بالمواد المُسرطنة؟

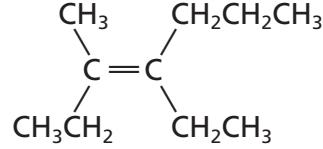
## إتقان حل المسائل

75. اكتب الصيغة البنائية لـ 1، 2-ثنائي ميثيل بنزين.

76. سمّ المركبات المُمثلة بالصيغ البنائية الآتية:



63. سمّ المركب المُمثّل بالصيغة البنائية الآتية:



## 1-4

## إتقان المفاهيم

64. فيم تشابه المتشكلات؟ وفيم تختلف؟

65. صف الاختلاف بين متشكلات سيس وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

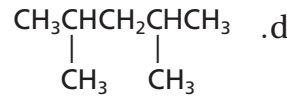
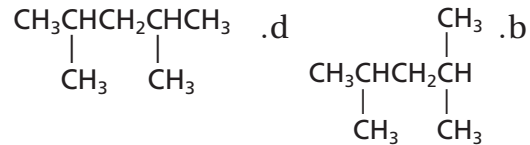
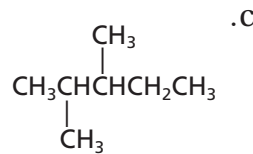
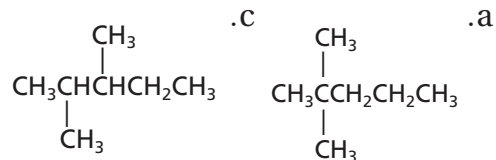
66. ما خصائص المادة الكيرالية؟

67. الضوء كيف يختلف الضوء المستقطب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟

68. كيف تؤثر المتشكلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

## إتقان حل المسائل

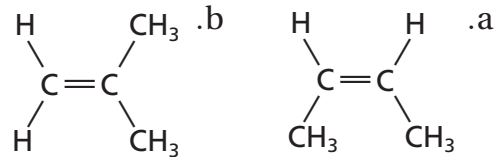
69. عيّن زوج المتشكلات البنائية في مجموعة الصيغ البنائية المكثفة الآتية:



70. اكتب صيغاً بنائية مكثفة لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

## مراجعة عامة

77. هل تمثل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسّر إجابتك.



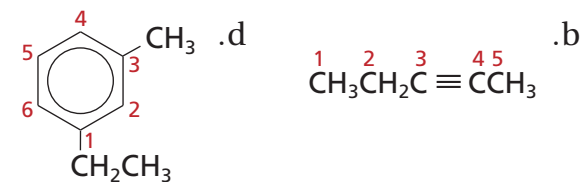
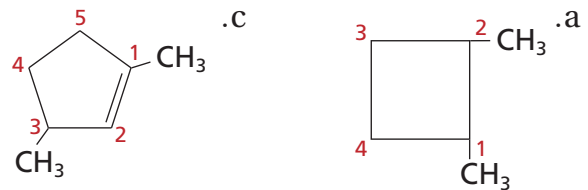
78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

79. إذا كانت الصيغة العامة للألكانات هي  $C_nH_{2n+2}$ ، فحدد الصيغة العامة للألكانات الحلقية.

80. اصنعة لماذا تُعدّ الهيدروكربونات غير المشبعة بوصفها مواد أولية أكثر فائدة في الصناعة الكيميائية من الهيدروكربونات المشبعة؟

81. هل يُعد البنتان الحلقي متشكلاً للبنتان؟ فسّر إجابتك.

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

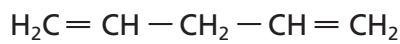


83. لماذا يستخدم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلاً من الصيغ الجزيئية مثل  $C_5H_{12}$ ؟

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

85. فسّر لماذا نحتاج إلى الأرقام في أسماء أيوباك للعديد من الألكينات والألكينات المستقيمة، في حين أننا لسنا بحاجة إلى كتابتها في أسماء الألكانات المستقيمة.

86. يُسمّى المركب المحتوي على رابطتين ثنائيتين بالدائين، والصيغة البنائية المكثفة أدناه تمثل المركب 1،4-بنتاداين. استعن بمعرفتك بأسماء الأيوباك على كتابة الصيغة البنائية للمركب 1،3-بنتاداين.



## التفكير الناقد

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

- 2-إيثيل-2-بيوتين
- 1،4-ثنائي ميثيل هكسين حلقي
- 1،5-ثنائي ميثيل بنزين

88. استنتج يطلق الديكستروز dextrose؛ في بعض الأحيان على سكر الجلوكوز؛ لأن محلول الجلوكوز عُرف بأنه dextrorotatory. حلّل هذه الكلمة، وحدد ما تعنيه.

89. تفسير التصورات العلمية ارسم بناء كيكولي للبنزين، وفسّر لماذا لا يمثل الصيغة البنائية الفعلية؟

90. السبب والنتيجة فسّر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

91. فسّر اكتب عبارة تفسر العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجة غليان الألكانات.





## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

96. الجازولين كان المركب "رباعي إيثيل الرصاص" لسنوات كثيرة، مكوناً أساسياً في الجازولين لمنع الفرقعة. ابحث عن الصيغة البنائية لهذا المركب وتاريخ تطويره واستعماله والأسباب الكامنة وراء توقف استعماله. وهل ما زال يتخذ مادة تُضاف إلى البنزين في أماكن من العالم؟

97. العطور يتكون المسك المستعمل في العطور من الكثير من المركبات التي تشمل ألكانات حلقة كبيرة. ابحث عن مصادر مركبات المسك الطبيعي والصناعي في هذه المنتجات، واكتب تقريراً موجزاً حولها.

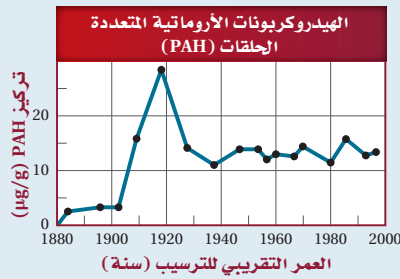
## أسئلة المستندات

## الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) وهي مركبات طبيعية، ولكن قد يزيد النشاط الإنساني من تركيزها في البيئة. ولدراسة مركبات PAH أُجمعت عينات من التربة، وجرى تحليلها باستعمال نوى مشعة لمعرفة متى ترسب كل مكون رئيس فيها.

الشكل 1-30 يبين تركيز الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات (PAH) التي عُثِرَ عليها في سنترال بارك في مدينة نيويورك. البيانات مأخوذة من:

2005. Environmental science technology 39(18): 7012 - 7019



الشكل 1-30

98. قارن بين معدلات تراكيز PAH قبل 1905 م وبعد 1925 م.

99. تنتج بعض النباتات والحيوانات مركبات PAH بكميات قليلة، ولكن معظمها يأتي من النشاطات البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استنتج السبب وراء الانخفاض النسبي في مستويات PAH في العقد الأخير من القرن التاسع عشر وبدايات العقد الأول من القرن العشرين.

## مسألة تحفيز

92. ذرات الكربون الكيرالية يحتوي الكثير من المركبات العضوية على أكثر من ذرة كربون كيرالية واحدة. ولكل ذرة كربون كيرالية في المركب زوج من المتشكلات الفراغية. والمجموع الكلي للمتشكلات المحتملة للمركب مساوٍ لـ  $2^n$ ، حيث تشير  $n$  إلى عدد ذرات الكربون الكيرالية. اكتب الصيغ البنائية للمركبات أدناه، وحدد عدد المتشكلات الفراغية الممكنة لكل منها.

a. 3، 5-ثنائي ميثيل نونان

b. 3، 7-ثنائي ميثيل -5-إيثيل ديكان.

## مراجعة تراكمية

93. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني  $[Ar]3d^64s^2$  الأقل طاقة؟

94. ما شحنة الأيون المتكوّن من المجموعات الآتية؟

a. الفلزات القلوية.

b. الفلزات القلوية الأرضية.

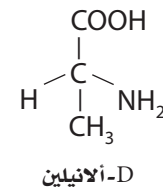
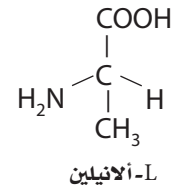
c. الهالوجينات.

95. اكتب المعادلات الكيميائية لتفاعلات الاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثانين المنتجة للماء وثنائي أكسيد الكربون.

# اختبار مقنن

## أسئلة الاختيار من متعدد

1. يوجد الأيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



توجد الأحماض الأمينية جميعها تقريباً على هيئة (L). فأأي المصطلحات الآتية يصف بدقة L-أيلين و D-أيلين أحدهما بالنسبة إلى الآخر؟

- متشكلات بنائية
- متشكلات هندسية
- متشكلات ضوئية
- متشكلات فراغية

2. أي مما يأتي لا يؤثر في سرعة التفاعل؟

- العوامل المساعدة
- مساحة سطح المتفاعلات
- تركيز المتفاعلات
- نشاط النواتج الكيميائي

3. ما مولالية محلول يحتوي على 0.25 g من ثنائي

الكلوروبنزين  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$  المذاب في 10.0 g من الهكسان الحلقي ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )؟

- 0.17 mol /kg
- 0.00017 mol /kg
- 0.025 mol /kg
- 0.014 mol /kg

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 4 إلى 6.

بيانات عن هيدروكربونات متعددة				
الاسم	عدد ذرات C	عدد ذرات H	درجة الانصهار (C°)	درجة الغليان (C°)
هبتان	7	16	-90.6	98.5
1-هبتين	7	14	-119.7	93.6
1-هبتاين	7	12	-81	99.7
أوكتان	8	18	-56.8	125.6
1-أوكتين	8	16	-101.7	121.2
1-أوكتاين	8	14	-79.3	126.3

4. ما نوع الهيدروكربون الذي يتحول إلى غاز عند أقل

درجة حرارة بناءً على المعلومات في الجدول السابق؟

- ألكان
- ألكين
- ألكاين
- أروماتي

5. إذا رمزَ n إلى عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون،

فما الصيغة العامة للألكاين المحتوي على رابطة ثلاثية واحدة؟

- $\text{C}_n\text{H}_{n+2}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

6. نتوقع اعتماداً على الجدول السابق أن تكون درجة

انصهار النونان:

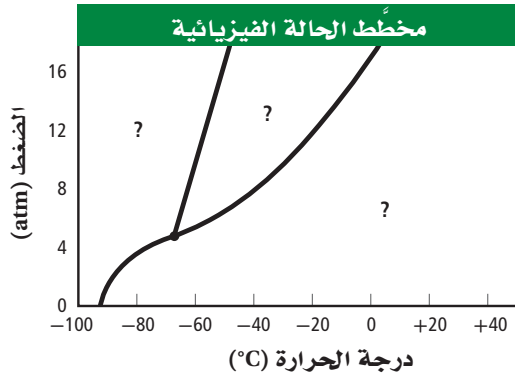
- أعلى مما للأوكتان.
- أقل مما للهبتان.
- أعلى مما للديكان.
- أقل مما للهكسان.



# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الرسم البياني المبين أدناه للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. ما حالة المادة الواقعة عند درجة حرارة  $-80^{\circ}\text{C}$  وضغط  $10\text{ atm}$ ؟

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة عند نقطتها الثلاثية؟

12. صف التغيرات التي تحدث في الترتيب الجزيئي عند زيادة الضغط من  $8\text{ atm}$  إلى  $16\text{ atm}$ ، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة عند  $(0^{\circ}\text{C})$ .

## أسئلة الإجابات المفتوحة

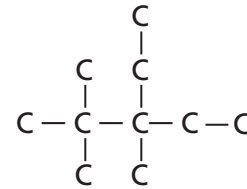
13. إذا احترق  $5.00\text{ L}$  من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة  $20.0^{\circ}\text{C}$  وضغط مقداره  $80.1\text{ kPa}$  مع كمية فائضة من الأكسجين لتكوين الماء، فما كتلة الأكسجين المستهلك؟ افترض أن كلا من درجة الحرارة والضغط ثابتان.

7. عند ضغط  $1.00\text{ atm}$  ودرجة حرارة  $20^{\circ}\text{C}$ ، يذوب  $1.72\text{ g CO}_2$  في  $1\text{ L}$  ماء. فما كمية  $\text{CO}_2$  الذائبة إذا ارتفع الضغط إلى  $1.35\text{ atm}$  مع بقاء درجة الحرارة نفسها؟

- a.  $2.32\text{ g/L}$
- b.  $1.27\text{ g/L}$
- c.  $0.785\text{ g/L}$
- d.  $0.431\text{ g/L}$

8. أي العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

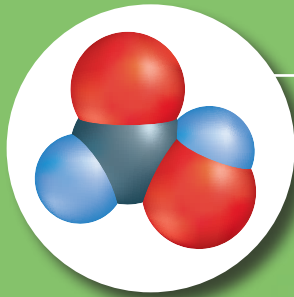
- a. ترتفع درجة حرارة النظام.
- b. يمتص النظام الطاقة.
- c. يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.
- d. يدخل السائل في طور الغاز.



9. ما اسم المركب ذي الصيغة الهيكلية المبينة أعلاه؟

- a. 2، 2، 3 - ثلاثي ميثيل - 3 - إيثيل بنتان
- b. 3 - إيثيل - 3، 4، 4 - ثلاثي ميثيل بنتان
- c. 2 - بيوتيل - 2 - إيثيل بيوتان.
- d. 3 - إيثيل - 2، 2، 3 - ثلاثي ميثيل بنتان.





حمض الفورميك

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

### 2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

**الفكرة الرئيسية** يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

### 2-2 الكحولات، والإثيرات، والأمينات

**الفكرة الرئيسية** الأوكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعاً في المجموعات الوظيفية العضوية.

### 2-3 مركبات الكربونيل

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

### 2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

**الفكرة الرئيسية** تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركبات العضوية يجعل توقع نواتج هذه التفاعلات أسهل.

### 2-5 البولييمرات

**الفكرة الرئيسية** البولييمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معاً عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

## حقائق كيميائية

- تفرز يرقة فراشة العث Larva نافورة من حمض الفورميك عندما تتعرض لتهديد.
- تحتوي قرون استشعار الفراشة البالغة على مستقبلات كيميائية للكشف عن المركبات العضوية.



## نشاطات تمهيدية

**المجموعات الوظيفية:**  
اعمل المطوية الآتية لتنظيم  
المعلومات حول المجموعات  
الوظيفية للمركبات العضوية.

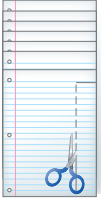
### المطويات

منظمات الأفكار

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



**الخطوة 2** قص الأوراق  
السبعة أفقيًا بطول  
3 سم، وذلك عند السطر  
السادس من الجهة  
العلوية للأوراق.



**الخطوة 3** اعمل  
قَطْعًا عمودياً من  
أسفل حتى يلتقي مع  
القطع الأفقي.

التحولات
الإثيرات
الأمينات
الالدهيدات
الكيتونات
الأحماض الكربوكسيلية
الاسترات
الأميدات

**الخطوة 4** ضع ورقة صحيحة أسفل الأوراق  
المقطوعة الأخرى، ثم اضبط قمم وجوانب  
كافة الأوراق، ودبس المطوية أو وضعها في دفتر  
الملاحظات، ثم ضع عليها علامات التبويب  
كما هو مبين في الشكل.

**المطويات** استعمل هذه المطوية مع الأقسام  
1-2، و2-2، و2-3، و2-4، وفي أثناء قراءتك  
لهذه الأقسام لخص ما تعلمته عن تصنيف المركبات  
العضوية وتركيبتها، واذكر أمثلة على كل منها.



وزارة التعليم

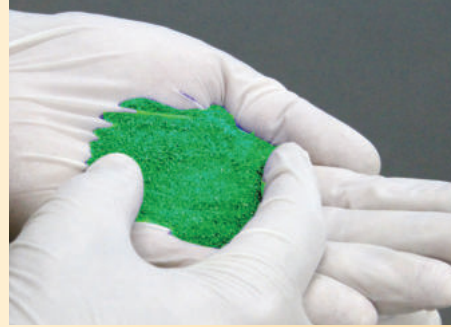
Ministry of Education

2023 467 445

## تجربة استهلاكية

كيف تعد عجينة لزجة؟

تحتوي معظم المركبات العضوية على عناصر أخرى غير  
الهيدروجين والكربون، تكسبها خواص مميزة. كيف تتغير  
خواص هذه المركبات عندما تقوم المجموعات الوظيفية  
بتكوين روابط بين السلاسل؟



### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استعمل مخبرًا مدرجًا لقياس 20 mL من محلول كحول  
البولي فينيل بتركيز 4%، ثم ضع المحلول في كأس بلاستيكية،  
ولاحظ لزوجة المحلول في أثناء تحريكه بساق التحريك.
3. أضف في أثناء التحريك 6 mL من محلول رابع بورات  
الصوديوم بتركيز 4%، إلى محلول كحول البولي فينيل،  
واستمر في التحريك حتى يبدو المحلول متجانسًا تمامًا.
4. البس القفازين، واسكب المادة الناتجة خارج الكأس، ثم  
اعجن البوليمر، واسحبه بالطول.

### تحليل النتائج

5. قارن الخواص الفيزيائية للمادة المتفاعلة والمواد الناتجة.
6. اشرح كيف أثرت قوى التجاذب بين السلاسل الجزيئية في  
لزوجة المحلول.

**استقصاء** ما النسبة بين محلولي رابع بورات الصوديوم وكحول  
البولي فينيل؟ ما الذي تحصل عليه لو تغيرت هذه النسبة؟



## 2-1

### الأهداف

- تتعرف المجموعة الوظيفية، وتعطي أمثلة عليها.
- تقارن بين تراكيب هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.
- تقوم درجة غليان الهاليدات العضوية.

## هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل Alkyl Halides and Aryl Halides

**الفكرة الرئيسية** يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

**الربط مع الحياة** إذا كنت تلعب ضمن فريق، فأى اللاعبين يمكن تغييرهم في أثناء اللعب؟ يمكن على سبيل المثال تغيير اللاعب الذي يشعر بالإرهاق. نلاحظ أن خواص الفريق قد تغيرت بعد عملية الاستبدال.

### المجموعات الوظيفية Functional Groups

من المعروف أن ذرات الكربون في الهيدروكربونات ترتبط فقط مع ذرة كربون أخرى أو ذرات هيدروجين. ولكن يمكن لذرة الكربون أيضاً أن تكون رابطة تساهمية قوية مع عناصر أخرى، ومن أكثرها شيوعاً الأكسجين والنتروجين والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والفسفور.

وتوجد ذرات هذه العناصر في المواد العضوية بوصفها جزءاً من المجموعات الوظيفية. **والمجموعة الوظيفية** هي ذرة أو مجموعة من الذرات تكسبه خواص مميزة، وتتفاعل دائماً بالطريقة نفسها. وعند إضافة المجموعات الوظيفية للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائماً مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية. والمواد الظاهرة في الشكل 2-1 - صناعية كانت أم طبيعية - جميعها تحتوي على مجموعات وظيفية تكسبها خواص فريدة تميزها، ومنها الرائحة مثلاً. ويبين الجدول 2-1 المركبات العضوية التي تحتوي على أكثر من مجموعة وظيفية. ويمثل الرمزان R و R' سلسلة أو حلقة من الكربون مرتبطة مع المجموعة الوظيفية. تذكر أن كلاً من الرابطين الثنائية والثلاثية بين ذرات الكربون تعد مجموعات وظيفية، على الرغم من وجود ذرات كربون وهيدروجين فقط. ومن خلال معرفة خواص المجموعة الوظيفية يمكنك توقع خواص المركبات العضوية التي تحتوي عليها، حتى لو لم تكن تعلمتها سابقاً.

### مراجعة المفردات

**المركب الأليضاتي:** مركب هيدروكربوني غير عطري، مثل الألكان، والألكين، والألكاين.

### المفردات الجديدة

- المجموعة الوظيفية
- هاليدات الألكيل
- هاليدات الأريل
- البلاستيك
- تفاعلات الاستبدال
- الهلجنة



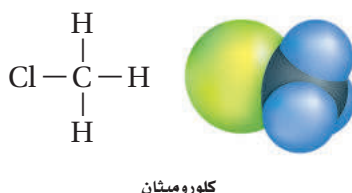
**الشكل 2-1** جميع هذه المواد تحتوي على نوع واحد - على الأقل - من المجموعات الوظيفية التي ستدرسها في هذا الفصل. فعلى سبيل المثال يكون للفواكه والأزهار رائحة تميزها، ويعزى هذا إلى وجود جزيئات الإستر في هذه المواد.

المركبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية		الجدول 1-2
المجموعة الوظيفية	الصيغة العامة	نوع المركب
الهالوجين	$R-X$ (X = F, Cl, Br, I)	هاليدات الألكيل
الهالوجين	 (X=F, Cl, Br, I)	هاليدات الأريل
الهيدروكسيل	$R-OH$	الكحولات
الإيثر	$R-O-R'$	الإيثرات
الأمين	$R-NH_2$	الأمينات
الكربونيل	$R-\overset{O}{\parallel}C-H$	الألدهيدات
الكربونيل	$R-\overset{O}{\parallel}C-R'$	الكيتونات
الكربوكسيل	$R-\overset{O}{\parallel}C-OH$	الأحماض الكربوكسيلية
الإستر	$R-\overset{O}{\parallel}C-O-R$	الإسترات
الأميد	$R-\overset{O}{\parallel}C-NH-R$	الأميدات

## مركبات عضوية تحتوي على الهالوجينات Organic Compounds Containing Halogens

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

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



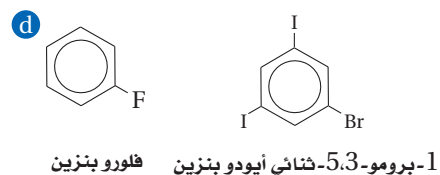
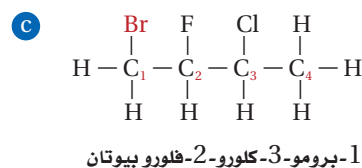
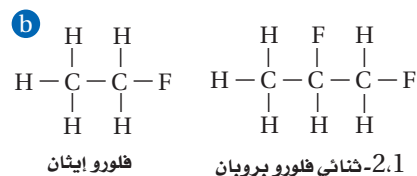
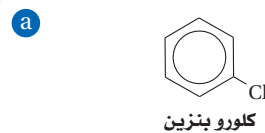
**هاليدات الأريل** مركبات عضوية تتكون من هالوجين مرتبط مع حلقة البنزين أو مجموعة أروماتية أخرى. وتكتب الصيغة البنائية لهاليدات الأريل برسم المركب الأروماتي أولاً، ثم استبدال ذرات الهيدروجين بذرات الهالوجين بشكل محدد، كما في الشكل 2-3a.

**الربط** علوم الأرض تستعمل هاليدات الألكيل على نطاق واسع في المبردات وأنظمة التكييف على شكل كلوروفلوروكربونات (CFCs). وقد بقيت كذلك حتى أواخر الثمانينيات. ومعلوم أن CFCs يؤثر في طبقة الأوزون. وقد استبدلت الفلوروكلوروكربون (CFCs) بالهيدروفلوروكربون (HFCs)؛ حيث تحتوي فقط على ذرات الهيدروجين والفلور المرتبطة مع الكربون. ومن أكثر مركبات HFCs شيوعاً 1,1,2- ثلاثي فلوروايثان.

**تسمية هاليدات الألكيل** تسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية وفق طريقة IUPAC اعتماداً على السلسلة الرئيسة للألكان. أما هاليدات الألكيل فيدل المقطع الأول على اسم الهالوجين مع إضافة حرف (و) في نهاية الاسم. لذا يكون المقطع الأول للفلور هو فلورو، والكلور هو كلورو، والبروم هو برومو، واليود هو أيودو، كما هو مبين في الشكل 2-3b.

في حالة وجود أكثر من ذرة هالوجين في الجزيء نفسه ترتب أسماء الذرات أبجدياً بحسب ترتيب الأحرف الإنجليزية. ويجب ترقيم السلسلة بحيث يعطى أقل رقم لموقع الذرة المرتبطة بذرة الهالوجين بحسب الترتيب الأبجدي. لاحظ كيفية تسمية هاليدات الألكيل في الشكل 2-3c. وبالطريقة نفسها ترقم حلقة البنزين في هاليدات الأريل لإعطاء أقل رقم لكل موقع بحسب الترتيب الأبجدي؛ بحيث يكون أقل رقم للذرة التي تأتي أولاً، كما في الشكل 2-3d.

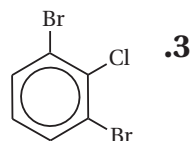
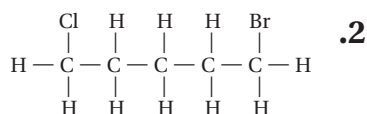
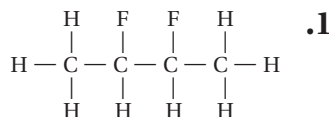
**ماذا قرأت؟ استنتج** لماذا يتم وضع أقل قيمة رقمية عند تسمية هاليد الأريل بدلاً من استعمال الترقيم العشوائي؟



**الشكل 2-3** تحتوي الجزيئات العضوية على مجموعات وظيفية، تسمى اعتماداً على تركيب سلسلة الألكان، ووفق النظام الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

### مسائل تدريبية

سمّ هاليدات الألكيل أو الأريل التي لها الصيغ البنائية الآتية:





مقارنة بين هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها			الجدول 2-2
الكثافة (g/ml) في الحالة السائلة	درجة الغليان (°C)	الصيغة الكيميائية	الاسم الكيميائي
0.423 عند 162 °C	-162	CH <sub>4</sub>	ميثان
0.911 عند 25 °C	-24	CH <sub>3</sub> Cl	كلورو ميثان
0.626	36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	بتان
0.791	62.8	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F	1-فلورو بتان
0.882	108	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> Cl	1-كلورو بتان
1.218	130	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> Br	1-برومو بتان
1.516	155	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> I	1-أيودو بتان

**خواص واستعمالات هاليدات الألكيل** يبين الجدول 2-2 قائمة ببعض الخواص الفيزيائية لعدد من هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها.

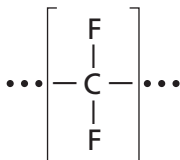
لاحظ أن درجة غليان وكثافة كل كلوريد ألكيل أعلى من درجة غليان وكثافة الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. لاحظ أيضاً أن درجة الغليان والكثافة تزداد عند الانتقال عبر الهالوجينات من الفلور إلى اليود. ويعود السبب في ذلك إلى أنه عند الانتقال من الفلور إلى اليود يزداد عدد الإلكترونات الخارجية البعيدة عن النواة. وتميل هذه الإلكترونات إلى تغيير مكانها بسهولة، ونتيجة لذلك يزداد ميل هاليدات الألكيل لتكوين مركبات ثنائية القطب مؤقتة. ولأن الأقطاب تتجاذب معاً تزداد الطاقة اللازمة لفصل الجزيئات بعضها عن بعض، وبذلك تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل بازدياد حجم ذرة الهالوجين.

**ماذا قرأت؟** اشرح العلاقة بين عدد الإلكترونات في الهالوجين ودرجة الغليان.

على الرغم من أن هرمونات الغدة الدرقية في الإنسان تحتوي على يوديد عضوي إلا أنه من النادر أن يتم العثور على الهاليدات العضوية في الطبيعة. إن ذرات الهالوجين التي ترتبط بذرات الكربون أكثر نشاطاً من ذرات الهيدروجين المستبدلة. ولهذا السبب، كثيراً ما تستعمل هاليدات الألكيل مواد أولية في الصناعات الكيميائية بوصفها مذيبات ومواد تنظيف؛ لأنها تذيب الجزيئات غير القطبية بسهولة، ومنها الدهون والزيوت. ويظهر الشكل 2-4 تطبيقات رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE)؛ إذ يتم تصنيع هذا النوع من البلاستيك من غاز رباعي فلورو إيثين. ويمكن تسخين البلاستيك وتشكيله عندما يكون ليئاً. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو كلوريد البولي فينيل (PVC) الذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

**ماذا قرأت؟** اشرح لماذا تستعمل هاليدات الألكيل في الصناعات الكيميائية بوصفها مواد أولية بدلاً من الألكانات؟

**الشكل 2-4** رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE) مكون من مئات الوحدات. ويوفر سطحاً غير لاصق لكثير من أدوات المطبخ، ومن ذلك أدوات الخبز.



<p>مثال على تفاعلات الاستبدال (الهالجنة)</p> $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ <p>كلورو إيثان      إيثان</p>	<p>تفاعلات الاستبدال العامة لتكوين هاليدات الألكيل</p> $\text{R}-\text{CH}_3 + \text{X}_2 \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2\text{X} + \text{HX}$ <p>حيث X فلور، أو كلور، أو بروم</p>
<p>مثال على تفاعلات تكوين الكحولات</p> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{Cl}^-$ <p>كلورو إيثان      إيثانول</p>	<p>تفاعلات تكوين الكحولات</p> $\text{R}-\text{X} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R}-\text{OH} + \text{X}^-$ <p>هاليد الألكيل      كحول</p>
<p>مثال على تفاعلات تكوين الأمينات</p> $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{Br} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{HBr}$ <p>1-برومو أوكتان      أوكتيل أمين</p>	<p>تفاعلات تكوين الأمينات</p> $\text{R}-\text{X} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{R}-\text{NH}_2 + \text{HX}$ <p>هاليد الألكيل      أمين</p>

## تفاعلات الاستبدال Substitution Reactions

من أين يأتي التنوع الهائل للمركبات العضوية؟ يعد البترول المصدر الأول لجميع المركبات العضوية الصناعية. ويُظهر الشكل 2-5 عمال حقول النفط وهم ينقبون عن النفط، وهو أحد أشكال الوقود الأحفوري الذي يتألف مجمله من مواد هيدروكربونية تقريباً، وبخاصة الألكانات. كيف يمكن تحويل الألكانات إلى مركبات مختلفة مثل هاليدات الألكيل والكحولات والأمينات؟

من طرائق إدخال المجموعات الوظيفية تفاعلات الاستبدال، كما هو مبين في الجدول 2-3. وفي تفاعلات الاستبدال تحل ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب. وفي حالة الألكانات، يمكن أن تحل ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين في عملية تسمى الهالجنة. ويوضح الجدول 2-3 أحد الأمثلة على عملية الهالجنة؛ إذ يتم استبدال ذرة هيدروجين بذرة كلور في مركب الإيثان. ويبين الشكل 2-6 نوعاً آخر من الهيدروكربونات المهالجنة يسمى الهالوثان (2-برومو-2-كلورو-1،1،1-ثلاثي فلورو إيثان)، والذي استعمل أول مرة في التخدير في خمسينيات القرن العشرين. ويبين الجدول 2-3 المعادلات العامة لتفاعلات الاستبدال. ويمكن أن تكون X في هذا التفاعل الفلور أو الكلور أو البروم، ولكن ليس اليود؛ لأن اليود لا يتفاعل جيداً مع الألكانات.

ماذا قرأت؟ ارسم الصيغة البنائية للهالوثان.



الشكل 2-5 عمال حقول النفط ينقبون عن البترول. ويمكن استخراج ما يزيد على 100 ألف برميل يومياً من بئر النفط الواحد. اشرح العلاقة بين النفط والمركبات العضوية الصناعية.

**الشكل 6-2** استعمل الهالوثان في الطب في خمسينيات القرن الماضي مخدرًا عامًا للمرضى عند إجراء العمليات الجراحية.



**تفاعلات استبدال أخرى** عندما تتم هلجنة الألكانات يصبح هاليد الألكيل الناتج قابلاً للدخول في تفاعل استبدال آخر؛ حيث تحل ذرة أو مجموعة من الذرات محل ذرة الهالوجين. على سبيل المثال، تفاعل هاليد الألكيل مع المحاليل القاعدية، حيث تحل مجموعة  $\text{OH}^-$  محل ذرة الهالوجين لينتج الكحول. ويبين الجدول 2-3 المعادلة العامة لتفاعل هاليد ألكيل مع محلول قاعدي بالإضافة إلى مثال على هذا التفاعل.

كما يؤدي تفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا  $\text{NH}_3$  إلى أن تحل مجموعة الأمين  $\text{-NH}_2$  محل ذرة الهالوجين لينتج الألكيل أمين، كما هو مبين في الجدول 2-3.

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

## التقويم 1-2

### الخلاصة

4. **الفكرة الرئيسية** قارن فيم تختلف هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل؟
5. ارسم الصيغ البنائية لكل مما يأتي:
  - a. 2- كلورو بيوتان
  - b. 1,1,1- ثلاثي كلورو إيثان
  - c. 1,3- ثنائي فلورو هكسان
  - d. 1- برومو- 4- كلورو بنزين
6. عرّف المجموعة الوظيفية، وسم المجموعة الوظيفية في كل من الصيغ البنائية الآتية، ثم سم نوع المركب العضوي لكل منها:
 

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .a	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ .c
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$ .b	$\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ .d
7. قوم كيف يمكن توقع درجة غليان البروبان، و 1- كلورو بروبان عند إجراء مقارنة بينهما؟ فسّر إجابتك.



## 2-2

### الأهداف

- تحديد المجموعات الوظيفية التي تميز الكحولات، والإثيرات، والأمينات.
- ترسم الصيغة البنائية لكل من الكحول والإثير والأمين.
- تناقش خواص واستعمالات الكحولات والإثيرات والأمينات.

## الكحولات والإثيرات والأمينات Alcohols, Ethers, and Amines

**الفكرة الرئيسية** الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعاً في المجموعات الوظيفية العضوية.

**الربط مع الحياة** عندما تلقيت آخر مصلى طبي قامت الممرضة بتطهير جلدك بالكحول قبل حقنك. هل تعلم أن الممرضة كانت تستعمل أحد مشتقات الهيدروكربونات؟

### الكحولات Alcohols

كثير من المركبات العضوية تحتوي على ذرة أكسجين ترتبط مع ذرة كربون. ولأن ذرة الأكسجين تحتوي في مدارها الأخير على 6 إلكترونات، يكون لديها القدرة على تكوين رابطتين تساهميتين لتصل إلى نظام الثنائي المستقر. كما يمكن لذرة الأكسجين أن ترتبط برابطة ثنائية مع ذرة الكربون لتحل محل ذرتين من الهيدروجين، وقد ترتبط برابطة أحادية مع الكربون ورابطة أخرى مع ذرة أخرى، مثل الهيدروجين. وتسمى مجموعة الأكسجين-الهيدروجين التي ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون **مجموعة الهيدروكسيل (-OH)**. وتسمى المركبات العضوية الناتجة عن إحلال مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين **الكحولات**. ويبين الجدول 2-4 الصيغة العامة للكحولات ROH، كما يوضح أيضاً العلاقة بين الألكانات البسيطة، مثل الميثان، وأبسط الكحولات الميثانول.

ويعد الإيثانول وثاني أكسيد الكربون نواتج عملية تخمر السكر الموجود في العنب، وعجين الخبز، ويستخدم الإيثانول في الطب بسبب فاعليته بوصفه مطهراً. كما يستعمل لتعقيم الجلد قبل إعطاء الحقن، ويمكن إضافته إلى البنزين، كما يعد مادة أولية مهمة لتحضير مركبات عضوية أخرى أكثر تعقيداً.

يبين الشكل 2-7 نموذجاً جزيئياً للإيثانول ونموذجاً جزيئياً للماء. وبالمقارنة بين النموذجين ستلاحظ أن زاوية الرابطة التساهمية من الأكسجين في جزيء الإيثانول تساوي مقياس الزاوية نفسها في جزيء الماء، ولذلك تكون مجموعة الهيدروكسيل في جزيء الكحول متوسطة القطبية، كما في جزيء الماء، وقادرة على تكوين روابط هيدروجينية مع مجموعة هيدروكسيل في جزيئات كحول أخرى. وبسبب هذه الرابطة فإن درجة غليان الكحول أعلى من درجة غليان المركبات الهيدروكربونية المماثلة لها في الشكل والحجم.

### مراجعة المفردات

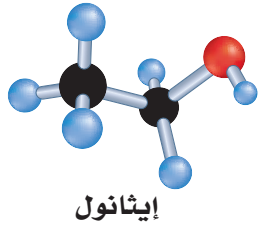
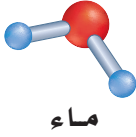
السوائل التامة الامتزاز تصف سائلين يذوب كل منهما في الآخر.

### المفردات الجديدة

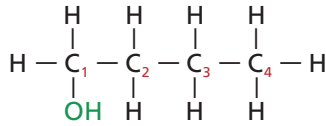
مجموعة الهيدروكسيل  
الكحولات  
الإثيرات  
الأمينات

الكحولات	الجدول 2-4
أبسط الكحولات وأبسط الألكانات	الصيغة العامة
<p>الميثانول CH<sub>3</sub>OH ألكان</p>	<p>ROH</p> <p>R تمثل سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة مع المجموعة الوظيفية.</p>

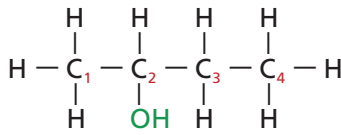
**الشكل 7-2** الزاوية بين رابطتي الأكسجين التساهمية لها القياس نفسه تقريباً في جزيئي الماء والإيثانول.



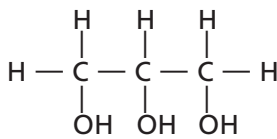
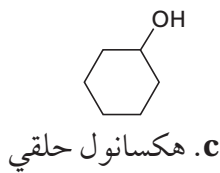
**الشكل 8-2** تعتمد تسمية الكحولات على أسماء الألكانات المقابلة لها.



1.a- بيوتانول



2.b- بيوتانول



1.d. 3-بروبان ترايول (الجليسرول)

ويمكن أن يمتزج الكحول تماماً مع الماء بسبب قطبيته ووجود الرابطة الهيدروجينية. وفي الحقيقة يصعب فصل الكحول عن الماء بشكل كامل بعد مزجها. ولذلك تستعمل عملية التقطير لفصل الكحول عن الماء، وعلى الرغم من ذلك يبقى حوالي 5% من الماء في مزيج الإيثانول والماء بعد نهاية هذه العملية تماماً، وبسبب قطبية مجموعة الهيدروكسيل في الكحول فإنه يعد مذيباً جيداً للمواد العضوية القطبية. فعلى سبيل المثال، يعد الميثانول أبسط الكحولات، وهو من المذيبات الشائعة الاستعمال في الصناعة، مثل استعماله في بعض الدهانات، كما يستعمل 2- بيوتانول مذيباً في بعض الأصباغ.

لاحظ أن اسم الكحولات يعتمد على اسم الألكانات المقابلة لها، مثل هاليدات الألكيل. فعلى سبيل المثال،  $\text{CH}_4$  هو الميثان، و  $\text{CH}_3\text{OH}$  الميثانول، و  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  الإيثان، و  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  الإيثانول. وتعتمد تسمية الكحولات أساساً على عدد ذرات الكربون في الألكان، وتعتمد قواعد التسمية العالمية الأيوباك IUPAC على السلسلة أو الحلقة الأصلية أولاً، ثم إضافة المقطع (ول) إلى نهاية اسم الألكان ليمثل مجموعة الهيدروكسيل. وفي الكحولات التي تتكون من ثلاث ذرات كربون أو أكثر هناك أكثر من موقع لمجموعة الهيدروكسيل. لذلك يجب الإشارة إلى الموقع برقم يضاف إلى الاسم في البداية، كما هو مبين في الشكلين: 2-8a، و الشكل 2-8b.

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

والآن انظر إلى الشكل 2-8c تتكون حلقة المركب من 6 ذرات كربون مع روابط أحادية، وقد تعلمت من قبل أن اسم المركب هو هكسان حلقي. وبسبب وجود مجموعة -OH مرتبطة مع الكربون يتم إضافة المقطع (ول) في نهاية اسم الألكان لأنه كحول. والترقيم هنا ليس ضرورياً لأن جميع ذرات الكربون في الحلقة متكافئة. لذا يسمى هذا المركب هكسانول حلقي. وهو مركب سام يستعمل مذيباً لبعض المواد البلاستيكية ويدخل في صناعة المبيدات الحشرية.

ولتسمية الكحولات في حالة وجود أكثر من مجموعة هيدروكسيل في سلسلة الكربون يضاف المقطع "ثنائي" أو "ثلاثي" أو "رباعي" قبل الاسم ليشير إلى عدد مجموعات الهيدروكسيل قبل الاسم، ثم يضاف اسم الألكان والمقطع (ول) في نهاية الاسم.

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

✓ **ماذا قرأت؟** فسر لماذا لم يتم ترقيم سلسلة ذرات الكربون عند تسمية المركب في الشكل 2-8c؟

## الإيثرات Ethers

**الإيثرات** مركبات عضوية تحتوي على ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتين من الكربون. والصيغة العامة للإيثرات هي ROR'. وأبسط إيثر هو الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين مع مجموعتين من الميثيل. لاحظ التشابه بين الميثانول وثنائي ميثيل إيثر، كما هو مبين في الجدول 2-5.

استعمل المصطلح إيثر أول مرة في الكيمياء للمركب ثنائي إيثيل إيثر، وهو مادة متطايرة وشديدة الاشتعال، وقد استعملت مادة مخدرة في العمليات الجراحية منذ عام 1842م حتى القرن العشرين. ومع مرور الوقت، استعمل المصطلح إيثر ليدل على المواد العضوية التي لها سلسلتان من الهيدروكربونات المرتبطة مع ذرة أكسجين واحدة. ولعدم وجود ذرات هيدروجين مرتبطة مع ذرة الأكسجين في الإيثرات، لا تكون جزيئاتها روابط هيدروجينية بعضها مع بعض. ولذلك فالإيثرات عموماً شديدة التطاير؛ لأن درجات غليانها منخفضة مقارنة بالكحولات التي لها نفس الحجم والكتلة الجزيئية. كما أن الإيثرات قليلة الذوبان في الماء مقارنة بالكحولات لعدم وجود روابط هيدروجينية بين جزيئاتها والماء، وهي كذلك أقل قطبية. ومع ذلك يمكن لذرة الأكسجين أن تعمل مستقبلاً لذرات الهيدروجين من جزيئات الماء، وهو ما يفسر ذوبانها بشكل قليل.

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج** لماذا لا يفضل استعمال ثنائي إيثيل إيثر مادة مخدرة؟

لتسمية الإيثرات التي لها سلسلتان متطابقتان من الألكيل ترتبط مع الأكسجين، يذكر اسم الألكيل أولاً، ثم يضاف كلمة إيثر. ويبين الجدول 2-5 أيضاً التراكيب والأسماء لمركبين متماثلين من الإيثرات، هما: بروبييل إيثر، وهكسيل حلقي إيثر. أما إذا كانت مجموعات الألكيل مختلفة فعندها ترتب أبجدياً بحسب الحروف الإنجليزية، ثم يتبع الاسم بكلمة إيثر. ويحتوي الجدول 2-5 كذلك على مثالين من الإيثرات، إيثيل بيوتيل إيثر، وإيثيل ميثيل إيثر.

### المفردات

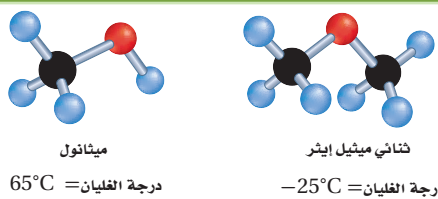
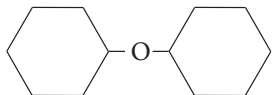
#### المفردات الأكاديمية

#### الرابطة (Bond)

الاتصال، والربط، والضم.  
ترتبط ذرة الأكسجين ذرتين من الكربون لتكون الإيثر.

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الإيثرات	الجدول 2-5
ثنائي الميثيل إيثر والميثانول	الصيغة العامة
	ROR' حيث تمثل R و R' سلسلة أو حلقة مرتبطة مع المجموعة الوظيفية
أمثلة على الإيثرات	
 <p>هكسيل حلقي إيثر</p> <p>بيوتيل إيثيل إيثر</p> <p>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></p>	<p>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub></p> <p>بروبييل إيثر</p> <p>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>3</sub></p> <p>إيثيل ميثيل إيثر</p>

## الأمينات Amines

تحتوي **الأمينات** على ذرات نيتروجين مرتبطة مع ذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة  $\text{RNH}_2$ ، كما هو مبين في الجدول 2-6.

ولقد اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا  $\text{NH}_3$ . وتعد الأمينات أولية وثنائية أو ثالثة اعتماداً على ما إذا كانت واحدة أو اثنتان أو ثلاث من ذرات الهيدروجين في الأمونيا قد حل محلها مجموعات عضوية.

وعند تسمية الأمينات يشار إلى مجموعة الأمين  $\text{NH}_2$  بالمقطع أمين في بداية الاسم أو أمين في نهاية الاسم. ويشار في بعض الحالات إلى موقع الأمين برقم، كما هو مبين في الجدول 2-6. وفي حالة وجود أكثر من مجموعة أمين يستعمل المقطع ثنائي أو ثلاثي أو رباعي... إلخ في بداية الاسم ليدل على عدد مجموعات الأمين.

يستعمل الأنيلين في إنتاج الأصباغ ذات الظلال العميقة اللون. والاسم الشائع للأنيلين مستمد من النباتات التي عرفت في تلك الفترة التاريخية. كما أن لكل من هكسيل حلقي أمين والإيثيل أمين دوراً مهماً في صناعة المبيدات الحشرية والمواد البلاستيكية والأدوية والمطاط المستعمل في صناعة الإطارات.

وتعد رائحة الأمينات المتطايرة غير مقبولة من قبل الإنسان. والأمينات هي المسؤولة عن الكثير من الروائح المميزة للمخلوقات الميتة، والمخلوقات المتحللة. وغالباً ما تستعمل الكلاب البوليسية المدربة لتحديد مكان الرفات البشري باستعمال هذه الروائح المميزة بعد الكوارث، مثل التسونامي والأعاصير، والزلازل، كما تستعمل الأمينات في تحقيقات الطب الجنائي.

### الأمينات

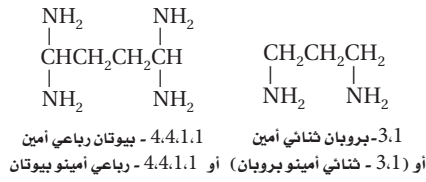
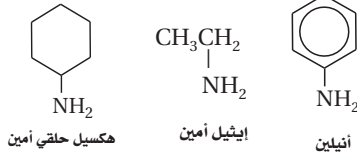
### الجدول 2-6

#### الصيغة العامة



حيث تمثل R سلسلة كربون أو حلقة مرتبطة مع مجموعة وظيفية

#### أمثلة على الأمينات



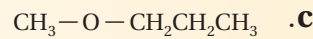
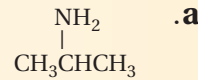
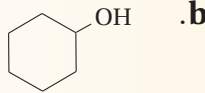
## التقويم 2-2

### الخلاصة

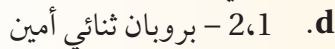
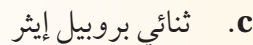
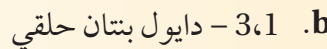
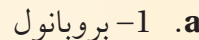
- تتكون الكحولات، والإثيرات، والأمينات عندما تحل مجموعة وظيفية معينة محل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية.
- الكحولات تكون روابط هيدروجينية بسهولة؛ لذلك فإن درجات غليانها تكون كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.

8. **الفكرة الرئيسية** حدد عنصرين يتوافران بشكل كبير في المجموعات الوظيفية.

9. حدد المجموعة الوظيفية لكل مما يأتي، وسم المادة المبينة لكل صيغة بنائية.

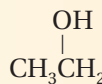
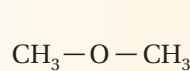


10. ارسم الصيغة البنائية لكل جزيء مما يأتي:



11. ناقش خواص الكحولات، والإثيرات، والأمينات، ثم اذكر استعمالاً واحداً لكل منها.

12. **حلل** - اعتماداً على الصيغة البنائية أدناه - أي المركبين أكثر ذوبانية في الماء؟ فسّر إجابتك.





## 2-3

### الأهداف

- تحدد تركيب المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل مثل الألدهيدات، والكي-tonات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.
- تناقش خواص المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل.

### مراجعة المفردات

الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية لذرات العنصر على جذب إلكترونات الرابطة.

### المفردات الجديدة

مجموعة الكربونيل  
الألدهيدات  
الكي-tonات  
الأحماض الكربوكسيلية  
مجموعة الكربوكسيل  
الإسترات  
الأميدات  
تفاعلات التكثف

## مركبات الكربونيل

## Carbonyl Compounds

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

**الربط مع الحياة** لعلك أكلت قطعة من الحلوى بنكهة الفاكهة الحقيقية. يحتوي الكثير من الفواكه الطبيعية - ومنها الفراولة - على الكثير من المركبات العضوية التي تعطي نكهة الفواكه المميزة. وتوجد مجموعة الكربونيل في أنواع كثيرة من النكهات الصناعية الشائعة.

### المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل Organic Compounds Containing the Carbonyl Group

يسمى الترتيب الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون **مجموعة الكربونيل** وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكي-tonات.

**الألدهيدات** تعد **الألدهيدات** مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات RCHO؛ حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين، كما هو مبين في الجدول 2-7.

وتسمى الألدهيدات بإضافة المقطع (ال) إلى نهاية اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. وهكذا يحتوي المركب ميثانال، كما هو مبين في الجدول 2-7، على ذرة كربون واحدة. وهذا يعني أن اسم الألدهيد يؤخذ من اسم الألكان المقابل وهو الميثان. ولأن مجموعة الكربونيل ترتبط في الألدهيدات مع ذرة الكربون التي تقع في نهاية السلسلة، لذلك لا نستعمل الترقيم عند تسمية الألدهيدات إلا في حالات التفرعات أو وجود مجموعات وظيفية أخرى. وللميثانال اسم شائع يعرف به هو الفورمالدهيد. أما الاسم الشائع للإيثانال فهو أسيتالدهيد. ويستعمل العلماء غالبًا الأسماء الشائعة للمركبات العضوية؛ لأنها مألوفة للكيميائيين.

الألدهيدات		الجدول 2-7
أمثلة على الألدهيدات		الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\   &    \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ <p>إيثانال (أسيتالدهيد)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ <p>ميثانال (فورمالدهيد)</p>	RCHO حيث R تمثل مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\   &    \\ \text{C}_6\text{H}_5- & \text{C}-\text{H} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ <p>2- هيدروكسي بنزالدهيد (ساليسالدهيد)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ <p>3- فينل، بروب - 2 - إينال (سينامالدهيد)</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}- \end{array}$ <p>مجموعة الكربونيل</p>





### الشكل 9-2 تم

استعمال محلول الفورمالدهيد في الماضي لحفظ العينات البيولوجية. وقد تم تقييد استعمال الفورمالدهيد في السنوات الأخيرة لأن الدراسات تشير إلى أنه قد يسبب السرطان.

يحتوي جزيء الألدهيد على مجموعة قطبية ونشطة في التفاعل. وكما هو الحال مع الإيثرات، لا تستطيع جزيئات الألدهيدات تكوين روابط هيدروجينية بعضها مع بعض؛ لأن جزيئاتها لا تحتوي على ذرات هيدروجين مرتبطة مباشرة مع ذرة الأكسجين، لذلك تكون درجة غليانها أقل من درجة غليان الكحولات التي لها عدد ذرات الكربون نفسه. ولجزيئات الماء القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الأكسجين الموجود في مجموعة الألدهيد، لذلك تكون أكثر ذوبانية في الماء من الألكانات، ولكن ليس كذوبانية الكحولات والأمينات.

استعمل محلول الفورمالدهيد في عمليات الحفظ عدة سنوات، كما هو مبين في الشكل 9-2. وصناعياً تستعمل كميات كبيرة من الفورمالدهيد للتفاعل مع اليوريا لصنع نوع من الشمع المقاوم، والمواد البلاستيكية الصلبة المستعملة في صناعة الأزرار، وقطع غيار السيارات، والأجهزة الكهربائية، فضلاً عن الغراء الذي يعمل على إصاق طبقات الخشب معاً. ويعد كل من بنزaldehid وساليسالدهيد، الموضح تركيبهما في الجدول 7-2 نوعين من المركبات التي تعطي اللوز نكهته الطبيعية. أما رائحة القرفة ومذاقها - وهي نوع من التوابل التي تستخرج من لحاء شجرة استوائية - فيمكن إنتاجها بكميات كبيرة بواسطة السينامالدهيد الموضح تركيبه في الجدول 7-2.

### ماذا قرأت؟ حدد اثنين من استعمالات الألدهيدات.

**الكيتونات** يمكن أن ترتبط مجموعة الكربونيل مع الكربون في وسط السلسلة بدلاً من ارتباطها في نهاية السلسلة. والكيتونات مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة الموضحة في الجدول 8-2. وترتبط ذرات الكربون على طرفي مجموعة الكربونيل مع ذرات كربون أخرى. إن أبسط الكيتونات وأكثرها شيوعاً هو الأستون، الذي ترتبط فيه ذرات الهيدروجين فقط مع ذرات الكربون الطرفية، كما هو مبين في الجدول 8-2 أيضاً.

ويتم تسمية الكيتونات بإضافة المقطع (ون) إلى نهاية اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم ليدل على موقع مجموعة الكيتون. ففي المثال السابق تغير اسم الألكان من بروبان إلى بروبانون. ولا يمكن لمجموعة الكربونيل إلا أن تقع في الوسط فقط، ومع ذلك يمكن إضافة الرقم 2- للاسم؛ لمزيد من التوضيح، كما في الجدول 8-2.

وتشارك الكيتونات والألدهيدات في الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية لتشابه تركيبهما. فالكيتونات مركبات قطبية وأقل نشاطاً من الألدهيدات. ولهذا السبب يعد الكيتون مذيباً شائعاً للمواد القطبية المعتدلة، ومنها الشمع والبلاستيك والطلاء والورنيش والغراء. وكما هو الحال مع الألدهيد، لا تكوّن جزيئات الكيتون روابط هيدروجينية بعضها مع بعض، ولكن يمكن أن تكوّن روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء. ولذلك فالكيتونات قابلة للذوبان في الماء إلى حد ما، ولكن الأستون قابل للذوبان في الماء بشكل تام.

### تجربة عملية

خواص الكربوهيدرات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

## الكيتونات

## الجدول 8-2

أمثلة على الكيتونات	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\   &    &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   & &   \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ <p>2- بروبانون (الأستون)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} \\   &    &   &   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   & &   &   \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$ <p>2- بيوتانون (ميثيل إيثيل كيتون)</p>
	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$ <p>حيث تمثل R و R' سلاسل أو حلقات كربون مرتبطة مع مجموعات وظيفية</p>

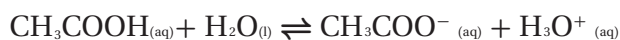
## الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

الأحماض الكربوكسيلية مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل. وتتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل. ولذلك تكون الصيغة العامة للأحماض الكربوكسيلية كما في الجدول 9-2. ويبين الجدول 9-2 حمضاً مألوفاً، هو حمض الإيثانويك، وهو الحمض الموجود في الخل. وعلى الرغم من أن الكثير من الأحماض الكربوكسيلية لها أسماء شائعة، إلا أن الاسم بحسب طريقة التسمية الدولية يتكون من إضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان وإضافة كلمة حمض في بداية الاسم. اسم حمض الأسيتيك مثلاً بحسب الطريقة الدولية هو حمض الإيثانويك.

وغالباً ما تكتب مجموعة الكربوكسيل في صورة COOH - . فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة حمض الإيثانويك في صورة CH<sub>3</sub>COOH. ويتكون أبسط الأحماض الكربوكسيلية من مجموعة الكربوكسيل المرتبطة مع ذرة هيدروجين واحدة HCOOH كما في الجدول 9-2. واسمه بحسب الطريقة الدولية هو حمض الميثانويك، بينما الاسم الشائع له حمض الفورميك. وتقوم بعض الحشرات بإنتاج حمض الفورميك بوصفه آلية للدفاع عن نفسها، كما في الشكل 10-2.

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

الأحماض الكربوكسيلية مركبات قطبية نشطة. وما يذوب منها في الماء يتأين بشكل ضعيف لإنتاج أيون الهيدرونيوم، ويكون أيون الحمض السالب في حاله اتران مع الماء والحمض غير المتأين. ويتأين حمض الإيثانويك كالآتي:



تتأين الأحماض الكربوكسيلية في المحاليل المائية؛ لأن ذرتي الأكسجين ذات كهروسالبية عالية، وتجذب الإلكترونات بعيداً عن ذرة الهيدروجين إلى مجموعة -OH. ونتيجة لذلك ينتقل بروتون الهيدروجين إلى ذرة أخرى لديها زوج من الإلكترونات غير المرتبطة، كذرة الأكسجين في جزيء الماء. ولأن الأحماض الكربوكسيلية تتأين في الماء فإنها تعمل على تحويل لون ورقة تباع الشمس الزرقاء إلى حمراء، وتتميز بمذاق حمضي لاذع.

ولبعض الأحماض الكربوكسيلية المهمة - ومنها حمض الأساليك وحمض الأديبيك - مجموعة كربوكسيل أو أكثر. مثل هذه الأحماض تسمى ثنائية الحمض. كما قد يحتوي البعض الآخر على مجموعات وظيفية إضافية مثل مجموعات الهيدروكسيل، كما في حمض اللاكتيك الموجود في اللبن. وعادةً تكون هذه الأحماض أكثر قابلية للذوبان في الماء، وأكثر حمضية من الأحماض التي تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة فقط.

✓ **ماذا قرأت؟ قوّم مستعملاً المعلومات أعلاه. فسّر لماذا تصنف الأحماض الكربوكسيلية على أنها أحماض؟**



الشكل 10-2 يدافع

النمل اللاسع عن نفسه بإفراز سم يحتوي على حمض الفورميك.

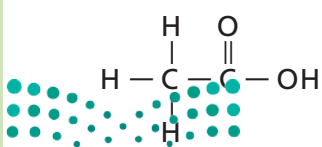
**حدد** اسماً آخر لحمض الفورميك.

### الأحماض الكربوكسيلية

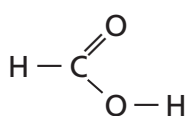
### الجدول 9-2

أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية

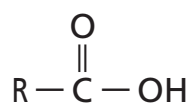
الصيغة العامة



حمض الإيثانويك (حمض الأسيتك)



حمض الميثانويك (حمض الفورميك)



R تمثل سلسلة أو حلقة من الكربون

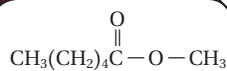
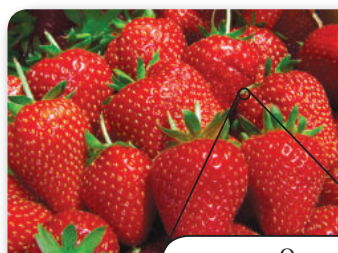
الإسترات	الجدول 10-2
مثال على الإستتر	الصيغة العامة
<p>مجموعة ميثانوات</p> <p>مجموعة بروبييل</p> <p>مجموعة إستتر</p> <p>إيثانوات (أسيتات) البروبييل</p>	$R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-O-R'$ <p>مجموعة إستتر</p>

## مركبات عضوية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية

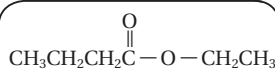
### Organic Compounds Derived from Carboxylic Acids

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

**الإسترات** تعدُّ الإسترات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيل حلت فيها مجموعة ألكيل محل ذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الهيدروكسيل، كما في الصيغة العامة المبينة في الجدول 10-2. ويتم تسمية الإسترات بكتابة اسم الحمض الكربوكسيلي واستعمال المقطع (وات) بدل المقطع (ويك) متبوعاً بالألكيل، كما هو موضح في المثال المبين في الجدول 10-2. لاحظ كيف اشتق اسم البروبييل من الصيغة البنائية، وأن الاسم المبين بين القوسين يعتمد على حمض الأسيتيك، وهو الاسم الشائع لحمض الإيثانويك. والإسترات مركبات قطبية متطايرة ورائحتها عطرية. وتوجد أنواع كثيرة منها في العطور والنكهات الطبيعية وفي الفواكه والأزهار، كما في الشكل 11-2. وتنتج النكهات الطبيعية - ومنها نكهة التفاح أو الموز - عن مزيج من جزيئات عضوية مختلفة منها الإسترات. وقد يكون سبب بعض هذه النكهات تركيب إستر واحد فقط. لذا يتم تصنيع الإسترات لاستعمالها في كثير من الأطعمة والنكهات والمشروبات والعطور والشموع العطرية، والمواد المعطرة الأخرى.



هكسانوات الميثيل



بيوتانوات الإيثيل

**الشكل 11-2** تعد الإسترات مصدر روائح وطعم الكثير من الفواكه؛ إذ يعزى طعم الفراولة إلى هكسانوات الميثيل، وطعم الأناناس لمركب بيوتانوات الإيثيل. ويعزى مصدر الروائح الطبيعية إلى خليط من الإسترات والألدهيدات والكحولات.

## تجربة

### تحضير الإستر

كيف تميز الإستر؟

#### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. حضّر حمامًا مائيًا ساخنًا بإضافة 150mL من ماء الصنبور إلى كأس مدرجة سعته 250mL، وضع الكأس على سخان كهربائي، واضبط حرارته عند منتصف التدريج.
3. زن 1.5g من حمض السلسليك. ثم ضعه في أنبوب اختبار وأضف إليه 3mL ماء مقطرًا. استعمل مخبرًا مدرجًا سعته 10mL لقياس حجم الماء، ثم أضف 3mL ميثانول. وباستعمال الماصة أضف 3 قطرات من حمض الكبريتيك المركز إلى أنبوب الاختبار. تحذير: يمكن أن يسبب حمض الكبريتيك المركز حروقًا، وقد يشتعل الميثانول ويسبب انفجارًا، لذا احفظه بعيدًا عن مصدر اللهب. وتعامل دائمًا مع المواد الكيميائية بحذر.
4. عندما يسخن الماء وقبل الغليان ضع أنبوب الاختبار في الحمام المائي مدة 5 دقائق. استعمل ماسك الأنابيب لنقل أنبوب الاختبار من الحمام المائي إلى حامل الأنابيب لاستخدامه لاحقًا.
5. ضع كرات قطنية في طبق بتري حتى المنتصف. ثم أفرغ محتويات أنبوب الاختبار فوق الكرات القطنية في طبق بتري، وسجل ملاحظتك حول الرائحة الناتجة.

#### التحليل

1. سمّ بعض المنتجات التي تعتقد أنها تحتوي على هذا الإستر.
2. قوّم فوائد ومضار استعمال الإسترات الصناعية على المستهلك بالمقارنة مع استعمال الإسترات الطبيعية.

**الأميدات** تعدّ الأميدات مركبات عضوية تنتج عن إحلال ذرة نيتروجين مرتبطة مع ذرات أخرى محل مجموعة هيدروكسيل OH - في الحمض الكربوكسيلي. ويوضح الجدول 11-2 الصيغة العامة للأميدات. تسمى الأميدات بكتابة اسم الألكان، ثم إضافة المقطع أميد في نهاية الاسم. لذا يكون اسم الأميد الظاهر في الجدول 11-2 هو إيثان أميد، ولكنه يعرف بالاسم الشائع أسيتاميد، المشتق من الاسم الشائع حمض الأسيتيك.

✓ **ماذا قرأت؟** سمّ ثلاثة أنواع من الطعام الذي يحتوي على حمض الخل (الإيثانويك).

توجد مجموعة الأميد الوظيفية بشكل متكرر في البروتينات الطبيعية وبعض المواد الصناعية. فعلى سبيل المثال، قد تكون استعملت مواد تحتوي على الأسيتامينوفين - غير الأسبرين - لتخفيف الألم. وبالنظر إلى تركيب الأسيتامينوفين الظاهر في الجدول 11-2، ستلاحظ في مجموعة الأميد أن (-NH-) تربط مجموعة كربونيل مع مجموعة أروماتية.

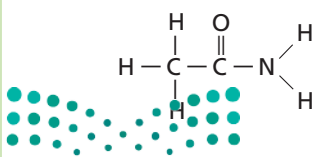
ويسمى أحد الأميدات المهمة كارباميد  $NH_2CONH_2$ ، والاسم الأكثر شيوعًا هو اليوريا، ويعرف أيضًا باسم ثنائي أميد حمض الكربونيك. واليوريا هي آخر نواتج عملية هضم البروتينات في الثدييات. وتوجد في الدم، والمرارة الصفراء، والحليب، وعرق الثدييات. عند تحطم البروتينات تنتقل منها مجموعات الأمين  $-NH_2$ ، ثم تتحول إلى أمونيا  $NH_3$ ، وهي مادة سامة للجسم، ويقوم الكبد بتحويلها إلى مادة اليوريا غير السامة. ويتم التخلص من اليوريا في الدم بواسطة الكلى وتخرج مع البول.

وبسبب احتواء اليوريا على نسبة عالية من النيتروجين وسهولة تحولها إلى أمونيا في التربة فإنها تستعمل في صناعة الأسمدة الزراعية. كما تستعمل اليوريا غذاء للماشية والأغنام؛ إذ تستعملها هذه الحيوانات لإنتاج البروتينات في أجسامها.

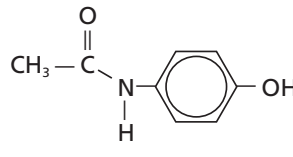
✓ **ماذا قرأت؟** حدّد أحد الأميدات الموجودة في جسم الإنسان.

### الأميدات

أمثلة على الأميدات



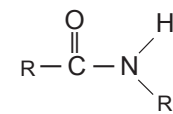
الإيثان أميد (أسيتاميد)



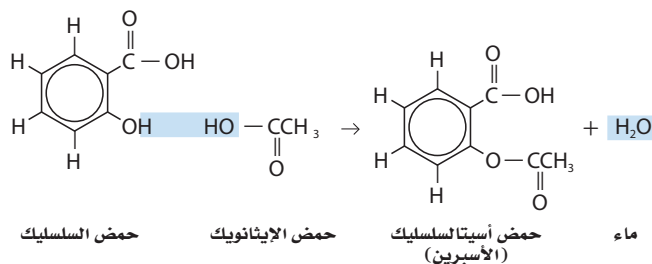
(أسيتامينوفين)

### الجدول 11-2

الصيغة العامة



مجموعة الأميد



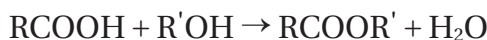
**الشكل 2-12** لتحضير الأسبرين يتحد جزيئان عضويان من خلال تفاعل التكثف لتكوين جزيء أكبر.

## تفاعلات التكثف Condensation Reactions

تتضمن العديد من التحضيرات التي تتم في المختبرات والعمليات الصناعية تفاعل مادتين من المواد المتفاعلة العضوية لتكوين مركب عضوي ضخم؛ مثل الأسبرين، كما هو موضح في الشكل 2-12. ويعرف هذا النوع من التفاعل بتفاعل التكثف.

في تفاعل التكثف يتم ارتباط اثنين من جزيئات صغيرة لمركبات عضوية لتكوين جزيء آخر أكثر تعقيداً. ويرافق هذه العملية فقدان جزيء صغير مثل الماء. وينتج هذا الجزيء عادة عن كلا الجزيئين المتحدين. وتعد تفاعلات التكثف تفاعلات حذف بحيث تكون رابطة بين ذرتين لم تكونا مرتبطين سابقاً.

ومن أكثر تفاعلات التكثف شيوعاً تلك التي تتضمن الجمع بين الحمض الكربوكسيلي مع جزيئات لمركبات عضوية أخرى. والطريقة الشائعة لتحضير الإستر تتم بتفاعلات التكثف بين الأحماض الكربوكسيلية والكحول. ويمكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية العامة الآتية.



### المطويات

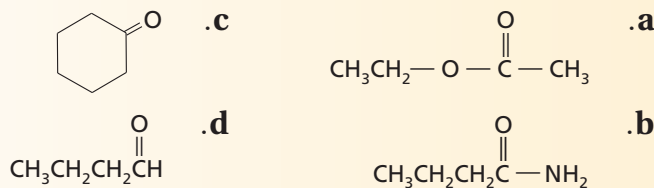
ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

## التقويم 2-3

### الخلاصة

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة  $\text{C}=\text{O}$ .
- هناك خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية تحتوي على مركبات الكربونيل، هي: الألدهيدات، والكي-tonات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

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



**14.** صف نواتج تفاعل التكثف بين الحمض الكربوكسيلي والكحول.

**15.** حدد الصيغة العامة للألكانات  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . اشتق الصيغة العامة التي تمثل الألدheid، والكي-ton، والحمض الكربوكسيلي.

**16.** استنتج لماذا تكون المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات كربوكسيل ذات خواص حمضية عندما تذوب في الماء، بينما ليس لمركبات أخرى مشابهة لها في التركيب مثل الألدheid الخواص نفسها؟



## 2-4

### الأهداف

- تصنف تفاعلات المركبات العضوية إلى أحد الأنواع الخمسة الآتية: الاستبدال، أو الإضافة، أو الحذف، أو الأكسدة والاختزال، أو التكتف.
- تستعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلات تفاعلات المركبات العضوية.
- تتوقع نواتج تفاعلات المركبات العضوية.

### مراجعة المفردات

**المحفز** مادة تزيد معدل سرعة التفاعل الكيميائي بخفض طاقات التنشيط دون أن تستهلك في التفاعل.

### المفردات الجديدة

تفاعلات الحذف

تفاعلات حذف الهيدروجين

تفاعلات حذف الماء

تفاعلات الإضافة

تفاعلات إضافة الماء

تفاعلات الهدرجة

## تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

## Other Reactions of Organic Compounds

**الفكرة الرئيسية** تصنيف تفاعلات المركبات العضوية يجعل توقع نواتج التفاعلات أسهل.

**الربط مع الحياة** عند تناولك طعام الغداء لا يخطر ببالك ما يحدث من أكسدة للمركبات العضوية. ومع ذلك فهذا ما يحدث داخل جسمك؛ حيث تعمل أجهزة الجسم على تفتيت الطعام الذي تناولته للحصول على الطاقة اللازمة لجسمك.

### تصنيف تفاعلات المواد العضوية

### Classifying Reactions of Organic Substances

اكتشف علماء الكيمياء العضوية آلاف التفاعلات التي يمكن بها تحويل المركبات العضوية إلى مركبات عضوية أخرى مختلفة. وباستعمال مجموعة من هذه التفاعلات، تعتمد الصناعات الكيميائية على تحويل المركبات الصغيرة من البترول والغاز الطبيعي إلى مركبات كبيرة. وتوجد المركبات العضوية المعقدة في العديد من المنتجات المفيدة، ومنها الأدوية والمواد المستهلكة، كما في الشكل 13-2. وبالإضافة إلى تفاعلات الاستبدال والتكتف هناك أنواع أخرى من التفاعلات العضوية، هي: الحذف والإضافة والأكسدة والاختزال.

**تفاعلات الحذف** هناك طريقة واحدة لتغير الألكان إلى مادة أكثر نشاطاً في التفاعلات الكيميائية، ألا وهي تكوين رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتين من الكربون لتكوين الألكين. وتسمى عملية تكوين الألكين من الألكان **تفاعلات الحذف**، وهي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون. وغالباً ما تكون الذرات المحذوفة جزيئات مستقرة، مثل  $H_2O$ ، أو  $HCl$ ، أو  $H_2$ .

✓ **ماذا قرأت؟ عرف** تفاعلات الحذف مستعملاً كلماتك الخاصة.

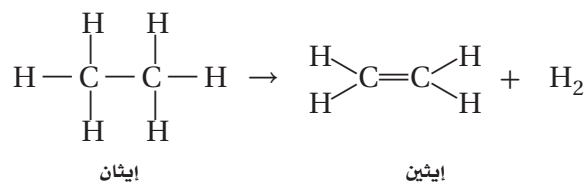


**الشكل 13-2** الكثير من المنتجات الاستهلاكية - ومنها الأواني البلاستيكية والألياف المستعملة في صناعة الحبال والملابس، والزيوت والشموع التي تستعمل في مستحضرات التجميل - مصنوعة من البترول والغاز الطبيعي.



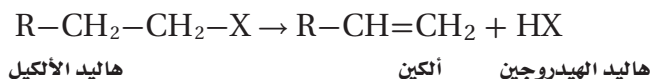
**الشكل 14-2** يصنع البولي إيثيلين المنخفض الكثافة من غاز الإيثين تحت ضغط مرتفع عند وجود مواد محفزة. ويستعمل هذا النوع من البلاستيك في تجهيزات ملاعب الأطفال؛ لسهولة تشكيله في أشكال متنوعة، كما يسهل إعطاؤه ألواناً متعددة، إضافة إلى قدرته على تحمل الاستعمال المتكرر.

يحضر الإيثين، وهو المادة الأولية المستعملة في صناعة أدوات وأرضيات الملاعب، كما هو مبين في الشكل 14-2، وتسمى التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين من الإيثان **تفاعلات حذف الهيدروجين**. لاحظ أن ذرتي الهيدروجين قد كوّنتا غاز الهيدروجين.

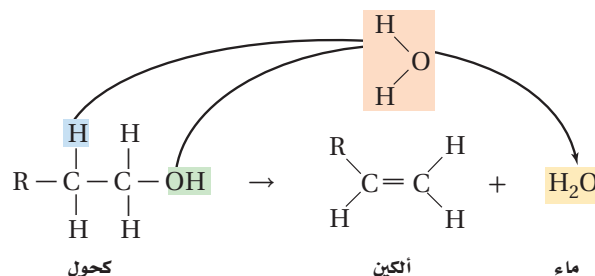


**المطويات**  
ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

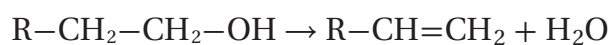
ويمكن أن يدخل هاليد الألكيل في تفاعل حذف لإنتاج الألكين وهاليد الهيدروجين، كما هو مبين لاحقاً.



ويمكن أن تدخل الكحولات أيضاً في تفاعلات حذف يتم فيها فقد ذرة هيدروجين ومجموعة هيدروكسيل وتكوين الماء، كما هو مبين أدناه. وتسمى تفاعلات الحذف التي يصاحبها تكوين الماء **تفاعلات حذف الماء**. وفي هذا التفاعل يتحول الكحول إلى ألكين وماء.



ويمكن كتابة معادلة هذا التفاعل عموماً على النحو الآتي:



**تفاعلات الإضافة** نوع آخر من تفاعلات المركبات العضوية، وهي تعد تفاعلات عكسية لتفاعلات الحذف. وتحدث **تفاعلات الإضافة** عندما ترتبط ذرات أخرى مع ذرات الكربون المكونة للرابطة التساهمية الثنائية أو الثلاثية. وتتضمن تفاعلات الإضافة تكسير الرابطة الثنائية في الألكينات أو الرابطة الثلاثية في الألكاينات. وتحدث هذه التفاعلات عند وجود تركيز عالٍ من الإلكترونات في الرابطة الثنائية أو الثلاثية. لذلك تميل الجزيئات والأيونات إلى جذب الإلكترونات لتكوين روابط تستعمل فيها إلكترونات الروابط الثنائية أو الثلاثية. وأكثر تفاعلات الإضافة شيوعاً هي التي تضيف كلاً مما يلي:  $X_2$ ، و  $HX$ ، و  $H_2$ ، و  $H_2O$  إلى الألكينات، كما في الجدول 2-12.

وتعد **تفاعلات إضافة الماء**، المبينة في الجدول 2-12، تفاعلات إضافة؛ حيث يتم فيها إضافة ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل من جزيء الماء إلى الرابطة الثنائية أو الثلاثية. وتبين المعادلة العامة المبينة في الجدول 2-12 أن تفاعلات إضافة الماء عكس تفاعلات حذف الماء.

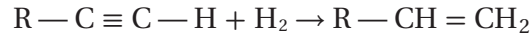
وتسمى تفاعلات إضافة الهيدروجين إلى ذرات الكربون التي تكوّن الرابطة الثنائية أو الثلاثية **تفاعلات الهدرجة**؛ حيث يتفاعل جزيء واحد من  $H_2$  مع الرابطة الثنائية بشكل تام، وعندما يضاف  $H_2$  إلى الرابطة الثنائية في الألكينات يتحول الألكين إلى ألكان.

👉 **ماذا قرأت؟ حدد التفاعل العكسي لتفاعل الهدرجة.**

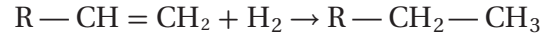
تفاعلات الإضافة		الجدول 2-12
المادة الناتجة	المادة المتفاعلة المضافة	الألكين المتفاعل
الكحول $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\   \quad   \\ \text{R}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	الماء $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
ألكان $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{R}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	الهيدروجين $\text{H}-\text{H}$	
هاليد الألكيل $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{X} \\   \quad   \\ \text{R}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	هاليد الهيدروجين $\text{H}-\text{X}$	
ثنائي هاليد الألكيل $\begin{array}{c} \text{X} \quad \text{X} \\   \quad   \\ \text{R}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	الهالوجين $\text{X}-\text{X}$	



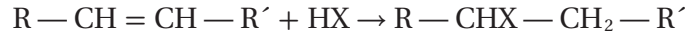
تستعمل المحفزات عادة في عملية هدرجة الألكينات؛ لأن طاقة تنشيط التفاعل عالية جدًا في حال عدم وجود المحفزات. وتوفر المحفزات -مثل مسحوق البلاتينوم أو البالاديوم- سطحًا يعمل على ادمصاص جزيئات المواد المتفاعلة، ويهيئ الفرصة للإلكترونات للارتباط مع ذرات أخرى. وتفاعلات الهدرجة شائعة الاستعمال في تحويل السوائل الدهنية غير المشبعة الموجودة في الزيوت النباتية -مثل فول الصويا والذرة والبقول السوداني- إلى دهون مشبعة وصلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ حيث تستعمل الدهون المهدرجة بعد ذلك في تصنيع السمن. وتدخل الألكينات أيضًا في تفاعلات الهدرجة لإنتاج الألكينات أو الألكانات. ويجب إضافة جزيء واحد من H<sub>2</sub> إلى كل رابطة ثلاثية لتحويل الألكين إلى ألكين، كما يأتي:



ويتحول الألكين إلى ألكين بعد إضافة الجزيء الأول من H<sub>2</sub>، وعند إضافة الجزيء الثاني من H<sub>2</sub> يستمر تفاعل الهدرجة ويتحول الألكين إلى ألكان.



وتعد إضافة هاليد الهيدروجين إلى الألكين تفاعلات إضافة مهمة، ومفيدة في التفاعلات الصناعية لإنتاج هاليد الألكيل. والمعادلة العامة لهذه التفاعلات هي كما يأتي:



## مختبر تحليل البيانات

\* مبنية على بيانات رقمية واقعية

### تفسير البيانات

ما الظروف المناسبة لهدرجة زيت الكانولا؟

يتم هدرجة الزيوت النباتية للمحافظة على مذاقها وتغيير خواص الذوبانية لها. ولأن الدلائل تشير إلى أن متشكلات ترانس - للأحماض الدهنية تقترن مع زيادة مخاطر الإصابة بأمراض القلب والسرطان، لذا يفضل توافر الحد الأدنى من هذه الدهون، وتوافر الحد الأقصى لمتشكلات سيس - لحمض الأوليك.

### البيانات والملاحظات

يبين الجدول عن اليسار بعض بيانات التجربة.

### التفكير الناقد

1. احسب النسبة المئوية للناتج في كل محاولة في الجدول.
2. قوّم أي المحاولات تعطي أعلى نسبة مئوية من متشكلات سيس - لحمض الأوليك وأقل نسبة من متشكلات ترانس - للأحماض الدهنية؟
3. فسّر لماذا يتم استعمال هذه التقنية؟ وهل هي مفيدة في عمليات التصنيع؟

بيانات حول زيت الكانولا				
رقم المحاولة	التجريبية		المحاكاة الحاسوبية	
	سيس (wt. %)	ترانس (wt. %)	سيس (wt. %)	ترانس (wt. %)
1	70.00	5.80	69.10	4.90
2	64.00	4.61	63.75	4.79
3	67.00	4.61	68.96	4.04
4	65.00	7.1	62.80	5.99
5	66.50	5.38	68.10	4.60



## الكيمياء في واقع الحياة

### الهيدروكربونات العطرية المتعددة

#### الحلقات

### Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

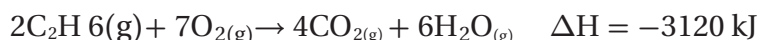


الجزيئات البيولوجية يرمز إلى الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات ب-PAHs. وقد تم العثور عليها في النيازك، والمادة المحيطة بالنجوم الميتة. ونتيجة لمحاكاة العلماء للظروف في الفضاء تبين أن حوالي 10% من PAHs يتم تحويلها إلى كحول، وكيوتونات، وإسترات. ويمكن استعمال هذه الجزيئات لتكوين المركبات التي تعد ذات أهمية للأنظمة البيولوجية.

ومع ذلك، لا تتأكسد جميع الكحولات إلى ألدهيدات، ومن ثم إلى أمحاض كربوكسيلية. ولفهم السبب، قارن بين أكسدة 1-بروبانول و2-بروبانول في الجدول 2-13. لاحظ أن أكسدة 2-بروبانول تنتج كيتون، وليس ألدهيد. والكيوتون لا يتأكسد بسهولة إلى حمض كربوكسيلي، بينما يتأكسد 1-بروبانول بسهولة لتكوين حمض البروبانويك، في حين يتكون 2-بروبانول من أكسدة 2-بروبانول وهو لا يتفاعل لإنتاج حمض كربوكسيلي.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب معادلة تكوين حمض البروبانويك مستعملًا صيغًا جزيئية تشبه تلك الموجودة في الجدول 2-13.

ما أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ لقد عرفت أن تفاعلات الأكسدة والاختزال لديها القدرة على أن تغير مجموعة وظيفية إلى أخرى. وتساعد هذه الخاصية الكيميائيين على استعمال تفاعلات الأكسدة والاختزال، إضافة إلى تفاعلات الاستبدال والإضافة لتحضير مجموعة هائلة ومتنوعة من المنتجات النافعة. وتعتمد أنظمة المخلوقات الحية جميعها على الطاقة الناتجة عن تفاعلات الأكسدة. وتعد تفاعلات الاحتراق من أكثر تفاعلات الأكسدة والاختزال جذبًا للانتباه؛ إذ تحترق المركبات العضوية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين في وجود كمية كافية من الأكسجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء. وتوضح المعادلة الآتية احتراق الإيثان الطارد للحرارة.



وتعتمد معظم بلدان العالم على احتراق المواد الهيدروكربونية بوصفها المصدر الرئيس للطاقة، كما في الشكل 2-15.

### توقع نواتج التفاعلات العضوية

### Predicting Products of Organic Reactions

يمكن استعمال المعادلات العامة التي تمثل تفاعلات المواد العضوية - الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثف لتوقع نواتج التفاعلات العضوية. فعلى سبيل المثال، لو طلب إليك توقع نواتج تفاعل الحذف لتفاعل 1-بيوتانول فأنت تعلم أن تفاعل الحذف الشائع يتضمن حذف الماء من الكحول.

الشكل 2-15 يعتمد الناس في جميع أنحاء العالم على أكسدة الهيدروكربونات للوصول إلى العمل ونقل المنتجات.







## 2-5

### الأهداف

- ترسم العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكوّنة له.
- تصنف تفاعلات البلمرة إلى إضافة أو تكثف.
- تتوقع خواص البوليمر اعتماداً على التراكيب الجزيئية ووجود المجموعات الوظيفية.

### مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من المادة.

### المفردات الجديدة

- البوليمرات
- المونومرات
- تفاعلات البلمرة
- البلمرة بالإضافة
- البلمرة بالتكثف

## البوليمرات Polymers

**الفكرة الرئيسية** البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معاً عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

**الربط مع الحياة** فكّر كيف تكون حياتك مختلفة دون أكياس الفطائر البلاستيكية، وأكواب البلاستيك، وأقمشة النايلون والبوليستر، والفينيل المستعمل في المباني، ومجموعة أخرى متنوعة من المواد الصناعية؟! تشترك جميع هذه المواد في شيء واحد على الأقل، هو أنها جميعاً مصنوعة من بوليمرات.

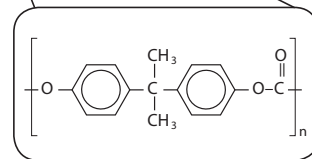
### عصر البوليمرات The Age of Polymers

تحتوي الأقراص المضغوطة، كما هو موضح في الشكل 16-2 على بولي كربونات، وهي مصنوعة من سلسلة جزيئات طويلة جداً مع مجموعات من الذرات ذات نمط تكراري منتظم. وهذا الجزيء مثال على البوليمرات الصناعية.

**البوليمرات** جزيئات كبيرة تتكوّن من العديد من الوحدات البنائية المتكررة. في الشكل 16-2 يستعمل الرمز n بجانب الوحدة البنائية للبولي كربونات ليشير إلى عدد الوحدات البنائية في سلسلة البوليمر. ولأن قيم n تختلف اختلافاً كبيراً من بوليمر إلى آخر، نجد أن الكتلة المولية للبوليمرات قد تكون أقل من 10,000 amu وقد تصل القيم إلى أكثر من 1,000,000 amu. فعلى سبيل المثال تحتوي سلسلة من الطلاء غير اللاصق على نحو 400 وحدة بنائية كتلتها المولية تساوي 40,000 amu.

وقديماً كان استعمال الناس يقتصر على المواد الطبيعية قبل تطوير البوليمرات الصناعية، مثل الحجر والخشب والمعادن والصوف والقطن. وبحلول مطلع القرن العشرين أصبحت بعض البوليمرات الطبيعية المعالجة كيميائياً -مثل المطاط والبلاستيك والسيليلويد- متاحة للاستعمال، إلى جانب المواد الطبيعية. ويحضر السيليلويد بمعالجة سيليلوز القطن أو الألياف الخشبية مع حمض النيتريك.

وكان أول بوليمر صناعي تم تحضيره عام 1909م قد تميز بالصلادة واللمعان. وهو نوع من البلاستيك يسمى الباكالايت. وبسبب مقاومته للحرارة، لا يزال يستعمل إلى اليوم في أجهزة الوقود الكبيرة. ومنذ عام 1909م، طورت مئات البوليمرات الصناعية الأخرى. وبسبب الاستعمال الواسع للبوليمرات، ربط الناس هذا العصر بالبوليمرات.



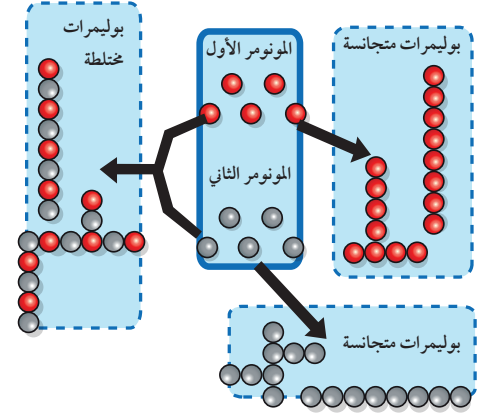
الشكل 16-2 الأقراص المدمجة

مصنوعة من البولي كربونات، وتحتوي على سلاسل طويلة من الوحدات البنائية.

## التفاعلات المستخدمة لصناعة البوليمرات Reactions Used to Make Polymers

يعد تصنيع البوليمرات عملية سهلة نسبيًا، إذ يمكن تصنيع البوليمرات في خطوة واحدة، تكون فيها المادة المتفاعلة الرئيسة جزيئات عضوية صغيرة بسيطة تسمى مونومرات. والمونومرات هي الجزيئات التي يصنع منها البوليمر. فعند صناعة البوليمر ترتبط المونومرات معًا الواحد تلو الآخر في سلسلة من الخطوات السريعة. وغالبًا ما تستعمل المحفزات ليتم التفاعل بسرعة معقولة. وفي بعض البوليمرات -مثل ألياف البوليستر والنايلون- يرتبط اثنان أو أكثر من المونومرات معًا بتسلسل متناوب. وتسمى التفاعلات التي ترتبط فيها المونومرات معًا **تفاعلات البلمرة**. وتسمى مجموعة الذرات المتكررة الناتجة عن ترابط المونومرات وحدة بناء البوليمر، ويبين الشكل 17-2 العلاقة بين البوليمرات والمونومرات المكونة له.

وتتكون وحدة بناء البوليمر من اثنين من المونومرات المختلفة التي لها المكونات نفسها. ويبين الشكل 18-2 ألعاب الأطفال غير القابلة للكسر التي تصنع من البولي إيثيلين المنخفض الكثافة (LDPE)، والذي يحضر ببلمرة الإيثين تحت ضغط عالٍ. كما يعد الإيثين أيضًا مادة أولية لتحضير وإنتاج البولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)، وهو المادة المستخدمة في صناعة العبوات البلاستيكية. ويمكن تصنيعه في صورة ألياف تسمى ألياف البوليستر. ويبين الشكل 19-2 الخط الزمني لأحداث بارزة أدت إلى عصر البوليمرات وتبسيط الضوء على تطور صناعة البوليمرات. وعلى الرغم من أن أول بوليمر تمت صناعته في العام 1909 م، إلا أن صناعة البوليمرات لم تزدهر إلا بعد الحرب العالمية الثانية.



الشكل 17-2 العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكونة له.



الشكل 18-2 البولي إيثيلين مادة غير سامة وغير قابلة للكسر، لذا يدخل هذا البوليمر في صناعة ألعاب الأطفال.

### الشكل 19-2 عصر البوليمرات يعمل العلماء

لفهم بنية وخواص المركبات العضوية لتطوير المنتجات التي تؤثر في حياة الناس في كل مكان. وقد ساعدت إسهاماتهم في الدخول إلى عصر البوليمرات.

1909م أول بلاستيك صنع من البوليمرات الصناعية هو الباكالايت وقد تم تطوير صناعته.

1865م تم تحديد تركيب البنزين الذي أصبح الأساس في إنتاج المركبات الأروماتية.

1890

1899م انتشر الأسبرين على نطاق واسع من قبل الأطباء بوصفه مادة مسكنة للألم، وأصبح أكثر الأدوية مبيعا على مستوى العالم.

1879م تم اكتشاف السكرين بطريقة الصدفة في أثناء عمل الكيميائيين في تقطير الفحم.

1860

1840م بدأ الأطباء استعمال الإيثر بوصفه مادة مخدرة في العمليات الجراحية.




1830



## البوليمرات الشائعة

الجدول 2-14

الوحدة البنائية المتكررة	الاستعمالات	البوليمر
$\cdots - \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \left[ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \right]_n \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array} \cdots$	<p>أنابيب بلاستيكية، وتغطية اللحوم والمفروشات، وملابس ضد المطر، وجدران المنازل، وخرطوم مياه</p> 	بولي كلوريد الفينيل (PVC)
$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\   \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array} \right]_n$	الأقمشة والملابس والمفروشات والسجاد	بولي أكريلونيتريل
$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{C} \\   \\ \text{Cl} \\   \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$	تغليف الطعام والأقمشة	بولي فينيلدين كلوريد
$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 - \text{C} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	زجاج غير قابل للكسر، للنوافذ، والعدسات والتحف الفنية	بولي ميثيل ميثاكريلات
$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	أوعية للمشروبات، والحبال، وأدوات المطبخ	بولي بروبيلين (PP)
$\left[ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{C}_6\text{H}_5 & \text{H} \end{array} \right]_n$	رغوة التغليف والعزل، وأوعية للنباتات، وحاوية لحفظ الطعام، وعمل النماذج	بولي ستايرين (PS) وستايرين البلاستيك
$\left[ \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	زجاجات العصير والحليب، الإطارات، والملابس، وأواني الطعام التي تستعمل مرة واحدة	بولي إيثيلين رباعي فتالات (PETE)
$\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \end{array} \right]_n$	الأثاث، ومخدات الفوم، والطلاء المقاوم للماء، وبعض أجزاء الأحذية	بولي يوريثان



## مهن في الكيمياء

**كيمياء البوليمرات** هل تبدو لك فكرة تطوير وتحسين البوليمرات فكرة جديدة وملهمة وتشكل تحديًا؟ يطور كيميائيو البوليمرات أنواعًا جديدة، كما يطورون استعمالات أو عمليات تصنيع جديدة للطرائق القديمة.

الدكتور سعيد بن محمد الزهراني، مخترع وعالم سعودي، حاصل على عدة جوائز وهي: جائزة إقليمية، وجائزة عالمية. كما حصل على براءة اختراع بعنوان «حفازات جديدة لإنتاج الألوفينات عن طريق الأكسدة النازعة للأكسجين وطرق تحضيرها واستخدامها». ويشرف على كرسي سابك للبوليمرات بالجامعة.

## المفردات

### أصل الكلمة

البلاستيك الحراري (Thermoplastic) جاءت كلمة (ثرمو) من الكلمة اليونانية therme التي تعني الحرارة، وجاءت كلمة بلاستيك من الكلمة اليونانية plastikos وتعني قالبًا أو نموذجًا، أو يتكون

## خواص البوليمرات وإعادة تدويرها Properties and Recycling of Polymers

لماذا نستعمل العديد من البوليمرات المختلفة هذه الأيام؟ أحد الأسباب يعود إلى سهولة تحضيرها، كما أن المواد الأولية المستعملة في تحضيرها غير مكلفة. ولكن هناك أسباب أخرى أكثر أهمية تتعلق بخواص البوليمرات نفسها؛ حيث يمكن سحب بعضها في صورة ألياف أنعم من الحرير، والبعض الآخر قوي كالفلوذاذ. كما أن البوليمرات غير قابلة للصدأ، والعديد منها أكثر تحملاً من المواد الطبيعية، ومن ذلك الخشب البلاستيكي الذي يظهر في الشكل 21-2؛ فهو غير قابل للتآكل، ولا يحتاج إلى إعادة طلاء.

**خواص البوليمرات** ومن أسباب زيادة الطلب على البوليمرات وانتشارها الواسع سهولة تشكيلها بأشكال مختلفة، أو سحبها على شكل ألياف رقيقة. علمًا بأنه ليس من السهل القيام بذلك مع المعادن أو المواد الطبيعية الأخرى؛ لأنه يجب تسخينها إلى درجات حرارة مرتفعة، بحيث لا تنصهر عندها، وتصبح ضعيفة؛ حتى تستعمل في تصنيع أدوات صغيرة ورقيقة.

وكما هو الحال مع المواد جميعها، فإن للبوليمرات خواص تعود مباشرة إلى تركيبها الجزيئي. فبولي إيثيلين مثلاً عبارة عن سلسلة طويلة من الألكان. لذلك، فملمسه شمعي، ولا يذوب في الماء، وغير نشط كيميائيًا، ورديء التوصيل للكهرباء. وقد جعلته هذه الخواص مثاليًا لاستعماله في أوعية حفظ الطعام، وتغليف أسلاك الكهرباء.



الشكل 21-2 يصنع الخشب البلاستيكي من البلاستيك المعاد تدويره، مثل زجاجات العصير، والحليب، وغيرها من نفايات البولي إيثيلين.



PETE  
بولي إيثيلين  
رباعي فتالات



HDPE  
بولي إيثيلين  
عالي الكثافة



V  
فيتيل



LDPE  
بولي إيثيلين  
منخفض الكثافة



PP  
بولي بروبيلين



PS  
بولي ستايرين



مواد بلاستيكية  
أخرى

الشكل 2-22 تساعد

الرموز الموجودة على المواد

البلاستيكية على إعادة

تدويرها لأنها تحدد مكوناتها.

**تدوير البوليمرات** تشتق المواد الأولية المستعملة في تصنيع معظم البوليمرات من الوقود الأحفوري. ولأن الوقود الأحفوري مهدد بالنفاد فقد أصبحت عملية تدوير البلاستيك أكثر أهمية. فإعادة التدوير وشراء السلع المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره تقلل من حجم استعمال الوقود الأحفوري، وبذلك نحافظ على هذا النوع من الوقود.

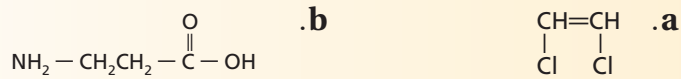
وتعد عملية إعادة تدوير هذه المواد صعبة إلى حد ما؛ نظراً إلى العدد الكبير من البوليمرات المختلفة الموجودة في هذه المنتجات. ولذلك لا بد من فرز المواد البلاستيكية وفقاً لمكونات البوليمر قبل إعادة استعمالها. وقد تكون عملية فرز المواد البلاستيكية طويلة ومكلفة، ولذلك يتم تحسين عملية صناعة البلاستيك من خلال تقديم رموز موحدة تشير إلى مكونات جميع المنتجات البلاستيكية. ولهذا فإن وجود رموز موحدة لصناعة البلاستيك، كما في الشكل 2-22، يوفر الوسائل السريعة لإعادة تدوير وفرز المواد البلاستيكية.

## التقويم 5-2

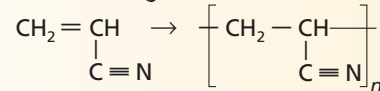
### الخلاصة

- البوليمرات جزيئات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تدعى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خواص البوليمر.

21. **الفترة الرئيسية** ارسم الصيغة البنائية للبوليمر الذي ينتج عن المونومرات الآتية في حالتها: a. الإضافة، و b. التكثف.

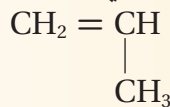


22. سمّ تفاعل البلمرة الآتي: إضافة أو تكثفًا. فسّر إجابتك.



23. حدّد تعوّض البوليمرات الصناعية في كثير من الأحيان الكثير من المواد الطبيعية، مثل الحجر، والخشب والمعادن، والصوف، والقطن، في العديد من التطبيقات. حدد بعض مزايا وعيوب استعمال المواد الصناعية بدلاً من المواد الطبيعية.

24. توقع الخواص الفيزيائية للبوليمر الذي يصنع من المونومر الآتي، متناولاً بعض خصائصه مثل: الذوبان في الماء، والتوصيل الكهربائي، والملمس، والنشاط الكيميائي.



# الكيمياء في الحياة اليومية



**الشكل 1** يحتوي الثوم الطازج على مادة كيميائية تسبب الألم كوسيلة دفاع ضد الأعداء.

وينشط الأليسين أيضاً الخلايا العصبية. وعلى ما يبدو فإن الأليسين فعال على زوج من بروتينات القناة الأيونية تسمى TRPA1 و TRPV1. وعندما توجد مادة الأليسين الكيميائية، تسمح هذه القنوات بدخول الأيونات إلى الخلية العصبية. ويؤدي إضافة الشحنات الكهربائية للخلية العصبية إلى إرسال إشارات للدماغ عن مواقع الإشارات، ويعمل الدماغ على تفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

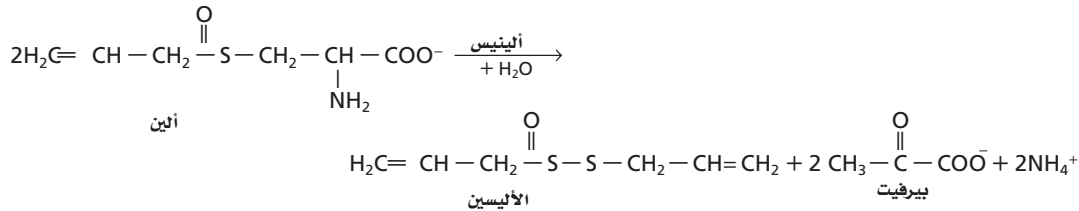
**استكشاف مستقبلات الألم Probing pain receptors** مع أنه من المثير للاهتمام أن نعرف لماذا يسبب تذوق الثوم الخام الألم إلا أن فهم كيفية قيام الأليسين بالتسبب في الإحساس بالألم هو أكثر أهمية وإثارة. ويأمل الباحثون أن تؤدي زيادة فهم كيفية عمل هذه المستقبلات إلى طرائق جديدة للسيطرة على الألم المزمن لدى المرضى.

## الثوم Garlic

هل تعلم أن طعم كل من الثوم الطازج والمطبوخ مختلفة جداً؟ فالثوم الطازج، كما هو مبين في الشكل 1، يحتوي على مواد تسبب إحساساً حارقاً في الفم. ومع ذلك لا يسبب الثوم المطبوخ هذا الإحساس. ويعود السبب إلى التفاعلات الكيميائية. فعندما يُدق الثوم الطازج أو يقطع أو يسحق فإنه ينتج مادة كيميائية تسمى الأليسين، كما في الشكل 2. ويعد إنتاج الأليسين آلية دفاع كيميائية يقوم بها نبات الثوم ضد غيره من المخلوقات الحية الأخرى. والأليسين مركب غير مستقر ويتحول إلى مركبات أخرى مع مرور الوقت، أو عند التسخين أو الطبخ، وهو ما يفسر لماذا لا يسبب الثوم المطبوخ إحساساً حارقاً في الفم. وقد نهى الرسول عليه الصلاة والسلام أكل الثوم عن حضور صلاة الجماعة في المسجد لأن رائحة الثوم مؤذية.

## الإحساس بالألم والحرارة Sensing temperature and pain

يتم الإحساس بدرجة الحرارة والألم عن طريق الخلايا العصبية الموجودة في الجلد، بما في ذلك الجلد الموجود داخل فمك. وتحتوي هذه الخلايا العصبية على جزيئات تكشف عن درجة حرارة سطحها، والتي تسمى قنوات الاستقبال الناقلة (TRP) للأيون. وتتأثر قنوات الاستقبال (TRP) المختلفة باختلاف مدى درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال، عندما يلمس شخص شيئاً ساخناً، تتبّه بعض قنوات الاستقبال (TRP) وتسمح لأيونات الكالسيوم المشحونة بالدخول إلى الخلايا العصبية. وهذا يؤدي إلى زيادة الشحنات في الخلايا العصبية. وعند زيادة الشحنات إلى حد كاف يتم إرسال إشارات كهربائية إلى الدماغ؛ حيث يتم تفسيرها على أنها إحساس بالسخونة.



**الشكل 2** عند تقطيع الثوم أو سحقه يقوم الأليين مع وجود إنزيم الأليينيس بإنتاج الأليسين. وعند تذوق طعم الثوم الطازج فإن جزءاً من الخلايا العصبية في فمك يرسل إشارة كهربائية إلى الدماغ الذي يقوم بتفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

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

# مختبر الكيمياء

## خواص الكحولات

درجة الحرارة، وتسجيلها في جدول البيانات.

8. حرك الهواء حول قطعة المناديل الناعمة التي تغلف مستودع الثرمومتر مستعملاً قطعة من الكرتون المقوى. بعد مرور دقيقة واحدة اقرأ وسجل درجة الحرارة النهائية في جدول البيانات. تخلص من قطعة المناديل وجفف مستودع الثرمومتر.

9. أعد الخطوات من 5 وحتى 8 لكل من الكحولات الثلاثة: الميثانول، والإيثانول، و-2-بروبانول.

10. احصل على درجة حرارة الغرفة والرطوبة من معلمك.

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

### التحليل والاستنتاج

1. الملاحظة والاستنتاج ماذا يمكنك أن تستنتج حول العلاقة بين انتقال الحرارة والتغيرات في درجات الحرارة التي قمت بملاحظتها؟

2. التقويم المحتوى الحراري المولي للتبخير (kJ/mol) لأنواع الكحولات الثلاثة عند درجة حرارة 25 °C هي كالاتي: ميثانول 37.4، إيثانول 42.3، -2-بروبانول 45.4، ما الذي يمكن أن تستنتجه حول قوى الترابط الموجودة في الكحولات الثلاثة؟

3. قارن اعمل مقارنة عامة بين الحجم الجزيئي للكحول من حيث عدد ذرات الكربون في السلسلة وسرعة تبخره.

4. الملاحظة والاستنتاج استنتج لماذا توجد اختلافات بين البيانات التي حصلت عليها وبيانات الطلبة الآخرين.

5. تحليل الخطأ حدد مصادر الأخطاء التي قد تظهر في الإجراءات التي قمت بها.

### الاستقصاء

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

**الخلفية النظرية** الكحولات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة OH- الوظيفية. ويشير الاختلاف في سرعة تبخر الكحول إلى قوى الترابط بين جزيئات الكحول. فتبخر السوائل عملية ماصّة للطاقة، حيث يتم امتصاص الطاقة من البيئة المحيطة بالمادة. وهذا يعني أن درجة الحرارة ستتناقص عند حدوث التبخر.

**السؤال** كيف تختلف قوى الترابط في ثلاثة أنواع من الكحولات؟

### المواد والأدوات اللازمة

ثرمومتر غير زئبقي. إيثانول (95%).

ساعة إيقاف. -2-بروبانول (99%).

مناديل ورقية ناعمة. سلك ربط أو مطاطة.

منشفة قماش. قطعة من الورق المقوى

ماصة (عدد 5). لاستعمالها كمروحة.

ميثانول

### إجراءات السلامة

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

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج قواعد السلامة في المختبر.

2. ارسم جدولاً لتسجيل البيانات.

3. اقطع خمس قطع بقياس 2cm×6cm من المناديل الورقية الناعمة.

4. ضع الثرمومتر على منشفة مطوية على سطح طاولة مستوية بحيث يكون مستودع الثرمومتر على الحافة ويمتد الثرمومتر نفسه خارج الطاولة. تأكد أن الثرمومتر لن يسقط عن الطاولة.

5. لف قطعة من المناديل الورقية الناعمة حول مستودع الثرمومتر. ثبت القطعة بسلك الربط فوق مستودع الثرمومتر.

6. اطلب إلى شخص واحد ضبط ساعة إيقاف وقراءة حرارة الثرمومتر، على أن يقوم شخص آخر بوضع كميات قليلة من الماء باستعمال الماصة ليتم اختبارها.

7. وعندما يصبح الشخصان جاهزين تضاف كمية كافية من الماء على القطعة الناعمة حتى تصبح مشبعة. وفي الوقت نفسه يقوم الشخص الآخر بتشغيل ساعة إيقاف، وقراءة

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

### 2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

#### المفاهيم الرئيسية

- يؤدي استبدال ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات بالمجموعات الوظيفية إلى تكوين مجموعة واسعة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل هو مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة بذرة كربون في مركب أليفاتي.

**الفكرة الرئيسية** يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

#### المفردات

- المجموعة الوظيفية
- هاليدات الألكيل
- هاليدات الأريل
- البلاستيك
- تفاعلات الاستبدال
- الهلجنة

### 2-2 الكحولات والإثيرات والأمينات

#### المفاهيم الرئيسية

- تتكون الكحولات، والإثيرات، والأمينات عندما تستبدل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعة وظيفية معينة.
- لأن الكحولات تكون روابط هيدروجينية بسهولة تكون درجة غليانها كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.

**الفكرة الرئيسية** الأكسجين والنتروجين من أكثر الذرات شيوعاً في المجموعات الوظيفية العضوية.

#### المفردات

- مجموعة الهيدروكسيل
- الكحولات
- الإثيرات
- الأمينات

### 2-3 مركبات الكربونيل

#### المفاهيم الرئيسية

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة  $C=O$ .
- تحتوي خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية على مركبات الكربونيل هي: الألدهيدات، والكي-tonات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

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

#### المفردات

- مجموعة الكربونيل
- الألدهيدات
- الكي-tonات
- الأحماض الكربوكسيلية
- مجموعة الكربوكسيل
- الإسترات
- الأميدات
- تفاعلات التكثف



## 2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

## الفكرة الرئيسية

تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركبات العضوية يجعل توقع نواتج هذه التفاعلات أسهل.

## المفاهيم الرئيسية

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركبات العضوية ضمن أحد خمسة أنواع، هي: الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثف.
- تمكن معرفة المركبات العضوية المتفاعلة من توقع نواتج التفاعل.

## المصردات

- تفاعلات الحذف
- تفاعلات حذف الهيدروجين
- تفاعلات حذف الماء
- تفاعلات الإضافة
- تفاعلات إضافة الماء
- تفاعلات الهدرجة

## 2-5 البولييمرات

## الفكرة الرئيسية

البولييمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معاً عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

## المفاهيم الرئيسية

- البولييمرات مركبات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تسمى المونومرات.
- تحضر البولييمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البولييمرات لتوقع خواص البولييمر.

## المصردات

- البولييمرات
- المونومرات
- تفاعلات البلمرة
- البلمرة بالإضافة
- البلمرة بالتكثف



## 2-1

## إتقان المفاهيم

25. ما المجموعة الوظيفية؟

26. صف وقارن الصيغ البنائية لهاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.

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

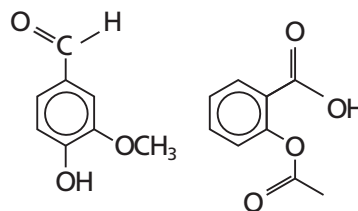
28. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:



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

## إتقان حل المسائل

30. ضع دائرة حول المجموعات الوظيفية في الصيغ البنائية المبينة في الشكل 2-23، ثم اذكر اسم كل منها.



b. الفانيلين

a. حمض الأستيتيل ساليسيليك

الشكل 2-23

31. ارسم الصيغة البنائية لهاليدات الألكيل أو الأريل الآتية:

a. كلوروبنزين

b. 1-برومو-4-كلوروهكسان

c. 1،2-ثنائي فلورو-3-أيودو هكسان حلقي

d. 1،3-ثنائي بروموبنزين

e. 1،1،2،2-رباعي فلوروإيثان

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

33. ارسم المتشكلات البنائية المحتملة جميعها لهاليد الألكيل

ذي الصيغة الجزيئية  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{Br}_2$ ، ثم سمّ كلاً منها.

34. سمّ متشكلاً بنائياً واحداً محتملاً عند تغيير موقع واحدة أو

أكثر من ذرات الهالوجين لكل من هاليدات الألكيل الآتية:

a. 2-كلوروبنتان

b. 1،1-ثنائي فلورو بروبان

c. 1،3-ثنائي بروموبنتان حلقي

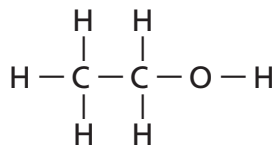
d. 1-برومو-2-كلوروإيثان

## 2-2

## إتقان المفاهيم

35. ما اسم المركب المين في الشكل 2-24؟ كيف يمكن

تغيير الخواص الطبيعية له؟



الشكل 2-24



## 2-3

## إتقان المفاهيم

41. ارسـم الصيغـة العامـة لكل نوع من أنواع المركبات العضوية الآتية:

- a. ألدهيد
- b. إستر
- c. كيتون
- d. أميد
- e. حمض كربوكسيلي

42. استـمـالـات شائـعة سم الألدـهـيد، أو الكـيـتون، أو الحمض الكربوكسيلي، أو الإستر، أو الأميد المستعمل لكل من الأغراض الآتية:

- a. حفظ العينات البيولوجية
- b. مذيـب لتلميع الأظافر
- c. حمض في الخل
- d. نكهة في الأطعمة والمشروبات

43. ما نوع التفاعل المستعمل لإنتاج الأسبرين من حمض السلسيليك وحمض الأسيتيك؟

## إتقان حل المسائل

44. ارسـم الصيغـة البنائـية لمركبات الكربونيل الآتية:

- a. 2،2-ثنائي كلورو-3-بتانول
- b. 4-ميثيل بتانال
- c. هكسانوات الأيزوبروبيل
- d. أوكتانوأמיד
- e. 3-فلورو-2-ميثيل حمض البيوتانويك
- f. بتانال حلقي
- g. ميثانوات الهكسيل

36. تطبيقات عملية سمّ كحولاً، أو أميناً، أو إيثرًا واحدًا، يستعمل لكل غرض من الأغراض الآتية:

- a. مادة مطهرة
- b. مذيـب للطلاء
- c. مانع للتجمد
- d. مخدر
- e. إنتاج الأصباغ

37. فسّر لماذا تكون ذوبانية جزيء الكحول في الماء أكثر من ذوبانية جزيء الإيثر رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان؟

38. فسّر لماذا تكون درجة غليان الإيثانول أعلى كثيرًا من الأمينو إيثران رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان تقريبًا؟

## إتقان حل المسائل

39. سمّ إيثرًا واحدًا له الصيغة البنائية لكل من الكحولين الآتين:

- a. 1-بيوتانول
- b. 2-هكسانول

40. ارسـم الصيغـة البنائـية لكل من الكحولـات، والأمينات، والإيثرات الآتية:

- a. 1،2-بيوتادايول
- b. 2-أمينوهكسان
- c. ثنائي أيزوبروبيل إيثر
- d. 2-ميثيل-1-بيوتانول
- e. بيوتيل بنتيل إيثر
- f. بيوتيل حلقي ميثيل إيثر
- g. 1،3-ثنائي أمينو بيوتان
- h. بتانول حلقي





## إتقان حل المسائل

49. صنف كلاً من التفاعلات العضوية الآتية إلى: استبدال،

أو إضافة، أو أكسدة واختزال، أو حذف، أو تكثف.

a. 2- بيوتين + هيدروجين ← بيوتان

b. بروبان + فلور ← 2- فلوروبروبان + فلوريد الهيدروجين.

c. 2- بروبانول ← بروبين + ماء

d. بيوتين حلقي + ماء ← بيوتانول حلقي

50. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلات التفاعلات الآتية:

a. تفاعل الاستبدال بين 2- كلوروبروبان والماء لتكوين 2- بروبانول وكلوريد الهيدروجين.

b. تفاعل الإضافة بين 3- هكسين والكلور لتكوين 3،4- ثنائي كلوروهكسان.

51. ما نوع التفاعل الذي يعمل على تحويل الكحول إلى كل نوع من المركبات الآتية:

a. إستر

b. ألكين

c. هاليد الألكيل

d. ألدهيد

52. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلة تفاعل التكثف بين الإيثانول وحمض البروبانويك.

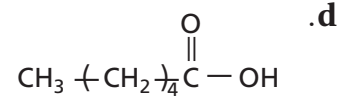
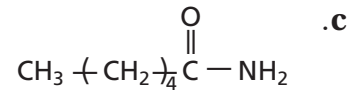
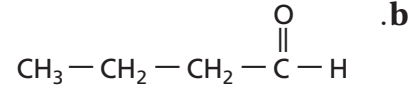
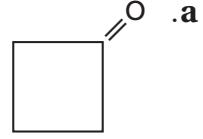
## 2-5

## إتقان المفاهيم

53. اشرح الفرق بين عمليتي البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثف.



45. سمّ مركبات الكربونيل الآتية:



## 2-4

## إتقان المفاهيم

46. تحضير المركبات العضوية ما المواد الأولية اللازمة لتحضير معظم المركبات العضوية الصناعية؟

47. فسّر أهمية تصنيف التفاعلات الكيميائية؟

48. اكتب اسم التفاعل العضوي اللازم لإجراء التغييرات الآتية:

a. ألكين ← ألكان

b. هاليد الألكيل ← كحول

c. هاليد الألكيل ← ألكين

d. أمين + حمض كربوكسيلي ← أميد

e. كحول ← هاليد الألكيل

f. ألكين ← كحول

## إتقان حل المسائل

54. تصنيع البوليمر ما المونومرات التي يلزم أن تتفاعل لإنتاج

كل من البوليمرات الآتية؟

a. بولي إيثيلين

b. بولي إيثيلين تيرافثاليت

c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

55. سم البوليمرات الناتجة عن المونومرات الآتية:

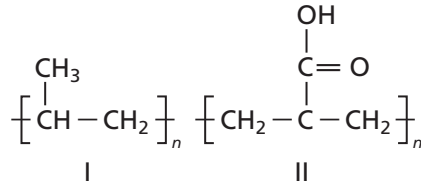
a.  $\text{CH}_3\text{Cl}$

b.  $\text{CH}_2=\text{CCl}_2$

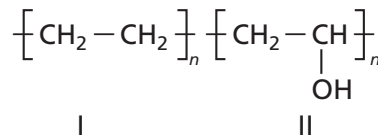
56. اختر البوليمر في كل من الأزواج الآتية، الذي تتوقع أن

تكون ذوبانيته أكبر في الماء.

a.



b.



57. ادرس الصيغ البنائية للبوليمرات الواردة في الجدول 14-2،

ثم قرر هل تنتج هذه البوليمرات عن عملية بلمرة بالإضافة أو بلمرة التكثف.

a. النايلون

b. بولي أكريلونيتريل

c. بولي يورإيثان

d. بولي بروبيلين

58. الهرمونات البشرية أي الهالوجينات يوجد في الهرمونات التي تنتجها الغدة الدرقية الطبيعية في الإنسان؟

## مراجعة عامة

59. صف خواص الأحماض الكربوكسيلية.

60. ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

a. 2-بيوتانول

b. بروبانال

c. حمض الهكسانويك

d. أميد هبتان

61. سم نوع المركب العضوي الناتج عن التفاعلات الآتية:

a. الحذف في الكحول

b. إضافة كلوريد الهيدروجين إلى الألكين

c. إضافة الماء إلى الألكين

d. استبدال مجموعة الهيدروكسيل مكان ذرة الهالوجين.

62. اكتب استعمالين لكل من البوليمرات الآتية:

a. بولي بروبيلين

b. بولي يورإيثان

c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

d. بولي فينيل كلوريد

63. ارسم الصيغة البنائية للمركبات العضوية الناتجة عن

تفاعل الإيثين مع كل من المواد الآتية، واكتب أسماءها.

a. الماء

b. هيدروجين

c. كلوريد الهيدروجين

d. الفلور

## التفكير الناقد

64. التقويم ذوبانية حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك)

عالية في الماء، وأحياناً الأحماض الكربوكسيلية التي تكون

في الحالة الطبيعية على شكل سلسلة طويلة، مثل حمض

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



فسّر ذلك.

- a. ارسم جميع الصيغ البنائية الممكنة للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الأحادي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع  $\text{Cl}_2$ .
- b. ارسم الصيغ البنائية الممكنة جميعها للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الثنائي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع  $\text{Cl}_2$ .

### الجدول 2-15 ذوبانية الكحول في الماء (mol/100g H<sub>2</sub>O)

الذوبانية	صيغة الكحول	اسم الكحول
غير محدد	$\text{CH}_3\text{OH}$	ميثانول
غير محدد	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	إيثانول
غير محدد	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	بروبانول
0.11	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	بيوتانول
0.030	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	بنتانول
0.058	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	هكسانول
0.0008	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$	هبتانول

70. تقويم ادرس الجدول 2-15 من حيث ذوبانية بعض أنواع الكحولات في الماء. استعمل هذا الجدول للإجابة عن الأسئلة الآتية:

- a. ما نوع الرابطة المتكونة بين مجموعة  $\text{OH}$ - في الكحول والماء؟
- b. مستعملاً البيانات في الجدول، جد العلاقة بين ذوبانية الكحول في الماء وحجم الكحول.
- c. قدم تفسيراً للعلاقة التي توصلت إليها في الجزء b.

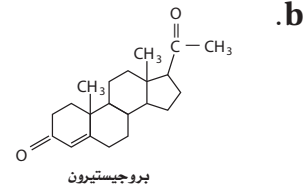
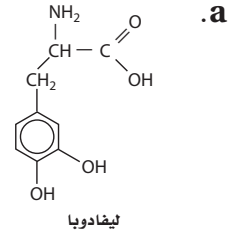
### مراجعة تراكمية

71. ما الخطوة المحددة للتفاعل؟
72. اعتماداً على مبدأ لوتشاتلييه، كيف تؤثر زيادة حجم وعاء التفاعل على الاتزان الآتي؟



73. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

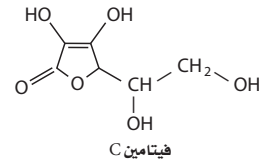
65. تفسير الرسوم العلمية اعمل قائمة بجميع المجموعات الوظيفية الظاهرة في المركبات العضوية الآتية:



66. التوصل اكتب الصيغة البنائية لكل المتشكلات البنائية ذات الصيغ الجزيئية الآتية، ثم اذكر اسم كل متشكل.



67. تفسير الرسوم العلمية تحتاج الخلايا الحية في الإنسان إلى فيتامين C لتصنيع المواد التي تكون النسيج الضام مثل تلك الموجودة في الأربطة. اكتب أسماء المجموعات الوظيفية الموجودة في جزيء فيتامين C المبين في الشكل 2-25.



الشكل 2-25

68. حدد ارسم الصيغة البنائية لمركب عضوي مكون من أربع ذرات كربون وينتمي إلى كل نوع من أنواع المركبات الآتية:

- a. الإسترات      b. الألكهيدات
- c. الإثيرات      d. الكحولات

69. التوقع يصف تفاعل الهلجنة الأحادي تفاعل استبدال ذرة هيدروجين واحدة بذرة هالوجين. بينما يصف تفاعل الهلجنة الثنائي تفاعل استبدال ذرتي هيدروجين بذرتي هالوجين.

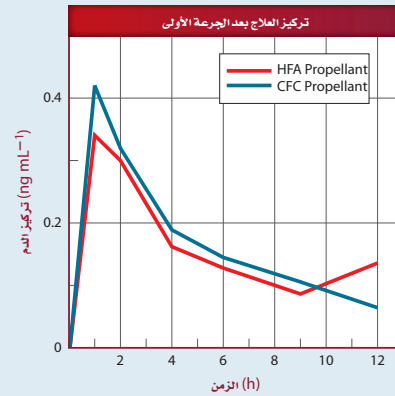
## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

74. نظرة تاريخية اكتب قصة قصيرة حول حياتك لو كنت تعيش في القرن الثامن عشر قبل تطوير البوليمرات الصناعية.

## أسئلة المستندات

مواد الصيدلية تحتوي العديد من الأدوية المستعملة لعلاج الربو على مركبات الكلوروفلوروكربون. ومع ذلك نادى بروتوكول مونتريال بفرض حظر على استعمال هذه المركبات عام 2008م واستعمال مركبات الهيدروفلوروكربون بدلاً منها. وقد وجد أن اثنين من مركبات الهيدروفلوروكربون (HFAs) غير فعالة في توصيل أدوية الربو إلى الرئتين، كما يلزم خفض جرعة الدواء إلى النصف عند استعمال الهيدروفلوروكربون. يبين الشكل 2-26 تركيز العلاج بعد استعمال بخة واحدة من مركب بيكلوميثازون باستعمال بخاخات CFC وأخرى باستعمال بخاخات HFA.



الشكل 2-26

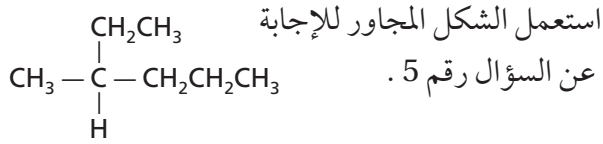
75. بعد استعمال جرعة واحدة من علاج بيكلوميثازون beclomethasone، أي البخاخات أدت إلى تركيز أعلى للعلاج في الدم: HFA أو CFC؟

76. متى يصل تركيز العلاج إلى الذروة؟

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



# اختبار مقنن



5. أي مما يأتي يعد الاسم الصحيح للمركب؟

a. 3-ميثيل هكسان

b. 2-ميثيل بنتان

c. 2-بروبيل بيوتان

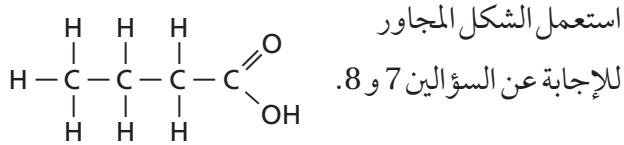
d. 1-ميثيل، 1-ميثيل بيوتان

6. أي المشتقات الهيدروكربونية له الصيغة العامة R-OH؟

a. الكحول c. الكيتون

b. الأمين d. الحمض الكربوكسيلي

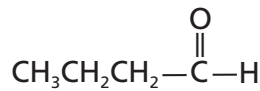
## أسئلة الإجابات القصيرة



7. ما المجموعة الوظيفية الظاهرة في هذا المركب؟

8. ما اسم هذا المركب؟

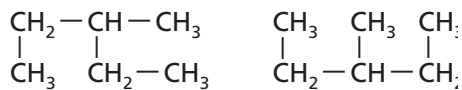
9. ما نوع المجموعة الوظيفية في المركب الآتي؟



10. ما الصيغة البنائية المختصرة للهبثان؟

## أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 11.



11. كل من الصيغتين البنائيتين أملاهما لهما الصيغة الجزيئية

C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> نفسها. هل يمكن اعتبار كل منهما هيكلاً

للاخر؟ فسر إجابتك.

## أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما النواتج المتوقعة لهذا التفاعل؟



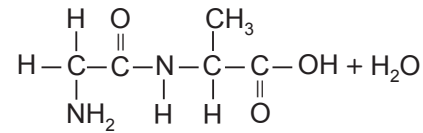
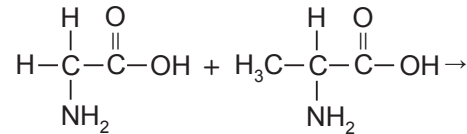
a. CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>Br + H<sub>2</sub>

b. CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub> + Br<sub>2</sub>

c. CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub> + HBr

d. CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> + NH<sub>2</sub>Br

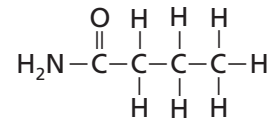
2. ما نوع التفاعل الآتي؟



a. استبدال c. إضافة

b. تكثف d. حذف

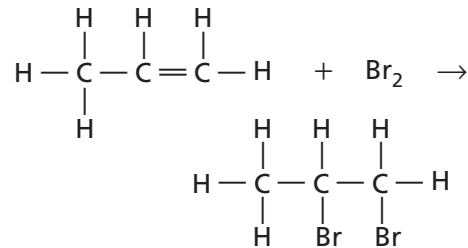
3. ما نوع المركب الذي يمثله الجزيء الآتي؟



a. أمين c. إستر

b. أميد d. إيثر

4. ما نوع التفاعل المبين أدناه؟



a. تكثف c. بلمرة

b. حذف الماء d. هلجنة

# المركبات العضوية الحيوية (كيمياء الحياة) The Bioorganic Compounds

# 3

# العضوية

**الفكرة العامة** تقوم المركبات العضوية الحيوية (البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات-الدهون- والأحماض النووية) بالأنشطة الضرورية للخلايا الحية.

## 3-1 البروتينات

**الفكرة الرئيسية** تؤدي البروتينات وظائف أساسية تشمل تنظيم التفاعلات الكيميائية الحيوية، والدعم البنائي، ونقل المواد، وتقلصات العضلات.

## 3-2 الكربوهيدرات

**الفكرة الرئيسية** تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.

## 3-3 الليبيدات

**الفكرة الرئيسية** تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتخزن الطاقة، وتنظم العمليات الخلوية.

## 3-4 الأحماض النووية

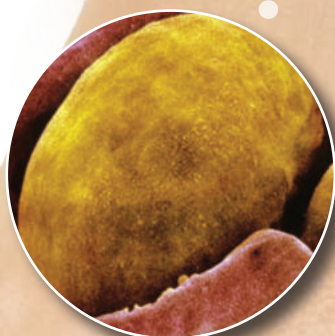
**الفكرة الرئيسية** تخزن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.

## حقائق كيميائية

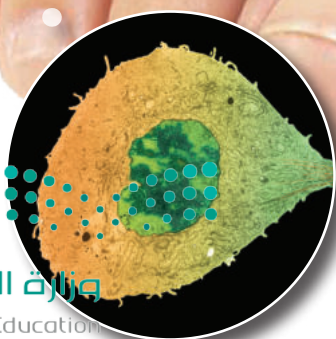
- يعطي جرام واحد من الدهون أكثر من ضعف الطاقة التي تعطيها الكمية نفسها من الكربوهيدرات والبروتينات.
- الليبيدات الفوسفورية هي ليبيدات خاصة تكوّن الأغشية الخلوية للخلايا الحية.
- يتكوّن الكروموسوم البشري الواحد من جزيء DNA الذي يبلغ طوله 5 cm تقريبًا إذا قمنا بشدّه.



نسيج ضام



خلايا دهنية



خلايا جلدية

## نشاطات تمهيدية

**المركبات العضوية الحيوية:**  
اعمل المطوية الآتية لمساعدتك  
على تنظيم المعلومات المتعلقة  
بالمركبات العضوية الحيوية.

### المطويات

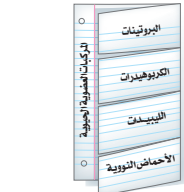
منظمات الأفكار



**الخطوة 1** اطو ورقة من  
أوراق دفتر الملاحظات طويلاً،  
تاركاً حاشية على الجانب  
الأيسر.



**الخطوة 2** قصّ الجزء العلوي  
إلى أربع أشرطة.



**الخطوة 3** اكتب العنوان  
الآتي على الحاشية. "المركبات  
العضوية الحيوية". وكتب  
على كل من الأشرطة الأربعة  
أحد المصطلحات الآتية:  
البروتينات، الكربوهيدرات،  
الليبيدات، الأحماض النووية.

**المطويات** استخدم هذه المطوية مع الأقسام  
1-3، و2-3، و3-3، و4-3 لخص في أثناء  
قراءتك هذه الأقسام التركيب العام ووظيفة المركبات  
العضوية الحيوية، وأعط أمثلة على كل منها.

## تجربة استهلاكية

### كيف تختبر وجود السكريات البسيطة؟

تزود العديد من مصادر الغذاء المختلفة الجسم بالطاقة التي  
يستعملها باستمرار. وتُخزن هذه الطاقة في روابط جزيئات  
تسمى السكريات.

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املاً كأساً سعتها 400 mL بالماء إلى ثلثها، وضعها على  
سخان كهربائي، وسخنه حتى يغلي الماء.
3. استخدم مخبراً مدرجاً لقياس 5 mL من محلول جلوكوز  
تركيزه 10%، واسكبه في أنبوب اختبار.
4. أضف 3.0 mL من محلول بندكت إلى أنبوب الاختبار،  
واخلط المحلولين مستخدماً ساق التحريك. وأضف حجر  
الغليان إلى أنبوب الاختبار، وهي قطعة صخرية صغيرة  
توضع لمنع فوران السائل في أثناء الغليان.
- تحذير: محلول بندكت مهيج للعيون والجلد.
5. ضع أنبوب الاختبار في حمام الماء المغلي باستعمال الملقط،  
مدة 5 دقائق.

6. يدل تغير اللون إلى الأصفر أو البرتقالي على وجود سكر  
بسيط. سجل مشاهداتك.
7. كرّر الخطوات السابقة مستعملاً محلول النشا 10% ومعلق  
الجيلاتين 10%، وبضع قطرات من معلق العسل في الماء.

### تحليل النتائج

1. صف تغيرات الألوان التي شاهدتها.
2. صنف أي الأغذية تحتوي على سكر بسيط؟  
**استقصاء** فكر في وجبة العشاء التي تناولتها أمس. ما الأغذية  
التي احتوت على سكريات بسيطة؟ وكيف يمكن اختبار هذه  
الأغذية للكشف عن ذلك؟





# 3-1

## الأهداف

- تصف تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات.
- تشرح وظيفة البروتينات في الخلايا.

## مراجعة المفردات

البوليمرات مركبات كبيرة تتكون من وحدات متكررة عديدة تسمى المونومرات.

## المفردات الجديدة

البروتينات  
الأحماض الأمينية  
الرابطة الببتيدية  
الببتيد  
تغير الخواص الطبيعية  
الإنزيم  
المادة الخاضعة لفعل الإنزيم  
الموقع النشط

## البروتينات Proteins

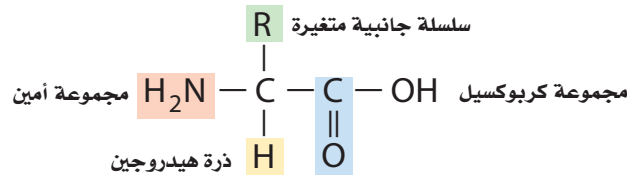
**الفكرة الرئيسية** تؤدي البروتينات وظائف أساسية تشمل تنظيم التفاعلات الكيميائية الحيوية، والدعم البنائي، ونقل المواد، وتقلصات العضلات.

**الربط مع الحياة** تحتوي بعض منتجات التنظيف - ومنها محلول تنظيف العدسات اللاصقة - على الإنزيمات. هل تساءلت يوماً ما الإنزيم؟

## تركيب البروتين Protein Structure

تعد الإنزيمات نوعاً من البروتينات. والبروتينات بوليمرات عضوية تتكون من أحماض أمينية مرتبطة معاً بترتيب معين. والبروتينات ليست مجرد سلاسل كبيرة من الأحماض الأمينية المرتبة عشوائياً. ويجب أن يكون البروتين مطويًا في تركيب معين ثلاثي الأبعاد حتى يعمل بشكل صحيح. وجميع المخلوقات الحية؛ ومنها الإبل والنباتات الميئة في الشكل 3-1، تتكون من البروتينات.

**الأحماض الأمينية** توجد مجموعات وظيفية كثيرة ومختلفة من الأحماض الأمينية في المركبات العضوية. والأحماض الأمينية، كما يدل اسمها، جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية. والشكل الآتي يبين التركيب العام للحمض الأميني:



يوجد في كل حمض أميني ذرة كربون مركزية محاطة بأربع مجموعات: مجموعة الأمين (-NH<sub>2</sub>)، ومجموعة الكربوكسيل (-COOH)، وذرة هيدروجين، وسلسلة جانبية متغيرة R. وتختلف السلسلة الجانبية من ذرة هيدروجين واحدة إلى تركيب معقد ذي حلقتين.



**الشكل 3-1** تحتوي جميع المخلوقات الحية على البروتينات؛ فشعر الإبل وعضلاته جميعها تتكون من بروتينات بنائية، كما هو الحال لجذور النباتات وأوراقها.



## أمثلة على الأحماض الأمينية

### الجدول 3-1

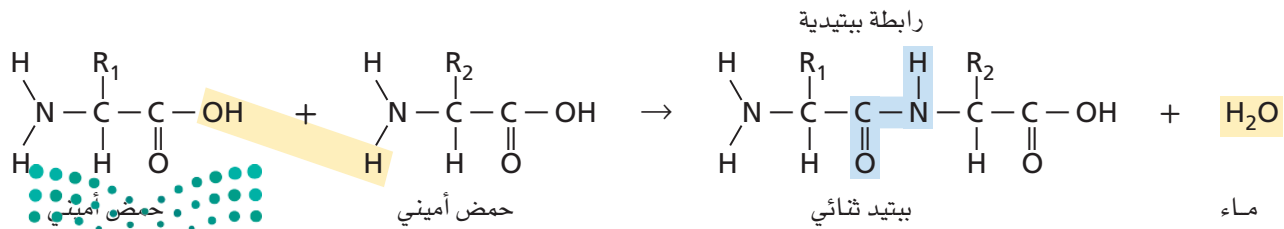
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>اللايسين</p>	$\begin{array}{c} \text{SH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>السيستين</p>	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>السيرين</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>الجلاليسين</p>
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>فينيل الألانين</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{CH} \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>الفالين</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{NH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>الجلوتامين</p>	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ <p>حمض الجلوتامك</p>

ادرس السلاسل الجانبية المختلفة للأحماض الأمينية المبينة في الجدول 3-1، وحدد الألكانات غير القطبية، ومجموعات الهيدروكسيل القطبية، والمجموعات الحمضية والقاعدية مثل مجموعات الكربوكسيل والأمين، والحلقات الأروماتية، والمجموعات التي تحتوي على الكبريت. يزداد هذا التنوع الواسع للسلاسل الجانبية للأحماض الأمينية المختلفة بتنوع كبير من الخواص الكيميائية والفيزيائية، ويساعد البروتينات على أداء وظائف عديدة ومختلفة.

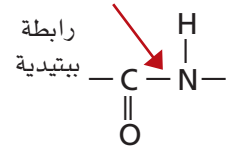
**الرابطة الببتيدية** توفر مجموعات الأمين والكربوكسيل مواضع ربط مناسبة لربط الأحماض الأمينية معًا. ولأن الحمض الأميني هو في الوقت نفسه أمين وحمض كربوكسيلي، لذا يستطيع حمضان أمينيان أن يتحدا لتكوين أميد، وينطلق ماء في هذه العملية. هذا التفاعل هو تفاعل تكثف. وكما يبين الشكل 3-2، فإن مجموعة الكربوكسيل لأحد الحمضين الأمينيين تتحد مع مجموعة الأمين في الحمض الثاني لتكوين مجموعة الأميد الوظيفية.

✓ **ماذا قرأت؟ اشرح** كيف تتكون مجموعة الأميد الوظيفية.

**الشكل 3-2** ترتبط مجموعة الأمين لأحد الحمضين الأمينيين بمجموعة الكربوكسيل لحمض أميني آخر لتكوين ببتيد ثنائي وماء. والمجموعة العضوية الوظيفية التي تتكون تسمى رابطة ببتيدية.



يطلق المختصون في الكيمياء الحيوية على رابطة الأמיד المبينة في الشكل 3-3، والتي تجمع حمضين أميين اسم **الرابطة الببتيدية**. كما يطلق على السلسلة المكونة من حمضين أميين أو أكثر مرتبطة معاً بروابط ببتيدية **الببتيد**. أما الجزيء المكون من حمضين أميين مرتبطين معاً برابطة ببتيدية فيسمى ثنائي الببتيد. ويبين الشكل 3-4a تركيب ثنائي ببتيد مكوناً من الحمضين الأميين الجلايسين (Gly) وفينيل الألنين (Phe). في حين يبين الشكل 3-4b ثنائي ببتيد آخر مختلفاً مكوناً أيضاً من الجلايسين وفينيل الألنين. فهل Gly-Phe هو المركب Phe-Gly نفسه؟ لا، إنهما مختلفان. تفحص هذين المركبين ثنائي الببتيد لترى أن الترتيب الذي يرتبط فيه ثنائي الببتيد مهم، فما زال كل طرف من وحدة الحمضين الأميين في ثنائي الببتيد لديه مجموعة حرة: أحد الطرفين لديه مجموعة كربوكسيل حرة، والطرف الآخر لديه مجموعة أمين حرة. وتستطيع كل من هاتين المجموعتين الارتباط مع الطرف المقابل من حمض أميني آخر، مكونة المزيد من الروابط الببتيدية. وتقوم الخلايا الحية دائماً ببناء الببتيدات بإضافة أحماض أمينية إلى الطرف الكربوكسيلي من الطرف النامي.



رابطة ببتيدية I

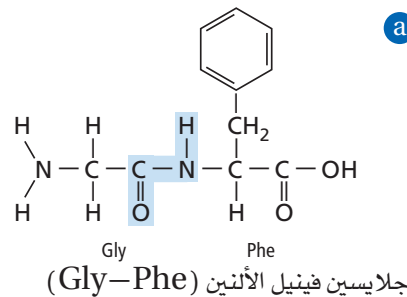
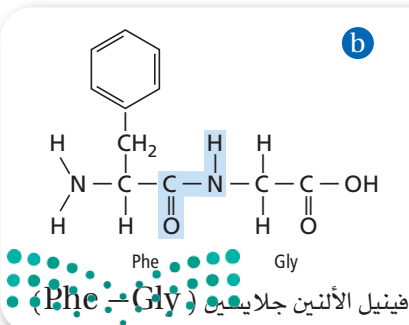
الشكل 3-3 تجمع الرابطة  
الببتيدية حمضين أميين  
لتكوين ثنائي الببتيد.

### ماذا قرأت؟ اشرح الفرق بين الببتيد وثنائي الببتيد.

**عديد الببتيد** كلما زاد طول السلاسل الببتيدية أصبح من الضروري إعطاؤها أسماء أخرى. فالسلسلة المكونة من عشرة أحماض أمينية أو أكثر متصلة معاً بروابط ببتيدية تسمى عديد الببتيد. ويتضمن الشكل 3-5 مثالا على عديد الببتيد. وعندما يصل طول السلسلة نحو 50 حمضاً أمينياً يطلق عليها اسم بروتين.

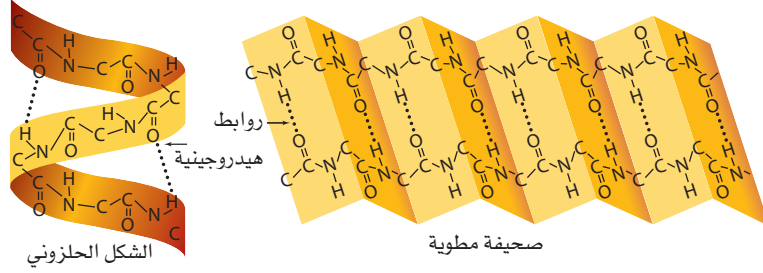
ولأن هناك 20 حمضاً أمينياً فقط تستطيع تكوين البروتينات، لذا فقد يبدو منطقيًا وجود عدد محدود فقط من تراكيب البروتينات. ولكن البروتين يمكن أن يحتوي على 50 حمضاً أمينياً على الأقل، أو أكثر من 1000 حمض أميني مرتبة في أي تتابع ممكن. ولحساب عدد التتابعات الممكنة لهذه الأحماض الأمينية افترض أن كل موقع على السلسلة يمكن أن يكون فيه 20 حمضاً أمينياً محتملاً. الببتيد الذي يحتوي على n من الأحماض الأمينية فهناك  $20^n$  من التتابعات المحتملة للأحماض الأمينية. وهكذا فإن ثنائي الببتيد الذي يتكون من حمضين أميين فقط يمكن أن يكون له  $20^2$ ، أو 400 تتابع محتمل للأحماض الأمينية. وحتى أصغر البروتينات، والذي يحتوي على 50 حمضاً أمينياً فقط لديه  $20^{50}$  أو أكثر من  $1 \times 10^{65}$  احتمال من ترتيبات الأحماض الأمينية! ولأن خلايا الإنسان تصنع ما بين 80,000 و 100,000 بروتين مختلف، لذا يمكنك أن ترى أن هذا عبارة عن جزء صغير فقط من مجموع عدد البروتينات المحتملة.

### ماذا قرأت؟ احسب عدد التتابعات المحتملة لسلسلة ببتيد تتكون من أربعة أحماض أمينية.



الشكل 3-4 يمكن أن يتحد الجلايسين (Gly) مع الفينيل الألنين (Phe) بطريقتين. اشرح لماذا يعد هذان التركيبان مادتين مختلفتين؟

**الشكل 5-3** يتضمن طبي سلاسل الببتيد في صورة شكل حلزوني أو صحيفة مطوية تثبتت الأحماض الأمينية في مواقع معينة بواسطة الروابط الهيدروجينية. وهناك عدد من التفاعلات بين السلاسل لا تظهر هنا، ولكنها تؤدي دوراً مهماً في تحديد الشكل الثلاثي الأبعاد لعديد الببتيد.



## واقع الكيمياء في الحياة الإنزيمات



**الباباين** هو أحد أمثلة الإنزيمات التي قد تكون استعملتها ويوجد في البابايا، والأناناس، ومصادر نباتية أخرى. ويعمل هذا الإنزيم عاملاً مساعداً في التفاعل الذي يفكك جزيئات البروتين، ويحوّلها إلى أحماض أمينية حرة. والباباين هو العامل الفعّال في بقاء اللحوم طرية؛ فعندما تنشر الباباين المجفف على اللحم الرطب فإنه يكوّن محلولاً يكسر ألياف البروتين القاسية في اللحم فيجعله أكثر طراوة.

**تركيب البروتين الثلاثي الأبعاد** تبدأ السلاسل الطويلة المكونة من الأحماض الأمينية بالطي مكونة أشكالاً ثلاثية الأبعاد قبل أن يكتمل تكوينها. ويتحدد الشكل الثلاثي الأبعاد عن طريق التفاعلات بين الأحماض الأمينية. فقد تتكون بعض أجزاء عديد الببتيد في صورة شكل حلزوني يشبه لفات سلك الهاتف. وقد تنشئ بعض الأجزاء الأخرى إلى الأمام وإلى الخلف بصورة متكررة مكونة تركيباً على هيئة صحيفة مطوية عدة طيات. وقد تنشئ سلسلة عديد الببتيد إلى الخلف على نفسها وتغير اتجاهها. كما يمكن أن يحتوي بروتين معين على عدة لولب، وصحائف، ولفات، وقد لا يحتوي على أي منها. ويبين الشكل 5-3 نمط الطي للولب نموذجي وصحيفة. والشكل الكلي الثلاثي الأبعاد للعديد من البروتينات شكل كروي غير منتظم. وهناك أنواع أخرى من البروتينات لها شكل ليفي طويل. وشكل البروتين مهم لعمله، فإذا تغير هذا الشكل فقد لا يستطيع أن يقوم بعمله داخل الخلية.

تغير الخواص الطبيعية ينتج عن التغيرات في درجة الحرارة وقوة الرابطة الأيونية والرقم الهيدروجيني pH والعوامل الأخرى انفكك طيات البروتين ولوالبه، فيؤدي هذا إلى **تغير الخواص الطبيعية** (Denaturation) الأصلية للبروتين، وهي العملية التي تشبه تركيب البروتين الطبيعي الثلاثي الأبعاد وتمزقه أو تلتفه. ويؤدي الطبخ عادة إلى تغير الخواص الطبيعية للبروتينات في الأغذية. فعند سلق بيضة تصبح صلبة لأن زلال البيضة الغني بالبروتين يتصلب نتيجة تغير الخواص الطبيعية للبروتين. ولما كانت البروتينات تعمل بصورة صحيحة فقط عندما تكون مطوية، لذا فإنها تصبح غير فعالة بصورة عامة إذا حدث لها تحويل في خواصها الطبيعية.

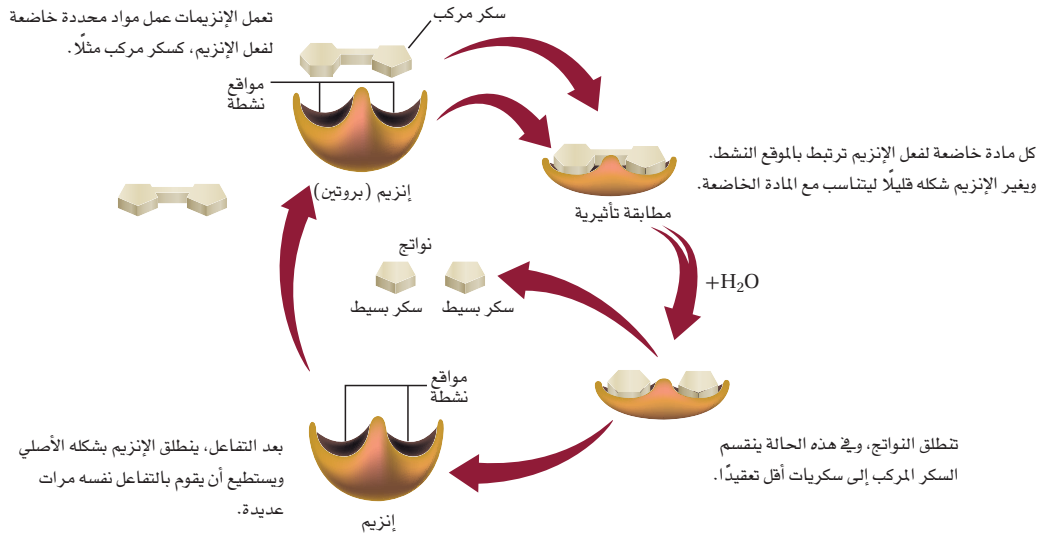
## الوظائف المتعددة للبروتينات

### The Multiple Functions of Proteins

تؤدي البروتينات أدواراً كثيرة في الخلايا الحية؛ فهي تقوم بتسريع التفاعلات الكيميائية، ونقل المواد، وتنظيم العمليات الخلوية، والدعم البنائي للخلايا، والاتصالات داخل الخلايا وفيما بينها، وتسريع حركة الخلايا، وتعمل عمل المصدر للطاقة عند شحّ المصادر الأخرى.

**تسريع التفاعلات** يعمل العدد الأكبر من البروتينات في معظم المخلوقات الحية عمل الإنزيمات والعوامل المحفزة للتفاعلات الكثيرة التي تحدث في الخلايا الحية. يعد **الإنزيم** عاملاً محفزاً حيوياً؛ حيث يعمل على تسريع التفاعل الكيميائي دون أن يُستهلك في هذا التفاعل. ويؤدي عادة إلى تخفيض طاقة تنشيط التفاعل عن طريق تثبيت الحالة الانتقالية.

تجربة عملية  
تغيير طبيّة البروتين  
ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



**الشكل 3-6** تخفض الإنزيمات طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل، وتغير السرعة التي يحدث بها التفاعل دون أن تتغير هي في التفاعل.

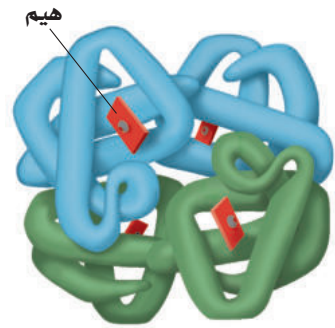
كيف تعمل الإنزيمات؟ إن مصطلح **مادة خاضعة لفعل الإنزيم** يشير إلى مادة متفاعلة في تفاعل يعمل الإنزيم فيه عمل عامل محفز، كما في الشكل 3-6. وترتبط المواد الخاضعة لفعل الإنزيم بمواضع معينة على جزيئات الإنزيم، وهي عادة عبارة عن جيوب أو شقوق. وتسمى النقطة التي ترتبط بها المواد الخاضعة لفعل الإنزيم **الموقع النشط** للإنزيم. وبعدها ترتبط المادة الخاضعة بالموقع النشط بغير هذا الموضع شكله قليلاً ليحيط بالمادة الخاضعة بصورة أكثر إحكاماً، وتسمى هذه العملية المطابقة التآثرية؛ إذ يجب أن تتطابق أشكال المواد الخاضعة مع شكل الموقع النشط، بالطريقة نفسها التي تتطابق بها قطع الألغاز أو القفل والمفتاح. ولن يرتبط الجزيء الذي يختلف شكله قليلاً عن شكل المادة الخاضعة المعتادة للإنزيم بصورة جيدة بالموقع النشط، وقد لا يحدث التفاعل. ويسمى التركيب المتكون من الإنزيم والمادة الخاضعة عند ارتباطها مركب الإنزيم والمادة الخاضعة. فالحجم الكبير لجزيئات الإنزيم يمكنها من تكوين روابط متعددة مع المواد الخاضعة، كما يسمح التنوع الكبير للسلاسل الجانبية للأحماض الأمينية في الإنزيم بتكوين عدد من القوى بين الجزيئية المختلفة. وتخفض القوى بين الجزيئية هذه طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل؛ حيث تتكسر الروابط وتتحول المادة الخاضعة لفعل الإنزيم إلى نواتج.

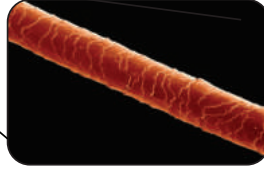
✓ **ماذا قرأت؟ صف** بكلماتك الخاصة كيف يعمل الإنزيم؟

**بروتينات النقل** تنقل بعض البروتينات جسيمات أصغر منها في أرجاء الجسم. ويبين الشكل 3-7 بروتين الهيموجلوبين، الذي ينقل الأكسجين في الدم من الرئتين إلى بقية الجسم. وهناك بروتينات أخرى تتحد بجزيئات حيوية تسمى **ليبيدات**؛ لثقلها من جزء من الجسم إلى جزء آخر خلال مجرى الدم.

### الشكل 3-7

الهيموجلوبين بروتين كروي، فيه أربع سلاسل عديدة الببتيد، يحتوي كل منها على مجموعة حديد تسمى هيم، يرتبط معها الأكسجين.





**الشكل 8-3** يتكون شعر الإنسان من بروتين ليفي يسمى الكيراتين.

**الدعم البنائي** تقتصر بعض البروتينات على وظيفة وحيدة هي تكوين تراكيب حيوية للمخلوقات الحية، وتعرف هذه الجزيئات باسم البروتينات البنائية. والبروتين البنائي الأكثر توافراً في معظم الحيوانات هو الكولاجين، وهو جزء من الجلد والأوتار والأربطة والعظام. وتشمل البروتينات البنائية الأخرى: الريش والفرو والصوف والحوافر والأظفار والشرنقات، والشعر، كما في الشكل 8-3.

**الإشارات الخلوية cell signalling** الهرمونات جزيئات تحمل الإشارات من أحد أجزاء الجسم إلى جزء آخر. وبعض الهرمونات بروتينات. فالأنسولين - وهو مثال مألوف للبروتينات - هرمون بروتيني صغير يتكون من 51 حمضاً أمينياً تنتجه بعض خلايا البنكرياس. وعندما يُطلق الأنسولين إلى مجرى الدم يعطي إشارات لخلايا الجسم أن سكر الدم متوافر بكثرة ويجب تخزينه. يؤدي عدم توافر الأنسولين في كثير من الأحوال إلى مرض السكري الذي ينتج عن كثرة السكر في مجرى الدم.

ولما كانت التقنية الحديثة قد جعلت تصنيع البروتينات في المختبر ممكناً، لذا فقد تم صناعة بعض الهرمونات البروتينية لاستعمالها أدوية. ومن ذلك الأنسولين، وهرمونات الغدة الدرقية، وهرمونات النمو. وتستهمل البروتينات الطبيعية والصناعية في العديد من المنتجات، من محاليل التنظيف إلى وسائل المساعدة الصحية والتجميلية.

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

## التقويم 3-1

### الخلاصة

1. الفكرة الرئيسية صف ثلاثة بروتينات، وحدد وظائفها.
2. قارن بين بناء الأحماض الأمينية، وثنائي الببتيد، وعديد الببتيد، والبروتين، أيها له أكبر كتلة جزيئية، وأيها له أصغر كتلة جزيئية؟
3. ارسم تركيب ثنائي الببتيد Gly-Ser، وضع دائرة حول الرابطة الببتيدية.
4. قوّم ما خواص البروتينات التي تجعلها عوامل مساعدة مفيدة؟ وفيم تختلف عن عوامل مساعدة أخرى سبق أن درستها؟
5. اشرح ثلاث وظائف للبروتينات في الخلايا، وأعط مثلاً على كل وظيفة.
6. صنف حمضاً أمينياً من الجدول 3-1 يمكن تصنيفه في كل فئة من الأزواج الآتية:
  - a. غير قطبي مقابل قطبي
  - b. أروماتي مقابل أليفاتي
  - c. حمضي مقابل قاعدي



## الأهداف

- تصف تراكيب السكريات الأحادية، والثنائية، وعديدة التسكر.
- تشرح وظائف الكربوهيدرات في المخلوقات الحية.

## مراجعة المفردات

المتشكلات الفراغية نوع من المتشكلات ترتبط ذراتها بالترتيب نفسه، ولكنها تتجه في اتجاهات مختلفة في الفراغ.

## المفردات الجديدة

الكربوهيدرات  
السكريات الأحادية  
السكريات الثنائية  
السكريات عديدة التسكر



King Faisal  
INTERNATIONAL PRIZE



مُنح البروفيسور ريمون أرغل لوميو جائزة الملك فيصل فرع العلوم عام ١٤١٠ هـ لتجاحه مع زميله البروفيسور فرانك أنبرت كوتن؛ كونهما أول من ركب السكروز كيميائياً، ويعد ريمون من أكبر العلماء المعاصرين في كيمياء السكريات التي لها شأن عظيم في العمليات الحيويّة.

المصدر\*: موقع جائزة الملك فيصل / فرع العلوم

<http://kingfaisalprize.org/ar/science/>

## الكربوهيدرات Carbohydrates

**الفكرة الرئيسية** تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.

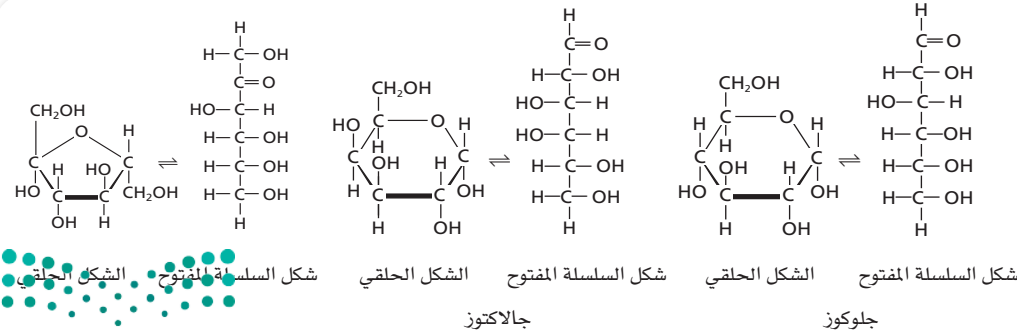
**الربط مع الحياة** هناك تركيز كبير من وسائل الإعلام على الكربوهيدرات. فقد أصبح النظام الغذائي القليل الكربوهيدرات طريقة مفضلة للتحكم في الوزن، إلا أن الكربوهيدرات مصدر مهم لطاقة الجسم.

## أنواع الكربوهيدرات Kinds of Carbohydrates

يعطي تحليل كلمة كربوهيدرات لمحة عن تركيب هذه المجموعة من الجزيئات. لقد أدت الملاحظات القديمة - التي بينت أن الصيغة الكيميائية العامة لهذه المركبات هي  $C_n(H_2O)_n$ ، والتي تبدو وكأنها هيدرات الكربون - إلى تسميتها كربوهيدرات. ومع أن العلماء الآن يعرفون أنه لا توجد جزيئات ماء كاملة مرتبطة مع الكربوهيدرات إلا أن الاسم بقي من دون تغيير.

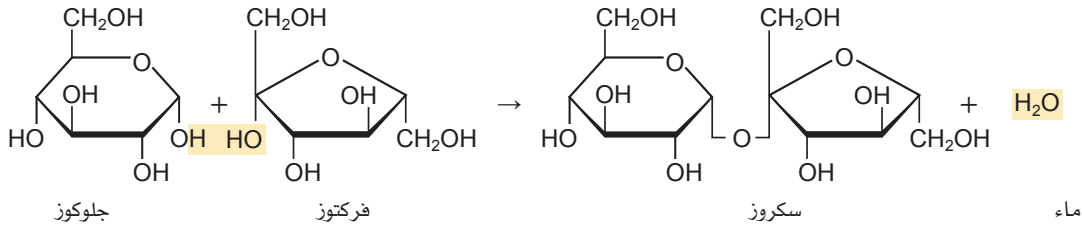
الوظيفة الرئيسة للكربوهيدرات في المخلوق الحي هي أنها مصدر للطاقة المخزنة. وتضم الأغذية الغنية بالكربوهيدرات الحليب والفواكه والخبز والبطاطس. والكربوهيدرات مركبات عضوية تحتوي على عدة مجموعات من الهيدروكسيل  $(-OH)$ ، بالإضافة إلى مجموعة الكربونيل الوظيفية  $(C=O)$ . وهذه الجزيئات تتراوح في قياسها بين وحدة بنائية واحدة إلى بوليمرات مكونة من مئات أو حتى آلاف وحدات البناء الأساسية.

**السكريات الأحادية** أبسط أنواع الكربوهيدرات، والتي كثيراً ما تسمى سكريات بسيطة هي **السكريات الأحادية**. تحتوي أكثر السكريات الأحادية شيوعاً خمس أو ست ذرات كربون. ويبين الشكل 9-3 أمثلة على السكريات الأحادية. لاحظ وجود مجموعة كربونيل على إحدى ذرات الكربون ومجموعات هيدروكسيل على معظم ذرات الكربون الأخرى. إن وجود مجموعة الكربونيل يجعل هذه المركبات إما ألدهايدات وإما كيتونات، وذلك بحسب موقع مجموعة الكربونيل. كما أن تعدد المجموعات القطبية يجعل السكريات الأحادية قابلة للذوبان في الماء، ويعطيها درجات انصهار عالية.



## الشكل 9-3 الجلوكوز،

والجالاكتوز، والفركتوز  
سكريات أحادية. وتكون  
في المحاليل المائية في حالة  
اتزان بين الشكل الحلقي  
وشكل السلسلة المفتوح.



**الشكل 10-3** عندما يتحد الجلوكوز والفركتوز يتكون السكر الثنائي السكروز. لاحظ أن الماء أيضاً ناتج تفاعل هذا التكثف. وتذكر أن كل تركيب حلقي يتكون من ذرات كربون غير ظاهرة في الشكل حتى لا يبدو معقداً.

## المفردات

### أصل الكلمة

العديدة السكر (Polysaccharide) اشتق هذا الاسم من الكلمة اليونانية Polys، والتي تعني "متعدد"، والكلمة السنسكريتية القديمة Sakkara، والتي تعني "سكر".

الجلوكوز سكر سداسي الكربون، وله تركيب ألدهيدي. ويوجد بتركيز عالٍ في الدم؛ لأنه يعمل بوصفه مصدرًا رئيسًا للطاقة الفورية للجسم. ولهذا السبب يسمى الجلوكوز في كثير من الأحيان سكر الدم.

والجللاكتوز سكر على علاقة وثيقة بالجلوكوز، ويختلف عنه فقط في كيفية اتجاه ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل في الفراغ حول إحدى ذرات الكربون الست. وتجعل هذه العلاقة من الجلوكوز والجللاكتوز متشكّلين هندسيين. فالفركتوز، الذي يعرف بسكر الفاكهة لأنه موجود في معظم الفواكه، هو سكر أحادي يتكون من ست ذرات كربون له تركيب كيتوني. كما أن الفركتوز متشكّل بنائي للجلوكوز. عندما تكون السكريات الأحادية في محلول مائي فإنها توجد في الصورة الحلقية وتركيب السلسلة المفتوحة، ولكنها تغير شكلها باستمرار وبسرعة. والتراكيب الحلقية هي الأكثر استقرارًا، وهي الشكل السائد للسكريات الأحادية في حالة الاتزان. وتلاحظ في الشكل 9-3 أن مجموعات الكربونيل توجد فقط في تركيب السلسلة المفتوحة. وفي التركيب الحلقي تتحول مجموعات الكربونيل إلى مجموعات هيدروكسيل.

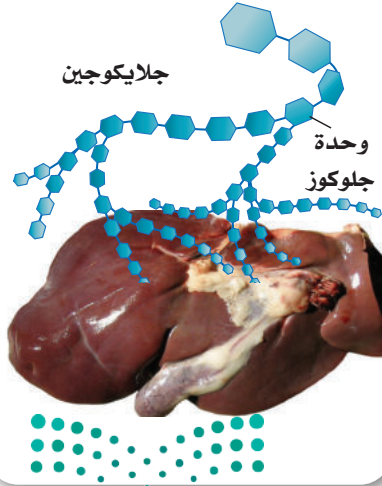
**السكريات الثنائية** تستطيع السكريات الأحادية أن ترتبط معًا عن طريق تفاعل التكثف الذي يطلق الماء، كما هو الحال في الأحماض الأمينية. وعندما يرتبط سكران أحاديان معًا يتكون **سكر ثنائي**، كما في الشكل 10-3، ويطلق على الرابطة الجديدة المتكوّنة الرابطة الإثيرية C-O-C.

والسكروز هو أحد السكريات الثنائية، ويعرف أيضًا بسكر المائدة؛ لأنه يستعمل بشكل رئيس في التحلية. ويتكون السكروز من اتحاد الجلوكوز مع الفركتوز. كما أن اللاكتوز سكر ثنائي شائع أيضًا، وهو الكربوهيدرات الأهم في الحليب، ويسمى غالبًا سكر الحليب. ويتكون اللاكتوز عندما يتحد الجلوكوز والجللاكتوز.

**السكريات عديدة التسكر** يستعمل اسم الكربوهيدرات المعقدة أو السكريات عديدة التسكر للبوليمرات التي تتكون من السكريات البسيطة وتحتوي على 12 وحدة بناء أساسية أو أكثر. وترتبط الوحدات الأساسية في عديدة التسكر بنفس نوع الروابط التي تجمع سكرين أحاديين لتكوين سكر ثنائي. أما الجللايكوجين، المين في الشكل 11-3، فهو من السكريات عديدة التسكر، ويتألف من وحدات جلوكوز تحتزن الطاقة، ويوجد غالبًا في الكبد وعضلات الإنسان وحيوانات أخرى. كما يوجد في بعض أنواع المخلوقات المجهرية، ومنها البكتيريا والفطريات.

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين السكريات الأحادية والثنائية وعديدة التسكر.

**الشكل 11-3** يعد الجللايكوجين الموجود في عضلات وكبد الحيوانات من السكريات عديدة التسكر؛ حيث يتكون من وحدات من الجلوكوز.





**الشكل 3-12 النشا**  
والسليلوز نوعان مهمان من السكريات العديدة التسكر. **a.** للنشا تركيب متفرع أو غير متفرع. **b.** للسليلوز تركيب غير متفرع يشبه السياج ذا السلاسل المتقاطعة.

يبين الشكل 3-12 نوعين آخرين مهمين من السكريات العديدة التسكر، هما: النشا والسليلوز. وعلى الرغم من أن كلاهما يتكوّن من وحدات أساسية من الجلوكوز، إلا أنّهما يختلفان في خواصّهما ووظائفهما. تصنع النباتات النشا والسليلوز. والنشا جزئيّ طري لا يذوب في الماء ويستعمل لتخزين الطاقة، في حين أن السليلوز بوليمر لا يذوب في الماء، ويكوّن الجدران القاسية للخلية النباتية، كتلك الموجودة في الخشب. ويعود السبب في هذا الاختلاف إلى أن الروابط التي تربط الوحدات الأساسية معًا تتجه اتجاهات مختلفة في الفراغ. وبسبب هذا الاختلاف في شكل الروابط يستطيع الإنسان أن يهضم الجلايكوجين والنشا، ولكنه لا يستطيع أن يهضم السليلوز. كما لا تستطيع إنزيمات الهضم أن تستوعب السليلوز في مواقعها النشطة. والسليلوز الذي في الفواكه والخضراوات والحبوب التي نأكلها، يسمى أليافاً غذائية؛ لأنه يمر في الجهاز الهضمي دون أن يتغير كثيرًا.

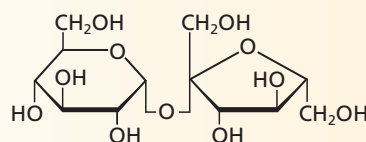
#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

## التقويم 2-3

### الخلاصة

7. **الفكرة الرئيسية** اشرح وظائف الكربوهيدرات في المخلوقات الحية.
8. صف تراكيب السكريات الأحادية والثنائية وعديدة التسكر؟
9. قارن بين تراكيب النشا والسليلوز. كيف تؤثر الاختلافات في التركيب في مقدرتنا على هضم هذين النوعين من السكريات؟
10. احسب إذا كان لأحد الكربوهيدرات  $2^n$  متشكل محتمل، حيث  $n$  تساوي عدد ذرات الكربون في التركيب، فاحسب عدد المتشاكلات المحتملة للسكريات الأحادية الأتية: الجلاكتوز، والجلوكوز، والفركتوز.
11. تفسر الرسوم العلمية انسخ رسم السكرز على ورقة منفصلة، وضع دائرة حول مجموعة الإيثر الوظيفية التي تربط الوحدات الأساسية السكرية معًا.







## 3-3

### الأهداف

- تصف تركيب الأحماض الدهنية، والجليسريدات الثلاثية، والليبيدات الفوسفورية والستيرويدات.
- تشرح وظائف الليبيدات في المخلوقات الحية.
- تحدد بعض تفاعلات الأحماض الدهنية.
- تربط بين تركيب الأغشية الخلوية ووظيفتها.

### مراجعة المفردات

غير قطبي من دون منطقتين منفصلتين موجبة وسالبة أو من دون قطبين.

### المفردات الجديدة

- الليبيدات
- الأحماض الدهنية
- الجليسريدات الثلاثية
- التصبن
- الليبيدات الفوسفورية
- الشموع
- الستيرويدات

## الليبيدات Lipids

**الفكرة الرئيسية** تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتحتزن الطاقة وتنظم العمليات الخلوية.

**الربط مع الحياة** ما الشيء المشترك بين الشمع الذي يستعمل في تلميع السيارات والدهن الذي يقطر من اللحم المشوي، وفيتامين (د) الذي يضاف إلى الحليب الذي يشربه الناس؟ جميعها ليبيدات.

### ما الليبيد؟ What is a lipid?

**الليبيدات** جزيئات حيوية كبيرة غير قطبية. ولما كانت الليبيدات غير قطبية فهي غير قابلة للذوبان في الماء. وتؤدي الليبيدات وظيفتين رئيسيتين في المخلوقات الحية؛ تحتزن الطاقة بشكل فعال، وتكوّن معظم تركيب الأغشية الخلوية، كما أنها تختلف عن البروتينات والكاربوهيدرات في أنها ليست بوليمرات ذات وحدات بناء أساسية متكررة.

**الأحماض الدهنية** على الرغم من أن الليبيدات ليست بوليمرات، إلا أن لها وحدة بناء رئيسية مشتركة. ووحدات البناء هذه هي **الأحماض الدهنية**، وهي أحماض كربوكسيلية ذات سلاسل طويلة. وتحوي معظم الأحماض الدهنية الطبيعية ما بين 12 و 24 ذرة كربون. ويمكن تمثيل تركيبها بالصيغة الآتية:  $CH_3(CH_2)_nCOOH$

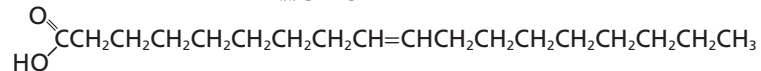
تحتوي معظم الأحماض الدهنية على عدد زوجي من ذرات الكربون، وهذا ناتج عن إضافتها ذرتين معاً في الوقت نفسه في تفاعلات إنزيمية. كما يمكن وضع الأحماض الدهنية في مجموعتين رئيسيتين؛ اعتماداً على وجود أو عدم وجود روابط ثنائية بين ذرات الكربون. وتُعرف الأحماض الدهنية التي لا تحتوي على روابط ثنائية بالمشبعة، في حين تسمى غير المشبعة إذا احتوت على رابطة ثنائية أو أكثر. ويبين الشكل 3-13 تركيب حمضين دهنيين شائعين.

✓ **ماذا قرأت؟ اشرح لماذا يوصف حمض الأوليك بأنه غير مشبع؟**

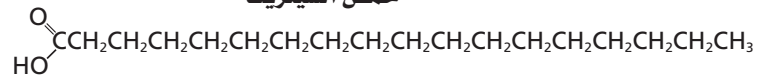
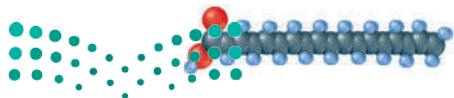
زبدة



حمض الأوليك

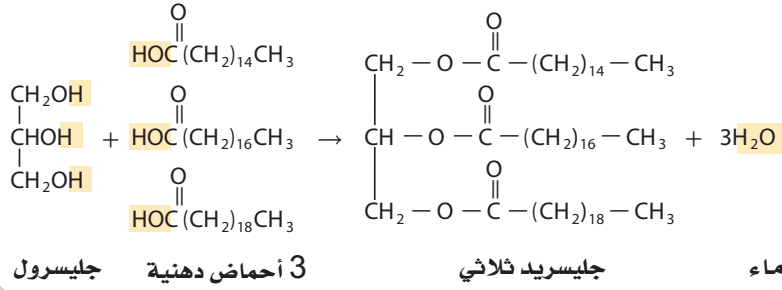


حمض السيتريك



**الشكل 3-13** حمض الأوليك غير المشبع ذو 18 ذرة كربون وحمض السيتريك المشبع يوجدان في العديد من الأطعمة، ومنها الزبد.

فسّر كيف يتأثر تركيب الجزيء بوجود الرابطة الثنائية.



**الشكل 14-3** تتكون روابط الإستر في الجليسيريد الثلاثي عندما تتحد مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في الجليسرول بمجموعات الكربوكسيل الموجودة في الأحماض الدهنية.

يمكن أن يتشبع الحمض الدهني غير المشبع إذا تفاعل مع الهيدروجين. ومن المعروف أن الهدرجة هي تفاعل إضافة يتم فيه تفاعل غاز الهيدروجين مع ذرات الكربون المرتبطة بروابط متعددة. وتستطيع كل ذرة كربون غير مشبعة أن تستوعب ذرة هيدروجين إضافية واحدة لتصبح مشبعة. فمثلاً، يمكن أن تتم هدرجة حمض الأوليك Oleic acid، في الشكل 13-3، ليكون حمض السيتريك.

توجد الروابط الثنائية في الأحماض الدهنية الطبيعية جميعها تقريباً في صورة المتشكل الهندسي سيس. ونظراً إلى اتجاه سيس فإن هذا لا يساعد على وجود تركيب الأحماض الدهنية غير المشبعة مترابطة. ونتيجة لذلك لا تتكون قوى تجاذب كثيرة بين الجزيئات كما في جزيئات الأحماض الدهنية المشبعة، ولذلك تكون درجات انصهار الأحماض الدهنية غير المشبعة أقل.

**الجليسيريدات الثلاثية** على الرغم من أن الأحماض الدهنية موجودة بكثرة في المخلوقات الحية، إلا أنها نادراً ما تكون وحدها. فهي تكون غالباً مرتبطة بالجليسرول، وهو جزيء من ثلاث ذرات كربون، ترتبط كل منها مع مجموعة هيدروكسيل. وعندما ترتبط ثلاثة أحماض دهنية بالجليسرول بروابط إستر يتكون **الجليسيريد الثلاثي**. ويبين الشكل 14-3 تكوين الجليسيريد الثلاثي. ويمكن أن تكون الجليسيريدات الثلاثية صلبة أو سائلة في درجة حرارة الغرفة، كما في الشكل 15-3. وعندما تكون سائلة تسمى عادة زيوتاً. أما إذا كانت صلبة في درجة حرارة الغرفة فتسمى دهوناً.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد اثنين من الزيوت النباتية واثنين من الدهون الحيوانية.**



## المفردات

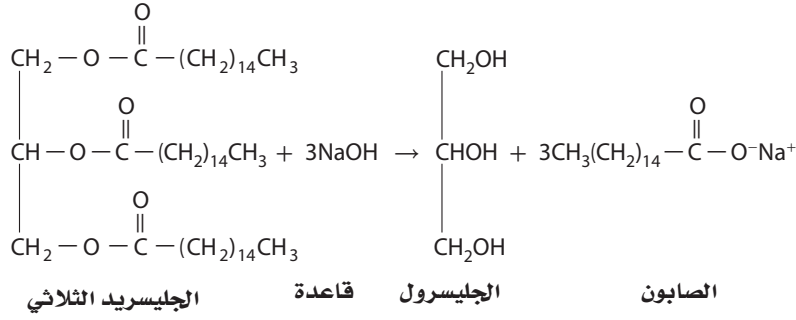
### الاستخدام العلمي والاستخدام الشائع

#### يُشَبَّع (Saturate)

الاستخدام العلمي: يضيف شيئاً إلى حد أنه يمكن معه استيعاب المزيد أو ذوبانه أو الاحتفاظ به، مثل تشبع الماء بالملح.  
الاستخدام الشائع: يزود السوق بمنتج أو منتجات إلى الحد الأقصى لطاقته الاستهلاكية.

**الشكل 15-3** معظم مخاليط ثلاثي الجليسيريدات النباتية المصدر توجد في الحالة السائلة؛ لأن ثلاثي الجليسيريدات يحتوي على أحماض دهنية غير مشبعة، في حين تحتوي الدهون الحيوانية على كمية أكبر من الأحماض الدهنية المشبعة، لذا تكون عادة صلبة في درجة حرارة الغرفة.





الشكل 16-3 يتكون

الصابون من تفاعل الجليسيريد الثلاثي وقاعدة قوية.

وعندما تتوافر الطاقة بكثرة تخزن الخلايا الدهنية الطاقة الفائضة في الأحماض الدهنية على هيئة جليسيريد ثلاثي. وعندما تقل الطاقة تقوم الخلايا بتحليل الجليسيريد الثلاثي مطلقاً الطاقة التي استعملت في تكوينها. ومع أن الإنزيمات تحلل الجليسيريد الثلاثي داخل الخلايا الحية إلا أنه يمكن إجراء تفاعل مشابه لذلك خارج الخلايا باستعمال قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم. ويسمى هذا التفاعل - تميّه الجليسيريد الثلاثي مع وجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلات والجليسرول- **التصبن**. ويستعمل تفاعل التصبن كما في الشكل 16-3، في إنتاج الصابون، وهو عبارة عن أملاح الصوديوم للأحماض الدهنية. ولجزء الصابون طرفان: طرف قطبي، وآخر غير قطبي.

يستعمل الصابون مع الماء في تنظيف الأوساخ والزيوت غير القطبية؛ لأن جزيئات الأوساخ والزيوت غير القطبية ترتبط بالطرف غير القطبي لجزيئات الصابون، في حين يكون الطرف القطبي لجزيئات الصابون قابلاً للذوبان في الماء. وهكذا يمكن إزالة جزيئات الصابون المحملة بالأوساخ باستعمال الماء.

## تجربة

### تفاعل التصبن (عملية صناعة الصابون) (saponification)

5. ضع الكأس جانباً، باستعمال الملقط، وعندما يجمد الخليط دعه يبرد مدة 5 دقائق، ثم ضعه في كأس سعتها 600 mL مملوءة بالماء البارد.

6. أضف 25mL من محلول NaCl المشبع إلى الخليط الذي في الكأس. ولأن الصابون ليس شديد الذوبان في الماء المالح فإنه سيبدو في صورة كتل صغيرة.

7. اجمع كتل الصابون بترشيحها خلال قطعة قماش موجودة كبطانة لقمع.

8. اضغط الصابون داخل طبق تبخير وأنت تلبس القفازين، ثم انزعها واغسل يديك.

#### التحليل

1. فسّر ما نوع الروابط التي تتحلل في الجليسيريد الثلاثي في أثناء تفاعل التصبن؟

2. حدّد نوع الملح الذي تكوّن في هذا التفاعل الكيميائي.

3. حدّد ما الطرف القطبي لجزء الصابون؟ وما الطرف غير القطبي؟

كيف يصنع الصابون؟ يُسمى التفاعل بين الجليسيريد الثلاثي وقاعدة قوية التصبن، كما في الشكل 16-6.

#### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.

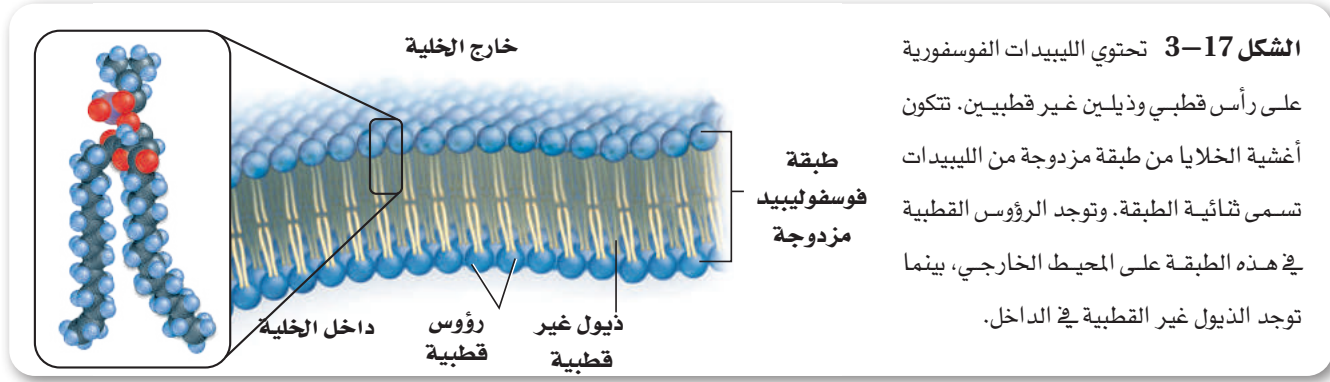
2. ضع كأساً سعتها 250mL على سخان كهربائي. وأضف

25g من السمن النباتي الصلب إليها. ثم أشعل السخان الكهربائي على درجة حرارة متوسطة.

3. استخدم مجباراً مدرجاً سعته 25ml لإضافة 12mL إيثانول ببطء في أثناء انصهار السمن النباتي، ثم أضف 5mL من NaOH تركيزه 6.0M إلى الكأس.

تحذير: الإيثانول قابل للاشتعال، وNaOH يسبب حروقاً للجلد؛ لذا لبس القفازين.

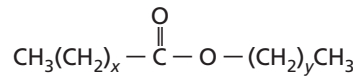
4. سخّن الخليط مدة 15 دقيقة تقريباً، وحركه بساق التحريك من حين إلى آخر، دون أن يغلي.



**اللايبينز الفوسفوري (فوسفولايبينز) phospholipase** هناك نوع مهم آخر من الجليسيريد الثلاثي يُسمى الليبيد الفوسفوري، يوجد بكثرة في الأغشية البلازمية. والليبيدات الفوسفورية جليسيريدات ثلاثية استبدل فيها أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات قطبية، تكوّن الجزء القطبي من الجزيء رأساً، كما في الشكل 17-3، وتبدو الأحماض الدهنية غير القطبية في صورة ذيول. ويتكون الشكل النموذجي للغشاء البلازمي من طبقتين من الليبيد الفوسفوري، وهي مرتبة بحيث تكون ذيولها غير القطبية متجهة نحو الداخل ورؤوسها القطبية متجهة إلى الخارج. ويسمى هذا الترتيب الليبيد الثنائي الطبقة. ولما كان تركيب هذا الليبيد يعمل بوصفه حاجزاً، فإن الخلية تستطيع أن تنظم المواد التي تدخل خلال هذا الغشاء وتخرج منه.

**الربط علم الأحياء** يحتوي سمّ الأفاعي السامة على نوع من الإنزيمات يعرف بالليباز الفوسفوري. وتعمل هذه الإنزيمات عاملاً محفزاً لتحليل الليبيد الفوسفوري - وهو جليسيريد ثلاثي استبدل فيه أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات. ويحتوي سمّ أحد أنواع الأفاعي على الليبيز الفوسفوري الناتج عن تفكك (تميه) رابطة الإستر لذرة الكربون الوسطى في الليبيد الفوسفوري. وإذا دخل الجزء الأكبر من ناتج هذا التفاعل إلى مجرى الدم فإنه يذيب أغشية كريات الدم الحمراء فتتمزق. إن لدغة هذه الأفعى يمكن أن تؤدي إلى الموت إذا لم يتم علاجها فوراً.

**الشموع** عبارة عن نوع آخر من الليبيدات تحتوي أيضاً على أحماض دهنية. والشموع ليبيدات تتكون من اتحاد حمض دهني مع كحول ذي سلسلة طويلة. وتبين الصيغة أدناه التركيب العام لهذه الدهون الصلبة الطرية ذات درجات الانصهار المنخفضة، حيث تمثل x و y أعداداً مختلفة من مجموعات  $\text{CH}_2$ .



تنتج النباتات والحيوانات الشمع، وكثيراً ما تغطّي أوراق النبات بالشمع الذي يمنع فقدان الماء. وبين الشكل 18-3 كيف أن قطرات المطر تكون كرات كالخرز على أوراق النبات، مما يشير إلى وجود طبقة شمعية. كما أن أقراص العسل التي يبنها النحل مصنوعة أيضاً من الشمع الذي يعرف عادة باسم شمع النحل. واتحاد حمض البالميتيك المكون من حمض دهني ذي 16 ذرة كربون مع كحول يحتوي على سلاسله من 30 ذرة كربون يؤدي إلى تكوين نوع شائع من شمع النحل. وتُصنع الشموع أحياناً من شمع العسل؛ لأنه يميل إلى الاحتراق ببطء وهدوء.

**تجربة عملية**  
الدهون المشبعة وغير المشبعة  
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

**الشكل 18-3** تنتج النباتات شمعاً يغطي أوراقها ويحميها من الجفاف.



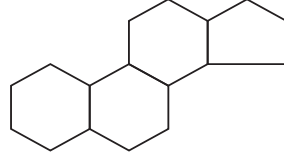


**الشكل 19-3** يستعمل العلجوم البحري العملاق سُمًّا ستيرويديًّا يُدعى بوفوتوكسين بوصفه آلية دفاع. ويُعدّ هذا السّم قاتلاً لبعض الحيوانات كالكلاب والقطط.

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

**الستيرويدات** لا تحتوي جميع الليبيدات على سلاسل أحماض دهنية؛ فالستيرويدات ليبيدات تحتوي تراكيبيها على حلقات متعددة. وجميع الستيرويدات مبنية من تركيب الستيرويد الأساسي المكوّن من الحلقات الأربعة المبيّنة أدناه.



وبعض الهرمونات - ومنها العديد من الهرمونات الجنسية - هي ستيرويدات تنظم عمليات الأيض. ويُعد الكولسترول - وهو ستيرويد آخر - مكوناً بنائياً مهماً للأغشية الخلوية، كما أن فيتامين (د) أيضاً يحتوي على تركيب الستيرويد ذي الحلقات الأربعة، ويؤدي دوراً في تكوين العظام. أما العلجوم البحري العملاق *Bufo marinus*، كما في الشكل 19-3، فيستعمل ستيرويد يسمى بوفوتوكسين بوصفه آلية دفاعية؛ إذ يفرز السم من نتوءات صغيرة على ظهره ومن غدد خلف عينيه مباشرة. هذا السّم هو مجرد مادة مهيجّة للإنسان. أما للحيوانات الصغيرة فإنه يؤدي إلى إسالة لعابها، وفقدان التوازن، والتشنجات، والموت.

## التقويم 3-3

### الإخلاصة

- الأحماض الدهنية أحماض كربوكسيلية طويلة السلاسل تحتوي عادة على ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكن أن ترتبط الأحماض الدهنية مع الجليسرول لتكوّن الجليسرول الثلاثي.
- الستيرويدات ليبيدات تحتوي على تراكيب متعددة الحلقات.

12. الفكرة الرئيسية صف وظيفة الليبيدات.

13. صف تراكيب الأحماض الدهنية، والجليسريدات الثلاثية، والليبيدات الفوسفورية، والستيرويدات، والشمع.

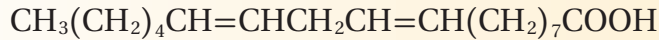
14. اعمل قائمة بوظيفة مهمة لكل من الليبيدات الآتية:

- a. الجليسريدات الثلاثية c. الشموع  
b. الليبيدات الفوسفورية d. الستيرويدات

15. اذكر تفاعلين من تفاعلات الأحماض الدهنية.

16. صف تركيب الأغشية الخلوية وعملها.

17. اكتب معادلة الهدرجة الكاملة للحمض الدهني غير المشبع وحمض اللينوليك.



18. تفسير الرسوم العلمية ارسم البناء العام الخاص ب الليبيد الفوسفوري ، وعيّن عليه الأجزاء القطبية وغير القطبية.





## 3-4

## الأحماض النووية Nucleic Acids

## الأهداف

- تحديد المكونات البنائية للأحماض النووية.
- ترابط وظيفة DNA بتركيبه.
- تصف تركيب RNA ووظيفته.

الفكرة الرئيسية: تخزن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.

**الربط مع الحياة** أصبح فحص DNA شيئاً عادياً في الطب والعلم الجنائي، وعلم الأنساب، والتعرف على ضحايا الكوارث. ولقد مكنتنا التقنية الحديثة من الحصول على عينة DNA مفيدة من مصادر مدهشة كشعرة أو لعاب جاف على طابع بريدي.

## تركيب الأحماض النووية Structure of Nucleic Acids

تشكل الأحماض النووية نوعاً رابعاً من الجزيئات الحيوية. وهي جزيئات تخزن المعلومات في الخلية. وقد أخذت هذه الجزيئات اسمها من الموقع الخلوي الذي توجد فيه هذه الجزيئات بشكل رئيس، وهو النواة. وتقوم الأحماض النووية بوظائفها الرئيسية من مركز التحكم هذا. **والحمض النووي** بوليمر حيوي يحتوي على النيتروجين، ويقوم بتخزين المعلومات الوراثية ونقلها. وتسمى وحدة البناء الأساسية للحمض النووي **النيوكليوتيد**. ولكل نيوكليوتيد ثلاثة أجزاء: مجموعة فوسفات غير عضوية، وسكر أحادي ذو خمس ذرات كربون، وتركيب يحتوي على نيتروجين يسمى قاعدة نيتروجينية. تفحص أجزاء الشكل 20a-3، فعلى الرغم من أن مجموعة الفوسفات هي نفسها في جميع النيوكليوتيدات، إلا أن السكر والقاعدة النيتروجينية يختلفان.

يحتوي الحمض النووي على سكر أحادي مكون من 5 ذرات كربون ويسمى سكر (بنتوز) pentose من أحد النيوكليوتيدات مرتبط بفوسفات نيوكليوتيد آخر، كما في الشكل 20b-3. وهكذا تشكل النيوكليوتيدات سلسلة، أو شريطاً، يحتوي على سكر خماسي ومجموعات فوسفات متناوبة. وكل سكر خماسي يرتبط أيضاً بقاعدة نيتروجينية تبرز من السلسلة. وتتكدس القواعد النيتروجينية على وحدات النيوكليوتيدات المتجاورة واحدة فوق الأخرى في وضع منحرف قليلاً، فتشبه درجات السلم، كما في الشكل 20b-3. وتبقي القوى بين الجزيئية كل قاعدة نيتروجينية قريبة من القواعد النيتروجينية التي فوقها والتي تحتها.

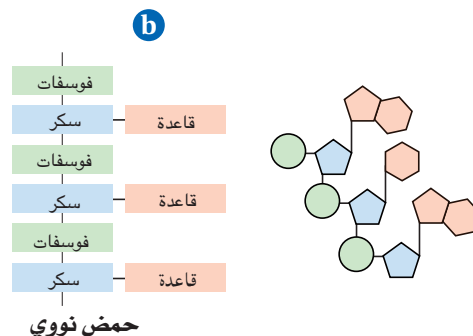
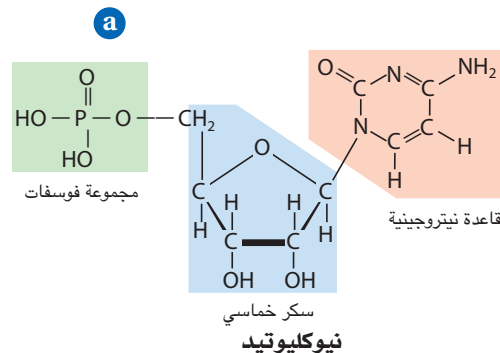
## مراجعة المفردات

**المعلومات الوراثية:** سلسلة يتم توريثها موجودة في RNA أو DNA وتنتقل السمات والخصائص من جيل إلى الجيل الذي يليه.

## المفردات الجديدة

الحمض النووي  
النيوكليوتيد

الشكل 20-3 النيوكليوتيدات وحدات البناء الأساسية التي تتكون منها بوليمرات الأحماض النووية.



يحتوي كل نيوكليوتيد على قاعدة تحتوي على نيتروجين وسكر خماسي ومجموعة فوسفات.

الأحماض النووية سلاسل طويلة من سكريات ومجموعات فوسفات متعاقبة. ويرتبط بكل سكر قاعدة نيتروجينية، ولأن النيوكليوتيدات ملتوية فإن السلاسل تشبه درجات السلم.

## DNA: The Double Helix

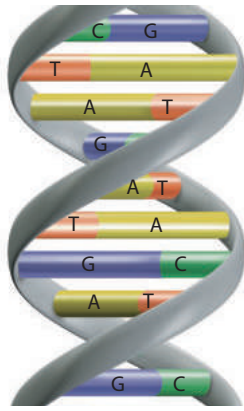
ربما سمعت عن حمض ديوكسي رايبونوكلييك DNA، وهو أحد نوعين من الأحماض النووية التي توجد في الخلايا الحية؛ إذ يحتوي DNA على الخطط الرئيسية لبناء جميع بروتينات جسم المخلوق الحي.

**تركيب DNA** يتكون DNA من سلسلتين طويلتين من النيوكليوتيدات ملتفتين معاً لتشكلاً بناءً حلزونياً كما في الشكل 21-3. ويحتوي كل نيوكليوتيد في DNA على مجموعة فوسفات، وسكر ديوكسي رايبوز ذي الخمس ذرات من الكربون وهو عبارة عن سكر خماسي منقوص الأوكسجين Deoxyribose، وقاعدة نيتروجينية. وتشكل جزيئات السكر ومجموعات الفوسفات المتعاقبة في كل سلسلة الجزء الخارجي، أو العمود الفقري للتركيب اللولبي. أما القواعد النيتروجينية فتوجد داخل التركيب. ولأن البناء اللولبي يتكون من سلسلتين فهو يعرف باللولب المزدوج.

يحتوي DNA على أربع قواعد نيتروجينية مختلفة هي: الأدينين (A)، الثايمين (T)، السيتوسين (C)، والجوانين (G). إذ يحتوي كل من الأدينين والجوانين على حلقة مزدوجة، كما في الشكل 22-3. أما الثايمين والسيتوسين فلها تركيب أحادي الحلقة. انظر مرة أخرى إلى الشكل 21-3 تلاحظ أن كل قاعدة نيتروجينية على شريط من اللولب تقابلها قاعدة نيتروجينية على الشريط المقابل، بالطريقة نفسها التي تقابل بها أسنان السحاب المنزلق. وتتقارب أزواج القواعد المتجاورة إلى حدٍ تتكوّن بينها روابط هيدروجينية. ولما كانت كل قاعدة نيتروجينية لديها ترتيب فريد من المجموعات الوظيفية العضوية التي تستطيع أن تكوّن روابط هيدروجينية، فإن القواعد النيتروجينية تشكل دائماً أزواجاً بطريقة معينة، حيث يتكوّن دائماً العدد الأفضل من الروابط الهيدروجينية.

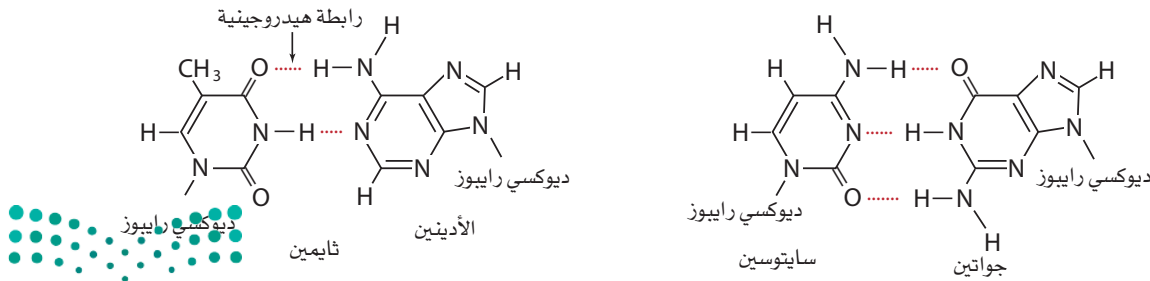
### ماذا قرأت؟ صف مم يتكون أسنان سحاب DNA المنزلق؟

ويرتبط الجوانين دائماً بالسيتوسين، ويرتبط الأدينين دائماً بالثايمين، كما في الشكل 22-3. وتسمى أزواج G-C و A-T أزواجاً قاعدية متطابقة. ولذلك تساوي كمية الأدينين في جزيء DNA دائماً كمية الثايمين، وكمية السيتوسين دائماً تساوي كمية الجوانين. وفي عام 1953م استخدم جيمس واطسون وفرانيس كريك هذه الملاحظة ليقوما بأحد أعظم الاكتشافات العلمية في القرن العشرين عندما حددا تركيب DNA ذا اللولب المزدوج. لقد حققا هذا الإنجاز دون أن يقوموا بالعديد من التجارب المخبرية، بل قاما بدلاً من ذلك بتجميع أعمال عدد كبير من العلماء الذين قاموا بدراسة DNA وتحليلها.



**الشكل 21-3** تركيب DNA هو لولب مزدوج يشبه سحاباً منزلقاً ملتويًا. ويتكوّن العمودان الفقريان من السكر والفوسفات، ويشكلان الجانبين الخارجيين للسحاب المنزلق.

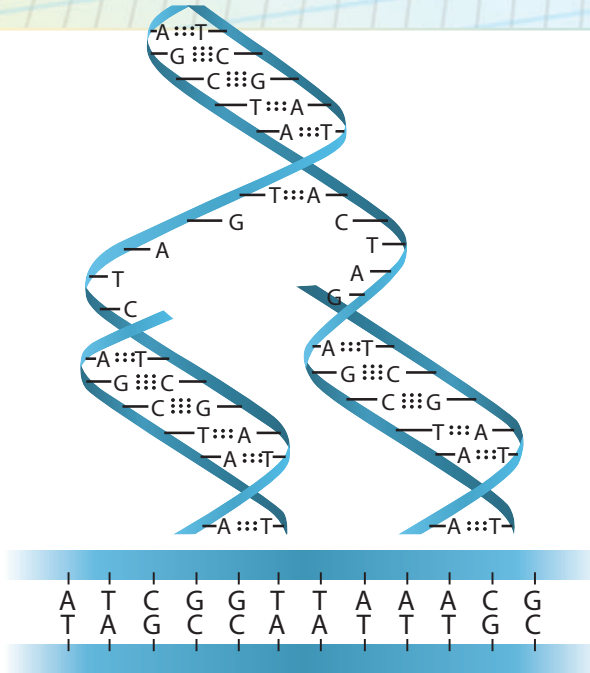
**الشكل 22-3** يحدث تزاوج القواعد في DNA بين قاعدة ذات حلقتين وقاعدة ذات حلقة واحدة؛ حيث يتزاوج الأدينين والثايمين دائماً ويشكلان زوجاً بينهما رابطتان هيدروجينيتان، ويتزاوج الجوانين والسيتوسين دائماً فيكونان زوجاً يرتبطان بثلاث روابط هيدروجينية.



**وظيفة DNA** استخدم واطسون وكريك نموذجها لتوقع كيف يمكن أن يؤدي تركيب DNA الكيميائي وظيفته. يخزن DNA المعلومات الوراثية للخلية في النواة، ويُنسخ DNA قبل انقسام الخلية حتى يحصل الجيل الجديد من الخلايا على المعلومات الوراثية نفسها. وبعد أن قرر واطسون وكريك أن سلسلتي لولب DNA تكمل إحداهما الأخرى، أدركا أن الأزواج القاعدية المتطابقة تنسخ المادة الوراثية للخلية بطريقة آلية. فقواعد DNA النيتروجينية الأربع تتخذ حروفًا أبجدية في لغة تخزين المعلومات للخلايا الحية. ويمثل التسلسل المحدد لهذه الحروف التعليمات الشاملة للمخلوق الحي، كما يحمل تسلسل الحروف في كلمات جملة ما معنيًا خاصًا. ويختلف تسلسل القواعد في كل نوع من المخلوقات الحية، مما يسمح بتنوع ضخم من أشكال الحياة - وكل ذلك عن طريق لغة تستخدم أربعة حروف فقط. ويقدر أن DNA الخلية البشرية يحتوي على نحو ثلاثة مليارات زوج من القواعد النيتروجينية المتطابقة، مرتبة في تسلسل خاص بالبشر.

## مختبر حل المشكلات

### كوّن نموذجًا



كيف يتضاعف DNA؟ يتضاعف DNA قبل انقسام الخلية؛ حيث تحصل كل من الخليتين الجديدتين على مجموعة كاملة من التعليمات الوراثية. وعندما يبدأ DNA في التضاعف، يبدأ شريطا النيوكليوتيد بالانفكاك، ويقوم إنزيم بفك الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية فينقل الشريطان. كما تقوم إنزيمات أخرى بإيصال نيوكليوتيدات حرة من الوسط المحيط إلى القواعد النيتروجينية المكشوفة، فيرتبط الأذنين بروابط هيدروجينية مع الثايمين، ويرتبط السيتوسين بالجوانين. وهكذا يقوم كل شريط ببناء شريط مكمل عن طريق مزاج القواعد بالنيوكليوتيدات الحرة. وهذه العملية موضحة في الرسم المجاور. وبعد أن يتم ارتباط النيوكليوتيدات الحرة بالروابط الهيدروجينية في أماكنها، تقوم السكريات والفوسفات بالارتباط بروابط تساهمية بالسكريات ومجموعات الفوسفات على النيوكليوتيدات المجاورة لتكوّن عمودًا فقريًا جديدًا. ويرتبط كل شريط من جزيء DNA الأصلي بشريط جديد.

### التحليل

يبين الرسم السفلي إلى اليسار قطعة صغيرة من جزيء DNA. انسخ تسلسل القواعد على ورقة نظيفة، وكن حذرًا حتى لا تخطئ في النسخ. وبيّن خطوات التضاعف لإنتاج قطعتين من DNA.

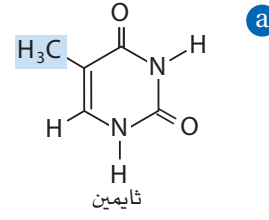
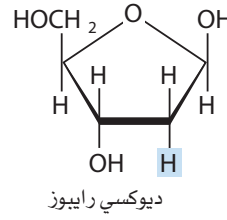
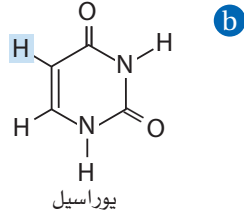
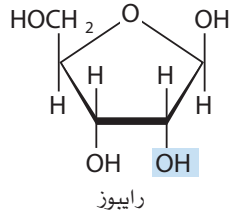
### التفكير الناقد

1. قارن بين التسلسل في الشريط الذي صنع حديثًا والتسلسل في الشريط الأصلي الذي يرتبط به.

2. اشرح إذا لُوت قطعة DNA الأصلية باللون الأحمر ولُوت النيوكليوتيدات الحرة باللون الأزرق، فما نمط الألوان الذي سيكون في قطعة DNA التي تكوّن حديثًا؟ وهل ستكون جميع القطع الجديدة لها الألوان نفسها؟

3. اشرح كيف يمكن أن يتأثر المخلوق الحي إذا حدث خطأ في أثناء تضاعف DNA فيه؟ وهل للتأثيرات دائمة؟ وضح إجابتك.





**الشكل 23-3** يختلف DNA و RNA من حيث مكوناتهما؛ فالتركيبان عن اليمين موجودان في DNA، أما التركيبان عن اليسار فموجودان في RNA. حدّد اختلافين في تركيب DNA و RNA.

## RNA

حمض الرايبونيوكلبيك حمض نووي، يختلف تركيبه العام عن تركيب DNA في ثلاث طرائق مهمة، كما في الشكل 23-3. أولاً أن DNA يحتوي على القواعد النيتروجينية الأدينين، والسيتوسين، والجوانين، والثايمين. في حين يحتوي RNA على الأدينين، والسيتوسين، والجوانين، واليوراسيل. ولا يوجد الثايمين أبداً في RNA. ثانياً، يحتوي RNA على سكر الرايبوز، في حين يحتوي DNA على سكر الديوكسي رايبوز الذي يوجد فيه ذرة هيدروجين بدل مجموعة هيدروكسيل في أحد المواقع.

أما الفرق الثالث بين DNA و RNA فهو في الشكل؛ إذ يكون DNA عادة على شكل لولب ثنائي؛ حيث تقوم الروابط الهيدروجينية بربط السلسلتين معاً عن طريق قواعدهما. في حين يتكون RNA من شريط واحد دون وجود روابط هيدروجينية بين القواعد.

ويخزن DNA المعلومات الوراثية، في حين يمكن RNA الخلايا من استخدام المعلومات الموجودة في DNA. لقد تعلمت أن المعلومات الوراثية للخلية موجودة في تسلسل من القواعد النيتروجينية في جزيء DNA. وأن الخلايا تقوم باستعمال تسلسل القواعد هذا لتكوّن RNA بتسلسل متطابق. ومن ثم يستعمل RNA لصنع بروتينات بتسلسل من الأحماض الأمينية يتقرر بترتيب القواعد النيتروجينية في RNA، وتسمى هذه التسلسلات باسم الشفرة الوراثية. ولما كانت البروتينات هي الأدوات الجزيئية التي تقوم بمعظم النشاطات في الخلية، لذا يعد اللولب المزدوج لـ DNA هو المسؤول في النهاية عن التحكم في آلاف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا.

### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

## التقويم 3-4

### الخلاصة

- الأحماض النووية بوليمرات من النيوكليوتيدات التي تتكون من قاعدة نيتروجينية، ومجموعة فوسفات، وسكر خماسي
- DNA و RNA هي جزيئات تخزن معلومات للخلية.
- يتكون DNA من شريطين، في حين يتكون RNA من شريط واحد.

19. الفكرة الرئيسية اشرح الوظيفة الأساسية لكل من RNA و DNA.

20. حدّد المكونات البنائية الخاصة لكل من RNA و DNA.

21. اربط وظيفة DNA بتركيبه.

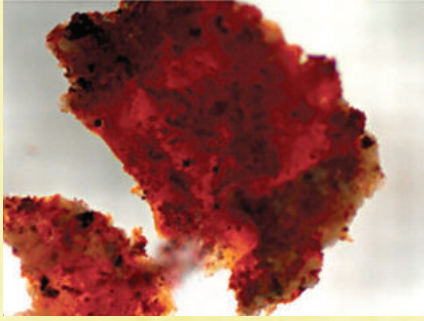
22. حلّل تركيب الأحماض النووية، ثم حدّد التركيب الذي يجعلها أحماضاً.

23. توقع ماذا يحدث إذا احتوى DNA الذي يحمل شفرة صنع بروتين على تسلسل قواعد خاطئ؟



# في المبدآن

## المهنة: عالم البيولوجيا الجزيئية فحص الحمض يكشف مفاجأة



**شكل 2** وجد العلماء أيضًا أوعية دموية وخلايا منفردة في النسيج اللين لديناصور.

**الاختبار الحمضي The Acid Test** لدراسة العظم النخاعي عن كذب أذابت شفايتزر كسرًا من العظم في حمض مخفف للتخلص من فوسفات الكالسيوم، وهذه تقنية تستعمل عادة في فحص النسيج الحديث. ولما كان العظم المتحجر قد تحوّل عادة إلى مادة معدنية، لذا كان يُفترض أن يذوب كليًا في الحمض المخفف، إلا أن هذه الخطوة أعطت نتائج مذهلة؛ إذ وجد نسيج لين داخل العظم. وقد ظهر تحت المجهر أن هذا النسيج عبارة عن أوعية دموية محفوظة، بالإضافة إلى خلايا منفردة، كما في الشكل 2.

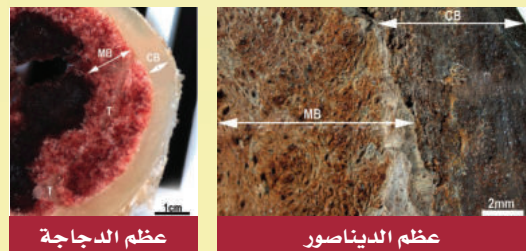
ولكن كيف يمكن أن يبقى النسيج طريًا مدة 68 مليون سنة في الأرض؟

**المزيد من العمل More Work** قامت شفايتزر بعد ذلك بفحص عظام أخرى بالاختبار الحمضي نفسه ووجدت نسيجًا لينًا وتراكيب دقيقة مشابهة. ولا يعلم أحد حتى الآن ما الذي تظهره هذه التراكيب الدقيقة. إلا أن أحد العلماء يقول: "ربما تكون هناك أشياء كثيرة غفلنا عنها بسبب افتراضنا كيف تحدث عملية الحفظ"، ومن الواضح أن ذلك يتطلب المزيد من البحث.

"لا يوجد عالم بيولوجيا جزيئية ذو تفكير صحيح يعمل ماعملته ماري شفايتزر Mary Schweitzer. نحن لا نبذل كل هذا الجهد لإخراج هذه الأشياء من الأرض لندمرها في حمض". هذا ما قاله أحد زملاء ماري شفايتزر، العاملة التي استخدمت تقنيات البيولوجيا الجزيئية لتكشف نسيجًا لينًا يجب ألا يكون موجودًا في عظم فخذ ديناصور متحجر منذ 68 مليون سنة.

**الأم بوب Mother Bob** عندما قام علماء البيولوجيا الجزيئية باستخراج الديناصور المتحجر الذي أطلق عليه لقب "بوب" عام 2003 م من منطقة نائية في ولاية مونتانا الأمريكية، وضعت العظام في غطاء من الجبس لحمايتها في أثناء عملية النقل. ولكن كان وزن العظام والجبس يفوق قدرة الطائرة العمودية على حمله، مما اضطر علماء البيولوجيا الجزيئية أن يكسروا عظم الفخذ لكي يستطيعوا نقل الديناصور من تلك المنطقة النائية. وقد أخذت شفايتزر كسرًا من عظم الفخذ لدراستها إضافة. وقد جاءت المفاجأة الأولى بسرعة؛ حيث كانت "بوب" أنثى، وكانت تتج البيض عند وفاتها. والعظم الذي درسته شفايتزر يسمى عظمًا نخاعيًا. وكان هذا النسيج العظمي معروفًا سابقًا في الطيور فقط، كما في الشكل 1. إذ ينتج الدجاج البياض العظم النخاعي، ويستعمل لاحقًا الكالسيوم المخزن في العظم لتكوين قشر البيض. وبعد إنتاج البيض يختفي هذا العظم. وبين الشكل 1 العظم النخاعي الموجود في عظم الديناصور "بوب".

**شكل 1** يحتوي كل من عظم الدجاجة وعظم الديناصور على عظم خارجي قاس يسمى العظم القشري (CB)، وعظم أليّن يسمى العظم النخاعي (MB).



عظم الدجاجة

عظم الديناصور

### الكيمياء في الكتابة

**كتابة للاقتناع** من غير المحتمل أن يوجد DNA الديناصور في هذه الأنسجة اللينة. وعلى الرغم من ذلك فإن هذا الاكتشاف يثير السؤال الآتي: هل يمكن استنساخ الحيوانات المنقرضة من DNA الذي يتم الحصول عليه؟ اكتب مقالة إقناعية تعبر فيها عن رأيك حول هذا السؤال.

# مختبر الكيمياء

13. أعد الخطوات من 4 إلى 12 مستعملًا 2 mL من معجون الكبد بدلاً من معجون لب البطاطس.

جدول البيانات		
ارتفاع الرغوة (cm)	درجة الحرارة (°C)	حوض ماء
البطاطس		
		ماء مثلج
		ماء في درجة حرارة الغرفة
		ماء في درجة حرارة الجسم
		ماء مغلي (قريب من 100 °C)
الكبد		
		ماء مثلج
		ماء في درجة حرارة الغرفة
		ماء في درجة حرارة الجسم
		ماء مغلي (قريب من 100 °C)

14. التنظيف والتخلص من النفايات تخلص مما تبقى من المحاليل بحسب توجيهات معلمك، ثم اغسل أدوات المختبر، وأعدّها إلى أماكنها المخصصة.

## التحليل والاستنتاج

1. الرسوم البيانية واستعمالها مثل البيانات بالأعمدة واضعاً درجة الحرارة على محور السينات وارتفاع الرغوة على محور الصادات، واستعمل لوناً مختلفاً لكل من بيانات البطاطس، والكبد، وأعمدتها.
2. لخص كيف تؤثر درجة الحرارة في عمل الإنزيمات؟ واستنتج لماذا كان التفاعل الأنشط في درجة الحرارة التي وجدتها؟
3. السبب والنتيجة أيّ الأنابيب كانت فيها الرغوة لكل من البطاطس والكبد هي الأقل؟ اقترح تفسيراً لما حدث.
4. قارن هل أيّدت البيانات المخبرية فرضيتك في الخطوة 2؟ وضح إجابتك.
5. نموذج اكتب معادلة موزونة لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين لكل تفاعل. كيف يتشابه التفاعلات؟ ولماذا؟
6. تحليل الخطأ حدّد مصادر الخطأ المحتملة لهذه التجربة، واقترح طرائق لتصحيحها.

## الاستقصاء

صمّم تجربة هل يؤثر التغير في pH في النتائج؟ صمّم تجربة لتكتشف الإجابة.

## فعل الإنزيم ودرجة الحرارة

**الخلفية النظرية** الإنزيمات عوامل محفزة طبيعية تستعملها المخلوقات الحية لتسريع التفاعلات، ولهذه البروتينات تراكيب متخصصة تمكنها من التفاعل مع مواد محددة.

**سؤال** كيف تؤثر درجة الحرارة في عمل الإنزيمات؟

## المواد والأدوات اللازمة

مخبر مدرج 25 mL	لب البطاطس الحمراء
مقياس درجة حرارة	فوق أكسيد الهيدروجين (3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
مسطرة	ماء
قطع ثلج	كأس سعتها 250 mL عدد 4
ساعة	أنبوب اختبار عدد 4
سخان كهربائي	حامل أنابيب اختبار
كبدة طازجة ونيئة	ماسك أنابيب اختبار

## إجراءات السلامة

## خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اكتب فرضية تحدد درجة الحرارة التي تكون الإنزيمات عندها أكثر نشاطاً.
3. انسخ جدول البيانات على ورقة منفصلة.
4. ضع أنابيب الاختبار الأربعة في حامل الأنابيب.
5. ضع 2.0 mL من معجون لب البطاطس في كل أنبوب اختبار.
6. مستعملًا السخان الكهربائي والثلج جهز أربع كؤوس عند درجات حرارة مختلفة؛ تحتوي الأولى على ماء مثلج، والثانية على ماء في درجة حرارة الغرفة، والثالثة على ماء في درجة حرارة الجسم، والرابعة على ماء في درجة الغليان (100 °C) أو قريباً منها.
7. ضع أنبوب اختبار واحداً في كل من الكؤوس الأربع مستخدماً ماسك أنابيب الاختبار.
8. قس درجة حرارة كل كأس وسجلها.
9. قس بعد 5 min من وضع الأنابيب في الكؤوس 5.0 mL من 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>، وضعها في كل أنبوب اختبار.
10. دع التفاعل يستمر مدة 5 min.
11. قس ارتفاع الرغوة الناتجة في كل أنبوب.
12. اغسل الأنابيب بعد التخلص من محتوياتها.

**الفكرة العامة** تقوم المركبات العضوية الحيوية: البروتينات، والكربوهيدرات، والليبيدات بالأنشطة الضرورية للخلايا الحية.

#### 3-1 البروتينات

**الفكرة الرئيسية** تؤدي البروتينات وظائف ضرورية تشمل تنظيم

التفاعلات الكيميائية، والدعم البنائي، ونقل المواد، وتقلصات العضلات.

##### المفردات

- البروتينات
- الأحماض الأمينية
- الرابطة الببتيدية
- الببتيدات
- تغير الخواص الطبيعية
- الإنزيمات
- المادة الخاضعة لفعل الإنزيم
- الموقع النشط
- البروتينات بوليمرات حيوية تتكون من أحماض أمينية ترتبط بروابط ببتيدية.
- تنطوي سلاسل البروتينات مكونة تراكيب معقدة ثلاثية الأبعاد.
- للبروتينات وظائف عديدة في جسم الإنسان، منها: وظائف داخل الخلايا، وأخرى بينها، ووظائف دعم بنائي.

#### 3-2 الكربوهيدرات

**الفكرة الرئيسية** تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة

والمواد البنائية.

##### المفردات

- الكربوهيدرات
- السكريات الأحادية
- السكريات الثنائية
- السكريات عديدة التسكر
- الكربوهيدرات مركبات تحتوي على مجموعات هيدروكسيل (-OH) متعددة، ومجموعة الكربونيل الوظيفية (C=O).
- يتراوح حجم الكربوهيدرات بين وحدات بناء أساسية مفردة إلى بوليمرات تتكون من مئات أو آلاف الوحدات الأساسية.
- توجد السكريات الأحادية في المحاليل المائية في تراكيب حلقيّة ومفتوحة السلسلة.

#### 3-3 الليبيدات

**الفكرة الرئيسية** تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتخزن الطاقة،

وتنظم العمليات الخلوية.

##### المفردات

- الليبيدات
- الأحماض الدهنية
- الجليسيريدات الثلاثية
- التصبّن (صناعة الصابون)
- الليبيدات الفوسفورية
- الشموع
- الستيرويدات
- الأحماض الدهنية أحماد كبروكسيلية طويلة السلاسل تحوي عادة ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكن أن ترتبط الأحماض الدهنية بالجليسرول لتكوّن الجليسيريد الثلاثي.
- الستيرويدات ليبيدات تحتوي على تراكيب متعددة الحلقات.

#### 3-4 الأحماض النووية

**الفكرة الرئيسية** تخزن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.

##### المفردات

- الحمض النووي
- النيوكليوتيد
- الأحماض النووية بوليمرات من النيوكليوتيدات التي تتكون من قاعدة نيتروجينية، ومجموعة فوسفات، وسكر خماسي.
- DNA و RNA جزيئات تخزين معلومات للخلية.
- يتكون DNA من شريطين، في حين يتكون RNA من شريط واحد.

## 3-1

## إتقان المفاهيم

24. ماذا تُسمى السلسلة المكوّنة من ثمانية أحماض أمينية؟  
والسلسلة المكوّنة من 200 حمض أميني؟

25. سمّ نوعين من المجموعات الوظيفية التي تتفاعل معاً لتكوين رابطة ببتيدية، وسمّ أيضاً المجموعة الوظيفية في الرابطة الببتيدية نفسها.

26. استعمل الرموز الميمنة لتمثيل تراكيب أربعة أحماض أمينية مختلفة، لرسم تراكيب أربعة ببتيدات ممكنة يتكون كل منها من أربعة أحماض أمينية يمكن ربطها بترتيبات مختلفة:

- الحمض الأميني 1: ■      الحمض الأميني 3: ◆  
الحمض الأميني 2: ▲      الحمض الأميني 4: ●

27. تشرح جسم الإنسان سمّ خمسة أجزاء من الجسم تحتوي على بروتينات بنائية.

28. عدّد أربع وظائف رئيسة للبروتينات، وأعط مثلاً واحداً على بروتين يقوم بكل وظيفة من هذه الوظائف.

29. صف شكلين شائعين لتركيب البروتين الثلاثي الأبعاد.

30. سمّ المجموعات الوظيفية في السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية الآتية:

a. الجلوتامين

b. السيرين

c. حمض الجلوتاميك

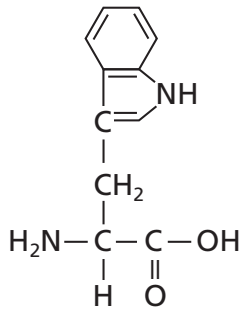
d. اللايسين

31. اشرح كيف يعمل الموقع النشط للإنزيم.

32. أعط مثلاً على حمض أميني له حلقة أروماتية في سلسلته الجانبية.

33. سمّ حمضين أمينيين لا قطبيين، وآخرين قطبيين.

34. التركيب الميبن في الشكل 24-3 للتريتوفان. صف بعض الخواص التي تتوقعها للتريتوفان، بناءً على تركيبه. وإلى أي المركبات العضوية الحيوية ينتمي التريتوفان؟ وضح إجابتك.



الشكل 24-3

35. هل ثنائي ببتيد اللايسين- الفالين هو المركب ثنائي ببتيد الفالين - اللايسين نفسه؟ وضح إجابتك.

36. إنزيمات كيف تخفّض الإنزيمات طاقة التنشيط لتفاعل ما؟

37. كيمياء الخلية معظم البروتينات ذات الشكل الكروي موجهة، بحيث تكون معظم أحماضها الأمينية اللاقطبية في الجهة الداخلية والأحماض القطبية موجودة على السطح الخارجي. فهل يمكن أن يكون ذلك معقولاً من حيث طبيعة بيئة الخلية؟ وضح إجابتك.

## إتقان حل المسائل

38. بكم طريقة يمكنك ترتيب ثلاثة أو أربعة أو خمسة أحماض أمينية مختلفة في الببتيد؟

39. كم رابطة ببتيدية توجد في ببتيد يحوي خمسة أحماض أمينية؟

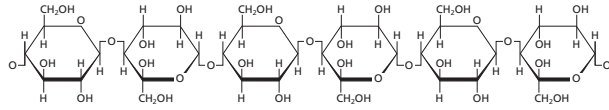
40. البروتينات متوسط الكتلة المولية لحمض أميني في ببتيد متعدد هو 110. فما الكتلة المولية التقريبية للبروتينين الآتين؟



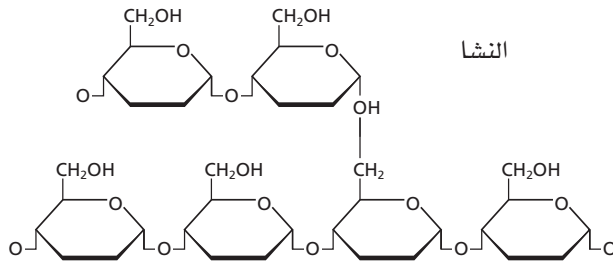
a. الأنسولين (51 حمضاً أمينياً)

b. المايوسين (1750 حمضاً أمينياً)

47. السليلوز والنشا قارن بين التراكيب الجزيئية للسليلوز والنشا المبينة في الشكل 3-26.



السليلوز



النشا

الشكل 3-26

48. الكيمياء في النباتات قارن بين وظائف النشا والسليلوز في النباتات، ووضح أهمية التركيب الجزيئي لكل منهما بالنسبة لوظيفته.

49. استنتج كيف تعطي الاختلافات في ترتيبات الروابط في السليلوز والنشا خواص مختلفة؟

50. يتكون السكر الثنائي الملتوز من وحدتي جلوكوز. ارسم تركيبه.

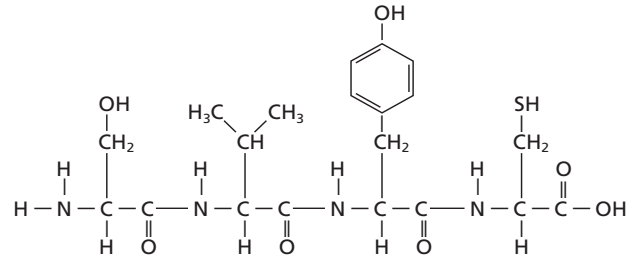
51. لماذا يُنتج تميّه السليلوز، والجلالاكوجين، والنشا سكرًا أحاديًا واحدًا فقط؟ وما السكر الأحادي الذي ينتج؟

52. اهضم لماذا لا يمكن أن يتحلل السكر الثنائي أو العديد التسكر عند عدم وجود الماء؟ دّم إجابتك بمعادلة.

53. ارسم تراكيب الفركتوز عندما يكون في صورة سلسلة مفتوحة. ضع دائرة حول كل ذرة كربون غير متماثلة، ثم احسب عدد المتشكلات الفراغية التي لها صيغة الفركتوز نفسها.

54. السكريات قارن بين الجلوكوز والفركتوز من حيث الصيغة الجزيئية والكتلة المولية والمجموعات الوظيفية.

41. حدّد عدد الأحماض الأمينية والروابط الببتيدية التي توجد في الببتيد المين في الشكل 3-25.



الشكل 3-25

42. معدل الكتلة المولية لحمض أميني هو 110 g/mol، احسب عدد الأحماض الأمينية التقريبي في بروتين كتلته المولية 36,500 g/mol

## 3-2

## إتقان المفاهيم

43. الكربوهيدرات صنّف الكربوهيدرات الآتية إلى سكريات أحادية، أو ثنائية، أو عديدة التسكر:

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| a. النشا    | e. السليلوز     |
| b. الجلوكوز | f. الجلالاكوجين |
| c. السكروز  | g. الفركتوز     |
| d. الرايبوز | h. اللاكتوز     |

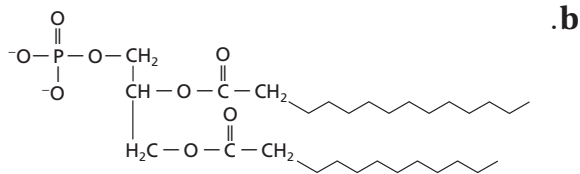
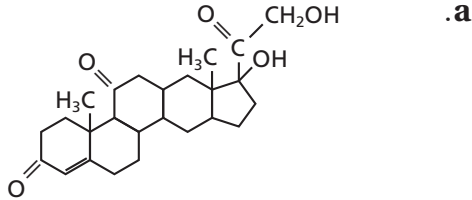
44. سمّ متشكلين للجلوكوز.

45. ما نوع الرابطة التي تتكون عند اتحاد سكرين أحاديين لتكوين سكر ثنائي؟

46. السكريات أعط مصطلحًا علميًا لكل مما يأتي:

- |                |
|----------------|
| a. سكر الدم    |
| b. سكر المائدة |
| c. سكر الفاكهة |
| d. سكر الحليب  |

64. حدّد هل يعد كل تركيب مما يأتي: حمضاً دهنيّاً، أو جليسيريد ثلاثيّاً، أو ليبيد فوسفوريّاً، أو ستيرويد، أو شمّعاً؟ فسّر إجابتك.



### إتقان حل المسائل

65. إذا كانت كثافة حمض البالميتيك الدهني 0.853g/mL عند 62 °C، فما كتلة عينة من حمض البالميتيك حجمها 0.886 L عند درجة الحرارة نفسها؟

66. الدهون غير المشبعة كم مولاً من غاز الهيدروجين تتطلبه هدرجة تامة لـ 1 mol من حمض اللينولينيك؟ اكتب معادلة موازنة لتفاعل الهدرجة. علماً بأن الصيغة الكيميائية لحمض اللينولينيك هي:



### 3-4

### إتقان المفاهيم

67. ما التراكيب الثلاثة التي تكوّن النيوكليوتيد؟

68. سمّ حمضين نوويين موجودين في المخلوقات الحية.

69. اشرح دور DNA و RNA في إنتاج البروتينات.

70. أين يوجد DNA في الخلايا الحية؟

55. منظور تاريخي الكربوهيدرات ليست هيدرات الكربون كما يوحي الاسم بذلك. اشرح كيف حدث هذا المفهوم غير الصحيح.

### إتقان حل المسائل

56. الكربوهيدرات المعقدة الستاكيوز سكر رباعي يحتوي على وحدتي D- جالاكتوز، ووحدة D- جلوكوز، ووحدة D- فركتوز. والكتلة المولية لكل وحدة سكر هي 180 g/mol قبل ارتباطها معاً في هذا السكر الرباعي. فإذا كان جزيء ماء واحد يتحرر مقابل كل وحدتي سكر ترتبطان معاً، فما الكتلة المولية للستاكيوز؟

### 3-3

### إتقان المفاهيم

57. قارن بين تركيب الجليسيريد الثلاثي والليبيد الفوسفوري.

58. توقع أيهما تكون درجة انصهاره أعلى: الجليسيريد الثلاثي المأخوذ من دهن البقر، أو الجليسيريد الثلاثي المأخوذ من زيت الزيتون؟ فسّر إجابتك.

59. الصابون والمنظفات اشرح كيف أن تركيب الصابون يجعله عامل تنظيف فعّالاً؟

60. ارسم جزءاً من غشاء ليبيدي ذي طبقتين، وأشر إلى الأجزاء القطبية وغير القطبية من الغشاء.

61. أين تُخزن الأحماض الدهنية في جسم الإنسان؟ وفي أي صورة؟

62. ما نوع الليبيد الذي لا يحتوي على سلاسل أحماض دهنية؟ ولماذا تُصنّف هذه المركبات على أنها ليبيدات؟

63. الصابون ارسم تركيب صابون بالمتات الصوديوم. (البالمتات هي القاعدة المرافقة للحمض الدهني المشبع ذي 16 ذرة كربون والمعروف باسم حمض البالميتيك)، وأشر إلى طرفيه: القطبي واللاقطبي.

الوراثية البشرية؟

78. كم جراماً من الجلوكوز يمكن أن يتأكسد كلياً بـ 2.0 L من غاز  $O_2$  في الظروف المعيارية في أثناء التنفس الخلوي؟
79. الطاقة احسب مجموع الطاقة بوحدة kJ التي تتحول إلى ATP في أثناء عمليات التنفس الخلوي والتخمر، وقران بينها.

### مراجعة عامة

80. ارسم مجموعات الكربونيل الوظيفية في الجلوكوز والفركتوز. فيم تتشابه هذه المجموعات، وفيم تختلف؟
81. سمِّ وحدات البناء الأساسية التي تكوّن البروتينات والكربوهيدرات المركبة.
82. صف وظائف البروتينات، والكربوهيدرات، والليبيدات، في الخلايا الحية.
83. اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل تميّه اللاكتوز.
84. اكتب معادلة موزونة لتركيب السكروز من الجلوكوز والفركتوز.

### التفكير الناقد

85. احسب يتكون 38 mol تقريباً من ATP عند التأكسد الكامل للجلوكوز في أثناء التنفس الخلوي. فإذا كانت حرارة الاحتراق لمول واحد من الجلوكوز تساوي  $2.82 \times 10^3$  kJ/mol ، وكل مول من ATP يخزن 30.5 kJ من الطاقة، فما كفاءة التنفس الخلوي بدلالة النسبة المئوية من حيث الطاقة المتاحة المخزونة في روابط ATP الكيميائية؟
86. تعرّف السبب والنتيجة تقترح بعض الأنظمة الغذائية تحديداً شديداً لكمية الليبيدات، فلماذا لا يُعد حذف الليبيدات من الغذاء كلياً فكرة جيدة؟
87. الرسوم البيانية واستعملها بين الجدول 2-3 عدداً من الأحماض الدهنية المشبعة وقيم بعض خواصها الفيزيائية.
- a. مثل بياناً عدد ذرات الكربون ودرجة الانصهار.

71. صف أنواع الروابط والتجاذبات التي تربط وحدات البناء الأساسية معاً في جزيء DNA.



الشكل 27-3

72. صمِّ التركيب النووي المبين في الشكل 27-3 إلى DNA أو RNA، فسّر إجابتك.
73. ترتبط القاعدة جوانين في تركيب DNA ثنائي اللولب دائماً بالسيتوسين، ويرتبط الأدينين دائماً بالثايمين. فماذا تتوقع أن تكون النسب بين كميات C و T و A و G في طول معين من DNA؟
74. نسخ DNA يحتوي أحد أشرطة جزيء DNA الترتيب القاعدي التالي. فما تعاقب القواعد على الشريط الآخر في جزيء DNA؟

C-C-G-T-G-G-A-C-A-T-T-A

75. العمليات الحيوية قارن بين التفاعلات الكلية للبناء الضوئي والتنفس الخلوي من حيث المواد المتفاعلة، والنواتج، والطاقة.

### إتقان حل المسائل

76. الشفرة الوراثية هي شفرة ثلاثية؛ أي أنه تعاقب من ثلاث قواعد في RNA يدل على كل حمض أميني في سلسلة ببتيدية أو بروتين. ما عدد قواعد RNA الضرورية للدلالة على بروتين يحتوي على 577 حمضاً أمينياً؟
77. مقارنات DNA تحتوي خلية البكتيريا إيشرىيكياكولاي أو (إي كولاي) E.coli على  $4.2 \times 10^6$  زوجاً من قواعد DNA، في حين تحتوي كل خلية بشرية على نحو  $3 \times 10^9$  زوجاً من قواعد DNA. ما النسبة المئوية التي يمثلها DNA في إيشرىيشياكولاي بالنسبة إلى الخريطة



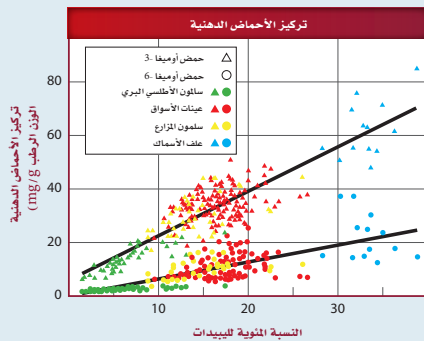
## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

91. الكولسترول استعمل المكتبة أو الإنترنت لعمل بحث عن الكولسترول، وكتب مقالة صحفية تتعلق بالكولسترول موجهة إلى القراء في سن المراهقة. وتأكد من الإجابات عن الأسئلة الآتية في المقالة: أين يستعمل هذا المركب في جسمك؟ ما وظيفته؟ لماذا يعد الإكثار من الكولسترول في الغذاء غير مناسب؟ هل الوراثة عامل في ارتفاع الكولسترول؟

## أسئلة المستندات

الأحماض الدهنية أوميغا-3 وأوميغا-6 أحماض دهنية أخذت أسماؤها من تراكيبها. فهي تحتوي على رابطة ثنائية إما على بعد 3 ذرات كربون أو 6 ذرات كربون من نهاية سلسلة الحمض الدهني. وتأثير هذه الأحماض الدهنية مفيد في الصحة؛ لأنها تخفض مستويات الكولسترول السيء، وترفع مستويات الكولسترول الجيد في الدم. لقد درست مستويات الأحماض الدهنية أوميغا-3 وأوميغا-6 في سمك السلمون من ثلاثة مصادر مختلفة، وفي الغذاء المستعمل في مزارع السلمون أيضاً. ويبين الشكل 28-3 النسبة المئوية للأحماض الدهنية أوميغا-3 وأوميغا-6 مقارنة بمجموع كمية الليبيدات في العينات.



الشكل 28-3

92. أي أنواع الأسماك احتوى على أكبر كمية من الأحماض الدهنية أوميغا-3؟
93. بناءً على هذه الدراسة، أي أنواع السلمون تنصح به لشخص يريد الإكثار من كمية الأحماض الدهنية أوميغا-3 وأوميغا-6 في غذائه؟
94. استنتج من الرسم البياني لماذا يحتوي سلمون المزارع والأسواق الكبرى على كمية من الأحماض الدهنية أوميغا-3 وأوميغا-6 أكبر من تلك الموجودة في السلمون البري؟

- b. مثل بيانياً عدد ذرات الكربون والكثافة.
- c. استنتج العلاقات بين عدد ذرات الكربون في الحمض الدهني وكثافته ودرجة انصهاره.
- d. توقع درجة الانصهار التقريبية لحمض دهني مشبع فيه 24 ذرة كربون.

## الجدول 2-3 الخواص الفيزيائية لبعض الأحماض الدهنية المشبعة

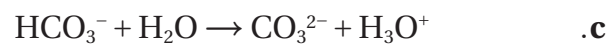
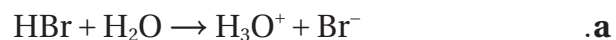
الاسم	عدد ذرات الكربون	درجة الانصهار (°C)	الكثافة (g/ml) (عند 60-80 °C)
حمض البالمتيك	16	63	0.853
حمض الميريستيك	14	58	0.862
حمض الأراكيديك	20	77	0.824
حمض الكابريك	8	16	0.910
حمض الدوكوسانويك	22	80	0.822
حمض الستيريك	18	70	0.847
حمض اللوريك	12	44	0.868

## مسألة تحفيز

88. احسب كم مولاً من ATP يمكن أن ينتج الجسم البشري من السكر الموجود في 28 kg من التفاح الأحمر. استخدم الإنترنت للحصول على معلومات لحل المسألة.

## مراجعة تراكمية

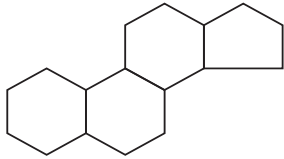
89. حدد الحمض والقاعدة في المواد المتفاعلة لكل مما يلي:



90. ما الخلية الجلفانية؟

## أسئلة الاختيار من متعدد

3. ما النسبة المئوية للثايمين (T) في العينة IV؟
- a. 28.4%  
b. 78.4%  
c. 71.6%  
d. 21.6%
4. ما عدد جزيئات السايروسين في جزيء واحد من العينة (II)؟
- a. 402  
b. 434  
c. 216  
d. 175



5. تمثل الصيغة أعلاه:
- a. سليلوز  
b. نشا  
c. بروتين  
d. ستيرويد
6. تعد الأحماض الأمينية الوحدات البنائية في:
- a. الكربوهيدرات  
b. الأحماض النووية  
c. الليبيدات  
d. البروتينات
7. يتكون السكر من:
- a. جزيئات من الفركتوز  
b. جزيئات من الجلوكوز  
c. جزيء من الفركتوز وآخر من الجلوكوز  
d. جزيء من الفركتوز وآخر من الجالاكتوز

1. أي مما يأتي لا ينطبق على الكربوهيدرات؟
- a. توجد السكريات الأحادية باستمرار بين التركيب الحلقي وتركيب السلسلة المفتوحة.  
b. ترتبط السكريات الأحادية في النشا بنفس نوع الروابط التي ترتبط بها في اللاكتوز.  
c. لجميع الكربوهيدرات الصيغة العامة  $C_n(H_2O)_n$ .  
d. تقوم النباتات فقط بصنع السليلوز، ويهضمه الإنسان بسهولة.
2. أي مما يلي غير صحيح فيما يتعلق بالأحماض النووية RNA و DNA؟
- a. يحتوي DNA على السكر الرايبوزي منقوص الأكسجين، بينما يحتوي RNA على السكر الرايبوزي.  
b. يحتوي RNA على القاعدة النيتروجينية اليوراسيل، بينما لا يحتوي DNA على ذلك.  
c. يتكون RNA من شريط مفرد، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج.  
d. يحتوي DNA على القاعدة النيتروجينية الأدينين، بينما لا يحتوي RNA على ذلك.

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 3 و 4.

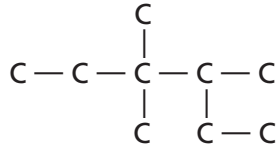
## بيانات النيوكليوتيدات لعينات من DNA

العينة	محتوى كل نيوكليوتيد	A	G	C	T
I	العدد	195	?	231	?
	النسبة	20.8	?	29.2	?
II	العدد	?	402	?	?
	النسبة	?	32.5	?	?
III	العدد	?	?	194	234
	النسبة	?	?	22.7	27.3
IV	العدد	266	203	?	?
	النسبة	28.4	21.6	?	?

# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 12.



12. سجل أحد الطلاب اسم الألكان الممثل بالسلسلة

الكربونية أعلاه كما يلي: 2-إيثيل 3، 3-ثنائي ميثيل

بتان. هل إجابة زميلك صحيحة؟ إذا لم تكن صحيحة

فما الاسم الصحيح لهذا المركب؟

13. قارن بين المركبات الأليفاتية، والمركبات الأروماتية.

8. الجللايكوجين من السكريات عديدة التسكر التي

تستخدم لتخزين الطاقة في:

a. الحيوانات

b. النباتات

c. الفطريات

d. البكتيريا

9. يعد الجلوكوز والفركتوز من السكريات:

a. الأحادية

b. الثنائية

c. السداسية

d. عديدة التسكر

## أسئلة الإجابات القصيرة

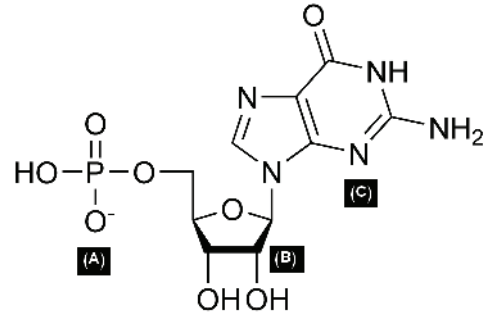
10. يحدد ترتيب القواعد النيتروجينية في RNA ترتيب

الأحماض الأمينية المكوّنة للبروتين؛ فمثلاً الشفرة

الوراثية CAG خاصة بالحمض الأميني الجلوتامين. ما

عدد الأحماض الأمينية التي يمكن تشفيرها في شريط من

RNA الذي يتكون من  $2.73 \times 10^4$  قاعدة نيتروجينية؟



11. استخدم الشكل أعلاه في الإجابة عما يلي:

a. ما الذي يمثله الشكل؟

b. ما الذي تمثله الأجزاء المشار إليها بالأحرف

؟A، B، C





**الفكرة (الامة)** تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

## 4-1 قوانين الغازات

**الفكرة (الرئيسية)** إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

## 4-2 قانون الغاز المثالي

**الفكرة (الرئيسية)** يربط قانون الغاز المثالي بين عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

## 4-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

**الفكرة (الرئيسية)** عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.

## حقائق كيميائية

- درجة حرارة الهواء في المنطاد كافية لغلي الماء.
- استخدم العالم جوزيف جاي-لوساك في القرن التاسع عشر منطاد الهواء الساخن في أبحاثه وتجاربه، في حين استخدم العالم جاك شارل منطاد الهيدروجين في تجاربه.
- يحتوي منطاد الهواء الساخن في المتوسط على 2.5 مليون لتر من الغاز.



سلة المنطاد

موقد البروبان

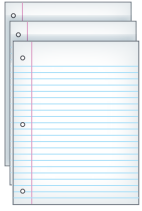


## نشاطات تمهيدية

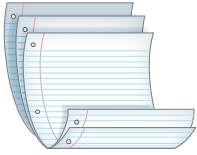
قوانين الغازات عمل  
المطويات الآتية لتساعدك  
على تنظيم دراسة قوانين  
الغاز.

### المطويات

منظمات الأفكار



**الخطوة 1** أحضر ثلاث  
ورقات، وضع بعضها فوق  
بعض، ودع حوافها العليا  
متباعدة رأسياً بمقدار 2 cm



**الخطوة 2** اثن الأطراف  
السفلية للأوراق على  
أن تكون خمس طيات  
متساوية. ثم اضغط على  
الثنيات لتثبيتها في أماكنها.

قوانين الغازات
قانون بويل
قانون شارل
قانون جاي - لوساك
القانون العام
القانون المثالي

**الخطوة 3** ثبت المطوية،  
كما في الشكل، وعنون  
الطيات على النحو الآتي:  
قوانين الغاز، بويل،  
شارل، جاي-لوساك، القانون العام، قانون  
الغاز المثالي.

**المطويات**  
استخدم هذه المطوية في أثناء  
قراءة القسمين 1-4 و 2-4. لخص قوانين  
الغازات بكلماتك الخاصة.



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

## تجربة استهلاكية

كيف تؤثر درجة الحرارة في حجم الغاز؟

تعمل شعلة المنطاد - انظر الصفحة اليمنى - على رفع درجة  
حرارة الهواء داخله ليبقى محلقاً في الجو.



### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. انفخ بالوناً ثم اربطه.
3. اسكب ماءً بارداً في دلو إلى منتصفه، ثم أضف إليه قطع  
من الثلج.
4. استخدم خيطاً لقياس محيط البالون في درجة حرارة الغرفة.
5. حرك الماء والثلج في الدلو جيداً، حتى تثبت درجة  
حرارته، ثم اغمر البالون في الماء والثلج مدة 15 دقيقة.
6. أخرج البالون من الماء، ثم قس محيطه.

### التحليل

1. صف ما حدث لحجم البالون عندما غمر في حوض  
الماء والثلج.
  2. توقع ما يحدث لحجم البالون لو كان الدلو يحتوي ماءً  
ساخنًا.
- استقصاء** ماذا يحدث إذا ملأت البالون بالهيليوم بدلاً من  
الهواء، وأجريت التجربة مرة أخرى؟



# 4-1

## الأهداف

- تكتب العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز.
- تطبق قوانين الغاز على المسائل التي تتضمن الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار محدد من الغاز.

## قوانين الغازات The Gas Laws

**الفكرة الرئيسية** إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

**الربط مع الحياة** ماذا يحدث لغاز في بالون إذا قللت حجمه بالضغط عليه؟ ستشعر بزيادة في المقاومة، وقد تشاهد انتفاخاً في جزء من البالون.

### قانون بويل Boyle's Law

ضغط الغاز وحجمه مترابطان. وقد وصف العالم الأيرلندي روبرت بويل (1627-1691م) هذه العلاقة.

**كيف يرتبط الضغط مع الحجم؟** لقد صمّم بويل تجربة كالمبينة في الشكل 4-1، ووضح من خلالها أنه إذا كانت كمية الغاز ودرجة الحرارة ثابتتين فإن مضاعفة الضغط الواقع على الغاز يقلل من حجمه إلى النصف. ومن ناحية أخرى فإن تقليل الضغط الواقع على الغاز إلى النصف يضاعف حجم الغاز. وتعرّف العلاقة التي يزيد فيها أحد المتغيرين عندما يقل الآخر بعلاقة التناسب العكسي.

ينص **قانون بويل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته. يبين الشكل 4-1 العلاقة العكسية بين الضغط والحجم، حيث يتجه المنحنى إلى أسفل.

## مراجعة المفردات

القانون العلمي: يصف علاقة في الطبيعة تدعمها عدة تجارب.

## المفردات الجديدة

قانون بويل

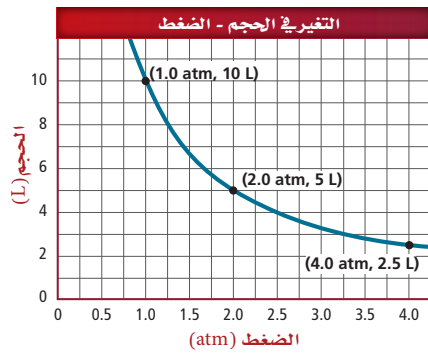
الصفير المطلق

قانون شارل

قانون جاي - لوساك

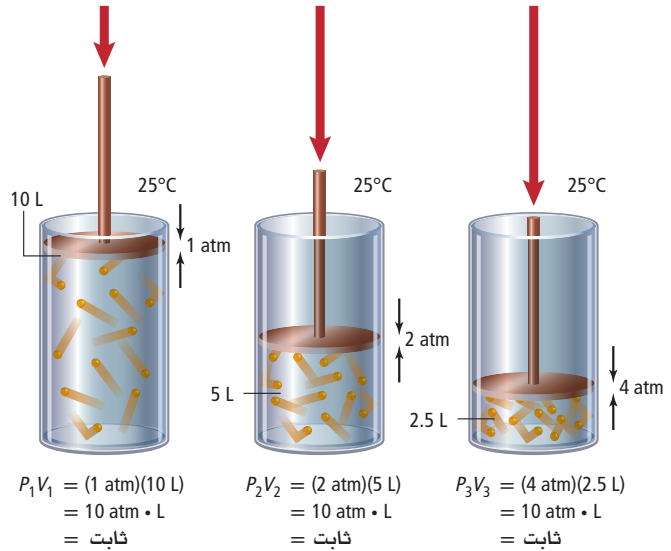
القانون العام للغازات

الشكل 4-1 عندما يزيد الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يقل حجم الغاز داخل الأسطوانة. ويوضح الرسم البياني الآتي العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.



استخدم الرسم البياني طبق

استخدم الرسم لتحديد الحجم، إذا كان مقدار الضغط (2.5 atm).



لاحظ أن ناتج ضرب الضغط في الحجم عند كل نقطة في الشكل 1-4 يساوي 10 atm.L  
لذا يمكن التعبير عن قانون بويل رياضياً على النحو الآتي:

### قانون بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

P: تمثل الضغط، V: تمثل الحجم

حاصل ضرب ضغط كمية محددة من الغاز في حجمها عند ثبوت درجة حرارتها يساوي كمية ثابتة.

يمثل كل من  $P_1$  و  $V_1$  الضغط والحجم الابتدائيين، في حين يمثل كل من  $P_2$  و  $V_2$  الضغط والحجم الجديدين، فإذا علمت ثلاثة من المتغيرات الموجودة في المعادلة أمكنك معرفة قيمة المتغير الرابع.

تجربة  
عملية

قانون بويل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على  
منصة عين الإثرائية

### مثال 1-4

قانون بويل ينفخ غواص وهو على عمق 10m تحت الماء فقاعة هواء حجمها 0.75 L، وعندما ارتفعت فقاعة الهواء إلى السطح تغير ضغطها من 2.25 atm إلى 1.03 atm، ما حجم فقاعة الهواء عند السطح؟

#### 1 تحليل المسألة

بالاعتقاد على قانون بويل، بنقصان الضغط على فقاعة الهواء يزداد حجمها، لذا يجب ضرب الحجم الابتدائي لها في نسبة ضغط أكبر من 1.

المطلوب

$$V_2 = ? \text{ L}$$

المعطيات

$$V_1 = 0.75 \text{ L}$$

$$P_1 = 2.25 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1.03 \text{ atm}$$

2 حساب المطلوب استخدم قانون بويل لإيجاد قيمة  $V_2$  واحسب الحجم الجديد.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ضع نص قانون بويل

$$V_2 = V_1 \left( \frac{P_1}{P_2} \right)$$

جد قيمة

$$V_2 = 0.75 \text{ L} \left( \frac{2.25 \text{ atm}}{1.03 \text{ atm}} \right)$$

$$V_1 = 0.75 \text{ L}, P_1 = 2.25 \text{ atm}, P_2 = 1.03 \text{ atm}$$

عوض

$$V_2 = 0.75 \text{ L} \left( \frac{2.25 \text{ atm}}{1.03 \text{ atm}} \right) = 1.6 \text{ L}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

3 تقويم الإجابة قل الضغط بمقدار النصف تقريباً، لذا فإن الحجم سيزيد إلى الضعف، ويعبر عن الإجابة بوحدة اللتر، وهي وحدة قياس الحجم، وتحتوي الإجابة على رقمين معنويين، وهذا صحيح.

### مسائل تدريبية

افترض أن درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

1. إذا كان حجم غاز عند ضغط 99.0 kPa هو 300.0 mL، وأصبح الضغط 188 kPa فما الحجم الجديد؟
2. إذا كان ضغط عينة من غاز الهيليوم في إناء حجمه 1.00 L هو 0.988 atm فما مقدار ضغط هذه العينة إذا نُقلت إلى وعاء حجمه 2.00 L؟
3. تحفيز إذا كان مقدار حجم غاز محصور تحت مكبس أسطوانة 145.7 L، وضغطه 1.03 atm، فما حجمه الجديد عندما يزداد الضغط بمقدار 25%؟

## مختبر حل المشكلات

### تطبيق التفسيرات العلمية

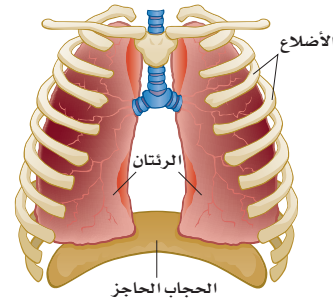
#### التفكير الناقد

1. طبق قانون بويل لتفسير السبب الذي يجعل الهواء يدخل إلى الرئتين عند الشهيق ويخرج منها عند الزفير.
2. وضح ما يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض الإنسان لضربة على البطن، ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل لتفسير إجابتك.
3. استنتج تَقَدُّد بعض أجزاء الرئتين مرونتها وتضخم، وينتج عن ذلك مرض انتفاخ الرئتين. كيف تستدل من قانون بويل على أن هذا الأمر يؤثر في عملية التنفس؟
4. فسّر السبب في تعليم الغواصين المبتدئين الذين يحملون جهاز التنفس تحت الماء عدم حبس أنفاسهم في أثناء صعودهم من المياه العميقة.

ما علاقة قانون بويل بالتنفس؟ أنت تتنفس 20 مرة في الدقيقة، وتستبدل بغاز ثاني أكسيد الكربون غاز الأكسجين لتحافظ على حياتك. فكيف يتغير الضغط والحجم في رئتيك في أثناء تنفسك؟

#### التحليل

يسمح النسيج الإسفنجي المرن الذي تتكون منه الرئتان بتمدد الرئتين وانقباضها؛ لتستجيب لحركة الحجاب الحاجز، وهو العضلة القوية الموجودة أسفلها. فعندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أسفل يزداد حجم الرئتين، وبذلك تتمكن من الشهيق، كما يتقلص حجم الرئتين عندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أعلى، وبذلك تتمكن من الزفير.



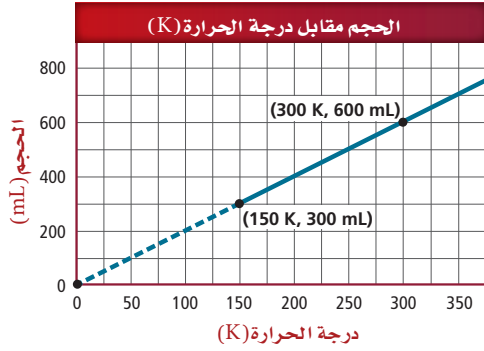
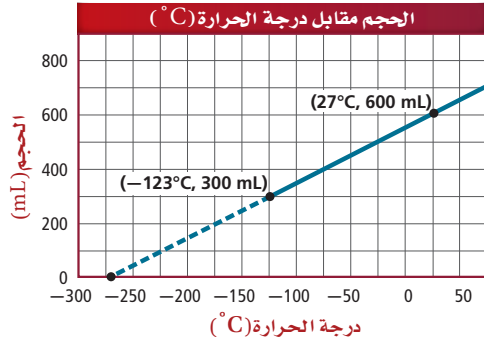
### قانون شارل Charles's Law

لاحظت في التجربة الاستهلاكية أن محيط البالون قد قل بعد غمره في الماء والثلج. لماذا حدث ذلك؟ كما أنك تلاحظ أن كرة القدم تظهر غير منتفخة جيداً إذا تركتها في مكان بارد فترة من الوقت، في حين تراها منتفخة جيداً إذا تركت في مكان مشمس. فلماذا يختلف مظهر الكرة؟ يمكن الإجابة عن هذه الأسئلة من خلال تطبيق قانون شارل.

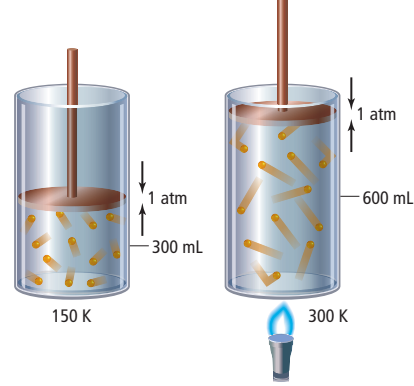
**كيف يرتبط الحجم مع درجة الحرارة؟** درس جاك شارل (1746-1823م) الفيزيائي الفرنسي العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة، حيث لاحظ أن كلاً من درجة حرارة وحجم عينة من الغاز يزداد عندما يبقى كل من كمية العينة والضغط ثابتين. يمكن تفسير هذه الخاصية بناءً على نظرية الحركة الجزيئية: فعندما تزداد درجة الحرارة تتحرك جسيمات الغاز وتصطدم أسرع بجدار الإناء الذي توجد فيه وبقوة أكبر. ولأن الضغط يعتمد على عدد ووقوة اصطدامات جسيمات الغاز بجدار الإناء فإن هذا يؤدي إلى زيادة الضغط، وحتى يبقى الضغط ثابتاً لا بد أن يزيد الحجم؛ إذ تحتاج الجسيمات إلى الانتقال إلى مسافات أبعد قبل أن تصطدم بالجدار، مما يقلل من عدد اصطدامات الجسيمات بجدار الإناء.

توضح الأسطوانات في الشكل 2-4 كيف يتغير حجم كمية محددة من الغاز بتسخينه.





الشكل 2-4 عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، فتدفع الجسيمات المكبس إلى أعلى. يوضح الرسم البياني الآتي علاقة الحجم بدرجة الحرارة السيليزية ودرجة الحرارة المطلقة.



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{300 \text{ mL}}{150 \text{ K}} = 2 \text{ mL/K} = \text{ثابت}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{600 \text{ mL}}{300 \text{ K}} = 2 \text{ mL/K} = \text{ثابت}$$

وعلى عكس الشكل 1-4 إذ يؤثر في المكبس ضغط خارجي بالإضافة إلى الضغط الجوي، فقد بقي المكبس في الشكل 2-4 حر الحركة. وهذا يعني قيام الغاز الموجود في الأسطوانة برفع المكبس إلى أن يتساوى الضغط الواقع عليه مع الضغط الجوي.

وكما تلاحظ يزداد حجم الغاز المحصور عند 1 atm بزيادة درجة الحرارة في الأسطوانة، لذا تكون المسافة التي يتحركها المكبس مقياساً لزيادة حجم الغاز عندما يسخن.

**رسم العلاقة بين درجة الحرارة والحجم** يوضح الشكل 2-4 أيضاً العلاقة بين درجة الحرارة والحجم لمقدار محدد من الغاز تحت تأثير ضغط ثابت؛ حيث إن منحنى درجة الحرارة مع الحجم خطٌ مستقيم، فيمكنك توقع درجة الحرارة التي يصبح الحجم عندها 0 L، وذلك بمد الخط إلى درجات حرارة أدنى من الدرجات التي تم قياسها.

في الرسم البياني الأول، درجة الحرارة التي يكون عندها الحجم 0 L تساوي  $-273^\circ\text{C}$ ، لذا فهذه العلاقة خطية، لكنها ليست تناسباً مباشراً. فمثلاً يمكنك ملاحظة عدم مرور الخط المستقيم بنقطة الأصل، كما أن مضاعفة درجة الحرارة من  $25^\circ\text{C}$  إلى  $50^\circ\text{C}$  لا تؤدي إلى مضاعفة الحجم.

يبين الرسم البياني في الشكل 2-4 أن العلاقة بين درجة الحرارة المقاسة بالكلفن (K) والحجم علاقة طردية والتناسب مباشر؛ إذ تقابل درجة الحرارة 0 K حجماً مقداره 0 mL، وعند مضاعفة درجة الحرارة يتضاعف الحجم. ويعرف الصفر على تدرج كلفن بالـ **الصفر المطلق**، وهو يمثل أقل قيمة ممكنة لدرجة الحرارة التي تكون عندها طاقة الذرات أقل ما يمكن.

✓ **اختبار الرسم البياني** فسّر لماذا يوضح الرسم البياني الثاني في الشكل 2-4 تناسباً طردياً مباشراً، في حين لا يوضح الرسم البياني الأول ذلك.

**استخدام قانون شارل** ينص **قانون شارل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط، ويمكن التعبير عن قانون شارل بالعلاقة الرياضية الآتية:

قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

V تمثل الحجم  
T تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حاصل قسمة حجم كمية محددة من الغاز على درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت ضغطه يساوي كمية ثابتة.

تجربة  
عملية

قانون شارل

ارجع الى دليل التجارب العملية على  
منصة عين الإثرائية

تتمثل  $V_1, T_1$  في المعادلة أعلاه درجة الحرارة والحجم الابتدائيين، في حين تمثل  $V_2, T_2$  درجة الحرارة والحجم الجديدين، كما في قانون بويل، فيذ عرفت ثلاث متغيرات يمكنك حساب المتغير الرابع.

وعند استخدام قانون شارل يجب التعبير عن درجة الحرارة بالكلفن. وكما قرأت سابقاً، عليك إضافة 273 إلى درجة الحرارة السيليزية لتحويل درجة الحرارة من التدرج السيليزي إلى التدرج بالكلفن:

$$T_K = 273 + T_C$$

## مثال 2-4

قانون شارل إذا كان حجم بالون هيليوم 2.32 L داخل سيارة مغلقة، عند درجة حرارة  $40.0^\circ\text{C}$ ، فإذا وقفت السيارة في ساحة البيت في يوم حار وارتفعت درجة الحرارة داخلها إلى  $75.0^\circ\text{C}$ ، فما الحجم الجديد للبالون إذا بقي الضغط ثابتاً؟

### 1 تحليل المسألة

ينص قانون شارل على أن حجم مقدار محدد من الغاز يزداد بزيادة درجة حرارته إذا بقي الضغط ثابتاً. لذا يزداد حجم البالون، ويجب ضرب الحجم الابتدائي في نسبة درجة حرارة أكبر من واحد.

**المطلوب**  
 $V_2 = ? \text{ L}$

**المعطيات**

$$T_1 = 40.0^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 2.32 \text{ L}$$

$$T_2 = 75.0^\circ\text{C}$$

### 2 حساب المطلوب

حوّل درجة الحرارة السيليزية إلى الكلفن.

استخدم معامل التحويل

$$T_1 = 40.0^\circ\text{C} \text{ عوض بقيمة}$$

$$T_2 = 75.0^\circ\text{C} \text{ عوض بقيمة}$$

$$T_K = 273 + T_C$$

$$T_1 = 273 + 40.0^\circ\text{C} = 313.0 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 75.0^\circ\text{C} = 348.0 \text{ K}$$



استخدم قانون شارل لإيجاد  $V_2$ ، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

اكتب نص قانون شارل

$$V_2 = V_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)$$

جد قيمة  $V_2$

$$V_2 = 2.32 \text{ L} \left( \frac{348.0 \text{ K}}{313.0 \text{ K}} \right)$$

$$V_1 = 2.32 \text{ L}, T_1 = 313.0 \text{ K}, T_2 = 348.0 \text{ K}$$

$$V_2 = 2.32 \text{ L} \left( \frac{348.0 \text{ K}}{313.0 \text{ K}} \right) = \mathbf{2.58 \text{ L}}$$

اضرب واقسم الوحدات والأرقام

### 3 تقويم الإجابة

كانت الزيادة في درجة الحرارة بالكلفن صغيرة نسبيًا، لذا ستكون الزيادة في الحجم صغيرة أيضًا، وستستخدم وحدة (L) في الإجابة، وهي وحدة الحجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

### مسائل تدريبية

افترض أن الضغط وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

4. ما الحجم الذي يشغله الغاز في البالون الموجود على اليسار عند درجة 250 K؟
5. شغل غاز عند درجة حرارة 89 °C حجمًا مقداره (0.67 L). عند أي درجة حرارة سيليزية سيزيد الحجم ليصل إلى 1.12 L؟
6. إذا انخفضت درجة الحرارة السيليزية لعينة من الغاز حجمها 3.0 L من 80.0 °C إلى 30.0 °C فما الحجم الجديد للغاز؟
7. تحفيز يشغل غاز حجمًا مقداره 0.67 L عند درجة حرارة (350 K). ما درجة الحرارة اللازمة لخفض الحجم بمقدار 45%؟



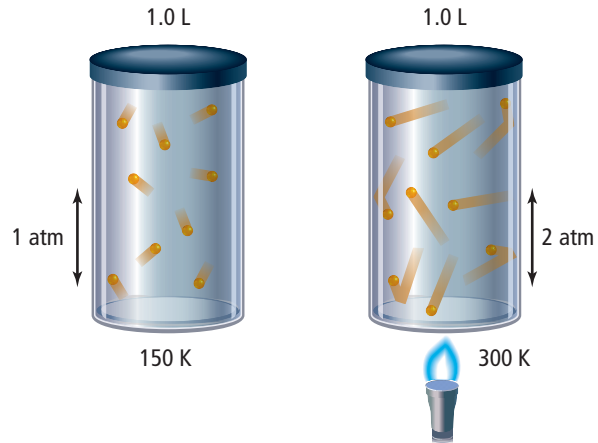
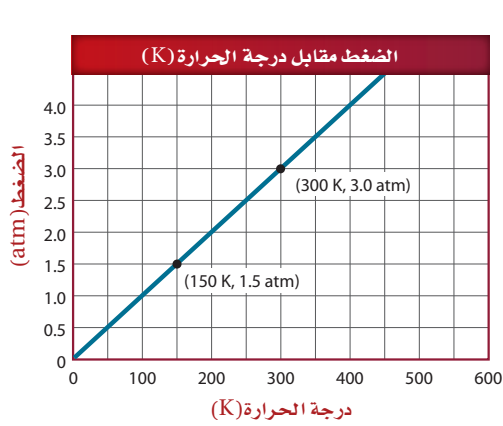
### قانون جاي - لوساك Gay– Lussac's Law

لاحظت في التجربة الاستهلاكية تطبيقات على قانون شارل، فعند تغير درجة الحرارة يتغير حجم البالون، ولكن ماذا يمكن أن يحدث لو كان البالون صلبًا ثابتًا؟ وإذا كان حجمه ثابتًا فهل هناك علاقة بين درجة الحرارة والضغط؟ يمكن الإجابة عن هذا السؤال من خلال قانون جاي - لوساك.

**كيف ترتبط درجة الحرارة مع ضغط الغاز؟** ينتج الضغط عن اصطدام جسيمات الغاز بجدران الوعاء؛ فكلما ارتفعت درجات الحرارة زاد عدد الاصطدامات وطاقتها. لذا تؤدي زيادة الحرارة إلى زيادة الضغط إذا لم يتغير الحجم.



الشكل 3-4 عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، مما يؤدي إلى زيادة اصطداماتها بجدار الإناء وزيادة قوتها. ولأن حجم الأسطوانة ثابت فإن ضغط الغاز يزداد.



استخدم الرسم البياني قارن بين الرسوم البيانية في الشكلين 2-4 و 3-4.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{1.5 \text{ atm}}{150 \text{ K}} = 0.01 \text{ atm/K} = \text{ثابت}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3.0 \text{ atm}}{300 \text{ K}} = 0.01 \text{ atm/K} = \text{ثابت}$$

وقد وجد جاي لوساك (1778-1850م) أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طردياً مع الضغط، كما هو موضح في الشكل 3-4. وينص قانون جاي لوساك على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة بالكلفن له، عند ثبوت الحجم. ويمكن التعبير عنه رياضياً كما يأتي:

قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

حيث P تمثل الضغط  
T تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حاصل قسمة الضغط على درجة الحرارة بالكلفن لمقدار محدد من الغاز ذي حجم ثابت يساوي مقداراً ثابتاً.

وكما هو الحال في قانوني بويل وشارل، فإذا عرفت ثلاثة متغيرات يمكنك حساب المتغير الرابع باستخدام المعادلة. تذكر أن درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن (K) أي أنها استخدمت في معادلات قوانين الغاز.

## الكيمياء في واقع الحياة قانون جاي-لوساك



أواني الضغط لوعاء الضغط غطاء محكم الإغلاق، وحجمه ثابت. وعند تسخينه يزداد الضغط في الإناء، وبتزايد الضغط تستمر درجة الحرارة في الارتفاع، فيتم بذلك طهو الطعام بسرعة أكبر.



قانون جاي- لوساك إذا كان ضغط غاز الأكسجين داخل الأسطوانة 5.00 atm عند درجة 25.0 °C، ووضعت الأسطوانة في خيمة على قمة جبل إفرست، حيث تكون درجة الحرارة 10.0 °C - فما الضغط الجديد داخل الأسطوانة؟

### 1 تحليل المسألة

ينص قانون جاي- لوساك على أنه إذا انخفضت درجة حرارة الغاز المحصور فإن ضغطه ينخفض إذا بقي حجمه ثابتاً. لذلك يقل الضغط في أسطوانة الأكسجين. يجب ضرب مقدار الضغط الابتدائي في نسبة درجة حرارة أقل من 1.

**المطلوب**  
 $P_2 = ? \text{ atm}$

**المعطيات**

$$P_1 = 5.00 \text{ atm}$$

$$T_1 = 25.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = -10.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 2 حساب المطلوب

حول درجات الحرارة السيليزية إلى كلفن

$$T_K = 273 + T_C$$

استخدم معامل التحويل

$$T_1 = 273 + 25.0 \text{ } ^\circ\text{C} = 298.0 \text{ K}$$

$$T_1 = 25.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 273 + (-10.0 \text{ } ^\circ\text{C}) = 263.0 \text{ K}$$

$$T_2 = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

استخدم قانون جاي لوساك؛ لإيجاد قيمة  $P_2$ ، و عوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

اكتب نص قانون جاي لوساك

$$P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)$$

لإيجاد قيمة  $P_2$

$$P_2 = 5.00 \text{ atm} \left( \frac{263.0 \text{ K}}{298.0 \text{ K}} \right)$$

$$P_1 = 5.00 \text{ atm}, T_1 = 298.0 \text{ K}, T_2 = 263.0 \text{ K}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها.

$$P_2 = 5.00 \text{ atm} \left( \frac{263.0 \text{ K}}{298.0 \text{ K}} \right) = 4.41 \text{ atm}$$

### 3 تقويم الإجابة

تقل درجة الحرارة المطلقة، لذا يقل الضغط. وحدة الضغط atm، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

### مسائل تدريبية

افترض أن الحجم و كمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

8. إذا كان ضغط إطار سيارة 1.88 atm عند درجة حرارة 25 °C، فكم يكون الضغط إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 37.0 °C؟

9. يوجد غاز هيليوم في أسطوانة حجمها 2L، تحت تأثير ضغط جوي مقداره 1.12 atm، فإذا أصبح ضغط الغاز 2.56 atm، عند درجة حرارة 36.5 °C، فما قيمة درجة حرارة الغاز الابتدائية؟

10. تحفيز إذا كان ضغط عينة من الغاز يساوي 30.7 KPa عند درجة حرارة 00.0 °C، فكم ينبغي أن ترتفع درجة الحرارة السيليزية للعينة حتى يتضاعف ضغطها؟



الشكل 4-4 تمتلك المملكة العربية السعودية ما يزيد عن 10 محطات رصد جوي والتي يُستخدم فيها بالون الطقس كما في الشكل المجاور والذي تتم تعبئته بالهيليوم أو الهيدروجين. - ويحمل بالون الطقس على متنه أجهزة تسمى (راديو سوند) ترسل بيانات تتعلق بدرجة حرارة الهواء والضغط والرطوبة في طبقات الجو العليا، إضافة لذلك، يُساعد متابعة العلماء في معرفة سرعة واتجاه الرياح على تلك الارتفاعات.

## القانون العام للغازات The General Gas Law

يمكن أن يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم في العديد من التطبيقات العملية للغازات، كما في بالون الطقس في الشكل 4-4. كما يمكن جمع قانون بويل وقانون شارل وقانون جاي-لوساك في قانون واحد يطلق عليه القانون العام للغازات، وهو يحدّد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محدّدة من الغاز. ويوجد بين المتغيرات الثلاثة نفس العلاقة الموجودة في القوانين الأخرى. فالضغط يتناسب عكسياً مع الحجم، وطردياً مع درجة الحرارة. ويمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضياً على النحو الآتي:

### القانون العام للغازات

$$P = \text{تمثل الضغط، } V = \text{تمثل الحجم}$$

$$T = \text{تمثل درجة الحرارة بالكلفن}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

حيث حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسوماً على درجة الحرارة بالكلفن لمقدار محدّد من الغاز يساوي مقداراً ثابتاً.

**استخدام القانون العام للغازات** يساعدك القانون العام للغازات على حل المسائل التي تتضمن أكثر من متغير واحد، كما يقدم لك طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى دون تذكر معادلاتها، يمكننا القانون العام للغازات من اشتقاق القوانين الأخرى من خلال تذكر المتغير الثابت في كل حالة.

مثلاً إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة بينما تغير الضغط والحجم فإن  $T_2 = T_1$ . وبعد تبسيط قانون الغاز العام تحت هذه الظروف ستجد أن المعادلة أصبحت  $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ، والتي ينبغي أن تستنتج أنها قانون بويل.



ماذا قرأت؟ اشتق قانون شارل، وقانون جاي-لوساك من القانون



العام للغازات.

## مهن في الكيمياء

**الأرصاد الجوية** العلاقات التي تربط الضغط ودرجة الحرارة مع الحجم تساعد علماء الأرصاد الجوية على فهم حالة الطقس والتنبؤ بها. فمثلاً، تنتج الرياح والجيّهات الهوائية عن تغير الضغط الذي يسببه التسخين الشمسي غير المنتظم للغلاف الجوي المحيط بسطح الأرض.

**القانون العام للغازات** إذا كان حجم كمية من غاز ما تحت ضغط 110 kPa ، ودرجة حرارة 30.0°C يساوي 2.00 L ، وارتفعت درجة الحرارة إلى 80.0°C ، وزاد الضغط وأصبح 440 kPa ، فما مقدار الحجم الجديد؟

### 1 تحليل المسألة

تغير كل من درجة الحرارة والضغط؛ لذلك يجب أن تستخدم القانون العام للغازات. لقد زاد الضغط أربع مرات، لكن درجة الحرارة لم تتضاعف بنفس هذا المقدار، لذلك فإن الحجم الجديد سيكون أقل من الحجم الابتدائي.

#### المطلوب

$$V_2 = ? \text{ L}$$

#### المعطيات

$$\begin{aligned} P_1 &= 110 \text{ kPa} & P_2 &= 440 \text{ kPa} \\ T_1 &= 30.0^\circ\text{C} & T_2 &= 80.0^\circ\text{C} \\ & & V_1 &= 2.00 \text{ L} \end{aligned}$$

### 2 حل المطلوب

حوّل درجات الحرارة من السيليزية إلى كلفن.

$$T_K = 273 + T_C$$

طبق معامل التحويل

$$T_1 = 273 + 30.0^\circ\text{C} = 303.0 \text{ K}$$

$$T_1 = 30.0^\circ\text{C} \text{ عوض}$$

$$T_2 = 273 + 80.0^\circ\text{C} = 353.0 \text{ K}$$

$$T_2 = 80.0^\circ\text{C} \text{ عوض}$$

استخدم قانون الغازات العام، لتجد قيمة  $V_2$  ثم عوض القيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

اكتب القانون العام للغازات

$$V_2 = V_1 \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \left( \frac{T_2}{T_1} \right)$$

حل لإيجاد  $V_2$

$$V_2 = 2.00 \text{ L} \left( \frac{110 \text{ kPa}}{440 \text{ kPa}} \right) \left( \frac{353.0 \text{ K}}{303.0 \text{ K}} \right)$$

$$\text{عوض } P_1 = 110 \text{ kPa}, P_2 = 440 \text{ kPa}, T_1 = 303.0 \text{ K},$$

$$T_2 = 353.0 \text{ K}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

$$V_2 = 2.00 \text{ L} \left( \frac{110 \text{ kPa}}{440 \text{ kPa}} \right) \left( \frac{353.0 \text{ K}}{303.0 \text{ K}} \right) = 0.58 \text{ L}$$

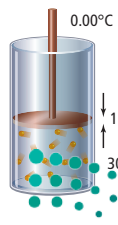
### 3 تقويم الإجابة

تغير الضغط بشكل أكبر من درجة الحرارة، لذا فقد قل الحجم. الوحدة هي (L)، وهي حدة قياس الحجم، وهناك رقمان معنويان.

### مسائل تدريبية

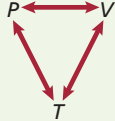
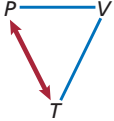
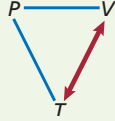
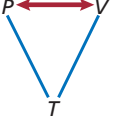
افترض أن كمية الغاز ثابتة في المسائل الآتية:

11. تُحدث عينة من الهواء في حقنة ضغطاً مقداره 1.02 atm ، عند 22.0°C ، ووضعت هذه الحقنة في حمام ماء يغلي (درجة حرارة 100.0°C) وازداد الضغط إلى 1.23 atm بدفع مكبس الحقنة إلى الخارج، مما أدى إلى زيادة الحجم إلى 0.224 mL فكم كان الحجم الابتدائي؟



12. يحتوي بالون على 146.0 mL من الغاز المحصور تحت ضغط مقداره 1.30 atm ودرجة حرارة 5.0°C فإذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة إلى 2.0°C فكم يكون حجم الغاز في البالون؟

13. تحفيز إذا زادت درجة الحرارة في الإسطوانة الموجودة على يسارك لتصل إلى 30.0°C ، وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل يتحرك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟

قوانين الغازات				الجدول 4-1
القانون العام	جاي لوساك	شارل	بويل	القانون
$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$P_1 V_1 = P_2 V_2$	الصيغة
كمية الغاز	كمية الغاز والحجم	كمية الغاز والضغط	كمية الغاز ودرجة الحرارة	ما الثابت؟
				رسم تنظيمي

**مقاييس درجة الحرارة وقوانين الغازات** لا بد أنك لاحظت أن العمل الذي قام به كل من شارل وجاي- لوساك قد سبق تطوير التدرج بالكلفن (K)، على الرغم من أن قانونيهما تطلبا استخدام درجة الحرارة بالكلفن (K). حيث استخدم العلماء في القرن 17 وبدايات القرن 18 مقاييس حرارة مختلفة. فعلى سبيل المثال استخدم تدرج ريومر في فرنسا حتى في العصر نفسه الذي عاش فيه شارل تقريباً. وباستخدام هذا التدرج أو أي تدرج لا يعتمد على الصفر المطلق تصبح المعادلة التي تعبر عن قانون شارل أكثر تعقيداً؛ فهي تحتاج إلى ثابتين إضافة إلى الحجم V ودرجة الحرارة T. وقد بسّط التدرج بالكلفن الأمور، ونتجت قوانين الغازات المستخدمة الآن. عرفت الآن كيف تؤثر متغيرات الضغط والحرارة والحجم في عينة من الغاز. ويمكنك أيضاً استخدام قوانين الغازات التي تم تلخيصها في الجدول 4-1 إذا كانت كمية الغاز ثابتة، لكن ماذا يحدث إذا تغيرت كمية الغاز؟ هذا ما ستدرسه لاحقاً.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

## التقويم 4-1

### الخلاصة

- الفكرة الرئيسية** وضح العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم كمية ثابتة من الغاز.
  - اشرح أي المتغيرات الثلاثة، التي تؤثر في كمية ثابتة من الغاز، تتناسب تناسباً طردياً، وأيها تتناسب عكسياً؟
  - حلل** أطلق بالون طقس إلى الغلاف الجوي، وأنت تعرف كلاً من حجمه الابتدائي ودرجة حرارته وضغط الهواء فيه. ما المعلومات التي تحتاج إليها لحساب الحجم النهائي للبالون عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له؟ وأي القوانين تستخدم لحساب الحجم؟
  - استنتج** لماذا تُضغَط الغازات التي تستخدم في المستشفيات، ومنها الأكسجين؟ ولماذا يجب حمايتها من ارتفاع درجات الحرارة؟ وماذا يجب أن يحدث للأكسجين المضغوط قبل استنشاقه؟
  - احسب** يحتوي إناء بلاستيكي صلب على 1.00 L من غاز الميثان عند ضغط جوي مقداره 660 torr، ودرجة حرارة 22.0°C، ما مقدار الضغط الذي يحدثه الغاز عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 44.6°C؟
  - صمّم** خريطة مفاهيمية توضح فيها العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل، وشارل، وجاي- لوساك.
- ينص قانون بويل على أن حجم مقدار محدد من الغاز يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.
  - ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط.
  - ينص قانون جاي- لوساك على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة بالكلفن عند ثبوت الحجم.
  - يربط القانون العام للغازات بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في معادلة واحدة.





## 4-2

### الأهداف

- تربط عدد الجسيمات بالحجم مستخدماً مبدأ أفوجادرو.
- تربط كمية الغاز بضغطه ودرجة حرارته وحجمه مستخدماً قانون الغاز المثالي.
- تقارن بين خصائص الغاز الحقيقي والغاز المثالي.

## قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

**الفكرة الرئيسية** يربط قانون الغاز المثالي بين عدد المولات وكل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

**الربط مع الحياة** تعلم أن إضافة الهواء إلى إطار السيارة يزيد من ضغط الهواء في الإطار، ولكن هل تعلم أن قيمة الضغط المحددة للإطار هي قيمة الضغط في الإطار عندما يكون بارداً؟ فعندما تتحرك إطارات السيارات على الطريق يعمل الاحتكاك على رفع درجة الحرارة، فيزيد الضغط.

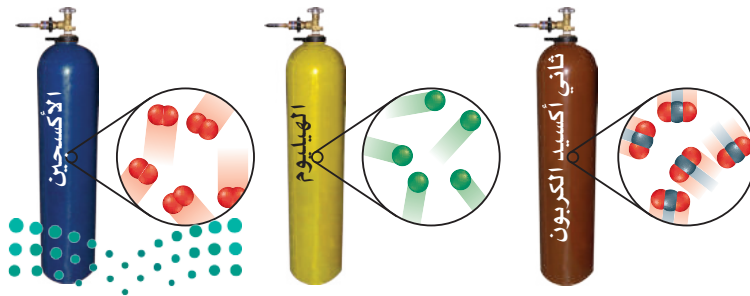
### مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle

تختلف حجوم جسيمات الغازات، ومع ذلك تفترض نظرية الحركة الجزيئية أن جسيمات الغاز في أي عينة تكون متباعدة كثيراً جداً، بحيث يصبح تأثير حجم الجسيمات قليلاً جداً على الحجم الذي يشغله الغاز. فمثلاً يشغل 1000 جسيم من غاز الكربون الكبيرة نسبياً الحجم نفسه لـ 1000 جسيم من غاز الهيليوم الأصغر حجماً عند نفس درجة الحرارة والضغط. وكان أفوجادرو في عام 1811م أول من قدم هذه الفكرة. وينص **مبدأ أفوجادرو** على أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط. ويبين الشكل 4-5 حجوماً متساوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

**الحجم وعدد المولات** درست سابقاً أن المول الواحد من أي مادة يحتوي على  $6.02 \times 10^{23}$  من الجسيمات. والحجم المولاري لغاز هو الحجم الذي يشغله 1 mol منه عند الظروف المعيارية (standard temperature and pressure) ويرمز لها بالرمز STP  $(0.0^\circ\text{C}) (1 \text{ atm})$ .

وتعرف درجة الحرارة  $0.0^\circ\text{C}$  والضغط الجوي 1atm بدرجة الحرارة والضغط المعياريين. هذا وقد بين أفوجادرو أن 1mol من أي غاز يشغل حجماً مقداره 22.4 L، لذا يمكنك استعمال  $22.4 \text{ L/mol}$  بوصفه معامل تحويل عندما يكون الغاز في الظروف المعيارية. فإذا رغبت مثلاً في معرفة عدد المولات في عينة من غاز حجمها 3.72 L، في الظروف المعيارية، فيتعين عليك استخدام الحجم المولاري لتحويل وحدات الحجم إلى مولات.

$$3.72 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}} = 0.166 \text{ mol}$$



الشكل 4-5 أسطوانات غاز متساوية في الحجم تحت تأثير ضغط ودرجة حرارة متساويين، تحتوي كميات متساوية من الغاز بغض النظر عن نوع الغاز الذي تحتويه كل منها.

**استنتج** لماذا لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على السوائل والمواد الصلبة؟

الحجم المولاري المكون الرئيس للغاز الطبيعي المستخدم في المنازل لأغراض التدفئة والطهو هو الميثان  $CH_4$ . احسب حجم 2.00 Kg من غاز الميثان في الظروف المعيارية STP.

### 1 تحليل المسألة

يمكن حساب عدد المولات من خلال قسمة كتلة العينة (m) على الكتلة المولية M. ولأن الغاز تحت الظروف المعيارية (STP)، لذا يمكنك استخدام الحجم المولاري لتحويل عدد المولات إلى حجم.

#### المطلوب

$$V = ? L$$

#### المعطيات

$$m = 2.00 \text{ kg}$$

$$T = 0.00 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P = 1.00 \text{ atm}$$

### 2 حساب المطلوب

حدّد الكتلة المولية للميثان

حدد الكتلة المولية

عبر عن الكتلة الجزيئية باستخدام

g/mol لتصل إلى الكتلة المولية.

حدّد عدد مولات الميثان

حوّل الكتلة المولية من وحدة Kg إلى g

اقسم على الكتلة المولية لإيجاد عدد المولات.

$$M = 1 \text{ C atom} \left( \frac{12.01 \text{ amu}}{1 \text{ C atom}} \right) + 4 \text{ H atoms} \left( \frac{1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}} \right)$$

$$= 12.01 \text{ amu} + 4.04 \text{ amu} = 16.05 \text{ amu} = 16.05 \text{ g/mol}$$

$$2.00 \text{ kg} \left( \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) = 2.00 \times 10^3 \text{ g}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3 \text{ g}}{16.05 \text{ g/mol}} = 125 \text{ mol}$$

استخدم الحجم المولاري لتحديد حجم الميثان في الظروف المعيارية STP.

$$V = 125 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 2.80 \times 10^3 \text{ L}$$

استخدم الحجم المولاري 22.4 L/mol

للتحويل من المولات إلى الحجم.

### 3 تقويم الإجابة

مقدار الميثان الموجود أكبر من 1 mol؛ لذا يجب أن تتوقع حجماً كبيراً، وهذا يتفق مع الإجابة. الوحدة هي (L)، وهي وحدة قياس الحجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

### مسائل تدريبية

20. ما حجم الوعاء اللازم لاحتواء 0.0459 mol من غاز النيتروجين  $N_2$  في الظروف المعيارية STP؟

21. ما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات، الموجودة في بالون حجمه 1.0 L في الظروف المعيارية STP؟

22. ما الحيز (mL)، الذي يشغله غاز الهيدروجين الذي كتلته 0.00922 g في الظروف المعيارية STP؟

23. ما الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 0.416 g من غاز الكربون في الظروف المعيارية STP؟

24. احسب الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 4.5 Kg من غاز الإيثيلين  $C_2H_4$  في الظروف المعيارية STP؟

25. تحفيز إناء بلاستيكي مرن يحتوي 0.86 g من غاز الهيليوم بحجم (19.2 L). فإذا أخرج 0.205 g من غاز الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما الحجم الجديد؟



الشكل 6-4 يبيّن حجم ودرجة حرارة هذا الإطار ثابتاً في أثناء إضافة الهواء، ولكن كلما ازدادت كمية الهواء ازداد الضغط.

#### المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 2-4	قيم R
قيمة R	وحدات R
0.0821	$\frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
8.314	$\frac{\text{L}\cdot\text{kPa}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
62.4	$\frac{\text{L}\cdot\text{mmHg}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

التحول بين وحدات الضغط

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 1.01325 \text{ bar} = 101325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa}$$

## قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

يمكن جمع كل من مبدأ أفوجادرو وقوانين بويل وشارل وجاي-لوساك في علاقة رياضية واحدة تصف العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز. تعطي هذه الصيغة نتائج أفضل للغازات التي تنطبق عليها افتراضات نظرية الحركة الجزيئية، التي تعرف بالغازات المثالية. إن حجوم جسيمات الغازات صغيرة جداً، وبينها فراغات كبيرة لدرجة أن قوى التجاذب أو التنافر فيما بينها تصبح أقل ما يمكن.

**من القانون العام للغازات إلى قانون الغازات المثالي** يربط القانون العام للغازات بين متغيرات الضغط والحجم ودرجة الحرارة لمقدار محدد من الغاز.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

وتبقى علاقة الضغط والحجم ودرجة الحرارة دائماً نفسها لعينة محددة من الغاز. ويمكن إعادة كتابة العلاقة الممثلة في القانون العام للغازات على النحو الآتي:

$$\frac{PV}{T} = \text{مقداراً ثابتاً}$$

يوضح الشكل 6-4 أن زيادة مقدار الغاز الموجود في العينة يؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كانت درجة الحرارة والحجم ثابتين، كما أنّ الحجم يزداد عند إضافة المزيد من جسيمات الغاز. ونحن نعرف أن كلاً من الحجم والضغط يتناسبان تناسباً طردياً مع عدد المولات (n)، لذا يمكن وضع عدد المولات (n) في معادلة القانون العام للغازات، كما يأتي:

$$\frac{PV}{nT} = \text{ثابتاً}$$

ولقد حددت التجارب التي استخدمت فيها قيم معروفة لكل من V، T، P، n قيمة هذا الثابت، والذي يعرف بثابت الغاز المثالي، ويرمز له بالرمز R. فإذا كان الضغط مقيساً بوحدة atm فإن قيمة R هي 0.0821 L·atm/mol·K. لاحظ أن وحدة R تجمع ببساطة وحدات المتغيرات الأربع. وبين الجدول 2-4 القيم الرقمية لـ R بوحدة مختلفة للضغط.

✓ **ماذا قرأت؟ فسر لماذا** أضيف عدد المولات (n) إلى المقام في المعادلة أعلاه؟ عند التعويض عن R في المعادلة أعلاه، وعند إعادة ترتيب المتغيرات تنتج الصيغة الأكثر شيوعاً لقانون الغاز المثالي؛ حيث يصف قانون الغاز المثالي السلوك الفيزيائي للغاز المثالي من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز المتوافرة.

### قانون الغاز المثالي

$$P = \text{الضغط.}$$

$$V = \text{الحجم.}$$

$$n = \text{عدد المولات.}$$

$$R = \text{ثابت الغاز المثالي.}$$

$$T = \text{درجة الحرارة بوحدة كلفن.}$$

$$PV = nRT$$

إن حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسوماً على كمية معينة من الغاز عند درجة حرارة ثابتة يساوي مقداراً ثابتاً

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا  $\text{NH}_3$  الموجودة في وعاء حجمه 3.0 L عند  $3.0 \times 10^2 \text{ K}$  وضغط (1.5 atm).

## 1 تحليل المسألة

أعطيت الحجم ودرجة الحرارة والضغط لعينة من الغاز. استخدم قانون الغاز المثالي، واختر قيمة الثابت R بالاعتماد على وحدة الضغط في السؤال. لاحظ أن قيم الضغط ودرجة الحرارة قريبة من الظروف المعيارية، لكن الحجم أصغر كثيراً من 22.4 L، فعليك أن تتوقع أن الإجابة أقل كثيراً من مول واحد.

المطلوب  
 $n = ? \text{ mol}$

المعطيات

$$V = 3.0 \text{ L}$$

$$T = 3.00 \times 10^2 \text{ K}$$

$$P = 1.50 \text{ atm}$$

$$R = 0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

## 2 حساب المطلوب

استخدم قانون الغاز المثالي، ثم عوض بالقيم المعروفة لإيجاد قيمة (n)

$$PV = nRT$$

اكتب قانون الغاز المثالي

$$n = \frac{PV}{RT}$$

حل لإيجاد n

$$n = \frac{(1.50 \text{ atm})(3.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(3.00 \times 10^2 \text{ K})}$$

$$V = 3.0 \text{ L}, T = 3.00 \times 10^2 \text{ K}, P = 1.50 \text{ atm}$$

$$R = 0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm}/\text{mol} \cdot \text{K}$$

$$n = \frac{(1.50 \text{ atm})(3.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)(3.00 \times 10^2 \text{ K})} = 0.18 \text{ mol}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

## 3 تقويم الإجابة

تتفق الإجابة مع توقع أن عدد المولات أقل كثيراً من 1 mol، ووحدة الإجابة mol، وتحتوي رقمين معنويين.

## مسائل تدريبية

26. ما درجة حرارة 2.49 mol من الغاز بوحدات سيلزيوس ( $^{\circ}\text{C}$ )، والموجود في إناء سعته 1.00 L، وتحت ضغط مقداره 143 kPa؟
27. احسب حجم 0.323 mol من غاز ما عند درجة حرارة 256 K وضغط جوي مقداره 0.90 atm؟
28. ما مقدار ضغط 0.108 mol، بوحدته الضغط الجوي (atm) - لعينة من غاز الهيليوم عند درجة حرارة  $20.0^{\circ}\text{C}$ ، إذا كان حجمها 0.050 L؟
29. إذا كان ضغط غاز حجمه 0.044 L يساوي 3.81 atm عند درجة حرارة  $25.0^{\circ}\text{C}$ ، فما عدد مولات الغاز؟
30. تحفيز غاز مثالي حجمه 3.0 L، فإذا تضاعف عدد مولاته ودرجة حرارته وبقي الضغط ثابتاً، فما حجمه الجديد؟

## قانون الغاز المثالي - الكتلة المولية والكثافة

### The Ideal Gas Law – Molar Mass and Density

يمكن أن يستخدم قانون الغاز المثالي في إيجاد أي قيمة من قيم المتغيرات الأربعة  $P, V, T, n$ ، إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معروفة. كما يمكن إعادة ترتيب المعادلة  $PV=nRT$  لحساب الكتلة المولية والكثافة لعينة من الغاز.

**الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي** لإيجاد الكتلة المولية لعينة غاز يجب أن يكون كلاً من الكتلة ودرجة الحرارة والضغط وحجم الغاز معروفاً. تذكر ما تعلمته سابقاً، حيث إن عدد مولات الغاز ( $n$ ) تساوي الكتلة ( $m$ ) بوحدة الجرام مقسومة على الكتلة المولية ( $M$ ). لذلك يمكن التعويض عن  $n$  بمقدار  $m/M$ .

$$PV = nRT \quad n = \frac{m}{M} \quad PV = \frac{mRT}{M}$$

ويمكنك إعادة ترتيب المعادلة لتصبح على النحو الآتي:

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

**الكثافة وقانون الغاز المثالي** تذكر أن كثافة أي مادة ( $D$ ) تساوي كتلتها ( $m$ ) في وحدة الحجم ( $V$ )، وبعد إعادة ترتيب معادلة الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية يمكن التعويض عن ( $m/V$ ) بالقيمة  $D$ .

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{m}{V} \quad M = \frac{DRT}{P}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة لإيجاد الكثافة لتصبح على النحو التالي:

$$D = \frac{MP}{RT}$$

لماذا تحتاج إلى معرفة كثافة الغاز؟ فكر في طرائق إطفاء الحريق. تعتمد إحدى طرائق إطفاء الحريق على منع غاز الأكسجين من الوصول للمادة المحترقة من خلال تغطية الحريق بغاز آخر لا يحترق ولا يساعد على الاحتراق، كما هو موضح في الشكل 4-7. لذا يجب أن تكون كثافة هذا الغاز أكبر من كثافة الأكسجين ليحل محله.

الشكل 4-7 لإطفاء الحريق تحتاج إلى إبعاد الوقود أو الأكسجين أو الحرارة عن مصدر الحريق. تحتوي طفاية الحريق على ثاني أكسيد الكربون الذي يحل محل الأكسجين، لكنه لا يشتعل، وله تأثير مبرّد نتيجة تمدده السريع بمجرد إطلاقه.

**شرح** لماذا يحل ثاني أكسيد الكربون محل الأكسجين؟



## تجربة

### إعداد نموذج لطفاية حريق

لماذا يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون لإطفاء الحريق؟

#### الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. قس درجة الحرارة باستخدام مقياس الحرارة، والضغط الجوي باستخدام البارومتر، ثم سجل البيانات التي حصلت عليها.

3. لفّ قطعة من ورق الألمنيوم أبعادها  $23\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  على أسطوانة ارتفاعها  $30\text{ cm}$  ونصف قطرها  $6\text{ cm}$  تقريباً ثم ألصق أطراف ورق الألمنيوم.

4. استخدم أعواد الثقاب لإشعال الشمعة. تحذير: اسكب الماء فوق أعواد الثقاب قبل رميها، وابتعد عن مصادر اللهب.

5. ضع  $30\text{ g}$  من صودا الخبز  $\text{NaHCO}_3$  في كأس كبيرة، وأضف إليها  $40\text{ mL}$  من الخل  $\text{CH}_3\text{COOH}$  تركيزه (5%).

6. ضع الأسطوانة الملفوفة بورق الألمنيوم بسرعة فوق لهب الشمعة بزاوية مقدارها  $(45^\circ)$ .

تحذير: لا تجعل نهاية طرف الأسطوانة يلامس الشمعة المشتعلة.

7. وبينما يستمر التفاعل في الكأس في إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، مرر الغاز بحذر شديد، وليس السائل في الأسطوانة. سجل ملاحظاتك.



#### التحليل

1. طبق احسب الحجم المولاري لغاز ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي.

2. احسب كثافة كل من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والنيتروجين بوحدة  $\text{g/L}$  عند درجة حرارة الغرفة. تذكر أن عليك حساب الكتلة المولية لكل غاز حتى تتمكن من حساب كثافة كل غاز.

3. فسر هل تدعم ملاحظاتك وحساباتك استخدام ثاني أكسيد الكربون في مكافحة الحرائق؟ ولماذا؟

### الغاز الحقيقي مقابل الغاز المثالي Real Gas Versus Ideal Gas

ماذا يعني مصطلح الغاز المثالي؟ تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية التي درستها سابقاً. فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدوماً، كما أن هذه الجسيمات لا تتشغل حيزاً، ولا توجد قوى تجاذب بينها، ولا تتجاذب مع جدران الوعاء الموجودة فيه، ولا تتناثر معه. وتتحرك هذه الجسيمات حركة عشوائية دائمة في خطوط مستقيمة حتى يصطدم بعضها ببعض أو بجدار الوعاء الذي يحتويها، وهذه التصادمات مرنة، مما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير. ويتبع الغاز المثالي قوانين الغاز تحت كل الظروف من الضغط ودرجة الحرارة.

ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيراً، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تماماً. وعلى الرغم من ذلك تسلك معظم الغازات سلوك الغاز المثالي في نطاقات واسعة من الضغط ودرجة الحرارة. كما أن الحسابات التي تجري باستخدام قانون الغاز المثالي تقارب القياسات التجريبية.

ماذا قرأت؟ فسر العلاقة بين نظرية الحركة الجزيئية والغاز المثالي.

## استراتيجية حل المسائل

**اشتقاق قوانين الغازات** إذا أتقنت الاستراتيجيات الآتية، فإن عليك تذكر قانون الغاز المثالي فقط. خذ مثلاً، الكمية الثابتة من الغاز الموجودة تحت ضغط ثابت. استخدم قانون شارل لحل المسائل التي تتضمن الحجم ودرجة الحرارة.

1. استخدم قانون الغاز المثالي لكتابة معادلتين تصفان عينة الغاز عند درجة حرارة وحجم مختلفين (الكميات التي لا تتغير تظهر باللون الأحمر).

2. اعزل الحجم ودرجة الحرارة، وهما القيمتان اللتان تتغيران في الجهة نفسها من المعادلة.

3. ولأن كلاً من  $P, R, n$  ثابت تحت هذه الظروف، فإنه يمكنك جعل كل من الحجم ودرجة الحرارة متساويين لاشتقاق قانون شارل.

## تطبيق الاستراتيجية

اشتق قانون بويل وجاي-لوساك والقانون العام للغازات استناداً إلى القاعدة أعلاه.

$$PV_1 = nRT_1 \quad PV_2 = nRT_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{P} \quad \frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{P}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

**أقصى ضغط ودرجة حرارة** متى يكون قانون الغاز المثالي غير مناسب للاستخدام مع الغاز الحقيقي؟ تحيد معظم الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة. ويسلك غاز النيتروجين في الخزان الظاهر في الشكل 4-8 سلوك الغاز الحقيقي. وعند انخفاض درجات حرارة غاز النيتروجين تنخفض طاقة جسيماته الحركية، وهذا يعني أن قوى التجاذب بين هذه الجسيمات قوية، مما يجعلها تؤثر في سلوكها. وعندما تنخفض درجة الحرارة بقدر كاف يتكاثف الغاز الحقيقي مكوناً سائلاً. ويسلك غاز البروبان في الخزان الظاهر في الشكل 4-8 أيضاً سلوك الغاز الحقيقي. وتعمل زيادة الضغط على الغاز على إجبار جسيماته على الاقتراب بعضها من بعض، حتى يصبح من غير الممكن إهمال الحجم الذي تشغله الجسيمات. وتتحول الغازات الحقيقية - ومنها البروبان - إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافٍ.

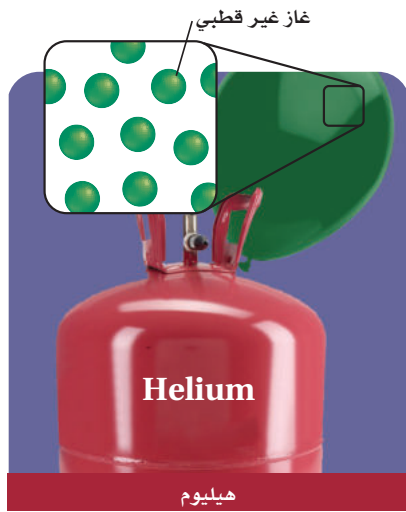
الشكل 4-8 لا يتبع الغاز الحقيقي قانون الغاز المثالي عند قيم الضغط ودرجات الحرارة كلها.



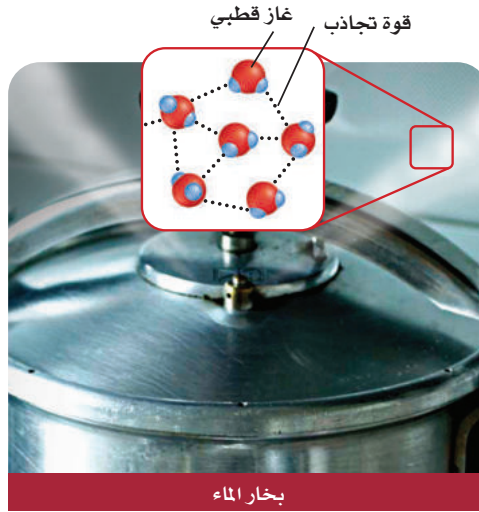
يتحول غاز النيتروجين إلى سائل عند درجة حرارة ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) ويستطيع العلماء حفظ العينات البيولوجية ومنها أنسجة الجسم. عند هذه الدرجة لإجراء البحوث والإجراءات الطبية الأخرى.

يمكن تخزين كمية من البروبان السائل أكبر 270 مرة منها في الحالة الغازية في الحجم نفسه. وتستخدم أسطوانات صغيرة من البروبان السائل وقوداً للطهي في المنازل.





هيليوم



بخار الماء

الشكل 9-4 التجاذب بين جسيمات الغاز غير القطبي ضعيف بينما يكون التجاذب بين جسيمات الغازات القطبية مثل بخار الماء قوياً.

**القطبية وحجم الجسيمات** تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلاً يوجد بين جسيمات الغاز القطبية كما في بخار الماء قوى تجاذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير القطبية كالهيليوم. فتنجذب الأطراف المختلفة للجسيمات القطبية بعضها نحو بعض بقوى تجاذب كهروستاتيكية، كما في الشكل 9-4، لذا، لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان  $C_4H_{10}$  حيزاً أكبر من الحيز الذي يشغله عدد مماثل من جسيمات غاز صغيرة الحجم كالهيليوم He. ولهذا السبب تميل جسيمات الغاز الكبيرة إلى الابتعاد عن السلوك المثالي أكثر من جسيمات الغاز الصغيرة.

## التقويم 4-2

### الخلاصة

31. **الفترة الرئيسية** فسر لماذا ينطبق مبدأ أفوجادرو على الغازات التي تتكون من جزيئات صغيرة والتي تتكون من جزيئات كبيرة؟
32. اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.
33. حلل كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغاز الحقيقي مستخدماً نظرية الحركة الجزيئية؟
34. توقع الظروف التي يحتمل أن يختلف عندها سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي؟
35. ضع في قائمة، الوحدات الأكثر شيوعاً للمتغيرات في قانون الغاز المثالي.
36. احسب كتلة غاز البروبان  $C_3H_8$  الموجود في دورق حجمه 2.0 L عند ضغط جوي مقداره 1.00 atm ودرجة حرارة  $-15.0^\circ C$ .
37. ارسم رسماً بيانياً واستخدمه لخفض ضغط إطارات السيارات بمقدار 1psi (14.7psi=1.0 atm) عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار  $6^\circ C$ ، ارسم رسماً بيانياً يوضح التغير في الضغط داخل الإطار، عندما تتغير درجات الحرارة من  $20^\circ C$  إلى  $-20^\circ C$  (افترض أن الضغط يساوي 30 Psi عند درجة حرارة  $20.0^\circ C$ ).

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجم المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه.
- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن أيضاً استخدامه لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معروفة.
- تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكاً مغايراً لسلوك الغاز المثالي.





## الأهداف

- تحدد النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والنتيجة مستخدماً المعاملات الموجودة في المعادلة الكيميائية.
- تطبق قوانين الغازات لحساب كميات الغازات المتفاعلة والنتيجة في التفاعل الكيميائي.

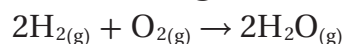
## الحسابات المتعلقة بالغازات Gas Stoichiometry

**الفكرة الرئيسية** عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى عدد المولات والحجوم النسبية للغازات.

**الربط مع الحياة** لكي تقوم بصناعة الكيك من المهم أن تضيف المقادير بنسب صحيحة. وبطريقة مشابهة فإن نسباً صحيحة من المتفاعلات تلزم في التفاعل الكيميائي للحصول على النتائج المطلوبة.

### الحسابات الكيميائية للتفاعلات المتضمنة للغازات Stoichiometry of Reactions Involving Gases

تطبق قوانين الغازات في حساب المتفاعلات أو النواتج الغازية في التفاعلات الكيميائية. تذكر أن المعاملات في التفاعلات الكيميائية تمثل عدد مولات المواد المشاركة في التفاعل. على سبيل المثال يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لإنتاج بخار الماء.



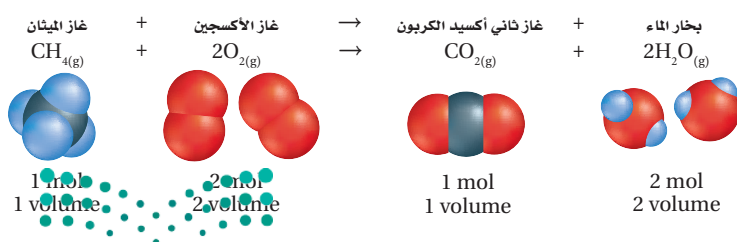
تخبرك المعادلة الكيميائية الموزونة بالنسب المولية للمواد في التفاعل؛ فمثلاً تبين معادلة التفاعل أعلاه أن 2 mol من غاز الهيدروجين تتفاعل مع 1 mol من غاز الأكسجين وينتج 2 mol من بخار الماء.

كما ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة عند نفس درجة الحرارة والضغط لها عدد الجسيمات نفسه، وهكذا فإن معاملات المواد الغازية في المعادلة الكيميائية الموزونة لا تمثل عدد المولات فقط، وإنما تمثل الحجوم النسبية أيضاً. لهذا فإن 2 L من غاز الهيدروجين ستتفاعل مع 1 L من غاز الأكسجين لإنتاج 2 L من بخار الماء.

### الحسابات الكيميائية: حساب الحجم

#### Stoichiometry and Volume–Volume Problems

لإيجاد حجم غاز متفاعل أو ناتج في التفاعل الكيميائي يجب عليك معرفة المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل وحجم غاز آخر مشارك في التفاعل على الأقل. افحص التفاعل في الشكل 4-10 مثلاً، والذي يوضح احتراق غاز الميثان، وهذا التفاعل مألوف لك؛ إذ يحدث كلما أشعلت موقد بنزن.



الشكل 4-10 توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة العلاقة بين أعداد مولات المواد المتفاعلة والنتيجة والعلاقة بين حجوم أي من الغازات المتفاعلة أو الناتجة. بناءً على هذه المعاملات، يمكن استخدام النسبة الحجمية لأي زوج من الغازات المتفاعلة.

ولأن المعاملات تمثل النسب الحجمية للغازات المشاركة في التفاعل فإنه يمكنك أن تحدد أنه يلزم 2 L من غاز الأوكسجين لتتفاعل تمامًا مع 1 L من غاز الميثان. كما أن الاحتراق الكامل لـ 1 L من الميثان سوف ينتج 1 L من ثاني أكسيد الكربون و 2 L من بخار الماء.

لاحظ أنه لم يتم تحديد أي من الظروف مثل الضغط ودرجة الحرارة. فلا حاجة إليها في الحسابات الكيميائية؛ وذلك لأنه بعد الخلط سيكون كلا الغازين في نفس درجة الحرارة والضغط. ويمكن أن تتغير درجة الحرارة في أثناء التفاعل، لكن التغير في درجة الحرارة يؤثر في كل الغازات الموجودة في التفاعل بنفس الطريقة. لذا فإنك لا تحتاج لأخذ حالتها الضغطة ودرجة الحرارة بعين الاعتبار.

### مثال 4-7

مسائل حساب الحجم ما حجم غاز الأوكسجين اللازم لإحراق 4.0 L من غاز البروبان  $C_3H_8$  حرًا كاملاً. افترض أن الضغط ودرجة الحرارة ثابتان.

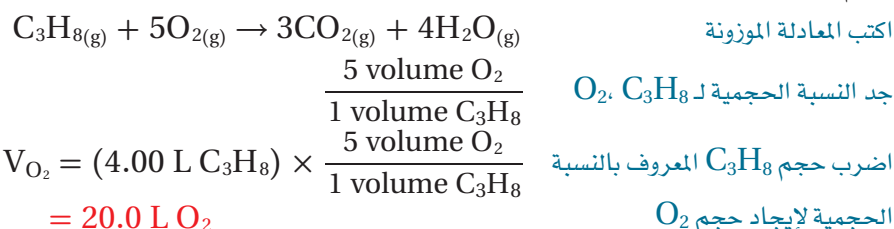
#### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت حجم الغاز المتفاعل في المعادلة الكيميائية. تذكر أن المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة تزودك بالنسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناجمة.

<b>المعطيات</b>	<b>المطلوب</b>
$V_{C_3H_8} = 4.00 \text{ L}$	$V_{O_2} = ? \text{ L}$

#### 2 حساب المطلوب

استخدم المعادلة الموزونة لاحتراق  $C_3H_8$ ، ثم جد النسبة الحجمية لكل من  $C_3H_8$  و  $O_2$ ، ثم جد حجم غاز  $O_2$



#### 3 تقويم الإجابة

توضح المعاملات في معادلة تفاعل الاحتراق أن حجم غاز  $O_2$  المستخدم في التفاعل أكبر كثيراً من حجم  $C_3H_8$ ، وهذا يتوافق مع الإجابة التي تم حسابها. وحدة الإجابة هي (L)، وهو وحدة حجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

#### مسائل تدريبية

38. كم لترًا من غاز البروبان  $C_3H_8$  يلزم لكي تحترق حرًا كاملاً مع 34.0 L من غاز الأوكسجين؟
39. ما حجم غاز الهيدروجين اللازم للتفاعل تمامًا مع 5.00 L من غاز الأوكسجين لإنتاج الماء؟
40. ما حجم غاز الأوكسجين اللازم لاحتراق 2.36 L من غاز الميثان  $CH_4$  حرًا كاملاً؟
41. تحفيز يتفاعل غازا النيتروجين والأوكسجين لإنتاج غاز أكسيد ثاني النيتروجين  $N_2O$ . ما حجم غاز  $O_2$  اللازم لإنتاج 34 L من غاز  $N_2O$ ؟

### الكيمياء في واقع الحياة

#### استخدام الحسابات الكيميائية



الأفران تلزم نسب صحيحة من الغازات في كثير من التفاعلات الكيميائية. ورغم أن كثيراً من أفران صناعة الفخار يتم تغذيتها بغاز الميثان فإن مزيجاً محددًا من البروبان والهواء يمكن أن يستخدم وقوداً في هذه الأفران إن لم يتوافر الميثان.

الشكل 11-4 تعد الأمونيا مادة أساسية لإنتاج الأسمدة الغنية بالنيتروجين. ويؤدي وجود النيتروجين في التربة بمستوى ملائم إلى تحسين المحصول الزراعي.



## الحسابات الكيميائية : حسابات الحجم – الكتلة Stoichiometry and Volume – Mass Problems

[الرابط مع علم الأحياء](#) يمكنك تطبيق ما تعلمته عن الحسابات الكيميائية على إنتاج

الأمونيا  $NH_3$  من غاز النيتروجين  $N_2$ . فمصانع الأسمدة تستخدم الأمونيا لصناعة الأسمدة الغنية بالنيتروجين؛ فالنيتروجين عنصر مهم لنمو النباتات. ويعد تثبيت النباتات لنيتروجين الجو في التربة، وتحليل المواد العضوية، ومخلفات الحيوانات، من المصادر الطبيعية للنيتروجين في التربة. هذه المصادر لا توفر ما يكفي من النيتروجين لسد حاجة المزارع. يوضح الشكل 11-4 مزارعاً يسمد الأرض بسماد غني بالنيتروجين، وهذا يجعل المزارع قادراً - بإذن الله - على إنتاج كميات أكثر من المحصول.

يوضح المثال 4-8 كيف يمكن استخدام غاز النيتروجين في إنتاج مقدار محدود من الأمونيا. تذكر عند حل هذا المثال أن المعادلة الكيميائية الموزونة تبين أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات فقط، وليس كتلتها. لذا يجب أن يتم تحويل كل الكتل المعطاة إلى مولات أو حجوم قبل استخدامها جزءاً من النسبة. تذكر أيضاً أن وحدة درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن.

### المفردات

#### المفردات الأكاديمية

النسبة

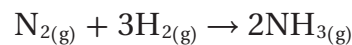
العلاقة الكمية بين شيئين.

النسبة بين الهيدروجين والأكسجين في

جزء الماء هي 1:2

### مثال 4-8

**حسابات الحجم- الكتلة تحضّر الأمونيا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين وفق المعادلة :**



إذا تفاعل 5.00 L من غاز النيتروجين تماماً مع غاز الهيدروجين عند ضغط جوي 3.00 atm ودرجة حرارة 298 K، فما كمية الأمونيا (g) التي تنتج عن التفاعل؟

#### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الحجم والضغط، ودرجة الحرارة لعينة من الغاز، كما أن النسبة الحجمية والمولية للغازات المتفاعلة والنتيجة معطاة من خلال معاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة. يمكن تحويل الحجم إلى مولات باستخدام قانون الغاز المثالي، ومن ثم حساب الكتلة باستخدام الكتلة المولية.

**المطلوب**  
 $m_{NH_3} = ? g$

**المعطيات**

$V_{N_2} = 5.00 L$

$P = 3.00 atm$

$T = 298 K$



## 2 حساب المطلوب

حدد عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن أن تنتج عن 5.00 L من غاز النيتروجين.

$$5.00 \text{ L N}_2 \left( \frac{2 \text{ vol NH}_3}{1 \text{ vol N}_2} \right) = 10.0 \text{ L NH}_3$$

جد النسبة الحجمية لـ  $\text{N}_2$  و  $\text{NH}_3$  مستخدماً المعادلة الموزونة  
قم بضرب الحجم المعروف من  $\text{N}_2$  في النسبة الحجمية لإيجاد حجم  $\text{NH}_3$

استخدم قانون الغاز المثالي لإيجاد قيمة n. ومن ثم احسب عدد مولات  $\text{NH}_3$

$$PV = nRT$$

اكتب نص قانون الغاز المثالي

$$n = \frac{PV}{RT}$$

جد قيمة n

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}\right)(298 \text{ K})}$$

عوض  $V = 5.00\text{L}$ ,  $P = 3.0 \text{ atm}$ ,  $T = 298 \text{ K}$

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}\right)(298 \text{ K})} = 1.23 \text{ mol NH}_3$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

$$M = \left( \frac{1 \text{ N atom} \times 14.01 \text{ amu}}{1 \text{ N atom}} \right) + \left( \frac{3 \text{ H atoms} \times 1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}} \right) = 17.04 \text{ amu}$$

جد الكتلة المولية لـ  $\text{NH}_3$

عبر عن الكتلة المولية بوحدة g/mol

$$M = 17.04 \text{ g/mol}$$

$$1.23 \text{ mol NH}_3 \times \frac{17.04 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 21.0 \text{ g NH}_3$$

حول مولات الأمونيا إلى جرامات الأمونيا

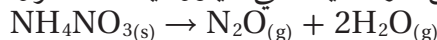
استخدم الكتلة المولية معاملاً للتحويل

## 3 تقويم الإجابة

لتفحص إجابتك، احسب حجم النيتروجين المتفاعل عند (STP)، ثم الحجم المولي والنسبة المولية بين  $\text{N}_2$ ،  $\text{NH}_3$ ؛ لتحديد عدد مولات  $\text{NH}_3$  الناتجة. وحدة الإجابة هي الجرام، وهي وحدة قياس الكتلة، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

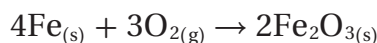
## مسائل تدريبية

42. نترات الأمونيوم مكون شائع في الأسمدة الكيميائية. استخدم التفاعل التالي لحساب كتلة نترات الأمونيوم الصلبة التي يجب أن تستخدم للحصول على 0.100 L من غاز أكسيد ثنائي النيتروجين عند الظروف المعيارية (STP).



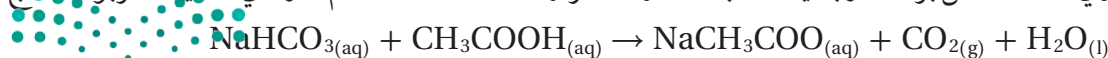
43. عند تسخين كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  تتحلل لتكون أكسيد الكالسيوم  $\text{CaO}$  الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$ . ما عدد لترات ثاني أكسيد الكربون التي تتكون عند STP إذا تحلل 2.38 Kg من كربونات الكالسيوم تماماً؟

44. عندما يصدأ الحديد يكون قد تفاعل مع الأكسجين ليكون أكسيد الحديد(III)



احسب حجم غاز الأكسجين عند STP اللازم ليتفاعل مع 52.0 g من الحديد تماماً.

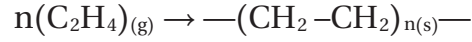
45. تحفيز أضيفت كمية فائضة من حمض الأسيتيك إلى 28g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$ ، وضغط 1 atm وفي أثناء التفاعل برد الغاز بحيث أصبحت درجة حرارته ( $20^\circ\text{C}$ ). ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج؟



الشكل 12-4 لصناعة منتج ما  
بفاعلية كهذه المنتجات البلاستيكية،  
من الضروري إجابة الأسئلة الآتية:  
ما مقدار المتفاعلات التي يجب  
شراؤها؟ ما مقدار النواتج؟



تعتمد العمليات الصناعية على الحسابات الكيميائية التي درستها في الأمثلة السابقة؛ فغاز الإيثين  $C_2H_4$  مثلاً، والذي يدعى أيضاً الإثيلين، هو المادة الخام لصناعة مبلمر البولي إيثيلين. ينتج البولي إيثيلين عندما تتحد مجموعة كبيرة من الوحدات الأساسية (جزيئات الإيثين  $-CH_2-CH_2-$ ) في صورة نمط متكرر في سلاسل. وتستخدم هذه المبلمرات في صناعة الكثير من مستلزمات الحياة اليومية، كما يبين الشكل 12-4. والمعادلة التالية توضح الصيغة العامة لتفاعل البلمرة، حيث تمثل  $n$  عدد الوحدات المتكررة.



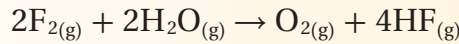
لو كنت مهندساً في مصنع لصناعة البولي إيثيلين فإنك ستحتاج لمعرفة بعض خصائص غاز الإثيلين، ومعرفة تفاعلات البلمرة أيضاً، وستساعدك المعلومات المتعلقة بقوانين الغازات على حساب كتلة وحجم المادة الخام اللازمة تحت درجات حرارة وضغط مختلفة لصناعة أنواع مختلفة من البولي إيثيلين.

### التقويم 4-3

#### الخلاصة

- تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناجمة.
- يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل.

46. **الفكرة الرئيسية** فسر عندما يتفاعل غاز الفلور مع بخار الماء يحدث التفاعل الآتي:



فإذا بدأ التفاعل بـ 2 L من غاز الفلور فما حجم بخار الماء (L) اللازم للتفاعل مع غاز الفلور؟ وما حجم غاز الأكسجين وغاز فلوريد الهيدروجين الناتجين؟

47. **حلل** هل يتناسب حجم الغاز تناسباً طردياً أو عكسياً مع عدد مولات الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين؟ فسر إجابتك.

48. **احسب** يشغل 1 mol من الغاز حجماً مقداره 22.4 L عند الظروف المعيارية (STP)، احسب درجة الحرارة والضغط اللازمين لإدخال 2 mol من الغاز في حجم 22.4 L.

49. **فسر البيانات** يتفاعل غاز الإيثين  $C_2H_4$  مع غاز الأكسجين ليكونا غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسبة المولية للمواد الموجودة على كل جهة من المعادلة.

## الصحة والضغط

تعيش حياتك اليومية وتعمل وتلعب في الهواء حيث يكون الضغط 1atm تقريبًا، ونسبة الأكسجين 21%، فهل تساءلت يوماً: ماذا يمكن أن يحدث لو كان الضغط ونسبة الأكسجين في الهواء أكثر؟ هل كنت ستتعاوى من المرض أو الجروح بسرعة؟ هذه الأسئلة هي جوهر العلاج بالأكسجين المضغوط.

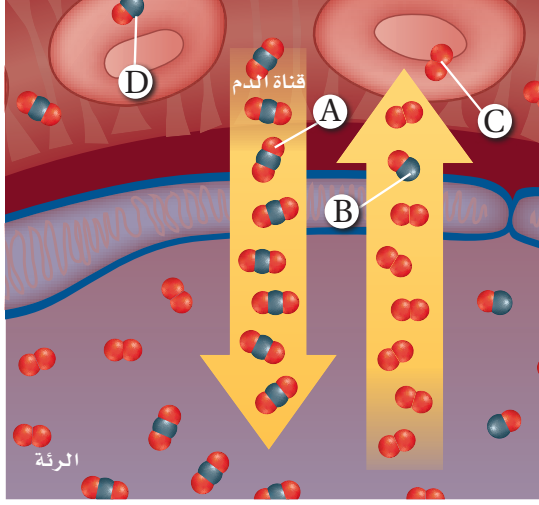
### العلاج بالأكسجين المضغوط Hyperbaric medicine

إن كلمة (hyper) تعني عاليًا أو زائدًا. و (bar) هي وحدة الضغط، وتساوي 100 KPa، وهذا تقريبًا الضغط الجوي الطبيعي. لهذا فإن المصطلح hyperbaric يشير إلى ضغط أعلى من الضغط الطبيعي. يتعرض المرضى الذين يعالجون بالأكسجين المضغوط لضغط أعلى من الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

**ضغط الأكسجين** يرتبط ارتفاع الضغط غالبًا مع ارتفاع تركيز الأكسجين الذي يتلقاه المرضى. ويشير العلاج بالأكسجين المضغوط (HBOT) إلى علاج بوساطة أكسجين تركيزه 100%. وبين الشكل 1 غرفة المعالجة بالأكسجين المضغوط؛ حيث يمكن أن يصل الضغط في هذه الغرفة إلى خمسة أو ستة أضعاف الضغط العادي. وتستخدم HBOT في معالجة الكثير من الحالات، ومنها الحروق والدوار والجروح التي لا تلتئم بسرعة والأنيما وبعض الأمراض المعدية.



الشكل 1 يستلقي المريض في غرفة العلاج في أثناء (HBOT)، ويتحكم الفني في الضغط ونسبة الأكسجين.



الشكل 2 تبادل الغازات بين الرئتين وجهاز الدوران.

**التسمم بغاز أول أكسيد الكربون** استخدم الشكل 2 لمعرفة كيف يساعد (HBOT) على علاج التسمم بغاز أول أكسيد الكربون.

التبادل الطبيعي للغاز ينتقل غاز  $O_2$  من الرئتين إلى الدم، ويرتبط مع هيموجلوبين الدم في خلايا الدم الحمراء، فيتحرك ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  كما يظهر عند الموضع A.

تبادل الغاز غير الطبيعي إذا دخل أول أكسيد الكربون إلى الدم كما يوضحه الرمز B، عوضًا عن الأكسجين فإنه يرتبط مع الهيموجلوبين، وتبدأ خلايا الجسم تموت نتيجة حرمانها من الأكسجين.

الأكسجين في بلازما الدم بالإضافة إلى الأكسجين الذي يحمله الهيموجلوبين يذوب الأكسجين في بلازما الدم كما هو مبين في C. وتساعد المعالجة بالأكسجين (HBOT) على زيادة تركيز الأكسجين المذاب إلى المقدار الذي يحافظ على الجسم سليمًا.

التخلص من أول أكسيد الكربون يساعد الأكسجين المضغوط على التخلص من أول أكسيد الكربون المرتبط مع الهيموجلوبين، كما هو موضح في D.

الكتابة في الكيمياء أعد كتيب معلومات حول استخدام (HBOT) لعلاج الجروح التي لا تلتئم بسرعة.

# مختبر الكيمياء

## تحديد الضغط في حبات الفشار



**الخلفية النظرية** عندما يكون ضغط بخار الماء داخل حبات الذرة المجففة (الفشار) كبيراً بشكل كافٍ، تتحول الحبات إلى فشار وتطلق بخار ماء. ويمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الضغط في هذه الحبات عند انفجارها.

**سؤال** ما مقدار الضغط اللازم لنفث حبات الفشار؟

### المواد والأدوات

حبات ذرة (18-20)	مخبار مدرج 10 mL
زيت نباتي 1.5 mL	كأس زجاجية 250 mL
شبكة تسخين مربعة 2	ماسك كأس
موقد بنزن	ميزان
حامل حلقة	ماء مقطر
حلقة حديدية صغيرة	ورق تنشيف

### حلل واستنتج

- احسب حجم حبات الذرة بالليتر، وذلك من خلال إيجاد الفرق بين حجم الماء المقطر في المخبار قبل إضافة الذرة وبعده.
- احسب الكتلة الكلية لبخار الماء المنطلق مستخدماً قياسات كتل الكأس والزيت وحبات الذرة قبل النفث وبعده.
- حوّل استخدم الكتلة المولية للماء؛ لإيجاد عدد مولات الماء المتحررة.
- استخدم الصيغ اعتبر أن درجة حرارة الزيت المغلي  $225^{\circ}\text{C}$  هي درجة حرارة الغاز، واحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي.
- قارن بين الضغط الجوي وضغط بخار الماء في الحبات.
- استنتج لماذا لم تنفث حبات الذرة جميعها؟
- تحليل الخطأ حدّد مصادر الخطأ في هذه التجربة، واقترح طريقة لتصحيحها.

### الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لفرقة أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

### احتياطات السلامة



### خطوات العمل

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- اعمل جدولاً لتسجيل البيانات.
- ضع 5 mL تقريباً من الماء المقطر في مخبار مدرج، وسجل حجمه.
- ضع 18-20 حبة فشار في المخبار المدرج مع الماء، وحرّك المخبار المدرج بلطف؛ لتجبر فقائيع الهواء على الخروج، ثم سجل حجم الماء وحبات الذرة معاً.
- أخرج الحبات من المخبار المدرج وجففها.
- ضع الحبات الجافة مع 1.0 - 1.5 mL من الزيت النباتي في كأس زجاجية.
- قس الكتلة الكلية للكأس والزيت وحبات الذرة.
- ركب الجهاز، كما يظهر في الصورة.
- سخن الكأس بهدوء باستخدام الموقد، وحرّك الموقد إلى الأمام والخلف لتسخين الزيت بالتساوي.
- لاحظ التغيرات في حبات الذرة في أثناء التسخين، ثم أطفئ الموقد عندما تتفرقع حبات الذرة.
- استخدم ماسك الكأس لإبعاد الكأس عن الحلقة، واتركه حتى يبرد تماماً.

الفكرة العامة تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

## 4-1 قوانين الغازات

### الفكرة الرئيسية

إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

### المفردات

- قانون بويل
- الصفر المطلق
- قانون شارل
- قانون جاي-لوساك
- القانون العام للغازات

### المفاهيم الرئيسية

• ينص قانون بويل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

• ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

• ينص قانون جاي-لوساك على أن ضغط كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات الحجم.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

• يربط القانون العام للغازات كلاً من درجة الحرارة والضغط والحجم في معادلة واحدة.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

## 4-2 قانون الغاز المثالي

### الفكرة الرئيسية

يربط قانون الغاز المثالي عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

### المفردات

- مبدأ أفوجادرو
- الحجم المولاري
- ثابت الغاز المثالي (R)
- قانون الغاز المثالي

### المفاهيم الرئيسية

• ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجم المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.

• يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه.

$$PV = nRT$$

• يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن استخدامه أيضاً لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت كتلته المولية معروفة.

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{MP}{RT}$$

• تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكاً مغايراً لسلوك الغاز المثالي.

## 4-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

### الفكرة الرئيسية

عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.

### المفاهيم الرئيسية

• تحدد المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناجمة.

• يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناجمة عن التفاعل.



57. استعمل قوانين بويل وشارل وجاي-لوساك لحساب القيم المفقودة في كل مما يأتي:

a.  $V_1 = 2.0 \text{ L}$ ,  $P_1 = 0.82 \text{ atm}$ ,  $V_2 = 1.0 \text{ L}$ ,  
 $P_2 = ?$

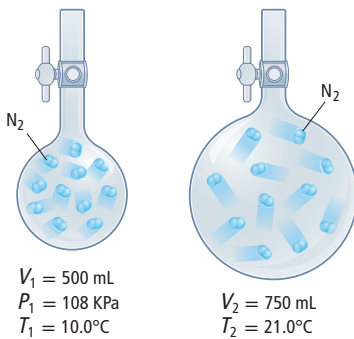
b.  $V_1 = 250 \text{ mL}$ ,  $T_1 = ?$ ,  $V_2 = 400 \text{ mL}$ ,  
 $T_2 = 298 \text{ K}$

c.  $V_1 = 0.55 \text{ L}$ ,  $P_1 = 740 \text{ mm Hg}$ ,  $V_2 = 0.80 \text{ L}$ ,  
 $P_2 = ?$

58. بالونات الهواء الساخن إذا كان حجم عينة من الهواء  $2.5 \text{ L}$  عند درجة حرارة  $22.0^\circ\text{C}$ ، فكم يصبح حجم هذه العينة إذا نقلت إلى بالون هواء ساخن، حيث تبلغ درجة الحرارة  $43.0^\circ\text{C}$ ؟ افترض أن الضغط ثابت داخل البالون.

59. ما ضغط حجم ثابت من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة  $30.0^\circ\text{C}$ ، إذا كان ضغط غاز الهيدروجين  $1.11 \text{ atm}$  عند درجة حرارة مقدارها  $15.0^\circ\text{C}$ ؟

60. نقلت كمية من غاز النيتروجين من وعاء صغير إلى وعاء أكبر منه، كما هو مبين في الشكل 4-14. ما مقدار ضغط غاز النيتروجين في الوعاء الثاني؟



الشكل 4-14

## 4-2

### إتقان المفاهيم

61. اذكر نص مبدأ أفوجادرو.

62. اذكر نص قانون الغاز المثالي.

## 4-1

### إتقان المفاهيم

50. اذكر نصوص قوانين بويل، وشارل، وجاي-لوساك والقانون العام للغازات، واكتب معادلاتها.

51. إذا تناسب متغيران تناسبًا عكسيًا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

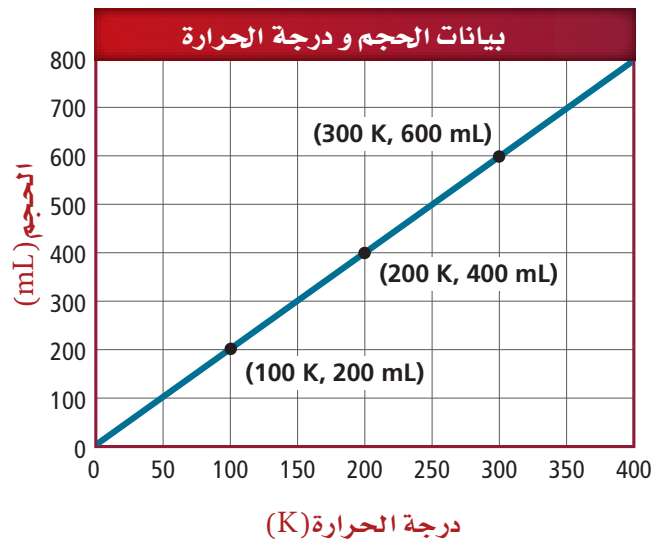
52. إذا تناسب متغيران تناسبًا طرديًا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

53. ما الظروف المعيارية المستخدمة في حسابات الغازات؟

54. حدّد وحدات الضغط والحجم ودرجة الحرارة الأكثر استعمالًا.

### إتقان المسائل

55. استعمل قانون شارل لتحديد صحة بيانات الشكل 4-13.



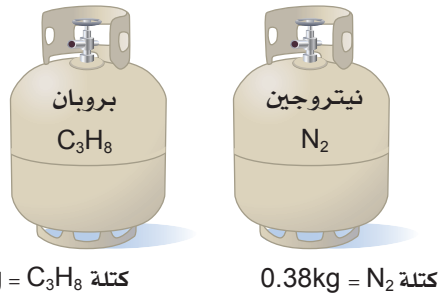
الشكل 4-13

56. بالونات الطقس أطلق بالون طقس، وكان حجمه  $5.0 \text{ X } 10^4 \text{ L}$  عندما كان ضغطه  $0.995 \text{ atm}$ ، ودرجة حرارة المحيط  $32.0^\circ\text{C}$ ، وبعد إطلاقه ارتفع إلى علو كان الضغط عنده  $0.720 \text{ atm}$  ودرجة الحرارة  $-12.0^\circ\text{C}$ . احسب حجم البالون عند هذا الارتفاع.

72. حدّد كثافة غاز الكلور عند درجة  $22.0^{\circ}\text{C}$  وضغط جوي (1.00 atm).

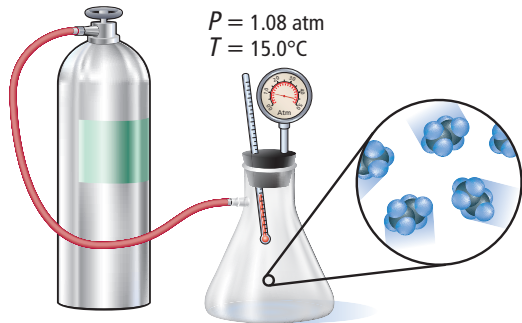
73. أي الغازات في الشكل 15-4 يشغل الحجم الأكبر في الظروف المعيارية STP؟ فسر إجابتك.

74. إذا احتوى كل من الوعائين في الشكل 15-4 على 4.0L من الغاز فما مقدار الضغط في كل منهما؟ افترض أن الغازات مثالية.



الشكل 15-4

75. مُلئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان  $\text{C}_2\text{H}_6$  من أسطوانة صغيرة، كما يظهر في الشكل 16-4. ما كتلة الإيثان في الدورق؟



الشكل 16-4

76. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين  $\text{N}_2$ ، ضغطها 5.30 atm وفي وعاء حجمه 3.50 L عند درجة حرارة مقدارها  $125^{\circ}\text{C}$ ؟

77. ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L، عند درجة حرارة  $35.0^{\circ}\text{C}$ ، وضغط جوي مقدارها 3.1 atm؟

63. ما حجم 1mol من الغاز في الظروف المعيارية؟ وما حجم 2mol من الغاز في الظروف المعيارية؟

64. ما المقصود بالغاز المثالي؟ ولماذا لا يوجد مثل هذا الغاز في الطبيعة؟

65. ما الشرطان اللذان لا يمكن أن يكون سلوك الغاز عندهما مثاليًا؟

66. ما وحدات الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسر ذلك.

### إتقان المسائل

67. غاز المنازل يستعمل غاز البروبان  $\text{C}_3\text{H}_8$  في المنازل لأغراض الطهي والتدفئة.

a. احسب حجم 0.540 mol من البروبان في الظروف المعيارية.

b. فكر في حجم هذه الكمية ومقدار البروبان الموجود فيها، ثم فسر لماذا يتحول غاز البروبان إلى سائل قبل نقله؟

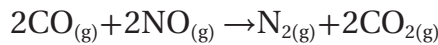
68. مهن في الكيمياء قاس كيميائي أقل ضغط يمكن الوصول إليه في المختبر فكان  $1.0 \times 10^{-15} \text{ mm Hg}$ ، ما عدد جسيمات غاز حجمه 1.00 L ودرجة حرارته  $22.0^{\circ}\text{C}$  عند هذا الضغط؟

69. احسب عدد مولات  $\text{O}_2$  الموجودة في وعاء مغلق حجمه 2.00 L ودرجة حرارته  $25.0^{\circ}\text{C}$ ، إذا كان ضغطه (3.50 atm). ما عدد المولات الموجودة في الوعاء إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى  $49.0^{\circ}\text{C}$  وبقي الضغط ثابتًا؟

70. العطور يوجد مركب جيرانيول في زيت الورد المستخدم في صناعة العطور. ما الكتلة المولية للجيرانيول إذا كانت كثافة بخاره 0.480 g/L، عند درجة حرارة  $260.0^{\circ}\text{C}$ ، وضغط جوي مقدارها 0.140 atm؟

71. جد حجم 42 g من غاز أول أكسيد الكربون في الظروف المعيارية STP.

86. ادرس التفاعل المبين أدناه ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



a. ما نسبة حجم أول أكسيد الكربون إلى حجم ثاني أكسيد الكربون في المعادلة الكيميائية الموزونة.

b. إذا تفاعل 42.7 g CO تمامًا عند STP فما حجم غاز النيتروجين الناتج؟

87. عندما يحترق 3.00 L من غاز البروبان تمامًا لإنتاج بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة تساوي 350°C وضغط جوي 0.990 atm فما كتلة بخار الماء الناتجة؟

88. عند تسخين كلورات البوتاسيوم الصلبة  $\text{KClO}_3$  فإنها تتحلل لتنتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين. فإذا تحلل 20.8 g من كلورات البوتاسيوم، فما عدد لترات غاز الأكسجين التي ستنتج في الظروف المعيارية STP؟

### مراجعة عامة

89. تفاعل حسب الضغط داخل أنبوب الصورة في التلفاز، إذا كان حجمه 3.50L، ويحتوي على  $2.00 \times 10^{-5}$  g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة تساوي (22.0°C).

90. احسب عدد اللترات التي يمكن أن تشغيلها كتلة مقدارها 8.80 g من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة عند:

a. STP

b. 3.00 atm و 160°C

c. 288 K و 118 Kpa

91. إذا احترق 2.33 L من غاز البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط جوي 67.2 Kpa احتراقًا تامًا في كمية فائضة من الأكسجين، فما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج؟

78. تشارك غازان قبل التفاعل في وعاء عند درجة حرارة 200 K، وبعد التفاعل بقي الناتج في الوعاء نفسه عند درجة 400 K، فإذا كان كل من V و P ثابتين، فما قيمة n الحقيقية؟

### 4-3

#### إتقان المفاهيم

79. لماذا يعد من الضروري موازنة المعادلة قبل استخدامها في تحديد حجوم الغازات المتضمنة في التفاعل؟

80. ليس من الضروري أخذ درجة الحرارة والضغط بعين الاعتبار عند استخدام المعادلة الموزونة لتحديد الحجم النسبي للغاز. لماذا؟

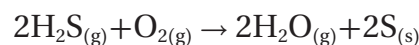
81. فسر لماذا لا تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة أعداد المولات فقط، وإنما أيضًا الحجوم النسبية للغازات؟

82. هل تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة الحجوم النسبية للسوائل والمواد الصلبة؟ فسر إجابتك.

#### إتقان المسائل

83. إنتاج الأمونيا تتكون الأمونيا من تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين. ما عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن إنتاجها من 13.7 L من غاز الهيدروجين عند 93.0°C وضغط مقداره 40.0 kPa؟

84. عينة من غاز كبريتيد الهيدروجين حجمها 6.5 L، تمت معالجتها مع محفز لتسريع التفاعل الآتي:



فإذا تفاعل  $\text{H}_2\text{S}$  تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة مقدارها 290 K فما كتلة (g) بخار الماء الناتج.

85. ما عدد لترات غاز النيتروجين وغاز الأكسجين اللازمة لإنتاج 15.4 L من أكسيد النيتروجين عند درجة حرارة 310 K وضغط جوي 2.0 atm؟

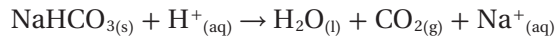
**97. حلل** عندما يتفكك النيتروجين  $C_3H_5N_3O_9$  فإنه يتحلل إلى الغازات الآتية:  $CO_2$ ،  $N_2$ ،  $NO$ ،  $H_2O$ . ما حجم مزيج الغازات الناتجة عند ضغط  $1.00 \text{ atm}$  ودرجة حرارة  $2678^\circ\text{C}$  إذا تفكك  $239 \text{ g}$  من النيتروجين؟

**98. طبق** ما القيمة الرقمية لثابت الغاز المثالي (R) في المعادلة  $\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$  ؟

**99. استنتج** هل يكون الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي أعلى أم أقل من قيمة الضغط الحقيقي الذي تحدته عينة من الغاز؟ وكيف يكون ضغط الغاز المحسوب بالمقارنة بالضغط الحقيقي عند درجات حرارة منخفضة؟ فسر إجابتك.

### مسألة تحفيز

**100. الخبز** يستخدم أحد الخبازين صودا الخبز لخبز الكعك، وتتحلل صودا الخبز في أثناء ذلك وفقاً للتفاعلين الآتيين:



احسب حجم  $\text{CO}_2$  المتكون لكل جرام من  $\text{NaHCO}_3$  في كلا التفاعلين. افترض أن التفاعل يحدث عند  $210^\circ\text{C}$  وضغط جوي مقداره  $0.985 \text{ atm}$

### مراجعة تراكمية

**101. حول** كل كتلة مما يأتي إلى ما يكافئها بـ Kg:

**a.** 247 g      **c.** 7.23 mg

**b.** 53 mg      **d.** 975 mg

**102. أي** جسيمات الغازات الآتية لها أعلى متوسط سرعة، وأيها لها أقل متوسط سرعة؟

**a.** أول أكسيد الكربون عند  $90^\circ\text{C}$

**b.** ثالث فلوريد النيتروجين عند  $30^\circ\text{C}$

**c.** الميثان عند  $90^\circ\text{C}$

**d.** أول أكسيد الكربون عند  $30^\circ\text{C}$

**92. التنفس** يتنفس الإنسان  $0.50 \text{ L}$  من الهواء تقريباً خلال التنفس الطبيعي. افترض أن ذلك يتم في الظروف الطبيعية STP.

**a.** ما حجم النفس الواحد في يوم بارد على قمة جبل إفرست إذا كانت درجة الحرارة  $-60^\circ\text{C}$ ، والضغط  $253 \text{ mm Hg}$ ؟

**b.** يحتوي الهواء الطبيعي على 21% أكسجين، فإذا كان يحتوي على 14% من الأكسجين فوق قمة إفرست، فما حجم الهواء الذي يحتاج إليه الإنسان لتزويد الجسم بالمقدار نفسه من الأكسجين؟

**93. يمتزج** غاز الميثان  $\text{CH}_4$  كاملاً عند تفاعله مع غاز الأكسجين ليكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

**a.** اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.  
**b.** اكتب النسبة الحجمية بين الميثان والماء في هذا التفاعل.

### التفكير الناقد

**94. طبق** يجب أن يكون حجم بالون من الهيليوم  $3.8 \text{ L}$  على الأقل ليرتفع في الهواء، وعند إضافة  $0.1 \text{ mol}$  من الهيليوم إلى البالون الفارغ أصبح حجمه  $(2.8 \text{ L})$ . ما عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع؟ افترض أن كلاً من P، T ثابتان.

**95. احسب** يستخدم مصنع للألعاب تترافلورو إيثان  $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$  عند درجة حرارة عالية لملء القوالب البلاستيكية.

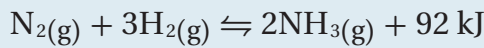
**a.** ما كثافة  $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$  بوحدة  $\text{g/L}$  في الظروف المعيارية STP؟

**b.** أوجد عدد الجزيئات في لتر من  $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$  عند درجة حرارة  $220^\circ\text{C}$  و  $1 \text{ atm}$  ضغط جوي.

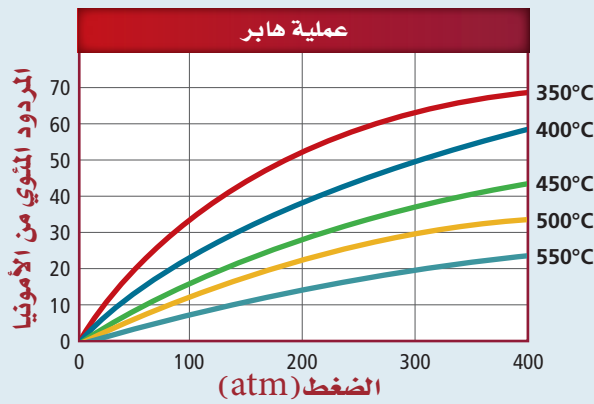
**96. حلل** يزن مكعب صلب من الجليد الجاف  $0.75 \text{ Kg}$  ( $\text{CO}_2$ ) تقريباً، فما حجم غاز  $\text{CO}_2$  في الظروف المعيارية عندما يتسامى المكعب كلياً؟

## أسئلة المستندات

عملية هابر تستخدم الأمونيا  $NH_3$  في عملية صناعة الأسمدة والمبردات والأصباغ والبلاستيك. وعملية هابر طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل النيتروجين والهيدروجين. وتمثل المعادلة الآتية معادلة التفاعل المنعكس:



يوضح الشكل 17-4 أثر درجة الحرارة والضغط في مقدار الأمونيا الناتجة خلال عملية هابر.



الشكل 17-4

109. فسركيف تتأثر نسبة المردود المثوية للأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة؟

110. تتم عملية هابر عند ضغط مقداره 200 atm، ودرجة حرارة 450°C، حيث أثبتت هذه الظروف إمكانية إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا خلال زمن قصير.

a. ما أثر إجراء التفاعل عند ضغط أعلى من 200 atm، عند درجة حرارة الوعاء الذي يتم فيه التفاعل؟

b. ترى، كيف يؤثر تقليل درجة حرارة التفاعل إلى 450°C على الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا؟

103. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل ذرة فيما يأتي:

a. اليود

d. الكربتون

b. البورون

e. الكالسيوم

c. الكروم

f. الكاديوم

104. اذكر عدد الإلكترونات في كل مستوى من مستويات الطاقة، ثم اكتب البناء الإلكتروني النقطي لكل عنصر من العناصر الآتية:

a. kr

d. B

b. Sr

e. Br

c. P

f. Se

105. إذا أعطيت محلولين شفافين عديمي اللون، وكان أحدهما يحتوي مركباً أيونياً، والآخر مركباً تساهمياً، فكيف يمكنك تحديد أي المحلولين أيوني، وأيهما تساهمي؟

106. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل تفاعل من التفاعلات الآتية:

a. إحلل الزنك مكان الفضة في محلول كلوريد الفضة.

b. تفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

## تقويم إضافي

## الكتابة في الكيمياء

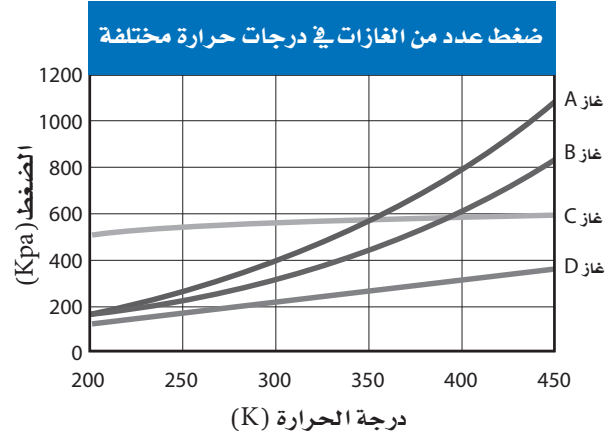
107. بالون الهواء الساخن حلم كثيرون فيما مضى بالقيام برحلة حول العالم ببالون هواء ساخن، وهو حلم لم يتحقق حتى عام 1999م. اكتب تصوراتك عن الرحلة، وصف كيف يتحكم تغير درجة حرارة البالون في ارتفاع البالون؟

108. جهاز التنفس تحت الماء ابحت في أثر منظمات الغاز الموجودة على أسطوانات الهواء التي يستخدمها الغواصون، واشرحه.

# اختبار مقنن

## أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1 ، 2 :



1. أي مما يأتي يوضحه الرسم البياني أعلاه:

- a. عندما تزداد درجة الحرارة يقل الضغط.
- b. عندما يزيد الضغط يقل الحجم.
- c. عندما تزيد درجة الحرارة يقل عدد المولات.
- d. عندما يقل الضغط تقل درجة الحرارة.

2. أي الغازات الآتية يسلك سلوك الغاز المثالي؟

- a. الغاز A
- b. الغاز B
- c. الغاز C
- d. الغاز D

3. يستخدم حمض الهيدروفلوريك HF في صناعة الأدوات

الإلكترونية، وهو يتفاعل مع سليكات الكالسيوم  $CaSiO_3$ ، الذي يعدّ أحد مكونات الزجاج. ما الخاصية التي تحول دون نقل حمض الهيدروفلوريك أو تخزينه في أوعية زجاجية؟

- a. خاصية كيميائية
- b. خاصية فيزيائية كمية
- c. خاصية فيزيائية نوعية
- d. خاصية كمية

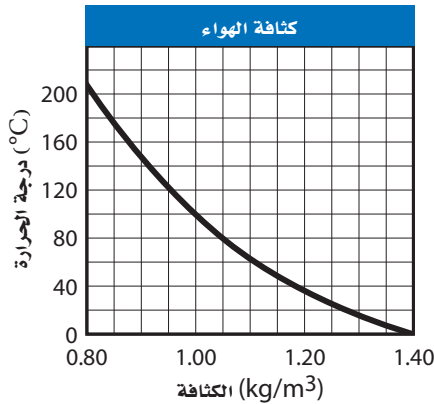
4. يعد هيدروكسيد الصوديوم NaOH قاعدة قوية، تستخدم في فتح مصارف الصرف الصحي. ما نسب مكونات هيدروكسيد الصوديوم؟

- a. 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H
- b. 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H
- c. 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H
- d. 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

5. ملء منطاد صغير وهو على سطح الأرض بـ  $5.66 \times 10^6$  L من غاز الهيليوم He، وكان الضغط داخل المنطاد  $1.10 \text{ atm}$ ، عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$ ، فإذا بقي الضغط داخل المنطاد ثابتاً، فكم يكون حجمه عند ارتفاع 2300 m حيث درجة الحرارة  $12^\circ\text{C}$ ؟

- a.  $2.72 \times 10^6$  L
- b.  $5.40 \times 10^6$  L
- c.  $5.66 \times 10^6$  L
- d.  $5.92 \times 10^6$  L

6. يوضح الرسم البياني نتائج تجربة تم فيها تحليل العلاقة بين درجة الحرارة وكثافة الهواء. ما المتغير المستقل في هذه التجربة؟



- a. الكثافة
- b. الكتلة
- c. درجة الحرارة
- d. الزمن



# اختبار مقنن

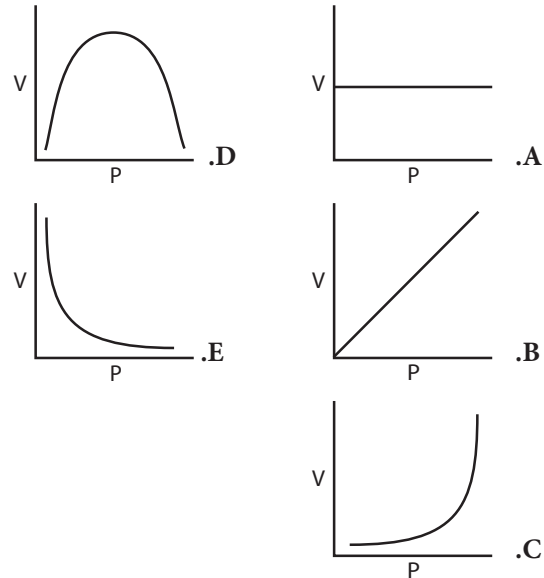
## أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 12:

مستويات غاز الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005			
مستوى الرادون mJ/m <sup>3</sup>	التاريخ	مستوى الرادون mJ/m <sup>3</sup>	التاريخ
0.05	2 /05	0.15	8 /04
0.05	3 /05	0.03	9 /04
0.06	4 /05	0.05	10 /04
0.13	5 /05	0.03	11 /04
0.05	6 /05	0.04	12 /04
0.09	7 /05	0.02	1 /05

12. يعد غاز الرادون من الغازات المشعة، وينتج عندما يتحلل الراديوم في الصخور والتربة، وهو مادة مسرطنة. توضح البيانات أعلاه مستويات الرادون التي تم قياسها في منطقة معينة. اختر طريقة لتمثيل هذه البيانات بيانياً. فسر سبب اختيارك لهذه الطريقة ومثل البيانات بيانياً.

7. أي الرسوم البيانية توضح العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة الحرارة.



8. ما مقدار الضغط الذي يحدثه 0.0468 g من الأمونيا NH<sub>3</sub> على جدران وعاء حجمه 4.00 L عند درجة 35.0°C، على افتراض أنه يسلك سلوك الغاز المثالي؟

a. 0.0174 atm      d. 0.278 atm  
b. 0.00198 atm      e. 0.0, 126 atm  
c. 0.296 atm

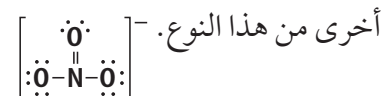
## أسئلة الإجابات القصيرة

9. صف الملاحظات التي تقدم دليلاً على حدوث التفاعل الكيميائي.

10. حدّد سبعة جزيئات ثنائية الذرة موجودة في الطبيعة، وفسر لماذا تتشارك ذرات هذه الجزيئات في زوج من الإلكترونات؟

11. يوضح الرسم أدناه بناء لويس لأيون النترات المتعدد الذرات (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

عرف مفهوم متعدد الذرات، وأعط أمثلة على أيونات



# المصطلحات



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445



**الألكاين Alkyne** مركب هيدروكربوني غير مشبع كالإيثاين ( $C_2H_2$ ) يحتوي على رابطة ثلاثية أو أكثر.

**الألكين Alkene** هيدروكربون غير مشبع كالإيثين ( $C_2H_4$ ) يحتوي رابطة تساهمية ثنائية أو أكثر.

**الألكان الحلقي Cycloalkane** هيدروكربون حلقي يحتوي على روابط تساهمية مفردة فقط، ويتكون من حلقات فيها ثلاثة ذرات كربون أو أكثر.

## (ب)

**البلاستيك Plastic** بوليمر يمكن تسخينه وتشكيله عندما يكون ليناً. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو البولي فينيل كلوريد (PVC) والذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

**البوليمرات Polymers** جزيئات كبيرة تتكون من العديد من الوحدات البنائية المتكررة.

**البلمرة بالإضافة Addition Polymerization** التفاعل الذي تتكسر فيه الروابط غير المشبعة تماماً كما في تفاعلات الإضافة، والاختلاف الوحيد بينهما هو أن الجزيء الثاني المضاف هو جزيء المادة نفسها.

**البلمرة بالتكاثف Condensation Polymerization** التفاعل الذي يحدث عندما تحتوي المونومرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل وتتحد مع بعضها ويصاحب ذلك فقد جزيء صغير غالباً ما يكون الماء.

**البروتينات Proteins** مركبات عضوية حيوية تتكون من أحماض أمينية مرتبطة معاً بترتيب معين.



## (أ)

**الإثيرات Ethers** مركبات عضوية تحتوي ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتين من الكربون. والصيغة العامة للإثيرات هي  $ROR'$ .

**الأمينات Amines** مركبات عضوية تحتوي ذرات نيتروجين مرتبطة بذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة  $RNH_2$ .

**الألدهيدات Aldehydes** مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات  $RCHO$ ، حيث  $R$  مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين.

**الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acid** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل  $-COOH$ .

**الأحماض الدهنية Fatty Acids** وحدة بناء رئيسية مشتركة في الليبيدات وهي أحماض كربوكسيلية ذات سلاسل طويلة.

**الإسترات Ester** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيل حلت فيها مجموعة ألكيل محل ذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الهيدروكسيل، ويمكن أن تكون مواد متطايرة وذات رائحة عطرية، وهي من المركبات القطبية.

**الأميدات Amides** مركبات عضوية تنتج عن استبدال مجموعة  $-OH$  في الحمض الكربوكسيلي بذرة نيتروجين مرتبطة بذرات أخرى.

**الأحماض الأمينية Amino Acid** جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية.

**الإنزيمات Enzymes** عوامل محفزة حيوية تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك.

**الألكان Alkane** هيدروكربون يحتوي روابط مفردة بين الذرات.

الرابطة الثنائية أو الثلاثية. وعندما يتفاعل جزيء واحد من  $H_2$  مع الرابطة الثنائية بشكل كامل، يضاف  $H_2$  إلى الرابطة الثنائية في الألكينات، يتحول الألكين إلى الألكان.

### تفاعلات البلمرة Polymerization Reactions

التفاعلات التي ترتبط فيها المونومرات مع بعضها البعض.

### تغيير الخواص الطبيعية الأصلية Denaturation

العملية التي تشوه تركيب البروتين الطبيعي الثلاثي الأبعاد وتمزقه أو تتلفه.

**التصبن Saponification** تمثي الجلسريد الثلاثي بوجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلات والجلسرول.

**التقطير التجزيئي Fractional Distillation** عملية فصل مكونات البترول إلى مكونات أبسط منها من خلال تكثفها عند درجات حرارة مختلفة.

**التكسير الحراري Cracking** العملية التي يتم فيها تحويل المكونات الثقيلة للبترول إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر.

## (ث)

**ثابت الغاز المثالي (R) Ideal Gas Constant** ثابت

يحدد تجريبياً وتعتمد قيمته على وحدات ضغط الغاز.

## (ج)

**الجلسريد الثلاثي Triglyceride** تركيب يتكون من

ارتباط ثلاثة أحماض دهنية بالجلسرول بواسطة روابط

إستر.



**الببتيدات Peptides** السلاسل المكونة من حمضين أمينيين أو أكثر، ترتبط معاً بروابط ببتيدية.

## (ت)

**تفاعل الاستبدال Substitution Reactions**

التفاعلات تحل فيها ذرة أو مجموعة من الذرات في الجزيء محل ذرة أو مجموعة أخرى من الذرات.

**تفاعلات التكاثف Condensation Reactions**

التفاعلات التي يتم فيها ارتباط اثنين من جزيئات صغيرة لمركبات عضوية لتكوين جزيء آخر أكثر تعقيداً. ويرافق هذه العملية فقدان جزيء صغير مثل الماء. وينتج هذا الجزيء عادة من كلا الجزيئين المتحددين.

**تفاعلات الحذف Elimination Reactions** التفاعلات

التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون. وغالباً ما تكون الذرات التي تحذف جزيئات مستقرة، مثل  $H_2O$ ، أو  $HCl$ ، أو  $H_2$ .

**تفاعلات حذف الهيدروجين Dehydrogenation Reactions**

التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين.

**تفاعلات حذف الماء Dehydration Reactions**

تفاعلات الحذف التي يصاحبها تكوين الماء.

**تفاعلات الإضافة Addition Reactions** التفاعل

الذي يتم فيه ارتباط ذرات أخرى مع ذرات الكربون المكونة للرابطة التساهمية الثنائية أو الثلاثية. ويتضمن هذا التفاعل تكسير الرابطة الثنائية في الألكينات أو الرابطة الثلاثية في الألكينات.

**تفاعل إضافة الماء Hydration Reaction** التفاعلات

التي يتم فيه إضافة ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل من جزيء الماء إلى الرابطة الثنائية أو الثلاثية.

**تفاعلات الهدرجة Hydrogenation Reactions**

تفاعلات إضافة الهيدروجين إلى ذرات الكربون التي تكون

من السكريات البسيطة يحتوي على 12 وحدة بناء أساسية أو أكثر.

**الستيرويدات Steroids** ليبيدات تحتوي تراكيبها على حلقات متعددة. وجميع الستيرويدات مبنية من تركيب الستيرويد الأساسي المكوّن من الحلقات الأربع.

**السلسلة الرئيسية Parent Chain** أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون في الألكانات والألكينات والألكاينات المتفرعة.

**السلسلة المتماثلة Homologous Series** مجموعة من المركبات تختلف عن بعضها بتكرار عدد وحدات البناء.

### (ش)

**الشموع Waxes** ليبيدات تتكون من اتحاد حمض دهني مع كحول ذي سلسلة طويلة.

### (ص)

**الصفر المطلق Absolute Zero** درجة الحرارة التي ينعدم عندها ضغط الغاز المثالي.

### (ق)

**قانون بويل Boyle's Law** يتناسب حجم كمية محددة من الغاز عكسيًا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

**قانون شارل Charles's Law** يتناسب حجم كتلة محددة من الغاز طرديًا مع درجة حرارته بمقياس كلفن عند ثبوت الضغط.



### (ح)

**الحمض النووي Nucleic Acid** بلمر حيوي يحتوي على النيتروجين، ويقوم بتخزين المعلومات الوراثية ونقلها.

**الحجم المولاري Molaric mass** الحجم الذي يشغله 1mol منه عند درجة حرارة 0°C وضغط جوي 1atm.

### (د)

**الدوران الضوئي Optical Rotation** ما يحدث عند مرور ضوء مستقطب في محلول يحتوي مصاوغات بصرية؛ إذ ينحرف اتجاه الضوء المستقطب نحو اليمين من خلال المصاوغ (D) أو نحو اليسار من خلال المصاوغ (L).

### (ذ)

**ذرة كربون غير متماثلة Asymmetric Carbon** ذرة كربون متصلة بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة في المركبات الكيرالية.

### (ر)

**الرابطة الببتيدية Peptide Bond** رابطة الأميد التي تجمع حمضين أميين.

### (س)

**السكريات الأحادية Monosaccharides** أبسط الكربوهيدرات تركيبًا، وتدعى السكريات البسيطة أيضًا.

**السكريات الثنائية Disaccharides** وهي السكريات الناتجة من اتحاد جزيئين من السكريات الأحادية.

**السكريات العديدة Polysaccharides** بوليمر

الجلسريد استبدل فيه أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات قطبية.

## (م)

**مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle** ينص على أن الحجم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط.

**المجموعة الوظيفية Functional Group** ذرة أو مجموعة من الذرات تتفاعل دائماً بالطريقة نفسها. وعند إضافتها للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائماً مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية.

**مجموعة الهيدروكسيل hydroxyl Group** مجموعة الأكسجين - الهيدروجين التي ترتبط تساهمياً مع ذرات أخرى مثل الكربون.

**مجموعة الكربونيل Carbonyl Group** الترتيب الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون. وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكيونات.

**مجموعة الكربوكسيل Carboxyl Group** عبارة عن مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل.

**المونومرات Monomers** الجزيئات الصغيرة أو الوحدات البنائية التي يصنع منها البوليمرات.

**المادة الخاضعة لفعل الإنزيم Substrate** يشير إلى مادة متفاعلة في تفاعل يعمل فيه الإنزيم عمل عامل محفز.

**الموقع النشط Active Site** النقطة التي ترتبط بها المواد الخاضعة لفعل الإنزيم.

**المركبات العضوية Organic Compounds** مركبات تحتوي الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والمركبات والكربونات فهي غير عضوية.

**قانون جاي- لوساك Gay-Lussac's Law** ينص على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الحجم.

**القانون العام للغازات Combined Gas Law** قانون جامع لقوانين الغازات ويجمع خواص الحجم والضغط ودرجة الحرارة.

**قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law** قانون يصف السلوك الطبيعي للغاز المثالي اعتماداً على ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته وعدد مولاته.

## (ك)

**الكحولات Alcohols** مركبات عضوية ناتجة عن حلول مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين.

**الكيونات Ketones** مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة 'RCOR'.

**الكربوهيدرات Carbohydrates** مركبات تحتوي على عدة مجموعات من الهيدروكسيل (-OH) بالإضافة إلى مجموعة الكربونيل الوظيفية (C=O).

**الكيرالية Chirality** خاصية المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة.

## (ل)

**الليبيدات Lipids** مركبات عضوية حيوية غير قطبية كبيرة جداً، تختلف في تركيبها، وتعمل على تخزين الطاقة في المخلوقات الحية، وتدخل في معظم تركيب غشاء الخلية.

**الليبيدات الفوسفورية Phospholipids** ثلاثي

## (ن)

**النيوكليوتيد Nucleotide** وحدة البناء الأساسية للحمض النووي. ويتكون كل نيوكليوتيد من ثلاثة أجزاء: مجموعة فوسفات غير عضوية، وسكر أحادي ذو خمس ذرات كربون، وتركيب يحتوي على نيتروجين يدعى قاعدة نيتروجينية.

## (هـ)

**هاليدات الأريل Aryl Halides** مركبات عضوية تتكون من هالوجين مرتبط مع حلقة البنزين أو مجموعة أروماتية أخرى.

**هاليدات الألكيل Alkyl Halides** مركبات عضوية تحتوي ذرة هالوجين مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية.

**الهجنة Halogenation** تفاعل تحل فيه ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين.

**الهيدروكربون Hydrocarbon** أبسط المركبات العضوية، ويتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.

**الهيدروكربون غير المشبع Unsaturated Hydrocarbon** مركب هيدروكربوني يحتوي على الأقل رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية بين ذرات الكربون.

**الهيدروكربون المشبع Saturated Hydrocarbon** هيدروكربون يحتوي روابط تساهمية أحادية فقط.

**الهيدروكربونات الحلقية Cyclic Hydrocarbon** مركب هيدروكربوني يحتوي على حلقة هيدروكربونية.

**المتشكلات Isomers** مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها ولكنهما يختلفان في صيغتهما البنائية.

**المتشكلات الضوئية Optical Isomers** مصاوغات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية.

**المتشكلات البنائية Structural Isomers** مصاوغات بنائية تترتب فيها الذرات بتسلسلات مختلفة، مما يؤدي إلى اختلاف مركباتها في الخصائص الكيميائية والفيزيائية، رغم امتلاكها الصيغة الجزيئية نفسها.

**المتشكلات الفراغية Stereoisomers** نوع من المصاوغات لها التركيب نفسه ولكنها تترتب بشكل مختلف في الفراغ.

**المتشكل الهندسي Geometric Isomers** نوع من المصاوغات الناتجة عن ترتيب المجموعات أو الذرات في الفراغ.

**المركبات الأروماتية (العطرية) Aromatic Compounds** مركبات عضوية تحتوي على حلقة بنزين أو أكثر.

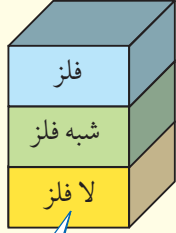
**المركبات الأليفاتية Aliphatic Compounds** مركب هيدروكربوني غير أروماتي كالألكان والألكين والألكاين.

**مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle** الحجم المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي العدد نفسه من الجسيمات.

**المجموعة البديلة substitution groups** التفرعات الجانبية من السلسلة الرئيسية.



# الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزاً أو شبه فلز أو لا فلزاً.

			13	14	15	16	17	18
			Boron 5 <b>B</b> 10.811	Carbon 6 <b>C</b> 12.011	Nitrogen 7 <b>N</b> 14.007	Oxygen 8 <b>O</b> 15.999	Fluorine 9 <b>F</b> 18.998	Helium 2 <b>He</b> 4.003
			Aluminum 13 <b>Al</b> 26.982	Silicon 14 <b>Si</b> 28.086	Phosphorus 15 <b>P</b> 30.974	Sulfur 16 <b>S</b> 32.065	Chlorine 17 <b>Cl</b> 35.453	Neon 10 <b>Ne</b> 20.180
10	11	12	Gallium 31 <b>Ga</b> 69.723	Germanium 32 <b>Ge</b> 72.64	Arsenic 33 <b>As</b> 74.922	Selenium 34 <b>Se</b> 78.96	Bromine 35 <b>Br</b> 79.904	Argon 18 <b>Ar</b> 39.948
Nickel 28 <b>Ni</b> 58.693	Copper 29 <b>Cu</b> 63.546	Zinc 30 <b>Zn</b> 65.409	Indium 49 <b>In</b> 114.818	Tin 50 <b>Sn</b> 118.710	Antimony 51 <b>Sb</b> 121.760	Tellurium 52 <b>Te</b> 127.60	Iodine 53 <b>I</b> 126.904	Krypton 36 <b>Kr</b> 83.798
Palladium 46 <b>Pd</b> 106.42	Silver 47 <b>Ag</b> 107.868	Cadmium 48 <b>Cd</b> 112.411	Thallium 81 <b>Tl</b> 204.383	Lead 82 <b>Pb</b> 207.2	Bismuth 83 <b>Bi</b> 208.980	Polonium 84 <b>Po</b> (209)	Astatine 85 <b>At</b> (210)	Xenon 54 <b>Xe</b> 131.293
Platinum 78 <b>Pt</b> 195.078	Gold 79 <b>Au</b> 196.967	Mercury 80 <b>Hg</b> 200.59	Flerovium 114 <b>Fl</b> 289.191	Moscovium 115 <b>Mc</b> 290.196	Livermorium 116 <b>Lv</b> 293.205	Tennessine 117 <b>Ts</b> 294.211	Oganesson 118 <b>Og</b> 294.214	Radon 86 <b>Rn</b> (222)
Darmstadtium 110 <b>Ds</b> (269)	Roentgenium 111 <b>Rg</b> (272)	Copernicium 112 <b>Cn</b> 285.177	Nihonium 113 <b>Nh</b> 286.183	Einsteinium 99 <b>Es</b> (252)	Fermium 100 <b>Fm</b> (257)	Mendelevium 101 <b>Md</b> (258)	Nobelium 102 <b>No</b> (259)	

Europium 63 <b>Eu</b> 151.964	Gadolinium 64 <b>Gd</b> 157.25	Terbium 65 <b>Tb</b> 158.925	Dysprosium 66 <b>Dy</b> 162.500	Holmium 67 <b>Ho</b> 164.930	Erbium 68 <b>Er</b> 167.259	Thulium 69 <b>Tm</b> 168.934	Ytterbium 70 <b>Yb</b> 173.04	Lutetium 71 <b>Lu</b> 174.967
Americium 95 <b>Am</b> (243)	Curium 96 <b>Cm</b> (247)	Berkelium 97 <b>Bk</b> (247)	Californium 98 <b>Cf</b> (251)	Einsteinium 99 <b>Es</b> (252)	Fermium 100 <b>Fm</b> (257)	Mendelevium 101 <b>Md</b> (258)	Nobelium 102 <b>No</b> (259)	Lawrencium 103 <b>Lr</b> (262)

# جداول مرجعية

## جداول مرجعية

العناصر في كل عمود تسمى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.

غاز  
سائل  
صلب  
مُصنَّع

العنصر  
العدد الذري  
الرمز  
الكتلة الذرية المتوسطة

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة، بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنَّعة.

1	Hydrogen 1 H 1.008	2							
2	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012							
3	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305	3	4	5	6	7	8	9
4	Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933
5	Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906
6	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217
7	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)

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

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

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

سلسلة اللانثانيدات  
سلسلة الأكتينيدات

Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)