

تم تحميل وعرض المادة من :



موقع واجباتي

www.wajibati.net

موقع واجباتي منصة تعليمية تساهم بنشر حل المناهج الدراسية بشكل متميز لترتقي بمجال التعليم على الإنترنت ويستطيع الطلاب تصفح حلول الكتب مباشرة لجميع المراحل التعليمية المختلفة



حمل التطبيق من هنا



قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



المملكة العربية السعودية

الكيمياء 2-2

التعليم الثانوي - نظام المسارات
السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

طبعة 1447 - 2025

ح) المركز الوطني للمناهج ، ١٤٤٦هـ

المركز الوطني للمناهج

الكيمياء ٢-٢ - التعليم الثانوي - السنة الثانية - نظام المسارات.
/ المركز الوطني للمناهج - الرياض ، ١٤٤٦ هـ .
٢٤٩ ص ؛ ٢١ × ٢٧ سم

رقم الإيداع : ١٤٤٦/١٦٤٩٣

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٨٥٣٣-٠٥-٥

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



ien.edu.sa

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



fb.ien.edu.sa



وزارة التعليم

Ministry of Education
2025 - 1447

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارة التعليم

Ministry of Education
2025 - 1447

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 التعلمية.

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 للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجه 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 الاستهلاكية التي تساعد أيضاً على تكوين النظرة الشاملة عن محتوى الفصل. وتتيح التجربة الاستهلاكية في نهايتها ممارسة 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 مظللة 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 بالمهن، 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 والختامي؛ 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 الاستهلالية . 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 تحدّد، 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 .

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 7

الفصل 1

الطاقة والتغيرات الكيميائية 10

1-1 الطاقة 12

1-2 الحرارة 19

1-3 المعادلات الكيميائية الحرارية 25

1-4 حساب التغير في المحتوى الحراري 31

كيف تعمل الأشياء؟ المركبات ذات المرونة في

استعمال الوقود 39

الفصل 2

سرعة التفاعلات الكيميائية 48

2-1 نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي 50

2-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي 58

2-3 قوانين سرعة التفاعل الكيميائي 63

الكيمياء والصحة: سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم 67

الفصل 3

الاتزان الكيميائي 76

3-1 حالة الاتزان الديناميكي 78

3-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي 91

3-3 استعمال ثوابت الاتزان 98

الكيمياء والصحة: ارتفاع الهيموجلوبين إلى

مستوى التحدي 109

الفصل 4

الهيدروكربونات 118

4-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات 120

4-2 الألكانات 126

4-3 الألكينات والألكاينات 136

4-4 متشكلات الهيدروكربونات 143

4-5 هيدروكربونات الأروماتية 149

كيف تعمل الأشياء؟ تحويل المخلفات إلى طاقة 155

الفصل 5

مشتقات المركبات الهيدروكربونية

وتفاعلاتها 166

5-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل 168

5-2 الكحولات والإثيرات والأminات 174

5-3 مركبات الكربونيل 178

5-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية 184

5-5 البوليمرات 191

الكيمياء في الحياة اليومية: الثوم 197

الفصل 6

المركبات العضوية الحيوية 208

6-1 البروتينات 210

6-2 الكربوهيدرات 216

6-3 الليبيدات 219

6-4 الأحماض النووية 224

في الميدان: المهنة: عالم البيولوجيا الجزيئية 228

الملاحق

المصطلحات 238

الجدول الدوري للعناصر 248



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 تقرأه 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.

الطاقة والتغيرات الكيميائية
Energy and Chemical Changes

1

الفكرة العامة تختص التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

1-1 الطاقة قد يتغير شكل الطاقة، وقد تتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائماً.

1-2 الحرارة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للتواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.

1-3 المعادلات الكيميائية الحرارية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المتطلقة أو المتصاعدة في التفاعلات الكيميائية.

1-4 حساب التغير في المحتوى الحراري يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هن.

حقائق كيميائية

- تستعمل المحركات الثلاثة الرئيسية لمكوك الفضاء أكثر من 547,000 kg من الأكسجين السائل و 92,000 kg تقريباً من الهيدروجين السائل.
- ترفع المحركات كسلة تصل إلى 2.04×10^6 kg.
- يتسارع مكوك الفضاء إلى سرعة تزيد على 17,000 km/h خلال ثلثي دقائق.

10

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 تعمل كمادة باردة؟



تستعمل التغيرات الباردة الكيميائية لتخفيف الألم الناتج عن الإصابة، إذ تحتوي الكراة على مركبين منفصلين؛ عند اتحادهما متاً يحدث امتصاص للحرارة، مما المركب الذي يكون أفضل كراة باردة كيميائية؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. أحضر ثلاثة أنابيب اختبار.
3. استعمل خبلاً مدرجاً لنقل 15 mL من الماء المقطر إلى كل أنبوب من أنابيب الاختبار الثلاثة.
4. استعمل مقياس درجة حرارة غير زئبقي لقياس درجة حرارة الماء المقطر، ثم سجل درجة الحرارة الأولية للماء في جدول البيانات.
5. استعمل الميزان لقياس كتلة 1.0 g من نترات البوتاسيوم و KNO_3 وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1. تحذير: أبعد جميع المواد الكيميائية المستعملة في هذه التجربة عن مصادر الحرارة.
6. حرك الخليط جيداً، وسجل درجة حرارة المحلول.
7. أعد الخطوات 4 و 5 مستخدماً كلاً من كلوريد الكالسيوم و $CaCl_2$ ، ونترات الأمونيوم و NH_4NO_3 بدلاً من نترات البوتاسيوم و KNO_3 .

التحليل

1. حلل واستنتج أي المواد الكيميائية الثلاثة المستعملة في التجربة تعد الأفضل لعمل كراة كيميائية باردة؟
 2. صف استعمالاً أفضل لإحدى النماذج الأخرى المستعملتين في التجربة.
- استقصاء: ابحث عن تعديل يمكنك أن تعمله في خطوات العمل بحيث يزيد التغير في درجة الحرارة.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

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

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.



1-1

الأهداف

تعريف الطاقة.

تمييز بين طاقة الوضع والطاقة الحركية.

تحويل طاقة الوضع الكيميائية والحرارة المنقولة أو المكتسبة في التفاعلات الكيميائية.

حساب كمية الحرارة المنقولة أو المكتسبة في التفاعل عندما تتغير درجة حرارة المادة.

مراجعة المفردات

درجة الحرارة: مقياس متوسط الطاقة الحركية للجسيمات الموجودة في عينة من المادة.

المفردات الجديدة

الطاقة

قانون حفظ الطاقة

طاقة الوضع الكيميائية

الحرارة

الشعر

الجول

الحرارة النوعية

الطاقة Energy

المقدمة الرئيسية قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائماً. **الربط مع الحياة** هل راقت يوماً العربية الألوانية وهي تنتقل صمغاً وتزولاً على سكتها؟ وهل جزيت ركوبها؟ تتغير طاقة العربية في كل مرة تصعد فيها أو تهبط.

طبيعة الطاقة The Nature of Energy

لا بد أن مصطلح الطاقة مأخوذ لديك. ولعلك سمعت أحدهم يقول: "لقد استنفدت طاقتي" بعد المشاركة في لعبة مجيئة، أو بعد يوم عمل شاق. ويكثر النقاش في وسائل الإعلام عن الطاقة الشمسية، والطاقة النووية، والسيارات التي تعمل بالطاقة، وغيرها من المواضيع المتعلقة بالطاقة.

تستعمل الطاقة في طهي الطعام الذي تأكله وتحريك المركبات التي تنقلك، وفي تدفئة المنازل والمدارس في الأيام الباردة وتبريدها في الأيام الحارة. كما تزودنا الطاقة الكهربائية بالموسيقى، وتشغيل الكثير من الأجهزة التي نحتاج إليها، ومنها التلفاز والحاسوب والتلاجات. كما تدخل الطاقة في صناعة جميع المواد والأجهزة الموجودة في منزلك. ولا تقتصر الحاجة إلى الطاقة على ذلك فقط، بل تتطلب كافة الأنشطة البدنية والذهنية التي نقوم بها. إن كل خلية في جسمك هي مصنع صغير جداً يعمل بالطاقة المستمدة من الطعام الذي تأكله.

ما الطاقة؟ تعرف **الطاقة** بأنها القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة، وهي توجد عموماً في صورة طاقة وضع وطاقة حركية. تسمى الطاقة التي تعتمد على تركيب أو موضع جسم ما طاقة الوضع. الشكل 1-1a يكون للمنتزح عند نقطة البداية في أعلى المسار أكثر طاقة وضع ولا يكون له طاقة حركية، وما إن يبدأ في الحركة حتى تتحول طاقة وضعه إلى طاقة حركية على طول المسار حتى خط النهاية، كما هو مبين في الشكل 1-1b. تنجم الطاقة الحركية عن حركة الأجسام، ويمكنك ملاحظتها في حركة الأجسام والناس من حولك. وتحتوي الأنظمة الكيميائية على طاقة حركية وطاقة وضع.



الشكل 1-1
a. تكون طاقة الوضع للمنتزح عالية في أعلى المسار بسبب موضعه.
b. تتحول طاقة الوضع للمنتزح إلى طاقة حركية.
قارن قيم مختلف طاقة الوضع للمنتزح عند بداية البدء عنها عند خط النهاية؟

12

الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجياً إلى حل مسائل في الكيمياء. عزز 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.
- غير توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

مثال 1-2

حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناطحات السحاب تترك فراغات بين الدعائم الفولاذية لكي تتمدد وتتكسح عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة. إذا تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد كتلتها 10.0 g من 25 °C إلى 50.4 °C وانطلقت كمية من الحرارة مقدارها 114 J، فما الحرارة النوعية للحديد؟

تحليل المسألة

لديك كتلة العينة، ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية، وكمية الطاقة المنطلقة. يمكنك حساب الحرارة النوعية للحديد بإعادة ترتيب المعادلة التي تربط بين هذه المتغيرات.

المطلوب

الحرارة النوعية للحديد = ؟ J/g °C
T_i = 50.4 °C
T_f = 25 °C
الطاقة المنطلقة = 114 J
كتلة الحديد = 10 g Fe

حساب المطلوب

$$\Delta T = 50.4^{\circ}\text{C} - 25.0^{\circ}\text{C} = 25.4^{\circ}\text{C}$$

احسب ΔT .

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

اكتب معادلة لحساب كمية الحرارة

أوجد قيمة c

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

عوّض q = 114 J، m = 10.0 g، $\Delta T = 25.4^{\circ}\text{C}$

$$c = \frac{114 \text{ J}}{(10.0 \text{ g} \times 25.4^{\circ}\text{C})}$$

$$c = 0.449 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$$

اشرب واظم الأرقام والوحدات

تقديم الإجابة

قيمة مقام المعادلة تساوي ضعفي قيمة البسط تقريباً، إذن النتيجة النهائية تقارب 0.5، وهي معقولة. كما أن القيمة المحسوبة تساوي القيمة المسجلة للحديد في الجدول 1-2.

مسائل تدريبية

- إذا ارتفعت درجة حرارة 34.4 g من الإيثانول من 25 °C إلى 78.8 °C، فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول؟ ارجع إلى الجدول 1-2.
- سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g فارتفعت درجة حرارتها من 25 °C إلى 40.0 °C فامتصت 5696 J من الطاقة. ما الحرارة النوعية للمادة؟ عوّض المادة بالرجوع إلى الجدول 1-2.
- تحفيز قطعة من الذهب بقي كتلتها 4.50 g، امتصت 276 J من الحرارة، وكانت درجة حرارتها الأولية 25 °C. ما درجة حرارتها النهائية؟



كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

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



الشكل 1-3 - مدرسة بن عبد العزيز في الرياض (جورين عتيق، الأمير عبد المجيد بن عبد العزيز) تعملان بالطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية. تمهيداً لإطلاق خطة الطاقة الشمسية (2030) الأكبر في العالم هذا المجال.



المصدر: موقع جائزة فيصل للعلوم <http://kingfaisalprize.org/ar/awards/>



الطاقة الشمسية يستغل الماء أحياناً لأخذ الطاقة من الشمس؛ وذلك بسبب حرارته النوعية العالية. فبعد أن تسخن أشعة الشمس الماء يمكن تدويره في البيوت والأماكن الأخرى لتدفئتها، كما يمكن أن تزد أشعة الشمس احتياجات العالم من الطاقة، مما يقلل من استعمال أنواع الوقود التي تنتج ثاني أكسيد الكربون. ولكن هناك عدة عوامل أدت إلى تأخير تطوير التقنيات الشمسية. فمثلاً الشمس تسطع فترة محددة كل يوم، كما أن تراكم الغيوم فوق بعض الأماكن تخفف من كمية أشعة الشمس الساقطة عليها. وبسبب هذه المتغيرات كان لابد من ابتكار طرق فعالة لتخزين الطاقة. إن تطوير الخلايا الكهروضوئية - انظر الشكل 3-1 - هو السبيل الواحد لاستعمال الطاقة الشمسية؛ فهذه الخلايا تحول الإشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء. فالخلايا الكهروضوئية تزود رواد الفضاء بالطاقة؛ ولكنها لا تستعمل لتوفير الطاقة اللازمة للاحتياجات العادية؛ وذلك لأن تكلفة إنتاج الكهرباء بالخلايا الكهروضوئية مرتفعة مقارنة بتكلفة حرق الفحم أو البترول.

ولذلك تُعدّ البحوث التطبيقية وسيلة فعالة لتلبية حاجة المملكة لتطوير نشاط بحثي قوي يُركّز على تحقيق أهداف حيوية محددة ذات أهمية اجتماعية واقتصادية وطنية تؤدي إلى خلق صناعات وخدمات وطنية رائدة في العالم. وتعتبر مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (Kacst) الجهة الوطنية الرائدة في مجالات البحوث التطبيقية وإحدى المجالات التي برزت فيها جهود المدينة هو مجال الطاقة كما يظهر في الشكل 3-1.

التقويم 1-1

7. **الفكرة الرئيسية** وضع كيف تتغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعل الطارد للطاقة والتفاعل الماص لها.
8. **مفردات** ميز بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة الآتية: مغناطيسين متفصلين؛ انيار للحي. كتب موضوعاً على رفوف، نهر، سباق سيارات، فصل الشحات في بطارية.
9. **مفردات** وضع علاقة الضوء والحرارة في شحنة محترقة بطاقة الوضع الكيميائية.
10. **مفردات** احسب كمية الحرارة المنتجة عند تسخين 50.0 g أو منيوم من درجة حرارة 25°C إلى درجة حرارة 95.0°C. علماً أن الحرارة النوعية للألومنيوم 0.897 J/g°C.
11. **مفردات** تفسر البيانات وضعت كتل متساوية من الألومنيوم والذهب والحديد والفضة تحت أشعة الشمس في الوقت نفسه ولفترة زمنية محددة. استعمل الجدول 1-2 لترتيب الفلزات الأربعة وفق ازدياد درجات حرارتها من الأعلى إلى الأقل.

18

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمناً المفردات والمفاهيم الرئيسة. 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.

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

دليل مراجعة الفصل

1

الفكرة العامة تتنص التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

1-1 الطاقة الفكرة الرئيسية قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائماً. المفردات الطاقة • طاقة الوضع • الحرارة النوعية • قانون حفظ الطاقة	
1-2 الحرارة الفكرة الرئيسية التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للناتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات. المفردات المسعر • الكون • الكيمياء الحرارية • النظام • المحيط	
1-3 المعادلات الكيميائية الحرارية الفكرة الرئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو المتصصة في التفاعلات الكيميائية. المفردات المعادلة الكيميائية الحرارية • حرارة التبخير المولارية • حرارة الاحتراق	
1-4 حساب التغير في المحتوى الحراري الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس. المفردات قانون هس • حرارة التكوين القياسية	

41

الطاقة والتغيرات الكيميائية

Energy and Chemical Changes

1

الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

1-1 الطاقة

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

1-2 الحرارة

الفكرة الرئيسية

التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.

1-3 المعادلات الكيميائية الحرارية

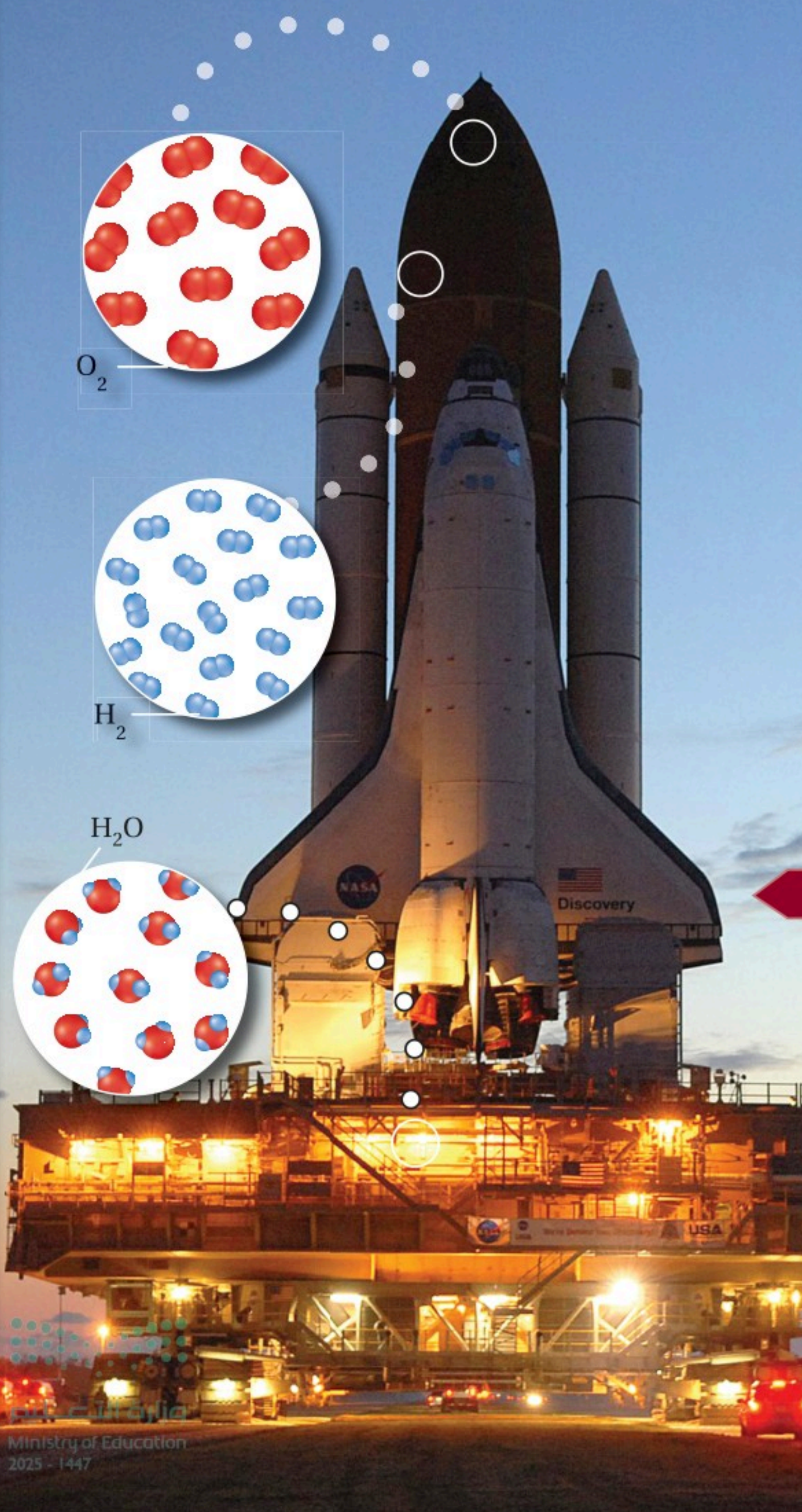
الفكرة الرئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

1-4 حساب التغير في المحتوى الحراري

الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

حقائق كيميائية

- تستعمل المحركات الثلاثة الرئيسية لمكوك الفضاء أكثر من 547,000 kg من الأكسجين السائل و 92,000 kg تقريباً من الهيدروجين السائل.
- ترفع المحركات كتلة تصل إلى 2.04×10^6 kg
- يتسارع مكوك الفضاء إلى سرعة تزيد على 17,000 km /h خلال ثماني دقائق.



نشاطات تمهيدية

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

المطويات

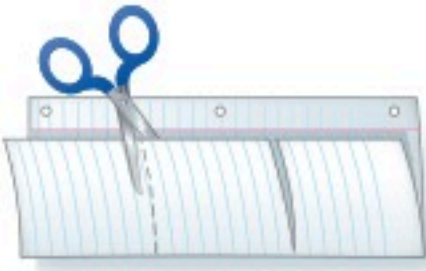
منظمات الأفكار



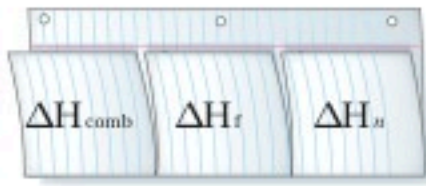
الخطوة 1 اطو
الورقة طولياً من
منتصفها على أن
تكون الحافة الخلفية
أطول من الأمامية
2cm تقريباً.



الخطوة 2 اطو
الورقة مرة أخرى
مكوّناً ثلاثة أجزاء.



الخطوة 3 افتح
المطوية واقطع على
خطي الطي للجزء
الأمامي مشكلاً ثلاثة
أشرطة.



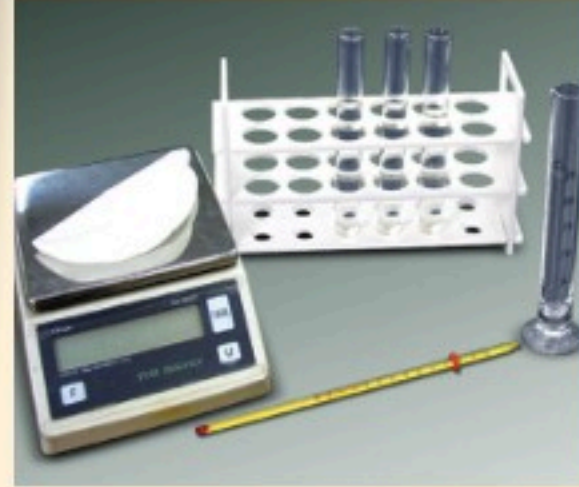
الخطوة 4 عنون الأشرطة كما يأتي:

ΔH_{comb} , ΔH_{fus} , ΔH_{vap}

المطويات استعمل هذه المطوية في القسم 3-1،
لخص في أثناء قراءتك لهذا القسم معنى كل مصطلح.

تجربة استهلاكية

كيف تعمل كمادة باردة؟



تستعمل الكمّادات الباردة
الكيميائية لتخفيف الألم
الناتج عن الإصابة؛ إذ
تحتوي الكمادة على مركبين
منفصلين؛ عند اتحادهما معاً
يحدث امتصاص للحرارة. ما المركب الذي يكون أفضل كمادة
باردة كيميائية؟

خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. أحضر ثلاثة أنابيب اختبار.
3. استعمل مخبراً مدرجاً لنقل 15 mL من الماء المقطر إلى كل أنبوب
من أنابيب الاختبار الثلاثة.
4. استعمل مقياس درجة حرارة غير زئبقي لقياس درجة حرارة الماء
المقطر، ثم سجل درجة الحرارة الأولية للماء في جدول البيانات.
5. استعمل الميزان لقياس كتلة 1.0 g من نترات البوتاسيوم
 KNO_3 وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1. تحذير: أبعد جميع
المواد الكيميائية المستعملة في هذه التجربة عن مصادر الحرارة.
6. حرك الخليط جيداً، وسجل درجة حرارة المحلول.
7. أعد الخطوتين 4 و 5 مستعملاً كلاً من كلوريد الكالسيوم
 CaCl_2 ، ونترات الأمونيوم NH_4NO_3 بدلاً من نترات
البوتاسيوم KNO_3 .

التحليل

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





1-1

الطاقة Energy

الأهداف

تعرف الطاقة.

تميز بين طاقة الوضع والطاقة الحركية.

تربط بين طاقة الوضع الكيميائية والحرارة المفقودة أو المكتسبة في التفاعلات الكيميائية.

تحسب كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة عندما تتغير درجة حرارة المادة.

مراجعة المفردات

درجة الحرارة: مقياس لمتوسط الطاقة الحركية للجسيمات الموجودة في عينة من المادة.

المفردات الجديدة

الطاقة

قانون حفظ الطاقة

طاقة الوضع الكيميائية

الحرارة

الشعر

الجول

الحرارة النوعية

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

طبيعة الطاقة The Nature of Energy

لا بد أن مصطلح الطاقة مألوف لديك. ولعلك سمعت أحدهم يقول، "لقد استنفدت طاقتي" بعد المشاركة في لعبة مجهدة، أو بعد يوم عمل شاق. ويكثر النقاش في وسائل الإعلام عن الطاقة الشمسية، والطاقة النووية، والسيارات التي تعمل بالطاقة، وغيرها من المواضيع المتعلقة بالطاقة.

تستعمل الطاقة في طهو الطعام الذي تأكله وتحريك المركبات التي تنقلك، وفي تدفئة المنازل والمدارس في الأيام الباردة وتبريدها في الأيام الحارة. كما تزودنا الطاقة الكهربائية بالضوء، وتشغيل الكثير من الأجهزة التي نحتاج إليها، ومنها التلفاز والحاسوب والثلاجات. كما تدخل الطاقة في صناعة جميع المواد والأجهزة الموجودة في منزلك.

ولا تقتصر الحاجة إلى الطاقة على ذلك فقط، بل تتطلب كافة الأنشطة البدنية والذهنية التي تقوم بها طاقة. إن كل خلية في جسمك هي مصنع صغير جداً يعمل بالطاقة المستمدة من الطعام الذي تأكله.

ما الطاقة؟ تعرف **الطاقة** بأنها القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة، وهي توجد عموماً في صورة طاقة وضع وطاقة حركية. تسمى الطاقة التي تعتمد على تركيب أو موضع جسم ما طاقة الوضع. الشكل 1-1a يكون للمتزلج عند نقطة البداية في أعلى المسار أكبر طاقة وضع ولا يكون له طاقة حركية، وما إن يبدأ في الحركة حتى تتحول طاقة وضعه إلى طاقة حركية على طول المسار حتى خط النهاية، كما هو مبين في الشكل 1-1b. تنجم الطاقة الحركية عن حركة الأجسام، ويمكنك ملاحظتها في حركة الأجسام والناس من حولك. وتحتوي الأنظمة الكيميائية على طاقة حركية وطاقة وضع.

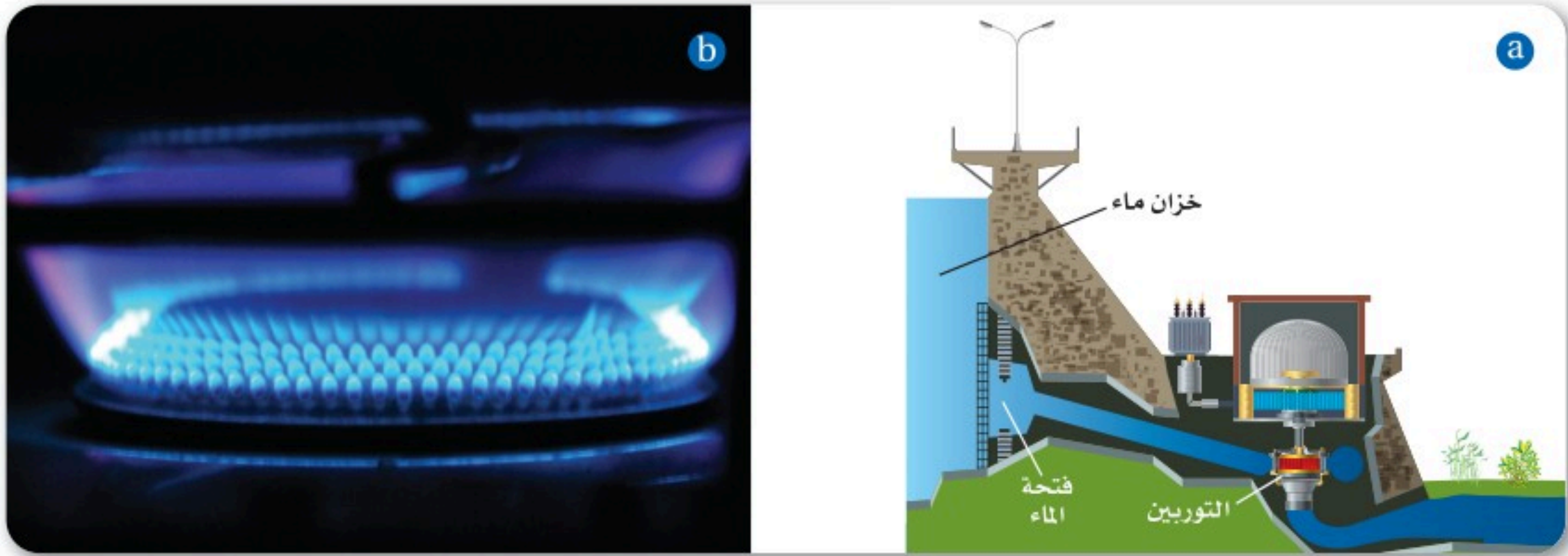


الشكل 1-1

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

b. تتحول طاقة الوضع للمتزلج إلى طاقة حركية.

قارن فيم تختلف طاقة الوضع للمتزلج عند بوابة البدء عنها عند خط النهاية؟



الشكل 1-2 يمكن أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها محفوظة دائماً.

a. تتحول طاقة الوضع للماء إلى طاقة حركية عندما يتدفق من فتحة الخزان؛ إذ تدير المياه المندفعة التوربين لتوليد الطاقة الكهربائية.

b. تتحول طاقة الوضع المخزنة في روابط جزيئات البروبان إلى حرارة.

وقد عرفت من قبل أن الطاقة الحركية للمادة ترتبط مباشرة مع الحركة الدائمة العشوائية لجسيماتها، وتناسب مع درجة الحرارة. فعندما ترتفع درجة الحرارة تزداد حركة الجسيمات. وتعتمد طاقة الوضع للمادة على تركيبها الكيميائي، من حيث: أنواع الذرات في المادة، وعدد الروابط الكيميائية التي تربط الذرات معاً ونوعها، وطريقة ترتيب هذه الذرات.

قانون حفظ الطاقة درست أن الطاقة تتحول من شكل إلى آخر، ولكنها تبقى محفوظة، أي أن مجموع كمية الطاقة يبقى ثابتاً. فمثلاً عندما يتدفق الماء عبر التوربينات في محطة التوليد الكهرومائية المبينة في الشكل 1-2a يتحول جزء من طاقته الحركية إلى طاقة كهربائية. وعلى سبيل المثال أيضاً، يعد غاز البروبان C_3H_8 وقوداً مهماً للطهو والتسخين. انظر الشكل 1-2b؛ حيث يتحد غاز البروبان مع الأكسجين مكوناً ثاني أكسيد الكربون والماء، وتتحول طاقة الوضع المخزنة في روابط البروبان في صورة حرارة. في كلا المثالين تحولت الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها بقيت محفوظة، أي أن مجموع كمية الطاقة بقي ثابتاً. ولفهم حفظ الطاقة بشكل أفضل، افترض أن لديك نقوداً في حسابين في البنك، وقد قمت بتحويل بعضها من أحد الحسابين إلى الآخر. فعلى الرغم من أن كمية النقود في كلا الحسابين قد تغيرت إلا أن مجموع نقودك في البنك بقي كما هو دون تغيير. وهذا يشبه قانون حفظ الطاقة.

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

طاقة الوضع الكيميائية تسمى الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمادة **طاقة الوضع الكيميائية**. وتلعب هذه الطاقة دوراً مهماً في التفاعلات الكيميائية. فطاقة الوضع الكيميائية للبروبان مثلاً تنتج عن ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين وقوة الروابط التي تربط بينها.

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



الحرارة يعد الأوكتان C_8H_{18} المكون الرئيس في الجازولين. فعندما يحترق الجازولين في محرك السيارة يتحول جزء من طاقة الوضع الكيميائية للأوكتان إلى شغل يحرك المكابح التي بدورها تحرك الإطارات، فتتحرك السيارة. ولكن جزءاً كبيراً من طاقة الوضع الكيميائية المخزنة في الأوكتان تنطلق في صورة حرارة. ويستعمل الرمز q ليدل على **الحرارة**، وهي طاقة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم الأبرد. فعندما يفقد الجسم الساخن طاقة، تنخفض درجة حرارته. وعندما يمتص الجسم الأبرد طاقة ترتفع درجة حرارته.

قياس الحرارة Measuring Heat

يعد انتقال الطاقة، وما يتبعه من تغير في درجة الحرارة مفتاحين لطريقة قياس الحرارة. وتسمى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء النقي $1^\circ C$ **السُّعر** (calorie (cal). فعندما يحطم جسمك جزيئات السكر والدهون مكوناً ثاني أكسيد الكربون والماء ينتج عن هذا التفاعل الطارد للطاقة حرارة يمكن قياسها بالسُّعرات الغذائية (Cal).

لاحظ أن الطاقة الحرارية الناتجة عن الغذاء تقاس بالسُّعرات الغذائية (Calories)، والسُّعر الغذائي يساوي 1000 cal (1 kcal). تذكر أن البادئة (كيلو) تعني 1000. فمثلاً، ملعقة طعام من الزبد تحتوي على 100 Cal تقريباً. وهذا يعني أنه لو أحرقت ملعقة زبد حرقاً كاملاً لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء، فسينطلق (100000 cal) 100 kcal من الحرارة.

تقاس الطاقة الحرارية وفق النظام الدولي للوحدات **بالجول** (J) joule. ويعادل الجول الواحد 0.2390 cal، والسُّعر الواحد يعادل 4.184 J. ويلخص الجدول 1-1 العلاقات بين السُّعر cal والسُّعر الغذائي Cal والجول J والكيلوجول kJ وعوامل التحويل التي يمكنك استعمالها للتحويل من وحدة إلى أخرى.

العلاقات بين وحدات الطاقة		الجدول 1-1
العلاقة	معامل التحويل	
$1 J = 0.2390 cal$	$\frac{1 J}{0.2390 cal}$ $\frac{0.2390 cal}{1 J}$	
$1 cal = 4.184 J$	$\frac{1 cal}{4.184 J}$ $\frac{4.184 J}{1 cal}$	
$1 Cal = 1 Kcal$	$\frac{1 Cal}{1000 cal}$ $\frac{1000 cal}{1 Cal}$	

مثال 1-1

تحويل وحدات الطاقة إذا كانت وجبة إفطار مكونة من الحبوب وعصير البرتقال والحليب، تحتوي على 230 Cal من الطاقة، فعبّر عن هذه الطاقة بوحدة الجول J.

1 تحليل المسألة

أعطيت كمية من الطاقة بوحدة السُّعر الغذائي Cal. عليك تحويل ذلك إلى سعرات cal، ثم إلى الجول J.

المطلوب

الطاقة = J؟

المعطيات

الطاقة = 230 Cal



2 حساب المطلوب

حوّل Cal إلى cal.

$$230 \text{ Cal} \times \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ Cal}} = 2.3 \times 10^5 \text{ cal} \quad \text{طبق العلاقة } 1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal}$$

حوّل cal إلى J

$$2.3 \times 10^5 \text{ cal} \times \frac{4.184 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 9.6 \times 10^5 \text{ J} \quad \text{طبق العلاقة } 1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$$

3 تقويم الإجابة

القيمة 10^5 إلى 10^6 متوقعة؛ لأن القيمة 10^2 Cal يجب ضربها في 10^3 لتحويلها إلى cal. ثم تضرب في عامل تحويل J الذي يساوي 4 تقريبًا. لذا الإجابة معقولة.

مسائل تدريبية

1. تحتوي حبة حلوى الفواكه والشوفان على 142 Cal من الطاقة. ما مقدار هذه الطاقة بوحدة cal؟
2. يطلق تفاعل طارد للطاقة 86.5 kJ من الحرارة. ما مقدار الحرارة التي أطلقت بوحدة Cal؟
3. تحفيز عَرَف وحدة طاقة جديدة، وسمّها باسمك، واجعل قيمتها عُشر سُعر. ما عوامل التحويل التي تربط هذه الوحدة الجديدة مع الجول J، ومع السُّعر الغذائي Kcal؟

الحرارة النوعية Specific Heat

لقد قرأت أنه يلزم 1 cal، أو 4.184 J، لرفع درجة حرارة 1g من الماء النقي 1°C . تعرف هذه الكمية $4.184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ بأنها الحرارة النوعية c للماء. الحرارة النوعية لأي مادة هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من تلك المادة درجة سيليزية واحدة (1°C). ولأن لكل مادة تركيبًا مختلفًا عن المواد الأخرى لذا فإن لكل مادة حرارة نوعية مميزة لها.

لرفع درجة حرارة كمية من الماء 1°C يجب أن يمتص كل جرام واحد من الماء 4.184 J من الطاقة، إلا أننا نحتاج إلى مقدار أقل من الطاقة لرفع درجة حرارة قطعة أسمنتية - لها كتلة مساوية لكتلة الماء - درجة سيليزية واحدة. ربما تكون قد لاحظت أن الأرصفة الأسمنتية تسخن في أيام الصيف. وتعتمد مدى سخونة هذه الأرصفة على الحرارة النوعية للأسمنت وعوامل أخرى. إن الحرارة النوعية للأسمنت هي $0.84 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ وهذا يعني أن درجة حرارة الأسمنت تكون أعلى خمس مرات من درجة حرارة الماء، عندما تمتص كتلتان متساويتان من الماء والأسمنت كمية الطاقة نفسها.



حساب الحرارة الممتصة افترض أن قطعة من رصيف أسمنت (Concrete) كتلتها $5.00 \times 10^3 \text{ g}$ زادت درجة حرارتها بمقدار 6.0°C فهل يمكن حساب كمية الحرارة التي امتصتها؟ تذكر أن الحرارة النوعية للمادة هي كمية الحرارة التي يجب أن يمتصها 1 g من المادة لترفع درجة حرارته 1°C .

يبين الجدول 1-2 الحرارة النوعية لبعض المواد. الحرارة النوعية للأسمنت مثلاً، هي $0.84 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ؛ إذن يمتص 1 g من الأسمنت 0.84 J عندما تزداد درجة حرارته 1°C . لإيجاد الحرارة التي تمتصها $5.00 \times 10^3 \text{ g}$ من الأسمنت عليك أن تضرب 0.84 في $5.00 \times 10^3 \text{ g}$ ، ولأن درجة حرارة الأسمنت ازدادت 6.0°C فإن عليك أن تضرب الناتج عن ضرب الكتلة والحرارة النوعية في 6°C .

معادلة حساب الحرارة

q : الطاقة الحرارية الممتصة أو المطلق

c : الحرارة النوعية للمادة

m : كتلة المادة بالجرام

ΔT : التغير في درجة الحرارة ($^\circ\text{C}$) أو

T النهائية - T الأولية ($T_f - T_i$)

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

يمكنك استعمال هذه المعادلة لحساب الحرارة التي امتصتها قطعة الأسمنت.

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

$$q_{\text{concrete}} = \frac{0.84 \text{ J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (5.00 \times 10^3 \text{ g}) \times 6.0^\circ\text{C} = 25,200 \text{ J} = 25.2 \text{ kJ}$$

مجموع كمية الحرارة التي امتصتها قطعة الأسمنت هو $25,200 \text{ J}$ أو 25.2 kJ . بالمقارنة مع الماء، ما كمية الحرارة التي يمتصها $5.00 \times 10^3 \text{ g}$ من الماء عندما تزداد درجة حرارته بمقدار 6.0°C ؟ يمكننا حساب q_{water} بنفس طريقة حسابها للأسمنت، ولكن هنا يجب استعمال الحرارة النوعية للماء، $4.184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$.

$$q_{\text{water}} = \frac{4.184 \text{ J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (5.00 \times 10^3 \text{ g}) \times 6.0^\circ\text{C} = 1.3 \times 10^5 \text{ J} = 130 \text{ kJ}$$

إذا قسمت الحرارة التي امتصها الماء 130 kJ على الحرارة التي امتصها الأسمنت يكون الناتج 5.2 ؛ ويعني ذلك أن الماء يمتص كمية من الحرارة أكثر خمس مرات من كمية الحرارة التي يمتصها الأسمنت إذا طرأ تغير متساوٍ على درجتي حرارتهما.

حساب الحرارة المنطلقة قد تمتص المواد الحرارة أو تطلقها، لذا تستعمل معادلة حساب الحرارة نفسها لحساب الطاقة التي تطلقها المواد عندما تبرد. افترض أن قطعة من الأسمنت وصلت درجة حرارتها إلى 74.0°C في يوم مشمس وانخفضت إلى 40.0°C في أثناء الليل، فما كمية الحرارة المنطلقة؟ احسب أولاً ΔT :

$$\Delta T = 74.0^\circ\text{C} - 40.0^\circ\text{C} = 34.0^\circ\text{C}$$

ثم استعمال معادلة كمية الحرارة:

$$q_{\text{concrete}} = \frac{0.84 \text{ J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 5.00 \times 10^3 \text{ g} \times 34.0^\circ\text{C} = 142,800 \text{ J} = 142.8 \text{ kJ}$$

الجدول 1-2	الحرارة النوعية لبعض المواد عند 298 K (25°C)
المادة	الحرارة النوعية $\text{J/g}^\circ\text{C}$
الماء (l)	4.184
الإيثانول (l)	2.44
الماء (s)	2.03
الماء (g)	2.01
البريليوم (s)	1.825
الماغنسيوم (s)	1.023
الألومنيوم (s)	0.897
الأسمنت (s)	0.84
الجرانيت (s)	0.803
الكالسيوم (s)	0.647
الحديد (s)	0.449
الإسترانشيوم (s)	0.301
الفضة (s)	0.235
الباريوم (s)	0.204
الرصاص (s)	0.128
الذهب (s)	0.129

تجربة
عملية

حرارة التفاعل وحرارة المحلول

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإثرائية



حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناطحات السحاب تترك فراغات بين الدعامات الفولاذية لكي تتمدد وتنكمش عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة. إذا تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد كتلتها 10.0 g من 25 °C إلى 50.4 °C وانطلقت كمية من الحرارة مقدارها 114 J، فما الحرارة النوعية للحديد؟

1 تحليل المسألة

لديك كتلة العينة، ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية، وكمية الطاقة المنطلقة. يمكنك حساب الحرارة النوعية للحديد بإعادة ترتيب المعادلة التي تربط بين هذه المتغيرات.

المعطيات

$$\begin{aligned} T_i &= 50.4^\circ\text{C} & 114 \text{ J} &= \text{الطاقة المنطلقة} \\ T_f &= 25^\circ\text{C} & 10 \text{ g Fe} &= \text{كتلة الحديد} \end{aligned}$$

المطلوب

$$\text{الحرارة النوعية للحديد} = ? \text{ J/g } ^\circ\text{C}$$

2 حساب المطلوب

$$\Delta T = 50.4^\circ\text{C} - 25.0^\circ\text{C} = 25.4^\circ\text{C}$$

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

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$c = \frac{114 \text{ J}}{(10.0 \text{ g} \times 25.4^\circ\text{C})}$$

$$c = 0.449 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

احسب ΔT .

اكتب معادلة لحساب كمية الحرارة

أوجد قيمة C

$$\begin{aligned} q &= 114 \text{ J}, m = 10.0 \text{ g} \\ \Delta T &= 25.4^\circ\text{C} \end{aligned}$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

3 تقويم الإجابة

قيمة مقام المعادلة تساوي ضعفي قيمة البسط تقريباً، إذن النتيجة النهائية تقارب 0.5، وهي معقولة. كما أن القيمة المحسوبة تساوي القيمة المسجلة للحديد في الجدول 1-2.

مسائل تدريبية

- إذا ارتفعت درجة حرارة 34.4 g من الإيثانول من 25 °C إلى 78.8 °C، فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول؟ ارجع إلى الجدول 1-2.
- سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g فارتفعت درجة حرارتها من 25 °C إلى 40.0 °C فامتصت 5696 J من الطاقة. ما الحرارة النوعية للمادة؟ عيّن المادة بالرجوع إلى الجدول 1-2.
- تحفيز** قطعة من الذهب النقي كتلتها 4.50 g، امتصت 276 J من الحرارة، وكانت درجة حرارتها الأولية 25 °C. ما درجة حرارتها النهائية؟





الشكل 1-3 مدرستان بالرياض (جبر بن عتيك، والأمير عبد المجيد بن عبدالعزيز) تعملان بالطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية؛ تمهيداً لإطلاق خطة الطاقة الشمسية (2030) الأكبر في العالم بهذا المجال.



مُنح البروفيسور مايكل غراتزل جائزة الملك فيصل فرع العلوم عام 1436هـ في مجال الكيمياء، حيث عرف باكتشافاته في العلوم الأساسية والعملية في مجال تطوير أنظمة ضوئية وكهروكيميائية لاستخدامها في تحويل الطاقة الشمسية. إن الخلايا المعروفة عالمياً بخلايا غراتزل هي أجهزة تم تطويرها من أفلام ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية مغطاة بأصباغ جزيئية.



المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل للعلوم
<http://kingfaisalprize.org/ar/science/>

الربط مع رؤية 2030



رؤية
2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

٣.٢.٤ زيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة.

الطاقة الشمسية يستغل الماء أحياناً لأخذ الطاقة من الشمس؛ وذلك بسبب حرارته النوعية العالية. فبعد أن تسخن أشعة الشمس الماء يمكن تدويره في البيوت والأماكن الأخرى لتدفئتها، كما يمكن أن تزود أشعة الشمس احتياجات العالم من الطاقة، مما يقلل من استعمال أنواع الوقود التي تنتج ثاني أكسيد الكربون. ولكن هناك عدة عوامل أدت إلى تأخير تطوير التقنيات الشمسية. فمثلاً الشمس تسطع فترة محددة كل يوم، كما أن تراكم الغيوم فوق بعض الأماكن تخفف من كمية أشعة الشمس الساقطة عليها. وبسبب هذه المتغيرات كان لابد من ابتكار طرائق فعالة لتخزين الطاقة. إن تطوير الخلايا الكهروضوئية -انظر الشكل 1-3- هو السبيل الواعد لاستعمال الطاقة الشمسية؛ فهذه الخلايا تحول الإشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء. فالخلايا الكهروضوئية تزود رواد الفضاء بالطاقة؛ ولكنها لا تستعمل لتوفير الطاقة اللازمة للاحتياجات العادية؛ وذلك لأن تكلفة إنتاج الكهرباء بالخلايا الكهروضوئية مرتفعة مقارنة بتكلفة حرق الفحم أو البترول.

ولذلك تُعدّ البحوث التطبيقية وسيلة فعالة لتلبية حاجة المملكة لتطوير نشاط بحثي قوي يركز على تحقيق أهداف حيوية محددة ذات أهمية اجتماعية واقتصادية وطنية تؤدي إلى خلق صناعات وخدمات وطنية رائدة في العالم، وتعتبر مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (kacst) الجهة الوطنية الرائدة في مجالات البحوث التطبيقية وإحدى المجالات التي برزت فيها جهود المدينة هو مجال الطاقة كما يظهر في الشكل 1-3.

التقويم 1-1

الخلاصة

7. **الفكرة الرئيسية** وضع كيف تتغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعل الطارد للطاقة والتفاعل الماص لها.
8. مُميز بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة الآتية: مغناطيسين منفصلين؛ انهيار ثلجي، كتب موضوعة على رفوف، نهر، سباق سيارات، فصل الشحنات في بطارية.
9. وضع علاقة الضوء والحرارة في شمعة محترقة بطاقة الوضع الكيميائية.
10. احسب كمية الحرارة الممتصة عند تسخين 50.0 g ألومنيوم من درجة حرارة 25°C إلى درجة حرارة 95.0°C، علماً أن الحرارة النوعية للألومنيوم 0.897 J/g°C.
11. تفسير البيانات وضعت كتل متساوية من الألومنيوم والذهب والحديد والفضة تحت أشعة الشمس في الوقت نفسه ولفترة زمنية محددة. استعمل الجدول 1-2 لترتيب الفلزات الأربعة وفق ازدياد درجات حرارتها من الأعلى إلى الأقل.

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.
- طاقة الوضع الكيميائية هي الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمادة تعتمد على عدد ونوع وترتيب الذرات والجزيئات.
- طاقة الوضع الكيميائية تطلق أو تمتص على عدة أشكال مثل: الحرارة أو الضوء أو الكهرباء في خلال العمليات أو التفاعلات الكيميائية.



1-2

الحرارة Heat

الأهداف

الفكرة الرئيسية التغيير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.

الربط مع الحياة لعلك تشعر بالاسترخاء عند وقوفك تحت الدش الدافئ؛ حيث يمتص جسمك حرارة من الماء، في حين أنك تشعر بالارتعاش عندما تقفز في مسبح بارد؛ حيث يفقد جسمك حرارة. بطريقة مشابهة تمتص أو تطلق بعض التفاعلات الكيميائية الحرارة.

المسعر Calorimetry

هل تساءلت يوماً كيف يعرف كيميائيو الغذاء القيمة الحرارية للأطعمة؟ لقد تم الحصول على المعلومات المدونة على عبوات المنتجات الغذائية من تفاعلات احتراق أجريت في مسعر. **والمسعر** جهاز معزول حرارياً يستخدم لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية؛ إذ توضع كمية معلومة من الماء في حجرة معزولة لكي تمتص الطاقة المنطلقة من التفاعل، أو لتزود الطاقة التي يمتصها التفاعل، ومن ثم يمكننا قياس التغير في درجة حرارة كتلة الماء. ويبين الشكل 1-4 نوعاً من المساعير يسمى مسعر القنبلة، يستخدمه كيميائيو التغذية.

تحديد الحرارة النوعية يمكنك الحصول على نتائج مرضية لتجارب قياس الحرارة باستخدام مسعر أبسط من مسعر التفجير، وهو الكأس المصنوعة من البوليسترين. هذه المساعير مفتوحة على الجو، ولذلك فالتفاعلات التي تحدث فيها تكون تحت ضغط ثابت. ويمكنك استخدامها لتحديد الحرارة النوعية لفلز ما.

افترض أنك وضعت 125 g من الماء في مسعر (كأس مصنوعة من البوليسترين)، وقست درجة حرارته الأولية فوجدتها 25.60°C ، ثم سخنت عينة من فلز ما كتلتها 50.0 g إلى درجة حرارة 115.0°C ووضعتها في الماء داخل المسعر. سوف تنتقل الحرارة من الفلز الساخن إلى الماء في المسعر، فترتفع درجة حرارة الماء. ويتوقف انتقال الحرارة فقط عندما تتساوى درجة حرارة الماء مع درجة حرارة الفلز.

تصف كيف يستخدم المسعر لقياس الطاقة الممتصة أو المنطلقة.

توضح المقصود بالمحتوى الحراري وتغير المحتوى الحراري في التفاعلات الكيميائية والعمليات الكيميائية.

مراجعة المفردات

الضغط: القوة الواقعة على وحدة المساحة.

مفردات جديدة

المسعر

الكيمياء الحرارية

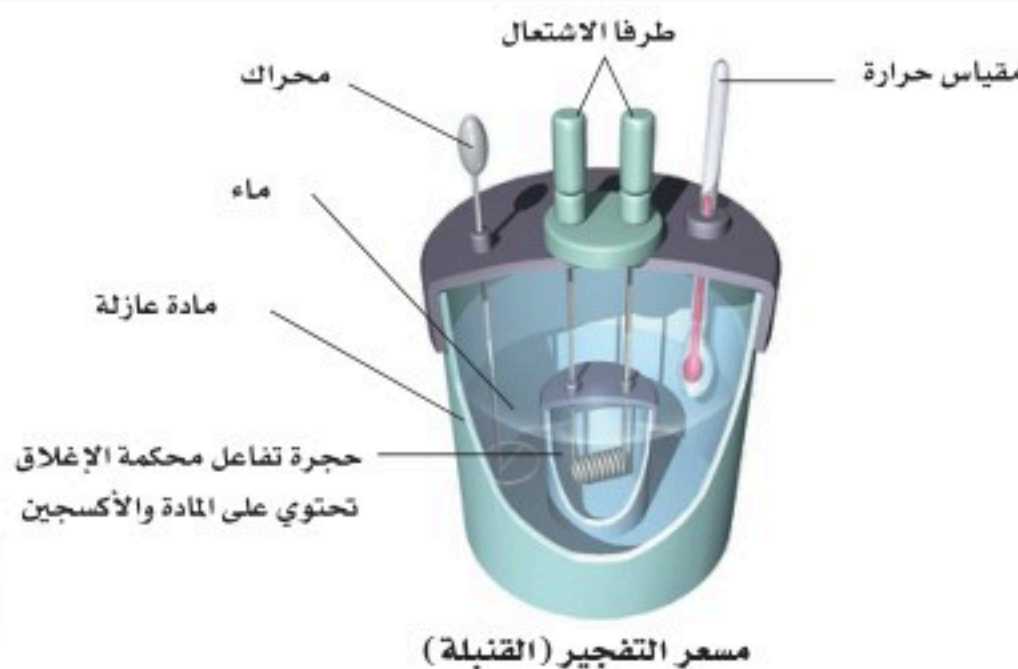
النظام

المحيط

الكون

المحتوى الحراري

المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)



الشكل 1-4 وضعت عينة في حجرة فولاذية داخلية تسمى القنبلة، مملوءة بالأكسجين المضغوط ضغطاً عالياً، وحول القنبلة كمية معلومة من الماء تحرك بمحرك قليل الاحتكاك للمحافظة على درجة حرارة منتظمة. بدأ التفاعل بشرة، وسجلت درجة الحرارة حتى وصلت إلى أقصاها.

استنتج لماذا يعد من المهم ألا ينتج المحرك احتكاكاً؟





يبين الشكل 1-5 خطوات عمل التجربة. لاحظ أن درجة الحرارة في المسعر تثبت عند 29.30°C ، وهي درجة الحرارة النهائية التي وصل إليها كل من الفلز والماء. فإذا افترضنا أنه لم تُفقد حرارة إلى المحيط، فإن الحرارة التي اكتسبها الماء تكون مساوية للحرارة التي فقدها الفلز. ويمكن حساب كمية الحرارة هذه بالمعادلة:

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

✓ **ماذا قرأت؟ حدد** المتغيرات الأربعة في المعادلة أعلاه.

احسب أولاً كمية الحرارة التي اكتسبها الماء. وللقيام بذلك عليك أن تعرف أن الحرارة النوعية للماء تساوي $4.184 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$.

$$q_{\text{water}} = 4.184 \text{ J/(g}^{\circ}\text{C)} \times 125 \text{ g} \times (29.30^{\circ}\text{C} - 25.60^{\circ}\text{C})$$

$$q_{\text{water}} = 4.184 \text{ J/(g}^{\circ}\text{C)} \times 125 \text{ g} \times 3.70^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{water}} = 1935.1 \text{ J}$$

إن كمية الحرارة التي اكتسبها الماء 1935.1 J تساوي كمية الحرارة التي فقدها الفلز، q_{metal} ، لذلك يمكنك كتابة المعادلة:

$$q_{\text{metal}} = q_{\text{water}}$$

$$q_{\text{metal}} = -1935.1 \text{ J}$$

$$c_{\text{metal}} \times m \times \Delta T = -1935.1 \text{ J}$$

استخرج الآن قيمة الحرارة النوعية للفلز، c_{metal} .

$$c_{\text{metal}} = \frac{-1935.1 \text{ J}}{m \times \Delta T}$$

التغير في درجة حرارة الفلز ΔT هو الفرق بين درجة الحرارة النهائية للماء ودرجة الحرارة الأولية للفلز ($29.30^{\circ}\text{C} - 115.0^{\circ}\text{C} = -85.7^{\circ}\text{C}$). عوض بقيم كل من m و ΔT في المعادلة.

$$c_{\text{metal}} = \frac{-1935.1 \text{ J}}{(50.0 \text{ g})(-85.7^{\circ}\text{C})} = 0.453 \text{ J/(g}^{\circ}\text{C)}$$

بمقارنة الحرارة النوعية للفلز $0.453 \text{ J/(g}^{\circ}\text{C)}$ بالقيم الواردة في الجدول 2-2 تبين أن هذا الفلز هو الحديد.

الشكل 1-5 a. سجلت درجة الحرارة الأولية 25.60°C لـ 125 g من الماء في المسعر.

b. سخنت قطعة من فلز مجهول كتلتها 50.0 g حتى أصبحت درجة حرارتها 115.0°C ، ثم وضعت في المسعر.

c. ينقل الفلز الحرارة إلى الماء حتى تتساوى درجة حرارة الفلز والماء. وكانت درجة الحرارة النهائية 29.30°C .

استعمال الحرارة النوعية تمتص قطعة فلز كتلتها 4.68 g ما مقداره 256 J من الحرارة عندما ترتفع درجة حرارتها بمقدار 182°C. ما الحرارة النوعية للفلز؟ هل يمكن أن يكون الفلز أحد الفلزات القلوية الأرضية الموجودة في الجدول 2-1؟

1 تحليل المسألة

لديك كتلة الفلز، وكمية الحرارة التي اكتسبها، والتغير في درجة الحرارة. عليك حساب الحرارة النوعية. استخدم معادلة كمية الحرارة، واستخرج قيمة الحرارة النوعية c .

المعطيات

$$m = 4.68 \text{ g}$$

$$\text{كمية الحرارة المكتسبة، } q = ? \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta T = 182^\circ\text{C}$$

المطلوب

$$\text{الحرارة النوعية } c = ? \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كمية الحرارة q

حل المعادلة لإيجاد c

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

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$c = \frac{256 \text{ J}}{(4.68 \text{ g})(182^\circ\text{C})} = 0.301 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$$

$$q = 256 \text{ J, } m = 4.68 \text{ g}$$

$$\Delta T = 182^\circ\text{C}$$

بالرجوع إلى الجدول 2-1 فإن الفلز هو **الإسترانشيوم**.

3 تقويم الإجابة

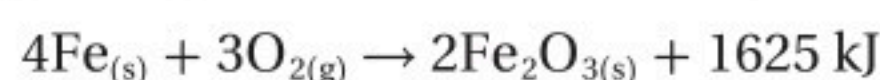
الكميات الثلاث المستخدمة في الحل تحوي ثلاثة أرقام معنوية، والإجابة تتكون من ثلاثة أرقام، وهذا صحيح. الحسابات صحيحة وتعطي الوحدة المتوقعة.

مسائل تدريبية

- عينة من فلز كتلتها 90.0 g امتصت 25.6 J من الحرارة عندما ازدادت درجة حرارتها 1.18°C. ما الحرارة النوعية للفلز؟
- ارتفعت درجة حرارة عينة من الماء من 20.0°C إلى 46.6°C عند امتصاصها 5650 J من الحرارة. ما كتلة العينة؟
- ما كمية الحرارة التي تكتسبها صخرة من الجرانيت كتلتها $2.00 \times 10^3 \text{ g}$ إذا ارتفعت درجة حرارتها من 10.0°C إلى 29.0°C، إذا علمت أن الحرارة النوعية للجرانيت 0.803 J/(g°C)؟
- تحفيز** إذا فقدت 335 g من الماء، عند درجة حرارة 65.5°C كمية حرارة مقدارها 9750 J، فما درجة الحرارة النهائية للماء؟

الطاقة الكيميائية والكون Chemical Energy and the Universe

يرافق كل تفاعل كيميائي وكل تغير في الحالة الفيزيائية إطلاق أو امتصاص حرارة. وتدرس **الكيمياء الحرارية** تغيرات الحرارة التي ترافق التفاعلات الكيميائية وتغيرات الحالة الفيزيائية. فمثلاً ينتج دائماً عن حرق الوقود حرارة، وتصمم بعض المنتجات لتعطي حرارة عند الطلب. فمثلاً يستخدم الجنود في الميدان تفاعلاً شديداً طارداً للحرارة لتسخين وجباتهم. كما قد تُستخدم كمادة ساخنة لتدفئة الأيدي في الأيام الباردة. وتنتج هذه الطاقة المنطلقة من الكمادة الساخنة نتيجة للتفاعل الكيميائي الآتي:



تجربة

تحديد الحرارة النوعية

كيف تستطيع أن تحدد الحرارة النوعية لفلز؟

يمكنك استخدام الكأس المصنوعة من البوليسترين بوصفها مسعرًا لتحديد الحرارة النوعية لفلز.

الخطوات

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدولاً لتسجل فيه بياناتك.
3. اسكب 150 mL تقريباً من الماء المقطر في كأس زجاجية سعتها 250 mL. ثم ضع الكأس على السخان الكهربائي.
4. قس كتلة قطعة الفلز بالميزان.
5. أمسك قطعة الفلز بحذر بالملقط، وضعها في الكأس التي على السخان الكهربائي.
6. قس 90.0 mL من الماء المقطر بالمخبار المدرج.
7. اسكب الماء في كأس بوليسترين موضوعة داخل كأس زجاجية ثانية سعتها 250 mL.
8. قس درجة حرارة الماء بمقياس حرارة غير زئبقي.

9. عندما يبدأ الماء الموجود في الكأس التي على السخان الكهربائي في الغليان قس درجة الحرارة وسجلها على أنها درجة الحرارة الأولية للفلز.

10. أمسك قطعة الفلز الساخنة بالملقط بحذر، وضعها في الماء البارد الموجود في كأس البوليسترين. لا تلمس الفلز الساخن بيديك.

11. حرك الماء في الكأس، وقس أعلى درجة حرارة يصل إليها بعد إضافة الفلز.

التحليل

12. احسب كمية الحرارة التي اكتسبها الماء، علمًا بأن الحرارة النوعية للماء $4.184 \text{ J/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$. ولأن كثافة الماء تساوي 1.0 g/mL ، استخدم حجم الماء على أنه الكتلة.
13. احسب الحرارة النوعية للفلز. افترض أن الحرارة التي امتصها الماء تساوي الحرارة التي فقدها الفلز.
14. قارن القيمة التي حصلت عليها في التجربة بالقيمة المقبولة للفلز.
15. صف مصادر الخطأ الرئيسة في هذه التجربة. ما التحسينات التي يمكن أن تعملها في هذه التجربة لتقليل الخطأ؟

عرفت أن الحرارة التي تنطلق من الكمادة تنتج عن تفاعل كيميائي. لذا عليك أن تفكر بالكمادة ومحتوياتها بوصفها نظامًا. تُعرّف الكيمياء الحرارية النظام بأنه جزء معين من الكون يحتوي على التفاعل أو العملية التي تريد دراستها، وأن كل شيء في الكون غير النظام يسمى المحيط. لذلك يعرف الكون بأنه النظام مع المحيط.

الكون = النظام + المحيط

ما نوع انتقال الطاقة الذي يحدث في أثناء التفاعل الطارد للحرارة في الكمادة الساخنة؟ تنتقل الحرارة الناتجة عن التفاعل من الكمادة الساخنة (النظام) إلى يدك الباردتين (جزء من المحيط). ماذا يحدث في العملية أو التفاعل الماص للحرارة؟ ينعكس انتقال الحرارة؛ إذ تنتقل الحرارة من المحيط إلى النظام. فعلى سبيل المثال، عند خلط هيدروكسيد الباريوم مع بلورات ثيوسيانات الأمونيوم في كأس، كما يظهر في الشكل 1-6، ينتج تفاعل ماص للحرارة بشدة. وعند وضع الكأس التي تحوي هذا التفاعل على لوح مبتل بالماء تنتقل الحرارة من الماء واللوح (المحيط) إلى داخل الكأس (النظام)، فيحدث تغير كبير في درجة الحرارة، يتسبب في تجمد الماء الذي بين اللوح والكأس، مما يجعل الكأس تلتصق باللوح. ولا ينصح بإجراء هذا التفاعل نظرًا للمخاطر المرافقة لاستخدام مادة ثيوسيانات الأمونيوم، إذ إنها مادة شديدة السمية ضارة عند الاستنشاق والتلامس مع الجلد أو الابتلاع.

المحتوى الحراري وتغيراته تعتمد كمية الحرارة الكلية التي تحتوي عليها مادة ما على عوامل كثيرة، وبعض هذه العوامل غير مفهوم تمامًا حتى الآن. لذلك من المستحيل معرفة كمية الحرارة الكلية الموجودة في المادة. ومن حسن الحظ أن

الشكل 1-6 في هذا التفاعل الماص للحرارة يمتص خليط التفاعل كمية كافية من الطاقة من الماء الذي يبيل اللوح ومن اللوح نفسه، فتتخفض درجة حرارة الماء حتى التجمد فيمسك اللوح بالكأس.



الكيميائيين يهتمون بدراسة تغيرات الطاقة في أثناء التفاعلات الكيميائية أكثر من اهتمامهم بكمية الطاقة الموجودة في المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة. يمكن قياس كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة للكثير من التفاعلات باستخدام المسعر عند ضغط ثابت، كما هو موضح في التجربة في الشكل 5-1. ولأن كاس البوليسترين غير مغلقة فالضغط ثابت. يحدث الكثير من التفاعلات عند ضغط جوي ثابت، ومن ذلك تلك التي تحدث في المخلوقات الحية التي تعيش على سطح الأرض، وفي البرك والمحيطات، وكذلك التفاعلات التي تحدث في الكؤوس والدوارق المفتوحة داخل المختبرات. يرمز إلى الطاقة المنطلقة أو المتولدة من التفاعلات التي تحدث عند ضغط ثابت في بعض الأحيان بالرمز q_p . ولتسهيل قياس أو دراسة تغيرات الطاقة التي ترافق تلك التفاعلات وضع الكيميائيون خاصية أسموها المحتوى الحراري. ويعرف **المحتوى الحراري** (H) بأنه مقدار الطاقة الحرارية المخزنة في مول واحد من المادة تحت ضغط ثابت.

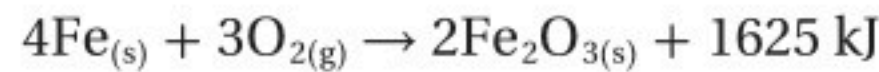
وعلى الرغم من عدم مقدرتك على قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري للمادة إلا أنه يمكنك أن تقيس التغير في المحتوى الحراري، وهو كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في التفاعل الكيميائي. ويسمى التغير في المحتوى الحراري **المحتوى للتفاعل الحراري (أو حرارة التفاعل)** (ΔH_{rxn}). لقد تعلمت سابقاً أن الرمز المسبوق بالحرف اليوناني دلتا (Δ) يعني التغير في خاصية ما. لذا فإن ΔH_{rxn} يعني الفرق بين المحتوى الحراري للمواد التي توجد عند نهاية التفاعل H_{final} والمحتوى الحراري للمواد الموجودة في البداية $H_{initial}$.

$$\Delta H_{rxn} = H_{final} - H_{initial}$$

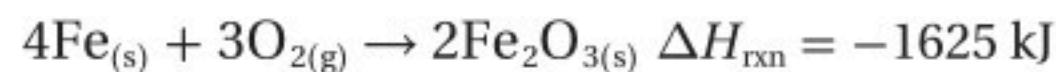
ولأن المواد المتفاعلة هي التي تكون عند بداية التفاعل reactants، والمواد الناتجة توجد عند نهايته Products، يمكن التعبير عن ΔH_{rxn} بالمعادلة:

$$\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$$

إشارة المحتوى الحراري للتفاعل تذكر التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الكمادة الساخنة.



يتبين من معادلة التفاعل أن المواد المتفاعلة في هذا التفاعل الطارد للحرارة تفقد حرارة، لذلك يكون $H_{products} < H_{reactants}$ ، لذا عند طرح $H_{reactants}$ من $H_{products}$ التي كميتها أصغر نحصل على قيمة سالبة لـ ΔH_{rxn} ، ويقودنا ذلك إلى أن تغيرات المحتوى الحراري للتفاعلات الطاردة للحرارة سالبة دائماً. لذلك فإن معادلة التفاعل الذي يحدث في الكمادة الساخنة والتغير في محتواه الحراري تكتب عادةً كما يأتي:



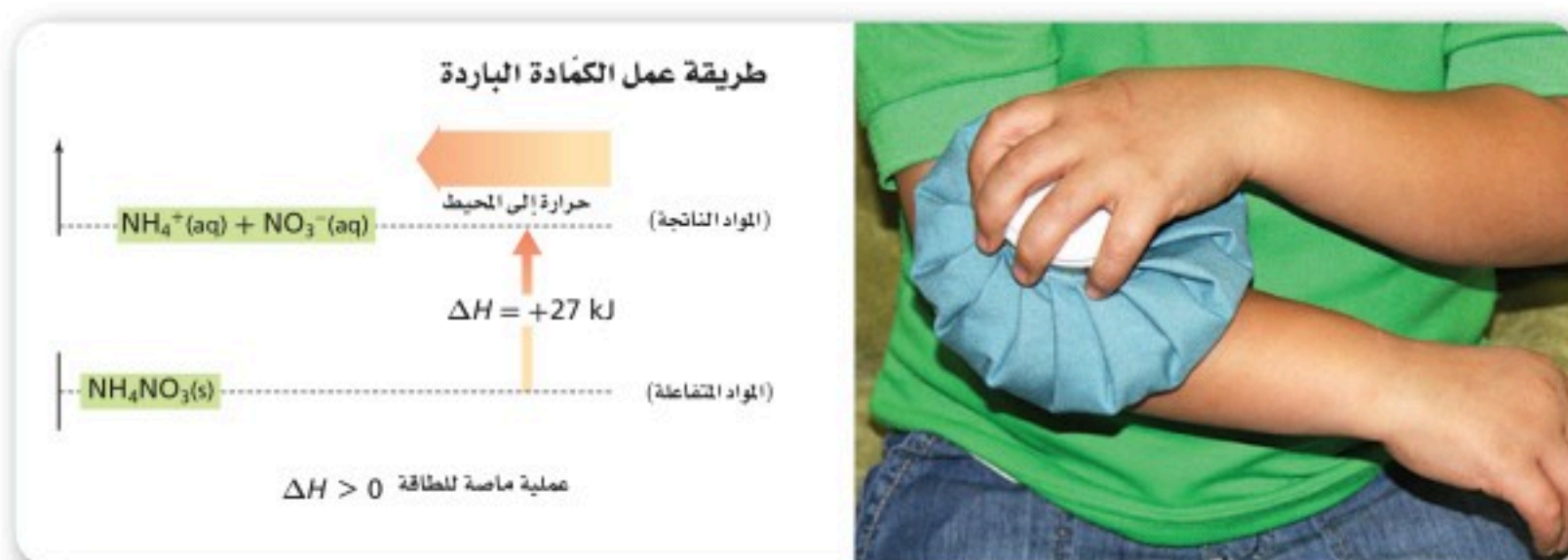
ويبين الشكل 7-1 مخطط التغير في المحتوى الحراري.



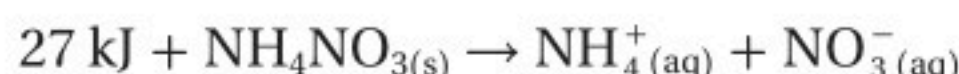
الشكل 7-1 يشير السهم المتجه إلى أسفل إلى أن 1625 J من الحرارة انطلقت إلى المحيط، في التفاعل بين الحديد والأكسجين لتكوين Fe_2O_3 . يمكن استخدام كمادة ساخنة من هذا النوع لتدفئة الأيدي الباردة.

اشرح كيف يبين المخطط أن التفاعل طارد للحرارة؟





الآن تذكر عملية الكمادة الباردة.



في هذه العملية الماصة للحرارة يكون $H_{\text{products}} > H_{\text{reactants}}$ ، لذلك عندما تطرح $H_{\text{reactants}}$ من الكمية الكبرى H_{products} نحصل على قيمة موجبة لـ ΔH_{rxn} . يكتب الكيميائيون معادلة التفاعل الذي يحدث في الكمادة الباردة والتغير في محتواه الحراري بالطريقة الآتية:



يبين الشكل 1-8 التغير في الطاقة في الكمادة الباردة، حيث يزيد المحتوى الحراري للنواتج بمقدار 27 kJ على المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة؛ لأنه تم امتصاص طاقة. لذلك تكون إشارة ΔH لهذا التفاعل وجميع التفاعلات والعمليات الماصة للحرارة موجبة. تذكر أن إشارة ΔH_{rxn} سالبة للتفاعلات والعمليات الطاردة للحرارة.

التغير في المحتوى الحراري ΔH يساوي الحرارة المكتسبة أو المفقودة q_p في أي تفاعل أو عملية تحدث عند ضغط ثابت. ولأن جميع التفاعلات الواردة في هذا الفصل تحدث عند ضغط ثابت يمكنك أن تفترض أن $q = \Delta H_{\text{rxn}}$.

الشكل 1-8 يبين السهم الذي

يشير إلى أعلى أن 27 kJ من الحرارة قد تم امتصاصها من المحيط في أثناء عملية إذابة NH_4NO_3 . يعد هذا التفاعل الأساس في صناعة الكمادة الباردة؛ فعند وضع الكمادة على كاحل الشخص يزود الكاحل الكمادة بالحرارة و يبرد هو بدوره.

حدد ما مقدار الطاقة التي

تمتصها نترات الأمونيوم عند

استعمال الكمادة الباردة؟

التقويم 1-2

الخلاصة

- تعرف الكيمياء الحرارية الكون على أنه النظام مع المحيط.
- تسمى كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة في النظام في أثناء التفاعل أو العملية التي تتم تحت ضغط ثابت التغير في المحتوى الحراري (ΔH_{rxn}) .
- عندما يكون ΔH_{rxn} موجباً يكون التفاعل ماصاً للحرارة، أما عندما يكون ΔH سالباً فيكون التفاعل طارداً للحرارة.

- الفكرة الرئيسية** صف كيف تحسب كمية الحرارة المكتسبة أو المنطلقة من المادة عندما تتغير درجة حرارتها؟
- اشرح لماذا تكون إشارة ΔH_{rxn} سالبة للتفاعل الطارد للحرارة؟
- اشرح لماذا يشكل الحجم المعلوم من الماء جزءاً مهماً من السعر؟
- اشرح لماذا يجب أن تعرف الحرارة النوعية للمادة حتى تحسب الحرارة المكتسبة أو المفقودة من المادة نتيجة تغير درجة الحرارة؟
- صف معنى النظام في الديناميكا الحرارية، و اشرح العلاقة بين النظام والمحيط والكون.
- احسب الحرارة النوعية $J/(g \cdot ^\circ C)$ لمادة مجهولة؛ إذ تطلق عينة كتلتها 2.50 g منها 12.0 cal عندما تتغير درجة حرارتها من $25^\circ C$ إلى $20.0^\circ C$ (استعن بالجدول 1 - 1 صفحة 14).
- صمم تجربة صف خطوات العمل التي يمكنك أن تتبعها لإيجاد الحرارة النوعية لقطعة فلز كتلتها 45.0 g.





1-3

الأهداف

- تكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل تفاعلات كيميائية وعمليات أخرى.
- تصف كيف تفقد الطاقة أو تكتسب في أثناء تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة.
- تحتسب الطاقة الممتصة أو المنطلقة في تفاعل كيميائي.

المعادلات الكيميائية الحرارية Thermochemical Equations

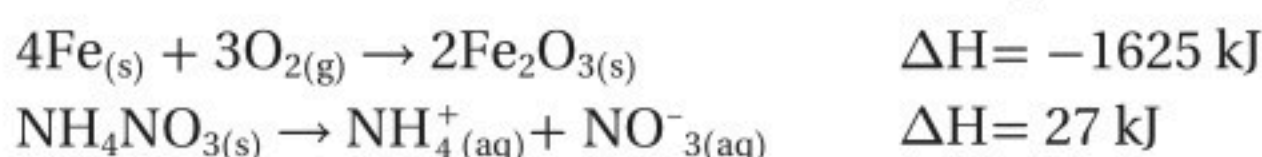
الفكرة الرئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

الربط مع الحياة هل شعرت في أي وقت بالإجهاد بعد سباق صعب أو أي نشاط شاق؟ إذا شعرت أن طاقة جسمك أصبحت أقل مما كانت عليه قبل ذلك الحدث فقد كنت على حق. يتعلق ذلك الشعور بالتعب بتفاعلات الاحتراق التي تحدث داخل خلايا جسمك، وهو الاحتراق نفسه الذي قد تشاهده عند احتراق الوقود.

كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

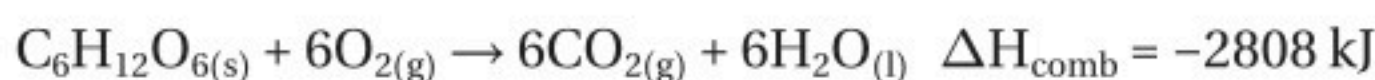
Writing Thermochemical Equations

إن التغير في الطاقة جزء مهم من التفاعلات الكيميائية، لذلك يضمّن الكيميائيون ΔH في الكثير من المعادلات الكيميائية. وتسمى المعادلات الكيميائية التي تكتب فيها قيم ΔH معادلات كيميائية حرارية.



تكتب **المعادلة الكيميائية الحرارية** في صورة معادلة كيميائية موزونة تشتمل على الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناجمة، والتغير في الطاقة، والذي يعبر عنه عادة بأنه تغير في المحتوى الحراري ΔH .

ينتج عن تفاعل احتراق الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ الطارد للحرارة - في أثناء عملية الأيض في الجسم - كمية كبيرة من الطاقة، كما هو مبين في المعادلة الكيميائية:



يسمى المحتوى الحراري الناتج عن حرق 1 mol من المادة احتراقاً كاملاً **حرارة الاحتراق** (ΔH_{comb}) enthalpy (heat) of combustion. ويبين الجدول 1-3 تغيرات المحتوى الحراري القياسية لعدة مواد. ويستعمل الرمز ΔH° ليدل على تغير المحتوى الحراري القياسي. فالرمز $(^\circ)$ يبين أن تغيرات المحتوى الحراري قد تم تحديدها للمواد المتفاعلة والنواتج جميعها عند الظروف القياسية (ضغط جوي 1 atm ودرجة حرارة 25°C)، ويجب عدم الخلط بينها وبين درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

مراجعة المفردات

تفاعل الاحتراق: هو تفاعل كيميائي يحدث عند تفاعل مادة مع الأكسجين، مطلقاً طاقة على شكل حرارة وضوء.

المفردات الجديدة

المعادلة الكيميائية الحرارية
حرارة الاحتراق
حرارة التبخر المولارية
حرارة الانصهار المولارية



أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 1-3		حرارة الاحتراق القياسية
المادة	الصيغة الكيميائية	$\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ kJ/mol
السكروز (سكر المائدة)	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{s})$	-5644
الأوكتان (أحد مكونات البنزين)	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	-5471
الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفواكه)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	-2808
البروبان (وقود غازي)	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-2219
الميثان (وقود غازي)	$\text{CH}_4(\text{g})$	-891

تغيرات الحالة Changes of State

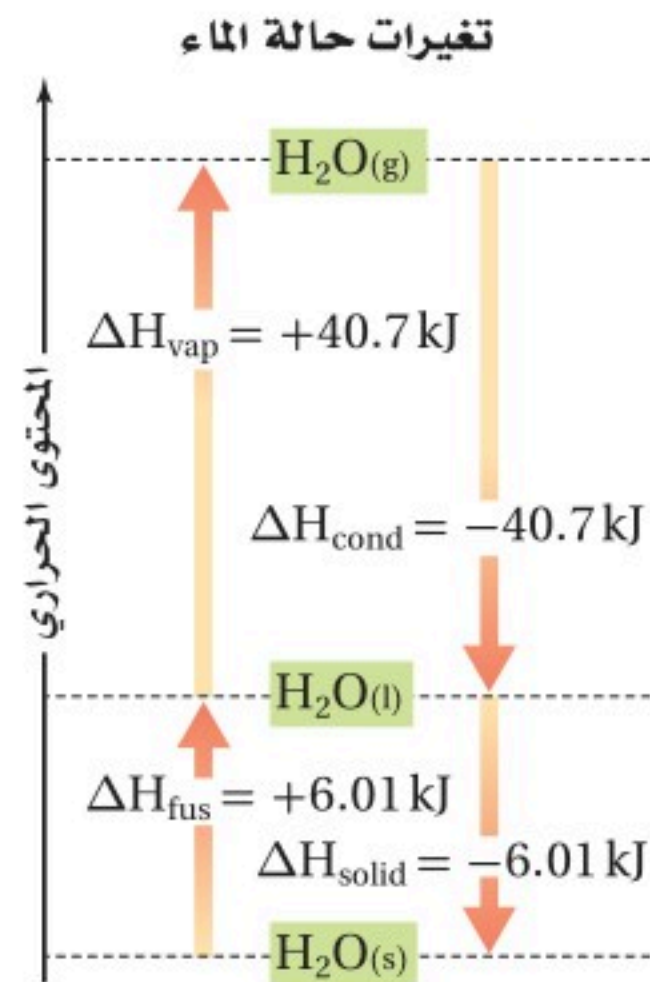
هناك الكثير من العمليات غير الكيميائية التي تُمتص الطاقة فيها أو تُطلق. ففكر مثلاً فيما يحدث عندما تخرج من حمام ساخن، لا بد أنك تشعر برعشة جسمك في أثناء تبخر الماء عن جلدك؛ وذلك لأن جلدك يزود الماء بالحرارة التي يحتاج إليها لكي يتبخر، وكلما امتص الماء الحرارة من جلدك وتبخر ازدادت برودة جسمك.

تسمى الحرارة اللازمة لتبخّر 1 mol من سائل حرارة التبخر المولارية (ΔH_{vap}) Molar enthalpy (heat) of vaporization. وبالمثل أيضاً إذا أردت شرب كأس ماء بارد فقد تضع فيه مكعباً من الثلج؛ فيبرد الماء؛ لأنه يزود مكعب الثلج بالحرارة لكي ينصهر. تسمى الحرارة اللازمة لصهر 1 mol من مادة صلبة حرارة الانصهار المولارية Molar enthalpy (heat) of fusion (ΔH_{fus}). ولأن تبخر السائل وصهر المادة الصلبة عمليتان ماصتان للحرارة، تكون ΔH لكل من العمليتين موجبة. يبين الجدول 1-4 حرارة التبخر والانصهار القياسية لعدد من المواد المألوفة.

الجدول 1-4		حرارة التبخر والانصهار القياسية	
المادة	الصيغة الكيميائية	$\Delta H^\circ_{\text{vap}}$ kJ/mol	$\Delta H^\circ_{\text{fus}}$ kJ/mol
الماء	H_2O	40.7	6.01
الإيثانول	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
حمض الإيثانويك (الخل)	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66



الشكل 9-1 الأسهم التي تشير إلى أعلى تدل على أن طاقة النظام تزداد عندما ينصهر الماء، ثم يتبخر. وتدل الأسهم التي تشير إلى أسفل على أن طاقة النظام تقل عندما يتكثف الماء ويتجمد.



المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات الحالة يمكن وصف تبخر الماء وصهر الجليد بالمعادلتين الآتيتين:



تبين المعادلة الأولى أن 40.7 kJ من الطاقة تُمتص عندما يتحول 1 mol من الماء إلى 1 mol من بخار الماء. بينما تشير المعادلة الثانية إلى أن 6.01 kJ من الطاقة تُمتص عندما ينصهر مول واحد من الجليد ليكون مولاً واحداً من الماء السائل.

ماذا يحدث في العمليتين العكسيتين عندما يتكثف بخار الماء ليكون الماء السائل أو عندما يتجمد الماء مكوناً الجليد؟ كميات الحرارة في هذه العمليات الطاردة للحرارة مساوية لكميات الحرارة التي تمتص في عمليتي التبخر والانصهار الماصتين للحرارة. وهكذا فإن قيمة حرارة التكثف المولارية Molar enthalpy (heat) of condensation (ΔH_{cond}) وقيمة حرارة التبخر المولارية متساويتان رقمياً وإن اختلفتا في الإشارة. كذلك فإن قيمة حرارة التجمد المولارية (ΔH_{solid}) وقيمة حرارة الانصهار المولارية لهما القيمة الرقمية نفسها، ولكنها تختلفان في الإشارة. وهذه العلاقات موضحة في الشكل 9-1.

$$\Delta H_{\text{vap}} = -\Delta H_{\text{cond}}$$

$$\Delta H_{\text{fus}} = -\Delta H_{\text{solid}}$$

قارن بين معادلتَي تكثف وتجمد الماء الآتيتين بالمعادلتين المتعلقتين بتبخر الماء وصهره.



يستغل بعض المزارعين في البلاد الباردة حرارة انصهار الماء لحماية الفاكهة والخضراوات من التجمد. فإذا كان من المتوقع أن تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد في أحد الأيام فإنهم يغمرون بساتينهم وحقولهم بالماء في تلك الليلة. ويعود السبب في ذلك إلى أن عملية تجمد الماء تطلق طاقة ΔH_{solid} تدفئ الهواء المحيط لدرجة كافية لمنع الفاكهة والخضراوات من التلف. وسوف ترسم في مختبر حل المشكلات الآتي منحني تسخين الماء لتفسير استعمال حرارة الانصهار والتبخر.

✓ **ماذا قرأت؟ صنف** عمليات كل من التكثف، والتجمد، والتبخر، والانصهار، إلى طاردة للحرارة أو ماصة لها.



مختبر حل المشكلات

اعمل رسوماً بيانية واستعملها

كيف ترسم منحنى التسخين للماء؟

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

التحليل

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

التفكير الناقد

1. **حلل** كلاً من الأجزاء الخمسة من الرسم. والتي تتميز بتغير حاد في ميل المنحنى. وبين كيف يغير امتصاص الحرارة من طاقة الوضع وطاقة الحركة لجزيئات الماء.

2. **احسب** كمية الحرارة اللازمة لكل منطقة من الرسم.

$180\text{ g H}_2\text{O} = 10\text{ mol H}_2\text{O}$, $\Delta H_{\text{fus}} = 6.01\text{ kJ/mol}$,
 $\Delta H_{\text{vap}} = 40.7\text{ kJ/mol}$, $C_{\text{H}_2\text{O(s)}} = 2.03\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$,
 $C_{\text{H}_2\text{O(l)}} = 4.184\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, $C_{\text{H}_2\text{O(g)}} = 2.01\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$

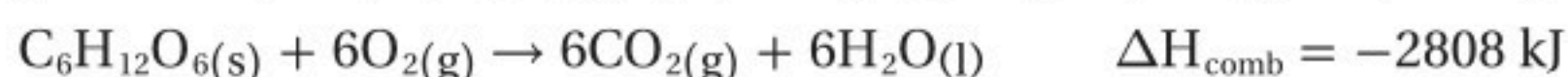
ما علاقة الزمن اللازم في كل منطقة في الرسم بكمية الحرارة الممتصة؟

3. **استنتج** كيف يبدو شكل منحنى التسخين للإيثانول؟ ينصهر الإيثانول عند -114°C ويغلي عند 78°C . ارسم منحنى تسخين الإيثانول في مدى درجات الحرارة من -120°C إلى 90°C . ما العوامل التي تحدد طول الأجزاء التي تثبت فيها درجة الحرارة (الخطوط الأفقية)، وميل المنحنى بين الأجزاء التي تتغير فيها درجة الحرارة؟

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



الحرارة المنطلقة من تفاعل يستعمل المسعر في قياس الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؛ إذ يتم التفاعل في حجم ثابت يحوي أكسجيناً مضغوطاً ضغطاً عالياً. ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 54.0 g جلوكوز $C_6H_{12}O_6$ بحسب المعادلة الآتية:



1 تحليل المسألة

لديك كتلة معروفة من الجلوكوز، ومعادلة احتراق الجلوكوز، و ΔH_{comb} . عليك تحويل جرامات الجلوكوز إلى مولات. ولأن الكتلة المولية للجلوكوز أكثر ثلاث مرات من كتلة الجلوكوز المحترق، يمكنك أن تتوقع أن الحرارة الناتجة ستكون أقل من ثلث ΔH_{comb} .

المعطيات

المطلوب

$$q = ? \text{ kJ}$$

$$54.0 \text{ g} = C_6H_{12}O_6$$

$$\Delta H_{\text{comb}} = -2808 \text{ kJ}$$

2 حساب المطلوب

حول جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$

$$54.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.18 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{180.18 \text{ g}} \text{ اضرب في مقلوب الكتلة المولية}$$

اضرب مولات $C_6H_{12}O_6$ في المحتوى الحراري للاحتراق، ΔH_{comb}

$$0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 842 \text{ kJ}$$

$$\frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \text{ اضرب مولات الجلوكوز في}$$

3 تقويم الإجابة

الطاقة الناتجة أقل من ثلث ΔH_{comb} .

مسائل تدريبية

23. احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره. استعن بالجدول 1-4 .

24. ما كمية الحرارة المنطلقة عن تكثف 275g من غاز الأمونيا إلى سائل عند درجة غليانه؟ استعن بالجدول 1-4 لتحديد ΔH_{cond} .

25. تحفيز. ما كتلة الميثان CH_4 التي يجب احتراقها لإطلاق 12880 kJ من الحرارة؟ استعن بالجدول 1-3 .

تجربة
عملية

حرارة احتراق مادة الشمع

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

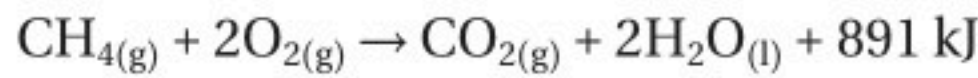
عين الإثرائية



الرابط علم الأحياء عند احتراق 1 mol من الجلوكوز في مسعر ينطلق 2808 kJ من الحرارة. وتنطلق الكمية نفسها من الحرارة في عملية أيض كتلة مساوية من الجلوكوز خلال عملية التنفس الخلوي. وتحدث هذه العملية في كل خلية داخل جسمك في سلسلة من الخطوات المعقدة؛ حيث يتكسر الجلوكوز وينطلق ثاني أكسيد الكربون والماء اللذان ينتجان أيضاً عن حرق الجلوكوز في المسعر، وتخزن الحرارة الناتجة في صورة طاقة وضع كيميائية في روابط جزيئات ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP. وعندما يحتاج أي جزء من الجسم إلى الطاقة تقوم جزيئات ATP بإطلاق كمية الطاقة المطلوبة.

تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

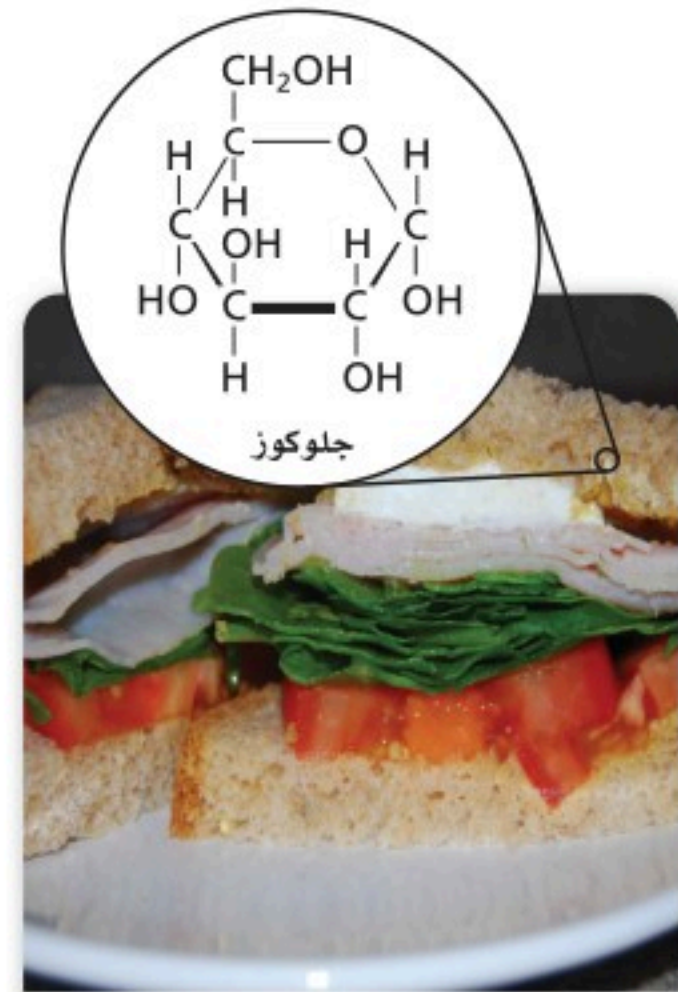
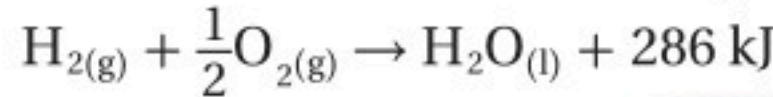
تفاعل الاحتراق عبارة عن تفاعل الوقود مع الأكسجين. وفي الأنظمة الحيوية يعد الطعام الوقود اللازم للاحتراق. يبين الشكل 1-10 بعض الأغذية العديدة التي تحتوي على الجلوكوز بالإضافة إلى أغذية أخرى تحتوي على الكربوهيدرات، والتي تتحول بدورها إلى جلوكوز داخل جسمك. كما أنك تعتمد على تفاعلات الاحتراق في تدفئة منزلك. فمثلاً يُحرق غاز الميثان بوصفه وسيلة لطهو الطعام أو تدفئة المنازل؛ إذ ينتج عن حرق 1 mol من الميثان 891 kJ من الطاقة الحرارية، كما تبين المعادلة الكيميائية:



تعمل معظم المركبات - ومنها السيارات والطائرات والسفن والشاحنات - باحتراق الجازولين، والذي يتكون غالباً من الأوكتان C_8H_{18} . ويبين الجدول 2-3 أن احتراق 1 mol من الأوكتان ينتج 5471 kJ من الحرارة.



كما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين معاً لتوفير الطاقة اللازمة لرفع مكوك الفضاء إلى ارتفاعات شاهقة في الفضاء.



الشكل 1-10 هذه الأغذية هي وقود للجسم. فهي تزود الجسم بالجلوكوز الذي يحترق لإنتاج 2808 kJ/mol ليقوم الجسم بأنشطته الحيوية.

التقويم 1-3

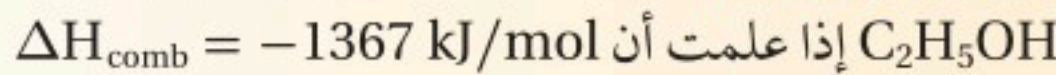
الخلاصة

تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الطبيعية للمواد المتفاعلة والناتج، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.

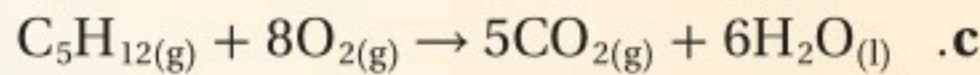
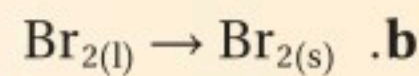
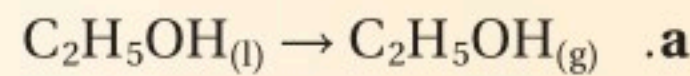
حرارة التبخر المولارية ΔH_{vap} ، هي كمية الطاقة اللازمة لتبخّر مول واحد من السائل.

حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus} ، هي كمية الحرارة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة.

26. الفكرة الرئيسية اكتب معادلة كيميائية حرارية كاملة لاحتراق الإيثانول

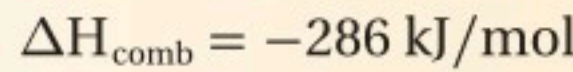


27. حدد أي العمليات الآتية طاردة للحرارة، وأيها ماصة لها؟

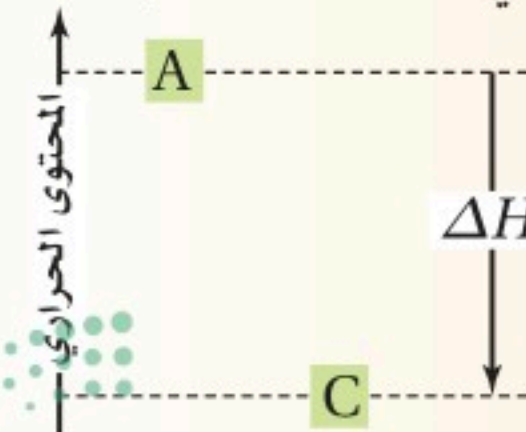


28. اشرح كيف يمكنك حساب الحرارة المنطلقة عند تجمد 0.25 mol ماء.

29. احسب كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق 206 g من غاز الهيدروجين؟



30. طبق إذا كانت حرارة التبخر المولارية للأمونيا هي 23.3 kJ/mol فما مقدار حرارة التكثف المولارية للأمونيا؟



31. تفسير الرسوم العلمية يبين الرسم المجاور

المحتوى الحراري للتفاعل $A \rightarrow C$. هل التفاعل طارد أم ماص للحرارة؟ فسر إجابتك.



1-4

الأهداف

- **تطبيق** قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.
- **توضيح** المقصود بحرارة التكوين القياسية.
- **تحسب** التغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH°_{rxn} مستعملًا المعادلات الكيميائية الحرارية.
- **تحسب** التغير في المحتوى الحراري لتفاعل باستعمال بيانات حرارة التكوين القياسية.

مراجعة المفردات

التأصل: ظاهرة وجود شكل أو أكثر لعنصر بتركييب وخصائص مختلفة عند الحالة الفيزيائية نفسها.

المفردات الجديدة

قانون هس
حرارة التكوين القياسية

حساب التغير في المحتوى الحراري Calculating Enthalpy Change

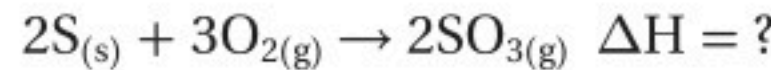
الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

الربط مع الحياة لعلك قرأت قصة من فصلين أو من جزأين، بحيث يخبر كل جزء ببعض أحداث القصة. عليك أن تقرأ الجزأين معًا لتفهم القصة كلها. بعض التفاعلات تشبه ذلك؛ إذ يمكن فهمها بشكل أفضل إذا نظرت إليها في مجموع تفاعلين بسيطين أو أكثر.

قانون هس Hess's Law

يكون من المستحيل أحيانًا أو من غير العملي أن تقيس التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل باستعمال المسعر. يبين الشكل 1-11 تغير الكربون في صورته المتأصلة (الأماس)، إلى الكربون في صورته المتأصلة (الجرافيت). $C(s, \text{الأماس}) \rightarrow C(s, \text{الجرافيت})$.

يحدث هذا التفاعل ببطء شديد، مما يجعل من المستحيل أن نقيس التغير في محتواه الحراري. وهناك تفاعلات أخرى تحدث في ظروف يصعب إيجادها في المختبر، كما أن هناك تفاعلات تعطي نواتج غير النواتج المطلوبة منها، فيستعمل الكيميائيون طريقة نظرية لإيجاد ΔH لمثل هذه التفاعلات. لنفترض أنك تدرس تكوين ثالث أكسيد الكبريت في الجو، فعليك أن تحدد ΔH للتفاعل.



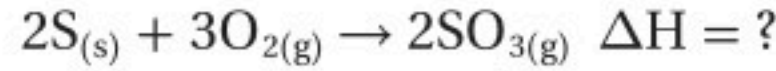
لسوء الحظ، إن التجارب المخبرية التي تجرى لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت لتحديد ΔH للتفاعل ينتج عنها مخلوط من النواتج، معظمها يتكون من ثاني أكسيد الكبريت SO_2 . في مثل هذه الحالة يمكنك حساب ΔH باستعمال قانون هس للجمع الحراري. ينص **قانون هس** على أن حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري تتوقف على طبيعة المواد الداخلة في التفاعل والمواد الناتجة منه، وليس على الخطوات أو المسار الذي يتم فيه التفاعل.



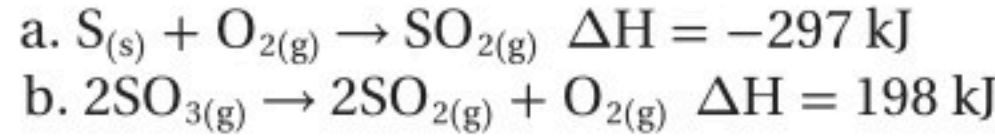
الشكل 1-11 إن التعبير الذي يقول إن "الأماس يبقى إلى الأبد" *"diamonds are forever"* يدل على أن عملية تحويل الأماس إلى جرافيت عملية بطيئة جدًا حتى أنه من المستحيل أن تقيس التغير في محتواه الحراري.



تطبيق قانون هس كيف يمكن استعمال قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي ينتج ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ؟



الخطوة 1 نحتاج إلى الاطلاع على معادلات كيميائية حرارية معلومة تُظهر التغير في المحتوى الحراري للمواد الداخلة والناجمة في التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له. المعادلتان الآتيتان تحتويان على SO_3 و O_2 و S :

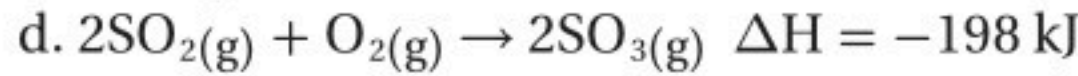


الخطوة 2 تبين معادلة التفاعل الكلي أن 2mol من الكبريت يتفاعلان، إذن أعد كتابة المعادلة a لمولين من الكبريت بضرب معاملات المعادلة في اثنين. ثم ضاعف التغير الحراري ΔH ؛ لأنه عند تفاعل 2mol من الكبريت تتضاعف الحرارة بهذه التغيرات، وتصبح المعادلة a كما يأتي (المعادلة c):

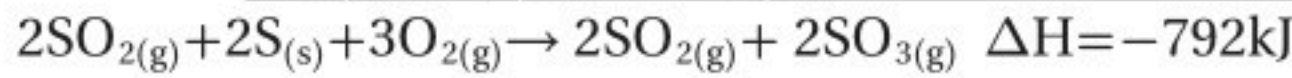
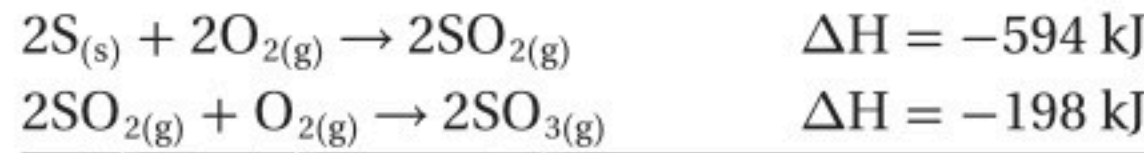


الخطوة 3 تبين معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له أن ثالث أكسيد الكبريت هو ناتج وليس مادة متفاعلة، لذا اعكس المعادلة b.

عندما تعكس المعادلة يجب عليك أيضاً أن تغير إشارة ΔH ، فتصبح المعادلة b كما يأتي:



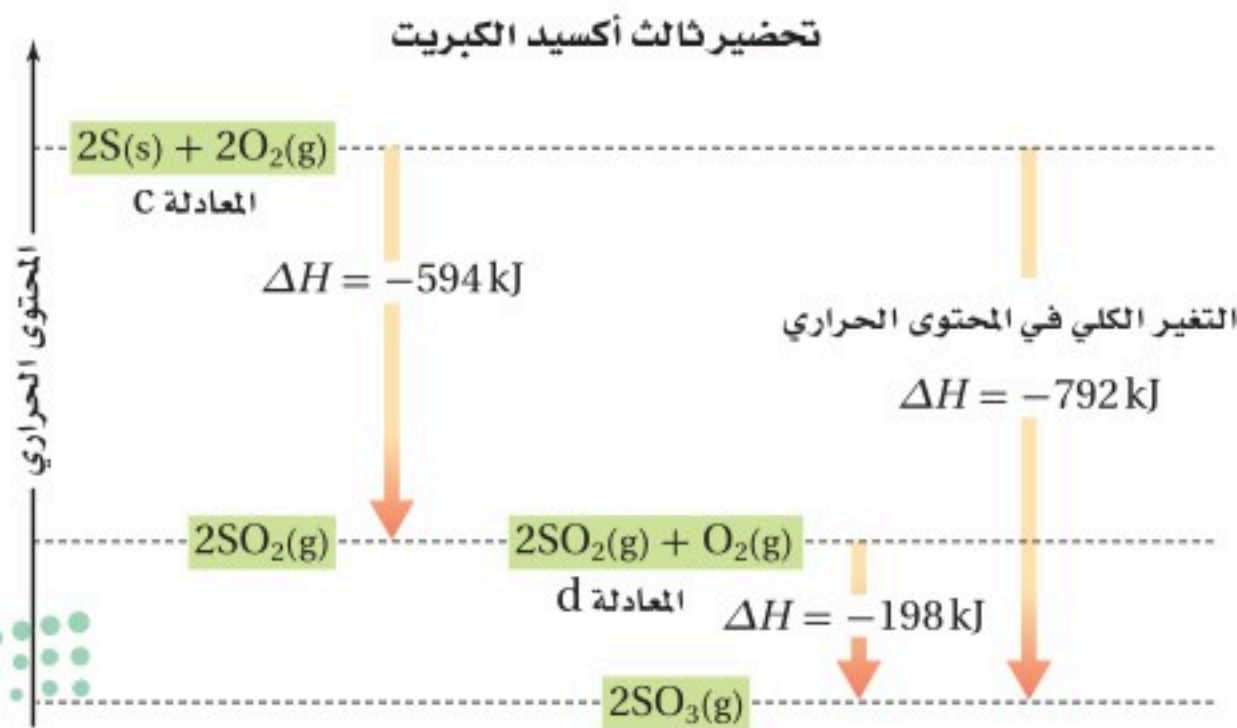
الخطوة 4 اجمع المعادلتين c و d لتحصل على المعادلة المطلوبة.



وهكذا تصبح المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الكبريت وتكوين ثالث أكسيد الكبريت كما يأتي:



وبيين الشكل 1-12 تغيرات الطاقة في هذا التفاعل.

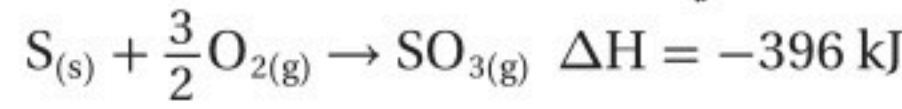


الشكل 1-12 يدل السهم الموجود عن اليسار

على إطلاق 594 kJ عند اتحاد S و O_2 لتكوين SO_2 (المعادلة c). ثم يتحد SO_2 مع O_2 لتكوين SO_3 (المعادلة d) عند إطلاق 198 kJ (السهم الأوسط). إن التغير الكلي في الحرارة (مجموع العمليتين) يمثل السهم الأيمن.

أوجد التغير في المحتوى الحراري لتحلل SO_3 إلى S و O_2 .

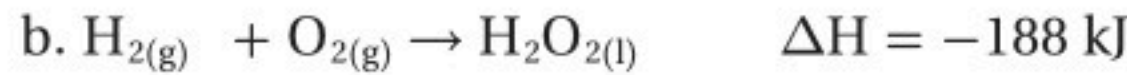
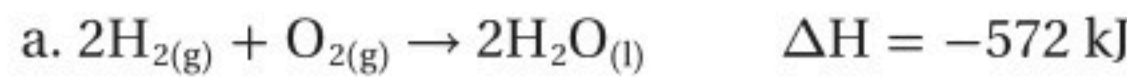
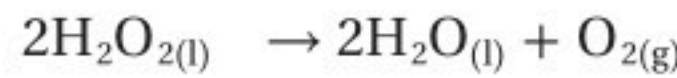
تكون المعادلات الكيميائية الحرارية عادةً موزونة لمول واحد من الناتج. لذا نجد أنه في الكثير من هذه المعادلات استعمال معاملات كسرية. مثلاً تُكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لتفاعل الكبريت مع الأكسجين لإنتاج مول واحد من ثالث أكسيد الكبريت كما يأتي:



✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين المعادلة أعلاه والمعادلة الكيميائية الحرارية للمواد نفسها على الصفحة السابقة.

مثال 1-5

قانون هس: استعمل المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b أدناه لإيجاد ΔH لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، وهو مركب له عدة استعمالات، منها إزالة لون الشعر، وتزويد محركات الصواريخ بالطاقة.



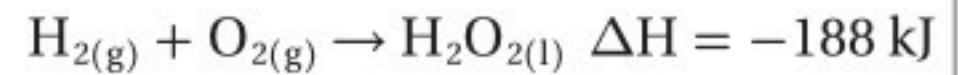
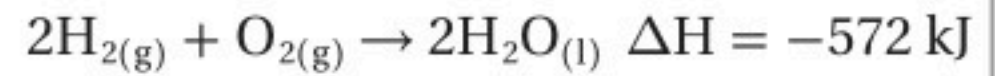
1 تحليل المسألة

لديك معادلتان كيميائيتان وتغير المحتوى الحراري لكل منهما. وهاتان المعادلتان تحتويان على جميع المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة.

المعطيات

المطلوب

$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$



2 حساب المطلوب

H_2O_2 هو مادة متفاعلة

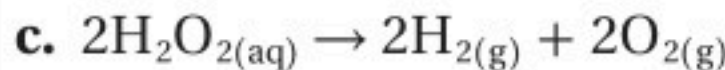
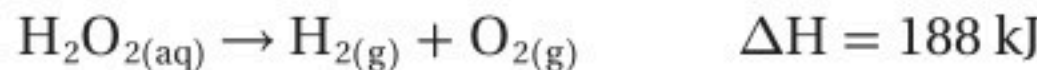
اعكس المعادلة b وغير إشارة ΔH

يلزم 2 mol من H_2O_2

اضرب المعادلة b بعد عكسها في 2 لتحصل على المعادلة c

اضرب 188 kJ في 2 لتحصل على ΔH للمعادلة c

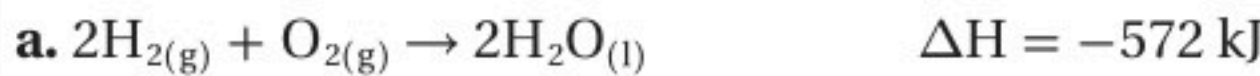
اكتب المعادلة c متضمنة ΔH



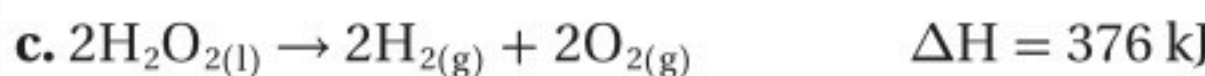
$$\Delta H = 188 \text{ kJ} \times 2 = 376 \text{ kJ}$$



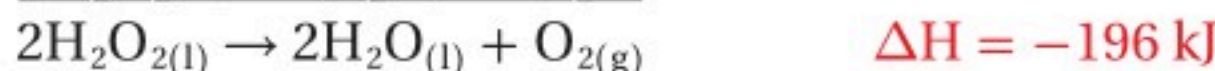
اجمع المعادلة a مع المعادلة c، واحذف كل حدّين موجودين على طرفي المعادلة المدمجة. اجمع المحتوى الحراري للمعادلتين a و c.



اكتب المعادلة a



اكتب المعادلة c



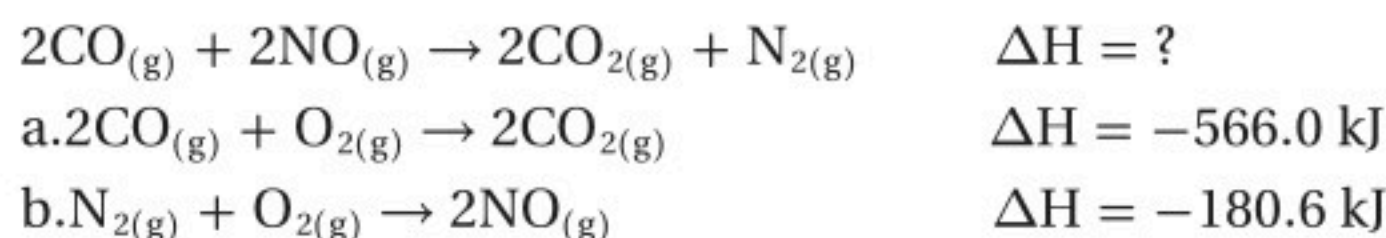
اجمع المعادلتين a و c

3 تقويم الإجابة

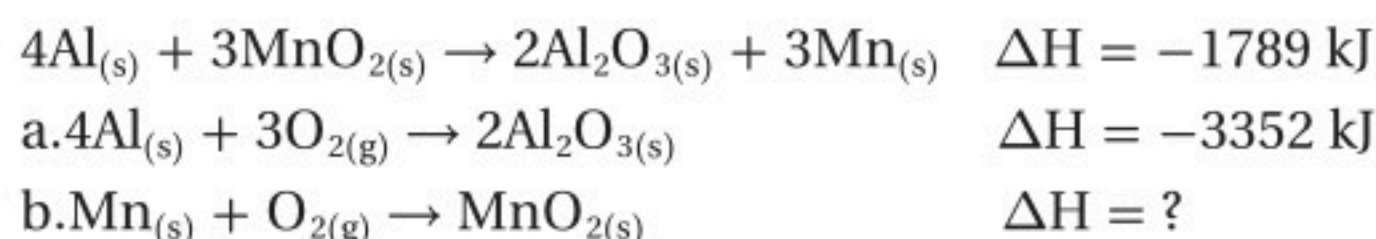
ينتج عن جمع المعادلتين معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في محتواه الحراري.



32. استعمل المعادلتين a و b لإيجاد ΔH للتفاعل الآتي:



33. تحفيز إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي -1789 kJ ، فاستعمل ذلك مع المعادلة a لإيجاد ΔH للتفاعل b.



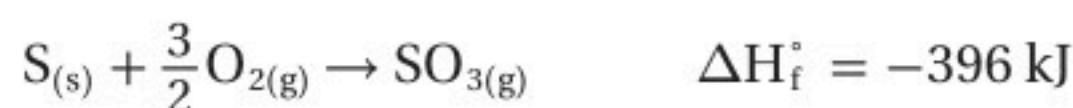
حرارة التكوين القياسية

Standard Enthalpy (Heat) of Formation

يمكنك قانون هس من حساب التغير في المحتوى الحراري ΔH ، وذلك بالاعتماد على تفاعلات تم حساب ΔH لها من قبل من خلال تجارب مختبرية. ولكن عملية حساب وتسجيل قيم ΔH لكافة التفاعلات الكيميائية المعروفة مهمة صعبة وضخمة. وعوضاً عن ذلك يسجل العلماء ويستعملون التغيرات في المحتوى الحراري فقط لنوع واحد من التفاعل، وهو التفاعل الذي يتكون فيه المركب من عناصره في حالاتها القياسية؛ عند ضغط جوي واحد (1 atm) ودرجة حرارة 25°C (298 K). فالحديد مثلاً صلب، والزئبق سائل، والأكسجين غاز ثنائي الذرة في الحالة القياسية.

ويسمى ΔH لهذا التفاعل المحتوى الحراري، أو حرارة التكوين القياسية للمركب. ويعرف المحتوى الحراري أو حرارة التكوين القياسية ΔH_f° بأنها التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكوين مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية.

ويعد تفاعل تكوين ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مثلاً على تفاعل حرارة تكوين قياسية.

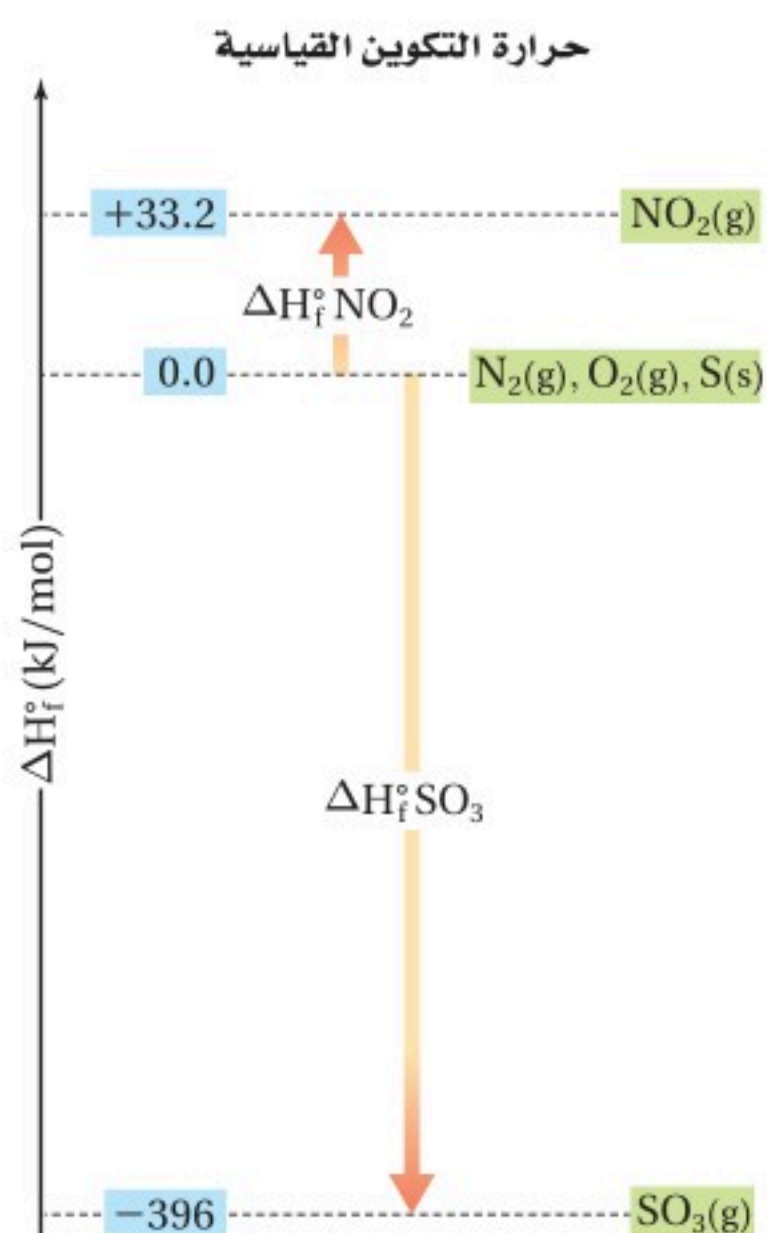


ينتج عن هذا التفاعل ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ، وهو غاز خائق يتسبب في إنتاج المطر الحمضي عندما يختلط بالرطوبة الموجودة في الجو. والشكل 1-13 يبين النتائج المدمرة للمطر الحمضي.



الشكل 1-13 يتحد ثالث أكسيد الكبريت مع الماء في الجو مكوناً حمض الكبريتيك H_2SO_4 ، وهو حمض قوي يصل إلى الأرض على شكل مطر حمضي، فيدمر الأشجار والممتلكات ببطء.

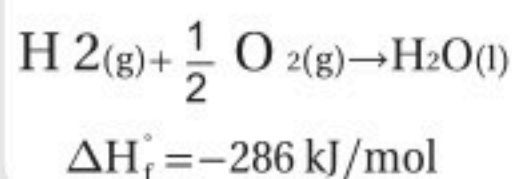




الشكل 1-14 ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S تساوي (0.0 kJ). عندما يتفاعل N_2 مع O_2 لتكوين مول واحد من NO_2 يتم امتصاص 33.2 kJ من الطاقة.

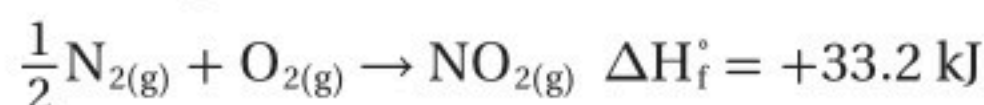
لذا فإن ΔH_f° لـ NO_2 تساوي 33.2 kJ/mol. أما عند تفاعل S مع O_2 لتكوين مول واحد من SO_3 فينتقل 396 kJ من الطاقة. لذا فإن ΔH_f° لـ SO_3 تساوي -396 kJ/mol.

توقع صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.



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

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



النيتروجين والأكسجين في الحالة القياسية غازان ثنائياً الذرة، لذا تكون حرارة التكوين لكل منهما صفراً. وعند تفاعل النيتروجين مع الأكسجين لتكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين وجد عملياً أن ΔH يساوي +33.2 kJ.

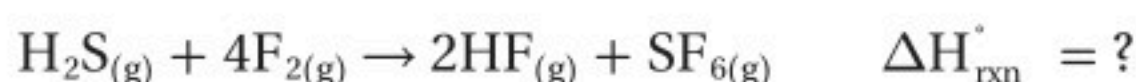
وهذا يعني أن +33.2 kJ من الطاقة قد امتصت في هذا التفاعل الماص للحرارة. أي أن المحتوى الحراري للناتج NO_2 أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات بمقدار +33.2 kJ. يبين الشكل 1-14 أنه على تدرج حرارة التكوين القياسية يوضع NO_2 فوق العناصر المكونة له بمقدار +33.2 kJ. ويوضع ثالث أكسيد الكبريت SO_3 بمقدار 396 kJ تحت الصفر؛ لأن $SO_{3(g)}$ ينتج عن تفاعل طارد للحرارة، أي أن حرارة التكوين لثالث أكسيد الكبريت ΔH_f° تساوي -396 kJ. يحتوي الجدول 1-5 على قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المواد الشائعة.

الجدول 1-5 حرارة التكوين القياسية		المركب
ΔH_f° (kJ/mol)	معادلة التكوين	
-21	$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightarrow H_{2S(g)}$	$H_{2S(g)}$
-273	$\frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} F_{2(g)} \rightarrow HF_{(g)}$	$HF_{(g)}$
-396	$S_{(s)} + \frac{3}{2} O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$	$SO_{3(g)}$
-1220	$S_{(s)} + 3F_{2(g)} \rightarrow SF_{6(g)}$	$SF_{6(g)}$



الشكل 1-15 يستعمل سادس فلوريد الكبريت في الحفر على رقائق السليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. تعد أشباه الموصلات أجزاء مهمة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة ومنها الحواسيب والهواتف الخلوية ومشغلات MP3، وغيرها.

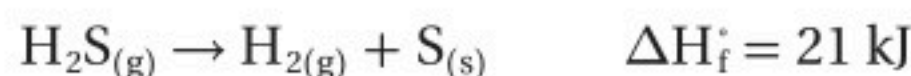
استعمال حرارة التكوين القياسية تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ لكثير من التفاعلات في الظروف القياسية باستعمال قانون هس. افترض أنك أردت أن تحسب $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ لتفاعل ينتج سادس فلوريد الكبريت، وهو غاز مستقر، غير نشط، له تطبيقات مهمة، أحدها مبين في الشكل 1-15.



الخطوة 1 ارجع إلى الجدول 1-5 لتجد معادلة تفاعل تكوين كل من المركبات الثلاثة في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$.

- a. $\frac{1}{2}\text{H}_{2(\text{g})} + \frac{1}{2}\text{F}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{HF}_{(\text{g})} \quad \Delta H_f^\circ = -273 \text{ kJ}$
- b. $\text{S}_{(\text{s})} + 3\text{F}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{SF}_{6(\text{g})} \quad \Delta H_f^\circ = -1220 \text{ kJ}$
- c. $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{S}_{(\text{s})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{g})} \quad \Delta H_f^\circ = -21 \text{ kJ}$

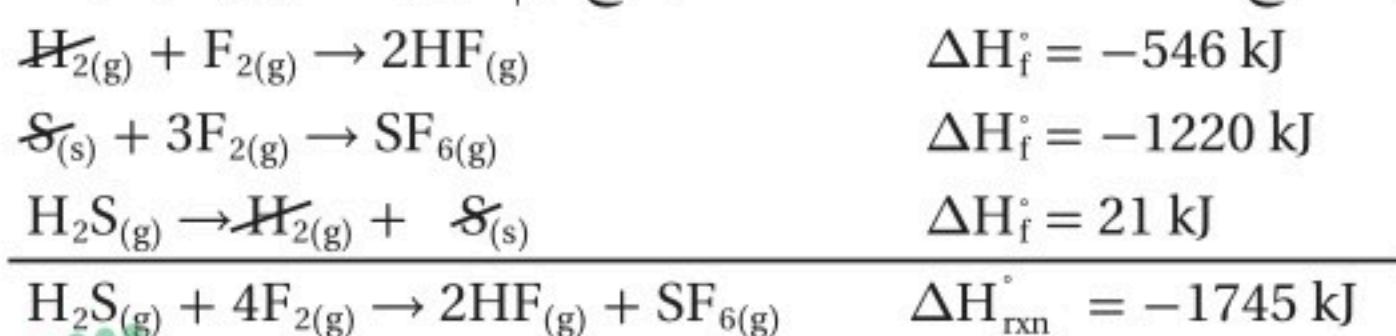
الخطوة 2 المعادلتان a و b تصفان تكوين الناتجين HF و SF_6 في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ ، لذا استعمل المعادلتين a و b كما هما. المعادلة c تصف تكوين H_2S ، ولكن H_2S هو أحد المواد المتفاعلة في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية. لذا اعكس المعادلة c وغير إشارة $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ فيها.



الخطوة 3 تحتاج إلى 2 mol من HF. لذلك اضرب المعادلة a في 2.



الخطوة 4 اجمع معادلات التفاعلات الثلاث، واجمع قيم حرارة التكوين القياسية.



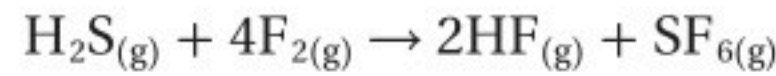
يمكن تلخيص خطوات حساب حرارة التفاعل القياسية $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ بالصيغة أدناه:

معادلة التجميع

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

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

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



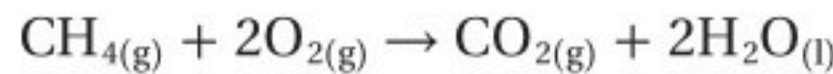
$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = [(2)\Delta H_f^\circ (\text{HF}) + \Delta H_f^\circ (\text{SF}_6)] - [\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{S}) + (4) \Delta H_f^\circ (\text{F}_2)]$$

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

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

مثال 1-6

إيجاد تغير المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ لتفاعل احتراق الميثان.



1 تحليل المسألة

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

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

المطلوب

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

المعطيات

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ kJ}$$

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

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

2 حساب المطلوب

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

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

$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = [(-394 \text{ kJ}) + (2)(-286 \text{ kJ})] - [(-75 \text{ kJ}) + (2)(0.0 \text{ kJ})]$$

$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = [-966 \text{ kJ}] - [-75 \text{ kJ}] = -966 \text{ kJ} + 75 \text{ kJ} = -891 \text{ kJ}$$

استعمل العلاقة الرياضية:

عوض عن المواد الناتجة بـ CO_2 ، H_2O وعن المواد المتفاعلة بـ CH_4 ، O_2 . واضرب كلًا من H_2O ، و O_2 في 2

عوض في قيم حرارة التكوين في المعادلة

احتراق 1 mol من CH_4 يعطي 891 kJ

3 تقويم الإجابة

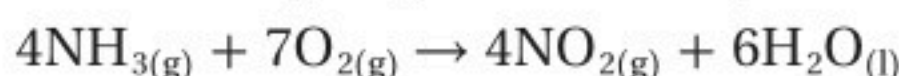
القيمة التي تم حسابها هي القيمة المعطاة في الجدول 1-3 نفسها.



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



35. مستعيناً بجدول قيم حرارة التكوين القياسية في صفحة (79)، احسب $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للتفاعل الآتي.

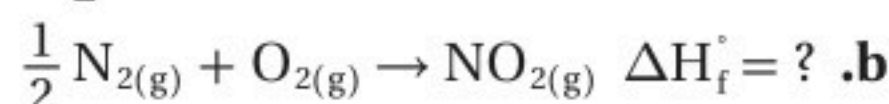
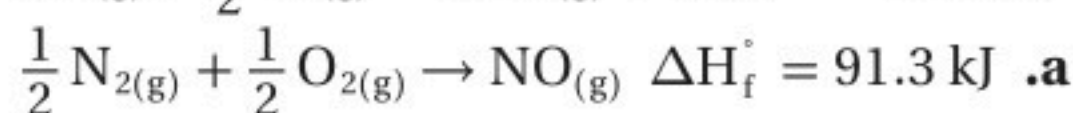


36. أوجد $\Delta H_{\text{comb}}^\circ$ لحمض البيوتانويك، $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}_{(l)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{CO}_{2(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

مستعيناً بجدول قيم حرارة التكوين والمعادلة الكيميائية أدناه:



37. تحفيز بدمج معادلتين حرارة التكوين a و b تحصل على معادلة تفاعل أكسيد النيتروجين مع الأكسجين، الذي ينتج عنه ثاني أكسيد النيتروجين. ما قيمة ΔH_f° للتفاعل b؟



التقويم 1-4

الخلاصة

38. **الفكرة الرئيسية** وضح المقصود بقانون هس، وكيف يستعمل لإيجاد $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ ؟
39. اشرح بالكلمات الصيغة التي يمكن استعمالها لإيجاد $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ عند استعمال قانون هس.
40. صف كيف تعرّف العناصر في حالاتها القياسية على تدرج حرارة التكوين القياسية؟
41. **تفحص** البيانات في الجدول 1-5. ماذا يمكن أن تستنتج عن ثبات أو استقرار المركبات المذكورة مقارنةً بالعناصر في حالاتها القياسية؟ تذكر أن الثبات أو الاستقرار يرتبط مع الطاقة المنخفضة.
42. احسب استعمال قانون هس لإيجاد ΔH للتفاعل أدناه:
- $$\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} \quad \Delta H = ?$$
- مستعيناً بالتفاعلات الآتية:
- $$\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{O}_{(g)} \quad \Delta H = +495 \text{ kJ}$$
- $$2\text{O}_{3(g)} \rightarrow 3\text{O}_{2(g)} \quad \Delta H = -427 \text{ kJ}$$
- $$\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \quad \Delta H = -199 \text{ kJ}$$
43. **تفسير الرسوم العلمية** استعمال البيانات أدناه لعمل رسم حرارة التكوين القياسية مشابه للشكل 1-14، واستعمله في إيجاد حرارة تبخر الماء عند درجة حرارة 298 K.
- الماء السائل: $\Delta H_f^\circ = -285.8 \text{ kJ/mol}$ ؛
- الماء في الحالة الغازية: $\Delta H_f^\circ = -241.8 \text{ kJ/mol}$

يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بجمع معادلتين كيميائيتين حراريتين أو أكثر مع تغيرات المحتوى الحراري لها.

حرارة التكوين القياسية للمركبات تحدد مقارنة بحرارة التكوين لعناصرها في حالاتها القياسية.



كيف تعمل الأشياء؟

المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود

قد لا تزودنا محطات الوقود في المستقبل غير البعيد بأنواع من الجازولين فقط، ولكنها ستضخ أيضاً وقوداً يسمى E85. يمكن استعمال هذا الوقود في المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود flexible fuel - vehicle أو (FFV). والفرق بين هذا النوع من المركبات والمركبات التقليدية أن المركبات التقليدية تعمل على الجازولين بنسبة 100% أو على خليط يتكون من 10% إيثانول و 90% جازولين، في حين تعمل FFV على أنواع الوقود التي تعمل بها المركبات التقليدية، وعلى E85 الذي يحتوي على 85% كحول. ويتميز الوقود E85 بعدم اعتماده على الوقود الأحفوري بنسبة عالية.



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

2 فائدة بيئية 2 - فائدة بيئية يقلل
احتراق E85 من إطلاق غازات تسبب
الاحتباس الحراري كثاني أكسيد الكربون
وأكاسيد النيتروجين مقارنة بالجازولين.

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

4 منع التلف إن محتوى الإيثانول في E85
عال لدرجة أنه يتلف بعض المواد المستعملة في
المركبات التقليدية. لذلك يصنع خزان وقود
FFV من الفولاذ الذي لا يصدأ. كذلك فإن أنابيب
الوقود تصنع من الفولاذ الذي لا يصدأ أو تكون
مبطنة بمواد لا تتفاعل.

الكيمياء

الكتابة في

اكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل الاحتراق الكامل لكل من 1 mol من الأوكتان C_8H_{18} ،
وهو أحد مكونات البنزين، و 1 mol من الإيثانول.
 $(\Delta H_{\text{comb}} C_8H_{18} = -5471 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{comb}} C_2H_5OH = -1367 \text{ kJ/mol})$
أيها يطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1 mol من الوقود؟
أيها يطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1 Kg من الوقود؟

مختبر الكيمياء

قياس السُّعرات الحرارية



الخلفية يطلق حرق شريحة بطاطس الحرارة المختزنة في المواد الموجودة في الشريحة. استعمل المسعر لتجد الكمية التقريبية للطاقة الموجودة في شريحة بطاطس.

سؤال ما عدد السُّعرات في شريحة البطاطس؟

المواد والأدوات اللازمة

شريحة بطاطس كبيرة أو أي	حامل معدني مع حلقة
طعام خفيف مشابه	شبكة تسخين
كأس سعتها 250 mL	أعواد ثقاب
مخبار مدرج سعته 100 mL	ساق تحريك زجاجية
طبق تبخير	ميزان
مقياس حرارة غير زئبقي	

إجراءات السلامة

تحذير: بعض الأشياء الساخنة قد لا تبدو ساخنة.

لا تسخن أواني زجاجية مكسورة أو جزء منها مكسور، أو متصدعة. اربط الشعر الطويل إلى الخلف. لا تأكل أي شيء يستعمل في المختبر.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قس كتلة شريحة البطاطس، وسجلها في جدول بيانات.
3. ضع شريحة البطاطس في صحن تبخير على القاعدة الفلزية لحامل الحلقة. ثبت الحلقة وشبكة التسخين بحيث تكونان على ارتفاع 10 cm فوق شريحة البطاطس.
4. قس كتلة كأس سعتها 250 mL فارغة وسجلها في جدول البيانات.
5. استعمل المخبر المدرج، لقياس 50 mL ماء، وصبه في الكأس. قس كتلة الكأس والماء وسجلها في جدول البيانات.
6. قس وسجل درجة الحرارة الأولية للماء.
7. ضع الكأس على شبكة التسخين على الحامل الحلقي، ثم أشعل شريحة البطاطس أسفل الكأس.

8. حرك الماء في الكأس بلطف في أثناء احتراق الشريحة. قس أعلى درجة حرارة يصل إليها الماء وسجلها.
9. التخلص من النفايات اتباع تعليمات المعلم للتخلص من المواد المستعملة في التجربة.

التحليل والاستنتاج

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

الاستقصاء

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

الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

1-1 الطاقة

الأفكار الرئيسية

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.
- طاقة الوضع الكيميائية هي الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمادة نتيجة ترتيب الذرات والجزيئات.
- طاقة الوضع الكيميائية تطلق أو تمتص على شكل حرارة خلال العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

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

المفردات

- الطاقة
- قانون حفظ الطاقة
- طاقة الوضع الكيميائية
- الحرارة النوعية
- الشغل
- الجول

1-2 الحرارة

الأفكار الرئيسية

- تعرّف الكيمياء الحرارية الكون على أنه النظام مع المحيط.
- تسمى كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة في النظام في أثناء التفاعل أو العملية التي تتم تحت ضغط ثابت التغير في المحتوى الحراري (ΔH) .
- عندما يكون ΔH موجباً يكون التفاعل ماصاً للحرارة، أما عندما يكون ΔH سالباً فيكون التفاعل طارداً للحرارة.

الفكرة الرئيسية التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.

المفردات

- المسعر
- الكيمياء الحرارية
- النظام المحيط
- الكون
- المحتوى الحراري
- المحتوى الحراري للتفاعل

1-3 المعادلات الكيميائية الحرارية

الأفكار الرئيسية

- تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الطبيعية للمواد المتفاعلة والنواتج، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.
- حرارة التبخر المولارية ΔH_{vap} هي كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل.
- حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus} هي كمية الحرارة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة.

الفكرة الرئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

المفردات

- المعادلة الكيميائية الحرارية
- حرارة الاحتراق
- حرارة التبخر المولارية
- حرارة الانصهار المولارية

1-4 حساب التغير في المحتوى الحراري

الأفكار الرئيسية

- يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بجمع معادلتين كيميائيتين حراريتين أو أكثر مع تغيرات المحتوى الحراري لها.
- حرارة التكوين القياسية للمركبات تحدد مقارنة بحرارة التكوين لعناصرها في حالاتها القياسية.

الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

المفردات

- قانون هس
- حرارة التكوين القياسية



1-1

إتقان المفاهيم

44. قارن بين درجة الحرارة والحرارة.
45. كيف تتغير طاقة الوضع الكيميائية لنظام خلال تفاعل ماص للحرارة؟
46. صف تطبيقات عملية تبين فيها كيف تتغير طاقة الوضع إلى طاقة حركية؟
47. السيارات كيف تتحول الطاقة في الجازولين؟ وما الطاقة الناتجة عن احتراقه في محرك السيارة؟
48. التغذية قارن بين السُّعر الغذائي والسُّعر. ما العلاقة بين السُّعر الغذائي والكيلو سعر؟
49. ما الكمية التي تقاس بوحدة $J/g.^{\circ}C$ ؟
50. صف ما يمكن أن يحدث في الشكل 1-16 عندما يكون الهواء فوق سطح البحيرة أبرد من الماء.



الشكل 1-16

51. الحرارة النوعية للإيثانول هي $2.44 J/g.^{\circ}C$. ماذا يعني ذلك؟
52. اشرح كيف تحدد كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة شيء ما؟

إتقان حل المسائل

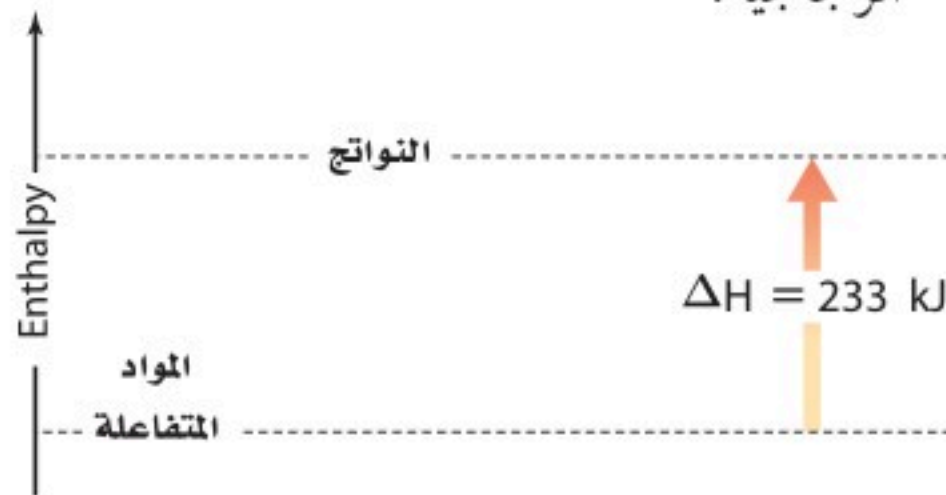
53. التغذية يحتوي أحد أصناف الطعام على 124 Cal. كم cal يوجد في هذا الصنف من الطعام؟

54. كم جولاً J من الطاقة يتم امتصاصه في عملية يمتص خلالها 0.5720 Kcal من الطاقة؟
55. الموصلات يستعمل الإيثانول بوصفه مادة مضافة إلى البنزين. ينتج عن احتراق 1 mol من الإيثانول 1367 kJ من الطاقة. ما مقدار هذه الطاقة بـ Cal؟
56. لتبخير 2.00 g من الأمونيا يلزم 656 Cal من الطاقة. كم kJ تلزم لتبخير الكتلة نفسها من الأمونيا؟
57. احتراق 1 mol من الإيثانول يطلق 326.7 Cal من الطاقة. ما مقدار هذه الكمية بـ kJ؟
58. التعدين برغي كتلته 25 g مصنوع من سبيكة امتصت 250 J من الحرارة فتغيرت درجة حرارتها من $25^{\circ}C$ إلى $78^{\circ}C$. ما الحرارة النوعية للسبيكة؟

1-2

إتقان المفاهيم

59. لماذا يستخدم كوب البوليسترين مسعراً بدلاً من الكأس الزجاجية؟



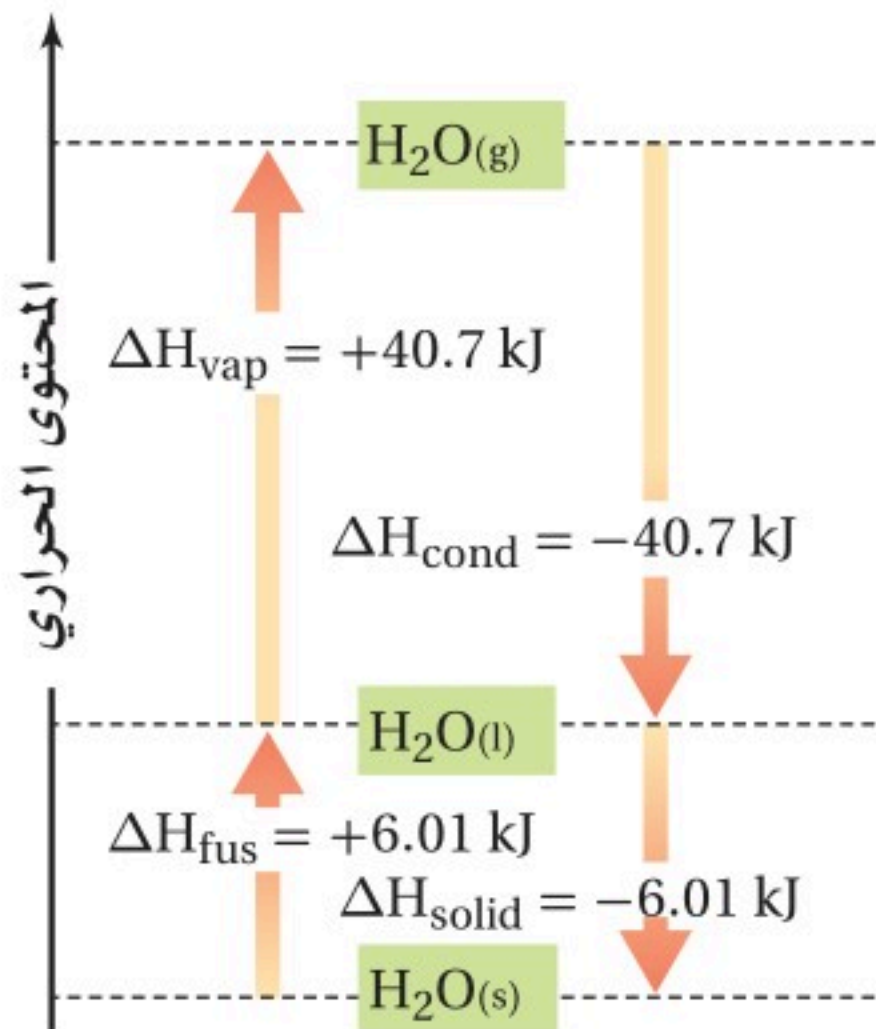
الشكل 1-17

60. هل التفاعل المبين في الشكل 1-17 ماص أم طارد للحرارة؟ كيف عرفت ذلك؟
61. أعط مثالين على أنظمة كيميائية وعرف مفهوم الكون في هذين المثالين.
62. متى تكون كمية الحرارة (q) الناتجة أو الممتصة في تفاعل كيميائي مساوية للتغير في المحتوى الحراري ΔH ؟



إتقان حل المسائل

72. استعن بالمعلومات الواردة في الشكل 1-18 لحساب كمية الحرارة اللازمة لتبخّر 4.33 mol من الماء عند درجة حرارة 100°C.



الشكل 1-18

73. شواية ما كتلة البروبان C_3H_8 التي يجب حرقها في شواية لكي تطلق 4560 kJ من الحرارة؟ إذا علمت أن ΔH_{comb} للبروبان -2219 kJ/mol.

74. التدفئة باستعمال الفحم ما كمية الحرارة التي تنطلق عند احتراق 5.0 Kg من الفحم إذا كانت نسبة كتلة الكربون فيه 96.2% والمواد الأخرى التي يحتويها الفحم لا تتفاعل؟

(ΔH_{comb} للكربون يساوي -394 kJ/mol).

75. ما كمية الحرارة المنطلقة من تكثف 1255 g بخار ماء إلى ماء سائل عند درجة حرارة 100°C؟

76. إذا أطلقت عينة من الأمونيا NH_3 5.66 kJ من الحرارة عندما تصلبت عند درجة انصهارها. فما كتلة العينة؟

63. إذا كانت قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل سالبة. فبم يوحى لك ذلك عن الطاقة الكامنة الكيميائية للنظام قبل التفاعل وبعده؟

64. ما إشارة ΔH لتفاعل طارد للحرارة، ولتفاعل ماص للحرارة؟

إتقان حل المسائل

65. كم جولاً (J) من الحرارة تفقدها 3580 Kg من الجرانيت عندما تبرّد درجة حرارتها من 41.2°C إلى -12.9°C؟ (الحرارة النوعية للجرانيت هي 0.803 J/g°C).

66. حوض السباحة ملى حوض سباحة 20 m × 12.5 m بالماء إلى عمق 3.75 m. إذا كانت درجة حرارة ماء الحوض الابتدائية 18.4°C، فما كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارته إلى 29.0°C؟ كثافة الماء هي 1.000 g/mL.

67. ما كمية الحرارة التي تمتصها قطعة رصاص كتلتها 44.7 g إذا زادت درجة حرارتها بمقدار 65.4°C؟

68. إعداد الطعام وضع 10.2 g من زيت الكانولا في مقلاة، ولزم 3.34 kJ لرفع درجة حرارته من 25°C إلى 196.4°C. ما الحرارة النوعية لزيت الكانولا؟

69. السبائك إذا وضعت سبيكة كتلتها 58.8 g في 125 g من الماء البارد في مسعر، فنقصت درجة حرارة السبيكة بمقدار 106.1°C، بينما ارتفعت درجة حرارة الماء 10.5°C، فما الحرارة النوعية للسبيكة؟

1-3

إتقان المفاهيم

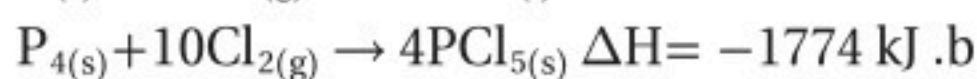
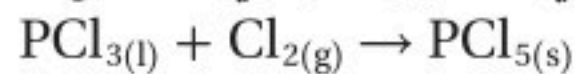
70. حرارة الانصهار المولارية للميثانول CH_3OH هي 3.22 kJ/mol. ماذا يعني ذلك؟

71. اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الميثان CH_4 .



التفكير الناقد

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



85. توقع أي المركبين: غاز الميثان CH_4 ، وبخار الميثانال CH_2O ، له حرارة احتراق أكبر؟ وضح إجابتك. (ملاحظة: اكتب وقارن المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين لتفاعلي الاحتراق لكل منهما).

مسألة تحفيز

86. حللت عينة من الغاز الطبيعي فوجد أنها تتكون من 88.4% ميثان CH_4 و 11.6% إيثان C_2H_6 . فإذا كانت حرارة الاحتراق القياسية للميثان هي 891 kJ / mol، وينتج عن احتراقه غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وماء سائل H_2O ، فاكتب معادلة احتراق غاز الإيثان مكوناً ثاني أكسيد الكربون والماء، ثم احسب حرارة الاحتراق القياسية للإيثان مستعملاً حرارة التكوين القياسية. استعمل النتيجة وحرارة الاحتراق القياسية للميثان من الجدول 2-3، في حساب الطاقة المنطلقة عن احتراق 1 kg من الغاز الطبيعي.

مراجعة تراكمية

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

88. عدد ثلاث خصائص جامعة للمحاليل.

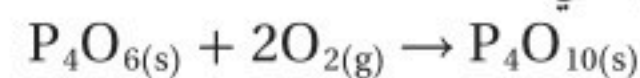
1-4

إتقان المفاهيم

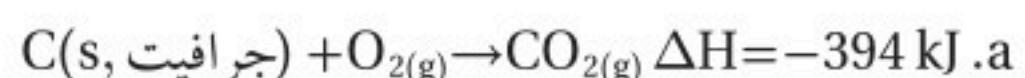
77. مالذي تصفه حرارة التكوين القياسية لمركب معين؟
78. كيف تتغير ΔH في معادلة كيميائية حرارية إذا تضاعفت كميات المواد جميعها ثلاث مرات وعكست المعادلة؟

إتقان حل المسائل

79. استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ للتفاعل الآتي:



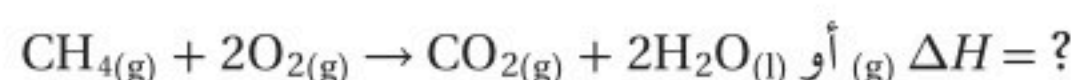
80. استعمل قانون هس والمعادلتين الكيميائيتين الحراريتين الآتيتين لإيجاد المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل (جرافيت، $\text{C}(\text{s}) \rightarrow \text{C}(\text{s}, \text{ألماس})$). ما مقدار ΔH للتفاعل؟



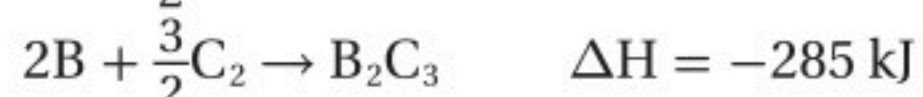
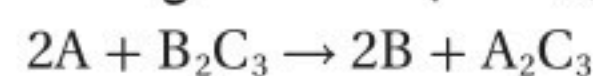
مراجعة عامة

81. إذا أردت أن تحفظ الشاي ساخناً فإنك تضعه في ترمس. وضح لماذا قد تغسل الترمس بالماء الساخن قبل حفظ الشاي الساخن فيه؟

82. فرق بين حرارة تكوين $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ و $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. لماذا من الضروري تحديد الحالة الفيزيائية للسواء في المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية:



83. استعمل قانون هس والتغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلين الآتين لحساب ΔH للتفاعل:



تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

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

أسئلة المستندات

زيت الطبخ قامت مجموعة بحث جامعية بحرق أربعة أنواع من زيوت الطبخ في مسعر لتحديد ما إذا كان هناك علاقة بين حرارة الاحتراق وعدد الروابط الثنائية في جزيء الزيت. تحتوي زيوت الطبخ على سلاسل طويلة من ذرات الكربون التي ترتبط بروابط مفردة أو ثنائية. السلسلة التي لا تحتوي على روابط ثنائية تسمى المشبعة. والزيوت التي تحتوي على رابطة ثنائية أو أكثر تسمى غير مشبعة. حرارة الاحتراق للزيوت الأربعة موجودة في الجدول 1-6. حسب الباحثون نسبة انحراف النتائج فوجدوا أنها 0.6%، واستنتجوا أنه لا يمكن تحري أي علاقة بين التشبع وحرارة الاحتراق بالطريقة المختبرية المستعملة.

الجدول 1-6 نتائج حرق الزيوت	
نوع الزيت	ΔH_{comb} kJ/g
زيت الصويا	40.81
زيت الكانولا	41.45
زيت الزيتون	39.31
زيت الزيتون البكر الممتاز	40.98

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

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

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



اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

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

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

2. إذا سُخِّنت رقاقة ألومنيوم كتلتها 3.00 g في فرن، فارتفعت درجة حرارتها من 20.0°C إلى 662.0°C ، وامتصت 1728 J من الحرارة، فما الحرارة النوعية للألومنيوم؟

- a. $0.131 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
- b. $0.870 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
- c. $0.897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
- d. $2.61 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$

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

- a. حرارة الاحتراق
- b. حرارة التبخر المولارية
- c. حرارة الانصهار المولارية
- d. حرارة التكوين القياسية

4. تكون إشارة قيمة حرارة التفاعل الماص للحرارة:

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

5. ادرس العبارات الآتية:

العبارة الأولى: تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.

العبارة الثانية: حرارة التبخر المولارية هي كمية الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة.

العبارة الثالثة: الحرارة التي يفقدها أو يكتسبها النظام خلال تفاعل أو عملية تتم عند ضغط ثابت تسمى التغير في المحتوى الحراري ΔH .

أي العبارات أعلاه صحيحة:

- a. الأولى والثانية
- b. الأولى والثالثة
- c. الثانية والثالثة
- d. الأولى والثانية والثالثة

استعمل الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال الآتي:



6. ما الضغط المتوقع للغاز B عند 310 K؟

- a. 500 kPa
- b. 600 kPa
- c. 700 kPa
- d. 900 kPa



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

10. يرش الماء على البرتقال في ليلة باردة. إذا كان متوسط ما يتجمّد من الماء على كل برتقالة 11.8 g فما كمية الحرارة المنطلقة؟
11. اشرح كيف يساعد التعرّق على تبريد جسمك؟

7. وضعت كمية من الماء درجة حرارته 25.60°C في مسعر، ثم سخنت قطعة من الحديد كتلتها 50.0 حتى أصبحت درجة حرارتها 115.0°C ، ووضعت في الماء الموجود بالمسعر، وبعد التبادل الحراري بين الماء وقطعة الحديد أصبحت درجة الحرارة النهائية لمحتويات المسعر 29.30°C ، وكانت كمية الحرارة التي امتصها الماء 1940 J. ما كتلة الماء؟

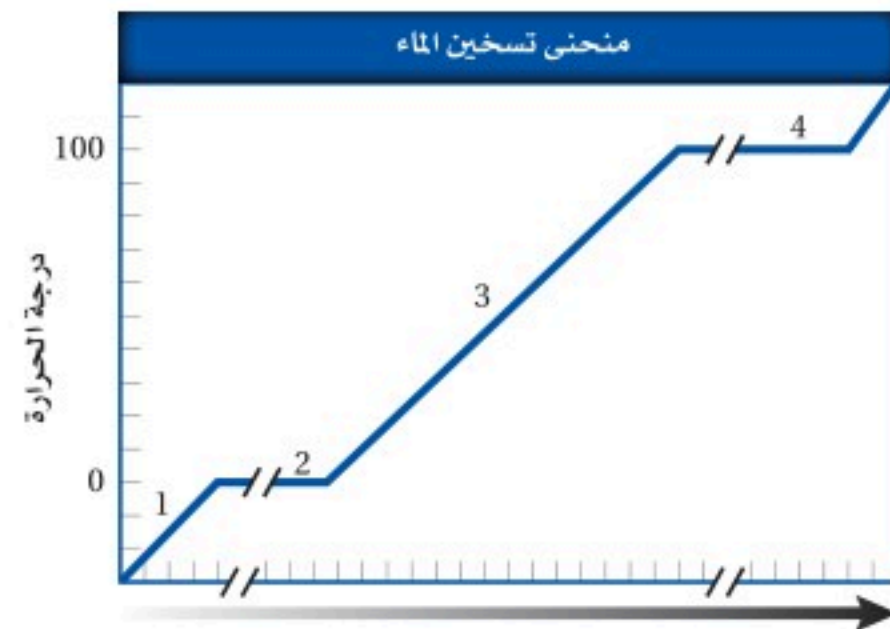
- a. 50.0 g
b. 125 g
c. 3589609 g
d. 143.56 g

أسئلة الإجابات القصيرة

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

- a. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(s)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}$
b. $\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
c. $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$
d. $\text{NH}_3_{(l)} \rightarrow \text{NH}_3_{(s)}$

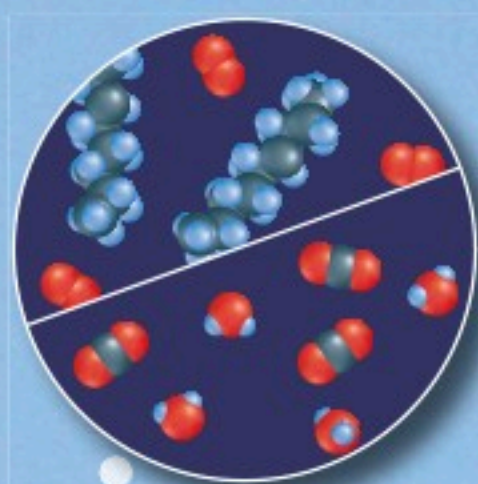
9. زوّدت عينة من الماء بالحرارة بصورة ثابتة لإنتاج منحنى التسخين في الشكل أدناه. حدّد ماذا يحدث في المقاطع 1، 2، 3، 4، 5 الموضحة على المنحنى؟



سرعة التفاعلات الكيميائية

Reaction Rates

2



متفاعلات ونواتج الاحتراق



مكبس وأسطوانة



محرك

الفكرة العامة لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

1-2 نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسية نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.

2-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعل الكيميائي، منها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.

3-2 قوانين سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية -يمكن تحديدها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

حقائق كيميائية

- ما زالت معظم السيارات حتى اليوم تستعمل نظام الاحتراق الداخلي الذي اخترعه العالم ألفونس بير دي روشاز عام 1862م.
- تتحد مكونات الجازولين مع الأكسجين في عملية الاحتراق التام داخل أسطوانة محرك السيارة لتنتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وطاقة كافية لتحريك السيارة.

نشاطات تمهيدية

سرعة التفاعل اعمل
المطوية الآتية لتساعدك
على تنظيم المعلومات حول
العوامل المؤثرة في سرعة
التفاعل الكيميائي.

المطويات

منظمات الأفكار



الخطوة 1 ضع ثلاث
أوراق بعضها فوق بعض،
بحيث تبعد حافة كل منها
عن الأخرى 2 cm تقريباً
من أعلى. حافظ على بقاء الحواف عن اليمين
واليسار متطابقة.



الخطوة 2 اطو الحواف
السفلية للورق إلى أعلى
لتكوين ستة أجزاء متساوية،
ثم اضغط على الحواف
لتثبيتها في أماكنها.



الخطوة 3 ثبّت الطيات، كما في الشكل،
واكتب عنواناً لكل جزء
على النحو الآتي: المحفزات
والمثبطات، درجة الحرارة،
مساحة السطح، التركيز،
طبيعة المواد المتفاعلة،
العوامل المؤثرة في
سرعة التفاعل.

المطويات استعمل هذه المطوية في القسم 2-2
من هذا الفصل. قم بتعريف كل عامل في أثناء قراءتك
للفصل، واكتب ملخصاً حول تأثيره في سرعة التفاعل،
ثم أعط أمثلة عليها.

تجربة استهلاكية

كيف يمكن زيادة سرعة التفاعل؟

تحدث بعض التفاعلات الكيميائية ببطء شديد، بحيث يصعب
ملاحظتها. وستقوم في هذه التجربة بتقصي طريقة واحدة لتسريع
تفاعل بطيء.



خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدولاً لتسجيل المشاهدات والملاحظات قبل وبعد التجربة.
3. اسكب 10 mL تقريباً من فوق أكسيد الهيدروجين في كأس
زجاجي. ثم سجّل ملاحظاتك الأولية في جدول الملاحظات
والمشاهدات.
4. أضف 0.1 g من خميرة الخبز إلى فوق أكسيد الهيدروجين،
حرك بلطف مستعملاً عود تنظيف الأسنان، ولاحظ المخلوط
مرة أخرى، وسجل ملاحظاتك في جدول الملاحظات.

التحليل

1. حدد المواد الناتجة عن تحلل فوق أكسيد الهيدروجين.
2. فسر لماذا ظهرت الفقاعات في الخطوة رقم 4، ولم تظهر في
الخطوة رقم 3؟

استقصاء ماذا يحدث إذا قمت بإضافة كمية أكبر أو أقل من
الخميرة؟ وماذا يحدث لو لم يتم مزج المخلوط؟ صمم تجربة لاختبار
أحد هذه المتغيرات.





2-1

الأهداف

- تحسب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي من بيانات التجربة.
- تربط بين سرعة التفاعل الكيميائي والتصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

سرعة التفاعل الكيميائي
نظرية التصادم
المعقد المنشط
طاقة التنشيط

نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي Collision Theory and Reaction Rate

الفكرة الرئيسية نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات. **الربط مع الحياة** أيهما أسرع: الذهاب إلى المدرسة سيرا على الأقدام، أم ركوب الحافلة، أم السيارة؟ إن تحديد سرعة وصول شخص إلى المدرسة لا يختلف كثيراً عن حساب سرعة التفاعل الكيميائي؛ ففي الحالتين نقوم بقياس التغير الناتج خلال الزمن.

التعبير عن سرعة التفاعل Expressing Reaction Rates

اكتشفت في التجربة الاستهلاكية أن تفاعل تحلل فوق أكسيد الهيدروجين يمكن أن يكون تفاعلاً سريعاً أو بطيئاً. فالمصطلحان (سريع و بطيء) مصطلحان غير دقيقين؛ إذ يجب أن يكون تعبيرنا أكثر دقة وتحديدًا.

فكر في كيفية التعبير عن سرعة أو متوسط سرعة الأشياء المتحركة. فمثلاً، يبين عداد السرعة في الشكل 2-1 أن سيارة السباق تتحرك بسرعة مقدارها 100 Km/h، بينما يمكن التعبير عن سرعة العداء في مضمار السباق بوحدة m/s. وعموماً يعرف متوسط السرعة لحدث ما أو عملية محددة بالتغير الكمي خلال زمن محدد. ولاشتقاق العلاقة الرياضية نستعمل الرمز دلتا (Δ) قبل الكمية (quantity) لتشير إلى التغير في هذه الكمية كما في المعادلة الآتية:

$$\frac{\Delta \text{ quantity}}{\Delta t} = \text{متوسط السرعة}$$

$$\frac{\text{التغير في كمية المادة المتفاعلة أو الناتجة}}{\Delta t \text{ التغير في الزمن}} = \text{متوسط السرعة}$$

الشكل 2-1 يبين عداد السرعة في سيارة السباق السرعة بوحدة Km/h أو ميل لكل ساعة (M/h)، وكلاهما يعني التغير في المسافة في وحدة الزمن. وقد تقاس سرعة العداء بوحدة m/s.



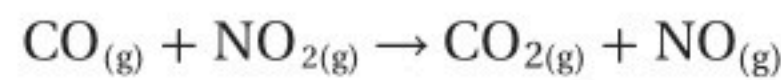


الشكل 2-2 تتحول المواد المتفاعلة مع مرور الزمن إلى مواد ناتجة. ويمكن التعبير عن سرعة التفاعل الكيميائي بالتغير في عدد مولات المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال فترة محددة من الزمن. **احسب سرعة التغير لكل فترة من الزمن.**

يبين الشكل 2-2 عملية تحوّل المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة مع مرور الزمن. لاحظ أن كمية المواد المتفاعلة تقل بينما تزداد المواد الناتجة. فإذا علمت متوسط التغير في كميات النواتج أو المتفاعلات مع مرور الزمن أمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل. وفي الغالب يحتاج الكيميائيون إلى معرفة التغير في التركيز المولاري M لمادة متفاعلة أو ناتجة خلال التفاعل. ولذلك جاء تعريف **سرعة التفاعل الكيميائي** ليعبر عن التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن، ويعبر عنها بوحدة mol/L.s . وتشير الأقواس التي تكون حول الصيغة الجزيئية للمواد إلى التركيز المولاري. فمثلاً $[\text{NO}_2]$ تمثل التركيز المولاري لـ NO_2 .

يمكن تحديد سرعة التفاعل الكيميائي بشكل عملي عن طريق حساب تركيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة عن التفاعل الكيميائي، بينما لا يمكن حساب سرعة التفاعل من المعادلات الموزونة.

لنفترض أنك ترغب في التعبير عن متوسط سرعة التفاعل الآتي خلال فترة زمنية بدأت عند t_1 وانتهت عند t_2 .



من خلال التفاعل السابق تكون قيمة سرعة تكون المواد الناتجة موجبة. ويمكن التعبير عن حساب سرعة تكون NO كما يأتي:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} = \frac{[\text{NO}]_{t_2} - [\text{NO}]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

ولنفترض على سبيل المثال أن تركيز NO هو 0.000 M عندما كان $t_1 = 0.0 \text{ s}$ ، وقد أصبح تركيزه 0.010 M بعد ثانيتين من بداية التفاعل، فما متوسط سرعة التفاعل بوحدة عدد مولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية؟

$$\begin{aligned} \text{Rate} &= \frac{0.010 \text{ M} - 0.000 \text{ M}}{2.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \\ &= \frac{0.010 \text{ M}}{2.00 \text{ s}} = 0.0050 \text{ mol/L.s} \end{aligned}$$

لاحظ كيفية اشتقاق الوحدة:

$$\frac{\text{M}}{\text{S}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1}{\text{S}} = \frac{\text{mol}}{\text{L.S}}$$

المفردات

المفردات الأكاديمية

التركيز Concentration

الاستعمال العلمي: كمية المذاب في كمية محددة من المذيب أو المحلول. ونقول مثلاً: إن تركيز المحلول هو 6 mol/L .

الاستعمال الشائع: تركيز الانتباه على هدف أو غرض واحد. فنقول مثلاً: اقتصر تركيز الجمهور على الأداء فقط.



كما يمكنك تحديد سرعة التفاعل بمعرفة متوسط استهلاك غاز CO، كما في العلاقة الآتية:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta[\text{CO}]}{\Delta t} = \frac{[\text{CO}]_{t_2} - [\text{CO}]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

هل تتوقع أن تكون قيمة سرعة التفاعل السابق سالبة أم موجبة؟ في هذه الحالة تكون القيمة سالبة، مما يعني أن تركيز CO يقل مع استمرار التفاعل. ولكن يجب أن تكون سرعة التفاعل دائماً موجبة. لذلك يضع العلماء إشارة سالبة عندما يقومون بحساب سرعة التفاعل بناءً على مقدار استهلاك المواد المتفاعلة. وبذلك تكون معادلة حساب سرعة استهلاك المواد المتفاعلة هي:

معادلة متوسط سرعة التفاعل

$$\text{Rate} = - \frac{\Delta[\text{reactants}]}{\Delta t}$$

حيث تمثل $\Delta[\text{reactants}]$ التغير في تركيز المواد المتفاعلة.

Δt تمثل التغير في الزمن $t_2 - t_1$

مثال 2-1

حساب متوسط سرعة التفاعل إذا علمت أن تركيز كلوريد البيوتيل $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ في بداية تفاعله مع الماء 0.22 M ثم أصبح 0.100 M بعد مرور 4.00 ثوانٍ على التفاعل. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة mol/L.s .

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيز والزمن الابتدائيين والنهائيين لـ $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ ، لذا يمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي باستعمال التغير في تركيز كلوريد البيوتان خلال أربع ثوانٍ.

المعطيات

$$t_1 = 0.00 \text{ s}$$

$$t_2 = 4.00 \text{ s}$$

$$[\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_1} = 0.220 \text{ mol/L}$$

$$[\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_2} = 0.100 \text{ mol/L}$$

2 حساب المطلوب

$$\text{Rate} = - \frac{[\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_2} - [\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

$$= - \frac{0.100 \text{ M} - 0.220 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

$$= - \frac{0.100 \text{ mol/L} - 0.220 \text{ mol/L}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

$$= - \frac{-0.120 \text{ mol/L}}{4.00 \text{ s}} = 0.0300 \text{ mol/L.s}$$

اكتب معادلة متوسط سرعة التفاعل

عوض عن الزمن والتركيز الابتدائيين والنهائيين

احسب الناتج بوحدة mol/L.s

3 تقويم الإجابة

متوسط سرعة التفاعل 0.0300 mol/L.s ، وهو قيمة مناسبة اعتماداً على الكمية الموجودة في بداية التفاعل ونهايته.



استعمل البيانات الموجودة في الجدول أدناه لحساب متوسط سرعة التفاعل :

بيانات التجربة للتفاعل $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$			
[HCl]	[Cl ₂]	[H ₂]	الزمن s
0.000	0.050	0.030	0.00
	0.040	0.020	4.00

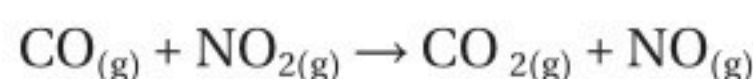
1. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات H_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.
2. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات Cl_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.
3. **تحفيز** إذا علمت أن متوسط سرعة التفاعل لحمض الهيدروكلوريك HCl الناتج هو 0.050 mol/L.s ، فما تركيز HCl الذي يتكون بعد مرور 4.00 s ؟

نظرية التصادم Collision Theory

في التفاعل الكيميائي؛ يجب أن تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لتكوين النواتج. يمثل الشكل 2-3 التفاعل بين جزيئات A_2 و B_2 لتكوين مركب AB. ويجب أن تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة معاً لتكوين جزيئات AB. لذا يوضح هذا الشكل **نظرية التصادم** التي تنص على وجوب تصادم الذرات والأيونات والجزيئات بعضها ببعض لكي يتم التفاعل.

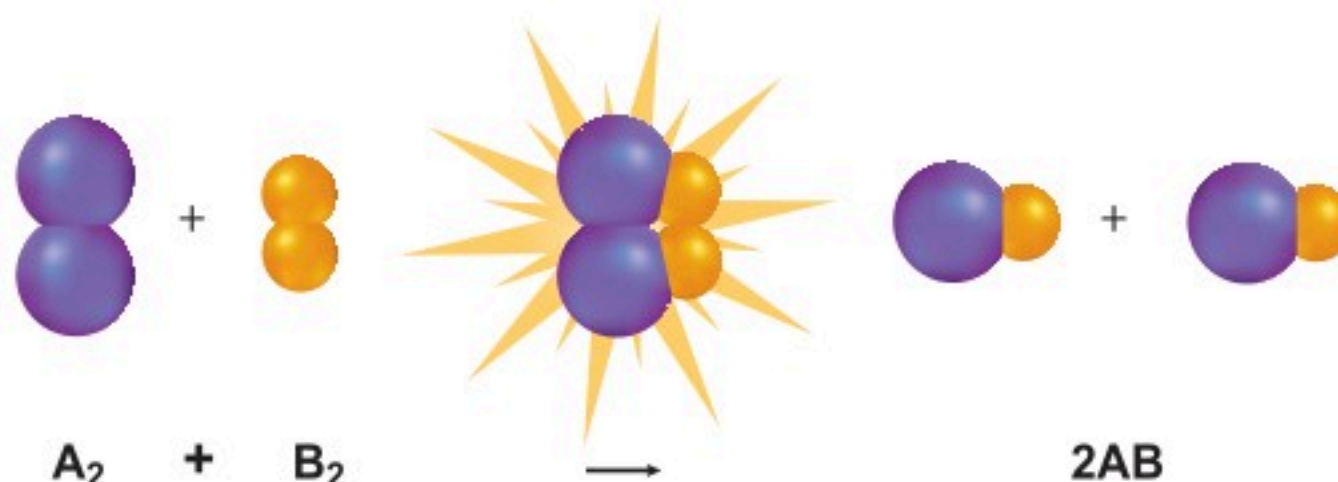
✓ **ماذا قرأت؟ توقع** لماذا يجب حدوث اصطدامات بين الجسيمات لحدوث التفاعل.

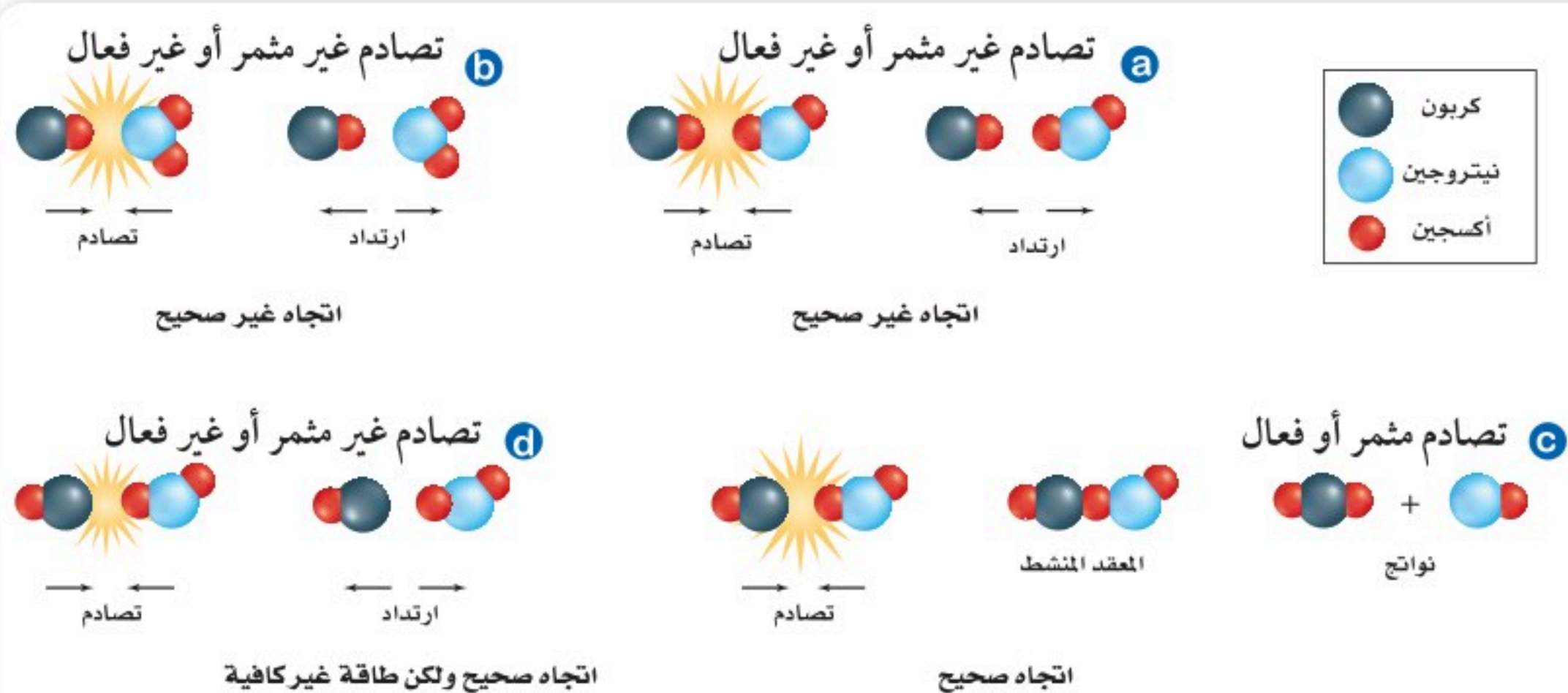
لاحظ تفاعل غاز أول أكسيد الكربون CO مع غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 الذي يحدث عند درجة حرارة أعلى من 500 K والموضح بالمعادلة:



تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز أول أكسيد النيتروجين. وعند حساب عدد الاصطدامات بين الجزيئات في كل ثانية تكون النتيجة محيرة؛ إذ يكون عدد قليل فقط من هذه الاصطدامات نواتج.

الشكل 2-3 في التفاعلات الكيميائية يجب أن تتصادم الجسيمات بكمية كافية من الطاقة لكي يحدث تفاعل.





الشكل 4-2 يبين الشكل أربعة احتمالات مختلفة لاتجاهات التصادم بين جزيئات CO و NO_2 . لا تؤدي الاصطدامات في كل من الحالتين a و b إلى حدوث تفاعل؛ لأن الجزيئات لا تستطيع تكوين روابط. أما تصادم الجزيئات في الحالة c فهو في اتجاه مناسب لحدوث التفاعل. وعلى الرغم من أن تصادم الجزيئات في d في الاتجاه المناسب، إلا أن طاقتها غير كافية لحدوث تفاعل.

يوضح الشكلان 2-4a، 2-4b الإجابة المحتملة عن هذا السؤال؛ فلكي يؤدي الاصطدام إلى حدوث تفاعل يجب أن ترتبط ذرة الكربون من جزيء CO مع ذرة أكسجين من جزيء NO_2 في لحظة الاصطدام، وهذه هي الطريقة الوحيدة لتكوين رابطة مؤقتة. أما الاصطدامات الموضحة في الشكلين 2-4a و 2-4b فلا تؤدي إلى حدوث تفاعل؛ لأن الجزيئات تتصادم بشكل غير مناسب؛ حيث لا تلامس ذرة الكربون ذرة الأكسجين في لحظة التصادم، فترتد الجزيئات دون تكوين روابط.

ولكن عندما يكون اتجاه الجزيئات مناسباً في أثناء التصادم، كما في الشكل 2-4 C، يحدث التفاعل، وتنتقل ذرة أكسجين من جزيء NO_2 إلى جزيء CO . وعندما يحدث ذلك تكون جسيمات عمرها قصير تسمى **المعقد المنشط** Activated Complex، وتسمى هذه المرحلة الحالة الانتقالية، وهي حالة غير مستقرة من تجمع الذرات، يحدث خلالها تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة. ونتيجة لذلك قد يؤدي المعقد المنشط إلى تكوين المواد الناتجة، أو يتكسر لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى.

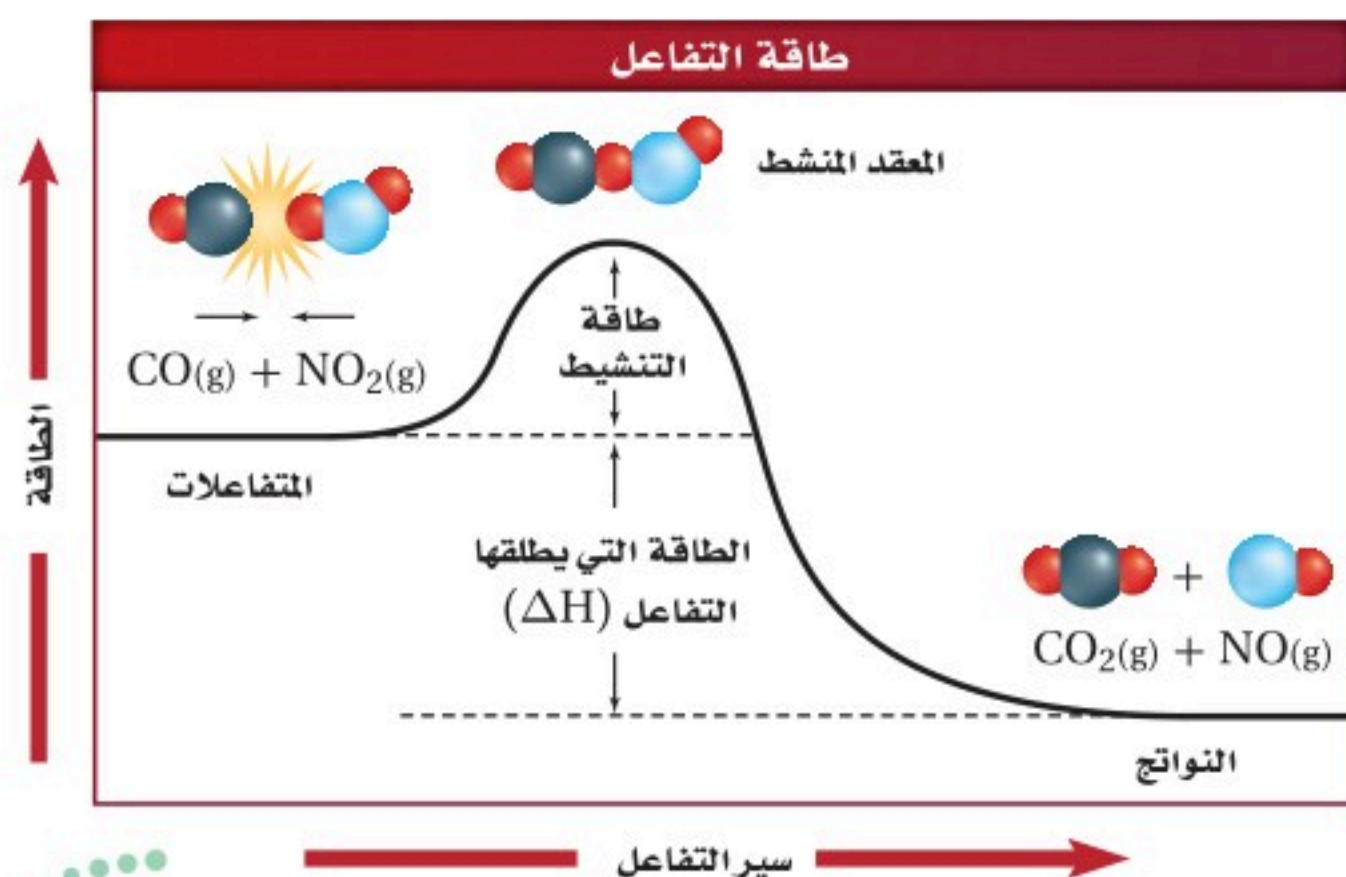
طاقة التنشيط وسرعة التفاعل لا يؤدي التصادم في الشكل 2-4d إلى تفاعل لعدم توافر طاقة كافية لحدوث التفاعل، لذلك لا يحدث تفاعل بين جزيئات CO و NO_2 ما لم تتصادم بقوة كافية. ويسمى الحد الأدنى من الطاقة لدى الجزيئات المتفاعلة واللازم لتكوين المعقد المنشط وإحداث التفاعل **طاقة التنشيط** Activation energy (E_a).



الجدول 2-1	فروض نظرية التصادم	شروط التصادم الفعال أو المثمر
1.	يجب أن تتصادم (ذرات أو أيونات أو جزيئات) المواد المتفاعلة.	1. يجب أن تتصادم المواد المتفاعلة في الاتجاه الصحيح.
2.	ليس من الضروري أن يؤدي كل تصادم بين الذرات أو الأيونات أو الجزيئات إلى حدوث تفاعل.	2. يجب أن تتصادم المواد المتفاعلة بطاقة كافية لتكوين المعقد المنشط.

يلخص الجدول 2-1 الظروف الواجب توافرها لحدوث التفاعل. فعندما تكون قيمة E_a عالية فهذا يعني أن عددًا قليلًا من الاصطدامات له طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط، ولذا تكون سرعة التفاعل بطيئة. أما إذا كانت قيمة E_a منخفضة فهذا يعني أن هناك عددًا كبيرًا من الاصطدامات التي لها طاقة كافية لحدوث التفاعل، لذا يكون التفاعل أسرع. فكّر في هذه العلاقة من خلال شخص يقوم بدفع عربة ثقيلة إلى قمة تل. فإذا كان التل مرتفعًا فسوف يحتاج الشخص إلى طاقة كبيرة لدفع العربة نحو القمة، كما أنه سيستغرق وقتًا طويلًا للوصول إلى قمة التل. أما إذا كان التل منخفضًا فسوف يحتاج إلى كمية أقل من الطاقة اللازمة لدفع العربة إلى قمة التل، إضافة إلى قدرته على إنجاز المهمة في وقت أسرع.

يبين الشكل 2-5 مخطط الطاقة لتفاعل أول أكسيد الكربون مع ثاني أكسيد النيتروجين. هل يختلف مخطط الطاقة هذا عما تعلمته سابقًا في فصل الطاقة والتغيرات الكيميائية؟ ولماذا؟ يبين هذا المخطط طاقة التنشيط للتفاعل التي تعد حاجزًا أمام حدوث التفاعل. لذلك يجب أن تتغلب المواد المتفاعلة عليه لتكون مواد ناتجة. وفي هذه الحالة تتصادم جزيئات CO و NO_2 ، مع وجود كمية كافية من الطاقة؛ لتتغلب على هذا الحاجز، وتكون طاقة النواتج أقل من طاقة المواد المتفاعلة. وتسمى التفاعلات التي تفقد طاقة التفاعلات الطاردة للحرارة.

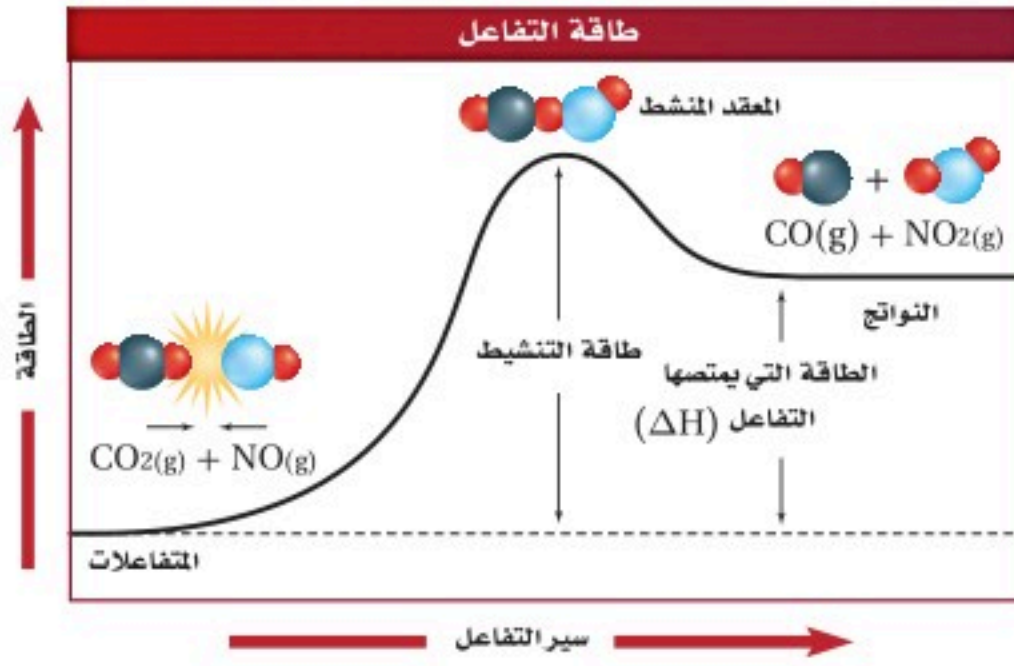


الشكل 2-5 عندما يحدث تفاعل طارد للحرارة تصطدم الجزيئات التي لها طاقة كافية فتكون المعقد المنشط وتطلق طاقة، وتكوّن نواتج ذات محتوى طاقة أقل من المواد المتفاعلة.

اختبار الرسم البياني

فسر كيف يمكنك أن تعرف من خلال الرسم ما إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة.





الشكل 6-2 تكون طاقة جزيئات المواد المتفاعلة في التفاعل العكسي الماص للحرارة أقل من طاقة النواتج. ولكي يحدث التفاعل يجب أن تمتص المواد المتفاعلة طاقة لتغلب على طاقة التنشيط وتكون نواتج ذات طاقة عالية.

اختبار الرسم البياني

قارن بين طاقتي التنشيط، للتفاعلين الأمامي والعكسي؟

تعد عملية التحول بين المواد المتفاعلة والنواتج لبعض التفاعلات عمليات انعكاسية. ويبين الشكل 6-2 التفاعل العكسي الماص للطاقة بين CO_2 و NO لإعادة إنتاج CO و NO_2 . ويكون مستوى طاقة المتفاعلات في هذا التفاعل أدنى من مستوى طاقة النواتج. لذلك يجب التغلب على طاقة التنشيط لإعادة إنتاج CO و NO_2 . وهذا يحتاج إلى طاقة عالية أكبر من طاقة التفاعل الأمامي. وإذا حدث هذا التفاعل العكسي وأنتج CO و NO_2 فسيكون مستوى طاقتها أعلى.

مختبر حل المشكلات

تفسير البيانات

كيف تتغير سرعة التحلل خلال الزمن؟ يتحلل مركب خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5 في الهواء وفقاً للمعادلة الآتية:



ويمكن تحديد التركيز في أي وقت من خلال معرفة سرعة التحلل.

التحليل

يبين الجدول المقابل النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها عند قياس تركيز N_2O_5 خلال فترة زمنية محددة، عند الضغط الجوي العادي، ودرجة حرارة 45°C .

التفكير الناقد

1. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية: (0- 20 min)، (40 - 60 min)، (80- 100 min) عبّر عن سرعة التفاعل في كل فترة بقيمة موجبة، وبوحدة mol/L.s من N_2O_5 .

الزمن (min)	$[\text{N}_2\text{O}_5]$
0	0.01756
20.0	0.00933
40.0	0.00531
60.0	0.00295
80.0	0.00167
100.0	0.00094

2. أحسب متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية بعدد مولات NO_2 الناتجة لكل لتر في الدقيقة (mol/L.s) واستعمل المعادلة الكيميائية لتفسير العلاقة بين السرعات المحسوبة في هذا السؤال، وتلك المحسوبة في السؤال 1.
3. فسر البيانات والنتائج التي توصلت إليها، ثم استعملها في وصف كيفية تغير سرعة تحلل N_2O_5 خلال الزمن.
4. طبق نظرية التصادم لتفسير سبب تغير سرعة التفاعل.



التقويم 2-1

الخلاصة

- يعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي بمعدل التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن.
- غالبًا ما تحسب سرعة التفاعل الكيميائي معبرًا عنها بوحدة mol/L.s .
- لا بد من تصادم الجسيمات لحدوث التفاعل.

4. **الفكرة الرئيسية** جد العلاقة بين نظرية التصادم وسرعة التفاعل.
5. **فسّر** علام تدل سرعة التفاعل لتفاعل كيميائي محدد؟
6. **قارن** بين تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة خلال فترة التفاعل (على افتراض عدم إضافة أي مادة جديدة).
7. **فسّر** لماذا يعتمد متوسط سرعة التفاعل على طول الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التفاعل؟
8. **صف** العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل الكيميائي.
9. **لخص** ماذا يحدث خلال فترة تكون المعقد المنشط القصيرة؟
10. **طبق** نظرية التصادم لتفسر لماذا لا تؤدي الاصطدامات بين جسيمات التفاعل دائمًا إلى تفاعل؟
11. **احسب** متوسط سرعة التفاعل بين جزيئات A و B إذا تغير تركيز A من 1.00 M إلى 0.5 M خلال 2.00 s.





2-2

الأهداف

• تحديد العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل.

• تفسير دور العوامل المحفزة.

مراجعة المفردات

التركيز: طريقة كمية لقياس كمية المذاب في كمية محددة من المذيب أو المحلول.

المفردات الجديدة

المحفزات

المثبطات

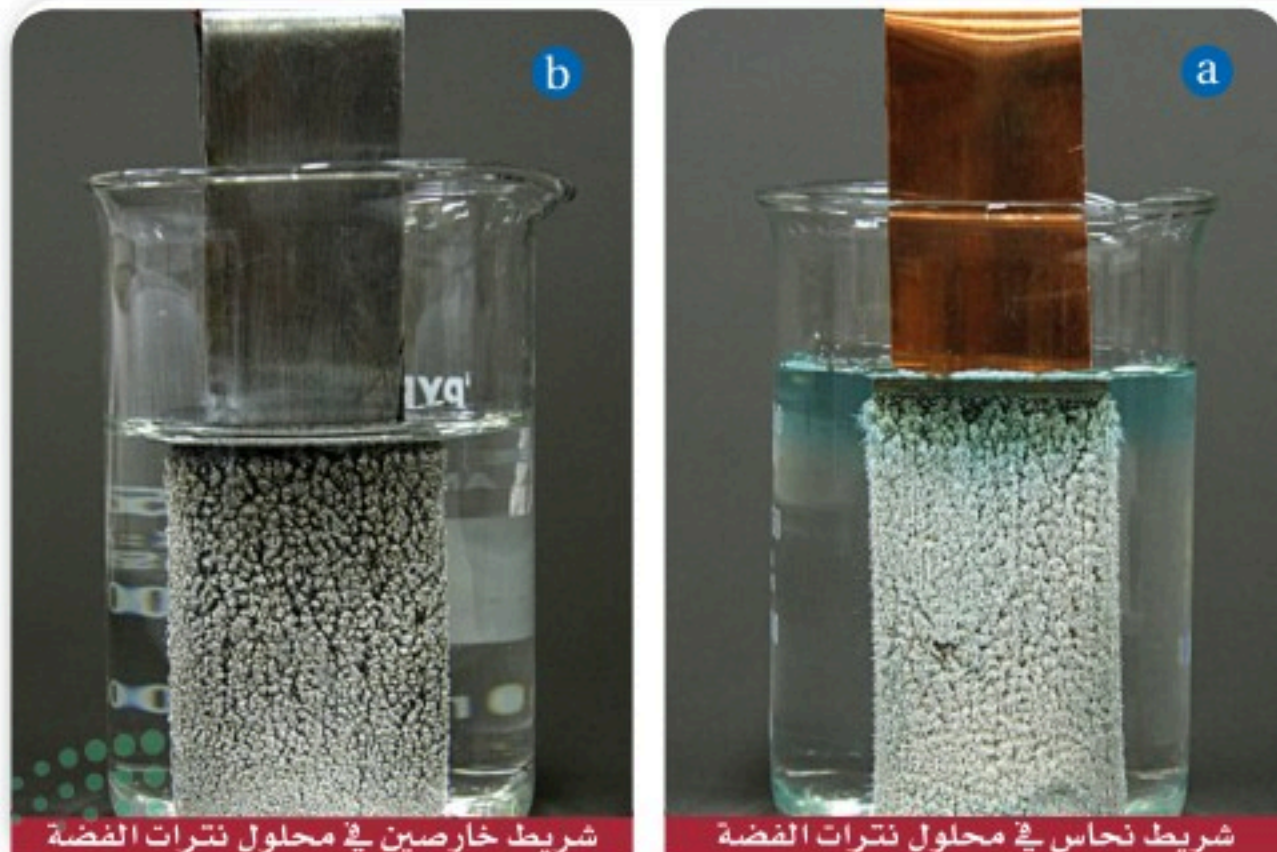
العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي Factors Affecting Reaction Rates

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعل الكيميائي، منها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.

الربط مع الحياة تُرى، ما سرعة انتشار النار في غابة إذا كانت أشجارها متباعدة بعضها عن بعض أو كان الخشب رطباً؟ وبشكل مماثل، تعتمد سرعة التفاعل الكيميائي على عدة عوامل، منها تركيز المواد المتفاعلة، وخواصها الفيزيائية.

طبيعة المواد المتفاعلة The Nature of Reactants

تتفاعل بعض المواد أسرع من غيرها. فمثلاً يتشابه فلزاً النحاس والخاصين (الزنك) في خواصهما الفيزيائية؛ بسبب قرب موقعيهما في الجدول الدوري، ومع ذلك فهما يتفاعلان بسرعات مختلفة عند وضع كل منهما في كأس تحتوي على محلول نترات الفضة بالتركيز نفسه. فعند وضع شريط من النحاس في محلول نترات الفضة تركيزه 0.05 M كما في الشكل 2-7a، يتفاعل النحاس مع نترات الفضة ليكون فلز الفضة ومحلول نترات النحاس II. وعند وضع شريط من الخاصين في محلول نترات الفضة تركيزه 0.05 M، كما في الشكل 2-7b، يتفاعل الخاصين مع محلول نترات الفضة ليكون فلز الفضة ومحلول نترات الخاصين. يمكنك ملاحظة التشابه في التفاعلين، ولكن عند مقارنة كمية الفضة المتكونة في كلتا الحالتين كما هو موضح في الشكل 2-7، يظهر أن كمية الفضة المتكونة من تفاعل الخاصين مع نترات الفضة أكبر من الكمية الناتجة عن تفاعل النحاس مع الكمية نفسها من نترات الفضة. كما أن تفاعل الخاصين مع نترات الفضة يحدث أسرع؛ لأن الخاصين أنشط كيميائياً من النحاس.



شريط خاصين في محلول نترات الفضة

شريط نحاس في محلول نترات الفضة

الشكل 2-7 الخاصين أنشط من النحاس، لذلك يتفاعل مع نترات الفضة أسرع من تفاعل النحاس.

اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل التفاعلات الظاهرة في الشكل.

الشكل 8-2 تشير شدة إضاءة اللهب المغطى في الزجاج التي تحتوي تركيزاً أكبر من الأكسجين إلى زيادة سرعة التفاعل. لذا يفسر الازدياد في سرعة التفاعل إلى الزيادة في تركيز الأكسجين.



تحترق الشمعة بسرعة أكبر؛ لأن الوعاء يحتوي على أكسجين تركيزه 100% تقريباً.



يبلغ تركيز الأكسجين في الهواء حول الشمعة 20% تقريباً.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.



الشكل 9-2 توفر مساحة سطح سلك تنظيف الأواني المعدنية الكبيرة عدداً أكبر من الاصطدامات بين الأكسجين والفلز.

التركيز Concentration

من الطرائق التي يستطيع الكيميائيون بها تغيير سرعة التفاعل تغيير تركيز المواد المتفاعلة. وكما تذكر فإن نظرية التصادم تنص على أنه يجب أن تتصادم الجسيمات حتى يحدث التفاعل، وكلما ازداد عدد الجسيمات ازداد عدد الاصطدامات. وهذا شبيه بلعبة السيارات الكهربائية في مدينة الألعاب الترفيهية. فعندما يكون عدد السيارات كبيراً في الحلقة يزداد عدد الاصطدامات. والشيء نفسه صحيح في التفاعلات الكيميائية؛ فعندما تتفاعل المادة A مع المادة B بتركيز معين تصطدم جزيئات كل من A و B لتكوين AB بسرعة محددة. ولكن ماذا يحدث إذا ازداد تركيز B؟ تزداد تصادمات جزيئات A مع جزيئات B؛ وذلك لزيادة عدد جزيئات B. لذا يؤدي ازدياد عدد الاصطدامات إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي.

✓ **ماذا قرأت؟ توقع** ماذا يحدث لسرعة التفاعل إذا زاد تركيز المادة A؟

تأمل التفاعلات الموضحة في الشكل 8-2، حيث تحترق الشمعتان. ولكن كيف يمكن مقارنة الشمعة في الصورة اليمنى بالشمعة في الصورة اليسرى التي وضعت داخل زجاجة تحتوي على 100% أكسجين تقريباً، وهذا يشكل خمسة أضعاف تركيز الأكسجين في الهواء الجوي؟ بالاعتماد على نظرية التصادم، كلما زاد تركيز الأكسجين زاد عدد الاصطدامات بين جزيئات الشمع وجزيئات الأكسجين. ونتيجة لذلك تزداد سرعة التفاعل، وينتج لهب شديد الإضاءة.

مساحة السطح Surface Area

إذا تأملت التفاعل في الشكل 9-2 فستلاحظ أن المسامير الساخن يتوهج عند وجود الأكسجين، كما في الشكل 9a-2، بينما تشتعل كتلة سلك تنظيف الأواني المعدنية بشدة في الشكل 9b-2؛ حيث تعمل زيادة مساحة سطح التفاعل على زيادة سرعة التفاعل؛ بسبب زيادة عدد الاصطدامات بين الجسيمات المتفاعلة.

درجة الحرارة Temperature

تؤدي الزيادة في درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي. فأنت تعلم مثلاً أن التفاعلات التي تسبب تلف الأطعمة تكون أسرع كثيراً عند درجة حرارة الغرفة منها عند وضع الأطعمة في الثلاجة. يوضح الرسم البياني في الشكل 10-2 أن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10 K تؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل تقريباً. فكيف يمكن لزيادة طفيفة في درجة الحرارة أن يكون لها هذا التأثير الكبير؟

إن زيادة درجة حرارة المادة يزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي تتكون منها المادة. ولهذا السبب تتصادم الجسيمات على نحو أكثر عند درجات الحرارة المرتفعة مما عليه الحال عند درجات الحرارة المنخفضة. ومع ذلك لا تفسر هذه الحقيقة وحدها الزيادة في سرعة التفاعل مع ارتفاع درجة الحرارة. ولفهم أفضل للعلاقة بين تغير سرعة التفاعل مع ارتفاع درجة الحرارة، تفحص الرسم البياني في الشكل 10-2، الذي يقارن بين أعداد الجسيمات التي لها الطاقة الكافية للتفاعل عند درجات الحرارة T_1 و T_2 ؛ حيث T_2 أكبر من T_1 . ويمثل الخط المتقطع طاقة التنشيط E_a للتفاعل. وتمثل المنطقة المظللة تحت كل منحنى عدد الاصطدامات التي لها طاقة مساوية أو أكبر من طاقة التنشيط. كيف يمكن المقارنة بين المناطق المظللة؟ عدد الاصطدامات العالية الطاقة عند درجة الحرارة العالية T_2 أكبر كثيراً من عدد الاصطدامات عند درجة الحرارة المنخفضة T_1 . لذلك كلما كانت درجة الحرارة أعلى كان عدد الاصطدامات التي ينتج عنها تفاعل أكبر.

✓ **اختبار الرسم البياني** حدد السرعة النسبية للتفاعل عند درجة حرارة 325 K.

تجربة
عملية

سرعة التفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



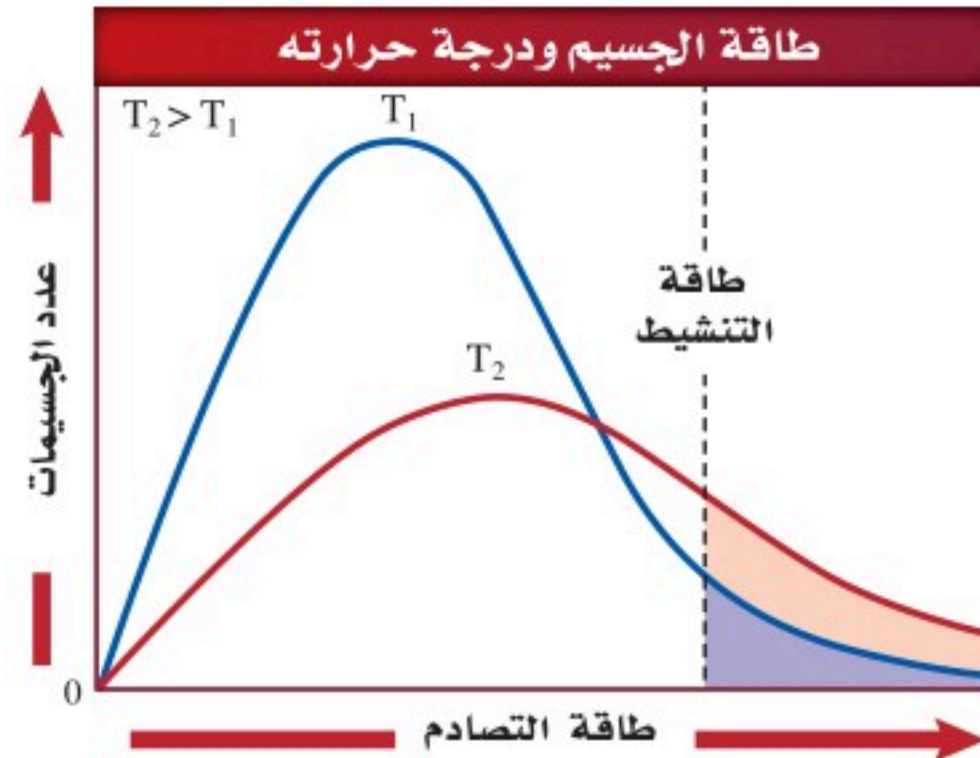
تجربة
عملية

مساحة السطح وسرعة التفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



الشكل 10-2 يؤدي الارتفاع في درجة الحرارة إلى زيادة الطاقة الحركية للجسيمات، وبالتالي زيادة عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة التنشيط، وهذا يؤدي إلى زيادة عدد الاصطدامات وزيادة سرعة التفاعل. إضافة إلى ذلك فإن للكثير من الاصطدامات طاقة كافية للتغلب على طاقة التنشيط، لذا تؤدي إلى التفاعل.



تجربة

دراسة العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة

ما تأثير درجة الحرارة في التفاعل الكيميائي؟

خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. جزئ قرصاً من الأقراص الفوّارة إلى أربع قطع متساوية.
3. استعمال الميزان لقياس كتلة قطعة واحدة منها. ضع 50 mL من الماء عند درجة حرارة الغرفة (25°C تقريباً) في كأس زجاجية سعتها 250 mL. استعمل مقياس حرارة لقياس درجة حرارة الماء.
4. ضع قطعة القرص الفوّار في الماء، وسجل الوقت لحظة ملاستها للماء، ولحظة ذوبانها تماماً، باستعمال ساعة إيقاف أو ساعة يد بها عقرب ثوان.
5. كرّر الخطوتين 3 و 4، لكن في هذه المرة سخّن الماء تدريجياً على سخّان كهربائي حتى تصل درجة حرارته إلى 50°C .

وحافظ على درجة حرارة الماء عند هذه الدرجة طوال وقت التفاعل.

التحليل

1. حدد الكتلة الابتدائية، والكتلة النهائية، والزمن الابتدائي t_1 والزمن النهائي t_2 لكل محاولة.
2. احسب سرعة التفاعل من خلال إيجاد كتلة المادة المتفاعلة المستهلكة لكل محاولة في الثانية الواحدة.
3. صف العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة لهذا التفاعل.
4. توقع سرعة التفاعل لو تم إجراؤه عند درجة حرارة 40°C ، وفسر الأسس التي اعتمدت عليها في توقعك. وللتأكد من توقعك كرّر التجربة عند 40°C باستعمال قطعة أخرى من القرص الفوّار.
5. قوّم مدى دقة وصحة توقعك لسرعة التفاعل عند 40°C ، مقارنة بالقيمة المقيسة لسرعة التفاعل.

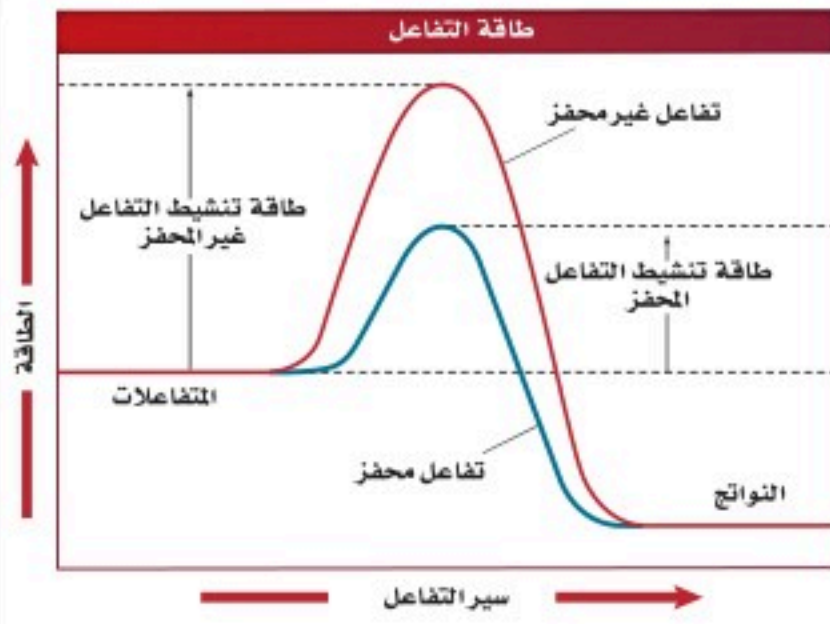
المحفّزات والمثبّطات Catalysts and Inhibitors

يؤثر كل من درجة الحرارة وتركيز المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل. إلا أن زيادة درجة الحرارة ليست دائماً أفضل طريقة عملية لتسريع التفاعل الكيميائي. فإذا أردت مثلاً زيادة سرعة تحلل الجلوكوز في الخلية الحية فلن يكون الحل في زيادة درجة الحرارة أو زيادة تركيز المواد المتفاعلة؛ لأن ذلك قد يضر بالخلية أو يقتلها، ولكن هناك نوعان من المواد التي تؤثر في سرعة التفاعل، هما:

المحفّزات لا يحدث كثير من التفاعلات الكيميائية في المخلوقات الحية بالسرعة الكافية للمحافظة على الحياة عند درجات الحرارة الطبيعية لولا وجود الإنزيمات التي خلقها الله تعالى. فالإنزيم نوع من أنواع **المحفّزات** التي تعمل على زيادة سرعة التفاعل الكيميائي، دون أن تُستهلك في التفاعل. وتستعمل المحفّزات على نطاق واسع في الصناعات الكيميائية لإنتاج كمية أكبر من المنتج بسرعة كبيرة، مما يقلل من تكلفته. ولكن لا يزيد المحفّز من عدد النواتج، ولا يعد ضمن المواد المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل، لذا لا يتم تضمينه في المعادلات الكيميائية.

المثبّطات يسمى النوع الآخر من المواد التي تؤثر في سرعة التفاعل **المثبّطات**. وخلافاً للمحفّز الذي يزيد سرعة التفاعل، تعمل المثبّطات على إبطاء سرعة التفاعل. كما تحوّل بعض المثبّطات دون حدوث التفاعل على الإطلاق.





الشكل 11-2 يبين الشكل أن طاقة تنشيط التفاعل المحفز أقل من طاقة تنشيط التفاعل غير المحفز، لذا ينتج التفاعل المحفز الناتج بسرعة أكبر من التفاعل غير المحفز.

اختبار الرسم البياني

حدّد من الرسم كيف أثر استعمال العامل المحفز في الطاقة المنطلقة من التفاعل؟



الشكل 12-2 طاقة تنشيط أعلى تعني أنه يجب أن يكون للجسيمات طاقة أعلى لكي تتفاعل؛ فالحصان والفارس يحتاجان إلى القليل من الطاقة للقفز فوق حاجز منخفض، بينما يحتاجان إلى مزيد من السرعة والطاقة لاجتياز الحاجز المرتفع.

يبين الرسم البياني في الشكل 11-2 مخطط الطاقة لتفاعل كيميائي طارد للطاقة. ويمثل الخط الأحمر مسار التفاعل دون وجود أي محفز، في حين يمثل الخط الأزرق سير التفاعل مع وجود المحفز. لاحظ أن طاقة التنشيط للتفاعل المحفز أقل كثيراً من طاقة التنشيط في التفاعل غير المحفز. يمكنك اعتبار طاقة التنشيط في التفاعل عقبة يجب تخطيها، كما هو مبين في الشكل 12-2. ففي هذا السياق يحتاج الحصان والفارس مثلاً طاقة أقل كثيراً لاجتياز الحاجز المنخفض، مقارنة بالطاقة اللازمة للقفز فوق الحاجز المرتفع.

تعمل المثبطات بطرائق متنوعة؛ فبعضها يغلق المسارات المنخفضة الطاقة، لذا تزيد طاقة التنشيط للتفاعل، وتعمل مثبطات أخرى على التفاعل مع المحفز، فتدمره أو تمنعه من أداء وظيفته. وفي أحيان أخرى، كما في التفاعلات الحيوية، ترتبط المثبطات مع الإنزيمات التي تحفز التفاعل، فتمنع حدوثه. أما في صناعة الأغذية فتسمى المثبطات المواد الحافظة، أو المواد المضادة للأكسدة. وتعدّ بعض المواد الحافظة آمنة للأكل، وتعطي فترة صلاحية أطول للغذاء.

التقويم 2-2

الخلاصة

12. الفكرة الرئيسية وضح سبب سرعة تفاعل فلز الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك HCl مقارنة بالحديد.

13. فسّر تأثير التركيز في سرعة التفاعل حسب نظرية التصادم.

14. قارن بين المحفزات والمثبطات.

15. صف تأثير طحن إحدى المواد الداخلة في التفاعل على شكل مسحوق بدلاً من وضعها قطعة واحدة - في سرعة التفاعل.

16. استنتج إذا كانت زيادة درجة حرارة التفاعل بمقدار 10 K يؤدي إلى تضاعف سرعة التفاعل، فماذا تتوقع أن يكون أثر زيادة درجة الحرارة بمقدار 20 K.

17. ابحث في كيفية استعمال المحفزات في الصناعة، أو الزراعة، أو في معالجة التربة الملوثة، أو النفايات، أو الماء الملوث. اكتب تقريراً قصيراً يلخص النتائج التي حصلت عليها حول دور المحفزات في أحد هذه التطبيقات.

تتضمن العوامل الرئيسة التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ومساحة السطح، والحرارة، والمحفزات.

تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التفاعل؛ وذلك بزيادة عدد الاصطدامات التي تشكل المعقد المنشط.

تزيد المحفزات من سرعة التفاعل الكيميائي بتقليل طاقة التنشيط.



2-3

الأهداف

- تكتب العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيز.
- تحدد رتبة التفاعل الكيميائي بمقارنة السرعات الابتدائية.

مراجعة المفردات

المتفاعلات: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

قانون سرعة التفاعل
ثابت سرعة التفاعل
رتبة التفاعل

قوانين سرعة التفاعل الكيميائي Reaction Rate Laws

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية - يمكن تحديدها بالتجربة - تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

الربط مع الحياة عندما يزداد انهمار المطر تزداد سرعة جريان الماء فوق سطح الأرض. وبالمطريقة نفسها، عندما يزداد التركيز الكيميائي تركيز المواد المتفاعلة تزداد سرعة التفاعل.

كتابة قوانين سرعة التفاعلات Writing Reaction Rate Laws

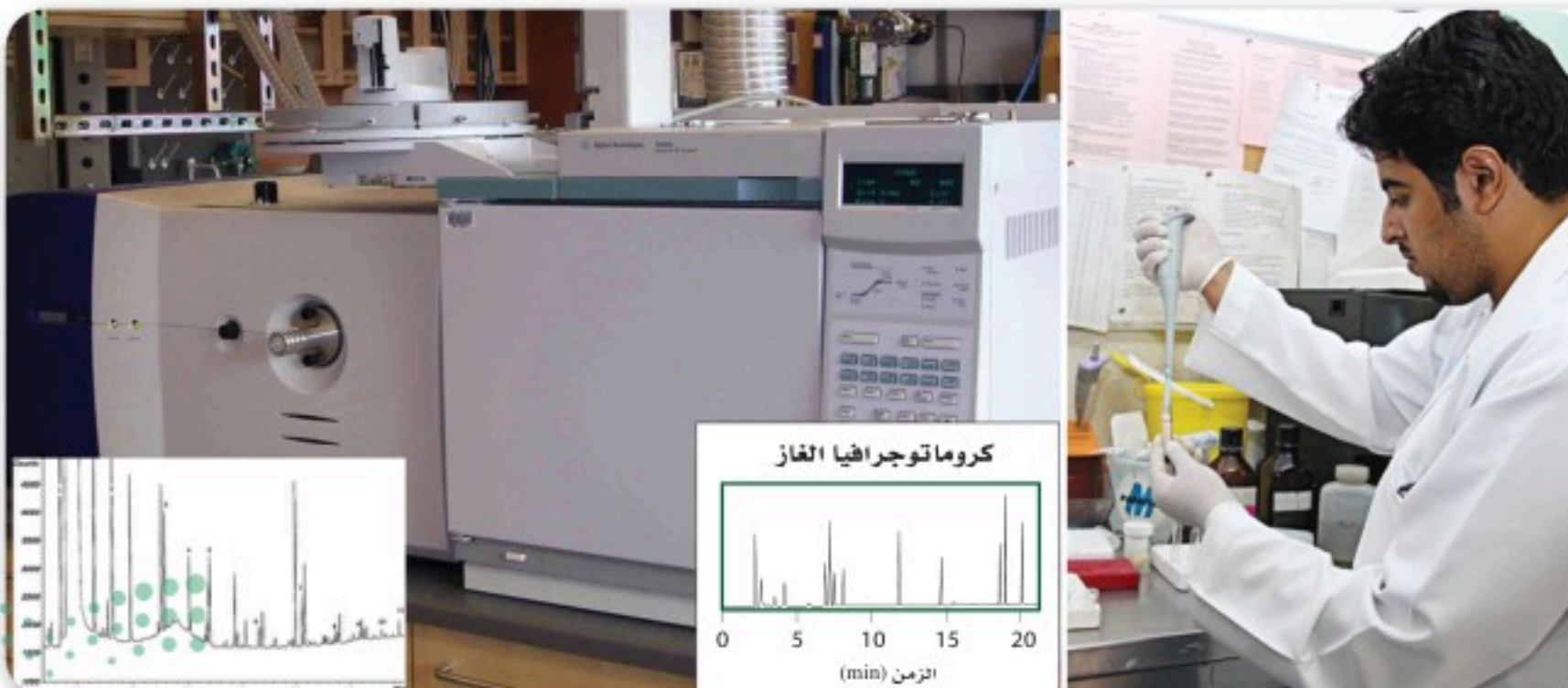
تعلمت من قبل كيفية حساب متوسط السرعة للتفاعل الكيميائي. وكلمة (متوسط rate) مهمة؛ لأن معظم التفاعلات الكيميائية تتناقص سرعتها عند استهلاك المواد المتفاعلة، ويقل عدد الجسيمات المتوافرة للتصادم. لقد وضع الكيميائيون نتائج نظرية التصادم في معادلة سميت **قانون سرعة التفاعل**، وهو يعبر عن العلاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتركيز المواد المتفاعلة. فعلى سبيل المثال، يعدّ التفاعل $A \rightarrow B$ تفاعلاً من خطوة واحدة، ويعبر عن قانون سرعة تفاعله على النحو الآتي:

$$R = k[A]$$

R يمثل سرعة التفاعل، [A] تركيز المادة المتفاعلة، بينما k هو ثابت سرعة التفاعل

يعبر عن سرعة التفاعل بخطوة واحدة بحاصل ضرب كمية ثابتة في تركيز المادة المتفاعلة.

والرمز k قيمة عددية ثابتة تسمى **ثابت سرعة التفاعل**. وترتبط هذه القيمة العددية سرعة التفاعل بتركيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة معينة. وثابت السرعة قيمة محددة لكل تفاعل، وله وحدات قياس مختلفة مثل: $L^2/mol^2.s$ ، أو $L/mol.s$ ، أو s^{-1} . ويجب تحديد قانون سرعة التفاعل تجريبياً، كما هو موضح في الشكل 2-13.



الشكل 2-13 يتم سحب

عينات من خليط التفاعل على فترات منتظمة لتحديد سرعة التفاعل في أثناء حدوثه، ثم تحقن هذه العينات فوراً في جهاز الكروماتوجرافيا، الذي يقوم بتعرف مكوناتها، ثم فصل بعضها عن بعض.

يبين قانون السرعة أن سرعة التفاعل تتناسب طرديًا مع التركيز المولاري للمركب A. كما أن ثابت سرعة التفاعل k لا يتغير مع التركيز، ولكنه يتغير مع تغير درجة الحرارة. وتعني القيمة الكبيرة لـ k أن A يتفاعل بسرعة لتكوين B.

قوانين سرعة التفاعل من الرتبة الأولى يُفهم من المعادلة الرياضية لسرعة التفاعل $R = k[A]$ أن التعبير $[A]$ يعني $[A]^1$. ويعرف الرقم العلوي الذي يمثل الأس للمادة المتفاعلة A برتبة التفاعل، والتي يمكن تحديدها من خلال معرفة تأثير التغير في تركيز المادة المتفاعلة على سرعة التفاعل. فعلى سبيل المثال، يُعبّر عن قانون سرعة تفاعل تحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 بالمعادلة: $R = k [H_2O_2]$.

ولأن سرعة التفاعل تتناسب طرديًا مع تركيز H_2O_2 مرفوعة إلى الأس 1 أي: $[H_2O_2]^1$ فإن تحلل H_2O_2 هو تفاعل من الرتبة الأولى، لذلك فإن سرعة التفاعل ستتغير بنفسه في تركيز H_2O_2 . فإذا انخفض تركيز H_2O_2 إلى النصف فإن سرعة التفاعل ستخفض أيضًا بمقدار النصف.

تذكر أنه يتم تحديد سرعة التفاعل من البيانات التجريبية. ولأن رتبة التفاعل تعتمد على سرعة التفاعل فإنه يترتب على ذلك أن رتبة التفاعل تحدد تجريبيًا أيضًا. وأخيرًا، ولأن ثابت السرعة k يصف سرعة التفاعل، فإنه يجب تحديده تجريبيًا أيضًا. ويبين الشكل 2-14 كيف تتغير سرعة التفاعل الابتدائية لتحلل H_2O_2 مع التغير في تركيز H_2O_2 .

ماذا قرأت؟ استنتج إذا كانت رتبة المادة المتفاعلة في تفاعل كيميائي من الرتبة الأولى، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف تركيز المادة المتفاعلة ثلاثة أضعاف؟

قوانين سرعة التفاعل لرتب أخرى الرتبة الكلية للتفاعل الكيميائي هي ناتج جمع رتب المواد المتفاعلة في التفاعل الكيميائي. ومن المعلوم أن الكثير من التفاعلات - وبخاصة تلك التي تحتوي على أكثر من مادة متفاعلة - ليست من الرتبة الأولى. لتفحص الشكل العام لتفاعل كيميائي مكون من مادتين متفاعلتين، كما هو مبين في المعادلة الآتية؛ حيث ترمز a و b في هذه المعادلة الكيميائية للمعاملات.

$$aA + bB \rightarrow \text{نواتج}$$

يكون الشكل العام لسرعة مثل هذا التفاعل كما يأتي:

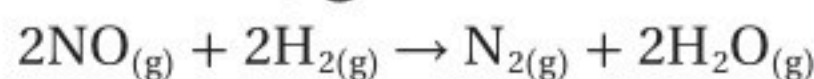
القانون العام لسرعة التفاعل

$$R = k[A]^m[B]^n$$

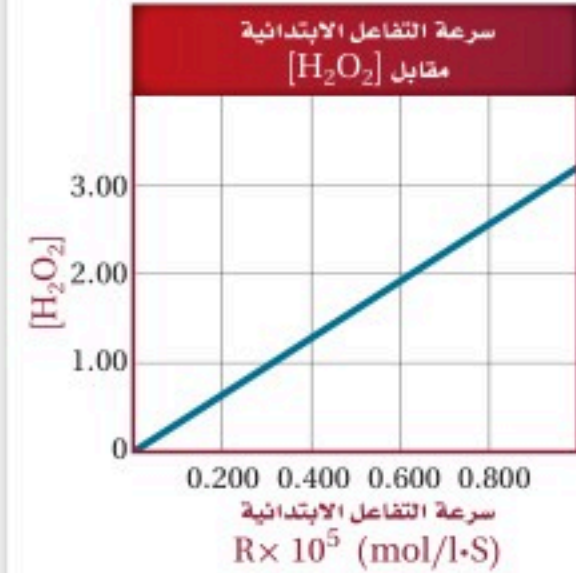
حيث $[A]$ و $[B]$ يمثلان تراكيز المواد المتفاعلة، و m و n يمثلان رتب التفاعل.

سرعة التفاعل تساوي حاصل ضرب ثابت سرعة التفاعل في تراكيز المواد المتفاعلة كل منها مرفوع للأس (الرتبة) التي يتم تحديدها تجريبيًا.

إذا حدث التفاعل بين A و B في خطوة واحدة، وتكوّن معقد نشط واحد فقط فستكون $a = m$ و $b = n$. وهذا غير محتمل؛ لأن تفاعلات الخطوة الواحدة ليست شائعة. فعلى سبيل المثال، تأمل التفاعل بين أول أكسيد النيتروجين NO والهيدروجين H_2 ، الموضح في المعادلة الآتية:



الشكل 2-14 يبين الرسم البياني العلاقة المباشرة بين تركيز H_2O_2 وسرعة التحلل.



اختبار الرسم البياني

طبق استعمل الرسم لتحديد سرعة التفاعل عندما $[H_2O_2] = 1.5 \text{ mol/L}$.



يحدث هذا التفاعل في أكثر من خطوة، لذا فإن قانون سرعة التفاعل له يكون: $R = k [H_2] [NO]^2$ ويُحدّد قانون السرعة من البيانات التجريبية التي تشير إلى أن السرعة تعتمد على تركيز المواد المتفاعلة على النحو الآتي: إذا تضاعف $[NO]$ مرتين فإن السرعة تتضاعف أربع مرات؛ وإذا تضاعف $[H_2]$ مرة واحدة فإن السرعة تتضاعف مرة واحدة.

يوصف التفاعل بأنه من الرتبة الثانية في NO ، ومن الرتبة الأولى في H_2 ، وبذلك يكون التفاعل من الرتبة الثالثة. فالرتبة الكلية للتفاعل هي مجموع الرتب لكل مادة متفاعلة (مجموع الأسس)، الذي هو $(2 + 1 = 3)$.

✓ **ماذا قرأت؟ اشرح كيف يمكنك تحديد الرتبة الكلية للتفاعل من معادلة سرعة التفاعل؟**

تحديد رتبة التفاعل Determining Reaction Order

تحدد رتبة التفاعل من خلال مقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل بتغير تركيز المواد المتفاعلة. إن السرعة الابتدائية تقيس سرعة التفاعل في اللحظة التي يتم فيها إضافة المواد المتفاعلة ذات التراكيز المعروفة، وخلط بعضها ببعض. انظر إلى التفاعل العام الآتي (نواتج $aA + bB \rightarrow$)، وافترض أنه أجري ثلاث مرات بتراكيز مختلفة لكل من A و B ، وأن سرعة التفاعل الابتدائية كما هو مبين في الجدول 2-2. تذكر أن قانون سرعة التفاعل العام لهذا النوع من التفاعلات هو: $R = k [A]^m [B]^n$. قارن بين التركيز وسرعة التفاعل في المحاولتين الأولى والثانية من خلال البيانات في الجدول 2-2، لتحديد m رتبة (أس) المادة $[A]$ مع بقاء تركيز المادة B ثابتاً، لاحظ أن تركيز المادة A في المحاولة 2 هو ضعف التركيز في المحاولة 1. ولاحظ أيضاً أن سرعة التفاعل في المحاولة 2 قد تضاعفت مرتين، مما يعني أن تفاعل المادة A أحادي الرتبة. ولأن $2^m = 2$ ، فلا بد إذن أن تكون قيمة m تساوي 1. وسنستعمل الطريقة نفسها لتحديد قيمة الأس n في المادة $[B]$. فعند مقارنة تركيز المادة B في المحاولتين الثانية والثالثة سنجد أن تركيزها قد تضاعف في المحاولة الثالثة مع بقاء تركيز المادة A ثابتاً، مما يعني زيادة سرعة التفاعل أربع مرات عن المحاولة الثانية. ولأن $2^n = 4$ ، فلا بد إذن أن تكون قيمة n تساوي 2.

تدل المعلومات السابقة على أن التفاعل للمادة A أحادي الرتبة، بينما التفاعل للمادة B ثنائي الرتبة، وهذا يوصلنا إلى القانون العام الآتي لسرعة التفاعل. $R = k [A]^1 [B]^2$. لذا فإن التفاعل عموماً من الرتبة الثالثة (مجموع الأسس $2 + 1 = 3$).

بيانات السرعات الابتدائية للتفاعل نواتج $aA + bB \rightarrow$			الجدول 2-2
المحاولة	السرعة الابتدائية $\text{mol/l} \cdot \text{s}$	التركيز الابتدائي $[A] \text{ (M)}$	التركيز الابتدائي $[B] \text{ (M)}$
1	2.00×10^{-3}	0.100	0.100
2	4.00×10^{-3}	0.200	0.100
3	16.00×10^{-3}	0.200	0.200



18. اكتب معادلة قانون سرعة التفاعل $aA \rightarrow bB$ إذا كان تفاعل المادة A من الرتبة الثالثة.
19. إذا علمت أن التفاعل $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ من الرتبة الأولى للأكسجين، والرتبة الكلية للتفاعل هي الرتبة الثالثة، فما القانون العام لسرعة التفاعل؟
20. في ضوء البيانات التجريبية الواردة في الجدول الآتي، حدد قانون سرعة التفاعل: $aA + bB \rightarrow$ نواتج (ملاحظة: أي رقم مرفوع إلى القوة صفر يساوي 1. على سبيل المثال: $(55.6)^0 = 1$ و $(0.22)^0 = 1$)

بيانات تجريبية			
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي [A] (M)	التركيز الابتدائي [B] (M)	السرعة الابتدائية mol/(l.s)
1	0.100	0.100	2.00×10^{-3}
2	0.200	0.100	2.00×10^{-3}
3	0.200	0.200	4.00×10^{-3}

21. تحفيز إذا علمت أن قانون سرعة التفاعل: $CH_3CHO_{(g)} \rightarrow CH_{4(g)} + CO_{(g)}$ هو: $R = k[CH_3CHO]^2$. فاستعمل هذه المعلومات لتعبئة البيانات المفقودة في الجدول الآتي:

بيانات تجريبية		
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي [A] (M)	السرعة الابتدائية (mol/(l.s))
1	2.00×10^{-3}	2.70×10^{-11}
2	4.00×10^{-3}	10.8×10^{-11}
3	8.00×10^{-3}	

التقويم 2-3

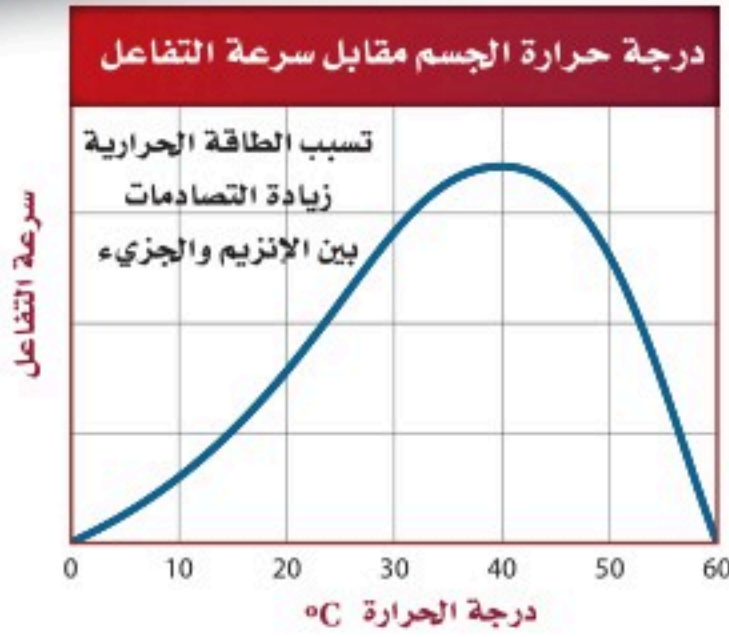
الخلاصة

22. **الفكرة الرئيسية** اشرح ماذا يمكن أن نعرف عن التفاعل من خلال قانون سرعة التفاعل الكيميائي؟
23. **طبق** اكتب معادلات قانون سرعة التفاعل التي تظهر الفرق بين التفاعل من الرتبة الأولى والتفاعل من الرتبة الثانية لمادة متفاعلة واحدة.
24. **اشرح** وظيفة ثابت سرعة التفاعل في معادلة قانون سرعة التفاعل.
25. **وضح** متى يمكن أن يصبح ثابت سرعة التفاعل k ليس ثابتاً؟ وعلام تدل قيمة k في قانون سرعة التفاعل؟
26. **اقترح** تفسيراً لأهمية أن نعرف أن قيمة قانون سرعة التفاعل هو متوسط سرعة التفاعل.
27. **فسر** كيفية ارتباط الأسس في معادلة قانون سرعة تفاعل كيميائي بالمعاملات في المعادلة الكيميائية التي تمثله.
28. **حدد** الرتبة الكلية لتفاعل المادتين A و B إذا علمت أن معادله سرعته: $R = k[A]^2[B]^2$.
29. **صمم تجربة** اشرح كيف يمكن تصميم تجربة لتحديد القانون العام لسرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل: $aA + bB \rightarrow$ نواتج

- تسمى العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة وتركيز محددين للمواد المتفاعلة قانون سرعة التفاعل.
- يحدد قانون سرعة التفاعل تجريبياً باستخدام طريقة مقارنة السرعات الابتدائية.



الكيمياء والصحة



الشكل 1 تقترب درجة حرارة الجسم من 37°C . تؤدي الزيادة الكبيرة في الطاقة الحرارية إلى كسر التركيب البنائي للبروتينات، مما يوقف قدرتها على العمل كما ينبغي.

انخفاض درجة حرارة الجسم

Hypothermia-Low body temperature

عندما تنخفض درجة حرارة الجسم تبدأ غدة تحت المهاد القيام بالعمليات التي من شأنها زيادة تحرير الطاقة الحرارية. فالحشيرة أو الارتجاف عملية تنتج عن تقلصات سريعة للعضلات نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تطلق الطاقة الحرارية. كما يبدأ الجسم أيضاً إجراءات للحفاظ على الطاقة الحرارية للجسم، ومن ذلك الحد من تدفق الدم إلى الجلد.

ارتفاع درجة حرارة الجسم

Hyperthermia-High body temperature

تؤدي الطاقة الحرارية المفرطة سواء من البيئة أو بسبب زيادة التفاعلات الكيميائية داخل الجسم إلى استجابة الجسم بواسطة التعرق. وينتج ذلك عن توسع الأوعية الدموية القريبة من سطح الجلد وتمددتها، إضافة إلى زيادة عمل القلب والرئة. ومن شأن هذه العمليات زيادة انتقال الطاقة الحرارية للبيئة. وقد خلق الله عز وجل النظام الكامل للتحكم في درجة الحرارة من أجل الحفاظ على حدوث التفاعلات داخل الجسم بالسرعة المثلى.

سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم

تخيل أنك خرجت من المنزل في يوم بارد مسرعاً؛ لأنك متأخر عن المدرسة دون أن تلبس معطفك، وبدأت تركض، وبعد وقت قصير بدأت ترتجف. إن الارتجاف استجابة تلقائية من قبل الجسم، وهي عملية مهمة للحفاظ على درجة حرارته.

درجة حرارة الجسم الطبيعية Normal body temperature

درجة حرارة الجسم الطبيعية 37°C تقريباً، ولكنها قد تختلف باختلاف العمر، أو الجنس، أو الوقت، أو مستوى النشاط الذي يقوم به الشخص؛ فترتفع درجة حرارة جسمك عندما تقوم بأنشطة شاقة، أو عندما تكون درجة حرارة الهواء المحيط بك مرتفعة. ويمكن أن تنخفض درجة حرارة جسمك عند أخذ حمام بارد، أو ارتداء ملابس خفيفة في طقس بارد.

التفاعلات الكيميائية تسخن الجسم

Chemical reactions heat the body

يتم هضم الطعام داخل كل خلية من خلايا الجسم؛ لإنتاج الطاقة التي تُستعمل أو تُخزن على شكل جزيئات كبيرة تسمى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP). وعند الحاجة إلى الطاقة يتحول ATP إلى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة الفوسفات (P_i)، وتحرر طاقة.



تتطلب مثل هذه التفاعلات إنزيمات خاصة لكي تنظم سرعتها. والإنزيمات بروتينات محفزة تكون أكثر كفاءة ضمن درجة حرارة جسم الإنسان الطبيعية. لا يمكن أن تحدث مثل هذه التفاعلات بسرعة تلبي احتياجات الجسم دون مساعدة الإنزيمات ودرجة حرارة قريبة من 37°C . أما خارج نطاق هذه الحرارة، فتصبح سرعة التفاعل أبطأ، كما هو مبين في الشكل 1.

تنظيم درجة حرارة الجسم Regulating body temperature

يقوم المهاد - وهو جزء من الدماغ - بتنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق نظام التغذية الراجعة المعقد؛ حيث يحافظ النظام على التوازن بين الطاقة الحرارية الصادرة عن التفاعلات الكيميائية داخل الجسم، والطاقة الحرارية المتبادلة بين الجسم والبيئة المحيطة به.

الكتابة في الكيمياء بحث صمم كتيباً للمرضى حول العلاج الطبي لانخفاض درجة حرارة الجسم أو ارتفاعها. ثم صف المدى الطويل لتأثير هذه الأمراض، وكيف يمكن منعها؟

مختبر الكيمياء



تأثير التركيز في سرعة التفاعل الكيميائي

الخلفية: تصف نظرية التصادم كيف يؤثر التغير في تركيز إحدى المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل الكيميائي؟

سؤال: كيف يؤثر تركيز المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل؟

المواد والأدوات اللازمة

وأضف إليها 5 mL من الماء المقطر، وحرك المزيج، ليصبح تركيز المحلول 0.75 M HCl.

6. اسحب 5 mL من حمض HCl الذي تركيزه 0.75 M من أنبوب الاختبار رقم 4، ثم خففها بالماء، وتخلص منها في المغسلة.

7. ضع شريطاً من الماغنسيوم طوله 1 cm باستعمال الملقط في الأنبوب رقم 1. سجل في جدول البيانات الزمن المستغرق بالثانية، حتى تتوقف الفقاعات عن الظهور.

8. كرر الخطوة رقم 7 مع أنابيب الاختبار الثلاثة المتبقية. وسجل الزمن اللازم لتوقف الفقاعات عن الظهور.

9. **التنظيف والتخلص من النفايات:** أفرغ المحاليل الحمضية في وعاء التخلص من الأحماض، واغسل أنابيب الاختبار وأدوات المختبر جيداً باستعمال الماء، وتخلص من المواد الأخرى بحسب توجيهات المعلم. ثم أعد الأدوات المختبرية جميعها إلى أماكنها.

التحليل والاستنتاج

1. **الرسم البياني:** ارسم منحنى بيانياً يمثل تركيز الحمض (على محور السينات)، وزمن التفاعل (على محور الصادات).

2. **استنتاج العلاقة:** بين تركيز الحمض وسرعة التفاعل الكيميائي، بالاعتماد على الرسم البياني.

3. **ضع فرضية:** بالاعتماد على: نظرية التصادم، وسرعة التفاعل، وتركيز المواد المتفاعلة؛ لتفسير النتائج التي حصلت عليها.

4. **تحليل الخطأ:** قارن نتائج التجربة التي حصلت عليها بالنتائج التي حصل عليها الطلبة الآخرون في المختبر، وفسّر الاختلافات.

الاستقصاء

صمم تجربة: اعتماداً على مشاهداتك والنتائج التي حصلت عليها، هل يؤثر التغير في درجة الحرارة في سرعة التفاعل؟ صمم تجربة لاختبار فرضيتك.

ماصة مدرجة سعتها 10 mL

ماء مقطر

شريط ماغنسيوم

مقص

ملاقط

حمض الهيدروكلوريك تركيزه 6 M

أنابيب اختبار قطرها 25 mm وطولها 150 mm مرقمة من 1 إلى 4

ساق تحريك زجاجية

إجراءات السلامة:

تحذير: تجنب سحب أي مواد كيميائية عن طريق الفم. تجنب أن يلامس حمض الهيدروكلوريك الجلد أو العيون؛ فهو مادة كاوية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.

2. استعمل الماصة المدرجة البلاستيكية لسحب 10 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تركيزه 6 M، ثم ضعها في أنبوب الاختبار رقم 1.

3. اسحب 5 mL من حمض HCl الذي تركيزه 6 M، باستعمال الماصة من أنبوب الاختبار رقم 1، ثم ضعها في أنبوب الاختبار رقم 2، وأضف إليها 5 mL من الماء المقطر، ثم حرك المزيج بساق التحريك، ليصبح تركيز المحلول 3.0 M HCl.

4. اسحب 5 mL من محلول حمض HCl الذي تركيزه 3.0 M من أنبوب الاختبار رقم 2، وضعها في أنبوب الاختبار رقم 3. أضف إليها 5 mL من الماء المقطر، وحركها بساق التحريك، ليصبح تركيز المحلول 1.5 M HCl.

5. اسحب 5 mL من محلول حمض HCl الذي تركيزه 1.5 M من أنبوب الاختبار رقم 3، وضعها في أنبوب الاختبار رقم 4.

الفكرة العامة لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

2-1 نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسية

نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات. يعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي بسرعة استهلاك المواد المتفاعلة أو سرعة تكون المواد الناتجة.

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{\text{التغير في كمية المادة المتفاعلة أو الناتجة}}{\text{التغير في الزمن } \Delta t}$$

- تحسب سرعة التفاعل عمومًا ويعبر عنها بوحدة mol/L.s.
- لا بد من تصادم الجسيمات لحدوث التفاعل.

المفردات

- سرعة التفاعل الكيميائي
- نظرية التصادم
- المعقد المنشط
- طاقة التنشيط

2-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسية

تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعل الكيميائي، ومنها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ومساحة السطح، والحرارة، والمحفزات. تؤدي زيادة درجة الحرارة عمومًا إلى زيادة سرعة التفاعل؛ وذلك بزيادة عدد الاصطدامات التي تشكل المعقد المنشط.

- تزيد المحفزات من سرعة التفاعل الكيميائي بتقليل طاقة التنشيط.

المفردات

- المحفزات
- المثبطات

2-3 قوانين سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسية

قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية -يمكن تحديدها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة. تسمى العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة وتركيز محددتين للمواد المتفاعلة قانون سرعة التفاعل.

$$R = k[A]$$

$$R = k[A]^m[B]^n$$

- يحدد قانون سرعة التفاعل تجريبيًا باستخدام طريقة مقارنة السرعات الابتدائية.

المفردات

- قانون سرعة التفاعل
- ثابت سرعة التفاعل
- رتبة التفاعل



2-1

إتقان المفاهيم

30. ماذا يحدث لتراكيز المواد المتفاعلة والنااتجة في أثناء حدوث التفاعل؟
31. اشرح المقصود بمتوسط سرعة التفاعل.
32. كيف يمكن أن تعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي $A \rightarrow B$ بالاعتماد على تركيز المادة المتفاعلة A؟ وكيف يمكن مقارنة سرعة التفاعل بالاعتماد على المادة الناتجة B؟
33. ما دور المعقد المنشط في التفاعل الكيميائي؟
34. طبق نظرية التصادم لتفسير السبب في عدم تفاعل مادتين مع بعضهما البعض؟

إتقان حل المسائل

35. يتفاعل الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك بحسب المعادلة:
- $$\text{Mg}_{(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \text{MgCl}_{2(aq)}$$
- إذا كانت كتلة Mg تساوي 6 g لحظة بدء التفاعل، وبقي منها 4.5 g، بعد مضي 3.00 min فما متوسط سرعة التفاعل بدلالة عدد مولات Mg المستهلكة/ دقيقة؟
36. وجد أن سرعة تفاعل كيميائي $2.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L.s}$ عند درجة حرارة 322 K، فما مقدار هذه السرعة بوحدة mol/L.min ؟

2-2

إتقان المفاهيم

37. ما دور نشاط المواد المتفاعلة في تحديد سرعة التفاعل الكيميائي؟
38. ما العلاقة بين سرعة التفاعل عمومًا وتركيز المواد المتفاعلة؟

39. طبق نظرية التصادم لتفسير سبب زيادة سرعة التفاعل بزيادة تركيز المادة المتفاعلة.
40. فسر لماذا تتفاعل المادة الصلبة - التي على شكل مسحوق - مع الغاز أسرع من تفاعل المادة الصلبة نفسها إذا كانت قطعة واحدة؟
41. حفظ الأغذية طبق نظرية التصادم لتفسير فساد الطعام ببطء عند وضعه في الثلاجة بالمقارنة ببقائه خارجها عند درجة حرارة الغرفة.
42. طبق نظرية التصادم لتفسير سبب تفاعل مسحوق الخارصين لإنتاج غاز الهيدروجين أسرع من تفاعل قطع كبيرة منه عند وضع كليهما في محلول حمض الهيدروكلوريك.
43. يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وغاز الأكسجين بسرعة أكبر عند إضافة ثاني أكسيد المنجنيز. اشرح دور ثاني أكسيد المنجنيز في هذا التفاعل إذا علمت أنه لا يُستهلك في التفاعل.
44. لنفترض أن كمية كبيرة من محلول فوق أكسيد الهيدروجين الذي تركيزه 3% قد تحللت لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين خلال 100 ثانية عند درجة حرارة 298 K. قدر كمية غاز الأكسجين التي تنتج عن مقدار مماثل من المحلول في 100 ثانية وعند درجة حرارة 308 K.
45. استعمل المعلومات في السؤال 44 لتقدير كمية غاز الأكسجين التي تنتج عن كمية مماثلة من المحلول خلال 100 ثانية وعند درجة حرارة 318 K، ثم قدر الزمن اللازم لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين عند درجة حرارة 288 K.



مراجعة عامة

51. قوّم صحة الجملة الآتية: يمكنك تحديد سرعة تفاعل كيميائي عن طريق معرفة نسبة مولات المواد المتفاعلة في معادلة موزونة. فسر إجابتك.

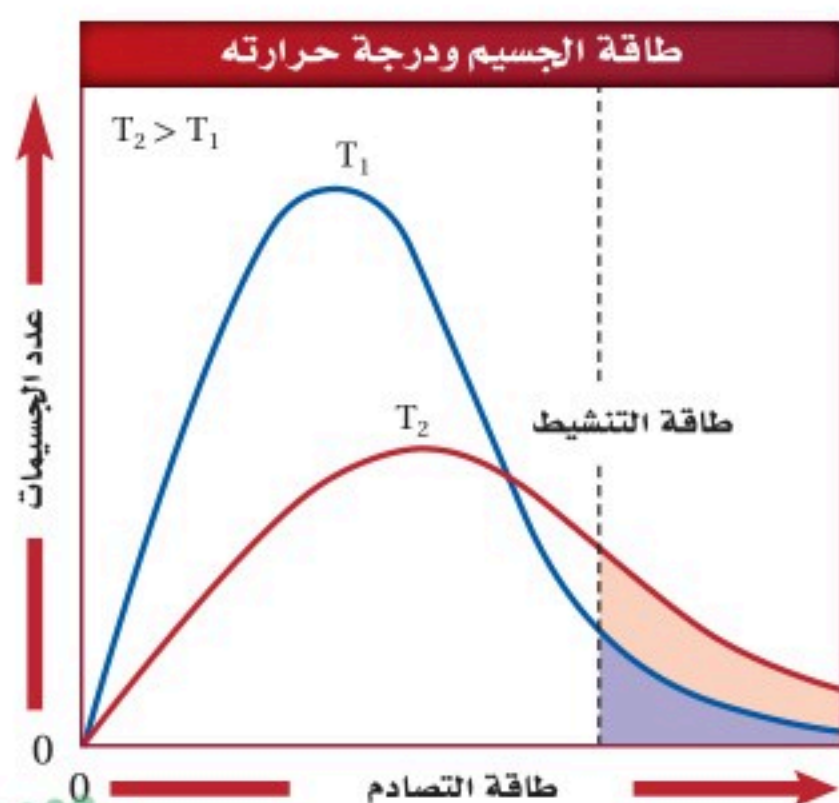
52. يتناقص تركيز المادة المتفاعلة A من 0.400 mol/L إلى 0.384 mol/L خلال 4.00 min. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة mol/L.min.

53. إذا زاد تركيز إحدى المواد الناتجة من 0.0882 mol/L إلى 0.1446 mol/L خلال 12.0 min، فما متوسط سرعة التفاعل خلال تلك الفترة؟

54. يعبر عن التركيز في التفاعل الكيميائي بوحدة mol/L وعن الزمن بوحدة s. فإذا كان التفاعل الكلي من الرتبة الثالثة، فما وحدة ثابت سرعة التفاعل؟

التفكير الناقد

55. ميّز بين المناطق المظللة في الشكل 15-2 عند درجتَي الحرارة T_1 و T_2 بالاعتماد على عدد الاصطدامات التي تحدث في وحدة الزمن والتي لها طاقة أكبر من أو تساوي طاقة التنشيط.



الشكل 15-2

2-3

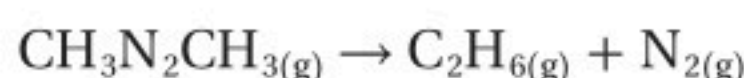
إتقان المفاهيم

46. عند اشتقاق قانون سرعة التفاعل، فسر لماذا يجب الاعتماد على الأدلة التجريبية أكثر من الاعتماد على المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعل؟

47. إذا كانت معادلة التفاعل العام هي: $A + B \rightarrow AB$ وقد وُجدَ بالاعتماد على البيانات التجريبية أن رتبة التفاعل من الرتبة الثانية للمادة المتفاعلة A، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا انخفض تركيز المادة A إلى النصف وبقيت جميع الظروف الأخرى ثابتة؟

إتقان حل المسائل

48. تم الحصول على البيانات التجريبية المدرجة في الجدول 2-3 من تحليل مركب الأزوميثان $CH_3N_2CH_3$ عند درجة حرارة محددة حسب المعادلة:



استعمل البيانات الواردة في الجدول 2-3 لتحديد قانون سرعة التفاعل.

الجدول 2-3 تحليل مادة الأزوميثان

رقم التجربة	$[CH_3N_2CH_3]$ الابتدائي	السرعة الابتدائية للتفاعل
1	0.012 M	$2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$
2	0.024 M	$5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$

49. استعمل بيانات الجدول 2-3 لحساب قيمة ثابت سرعة التفاعل k .

50. استعمل بيانات الجدول 2-3 لتوقع سرعة التفاعل، إذا كان التركيز الابتدائي لـ $CH_3N_2CH_3$ هو 0.048 M، ودرجة الحرارة ثابتة.

مسألة تحفيز

61. الهيدروكربونات يتحول البروبان الحلقي C_3H_6 عند تسخينه إلى بروبين $CH_2=CHCH_3$. فإذا علمت أن سرعة التفاعل من الرتبة الأولى للبروبان الحلقي، وكان ثابت السرعة عند درجة حرارة معينة $6.22 \times 10^{-4} s^{-1}$ ، فما وثبت تركيز البروبان الحلقي عند 0.0300 mol/L ، فما كتلة البروبين الناتجة خلال 10.0 min في حجم مقداره 2.50 L ؟

مراجعة تراكمية

62. ما كتلة كلوريد الحديد III اللازمة لتحضير محلول مائي منه حجمه 1.0 L وتركيزه 0.225 M ؟

63. ما المعلومات التي يجب معرفتها لحساب الارتفاع في درجة غليان محلول الهكسان في البنزين؟

64. إذا كانت ΔH لتفاعل ما سالبة، فمقارن طاقة المواد الناتجة بطاقة المواد المتفاعلة، وهل التفاعل ماص أم طارد للطاقة؟

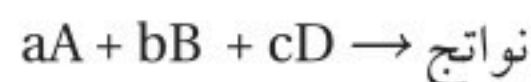
56. تأمل مخطط الطاقة لتفاعل ماص للطاقة، مكوّن من خطوة واحدة، ثم قارن ارتفاع طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي والتفاعل العكسي.

57. طبق طريقة مقارنة السرعات الابتدائية لتحديد رتبة التفاعل الكيميائي للمادة المتفاعلة X، واكتب مجموعة من البيانات التجريبية الافتراضية التي تقود إلى استنتاج أن تفاعل المادة X من الرتبة الثانية.

58. طبق نظرية التصادم لتفسير سببين يوضحان أن الزيادة في درجة حرارة التفاعل بمقدار 10 K تؤدي غالباً إلى مضاعفة سرعة التفاعل.

59. ارسم مخططاً يبين جميع الاحتمالات للتصادمات بين جزيئين من المادة المتفاعلة A، وجزيئين من المادة المتفاعلة B، ثم زد عدد جزيئات A من 2 إلى 4، وارسم جميع احتمالات التصادم التي يتحد فيها A مع B. كم سيزداد عدد التصادمات التي ينتج عنها اتحاد A مع B؟ وعلام يدل ذلك فيما يتعلق بسرعة التفاعل؟

60. صمّم جدولاً لكتابة تراكيز المواد المتفاعلة في المعادلة الآتية، مبتدئاً بـ 0.100 M لكل المتفاعلات، ثم حدّد قانون سرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية:



تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

65. **الأدوية** تحيّل انتشار مرض الأنفلونزا في بلد ما. ولحسن الحظ قام العلماء باكتشاف محفز جديد يزيد من سرعة إنتاج دواء فعال ضد هذا المرض. اكتب مقالا صحفياً يصف كيفية عمل هذا المحفز على أن يشمل المقال مخطط الطاقة في التفاعلات التي تحدث، وشرحاً مفصلاً لأهمية هذا الاكتشاف.

أسئلة المستندات

الكواشف الكيميائية يستعمل الكاشف الكيميائي (الفينولفثالين) للكشف عن القواعد. تبين بيانات الجدول 2-4 انخفاض تركيز الفينولفثالين مع مرور الزمن عند إضافة محلول الفينولفثالين ذا التركيز 0.0050 M إلى محلول مركز من مادة قاعدية تركيزها 0.6 M .

الجدول 2-4 التفاعل بين الفينولفثالين وكمية فائضة من مادة قاعدية.

تركيز الفينولفثالين (M)	الزمن (s)
0.0050	0.0
0.0040	22.3
0.0020	91.6
0.0010	160.9
0.00050	230.3
0.00015	350.7

تم الحصول على البيانات من: شبكة بوند للأبحاث، 2006، الكيمياء الحركية.

66. ما متوسط سرعة التفاعل في أول 22.3 s معبراً عنه بوحدة $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ ؟

67. ما متوسط سرعة تفاعل الفينولفثالين عندما ينخفض تركيزه من 0.0050 M إلى 0.00015 M ؟



اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. جميع العبارات الآتية حول سرعة التفاعل الكيميائي صحيحة ما عدا:

- a. السرعة التي يحدث بها التفاعل.
- b. التغير في تراكيز المواد المتفاعلة خلال وحدة الزمن.
- c. التغير في تراكيز المواد الناتجة خلال وحدة الزمن.
- d. كمية المواد الناتجة المتكونة في كل فترة زمنية.

2. ادرس العبارات الآتية:

العبرة الأولى: من العوامل التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعة المادة المتفاعلة، والتركيز، ومساحة سطح التفاعل، ودرجة الحرارة، والمحفزات.

العبرة الثانية: تزيد المحفزات من سرعة التفاعلات بزيادة طاقة التنشيط

العبرة الثالثة: يجب أن تصطدم جسيمات المواد المتفاعلة حتى يحدث تفاعل.

أي العبارات السابقة صحيحة؟

- a. الأولى والثانية.
- b. الثانية والثالثة.
- c. الأولى والثالثة.
- d. الأولى والثانية والثالثة.

3. ما حجم الماء الذي يجب إضافته إلى 6.0 ml من محلول قياسي تركيزه 0.050 M لتخفيفه إلى محلول تركيزه 0.020 M؟

- a. 15 mL
- b. 9.0 mL
- c. 6.0 mL
- d. 2.4 mL

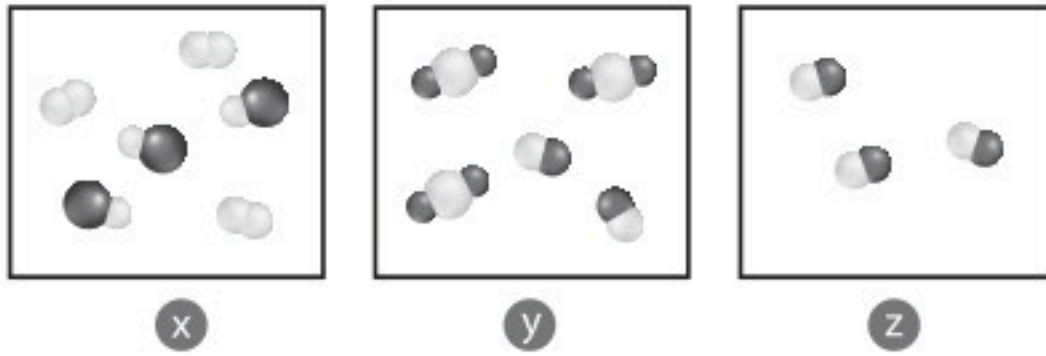
4. أي الوحدات لا تستعمل للتعبير عن سرعة التفاعل؟

- a. M/min
- b. L/s
- c. mol/mL.h
- d. mol/L.min

5. أي أنواع القوى بين الجزيئية الآتية يعد الأقوى؟

- a. الرابطة الأيونية.
- b. قوى ثنائية القطب.
- c. قوى التشتت.
- d. الرابطة الهيدروجينية.

استعمل الأشكال أدناه للإجابة عن السؤالين 6 و 7.



6. أي العينات تحتوي على جزيئات غاز الأكسجين؟

- a. x
- b. y
- c. z
- d. كل من x و y

7. أي العينات تحتوي على جزيئات فلوريد الماغنسيوم؟

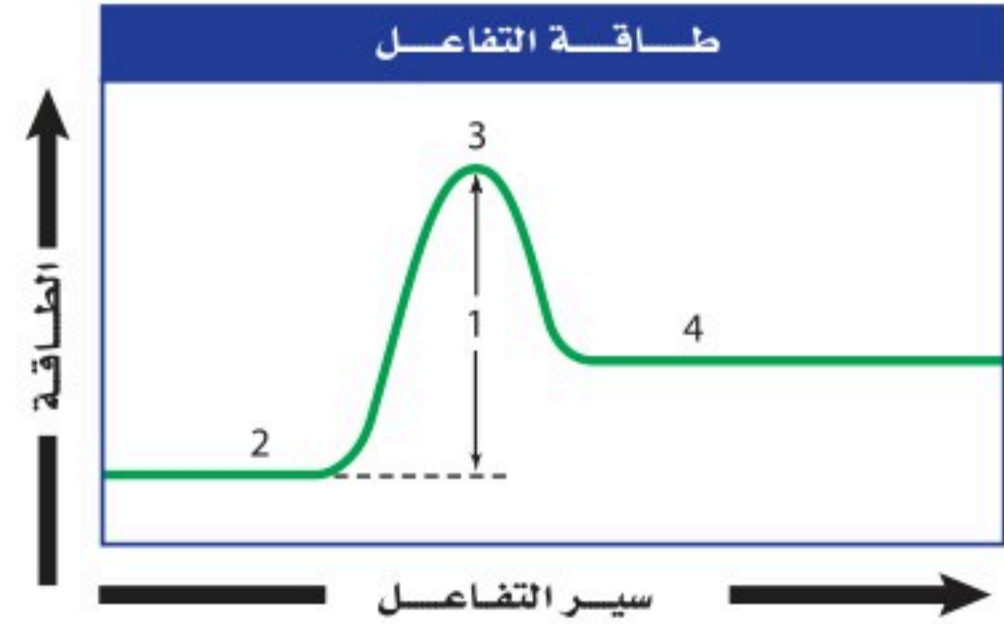
- a. x
- b. y
- c. z
- d. كل من x و y



اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

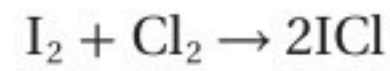
8. افترض أن قانون السرعة العام هو: $R = [A][B]^3$.
ما رتبة التفاعل لكل من المادة A والمادة B؟ وما رتبة التفاعل الكلية؟



9. يبين الشكل أعلاه منحنى طاقة تفاعل. إلام يشير كل رقم من الأرقام المبينة في الرسم؟
10. المعادلة $R = K[A]$ تصف سرعة تفاعل من الرتبة الأولى. إذا تضاعف تركيز المادة المتفاعلة A فماذا يطرأ على سرعة التفاعل؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. يتفاعل اليود والكلور في الحالة الغازية:



فإذا كان $[I_2]$ يساوي 0.400 M عند بداية التفاعل وأصبح 0.300 M بعد مضي 4.00 min فاحسب متوسط سرعة التفاعل بوحدة mol / L.min.



اللاتزان الكيمياءى

Chemical Equilibrium

3

الفكرة

الفكرة (العامة) يصل الكثير من التفاعلات إلى حالة من اللاتزان الكيمياءى؛ حيث تكون كل من المواد المتفاعلة والناآجة بسرعات متساوية.

1-3 حالة اللاتزان الاءىناميكى

الفكرة (الرئيسة) يوصف اللاتزان الكيمياءى بتعبير ثابت اللاتزان، الذى يعتمد على تراكيز المواد المتفاعلة والناآجة.

2-3 العوامل المؤثرة فى اللاتزان الكيمياءى

الفكرة (الرئيسة) عندما تطرأ آغيرات فى نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان آءىء.

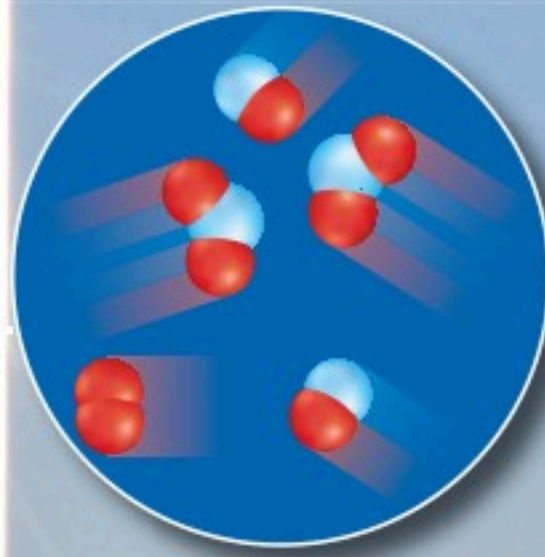
3-3 استعمال ثوابت اللاتزان

الفكرة (الرئيسة) يمكن استعمال تعبىر ثابت اللاتزان فى آساب تراكيز المواد فى التفاعل وءوبانىتها.

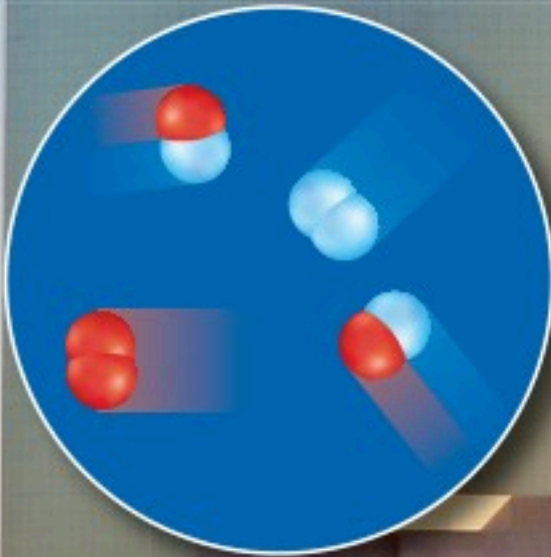
آقائق كيمياءىة

- يتسبب استعمال السىارات فى تلوىث الهواء أكثر من أى نشاط إنسانى آخر.
- لآء أسهمت المآولات المآفزة والتآىرات الناءة عن إاضافة بعض المواد إلى الآزولىن فى آعل السىارات أنظف 40% مما كانت عله قبل عقد من الزمن.

من مآونات الضباب الاءانى: NO_2
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$



من الغازات التى تآرج من عاءم المآرك: NO
 $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$



نشاطات تمهيدية

التغيرات المؤثرة في
الاتزان قم بعمل المطوية
الآتية لمساعدتك على تنظيم
المعلومات عن العوامل
المؤثرة في الاتزان

المطويات

منظمات الأفكار



الخطوة 1 اطو ورقة إلى
ثلاثة أقسام أفقيًا.

الخطوة 2 افتح الورقة
ثم اطو الجزء العلوي إلى
أسفل 2 cm.



الخطوة 3 افتح الورقة،
ثم ارسم خطوطًا على
حدود الطيات، وعبّر عن
الأعمدة: التغير في
التركيز، التغير في
الحجم والضغط، التغير
في درجة الحرارة.

التغير في التركيز	التغير في الحجم والضغط	التغير في درجة الحرارة

المطويات استعمل هذه المطوية في القسم 2-3،
ولخص ما تعلمته عن تأثير التغيرات في اتزان النظام،
مستعملًا المعادلات.

تجربة استهلالية

ما التساوي في الاتزان؟

الاتزان هو نقطة توازن تلغي عندها التغيرات المتعارضة بعضها
بعضًا.



خطوات العمل

1. املاء بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قس 20 mL من الماء في مخبر مدرج وأفرغها في كأس
زجاجية مدرجة سعتها 100 mL، ثم املاء المخبر المدرج
بالماء إلى 20 mL، وأضف ثلاث نقاط من ملون الطعام إلى
الماء في كل من الكأس والمخبر المدرج.
3. أحضر ماصتين مفتوحتي الطرفين لهما القطر نفسه.
4. بمساعدة زميلك، اغمر أحد الماصتين في الماء الملون في
الكأس، والأخرى في الماء الملون في المخبر المدرج، وعند
ارتفاع الماء الملون في الماصتين يغلق كل منكما الطرف
العلوي للماصة بسبابته، وينقل محتوياته إلى الوعاء الآخر.
5. كرر عملية النقل 25 مرة، وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. صف ملاحظاتك خلال عملية النقل.
 2. فسر هل تختلف النتيجة النهائية إذا تابعت عملية النقل فترة
أطول؟
- استقصاء** هل يمكن توضيح الاتزان إذا استعملت ماصات أو
أنابيب زجاجية لها أقطار مختلفة؟ فسر ذلك.





3-1

الأهداف

- تعدد خواص الاتزان الكيميائي.
- تكتب تعابير الاتزان للأنظمة المتزنة.
- تكتب ثوابت الاتزان من بيانات التركيز.

مراجعة المفردات

التفاعل الكيميائي: العملية التي يُعاد فيها ترتيب ذرات مادة أو أكثر لإنتاج مواد جديدة مختلفة.

المفردات الجديدة

- التفاعل العكسي
- الاتزان الكيميائي
- قانون الاتزان الكيميائي
- ثابت الاتزان
- الاتزان المتجانس
- الاتزان غير المتجانس

حالة الاتزان الديناميكي

A State of Dynamic Balance

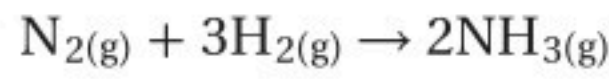
الفكرة الرئيسية يوصف الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان، الذي يعتمد على تراكيز المواد المتفاعلة والنواتجة.

الربط مع الحياة لعلك شاهدت شد الحبل بين فريقين. قد يبدو في بعض الأحيان وكأن الفريقين لا يسحب كلاً منهما الآخر؛ لأن الحبل بينهما لا يتحرك. وفي الحقيقة أن كلا الفريقين يسحب الآخر، ولكن القوة المبذولة من كلا الفريقين متساوية ومتعاكسة، لذلك يكونان في حالة اتزان.

ما الاتزان؟ What is Equilibrium?

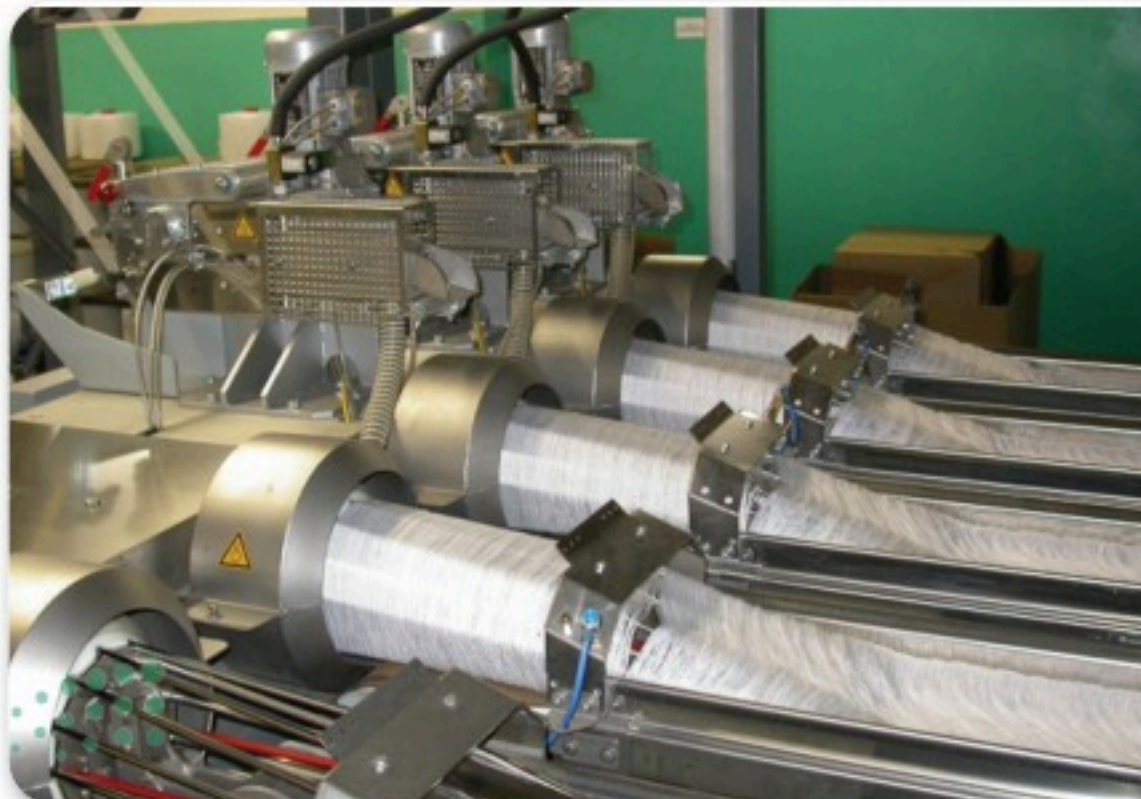
في كثير من الأحيان تصل التفاعلات الكيميائية إلى نقطة اتزان. إذا كنت قد أجريت التجربة الاستهلالية فستجد أنك وصلت إلى نقطة الاتزان من خلال نقل الماء من المخبر المدرج إلى الكأس، ومن الكأس إلى المخبر المدرج.

تأمل تفاعل تحضير غاز الأمونيا من غاز النيتروجين وغاز الهيدروجين باستعمال طريقة هابر:

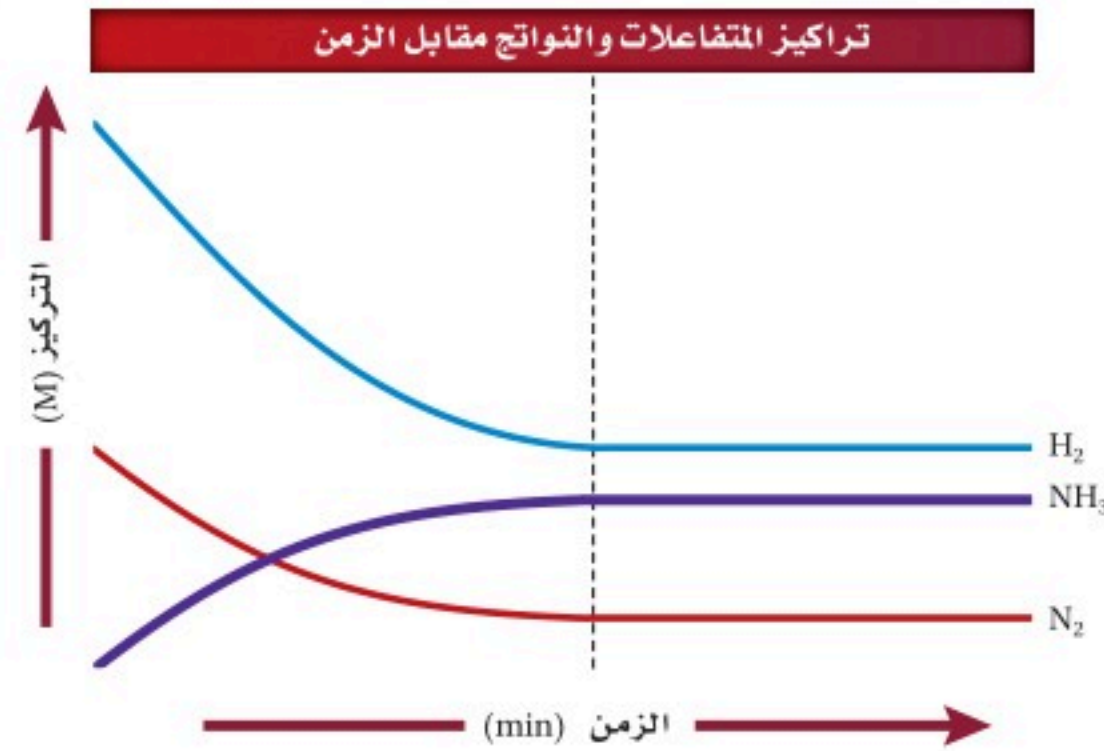


للأمونيا أهمية كبيرة في الزراعة؛ حيث تستعمل سماً ومادة إضافية في أطعمة الحيوانات. وفي الصناعة تمثل الأمونيا مادة خاماً في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها النايلون، كما يظهر في الشكل 3-1.

يحدث تفاعل تحضير الأمونيا تلقائياً في الظروف القياسية (درجة حرارة 298 K، وضغط جوي 1 atm)، ولكن التفاعلات التلقائية ليست دائماً سريعة. فعند إجراء هذا التفاعل في الظروف القياسية تتكون الأمونيا ببطء شديد. ولإنتاج الأمونيا بسرعة عملية يجب إجراء التفاعل في درجات حرارة أعلى وضغط أكبر.



الشكل 3-1 تتفاعل الأمونيا مع نهايتي جزيء مكون من 6 ذرات كربون، لتكون 1، 6 - ثنائي أمينوهكسان. تمثل هذه إحدى خطوات تكوين بوليمر النايلون. وتُظهر الصورة لف ألياف النايلون على ملفات حيث تستعمل في صناعة الإطارات.



الشكل 2-3 يتناقص تركيز المواد المتفاعلة N_2 ، H_2 في البداية، في حين يزداد تركيز الناتج NH_3 ، بحيث لا تستهلك المتفاعلات تمامًا وتصبح تراكيز جميع المواد ثابتة.

✓ اختبار الرسم البياني

وضح كيف يبين الرسم البياني أن تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تصبح ثابتة.

المفردات

المفردات الأكاديمية

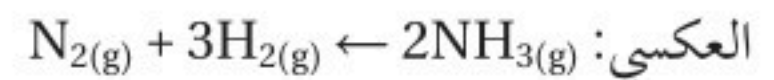
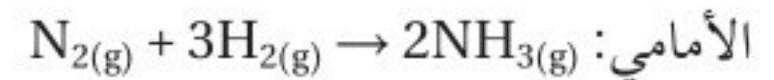
تحويل Convert

هو التغير من شكل أو وظيفة إلى أخرى.
حولت الغرفة الزائدة في منزلنا إلى مكتب.

ماذا يحدث عندما يوضع 1 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين في وعاء مغلق للتفاعل عند درجة حرارة 723 K؟ سوف يتفاعل النيتروجين والهيدروجين تلقائيًا. يوضح الشكل 2-3 سير التفاعل. لاحظ أن تركيز الأمونيا NH_3 الناتجة يساوي صفرًا في البداية، ويزداد مع الوقت، وأن المتفاعلات H_2 و N_2 تستهلك في أثناء التفاعل، لذلك يقل تركيزها تدريجيًا. وبعد مرور فترة من الزمن لا تتغير تراكيز NH_3 و N_2 و H_2 (أي تصبح جميع التراكيز ثابتة) كما هو موضح في الخطوط الأفقية في الجانب الأيمن من الرسم البياني. لاحظ أن تراكيز N_2 و H_2 لا تساوي صفرًا، وهذا يعني أنه لم يتم تحويل كامل المتفاعلات إلى نواتج.

✓ **اختبار الرسم البياني صف** ميل منحنى كل من الهيدروجين والنيتروجين والأمونيا في الطرف الأيسر من الرسم البياني. كيف يختلف ميل كل منحنى في الطرف الأيسر عن ميله في الطرف الأيمن من الرسم؟

التفاعلات العكسية والاتزان الكيميائي عندما تتحول المتفاعلات كاملة إلى نواتج يصف العلماء التفاعل بأنه مكتمل. إلا أن معظم التفاعلات لا تكتمل، بل تظهر وكأنها توقفت. **التفاعل العكسي** هو التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الاتجاهين الأمامي والعكسي.

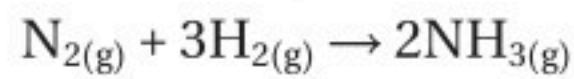


يدمج الكيميائيون المعادلتين في معادلة واحدة يستعمل فيها السهم الشئلي ليشير إلى اتجاهي التفاعلين الحادثن. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

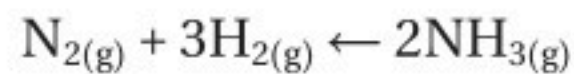
تكون المتفاعلات للتفاعل الأمامي في الجهة اليسرى من الأسهم، في حين تكون المتفاعلات للتفاعل العكسي في الجهة اليمنى من الأسهم. في التفاعل الأمامي يتحد النيتروجين والهيدروجين لتكوين الأمونيا. أما في التفاعل العكسي فتتحلل الأمونيا لتكوّن كلا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين.



كيف يؤثر التفاعل العكسي في إنتاج الأمونيا؟ يوضح الشكل 3-3a بدء تفاعل مزيج من الهيدروجين والنيتروجين بسرعة أولية محددة. ولا توجد أي كمية ناتجة من الأمونيا، وهذا يعني أن ما يحدث هو التفاعل الأمامي فقط.



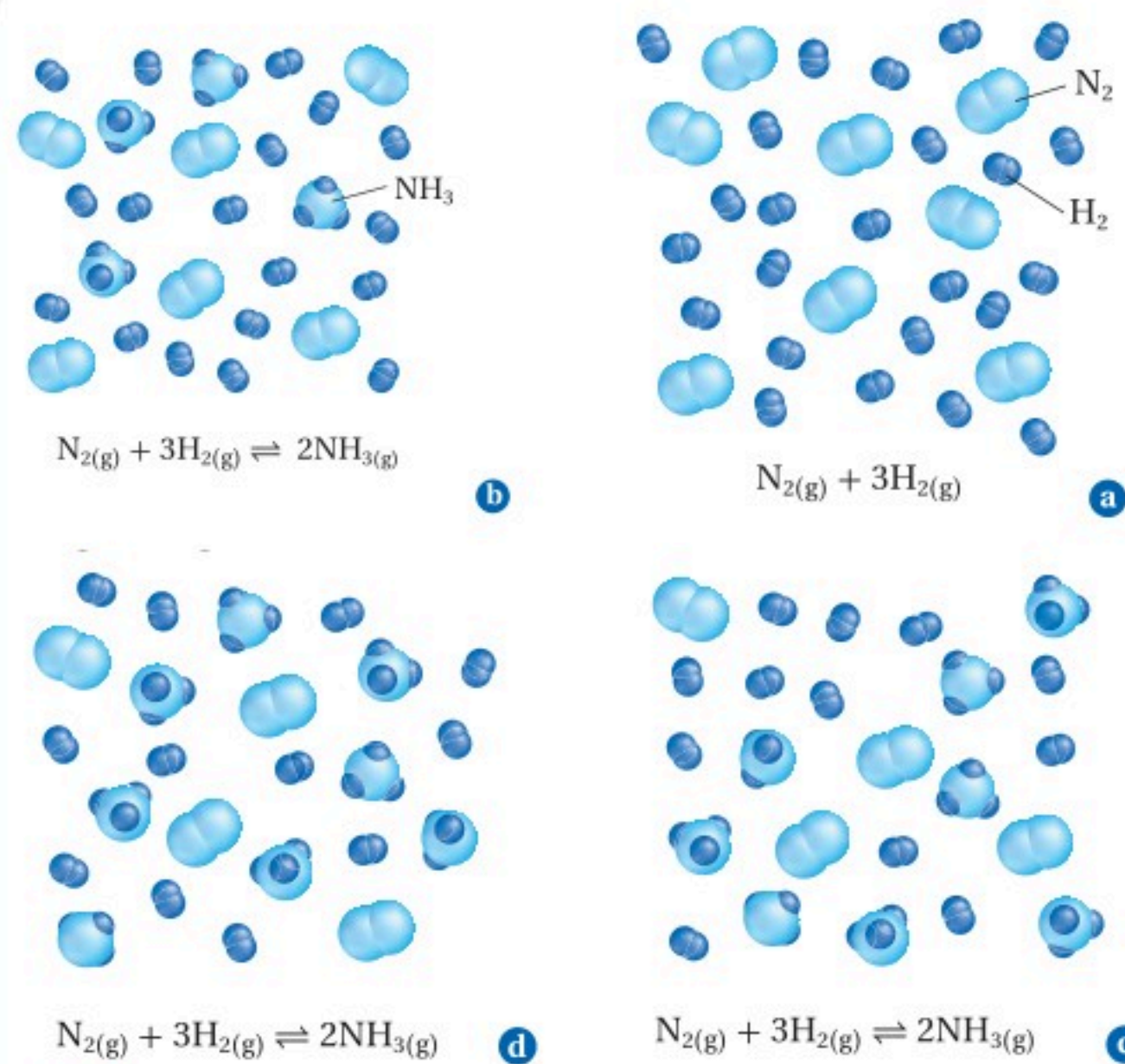
يقل تركيز كل من الهيدروجين والنيتروجين في أثناء اتحادهما لتكوين الأمونيا، كما هو موضح في الشكل 3-3b. وتذكر مما درست سابقاً أن سرعة التفاعل الكيميائي تعتمد على تراكيز المتفاعلات؛ إذ يسبب نقص تراكيز المتفاعلات إبطاء سرعة التفاعل الأمامي. وفي هذا التفاعل، بمجرد أن تنتج الأمونيا يحدث التفاعل العكسي ببطء، ثم تزداد سرعته مع زيادة تركيزها.



وفي أثناء سير التفاعل تستمر سرعة التفاعل الأمامي في النقصان، وتستمر سرعة التفاعل العكسي في الزيادة حتى تتساوى السرعتان. عند هذه النقطة تتكون الأمونيا بالسرعة نفسها التي تتحلل بها، لذلك تبقى تراكيز N_2 و H_2 و NH_3 ثابتة كما هو موضح في الشكلين 3-3c و 3-3d، ويكون النظام عندها قد وصل إلى حالة الاتزان.

ولذا يعرف **الاتزان الكيميائي** بأنه حالة النظام عندما تتساوى سرعتا التفاعل الأمامي والعكسي، وعندها تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.

سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل العكسي

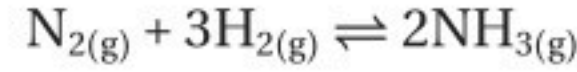


الشكل 3-3 توضح الرسوم من a إلى d سير التفاعل لتكوين الأمونيا من الهيدروجين والنيتروجين.

استنتج

ادرس الأشكال وأجب عن الأسئلة الآتية:
a: كيف تعلم أن التفاعل لم يبدأ بعد؟
b: ما الدليل الذي يشير إلى بداية التفاعل العكسي؟ قارن الشكلين c و d، كيف تعلم أن النظام وصل إلى حالة الاتزان؟

يمكنك معرفة أن تفاعل تكوّن الأمونيا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؛ لأن معادلته كتبت بسهم مزدوج كما يأتي:



عند الاتزان تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناججة ثابتة، كما يظهر في الشكلين 3-3c و 3-3d لكن هذا لا يعني أن كميات أو تراكيز المتفاعلات والنواتج متساوية؛ فهذه الحالة نادرة الحدوث، بل تكون سرعة تكون النواتج مساوية لسرعة تكون المتفاعلات. **✓ ماذا قرأت؟** فسر معنى السهم المزدوج في المعادلات الكيميائية.

الطبيعة الديناميكية للاتزان

يمثل كل من الدفع أو السحب المؤثر في جسم ما قوة؛ فأنت تبذل قوة عندما تدفع الباب أو تسحب مقعدك من مكانه. إذا أثرت قوتان أو أكثر في جسم وفي الاتجاه نفسه فإن محصلة هذه القوى تساوي مجموعها. أما إذا كانت القوى المؤثرة في الجسم متعاكسة في الاتجاه فإن القوة المحصلة تساوي الفرق بينها، ويكون اتجاه القوة المحصلة في اتجاه القوة الكبرى. لهذا في لعبة شد الحبل عندما يسحب الفريقان الحبل بقوى متساوية تكون محصلة القوى صفراً، فلا يتحرك الحبل، ويوصف النظام بأنه في حالة اتزان. وبالمثل، في الشكل 3-4a فالأشخاص الذين يلعبون لعبة التوازن (السيسو) يمثلون نظاماً متزاناً؛ إذ تسمى القوى المتماثلة والمتعاكسة على لعبة التوازن (السيسو) القوى المتوازنة، أما إذا كانت واحدة من هذه القوى أكبر من الأخرى فإن القوة المحصلة تكون أكبر من صفر وتسمى القوى غير المتوازنة. وتسبب القوى غير المتوازنة تسارع الجسم، كما يحدث في الشكل 3-4b.



الشكل 3-4

a: تكون جميع القوى في توازن لذلك لا يتحرك موقع لعبة التوازن (السيسو).

b: تسبب القوى غير المتوازنة في الجهة اليسرى في تغيير موقع لعبة التوازن (السيسو).

وضح كيف تشبه لعبة التوازن (السيسو) الاتزان الكيميائي؟

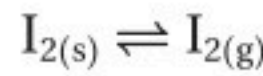




الشكل 3-5 افترض أن عددًا معينًا من الأشخاص محصورون في مبنين متصلين بممر يسمح للناس بالعبور ذهابًا وإيابًا بينهما. إن عدد الأشخاص في كل مبنى يبقى ثابتًا إذا كان عدد الأشخاص الذين يعبرون الممر في أحد الاتجاهين مساويًا لعدد الأشخاص الذين يعبرون في الاتجاه المعاكس.

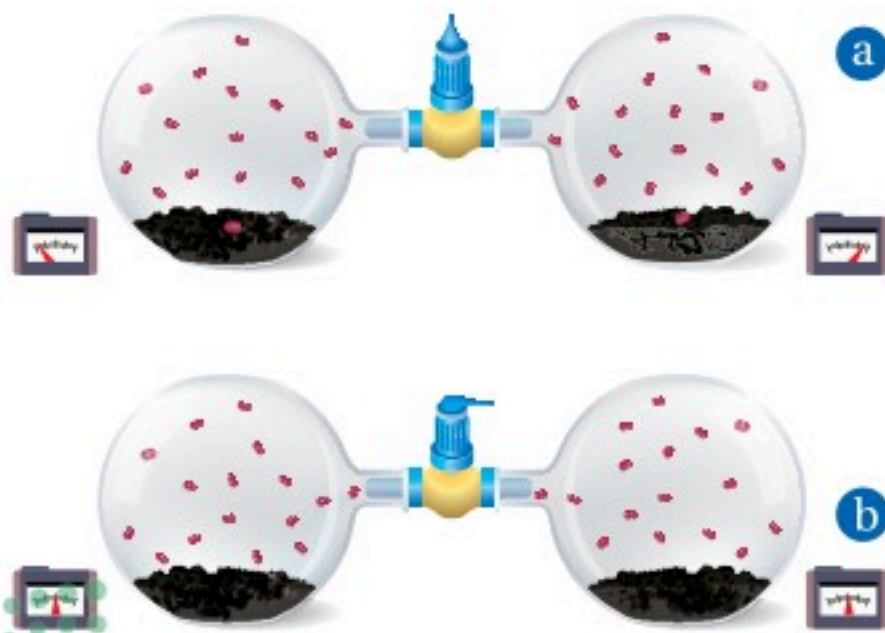
حدد هل يكون الأشخاص أنفسهم موجودين دائمًا في المبنى نفسه؟ كيف تطبق إجابتك على الاتزان الكيميائي؟

يمكن تشبيه ما ورد في الشكل 3-5 بالطبيعة الديناميكية للاتزان الكيميائي عند وضع كميات متساوية من بلورات اليود في دورقين متصلين، كما هو موضح في الشكل 6a - 3. يحتوي الدورق في الجهة اليسرى على جزيئات يود من النظير غير المشع I-127، ويحتوي الدورق في الجهة اليمنى على جزيئات يود من النظير المشع I-131. تبين عدادات الإشعاع الفرق في مستويات الإشعاع في كل دورق. إذ يمثل كل دورق نظامًا مغلقًا، لذا لا يمكن لأي من المتفاعلات أو النواتج أن تدخل أو تخرج من الدورق. فعند درجة حرارة 298 K وضغط 1 atm يحدث الاتزان في كلا الدورقين.



في التفاعل الأمامي الذي يسمى التسامي، تتغير جزيئات اليود من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. وفي التفاعل العكسي تعود جزيئات اليود الغازية إلى الحالة الصلبة. أي يتكون اتزان صلب-غاز في كل دورق.

عندما يتم فتح المحبس في الأنبوب الذي يصل الدورقين، كما هو موضح في الشكل 3-6b، ينتقل بخار اليود بين الدورقين. وبعد فترة من الزمن تشير قراءات عدادات الإشعاع إلى وجود عدد من جزيئات اليود المشع I-131 في الدورق في الجهة اليسرى، كما في الدورق في الجهة اليمنى في الحالتين الصلبة والغازية. توحي الأدلة بأن جزيئات اليود تتغير بشكل مستمر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية بحسب التفاعل الأمامي. وأن جزيئات اليود الغازية تتغير إلى الحالة الصلبة وفقًا للتفاعل العكسي. وتشير قراءات عدادات الإشعاع إلى أن الاتزان قد تحقق في الحجم الكلي في الدورقين.



في الشكل 3-6 a. تفصل جزيئات اليود المشع في الدورق الأيمن عن جزيئات اليود غير المشع في الدورق الأيسر. لاحظ قراءات عدادات الإشعاع.

b. بعد فتح المحبس فترة من الزمن توضح قراءات عدادات الإشعاع وجود جزيئات مشعة في كلا الدورقين. لقد تحركت الجسيمات ذهابًا وإيابًا بين الدورقين وبين الحالتين الصلبة والغازية.



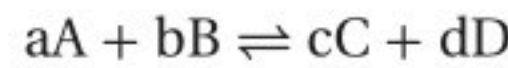
خواص الاتزان لعلك لاحظت خواص معينة للتفاعلات الكيميائية التي تصل إلى حالة الاتزان .

أولاً: يجب أن يتم التفاعل في نظام مغلق، أي لا يخرج من النظام أو يدخله أي من النواتج أو المتفاعلات. ثانياً: يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة. ثالثاً: توجد النواتج والمتفاعلات معاً، وهي في حركة ديناميكية ثابتة، وهذا يعني أن الاتزان ديناميكي، وليس ساكناً.

تعبير الاتزان Equilibrium Expressions

لبعض الأنظمة الكيميائية ميل قليل للتفاعل، في حين تستمر أنظمة أخرى في التفاعل حتى تكتمل. وتصل معظم التفاعلات إلى حالة الاتزان مع وجود بعض المتفاعلات غير مستهلكة. عندما لا تستهلك المتفاعلات تماماً تكون كمية النواتج أقل من المتوقع بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة. وبالنظر إلى معادلة تحضير الأمونيا نجد أنه يتكون 2 mol من الأمونيا عند تفاعل 1 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين. ولأن هذا التفاعل يصل إلى حالة اتزان فإننا نحصل على أقل من 2 mol من الأمونيا.

قانون الاتزان الكيميائي قدم وطور الكيميائيان النرويجيان كاتو ماكسمليان جولدبرج Guldberg وبيتر ويج Waage في عام 1864م **قانون الاتزان الكيميائي** الذي ينص على أنه عند درجة حرارة معينة يمكن للتفاعل الكيميائي أن يصل إلى حالة تصبح فيها نسب تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة. وتكون معادلة التفاعل العامة للتفاعل الذي في حالة اتزان كما يأتي:



إذا تم تطبيق قانون الاتزان الكيميائي على المعادلة نحصل على النسبة الآتية:

تعبير ثابت الاتزان

$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

تمثل [A] و [B] التراكيز المولارية للمتفاعلات

[C] و [D] التراكيز المولارية للنواتج

تمثل الأسس a و b و c و d معاملات المعادلة الموزونة

يمثل ثابت الاتزان نسبة التراكيز المولارية للنواتج إلى التراكيز المولارية للمتفاعلات. ويُرفع كل تركيز إلى أس يساوي المعامل الخاص به في المعادلة الموزونة.

ثابت الاتزان K_{eq} هو القيمة العددية لنسبة حاصل ضرب تراكيز النواتج على حاصل ضرب تراكيز المتفاعلات، ويُرفع كل تركيز إلى أس مساو للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة. وتكون قيمة K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة فقط.

كيف يمكن تفسير قيمة ثابت الاتزان؟ تعلم أن قيمة الكسر الذي بسطه أكبر من مقامه تكون أكبر من 1. وتكون قيمة الكسر الذي بسطه أقل من مقامه أقل من 1. على سبيل المثال، قارن بين الكسرين $\frac{5}{1}$ و $\frac{1}{5}$. فالخمس أكبر من الخمس. ولأن تراكيز النواتج

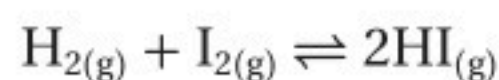


توجد في بسط معادلة ثابت الاتزان فإن التفاعل يكون محتويًا على نواتج أكثر من المتفاعلات إذا كانت القيمة العددية للثابت K_{eq} كبيرة ، وبالمثل تكون المواد المتفاعلة أكثر من النواتج عندما تكون القيمة العددية للثابت K_{eq} صغيرة .

$K_{eq} > 1$ ، تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيز المواد المتفاعلة عند الاتزان.

$K_{eq} < 1$ ، تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من تراكيز المواد الناتجة عند الاتزان.

تعايير الاتزان المتجانس ينتج غاز يوديد الهيدروجين عن تفاعل الاتزان لغاز الهيدروجين مع اليود. لليود ومركباته استعمالات مهمة في الطب، كما هو موضح في الشكل 3-7. كيف يمكنك كتابة تعبير ثابت الاتزان لهذا التفاعل؟



هذا تفاعل **اتزان متجانس**، وهذا يعني أن المتفاعلات والنواتج موجودة في الحالة الفيزيائية نفسها؛ فكل المواد المشاركة في هذا التفاعل في الحالة الغازية. أولاً ضع تراكيز النواتج في البسط وتراكيز المتفاعلات في المقام.

$$\frac{[HI]}{[H_2][I_2]}$$

يصبح هذا التعبير مساوياً لثابت الاتزان K_{eq} ، عندما نضيف المعاملات بوصفها أسساً من المعادلة الكيميائية الموزونة

$$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

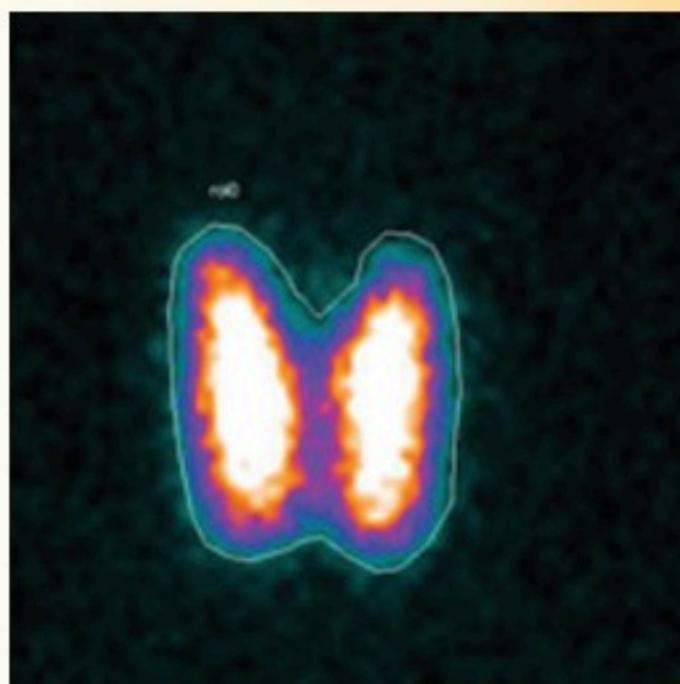
ثابت الاتزان لهذا التفاعل يساوي 49.7 عند درجة حرارة 731 K. لاحظ أن 49.7 ليست لها وحدة. من المعتاد حذف الوحدات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان.



الشكل 3-7 بسبب خواص اليود المضادة للجراثيم، يستعمل محلول اليود ومركباته مطهرات خارجية. كما تدخل بعض مركبات يوديد البوتاسيوم KI في الأدوية التي تعالج تضخم الغدة الدرقية.

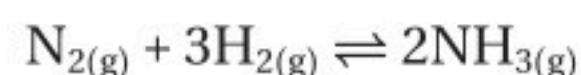
الكيمياء في واقع الحياة

صحة الغدة الدرقية



الطب النووي تمتص الغدة الدرقية نظير اليود المشع I-131، الذي يستعمل في الطب لتشخيص وعلاج أمراض الغدة الدرقية. فعندما يتناول المريض تعمل إشعاعات اليود على إعطاء صورة للغدة تكشف عن أي قصور. تُظهر الصورة أعلاه الغدة الدرقية لمريض يعاني من مرض تضخم الغدة، وهو مرض يمكن علاجه، وسببه فرط نشاط الغدة الدرقية.

تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات المتجانسة تنتج ملايين الأطنان من الأمونيا NH_3 لاستعمالها في صناعة الأسمدة والألياف الصناعية. ويمكن أن تستعمل الأمونيا منظفًا منزليًا؛ فهي مفيدة جدًا في تنظيف الزجاج. وتصنع الأمونيا من عناصرها الهيدروجين والنيتروجين باستعمال طريقة هابر. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل الآتي:



1 تحليل المسألة

توفر معادلة التفاعل المعلومات المطلوبة لكتابة تعبير ثابت الاتزان. وهذا الاتزان متجانس؛ لأن المتفاعلات والنواتج في الحالة الفيزيائية نفسها.

المعطيات

المطلوب

$$1 = \text{N}_2, [A] = [\text{N}_2] \quad K_{eq} = ?$$

$$3 = \text{H}_2, [B] = [\text{H}_2]$$

$$2 = \text{NH}_3, [C] = [\text{NH}_3]$$

2 حساب المطلوب

$$A = \text{N}_2, B = \text{H}_2, C = \text{NH}_3 \text{ عوض}$$

$$\text{عوض } a = 1, b = 3, c = 2$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{NH}_3]^c}{[\text{N}_2]^a [\text{H}_2]^b}$$

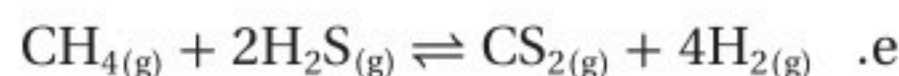
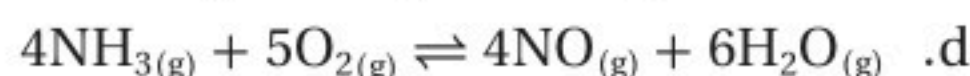
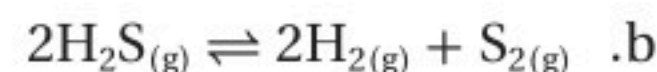
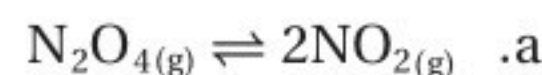
$$K_{eq} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] [\text{H}_2]^3}$$

3 تقويم الإجابة

تراكيز النواتج في البسط وتراكيز المتفاعلات في المقام. ترفع التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها.

مسائل تدريبية

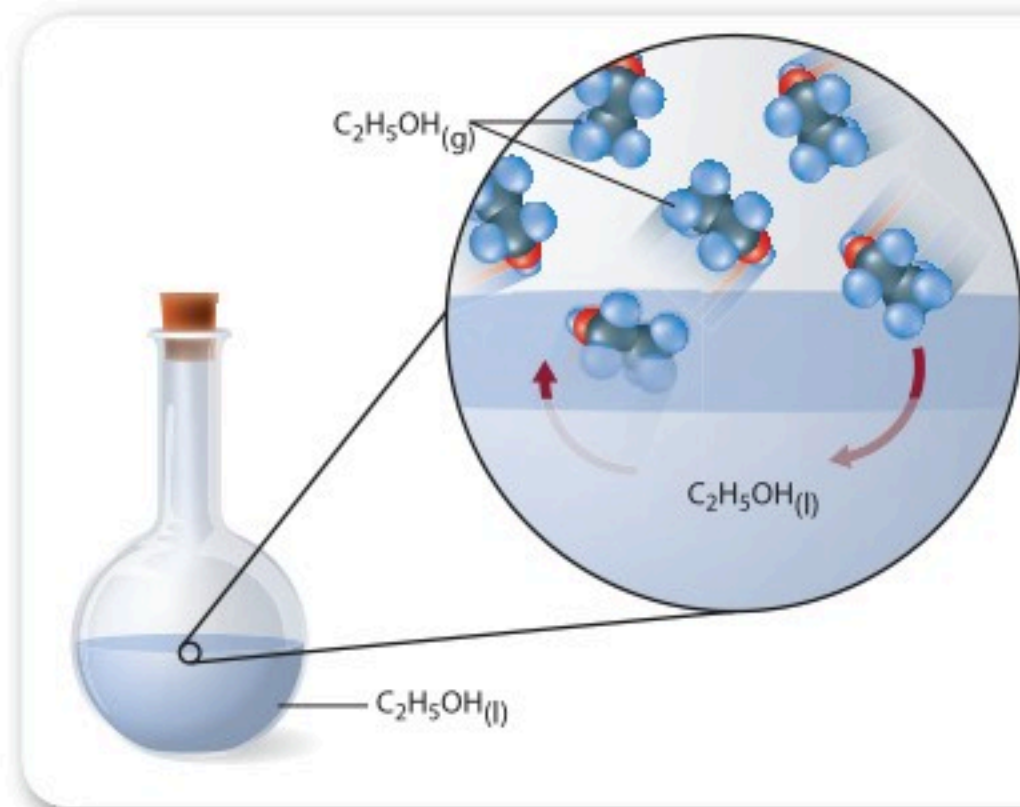
1. اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:



2. تحفيز اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان الآتي:

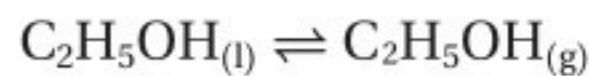
$$K_{eq} = \frac{[\text{CO}]^2 [\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$$





الشكل 3-8 عند الاتزان، تكون سرعة تبخر الإيثانول C_2H_5OH مساوية لسرعة التكثف. يسمى هذا الاتزان المكون بين حالتين فيزيائيتين للمادة الاتزان غير المتجانس. تعتمد قيمة K_{eq} على $[C_2H_5OH(g)]$ فقط.

تعبير الاتزان غير المتجانس لقد تعلمت كتابة تعابير ثابت الاتزان K_{eq} للاتزان المتجانس؛ إذ تكون المتفاعلات والنواتج في الحالة الفيزيائية نفسها. أما عندما توجد المتفاعلات والنواتج في أكثر من حالة فيزيائية واحدة فيسمى **الاتزان غير المتجانس**. فمثلاً إذا وضعت كمية من الإيثانول في دورق مغلق فإنه بعد فترة من الزمن يحدث اتزان غاز - سائل، كما هو موضح في الشكل 3-8



لكتابة تعبير ثابت الاتزان لهذه العملية، يجب أن تكتب نسبة تركيز المادة الناتجة إلى تركيز المادة المتفاعلة. وفي درجة حرارة معينة تكون قيمة النسبة ثابتة K .

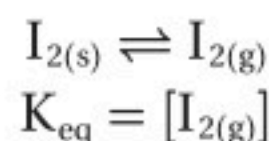
$$K = \frac{[C_2H_5OH(g)]}{[C_2H_5OH(l)]}$$

لاحظ أن المقام في القانون يمثل الإيثانول السائل؛ وهو مادة نقية، لذلك فإن تركيزه هو كثافته معبر عنها بوحدة mol/L . تذكر أن الكثافة ثابتة عند درجة حرارة ثابتة، لذلك مهما كانت كمية الإيثانول السائل $C_2H_5OH(l)$ صغيرة أو كبيرة فإن تركيزه يبقى ثابتاً. لذلك فإن القيمة الموجودة في المقام ثابتة، ويمكن دمجها مع K لتعطي K_{eq} .

$$K[C_2H_5OH(l)] = [C_2H_5OH(g)] = K_{eq}$$

ويمكن كتابة تعبير ثابت الاتزان لهذا التغير في الحالة الفيزيائية للإيثانول على النحو الآتي: $K_{eq} = [C_2H_5OH(g)]$

المواد الصلبة مواد نقية بتركيز ثابتة، لذلك يمكن تبسيط الاتزان الذي يحتوي مواد صلبة بالطريقة نفسها. تذكر تجربة تسامي جزيئات اليود في الشكل 3-6.



يعتمد ثابت الاتزان K_{eq} على تركيز غاز اليود في النظام فقط.

مهمن في الكيمياء

كاتب علمي لنقل المعلومات العلمية للقارئ غير العلمي، يجب أن يكون لدى الكاتب خلفية علمية واسعة وقدرة على الكتابة بشكل مفهوم وواضح ودقيق. يجعل الكاتب العلمي المواضيع المعقدة - مثل الاتزان الكيميائي - في متناول قراء ليس لديهم أي معلومات عن الموضوع.



الشكل 3-9 تمتص كربونات الصوديوم الهيدروجينية (صودا الخبز) الروائح وتتعش الهواء داخل الثلاجة. وهي أيضاً من المكونات الرئيسية في بعض معاجين الأسنان.

تعبير ثابت الاتزان غير المتجانس تستعمل صودا الخبز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية) في الخبز، ومضاداً للحموضة، وفي التنظيف، كما أنها توضع في أوعية مفتوحة في الثلاجات لإبقاء الجو منعشاً، كما هو موضح في الشكل 3-9. اكتب تعبير ثابت الاتزان لتحلل صودا الخبز.



1 تحليل المسألة

هذا الاتزان غير المتجانس يحتوي على غازات ومواد صلبة، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان.

المعطيات

المطلوب

تعبير ثابت الاتزان = ؟

$[\text{Na}_2\text{CO}_3] = [\text{C}]$ ، معاملها = 1

$[\text{CO}_2] = [\text{D}]$ ، معاملها = 1

$[\text{H}_2\text{O}] = [\text{E}]$ ، معاملها = 1

$[\text{NaHCO}_3] = [\text{A}]$ ، معاملها = 2

2 حساب المطلوب

كوّن نسبة تراكيز النواتج إلى تراكيز المتفاعلات.

ضع التعبير العام لثابت الاتزان

$$K_{eq} = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d [\text{E}]^e}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{Na}_2\text{CO}_3]^c [\text{CO}_2]^d [\text{H}_2\text{O}]^e}{[\text{NaHCO}_3]^a}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{Na}_2\text{CO}_3]^1 [\text{CO}_2]^1 [\text{H}_2\text{O}]^1}{[\text{NaHCO}_3]^2}$$

$$K_{eq} = [\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]$$

عوض $\text{D} = \text{CO}_2$ $\text{A} = \text{NaHCO}_3$

$\text{C} = \text{Na}_2\text{CO}_3$ $\text{E} = \text{H}_2\text{O}$

عوض $a = 2, c = 1, d = 1, e = 1$

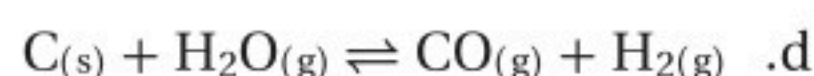
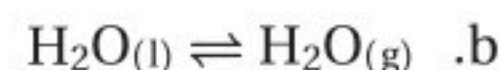
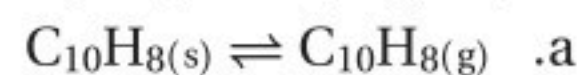
قم بإزالة المواد الصلبة

3 تقويم الإجابة

يطبق تعبير ثابت الاتزان قوانين الاتزان الكيميائي بصورة صحيحة على المعادلة.

مسائل تدريبية

3. اكتب تعبير ثابت الاتزان غير المتجانس لكل مما يلي:

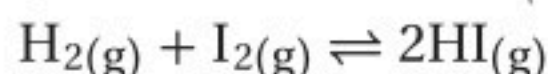


4. تحفيز يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد FeCl_3 III. اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.



ثوابت الاتزان Equilibrium Constants

تبقى قيمة K_{eq} ثابتة لتفاعل معين عند درجة حرارة معينة، بغض النظر عن التراكيز الابتدائية للنواتج والمتفاعلات. لفحص هذه النظرية تم تنفيذ ثلاث تجارب للتفاعل:



ويلخص الجدول 1-3 نتائج تلك التجارب. في المحاولة الأولى وضع 1.0000 mol من H_2 و 2.0000 mol من I_2 في وعاء حجمه 1.0000 L وليس هناك أي كمية من HI في بداية المحاولة 1. في بداية المحاولة 2 فقط كان HI موجوداً. أما في المحاولة 3 فكان لكل مادة من المواد الثلاث التركيز الابتدائي نفسه. وقد أجريت التفاعلات جميعها في درجة حرارة 731 K.

تراكيز الاتزان تم تحديد تركيز كل مادة تجريبياً عند الاتزان. لاحظ أن تراكيز الاتزان في التجارب الثلاث ليست متساوية. لكن عند التعويض بتراكيز المواد عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان تم الحصول على قيمة K_{eq} نفسها في المحاولات الثلاث.

قيمة K_{eq} رغم أن نظام الاتزان له قيمة K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة، إلا أن له عددًا غير محدود من مواضع الاتزان، والتي تعتمد على التراكيز الابتدائية للمتفاعلات والنواتج.

تعني قيمة K_{eq} العالية في التفاعل $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ أن النواتج موجودة بكميات أكبر من المتفاعلات عند الاتزان. لاحظ أن قيمة ثابت الاتزان ثابتة في التجارب الثلاث، بحيث تعطي كل تجربة موضع اتزان مختلف. لكن في كثير من التفاعلات تكون قيمة K_{eq} صغيرة.

فعلى سبيل المثال ثابت الاتزان K_{eq} للتفاعل $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ يساوي 4.6×10^{-31} عند درجة حرارة 298 K. وتعني القيمة الصغيرة لـ K_{eq} أن كمية أكسيد النيتروجين NO الناتجة عملياً تكون شبه معدومة عند الاتزان.

بيانات تجريبية لتفاعل يوديد الهيدروجين عند الاتزان							الجدول 1-3
K_{eq}	تراكيز الاتزان			التراكيز الابتدائية			
$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$	[HI]	[I ₂]	[H ₂]	[HI]	[I ₂]	[H ₂]	تجربة
$49.70 = \frac{[1.8682]^2}{[0.06587][1.0659]}$	1.8682	1.0659	0.06587	0	2.0000	1.0000	1
$49.70 = \frac{[3.8950]^2}{[0.5525][0.5525]}$	3.8950	0.5525	0.5525	5.0000	0	0	2
$49.70 = \frac{[1.7515]^2}{[0.2485][0.2485]}$	1.7515	0.2485	0.2485	1.0000	1.0000	1.0000	3



✓ **ماذا قرأت؟** فسر لماذا يعد من المهم وجود المتفاعلات والنواتج معاً في الاتزان؟

مثال 3-3

قيمة ثابت الاتزان احسب قيمة K_{eq} لتعبير ثابت الاتزان $K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ إذا علمت أن تراكيز المواد في أحد مواضع

الاتزان $[NH_3] = 0.933 \text{ mol/L}$, $[N_2] = 0.533 \text{ mol/L}$, $[H_2] = 1.600 \text{ mol/L}$

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت تعبير ثابت الاتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج، يجب حساب ثابت الاتزان.

المعطيات

$$K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

المطلوب

$$K_{eq} = ?$$

$$[N_2] = 0.533 \text{ mol/L}$$

$$[H_2] = 1.600 \text{ mol/L}$$

$$[NH_3] = 0.933 \text{ mol/L}$$

2 حساب المطلوب

$$K_{eq} = \frac{[0.933]^2}{[0.533][1.600]^3} = 0.399$$

$$\text{عوض } [NH_3] = 0.933 \text{ mol/L}$$

$$[N_2] = 0.533 \text{ mol/L}, [H_2] = 1.6 \text{ mol/L}$$

3 تقويم الإجابة

توجد القيمة الكبرى للتركيز في مقام المعادلة، وهي مرفوعة للأس (3)، لذا قيمة K_{eq} الناتجة أقل من 1 معقولة.

مسائل تدريبية

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ إذا علمت أن:

$$[N_2O_4] = 0.0185 \text{ mol/L}, [NO_2] = 0.0627 \text{ mol/L}$$

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ إذا علمت أن:

$$[CO] = 0.0613 \text{ mol/L},$$

$$[H_2] = 0.1839 \text{ mol/L},$$

$$[CH_4] = 0.0387 \text{ mol/L},$$

$$[H_2O] = 0.0387 \text{ mol/L}$$

7. **تحفيز** يصل التفاعل $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K، فإذا كان تركيز كل

من CO و Cl_2 هو 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$ ؟ علماً أن ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2} .



التقويم 3-1

الخلاصة

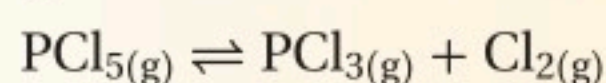
- يكون التفاعل في حالة اتزان إذا كانت سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.
- يعبر عن حالة الاتزان بثابت الاتزان وهو نسبة حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة إلى حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة؛ حيث ترفع هذه التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة.
- تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة.

8. **الفكرة الرئيسية** فسر كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج K_{eq} ؟

9. **قارن** بين الاتزان المتجانس والاتزان غير المتجانس.

10. **عدّد** ثلاث خواص يجب أن توجد في خليط تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.

11. **احسب** قيمة K_{eq} عند درجة حرارة 400 K للتفاعل الآتي:



إذا علمت أن:

$$[\text{PCl}_5] = 0.135 \text{ mol/L}$$

$$[\text{PCl}_3] = 0.550 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}_2] = 0.550 \text{ mol/L}$$

12. **فسر البيانات** يوضح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أي منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسر إجابتك.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250





3-2

الأهداف

- تصف العوامل المتعددة التي تؤثر في الاتزان الكيميائي.
- تفسر كيف يطبق مبدأ لوتشاتليه على أنظمة في حالة اتزان.

مراجعة المفردات

- سرعة التفاعل: التغير في تركيز متفاعل أو ناتج في وحدة الزمن. ويحسب عادةً بوحدة مول لكل لتر في الثانية.

المفردات الجديدة

مبدأ لوتشاتليه

العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

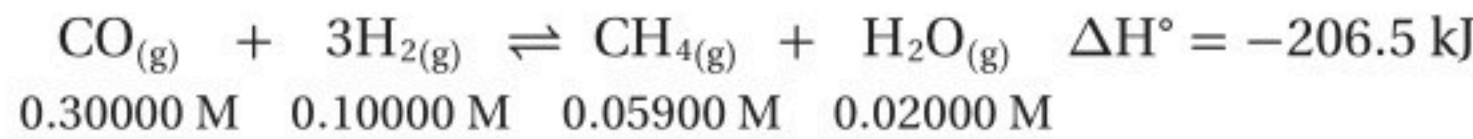
Factors Affecting Chemical Equilibrium

الفكرة الرئيسية عندما تطرأ تغييرات على نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.

الربط مع الحياة عندما يتساوى الطلب على منتج ما مع المعروض من هذا المنتج يبقى السعر ثابتاً. أما إذا زاد الطلب على المنتج فإن سعر المنتج سوف يزيد. ويصبح السعر ثابتاً مرة أخرى عندما يصل العرض والطلب إلى حالة اتزان. وهذا يشبه تصرف الأنظمة في حالة الاتزان.

مبدأ لوتشاتليه Le Châtelier's Principle

افترض أن غازي الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من النواتج الجانبية لعملية صناعية. وأن الكيميائيين في الشركة يعتقدون أنه يمكن دمج الغازين لإنتاج وقود الميثان CH_4 . فعند وضع كل من غاز أول أكسيد الكربون CO وغاز الهيدروجين H_2 في وعاء مغلق عند درجة حراره 1200 K ، يصل التفاعل الطارد للحرارة ($\Delta H = -206.5\text{ kJ}$) إلى حالة الاتزان.



$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{(0.05900)(0.02000)}{(0.30000)(0.10000)^3} = 3.933$$

ولأن تركيز الميثان 0.0590 mol/L قليل جداً فإنه لا يمكن استعماله عملياً. فهل يمكن لعلماء الكيمياء التحكم في موضع الاتزان للحصول على كمية أكبر من الميثان؟ يشبه هذا عداء يركض على آلة المشي، كما في الشكل 3-10، فإذا زاد العداء سرعة الآلة فإن عليه زيادة سرعته للعودة إلى حالة الاتزان.



الشكل 3-10 يزيد العداء من سرعة آلة المشي تدريجياً. لذا عليه عند كل زيادة أن يزيد سرعة ركضه ليحقق اتزانه على الآلة مرة أخرى. وبشكل مماثل يمكن لعالم الكيمياء تغيير ظروف التفاعل عند الاتزان لزيادة كمية النواتج.

أضف معلومات من هذا القسم إلى مطويتك.

تجربة عملية

التفاعلات الانعكاسية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإشرافية



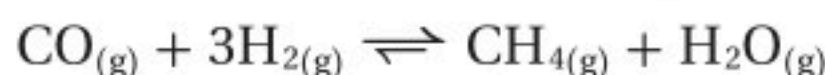
في عام 1888م اكتشف العالم الفرنسي هنري لويس لوتشاتلييه Le chatelier أن هناك طرائق للتحكم في الاتزان لجعل التفاعل أكثر إنتاجاً. وقد طرح ما يسمى الآن مبدأ لوتشاتلييه: إذا بُذل جهد على نظام في حالة اتزان فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في اتجاهٍ يخفف أثر هذا الجهد. والجهد هو أي تغيير يؤثر في اتزان نظام معين.

تطبيق مبدأ لوتشاتلييه Applying Le Châtelier's Principle

كيف يمكن للكيميائي الصناعي تطبيق مبدأ لوتشاتلييه لزيادة إنتاج الميثان؟ إنه يحتاج إلى تعديل أي من العوامل التي من شأنها أن تؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو النواتج في التفاعل.

التغير في التركيز يؤثر تغيير تراكيز النواتج أو المتفاعلات في الاتزان؛ إذ تنص نظرية التصادم على أن الجسيمات يجب أن تتصادم حتى تتفاعل، وأن عدد التصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة يعتمد على تركيزها. إذن من الممكن أن يغير الكيميائي الاتزان بتغيير التراكيز.

إضافة مواد متفاعلة إذا أضيفت كمية من أول أكسيد الكربون إلى وعاء التفاعل وزادت تركيزه من 0.300 M إلى 1.00 M، فسيؤدي ذلك إلى زيادة عدد التصادمات الفعالة بين جزيئات غاز أول أكسيد الكربون CO وجزيئات غاز الهيدروجين H₂، ويؤثر ذلك في اتزان التفاعل؛ إذ تزيد سرعة التفاعل الأمامي، كما هو موضح من السهم الأطول الذي يشير نحو اليمين في معادلة التفاعل.



مع الوقت، تقل سرعة التفاعل الأمامي مع انخفاض تركيز كل من CO و H₂، وفي الوقت نفسه تزداد سرعة التفاعل العكسي، مع إنتاج المزيد من CH₄ و H₂O حتى يصل التفاعل إلى موضع اتزان جديد (موضع 2).

$$\begin{array}{ccccccc} \text{CO}_{(g)} & + & 3\text{H}_{2(g)} & \rightleftharpoons & \text{CH}_{4(g)} & + & \text{H}_2\text{O}_{(g)} \\ 0.99254 \text{ M} & & 0.07762 \text{ M} & & 0.06648 \text{ M} & & 0.02746 \text{ M} \\ K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{(0.06648)(0.02746)}{(0.99254)(0.07762)^3} = 3.933 \end{array}$$

لاحظ أن قيمة K_{eq} لا تتغير، وأن موضع الاتزان الجديد قد حقق النتائج المرجوة، حيث زاد تركيز الميثان. ويبين الجدول 2-3 ملخصاً لنتائج هذه التجربة.

هل كان يمكنك توقع هذه النتيجة باستعمال مبدأ لوتشاتلييه؟ نعم، يعتبر مبدأ لوتشاتلييه زيادة تركيز CO جهداً مبذولاً على الاتزان، فيستجيب نظام الاتزان لهذا الجهد باستهلاك CO بسرعة أكبر. وتسمى هذه الاستجابة إزاحةً نحو اليمين، وإنتاج المزيد من CH₄ و H₂O. لذا تؤدي أي زيادة في تركيز أي من المتفاعلات إلى الإزاحة نحو اليمين وزيادة النواتج.

عند الاتزان للتفاعل $\text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$					الجدول 2-3
K _{eq}	[H ₂ O] _{eq} (M)	[CH ₄] _{eq} (M)	[H ₂] _{eq} (M)	[CO] _{eq} (M)	موضع الاتزان
3.933	0.02000	0.05900	0.10000	0.30000	1
3.933	0.02746	0.06648	0.07762	0.99254	2



الشكل 3-11 يعرف التاجر المواد الموجودة في متجره كل حين، ولذلك عندما يقل المخزون فإنه يعوّضه.

فسر هذا التشبيه في ضوء مبدأ لوتشاتلييه.

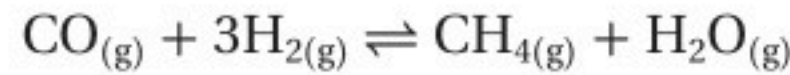
إزالة النواتج افترض أنه بدل زيادة أي من المتفاعلات قرر الكيميائي إزالة الماء H_2O الناتج عن التفاعل بإضافة مجفف - مادة تمتص الماء - إلى وعاء التفاعل. وفق مبدأ لوتشاتلييه ماذا يمكن أن يحدث للاتزان استجابة لنقصان تركيز الماء؟ سوف تتم إزاحة الاتزان نحو الاتجاه الذي يزيد من تركيز الماء مرة أخرى. وهذا يعني إزاحة الاتزان نحو اليمين وتكوين المزيد من النواتج.

فكر كيف تبقى رفوف المتاجر مملوءة بالمنتجات، كما في الشكل 11-3. عندما يشترى الزبائن المواد فإن أحد الموظفين يعوض تناقص المنتجات على الرفوف. وبشكل مشابه يعيد تفاعل الاتزان الماء الذي تمت إزالته؛ حيث يزيد إنتاج الماء لتعويض النقص. في أي نظام متزن تؤدي إزالة أي كمية من أي من النواتج إلى إزاحة الاتزان نحو الجهة اليمنى، وإنتاج المزيد من النواتج.

إضافة النواتج يمكن أيضاً إزاحة موضع الاتزان نحو اليسار في اتجاه المتفاعلات؛ إذ يتوقع مبدأ لوتشاتلييه أنه إذا تمت إضافة أحد النواتج إلى تفاعل في حالة اتزان فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليسار، ومن ثم تخفيف الجهد بتحويل النواتج إلى متفاعلات. كما أنه إذا تم إزالة أحد المتفاعلات فسوف يحدث إزاحة مشابهة نحو اليسار. لتتوقع أثر جهد ما على الاتزان باستعمال مبدأ لوتشاتلييه، ارجع إلى معادلة التفاعل. يلخص الشكل 12-3 تأثير تغيير التراكيز في الاتزان.

✓ **ماذا قرأت؟** صف اتجاه الاتزان عند إزالة مادة متفاعلة.

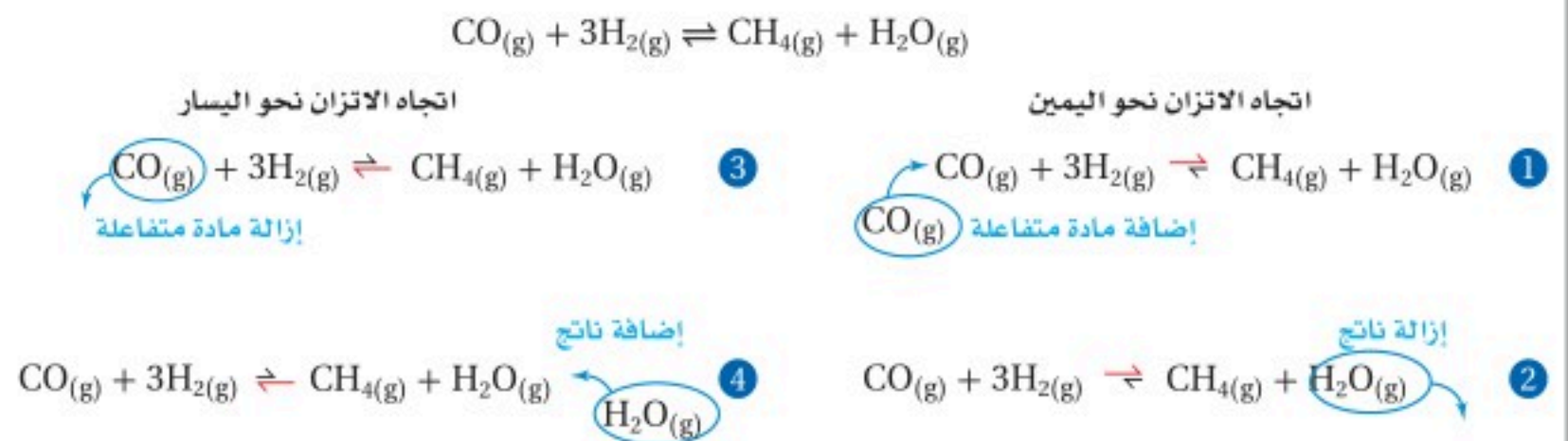
التغير في الحجم والضغط انظر إلى تفاعل تكوين الميثان الموضح بالمعادلة الكيميائية:

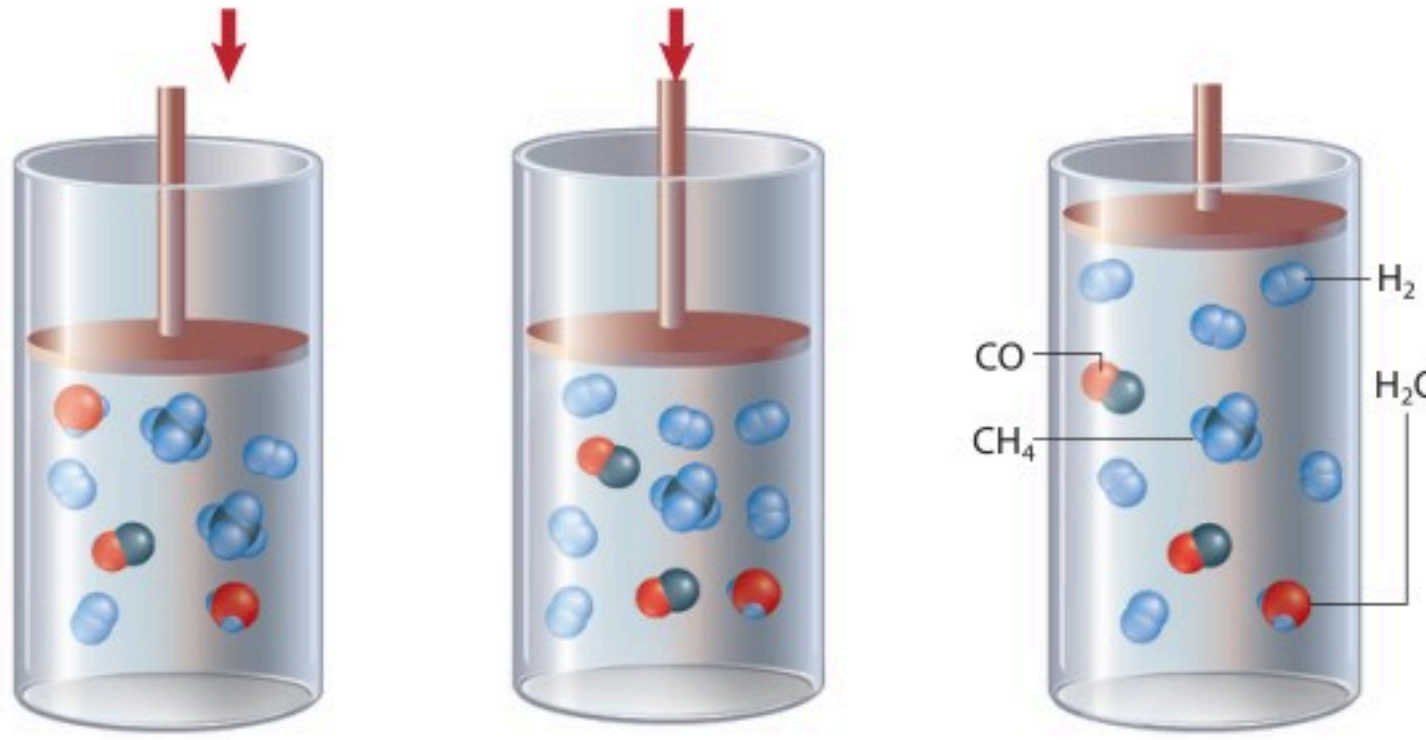


هل يمكن دفع التفاعل لتكوين المزيد من الميثان عن طريق تغير حجم وعاء التفاعل؟ افترض أن حجم الوعاء يمكن تغييره عن طريق مكبس، كما هو موضح في الشكل 13-3، إذا تم تحريك المكبس إلى أسفل يقل حجم الوعاء. حيث إن تقليل الحجم عند درجة حرارة ثابتة يزيد الضغط. إذن يمثل هذا الضغط الزائد جهداً مبدولاً على التفاعل المتزن. كيف يستجيب الاتزان لهذا التغير في الضغط؟ وكيف يخفف من هذا التغير؟

الشكل 12-3 تعمل إضافة أو إزالة إحدى النواتج أو إحدى المتفاعلات على إزاحة الاتزان نحو الاتجاه الذي يخفف الجهد. لاحظ الأسهم غير المتساوية التي تدل على اتجاه الإزاحة.

صف كيف يتم إزاحة الاتزان إذا أضيفت كمية من H_2 أو أزيلت كمية من CH_4 .





يتكون المزيد من جزيئات
النواتج نتيجة اختلاف حجم
الوعاء والضغط، مما يخفف
من الجهد على النظام.

التفاعل بين H_2 و CO
في حالة اتزان

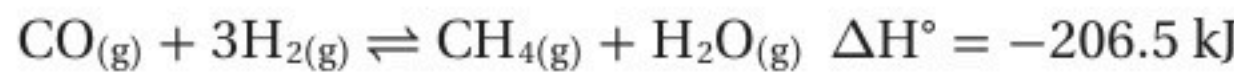
الشكل 3-13 في التفاعل بين H_2 و CO عند درجة حرارة ثابتة، فإن تغيير حجم الوعاء يغير تراكيز الغازات المتفاعلة والناتجة، كما تؤدي زيادة الضغط إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، ومن ثم زيادة كمية النواتج.

قارن بين عدد جزيئات الناتج في الصورة اليمينية وعددها في الجهة اليسرى.

يعتمد الضغط المبذول بواسطة الغاز المثالي على عدد جسيمات الغاز التي تتصادم مع جدران الوعاء. كلما زاد عدد جسيمات الغاز في الوعاء ازداد الضغط. كما أنه إذا زاد عدد جسيمات الغاز في درجة حرارة ثابتة زاد ضغط الغاز، وإذا قل عدد جسيمات الغاز قل الضغط. كيف تطبق العلاقة بين عدد جسيمات الغاز والضغط على تفاعل تكوين غاز الميثان؟

عدد مولات المتفاعلات مقابل عدد مولات النواتج قارن بين عدد مولات المتفاعلات الغازية في المعادلة بعدد مولات النواتج الغازية. يتم استهلاك أربعة مولات من المتفاعلات الغازية لتكوين مولين من النواتج الغازية؛ حيث يقل العدد الكلي مولين. إذا طبقت مبدأ لوتشاتلييه أمكنك ملاحظة أن الاتزان يخفف الجهد الواقع عليه من زيادة الضغط في الاتجاه نحو اليمين حيث عدد المولات الأقل. يوضح الشكل 3-13 أن هذه الإزاحة تقلل عدد المولات الكلي للغاز، لذا يقل الضغط داخل وعاء التفاعل. رغم أن الإزاحة نحو اليمين لا تقلل الضغط إلى قيمته الأصلية، إلا أنها تعطي التأثير المطلوب، وهو تكون المزيد من الميثان. يؤدي تغيير حجم (وضغط) نظام في حالة اتزان إلى إزاحة الاتزان فقط إذا كان عدد مولات المتفاعلات الغازية يختلف عن عدد مولات النواتج الغازية. أما إذا تساوت أعداد مولات الغازات على طرفي المعادلة فإن تغيير الحجم والضغط لا يؤثران في الاتزان.

تغيير درجة الحرارة أي تغيير في درجات الحرارة يغير موضع وثابت الاتزان. تذكر أن معظم التفاعلات الكيميائية إما ماصة للحرارة أو طاردة لها. فمثلاً يحظى تفاعل تكوين الميثان بـ ΔH° سالبة، وهذا يعني أن التفاعل الأمامي طارد للحرارة والتفاعل العكسي ماص للحرارة.



في هذه الحالة يمكن اعتبار الحرارة ناتجاً في التفاعل الأمامي ومتفاعلاً في التفاعل العكسي.



تجربة
عملية

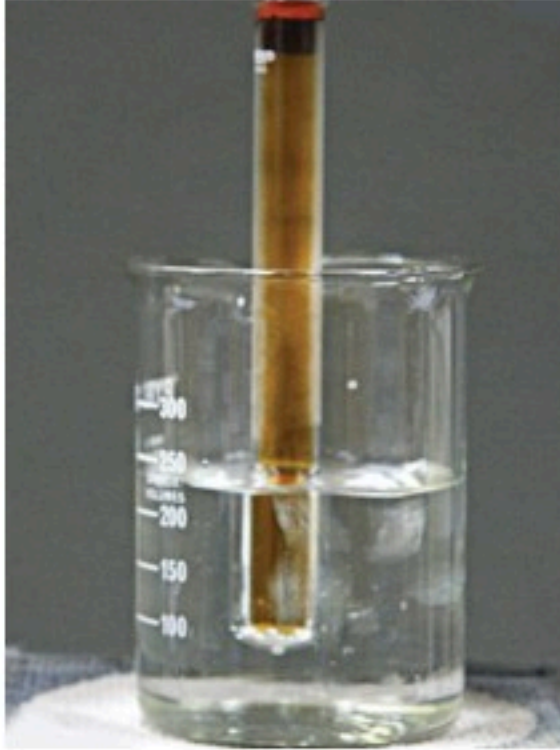
الاتزان

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإشرافية



وزارة التعليم

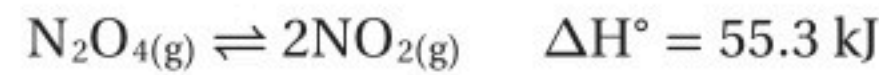
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 3-14 يزاح الاتزان في اتجاه التفاعل الماص للحرارة نحو اليمين، وهذا من شأنه أن يزيد من إنتاج NO_2 (لونه بني غامق)، بينما يصبح لون مزيج التفاعل أخف عند وضعه في حمام الماء البارد؛ لأن الاتزان يزاح في اتجاه التفاعل الطارد للحرارة نحو اليسار؛ إذ يزداد تحول NO_2 إلى N_2O_4 الذي لا لون له.

الحرارة وموضع الاتزان إذا أضيفت كمية من الحرارة إلى نظام متزن فإن الاتزان - وفقاً لمبدأ لوتشاتلييه - يتجه نحو الاتجاه الذي تستهلك فيه الحرارة. لذا يزاح الاتزان نحو اليسار، ويقلل من تركيز الميثان CH_4 . أما خفض درجة الحرارة فيؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين؛ لأن التفاعل الأمامي ينتج طاقة ويقلل من الجهد، لذا تنتج كمية أكبر من الميثان.

درجة الحرارة و K_{eq} ينتج عن أي تغيير في درجة الحرارة تغيير في K_{eq} ، وكلما زادت قيمة K_{eq} كان الناتج في خليط الاتزان أكبر. ولذلك فإنه في تفاعل إنتاج الميثان تزداد K_{eq} عندما تنخفض درجة الحرارة، وتنخفض قيمة K_{eq} عند ارتفاع درجة الحرارة. التحول بين رابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4 وثنائي أكسيد النيتروجين NO_2 يستجيب للتغيرات في درجة الحرارة بشكل ملحوظ. ويمكن وصف هذا الاتزان الماص للحرارة في المعادلة الآتية:

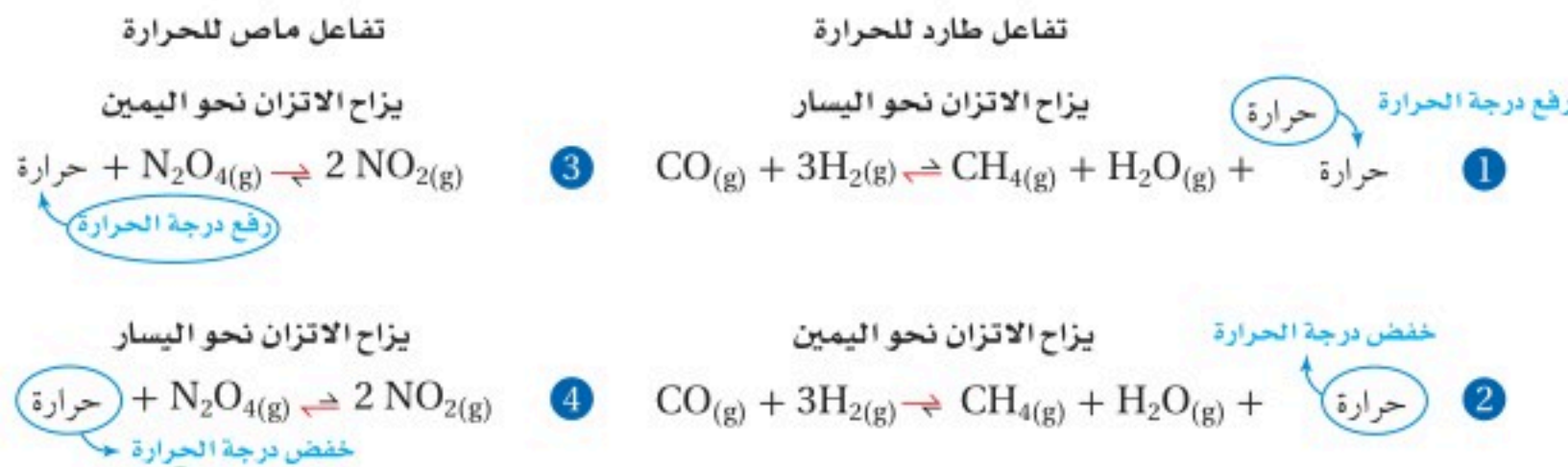


N_2O_4 غاز لا لون له، و NO_2 غاز بني اللون. يوضح الشكل 14-3 لون مزيج الاتزان، عندما يبرد في حمام ماء بارد يصبح لونه أخف مقارنة بلونه عندما يسخن المزيج في حمام ماء ساخن. عند إزالة الحرارة بالتبريد يزاح الاتزان نحو اليسار، وينتج المزيد من غاز لا لون له N_2O_4 . أما عند إضافة الحرارة فيزاح الاتزان نحو اليمين وينتج المزيد من غاز NO_2 البني اللون. يوضح الشكل 15-3 تأثير التسخين والتبريد في التفاعلات التي درستها.

العوامل المحفزة والاتزان تختلف كمية النواتج المتكونة في التفاعل عند تغيير التركيز أو الحجم أو الحرارة. هل يمكن للعامل المحفز أن يؤثر هو الآخر في تركيز النواتج؟ يعمل العامل المحفز على زيادة سرعة التفاعل بالتساوي في كلا الاتجاهين، ولهذا يصل التفاعل مع وجود العامل المحفز أسرع إلى حالة الاتزان، دون تغيير كمية النواتج المتكونة.

الشكل 3-15 عند رفع درجة

حرارة التفاعل الطارد للحرارة بين CO و H_2 ، ينزاح الاتزان نحو اليسار (معادلة 1)، وعند خفض درجة الحرارة ينزاح الاتزان نحو اليمين (معادلة 2)، والعكس صحيح للتفاعل الماص للحرارة بين NO و N_2O_4 (المعادلتين 3 و4).



تجربة

التغير في موضع الاتزان

كيف يعمل الاتزان على تعديل وضعه عند حدوث تغير في حالة الاتزان؟

الخطوات

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع حوالي 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت $\text{CoCl}_2 \cdot \text{II}$ الذي تركيزه 0.1M في أنبوب اختبار. سجل لون المحلول.
3. أضف حوالي 3 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl المركز إلى أنبوب الاختبار، سجل لون المحلول.
- تحذير: HCl يحرق الجلد والملابس.
4. أضف كمية كافية من الماء إلى أنبوب الاختبار حتى يتغير لون المحلول، وسجل اللون الناتج.
5. أضف قرابة 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت $\text{CoCl}_2 \cdot \text{II}$ 0.1M إلى أنبوب اختبار آخر. وأضف HCl المركز تدريجيًا (نقطة واحدة كل مرة) بحذر، إلى أن يتحول لون المحلول إلى البنفسجي. إذا أصبح لون المحلول أزرق فأضف الماء حتى يتحول إلى اللون البنفسجي.

6. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء بارد، ورش عليه بعض ملح المائدة، وسجل لون المحلول في أنبوب الاختبار.

7. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء ساخن، واستعمل الثرمومتر غير الزئبقي لقياس درجة الحرارة التي يجب أن تكون 70°C على الأقل، وسجل لون المحلول.

التحليل

1. **فسر** استعمل معادلة التفاعل أدناه لتفسير ملاحظاتك حول اللون في الخطوات 2-4.
- $$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{CoCl}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$$
- أزرق أرجواني
2. **صف** كيف يزاح الاتزان عند إضافة طاقة أو إزالتها؟
 3. **فسر** من ملاحظاتك حول اللون في الخطوات (6 و 7) ما إذا كان التفاعل ماصًا للحرارة أم طاردًا للحرارة؟



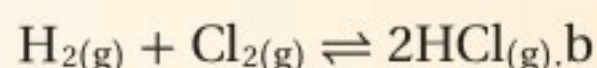
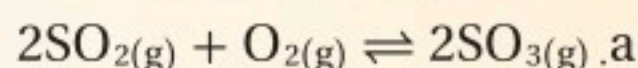
التقويم 3-2

الخلاصة

- مبدأ لوتشاتلييه يصف كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغير.
- عند إزاحة الاتزان استجابة إلى تغير التركيز أو الحجم يتغير موضع الاتزان، ولكن K_{eq} يبقى ثابتاً، أما التغير في درجة الحرارة فيغير موضع الاتزان وقيمة K_{eq} .

13. **الفكرة الرئيسية** فسر كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان للجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن.

14. فسر كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي؟



15. قرر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها ينتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية:



16. وضع يظهر الجدول تراكيز مادتين A و B في خليطي تفاعل، يتفاعلان حسب المعادلة $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$ و $K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

التركيز mol/l		
تفاعل	[A]	[B]
1	0.0100	0.0200
2	0.0500	0.400

17. صمم خريطة مفاهيمية توضح طرائق تطبيق مبدأ لوتشاتلييه لزيادة النواتج في نظام اتزان وزيادة المتفاعلات في النظام نفسه.





3-3

الأهداف

- تحديد تراكيز المتفاعلات والنواتج عند الاتزان.
- تحسب ذائبة مركب من ثابت حاصل الذائبة.
- تفسر تأثير الأيون المشترك.

مراجعة المفردات

الذائبة: الكمية القصوى من المذاب التي تذوب في كمية من المذيب عند درجة حرارة وضغط محدد.

المفردات الجديدة

ثابت حاصل الذائبة
الأيون المشترك
تأثير الأيون المشترك

استعمال ثوابت الاتزان

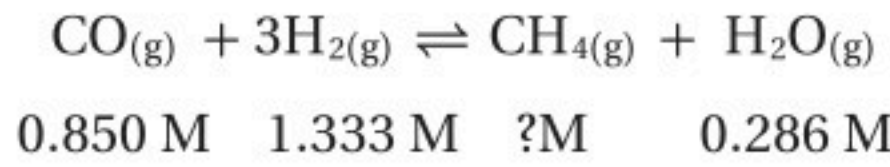
Using Equilibrium Constants

الفكرة الرئيسية يمكن استعمال تعبير ثابت الاتزان في حساب تراكيز المواد في التفاعل وذوبانيتها.

الربط مع الحياة لعلك جلست يوماً في المقعد الخلفي للسيارة الممتلئ بعدد من أصدقائك؟ أنت تدرك أن هناك حداً لعدد الأشخاص الذين يستطيعون الجلوس في المقعد. تواجه المركبات الأيونية الحالة نفسها عند ذوبانها في المحلول.

حساب التراكيز عند الاتزان Calculating Equilibrium Concentrations

كيف يمكن استعمال تعبير ثابت الاتزان في حساب تركيز ناتج ما، إذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_{eq} لتفاعل تكون غاز الميثان CH_4 من تفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز أول أكسيد الكربون CO تساوي 3.933 عند درجة حرارة 1200 K؟ يمكنك حساب تركيز الميثان CH_4 إذا كانت تراكيز H_2O و CO و H_2 معروفة.



$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}$$

للحصول على $[CH_4]$ اضرب طرفي المعادلة في $[CO][H_2]^3$ واقسم الطرفين على $[H_2O]$

$$[CH_4] = K_{eq} \times \frac{[CO][H_2]^3}{[H_2O]}$$

عوض التراكيز المعروفة وقيمة 3.933 K_{eq}

$$[CH_4] = 3.933 \times \frac{(0.850)(1.333)^3}{(0.286)} = 27.7 \text{ mol/L}$$

هل الكمية الناتجة ذات جدوى اقتصادية بحيث يمكن تحويل المتبقي من CO و H_2 إلى ميثان؟ هذا يعتمد على تكلفة الميثان. يوضح الشكل 3-16 عبارة تنقل الغاز الطبيعي إلى الموانئ حول العالم.



الشكل 3-16 تحمل ناقلات النفط كميات كبيرة من الغاز الطبيعي حول العالم لسد الاحتياجات الصناعية والمنزلية. يستعمل الغاز الطبيعي (الميثان) للتدفئة والطبخ.



حساب تراكيز الاتزان يتفكك كبريتيد الهيدروجين الذي يتميز برائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد عند 1405 K إلى هيدروجين وجزيء كبريت بحسب المعادلة الآتية: $2\text{H}_2\text{S(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{S}_{2(\text{g})}$ ما تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان إذا كان ثابت الاتزان يساوي 2.27×10^{-3} وتركيز $[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/L}$ و $[\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/L}$ ؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت قيمة ثابت الاتزان K_{eq} وتركيزي مادتين من ثلاثة، لذا تستطيع حل معادلة الاتزان وحساب $[\text{H}_2]$. ولأن قيمة K_{eq} أقل من واحد فإن هناك متفاعلات أكثر من النواتج في خليط الاتزان. لذا تستطيع أن تتوقع أن يكون $[\text{H}_2]$ أقل من 0.184 mol/L ، وهو تركيز المتفاعل H_2S .

المعطيات

$$K_{\text{eq}} = 2.27 \times 10^{-3}$$

$$[\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/L}$$

2 حساب المطلوب

ضع تعبير ثابت الاتزان

حل المسألة لإيجاد $[\text{H}_2]$

اضرب كلا الطرفين في $[\text{H}_2\text{S}]^2$ ثم اقسّمها على $[\text{S}_2]$

أوجد الجذر التربيعي

عوض $K_{\text{eq}} = 2.27 \times 10^{-3}$ و $[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/L}$

$[\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/L}$

اضرب واقسم

تركيز الاتزان لـ H_2 هو 0.0377 mol/L

3 تقويم الإجابة

الإجابة صحيحة، وكما هو متوقع تركيز H_2 عند الاتزان أقل من 0.184 mol/L .

مسائل تدريبية

18. ينتج الميثانول عن تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين: $\text{CO(g)} + 2\text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$ ، فإذا كان $K_{\text{eq}} = 10.5$ عند درجة حرارة محددة، فاحسب التراكيز الآتية:

a. $[\text{CO}]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.933 mol/L H_2 و $1.32 \text{ mol/L CH}_3\text{OH}$

b. $[\text{H}_2]$ في خليط اتزان يحتوي على 1.09 mol/L CO و $0.325 \text{ mol/L CH}_3\text{OH}$

c. $[\text{CH}_3\text{OH}]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.0661 mol/L H_2 و 3.85 mol/L CO

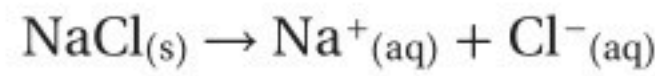
19. تحفيز في التفاعل العام $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ إذا سُمح لـ 1.0 mol/L من A بالتفاعل مع 1.0 mol/L من B في دورق حجمه 1L إلى أن يصل إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز A عند الاتزان 0.450 mol/L ، فما تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq} ؟



الشكل 3-17 المياه في البحيرات الكبيرة المالحة أكثر ملوحة من مياه البحر. ويزيد التركيز العالي للملح من كثافة الماء بشكل كافٍ يسمح للناس بالطفو على سطحه.

ثابت حاصل الذائبية The Solubility Product Constant

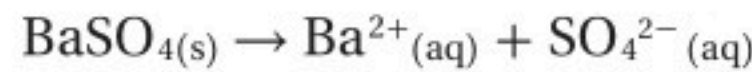
بعض المركبات الأيونية - ومنها كلوريد الصوديوم - يذوب بسرعة في الماء، وبعضها الآخر - ومنها كبريتات الباريوم $BaSO_4$ - يذوب قليلاً في الماء. عند الذوبان تتفكك جميع المركبات الأيونية إلى أيونات.



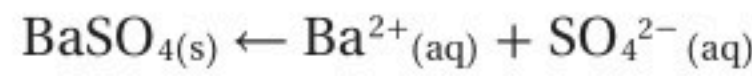
بسبب الذائبية العالية لكلوريد الصوديوم $NaCl$ ، تحتوي

المحيطات وبعض البحيرات على كميات كبيرة من الملح. يوضح الشكل 3-17 كمية كبيرة من ملح الطعام نتجت عن جفاف جزء من مياه إحدى البحيرات.

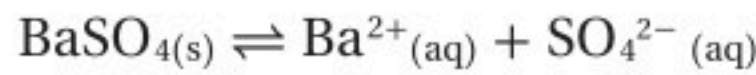
في بعض الأحيان تكون الذائبية المنخفضة مهمة أيضاً؛ فرغم أن أيونات الباريوم مادة سامة للإنسان إلا أنه يجب أن يشرب المرضى كبريتات الباريوم قبل التعرض للأشعة السينية لأخذ صور للجهاز الهضمي. هل يمكن أن يشرب المريض $BaSO_4$ بشكل آمن؟ تتفكك كبريتات الباريوم في الماء وفقاً للمعادلة الآتية:



وحيث تتكون الأيونات الناتجة يبدأ التفاعل العكسي.



ومع الوقت يصل التفاعل إلى حالة الاتزان.



تكون سرعة الذوبان للمركبات القليلة الذوبان - ومنها $BaSO_4$ - متساوية عندما تكون تراكيز الأيونات صغيرة إلى أقصى حد. ومع ذلك يكون المحلول عند الاتزان محلولاً مشبعاً.

كتابة تعبير ثابت حاصل الذائبية يسمى تعبير ثابت الاتزان للمركبات القليلة الذوبان "ثابت حاصل الذائبية"، وهو ناتج ضرب تراكيز الأيونات الذائبة كل منها مرفوع لأس يساوي معاملها في المعادلة الكيميائية. إن تركيز المادة النقية يعبر عن





الشكل 3-18 هناك احتمال أفضل للتشخيص عند التعرض للأشعة السينية في منطقة المعدة عند شرب المريض خليطاً لزجاً يحتوي على كبريتات الباريوم، وهي مادة سامة. ولكن لأن ذوبانيتها قليلة فكمية قليلة منها يمكن أن تذوب في جسم المريض دون أي ضرر.

كثافتها بوحدة mol/L، ويكون ثابتاً عند درجة حرارة محددة. ولذلك يتم حذف المواد الصلبة والسوائل النقية في الاتزان غير المتجانس من تعابير ثوابت الاتزان. والآن تستطيع كتابة تعبير ثابت حاصل الذائبية لكبريتات الباريوم الذائبة في الماء، إذا كان K_{sp} لهذه العملية 1.1×10^{-10} عند درجة حرارة 298 K.

$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-10}$$

يدل مقدار قيمة K_{sp} الصغير لـ BaSO_4 على أن النواتج لا تزداد تراكيزها عند الاتزان؛ فتركيز أيونات الباريوم عند الاتزان $1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$ ، مما يمكن المريض من تناول محلول كبريتات الباريوم بأمان، انظر الشكل 3-18. وعلى سبيل المثال أيضاً، ثابت حاصل الذائبية لمضاد الحموضة هيدروكسيد الماغنسيوم Mg(OH)_2 :



$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2$$

تعتمد قيمة K_{sp} فقط على تراكيز الأيونات في المحلول المشبع. إلا أن بعض المواد الصلبة غير الذائبة مهما بلغ قلة كميتها يجب أن تكون موجودة في خليط الاتزان. ويعرض الجدول 3-3 ثوابت حاصل الذائبية لنواتج بعض المركبات الأيونية. لاحظ أن جميعها أرقام صغيرة. لذا تقاس ثوابت حاصل الذائبية للنواتج وتسجل للمركبات القليلة الذوبان فقط.

ثوابت حاصل الذائبية عند 298 K				الجدول 3-3	
K_{sp}	المركب	K_{sp}	المركب	K_{sp}	المركب
الهيدروكسيدات		الهاليدات		الكربونات	
4.6×10^{-33}	Al(OH)_3	3.5×10^{-11}	CaF_2	2.6×10^{-9}	BaCO_3
5.0×10^{-6}	Ca(OH)_2	6.6×10^{-6}	PbBr_2	3.4×10^{-9}	CaCO_3
2.2×10^{-20}	Cu(OH)_2	1.7×10^{-5}	PbCl_2	2.5×10^{-10}	CuCO_3
4.9×10^{-17}	Fe(OH)_2	3.3×10^{-8}	PbF_2	7.4×10^{-14}	PbCO_3
2.8×10^{-39}	Fe(OH)_3	9.8×10^{-9}	PbI_2	6.8×10^{-6}	MgCO_3
5.6×10^{-12}	Mg(OH)_2	1.8×10^{-10}	AgCl	8.5×10^{-12}	Ag_2CO_3
3×10^{-17}	Zn(OH)_2	5.4×10^{-13}	AgBr	1.5×10^{-10}	ZnCO_3
الكبريتات		8.5×10^{-17}	AgI	3.6×10^{-17}	Hg_2CO_3
1.1×10^{-10}	BaSO_4	الفوسفات		الكرومات	
4.9×10^{-5}	CaSO_4	9.8×10^{-21}	AlPO_4	1.2×10^{-10}	BaCrO_4
2.5×10^{-8}	PbSO_4	2.1×10^{-33}	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2.3×10^{-13}	PbCrO_4
1.2×10^{-5}	Ag_2SO_4	1.0×10^{-24}	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	1.1×10^{-12}	Ag_2CrO_4

استعمال ثابت حاصل الذائبية تم تحديد ثابت حاصل الذائبية للنواتج الموجودة في الجدول 3-3 عن طريق إجراء تجارب. وتعد قيم K_{sp} مهمة؛ لأنه يمكن استعمالها في تحديد ذائبية المركبات القليلة الذوبان. تذكر أن ذائبية مركب ما في الماء تعني كمية المادة التي تتفكك في حجم معين من الماء عند درجة حرارة معينة.

افتراض أنك تريد حساب ذائبية يوديد الفضة AgI بوحدة mol /L عند 298 K، إذا عرفت أن معادلة الاتزان وصيغة ثابت حاصل الذائبية هما:



$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}][\text{I}^{-}] = 8.5 \times 10^{-17} \quad \text{عند } 298 \text{ K}$$

يمكن الإشارة إلى ذائبية يوديد الفضة AgI بـ s ، وهي عدد مولات AgI التي تذوب في 1L من المحلول. وبالنظر إلى معادلة الاتزان نجد أنه لكل مول من AgI يذوب عدد مساو من المولات من أيونات Ag^{+} التي تتكون في المحلول. لذا $[\text{Ag}^{+}]$ يساوي s . وكل أيون Ag^{+} له أيون مصاحب I^{-} ، لذا $[\text{I}^{-}]$ يساوي s . عند التعويض بـ s بدلاً من $[\text{Ag}^{+}]$ و $[\text{I}^{-}]$ ، تصبح صيغة K_{sp} كالآتي:

$$[\text{Ag}^{+}][\text{I}^{-}] = (s)(s) = s^2 = 8.5 \times 10^{-17}$$

$$s = \sqrt{8.5 \times 10^{-17}} = 9.2 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

ذائبية AgI هي $9.2 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ عند 298 K.

مثال 3-5

حساب الذائبية المولارية استعمل قيمة K_{sp} في الجدول 3-3 لحساب ذائبية كربونات النحاس CuCO_3 بوحدة mol /L عند 298 K.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت ثابت حاصل الذائبية لـ CuCO_3 . تمثل تراكيز أيون النحاس وأيون الكربونات علاقة واحد - إلى واحد مع الذائبية المولارية لـ CuCO_3 . استعمل s لتمثيل الذائبية لـ CuCO_3 ، ثم استعمل صيغة ثابت حاصل الذائبية لإيجاد الذائبية. ولأن K_{sp} في صورة 10^{-10} ، لذا يمكنك توقع أن تكون الذائبية المولارية تساوي الجذر التربيعي لـ K_{sp} أو حوالي 10^{-5} .

المعطيات

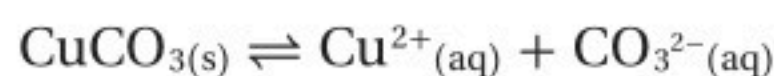
المطلوب

$$s = ? \text{ mol/L}$$

$$K_{sp} = \text{CuCO}_3 = 2.5 \times 10^{-10}$$

2 حساب المطلوب

ضع معادلة كيميائية لاتزان الذائبية.



$$K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 2.5 \times 10^{-10}$$

ضع صيغة ثابت حاصل الذائبية.

$$s = [\text{Cu}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}]$$

اربط $[\text{Cu}^{2+}]$ و $[\text{CO}_3^{2-}]$ بذائبية CuCO_3

$$(s)(s) = s^2 = 2.5 \times 10^{-10}$$

عوض s بدلاً من $[\text{Cu}^{2+}]$ و $[\text{CO}_3^{2-}]$

$$s = \sqrt{2.5 \times 10^{-10}} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

حل لإيجاد s واحسب الإجابة

3 تقويم الإجابة

كما هو متوقع، الذائبية المولارية لـ CuCO_3 حوالي 10^{-5} mol/L



20. استعمل البيانات في الجدول 3-3 لحساب الذائبية المولارية mol / L للمركبات الأيونية الآتية عند درجة حرارة 298 K .



21. تحفيز إذا علمت أن K_{sp} لكربونات الرصاص PbCO_3 يساوي 7.40×10^{-14} عند 298 K، فما ذائبية كربونات الرصاص g / L ؟

مثال 3-6

حساب تركيز الأيون هيدروكسيد الماغنسيوم مادة صلبة بيضاء يمكن الحصول عليها من مياه البحر واستعمالها في صنع الكثير من الأدوية الطبية. وخصوصاً في الأدوية التي تعمل على معادلة حموضة المعدة الزائدة. احسب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول هيدروكسيد الماغنسيوم المشبع Mg(OH)_2 عند 298 K، إذا علمت أن $K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت K_{sp} لـ Mg(OH)_2 ، عدد مولات أيونات Mg^{2+} في المحلول تساوي عدد مولات Mg(OH)_2 الذائبة. ولكن عدد مولات أيونات OH^- في المحلول تساوي ضعف عدد مولات Mg(OH)_2 الذائبة. يمكنك استعمال هذه العلاقات لكتابة صيغة ثابت حاصل الذائبية في صورة متغير واحد. ولأن صيغة ثابت حاصل الذائبية معادلة تكعيبية، يمكنك توقع أن $[\text{OH}^-]$ تساوي تقريباً الجذر التكعيبي لـ 10^{-12} أو حوالي 10^{-4} .

المعطيات

$$K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$$

المطلوب

$$[\text{OH}^-] = ? \text{ mol/L}$$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كيميائية موزونة للاتزان



ضع تعبير K_{sp}

$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

لتكن $x = [\text{Mg}^{2+}]$ ولأن هناك أيونين OH^- لكل أيون Mg^{2+} فإن $2x = [\text{OH}^-]$

$$x = [\text{Mg}^{2+}] \quad 2x = [\text{OH}^-] \quad \text{عوض عن}$$

ربع الحدود

$$(x)(2x)^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

$$(x)(4)(x)^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

$$4x^3 = 5.6 \times 10^{-12}$$

اجمع الحدود

$$x^3 = \frac{5.6 \times 10^{-12}}{4} = 1.4 \times 10^{-12}$$

اقسم

$$x = [\text{Mg}^{2+}] = \sqrt[3]{1.4 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

استعمل الآلة الحاسبة لإيجاد الجذر التكعيبي

اضرب $[\text{Mg}^{2+}]$ في 2 للحصول على $[\text{OH}^-]$

$$[\text{OH}^-] = 2[\text{Mg}^{2+}] = 2(1.1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}) = 2.2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

3 تقويم الإجابة كما هو متوقع $[\text{OH}^-]$ حوالي 10^{-4} mol/L

22. استعمل قيم K_{sp} الموجودة في الجدول 3-3 لحساب:

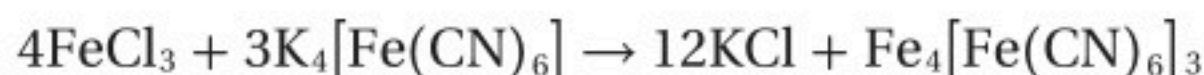
a. $[\text{Ag}^+]$ في محلول AgBr عند الاتزان. b. $[\text{F}^-]$ في محلول مشبع من CaF_2 . c. $[\text{Ag}^+]$ في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.

23. احسب ذائبية Ag_3PO_4 ($K_{sp} = 2.6 \times 10^{-18}$).

24. تحفيز إذا كانت ذائبية كلوريد الفضة AgCl $1.86 \times 10^{-4} \text{ g / 100 g}$ في الماء عند درجة حرارة 298 K، احسب K_{sp} لـ AgCl .



توقع الرواسب إذا تم خلط أحجام متساوية من محاليل مائية تركيز كل منها 0.10M من كلوريد الحديد III FeCl_3 مثلاً، وسداسي سيانو حديد II البوتاسيوم $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ يتكون راسب، كما هو مبين في الشكل 3-19. ربما يحدث تفاعل الإحلال المزدوج الآتي:



يمكنك أن تستعمل K_{sp} لتوقع ما إذا سيتكوّن راسب عند خلط أي محلولين أيونيين. في التفاعل السابق، يمكن أن يتكون راسب في حال أن الناتج KCl أو $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ له ذائبية قليلة. تعرف أن مركب ذائب، لذا لا يمكنه أن يترسب، ولكن K_{sp} لـ $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ يكون رقماً صغيراً جداً وهو 3.3×10^{-41} ، وهو ما قد يجعل $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ يترسب إذا كانت تراكيز أيوناته كبيرة بشكل كافٍ. ماذا نعني بكبيرة بشكل كافٍ؟ قد يحدث اتزان بين الراسب الصلب $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ وأيوناته في المحلول، كما هو مبين في المعادلة:



فعند خلط محاليل FeCl_3 و $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ، وإذا كانت تراكيز أيونات Fe^{3+} و $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ أكبر من تراكيزها الناتجة في المحلول المشبع لـ $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ فسيزاح الاتزان في هذه الحالة نحو اليسار، وسوف يترسب $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. ولتوقع تكوّن راسب عند خلط محلولين عليك أولاً أن تحسب تراكيز الأيونات.

✓ **ماذا قرأت؟** وضع الظروف التي تمكنك من توقع تكون راسب.

حساب تراكيز الأيون يوضح الجدول 3-4 تراكيز أيونات المتفاعلات والنواتج في المحاليل الأصلية $0.10 \text{ M K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ و 0.10 M FeCl_3 ، وأيضاً في الخليط فور خلط المحلولين بحجوم متساوية. لاحظ أن $[\text{Cl}^-]$ أكبر ثلاث مرات من $[\text{Fe}^{3+}]$ ؛ لأن نسبة Cl^- إلى Fe^{3+} في FeCl_3 هي 1:3. ولاحظ أيضاً أن $[\text{K}^+]$ أكبر أربع مرات من $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]$ ؛ لأن نسبة K^+ إلى $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ هي 4:1. لاحظ أن تركيز كل أيون في الخليط هو نصف تركيزه الأصلي؛ لأنه عند خلط حجمين متساويين من محلولين فإن عدد الأيونات نفسه سوف يذوب في ضعف الحجم الأصلي؛ لذلك يقل التركيز بمقدار النصف.

والآن يمكنك استعمال البيانات الموجودة في الجدول لتحاول معرفة ما إذا كانت تراكيز Fe^{3+} و $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ في محلول خليط من كليهما تفوق قيمة K_{sp} عند تعويضهما في تعبير ثابت ذائبية الناتج. $K_{sp} = [\text{Fe}^{3+}]^4[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]^3$.

تذكر أنك لم تحدد ما إذا كان المحلول مشبعاً أم لا، لذا فإن ناتج عملية التعويض لا يكون بالضرورة ثابت حاصل الذائبية الناتج، ولكنه يسمى الحاصل

الشكل 3-19 لأن ثابت الأيون الناتج Q_{sp} أكبر من K_{sp} يمكنك أن تتوقع أن $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ سيكون راسباً.



الجدول 3-4	تراكيز الأيونات
المحلول الأصلي mol/L	الخليط mol/L
$[\text{Fe}^{3+}] = 0.10$	$[\text{Fe}^{3+}] = 0.050$
$[\text{Cl}^-] = 0.30$	$[\text{Cl}^-] = 0.15$
$[\text{K}^+] = 0.40$	$[\text{K}^+] = 0.20$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}] = 0.10$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}] = 0.050$

الأيوني Q_{sp} ، وهو قيمة مجرّبة نستطيع مقارنتها بـ K_{sp}

$$Q_{sp} = [Fe^{3+}]^4[Fe(CN)_6^{4-}]^3 = (0.050)^4(0.050)^3 = 7.8 \times 10^{-10}$$

يمكنك الآن مقارنة Q_{sp} بـ K_{sp} . ومن هذه المقارنة يمكن أن نستنتج إحدى ثلاثة أمور:

1. إذا كان $Q_{sp} < K_{sp}$ فإن المحلول غير مشبع، ولا يتكون راسب.
 2. إذا كان $Q_{sp} = K_{sp}$ فإن المحلول مشبع، ولا يحدث تغير.
 3. إذا كان $Q_{sp} > K_{sp}$ ، فسوف يتكون راسب، وتقل تراكيز الأيونات في المحلول حتى يصبح ناتج ضرب تراكيز الأيونات في تعبير K_{sp} يساوي القيمة العددية لـ K_{sp} . ويكون النظام في حالة اتزان، والمحلول مشبعًا.
- في حالة الاتزان لـ $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ، يكون Q_{sp} الذي يساوي 7.8×10^{-10} أكبر من K_{sp} الذي يساوي 3.3×10^{-41} ، فيتكون راسب أزرق غامق اللون، هو $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ، كما هو موضح في الشكل 19-3.

مثال 7-3

توقع تكون راسب توقع ما إذا سيتكون راسب $PbCl_2$ عند إضافة 100 mL من 0.0100 M NaCl إلى 100 mL من 0.0200 M $Pb(NO_3)_2$ علماً بأن K_{sp} للمركب يساوي 1.7×10^{-5} .

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت حجمين متساويين من محلولين تركيزهما معلومان. تسمح لك التراكيز الأولية للمحاليل بحساب تراكيز أيونات Pb^{2+} و Cl^- في المحلول الناتج عن خلطهما.

المعطيات

100 mL من 0.0100 M NaCl

100 mL من 0.0200 M $Pb(NO_3)_2$

$$K_{sp} = 1.7 \times 10^{-5}$$

2 حساب المطلوب

ضع معادلة ذوبان $PbCl_2$

ضع صيغة Q_{sp}

مزج المحاليل يخفف تركيزها إلى النصف.

اقسم $[Pb^{2+}]$ على 2

اقسم $[Cl^-]$ على 2

عوض عن $[Pb^{2+}] = 0.0100M$ و $[Cl^-] = 0.00500M$

قارن Q_{sp} بـ K_{sp}

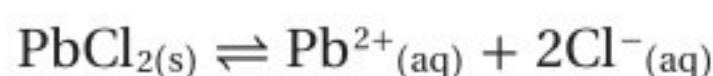
لذا لا يتكون الراسب

3 تقويم الإجابة

Q_{sp} أقل من K_{sp} . الأيونات Pb^{2+} و Cl^- لا توجد بتراكيز عالية بقدر كافٍ في المحلول لتكون راسبًا.

المطلوب

$$Q_{sp} > K_{sp}?$$



$$Q_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2$$

$$[Pb^{2+}] = \frac{0.0200M}{2} = 0.0100M$$

$$[Cl^-] = \frac{0.0100M}{2} = 0.00500M$$

$$Q_{sp} = (0.0100)(0.00500)^2 = 2.5 \times 10^{-7}$$

$$Q_{sp} (2.5 \times 10^{-7}) < K_{sp} (1.7 \times 10^{-5})$$



25. استعمل قيم K_{sp} من الجدول 3-4 لتتوقع ما إذا سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية:

a. $0.10 \text{ M Pb(NO}_3)_2$ و 0.030 M NaF

b. $0.25 \text{ M K}_2\text{SO}_4$ و 0.010 M AgNO_3

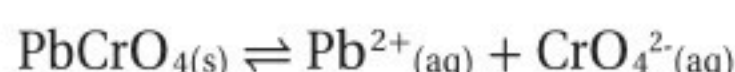
26. تحفيز هل يتكون راسب عند إضافة 250 mL من 0.20 M MgCl_2 إلى 750 mL من 0.0025 M NaOH ؟

تأثير الأيون المشترك The Common Ion Effect

ذائبة كرومات الرصاص PbCrO_4 في الماء تساوي $4.8 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ عند درجة الحرارة 298 K . وهذا يعني أنك تستطيع تفكيك وإذابة $4.8 \times 10^{-7} \text{ mol}$ من PbCrO_4 في 1.00 L من الماء النقي. ولكنك لا تستطيع إذابة $4.8 \times 10^{-7} \text{ mol}$ من PbCrO_4 عند درجة الحرارة نفسها في 1.00 L من محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 الذي تركيزه 0.1 M .

لماذا يعد PbCrO_4 أقل ذائبة في المحلول المائي لـ K_2CrO_4 مقارنة بذائبيته في الماء النقي؟

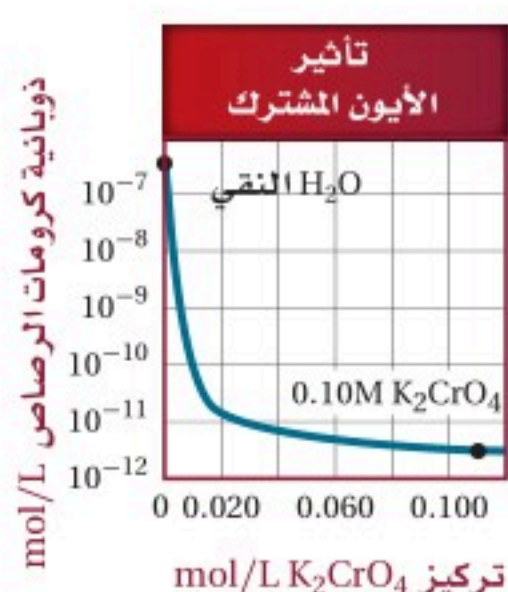
معادلة اتزان الذائبة لـ PbCrO_4 ، وتعبير ثابت حاصل الذائبة:



$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$$

تذكر أن K_{sp} ثابت عند أي درجة حرارة معطاة، لذا إذا ازداد تركيز Pb^{2+} أو تركيز CrO_4^{2-} في نظام متزن فإن تركيز الأيون الآخر سوف يقل؛ لأن ناتج ضرب تراكيز الأيونين يساوي دائماً K_{sp} . فمحلول K_2CrO_4 يحتوي على أيونات CrO_4^{2-} قبل أن تتم إذابة PbCrO_4 . وفي هذا المثال أيون CrO_4^{2-} يسمى أيوناً مشتركاً؛ لأنه جزء من المركبين K_2CrO_4 و PbCrO_4 .

يوضح الشكل 3-20 أثر الأيون المشترك CrO_4^{2-} في ذائبة PbCrO_4 . الأيون المشترك هو أيون يدخل في تركيب اثنين أو أكثر من المركبات الأيونية. ويسمى انخفاض ذائبة المادة بسبب وجود أيون مشترك تأثير الأيون المشترك.



$$\begin{aligned} \text{في } \text{H}_2\text{O} \text{ النقي: } [\text{Pb}^{2+}] &= 4.8 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \\ [\text{CrO}_4^{2-}] &= 4.8 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \\ \text{في } 0.10 \text{ M } \text{K}_2\text{CrO}_4: [\text{Pb}^{2+}] &= 2.3 \times 10^{-12} \text{ mol/L} \\ [\text{CrO}_4^{2-}] &= 1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

الشكل 3-20 تقل ذائبة كرومات الرصاص

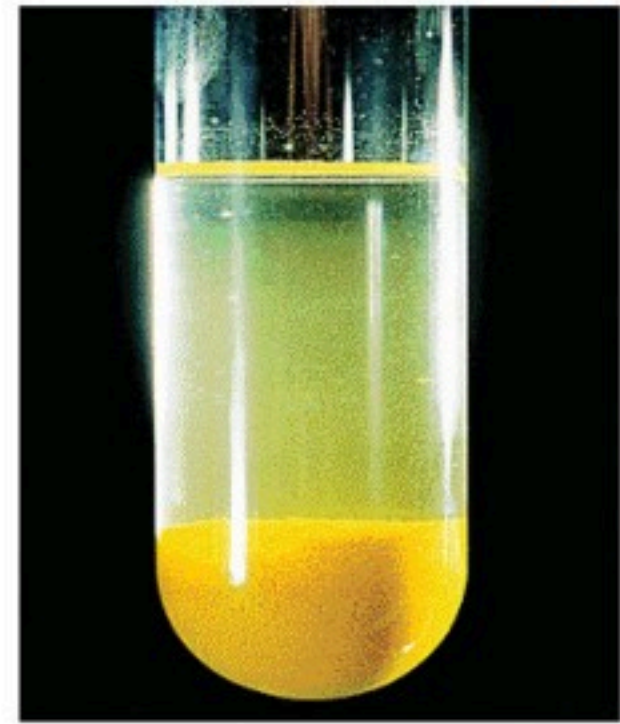
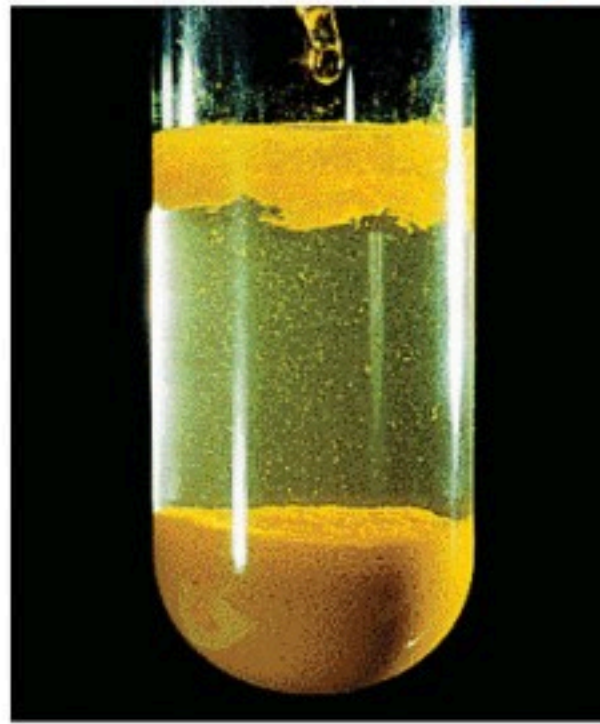
كلما زاد تركيز محلول كرومات البوتاسيوم الذائبة فيه. التغير ناتج عن وجود أيون CrO_4^{2-} في كل من كرومات الرصاص وكرومات البوتاسيوم.

اختبار الرسم البياني؟

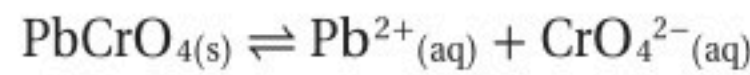
تحقق أن K_{sp} لا يتغير مع زيادة تركيز كرومات البوتاسيوم.

الشكل 3-21 يوضح تأثير إضافة أيونات

الكرومات في ذائبية كرومات الرصاص. عند إضافة أيونات Pb^{2+} في صورة نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ فإنها تؤثر أيضًا في ذائبية كرومات الرصاص. في الصورة a. $PbCrO_4(s)$ في حالة اتزان مع أيوناته في المحلول. في الصورة b. يتأثر الاتزان عند إضافة $Pb(NO_3)_2$ ، مما يؤدي إلى تكون المزيد من راسب $PbCrO_4$.



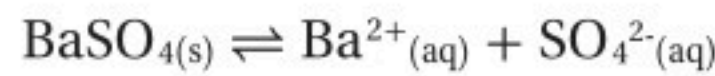
تطبيق مبدأ لوتشاتلييه يوضح الشكل a 3-21 المحلول المشبع لكرومات الرصاص $PbCrO_4$. لاحظ المادة الصلبة الصفراء $PbCrO_4$ في قاع الكأس؛ فهي في حالة اتزان مع المحلول، كما هو موضح في المعادلة الآتية:



عندما يضاف محلول من $Pb(NO_3)_2$ إلى محلول مشبع من $PbCrO_4$ يترسب المزيد من $PbCrO_4$ الصلب، كما هو موضح في الشكل b 3-21؛ وذلك لأن أيونات Pb^{2+} المشتركة بين المادتين $Pb(NO_3)_2$ و $PbCrO_4$ تقلل من ذائبية $PbCrO_4$. هل يمكن تفسير ترسيب $PbCrO_4$ وفقًا لمبدأ لوتشاتلييه؟

إنَّ إضافة أيون Pb^{2+} إلى اتزان الذائبية يزيد من جهد الاتزان. ولإزالة الجهد يزاح الاتزان نحو اليسار لتكوين المزيد من الراسب الصلب $PbCrO_4$.

يلعب تأثير الأيون المشترك أيضًا دورًا عند تناول $BaSO_4$ من أجل أخذ أشعة سينية للجهاز الهضمي. إن الذائبية المنخفضة لـ $BaSO_4$ تساعد على التأكد من أن كمية أيون الباريوم السام الممتص من قبل الجهاز الهضمي للمريض قليلة لدرجة غير مؤذية. ولمزيد من الوقاية يتم إضافة كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، وهو مركب أيوني ذائب يوفر الأيون المشترك SO_4^{2-} .



بحسب مبدأ لوتشاتلييه فإن أيون SO_4^{2-} الذي مصدره Na_2SO_4 يعمل على إزاحة الاتزان نحو اليسار لإنتاج المزيد من $BaSO_4$ الصلب، ويقلل عدد أيونات Ba^{2+} الضارة في المحلول.



مختبر حل المشكلات

تطبيق التفسيرات العلمية

كيف يمنع أيون الفلوريد تسوس الأسنان؟ إن أغلب الناس يستعملون معجون أسنان يحتوي على فلوريد الصوديوم، أو فلوريد القصدير II. استعمل معرفتك بذائبة المركبات الأيونية والتفاعلات العكسية لكشف دور أيون الفلوريد في حفظ الأسنان من التسوس.



التحليل

تتكون مينا الأسنان من 98% من هيدروكسي الأباتيت $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. وعلى الرغم من أنه مادة غير ذائبة في الماء $K_{sp} = 6.8 \times 10^{-37}$ إلا أن تحلل المينا ينتج عن ذوبان هيدروكسي الأباتيت، وخصوصاً عندما يحتوي اللعاب على أحماض. أما عملية بناء مينا الأسنان

فهي عملية عكسية تحدث عندما يوجد هيدروكسي الأباتيت في محلول مع أيونات الفلوريد؛ إذ يحدث تفاعل إحلال مزدوج يحل فيه أيون الفلوريد محل أيون الهيدروكسيد لتكوين فلوروأباتيت $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ، $K_{sp} = 1 \times 10^{-60}$. يعيد الفلوروأباتيت بناء مينا الأسنان، ولذلك فإنه يحل جزئياً محل هيدروكسي الأباتيت، حيث الفلوروأباتيت أقل ذائبة من هيدروكسيد الأباتيت فتقل عملية هدم المينا وإتلافها.

التفكير الناقد

1. اكتب معادلة ذوبان هيدروكسي الأباتيت وتعبير ثابت الاتزان له. كيف تختلف الظروف في الفم عن الظروف في الاتزان الفعلي؟
2. اكتب معادلة تصف تفاعل الإحلال المزدوج الذي يحدث بين هيدروكسي الأباتيت وفلوريد الصوديوم.
3. احسب ذائبة هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء، ثم قارن ذوبانيتها.

التقويم 3-3

الخلاصة

- التراكيز عند الاتزان والذائبة يمكن حسابها باستعمال تعبير ثابت الاتزان.
- يصف K_{sp} الاتزان بين مركب أيوني قليل الذائبة وأيوناته في محلول.
- إذا كان الحاصل الأيوني Q_{sp} أكبر من K_{sp} عند خلط محلولين فسوف يتكون راسب.
- وجود الأيون المشترك في محلول يقلل ذائبة المادة المذابة.

27. الفكرة الرئيسية: اكتب المعلومات التي تحتاج إليها لحساب تركيز ناتج في خليط التفاعل عند الاتزان.
28. فسر كيف تستخدم ثابت حاصل الذائبة في حساب ذائبة مركب أيوني قليل الذوبان؟
29. صف كيف يقلل وجود الأيون المشترك ذائبة المركب الأيوني؟
30. وضح الفرق بين K_{sp} و Q_{sp} . وهل يعد Q_{sp} ثابت اتزان؟
31. احسب ذائبة كربونات الماغنسيوم MgCO_3 في الماء النقي إذا كان K_{sp} يساوي 2.6×10^{-9} .
32. صمم تجربة اعتماداً على الذائبة لتوضح أي الأيونين Mg^{2+} أو Pb^{2+} يوجد في محلول مائي.

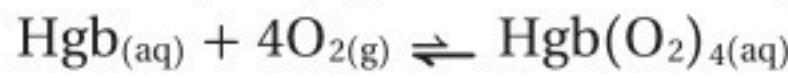


الكيمياء والصحة



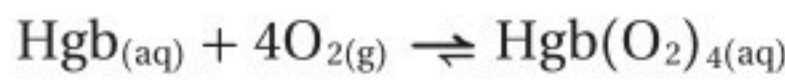
الشكل 2 على قمة إفرست، يمكن للمتسلق الصعود إلى المخيم II، ثم ينزل إلى المخيم الأرضي، ثم يصعد إلى المخيم III؛ استعدادًا للوصول إلى أعلى القمة.

في الجبال In the mountains يستجيب الاتزان لجهد هواء الجبال بإنتاج الأكسجين بسرعة عالية. ويتم إزاحة الاتزان إلى اليسار محوّرًا جزيئات الأكسجين في الرئة، تاركًا القليل من الهيموجلوبين المؤكسج في الدم



تركيز الهيموجلوبين المؤكسج المنخفض في الدم يعني أن جزيئات الأكسجين تحررت في أجزاء أخرى من الجسم. ولأن مقدار الطاقة الناتج قليل فإنك تشعر بالإعياء.

تكيفات الجسم The body adjusts يستجيب جسمك لتركيز الأكسجين المنخفض عن طريق إنتاج المزيد من الهيموجلوبين. يُعرف جزء من هذه العملية بالتأقلم؛ إذ يعمل المزيد من الهيموجلوبين على إزاحة الاتزان نحو اليمين



يعني التركيز المتزايد لـ $\text{Hgb}(\text{O}_2)_4(\text{aq})$ أن المزيد من جزيئات الأكسجين تنطلق في أنسجة الجسم. يوضح الشكل 2 أين يمكن للمتسلقين أن يعودوا أجسامهم على الارتفاعات العالية قبل البدء في صعود القمة.

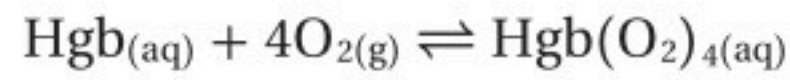
الكتابة في الكيمياء ابحث عن أزمة الاختناق عند النوم، كيف يمكن لحدوث الاختناق أن يؤثر في اتزان هيموجلوبين الجسم؟ للمزيد من المعلومات ارجع إلى المواقع الإلكترونية في الشبكة العنكبوتية.

ارتفاع الهيموجلوبين إلى مستوى التحدي

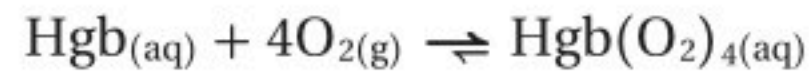
عندما يسافر الناس إلى أماكن جبلية يشعرون عادة بالتعب، ويصابون بدوار. والسبب في ذلك أن هواء الجبل يحتوي على القليل من جزيئات الأكسجين، كما هو موضح في الشكل 1. ومع مرور الوقت يقل الإعياء؛ لأن الجسم يتكيف مع هذا النقص في الأكسجين بإنتاج المزيد من البروتين الذي يسمى الهيموجلوبين.

اتزان الهيموجلوبين-أكسجين Hemoglobin – oxygen equilibriun

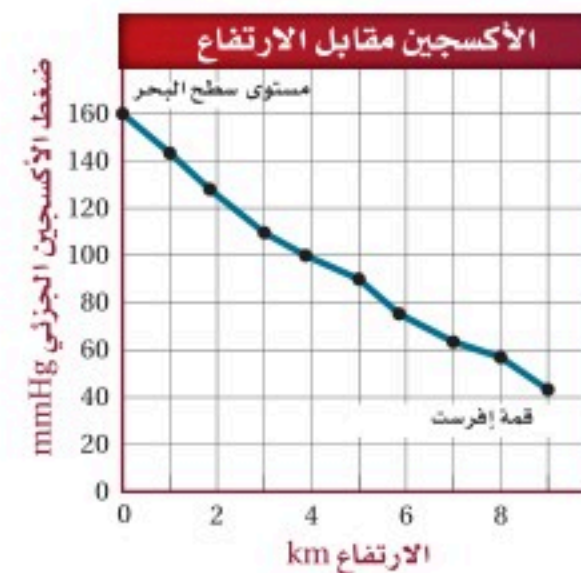
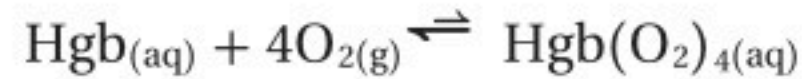
يرتبط الهيموجلوبين Hgb بجزيئات الأكسجين التي تدخل دورة الدم في جسمك منتجةً الهيموجلوبين المؤكسد $\text{Hgb}(\text{O}_2)_4$. ويمكن تمثيل اتزان Hgb و O_2 في المعادلة الآتية:



في الرئتين عندما تتنفس تتحرك جزيئات الأكسجين إلى دمك، ويستجيب الاتزان للجهد باستهلاك جزيئات الأكسجين بسرعة عالية. ويتم إزاحة الاتزان نحو اليمين، ويزداد تركيز $\text{Hgb}(\text{O}_2)_4$ في الدم.



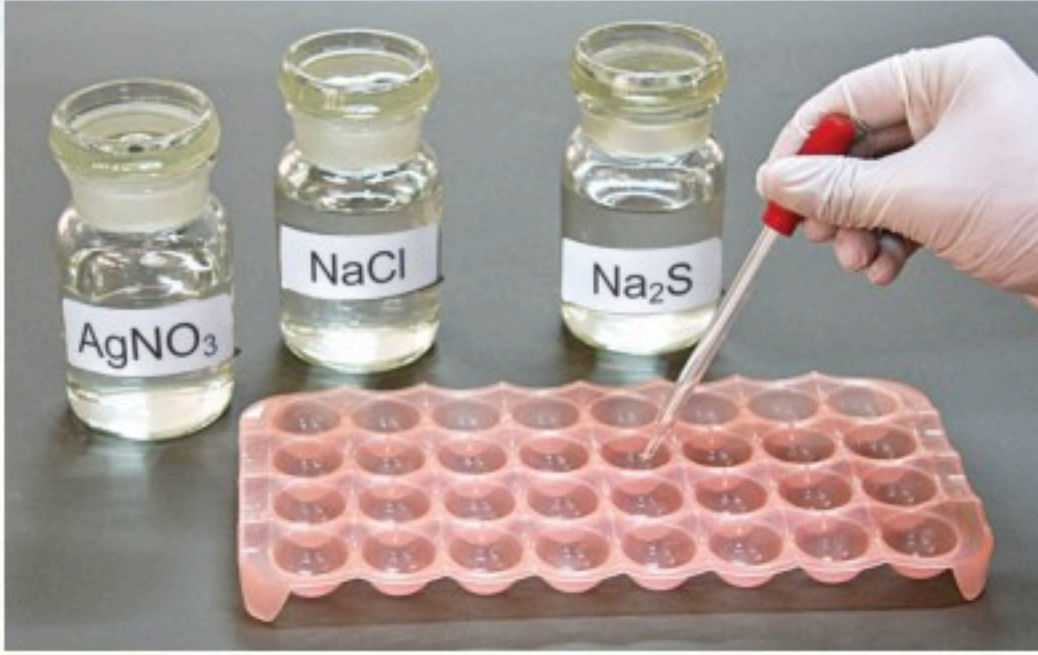
في الأنسجة عندما يصل $\text{Hgb}(\text{O}_2)_4$ إلى أنسجة الجسم التي يكون فيها تركيز الأكسجين منخفضًا يزاح الاتزان نحو اليسار، ويتحرر الأكسجين ليسمح لحدوث عملية الأيض التي من شأنها توليد الطاقة.



الشكل 1 يكون الضغط الجزئي لـ O_2 في القمة أكثر انخفاضًا. وكل نفس يستنشقه الإنسان يحتوي على جزيئات O_2 قليلة.

مختبر الكيمياء

المقارنة بين ثابتي حاصل الذائبية



الخلفية من خلال ملاحظة تكون راسبين في النظام نفسه يمكن استنتاج العلاقة بين ذائبية مركبين أيونيين والقيم العددية لثوابت حاصل الذائبية لهما K_{sp} .

سؤال كيف تستطيع استعمال مبدأ لوتشاتيليه لتقويم الذائبية النسبية لراسبين؟

المواد والأدوات اللازمة

محلول $AgNO_3$ محلول $NaCl$

محلول Na_2S طبق تفاعلات بلاستيكي ذو 24 أو 32 فجوة 3 قطرات رفيعة الساق (مادة بديلة للطبق: أنابيب اختبار)

إجراءات السلامة

تحذير: نترات الفضة عالية السمية، وتخلّف بقعاً على الجلد والملابس. كبريتيد الصوديوم مهيج للجلد، ويجب إبقاؤه بعيداً عن الأحماض.

خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع 10 قطرات من محلول $AgNO_3$ في الفجوة A1 من طبق التفاعلات. وضع 10 قطرات من المحلول نفسه في الفجوة A2.
3. أضف 10 قطرات من محلول $NaCl$ إلى الفجوة A1 و 10 قطرات في الفجوة A2.
4. دع الرواسب تتكون، ولاحظ الفجوات من أعلى ومن الجانب، وسجل ملاحظاتك.
5. أضف 10 قطرات من محلول Na_2S إلى الفجوة A2.
6. دع الراسب يتكون، وسجل ملاحظاتك عنه.
7. قارن محتوى الفجوتين A1، و A2، وسجل ملاحظاتك.
8. التخلص من النفايات استعمال قارورة الغسل لنقل محتوى طبق التفاعلات البلاستيكي إلى وعاء النفايات.

التحليل والاستنتاج

1. حلل اكتب المعادلة الكاملة للتفاعل الذي حدث عند مزج $NaCl$ و $AgNO_3$ في الخطوة 3، و اكتب المعادلة الأيونية النهائية.

2. حلل اكتب تعبير ثابت حاصل الذائبية للاتزان الذي نشأ في الفجوتين A1 و A2 في خطوة 3.
3. حلل اكتب معادلة للاتزان الذي نشأ في الفجوة A2 عندما أضفت Na_2S .
4. تعرّف الراسبين من خلال اللون.
5. قارن قيم K_{sp} للراسبين، أي المركبين الأيونيين أكثر ذائبية؟
6. أدرك النتيجة والسبب استعمال مبدأ لوتشاتيليه لتفسير تأثير إضافة Na_2S في الخطوة 5 في الاتزان في الفجوة A2.
7. احسب الذائبية المولارية للراسبين باستعمال قيم K_{sp} . أي الراسبين أكثر ذوباناً؟
8. حدد الدليل الذي يدعم إجابتك للسؤال 7. فسر إجابتك.
9. تحليل الخطأ قارن ملاحظاتك عند النظر إلى طبق التفاعلات من أعلى بملاحظاتك عند النظر إليه من جنب. ماذا تلاحظ؟
10. ابحث كيف تستعمل المصانع الترسيب لإزالة المواد الكيميائية الخطرة من مياه الصرف الصحي؟

الاستقصاء

المركبات الذائبة مقابل المركبات غير الذائبة المواد المتفاعلة التي استعملتها في مختبر الكيمياء جميعها مركبات أيونية ذائبة والرواسب غير ذائبة. كيف يختلف Na_2S الذائب عن Ag_2S غير الذائب؟ كيف يختلف $NaCl$ الذائب عن $AgCl$ غير الذائب؟ استعمل معلومات K_{sp} في الجدول 3-4. وارجع إلى مصادر أخرى لتعرف القوانين العامة للذائبية.



الفكرة العامة يصل الكثير من التفاعلات والعمليات إلى حالة من الاتزان الكيميائي؛ حيث تتكون كل من المواد المتفاعلة والنواتج بسرعات متساوية.

3-1 حالة الاتزان الديناميكي

الفكرة الرئيسية

يوصف

الأفكار الرئيسية

- الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان الذي يعتمد على تراكيز المواد المتفاعلة والنواتج.
- يكون التفاعل في حالة اتزان إذا كانت سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.
- تعبير ثابت الاتزان هو نسبة التراكيز المولارية للمواد الناتجة إلى التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة؛ حيث ترفع هذه التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة.

$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

- تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة.

المفردات

- التفاعل العكسي
- الاتزان الكيميائي
- قانون الاتزان الكيميائي
- ثابت الاتزان
- اتزان متجانس
- اتزان غير متجانس

3-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الفكرة الرئيسية

عندما تطرأ

الأفكار الرئيسية

- تغيرات على نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.
- يصف مبدأ لوتشاتلييه كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغيير.
- عند إزاحة الاتزان استجابة لتغير التركيز أو الحجم يتغير موضع الاتزان، ولكن K_{eq} يبقى ثابتاً. والتغير في درجة الحرارة يغير الاثنين معاً: موضع الاتزان وقيمة K_{eq} .

المفردات

- مبدأ لوتشاتلييه

3-3 استعمال ثوابت الاتزان

الفكرة الرئيسية

يمكن استعمال

الأفكار الرئيسية

- تعبير ثابت الاتزان في حساب تراكيز المواد في التفاعل وذوبانيتها.
- يمكن حساب التراكيز عند الاتزان والذائبية باستعمال تعبير ثابت الاتزان.
- يصف K_{sp} الاتزان بين مركب أيوني قليل الذائبية وأيوناته في محلول.
- إذا كان الحاصل الأيوني Q_{sp} أكبر من K_{sp} عند خلط محلولين فسوف يتكون راسب.
- وجود الأيون المشترك في محلول يقلل ذائبية المادة المذابة.

المفردات

- ثابت حاصل الذائبية
- الأيون المشترك
- تأثير الأيون المشترك



مختلفين عند درجة الحرارة نفسها. حدد ما إذا كان التفاعل
في حالة اتزان .

الجدول 3-5 تراكيز A و B و C		
C (mol/L)	B (mol/L)	A (mol/L)
0.700	0.621	0.500
0.250	0.525	0.250

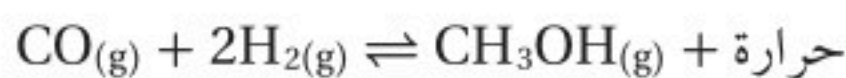
45. إذا مرَّ بخار ماء من خلال برادة حديد ينتج أكسيد الحديد III الصلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي، اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل الذي ينتج أكسيد الحديد III وغاز الهيدروجين.

3-2

إتقان المفاهيم

46. ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعل ما عند الاتزان؟
47. كيف يصف مبدأ لوتشاتلييه استجابة الاتزان للإجهاد؟
48. لماذا يسبب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار؟
49. عند إزاحة الاتزان نحو اليمين، ماذا يحدث لكل من:
a. تراكيز المتفاعلات
b. تراكيز النواتج

50. كيف يمكن للتغيرات الآتية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل المستعمل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين؟

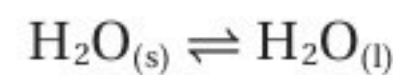


- إضافة CO
- خفض درجة الحرارة
- إضافة عامل محفز
- إزالة CH₃OH
- تقليل حجم وعاء التفاعل

3-1

إتقان المفاهيم

33. صف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عمليتين متعاكستين.
34. إذا قيل لك إن تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير فلماذا تستعمل كلمة (ديناميكي) لوصف الاتزان الكيميائي؟
35. هل تمثل المعادلة الآتية اتزاناً متجانساً أم غير متجانس؟ فسر إجابتك.



36. ما المقصود بموضع الاتزان؟
37. وضح كيفية كتابة تعبير ثابت الاتزان.
38. لماذا يجب أن تعبر انتباهك للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان؟
39. لماذا تعني قيمة K_{eq} الكبيرة عددًا أن النواتج مفضلة في نظام الاتزان؟
40. ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متزن، إذا تم إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية؟
41. كيف لنظام الاتزان أن يحتوي على كميات صغيرة وغير متغيرة من النواتج، وفي الوقت نفسه يحتوي على كميات كبيرة من المتفاعلات؟ كيف يمكن أن تبرر K_{eq} لمثل هذا الاتزان؟

إتقان حل المسائل

42. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان متجانس فيما يأتي:
a. $2\text{N}_2\text{H}_4\text{(g)} + 2\text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 3\text{N}_2\text{(g)} + 4\text{H}_2\text{O(g)}$
b. $2\text{NbCl}_4\text{(g)} \rightleftharpoons \text{NbCl}_3\text{(g)} + \text{NbCl}_5\text{(g)}$
43. افترض أن لديك مكعبًا من فلز المنجنيز النقي طول ضلعه 5.25 cm، وكتلته تساوي 1076.6 g، فما التركيز المولاري للمنجنيز في المكعب؟
44. قيمة K_{eq} للتفاعل $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ تساوي 3.63، يوضح الجدول 3-5 تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين



3-3

إتقان المفاهيم

58. ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيوناً مشتركاً؟ اذكر مثلاً يوضح ذلك.

59. لماذا لا تعطى بعض المركبات مثل كلوريد الصوديوم قيم K_{sp} ؟

60. الأشعة السينية لماذا يعد استعمال كبريتات الباريوم أفضل من كلوريد الباريوم عند التعرض للأشعة السينية؟ علماً أنه عند درجة حرارة 26°C فإن 37.5 g من BaCl_2 يمكن أن تذوب في 100 mL من الماء؟

61. فسر ما يحدث في الشكل 3-23 اعتماداً على K_{sp} و Q_{sp} .

62. صف المحلول الناتج عن خلط محلولين لهما $Q_{sp} = K_{sp}$ ، هل يتكون راسب؟

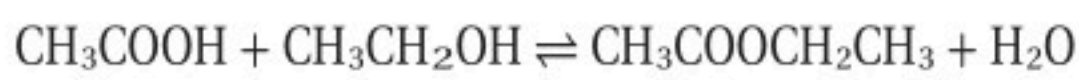
إتقان حل المسائل

63. اكتب تعبير K_{sp} لكرومات الرصاص PbCrO_4 ، واحسب ذائبية بوحدة mol/L، علماً أن $k_{sp} = 2.3 \times 10^{-13}$.

64. K_{sp} لفلوريد الإسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة 298 K يساوي 4.2×10^{-8} . اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذائبية فلوريد الإسكانديوم في الماء. ما تركيز أيونات Sc^{3+} اللازمة لتكوين راسب إذا كان تركيز أيون الفلوريد 0.076 M؟

65. هل يتكون راسب عند خلط 62.6 mL من CaCl_2 الذي تركيزه 0.0322 M مع 31.3 mL من NaOH الذي تركيزه 0.0145 M؟ استعمل البيانات الموجودة في الجدول 3-4. وضح إجابتك.

66. صناعة إيثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ مذيب يستعمل في صناعة الورنيش، ويمكن إنتاجه بتفاعل الإيثانول وحمض الإيثانويك (الخليك). يمكن وصف الاتزان بالمعادلة الآتية:

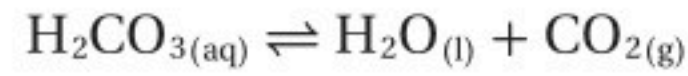


احسب K_{eq} باستعمال تراكيز الاتزان الآتية:

$$[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = 2.90 \text{ M}; [\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.316 \text{ M};$$

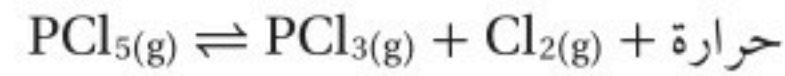
$$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = 0.313 \text{ M}; [\text{H}_2\text{O}] = 0.114 \text{ M}$$

51. المشروبات الغازية استعمل مبدأ لوتشاتيليه لشرح كيف أن إزاحة الاتزان الآتي:



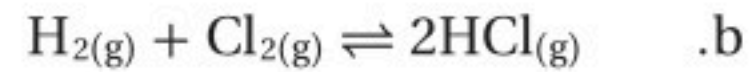
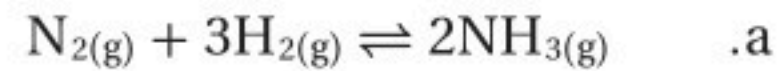
تسبب فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحاً؟

52. فسر كيف تؤثر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضح في المعادلة الآتية؟



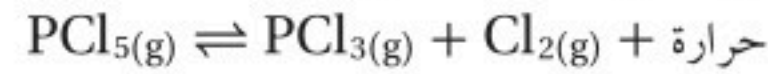
53. إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي على $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ حرارة: ففاعل الاتزان الآتي: حرارة فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

54. إذا أعطيت التفاعلين الآتين عند الاتزان:



فسر لماذا يسبب تغير حجم وعاء التفاعلين تغير موضع الاتزان لـ a ولا يؤثر في b؟

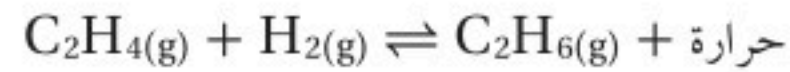
55. هل تتوقع أن تزداد أو تقل قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة الحرارة في الاتزان الآتي؟ فسر إجابتك.



56. فسر كيف يمكن أن تنظم الضغط لتعزز تكوين النواتج في نظام الاتزان الآتي؟



57. يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة:



كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

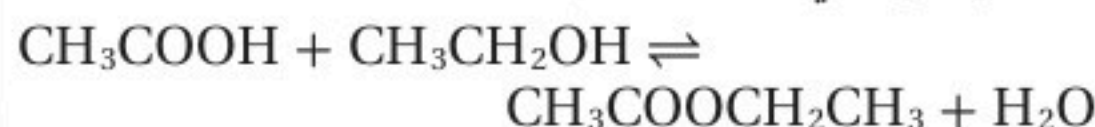
a. تزيد كمية الإيثان الناتج.

b. تقلل تركيز الإيثيلين.

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل.

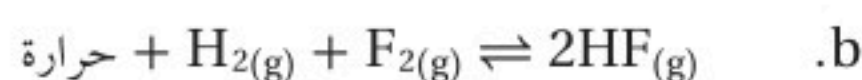
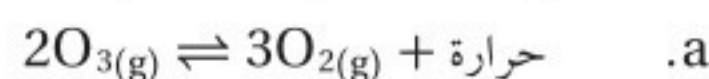
مراجعة عامة

67. تنتج إيثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة الآتية:

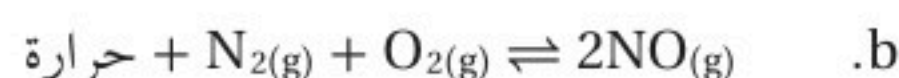
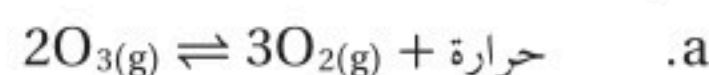


لماذا تسبب إزالة الماء إنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل؟

68. كيف يتأثر كل اتزان مما يأتي بانخفاض درجة الحرارة؟



69. كيف يتأثر كل اتزان مما يأتي بارتفاع كل من درجة الحرارة والحجم في الوقت نفسه؟



70. ثابت حاصل الذائبية لزرنيخات الرصاص $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ هو 4.0×10^{-36} في درجة حرارة 298 K. احسب الذائبية بوحدة mol / L لهذا المركب عند درجة الحرارة نفسها.

71. صصح الجملة الآتية: القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الأمامي والعكسي يحدثان ببطء.

72. في نظام الاتزان $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ، لون NO_2 بني غامق. فسر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل 3-22.



الشكل 3-22

73. إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى محلول هيدروكسيد الألومنيوم المشبع يُقلل من تركيز أيونات الألومنيوم. اكتب معادلة اتزان الذائبية وتعبير ثابت حاصل الذائبية لمحلول مائي مشبع لهيدروكسيد الألومنيوم.

التفكير الناقد

74. تحليل افترض أن نظام اتزان عند درجة حرارة معينة K_{eq} له تساوي 1.000، فما احتمال أن هذا النظام يتكون من 50% متفاعلات و 50% نواتج؟ فسر إجابتك.

75. تطبيق يستعمل تنشق الأملاح أحياناً لإعادة إنعاش شخص فاقد للوعي؛ إذ تتكون هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم. فإذا كانت معادلة تفكك كربونات الأمونيوم الماص للحرارة هي: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ فهل تتوقع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولاً في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة؟ فسر إجابتك.

76. إذا علمت أن K_{sp} ليوديدات الكاديوم $\text{Cd}(\text{IO}_3)_2$ يساوي 2.3×10^{-8} عند درجة حرارة 298 K، فما تركيز (mol / L) كل من أيونات الكاديوم وأيونات اليوديدات في محلول مشبع مع يوديدات الكاديوم عند درجة حرارة 298 K؟

77. تفسير البيانات أي المركبات يترسب أولاً إذا تمت إضافة محلول فلوريد الصوديوم الذي تركيزه 0.500M بشكل تدريجي إلى محلول يحتوي على تركيز 0.500M من كل من أيونات الباريوم والماغنسيوم؟ استعمل الجدول 3-6 واكتب معادلات اتزان الذائبية وتعبير ثابت حاصل الذائبية لكل المركبين. فسر إجابتك.

الجدول 3-6 بيانات المركبين		
المركب	الكتلة المولية g/mol	الذائبية عند 25°C g/L
BaF_2	175.33	1.1
MgF_2	62.30	0.13



تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

82. **مركب جديد** تخيل أنك عالم، وقد قمت بتركيب سائل فريد وجديد وأسميته يولان ومختصره يو. يولان سائل غير سام، وتحضيره غير مكلف، وله القدرة على إذابة كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وفق معادلة الاتزان:

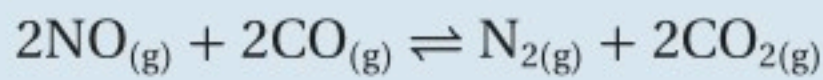
$$\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{yo}), K_{\text{eq}} = 3.4 \times 10^6$$

83. اكتب مقالة لمجلة أو صحيفة تفسر فيها ميزة يولان في مكافحة الارتفاع في درجات الحرارة العالمي.

84. **عسر الماء** يسبب وجود أيونات الماغنسيوم والكالسيوم في الماء عسره. بالاعتماد على الذائبية فسر لماذا يعد وجود هذين الأيونين أحياناً غير مرغوب فيه. ثم أوجد الطرائق التي يمكن اتخاذها للحد من وجودهما.

أسئلة المستندات

التلوث تحتوي عوادم السيارات على الملوثات الخطرة: أول أكسيد النيتروجين NO وأول أكسيد الكربون CO. ويمكن أن تقلل كمية هذين الغازين في الهواء الجوي بتمريرهما فوق سبيكة (عامل محفز). عندما يمر غازا NO و CO فوق هذا المحفز ينشأ الاتزان الآتي:



ويتأثر ثابت الاتزان بدرجة الحرارة، كما هو موضح في الجدول 3-7.

جدول 3-7 K_{eq} مقابل درجة الحرارة

1000 K	900 K	800 K	700 K
3.27×10^{45}	4.66×10^{54}	1.04×10^{66}	9.10×10^{97}

85. اكتب تعبير ثابت الاتزان لهذا الاتزان.

86. ادرس العلاقة بين K_{eq} ودرجة الحرارة. استعمل مبدأ لوتشاتيليه لاستنتاج ما إذا كان التفاعل الأمامي ماصاً أم طارداً للطاقة.

87. فسر كيف يمكن أن يساعد الراديتر (مبرد السيارة) المطلي بالسبيكة على تقليل تركيز CO و NO في الغلاف الجوي؟

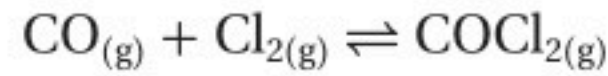
78. **السبب والنتيجة** افترض أن لديك 12.56 g من خليط مكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم، وفسر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كل مركب في الخليط.

79. **قارن** أي المادتين الصلبتين: فوسفات الكالسيوم وفوسفات الحديد III لها ذائبية مولارية أكبر؟

إذا علمت أن $K_{\text{sp}} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 1.2 \times 10^{-29}$ و $K_{\text{sp}} \text{FePO}_4 = 1.0 \times 10^{-22}$ ، فأيهما له ذائبية g/L أعلى؟

مسألة تحفيز

80. **تحضير الفوسجين** الفوسجين COCl_2 غاز سام يستعمل في تصنيع بعض الأصباغ والأدوية والمبيدات الحشرية. ويمكن تحضيره بتفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وفق المعادلة:



بداية وضع 1.0000 mol من كلا الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولهما إلى حالة الاتزان وجد أن تركيز كل منهما 0.0086 mol/L. ما تركيز الفوسجين عند الاتزان؟ وما K_{eq} للنظام؟

مراجعة تراكمية

81. عندما تقوم بعكس معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب عكس إشارة ΔH ؟

اختبار مقنن

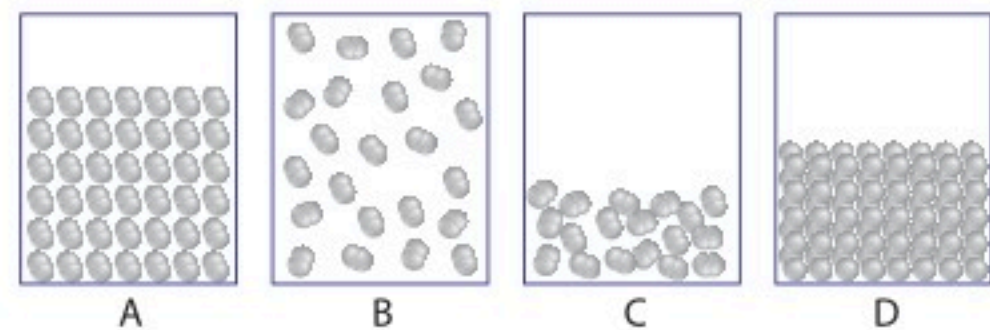
أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي يصف نظامًا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؟
- لا يوجد ناتج جديد يتكون بفعل التفاعل الأمامي.
 - لا يحدث التفاعل العكسي في النظام.
 - تركيز المتفاعلات في النظام يساوي تركيز النواتج.
 - سرعة حدوث التفاعل الأمامي تساوي سرعة حدوث التفاعل العكسي.

2. يستطيع الطلاب إجراء التفاعل بين أيونات $S_2O_8^{2-}$ وأيونات اليوديد I^- لأنه يسير ببطء كافٍ لقياس سرعته.
- $$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$$
- تم تحديد رتبة هذا التفاعل في المختبر لتكون الرتبة الأولى في $S_2O_8^{2-}$ والرتبة الأولى في I^- . ما قانون السرعة الكلي لهذا التفاعل؟

- $R = k[S_2O_8^{2-}]^2[I^-]$
- $R = k[S_2O_8^{2-}][I^-]$
- $R = k[S_2O_8^{2-}][I^-]^2$
- $R = k[S_2O_8^{2-}]^2[I^-]^2$

استعمل الرسوم الآتية للإجابة عن السؤال 3.



3. أي الرسوم الأربعة يبين المادة التي لها أضعف قوى بين الجزيئات؟
- A
 - B
 - C
 - D

4. أي أنواع القوى بين الجزيئات ينتج عن عدم توازن مؤقت في الكثافة الإلكترونية حول نواة الذرة؟
- الروابط الأيونية
 - قوى التشتت
 - قوى ثنائية القطب
 - الروابط الهيدروجينية
- استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

بيانات التركيز للاتزان الآتي $MnCO_3(s) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (عند 298 K)				
المحاولة	$[Mn^{2+}]$ الابتدائي	$[CO_3^{2-}]$ الابتدائي	$[Mn^{2+}]$ عند الاتزان	$[CO_3^{2-}]$ عند الاتزان
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-3}
2	0.0100	0.0000	1.00×10^{-2}	2.24×10^{-9}
3	0.0000	0.0200	1.12×10^{-9}	2.00×10^{-2}

5. ما قيمة K_{sp} لـ $MnCO_3$ عند درجة حرارة 298K؟

- 2.24×10^{-11}
- 4.00×10^{-11}
- 1.12×10^{-9}
- 5.60×10^{-9}

6. ما ذائبية $MnCO_3$ عند درجة حرارة 298 K؟

- $4.73 \times 10^{-6}M$
- $6.32 \times 10^{-2}M$
- $7.48 \times 10^{-5}M$
- $3.35 \times 10^{-5}M$

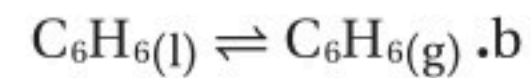
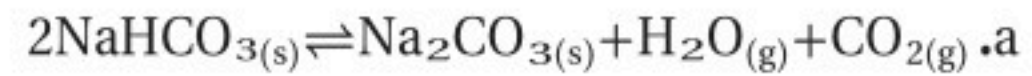
7. عند خلط 50mL من K_2CO_3 الذي تركيزه $3.00 \times 10^{-6}M$ مع 50 mL من $MnCl_2$ ، سوف يتكون راسب من $MnCO_3$ فقط عندما يكون تركيز محلول $MnCl_2$ أكبر من:

- $7.47 \times 10^{-6}M$
- $1.49 \times 10^{-5}M$
- $2.99 \times 10^{-5}M$
- $1.02 \times 10^{-5}M$



أسئلة الإجابات القصيرة

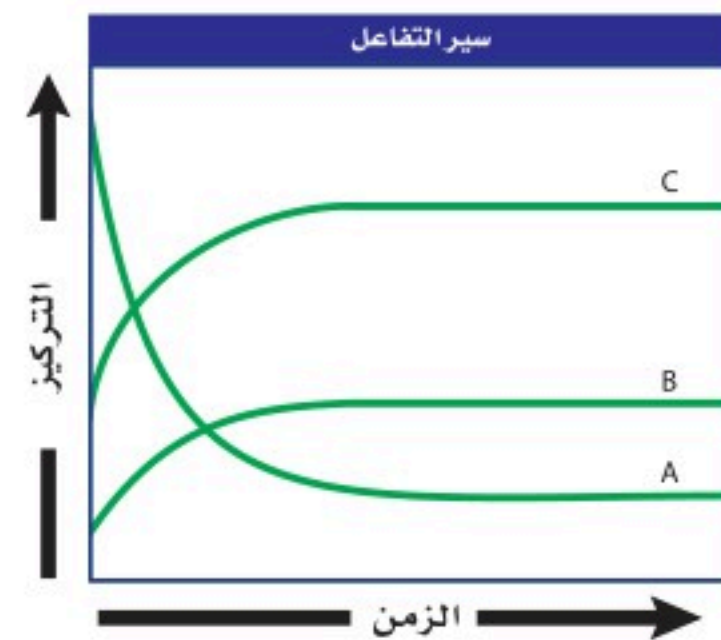
8. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتران غير متجانس مما يأتي:



9. ينتج عن تسخين الحجر الجيري $\text{CaCO}_{3(s)}$ الجير الحي $\text{CaO}_{(s)}$ وغاز ثاني أكسيد الكربون. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. صف شكل الرسم البياني عند حدوث الاتزان.

11. فسر لماذا لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا عند نهاية هذا التفاعل؟

12. صنف نوع التفاعل الكيميائي الذي يظهر في هذا الرسم البياني، وكيف تدعم البيانات فيه استنتاجك؟



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

4-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

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

4-2 الألكانات

الفكرة الرئيسية الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

4-3 الألكينات والألكاينات

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

4-4 متشكلات الهيدروكربونات

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

4-5 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.

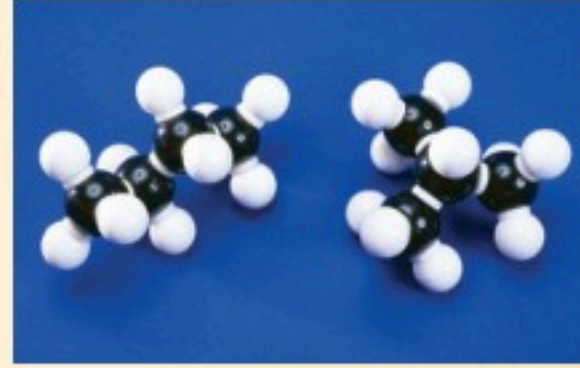
نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

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؟

المطويات

منظمات الأفكار

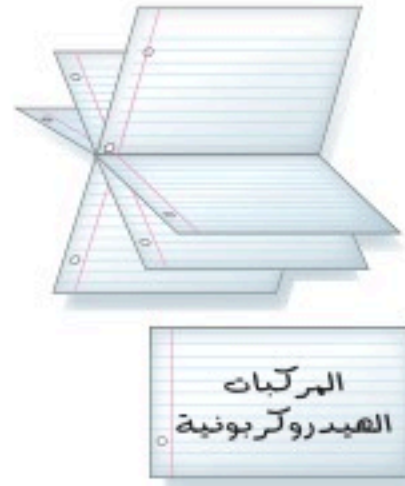
المركبات الهيدروكربونية
اعمل المطوية الآتية لتساعدك على
تنظيم المعلومات حول المركبات
الهيدروكربونية باتباع الخطوات
الآتية:



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 بـ "المركبات
الهيدروكربونية".

استعمل هذه المطوية في الأقسام

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





4-1

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

مخلوق 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 سيارة 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 4-1 تُنتج قدراً 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 المصنّعة من المخلوقات الحية - تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معاً بتراكيب محدّدة. وقد تمكّنوا 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 4-1 خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية، ووهب لها القدرة أن تنتجها أيضاً.

حدّد مركبين عضويين درستهما سابقاً.



الشكل 2-4 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، خُصص 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 2-4. 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، وتكون 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 بأقفاس العصافير أيضًا. وعلى الرغم من احتمالات الربط هذه، فقد تعرّف الكيميائيون ملايين المركبات العضوية المختلفة، وما زالوا يتعرفون ويحضرون 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 تكوينه، 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 3-4.

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

الشكل 3-4 الميثان - أبسط هيدروكربون موجود في الغاز الطبيعي.

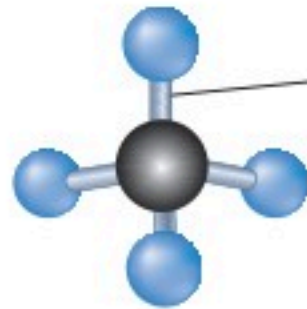
حدد بالإضافة إلى الهيدروجين، العناصر الأخرى التي تتحد بسهولة مع الكربون.



نماذج جزيء الميثان

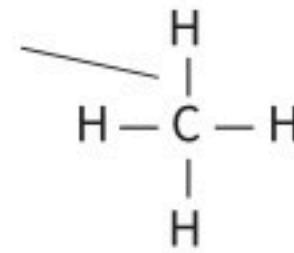


النموذج الفراغي



نموذج الكرة والعصا

رابطة تساهمية
أحادية



الصيغة البنائية



الصيغة الجزيئية

الشكل 4-4 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH_4).

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

الروابط المضاعفة بين ذرات الكربون ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضًا بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في الشكل 4-5. 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 تتفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية قليلة من البروم، وبعضها مع كمية أكبر، وقد لا تتفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. لذا أطلق الكيميائيون على الهيدروكربونات التي تتفاعل 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.

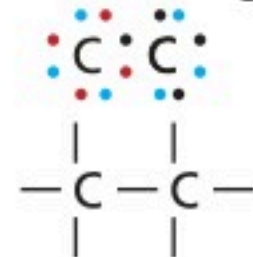
يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عامًا مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية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

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

الشكل 4-5 تستطيع ذرة

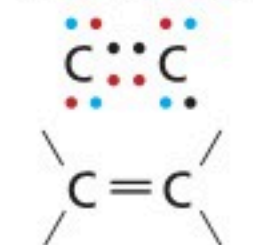
الكربون أن ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية أو ثلاثية. وتوضّح أشكال لويس والصيغ البنائية الآتية طريقتين من طرائق الإشارة إلى الروابط الثنائية والثلاثية.

زوج مشترك واحد



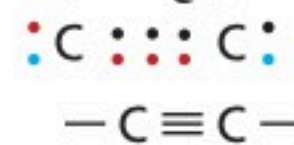
رابطة تساهمية أحادية

زوجان مشتركان



رابطة تساهمية ثنائية

ثلاثة أزواج مشتركة



رابطة تساهمية ثلاثية

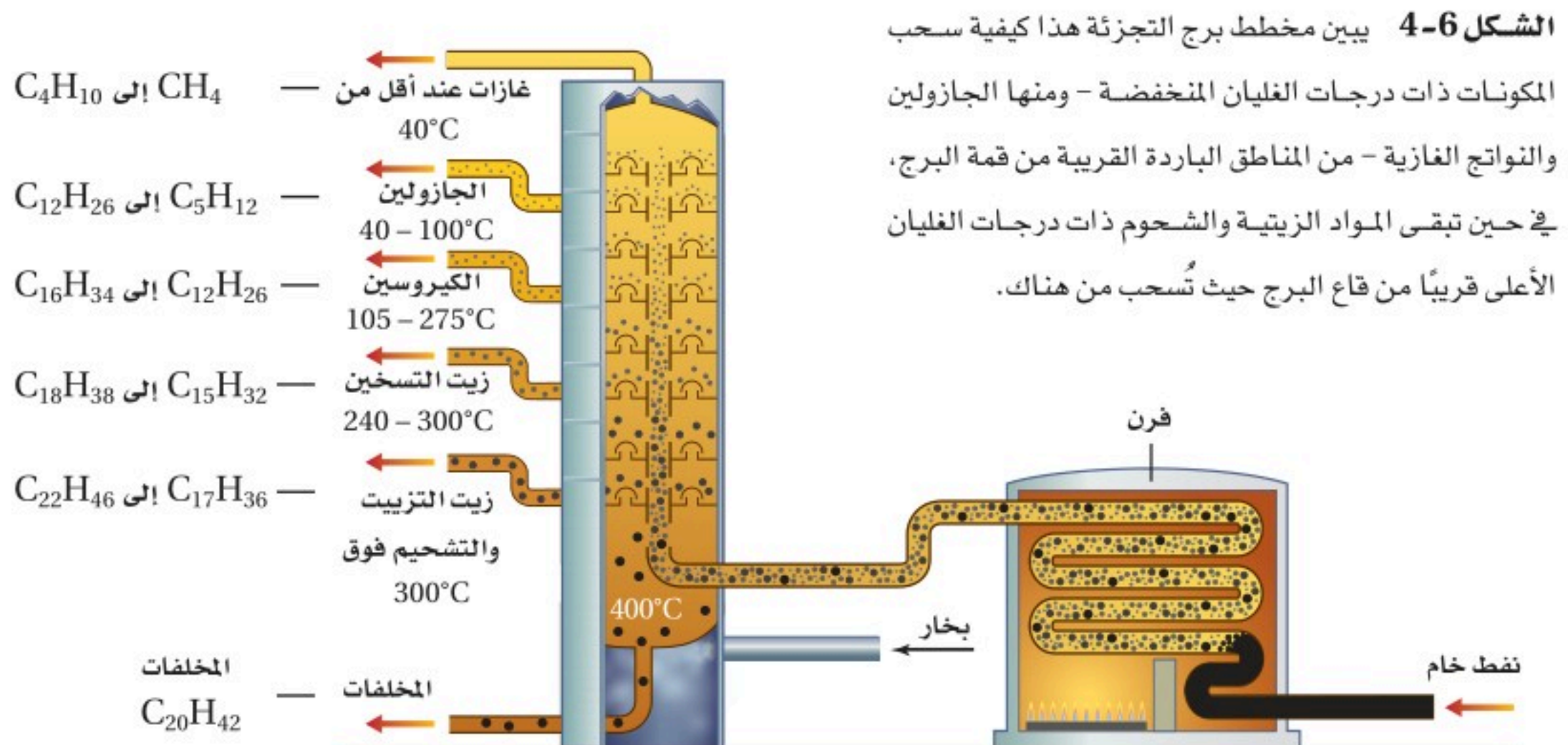
•+• إلكترونات ذرة الكربون
• إلكترون من ذرة أخرى

تنقية الهيدروكربونات Purification of Hydrocarbons

ينتج اليوم الكثير من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المُسمى النفط (البترول). وقد تشكل 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، تحولت بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغط الهائل من الرواسب الكثيرة إلى صخر زيتي وغاز طبيعي. وينفذ النفط من خلال أنواع معينة من الصخور ذات مسامات، ويتجمع في أعماق القشرة الأرضية في صورة برك. وعادة ما يوجد الغاز الطبيعي مصاحباً للترسبات النفطية، حيث يتشكلان معاً في الوقت نفسه وبالطريقة نفسها. ويتكون الغاز الطبيعي بصورة أساسية من الميثان، ولكنه يحتوي أيضاً على كميات ضئيلة من أنواع أخرى من الهيدروكربونات تحتوي على ذرتي كربون إلى خمس ذرات.

التقطير التجزيئي يُعد النفط - على العكس من الغاز الطبيعي - خليطاً مُعقّداً يحتوي على أكثر من ألف مركب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُستخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسان عندما يفصل إلى مكونات أو أجزاء أبسط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئي**، 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 4-6.

ويتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة، فتكون قريبة من 400°C في أسفل البرج، وهو المكان الذي يغلي فيه النفط، وتنخفض تدريجياً في اتجاه أعلى البرج. وعموماً تنخفض درجات حرارة تكثف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في الشكل 4-6.



تحدد الكتلة الجزيئية للهيدروكربون مدى ارتفاعه داخل برج التقطير.

يُسخّن الفرن النفط الخام حتى الغليان، ثم تنتقل الغازات الناتجة إلى البرج.

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 6-4 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 7-4 لا تُنتج المكونات بالنسب التي نحتاج إليها من هذه المكونات. فعلى سبيل المثال، نادراً ما يُنتج التقطير الكمية المرغوب فيها من الجازولين، ولكنه يُنتج في المقابل الزيوت الثقيلة بكميات تفوق حاجة السوق.

لقد طوّر الكيميائيون والمهندسون العاملون في قطاع النفط قبل سنوات عديدة عملية تساعد على مواءمة العرض مع الطلب، وأطلق على هذه العملية التي تحول 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 6-4، 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. فالיום 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).

الرابط مع رؤية 2030



اقتصاد مزدهر

رؤية 2030
الجمهورية العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

30203 تطوير الصناعات المرتبطة بالنفط والغاز

الشكل 7-4 تقوم أبراج التقطير

التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات (مشتقات) قابلة للاستعمال. فآلاف 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 4-8 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 4-8. فللجازولين 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 استخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصة الكيوسين 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 4-1

الخلاصة

1. تحتوي المركبات العضوية على الكربون، إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
2. الهيدروكربونات مركبات عضوية تتألف من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.
3. المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
4. يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.
5. الفكرة الرئيسية اذكر ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
6. سمّ مركباً عضوياً، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
7. حدّد المعلومات التي تركز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة. صف عملية التقطير التجزيئي. استنتج توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهدّجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟
8. فسر البيانات اعتماداً على الشكل 4-6. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات - في لزوجة أي مكّون نفطي عندما يُبرّد إلى درجة حرارة الغرفة؟



4-2

الأهداف

- تُسمى الألكانات من خلال تفحص صيغها البنائية.
- تكتب الصيغة البنائية للألكان إذا أعطيت 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، والطرائق 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 4-1 النماذج البنائية للإيثان C_2H_6 المركب الثاني في سلسلة الألكانات. ويتألف الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معاً برابطة أحادية، وست ذرات هيدروجين تتشارك في إلكترونات التكافؤ المتبقية لذرتي الكربون. ويتكون المركب الثالث في سلسلة الألكانات، البروبان، من ثلاث ذرات كربون وثماني 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 4-1.

الألكانات البسيطة			الجدول 4-1
النموذج الفراغي	نموذج الكرة والعصا	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	الإيثان (C_2H_6)
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	البروبان (C_3H_8)
		$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	البيوتان (C_4H_{10})



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

يُباع البروبان - والمعروف أيضًا بغاز (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 أسماؤها بمقاطع مشتقة من أرقام يونانية أو لاتينية تمثل عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. فالبنتان مثلاً له خمس ذرات كربون، تماماً كالشكل الخمس ذي الأوجه الخمسة، والأوكتان يحتوي على ثمانية ذرات كربون مثل الأخطبوط (octopus) ذي المجسّات الثمانية. أما مركبات الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان فقد سُميت قبل معرفة بناء (تركيب) الألكانات، لذا فإن المقاطع الأولى من أسمائها ليست مشتقة من بادئة رقمية. ويُظهر الجدول 4-2 أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

وبين الجدول 4-2 أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عما هي عليه في الجدول 4-1. 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 4-2 حذفت الخطوط التي بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

وتستطيع أيضًا في هذا الجدول 4-2، ملاحظة أن $-\text{CH}_2-$ هي الوحدة المتكررة في السلسلة الكربونية. فعلى سبيل المثال، يزيد البنتان عن البيوتان بوحدة $-\text{CH}_2-$ واحدة.

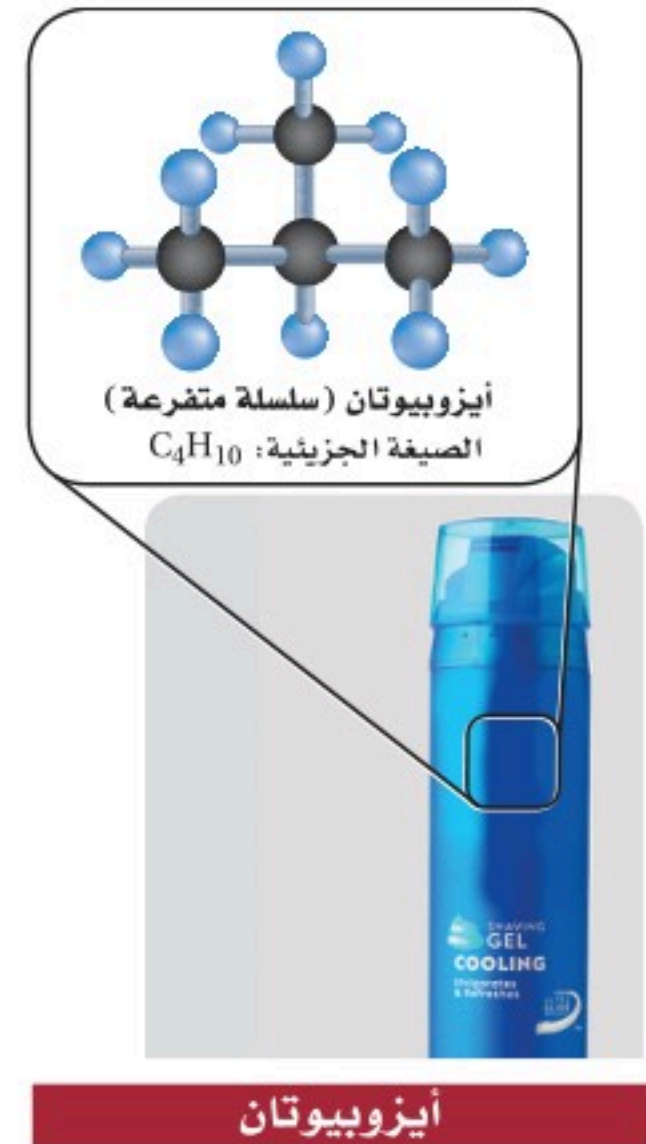
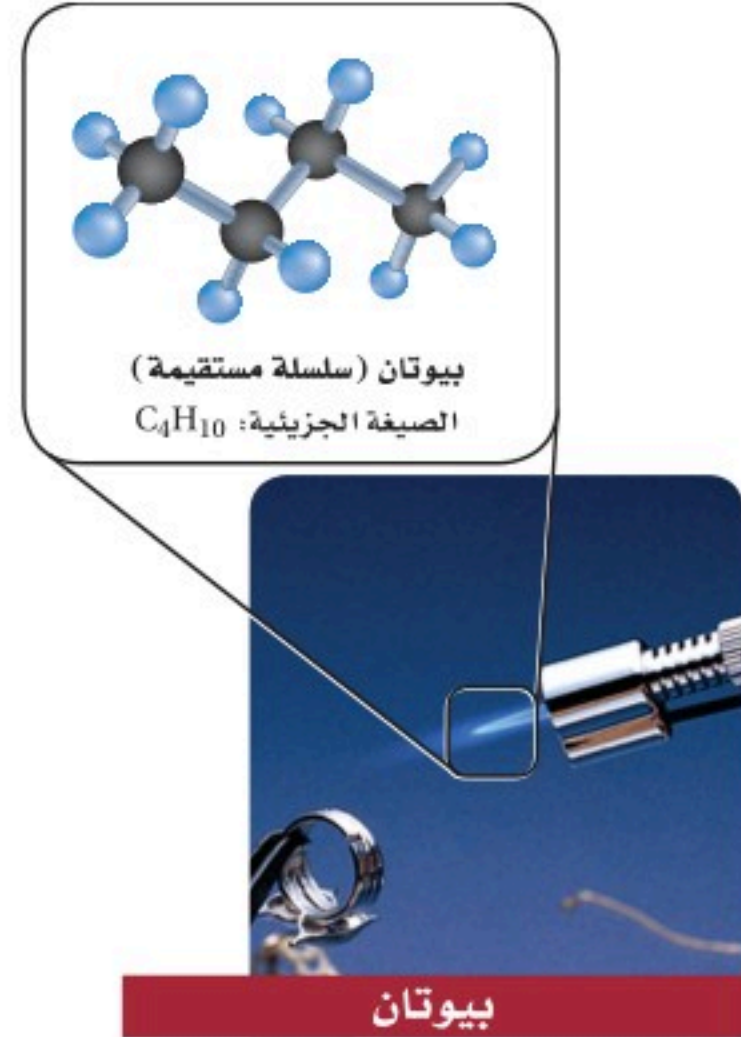


المفردات

أصل الكلمة

مُتماثل Homologous

جاءت من الكلمة الإغريقية (homologos) وتعني مُتَّفِق.



الشكل 4-9 تستخدم البيوتان وقودًا

في القداحات، أما الأيزوبيوتان فيستخدم في منتجات مثل جل الحلاقة.

وتستطيع زيادة تكثيف الصيغ البنائية بكتابة وحدة $-CH_2-$ 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**. ولهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. ففي الألكانات يمكن كتابة الصيغة العامة التي تربط بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين على النحو الآتي C_nH_{2n+2} ؛ حيث n عدد ذرات الكربون في الألكان. والآن تستطيع كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان إذا أعطيت عدد ذرات الكربون فيه. فعلى سبيل المثال، يحتوي الهبتان على سبع ذرات كربون، لذا فإن صيغته هي $C_7H_{2(7)+2}$ أو C_7H_{16} .

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

الألكانات ذات السلاسل المتفرعة Branched-Chain Alkanes

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

فإذا اعتقدت أن البنائيتين تمثلان مادتين مختلفتين فأنت على صواب. إذ تمثل الصيغة البنائية في الجانب السفلي البيوتان، في حين يمثل البناء في الجانب العلوي ألكانًا متفرعًا يعرف بالأيزوبيوتان، وهي مادة لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة عن البيوتان تمامًا. وتستطيع أن 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 سابقًا أن البيوتان يُستخدم في القداحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئيًا فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات مماثلة لجل الحلاقة، كما في الشكل 4-9. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلا من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد الكيميائية.

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



الألكيلات البسيطة					الجدول 3-4
البيوتيل	الأيزوبروبيل	البروبيل	الإيثيل	الميثيل	الاسم
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	CH_3CHCH_3 	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	CH_3CH_2-	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

البديل (Substitute)

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

الربط الصحة

يعدُّ غاز البيوتان من الغازات السامة التي تؤثر على صحة الإنسان بشكل سلبي، ويمكن أن يؤدي استنشاقه إلى الوفاة بسبب السمية التي يتمتع بها هذا الغاز مباشرة.

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 3-4 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.



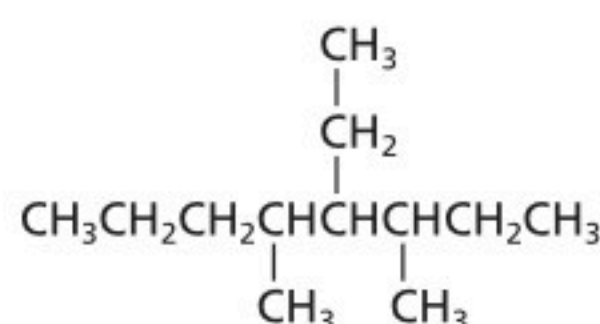
الخطوة 3. سمّ كل مجموعة ألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسية.

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 الشروط لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغاً بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسية.

مثال 1-4



تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمّ الألكان المبيّن في الشكل أدناه.

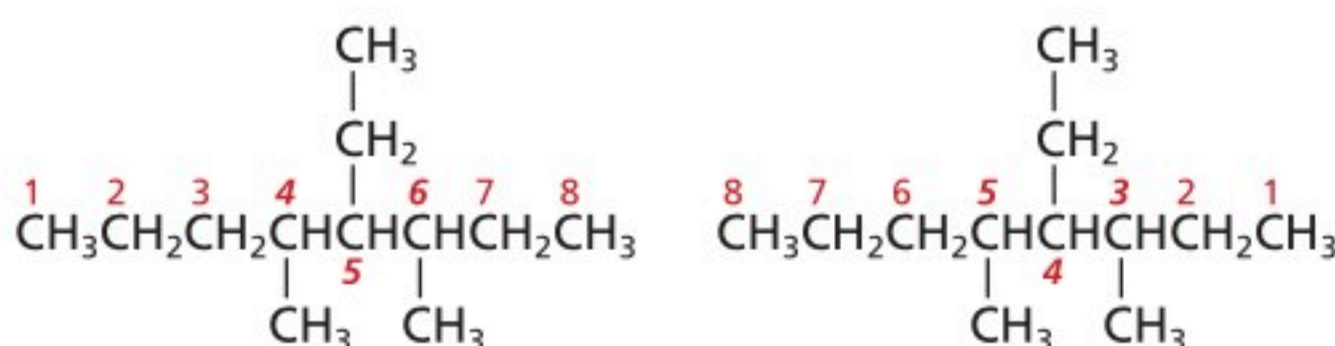
1 تحليل المسألة

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

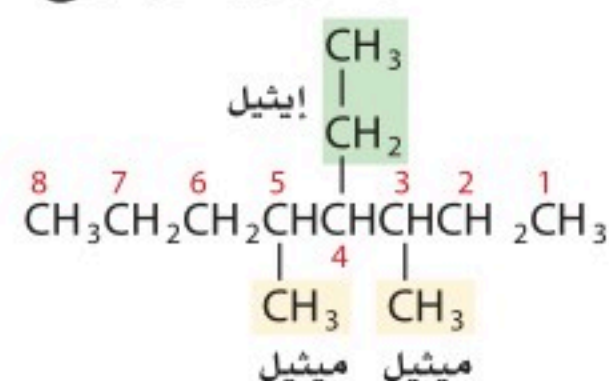
2 حساب المطلوب

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 ثمان ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

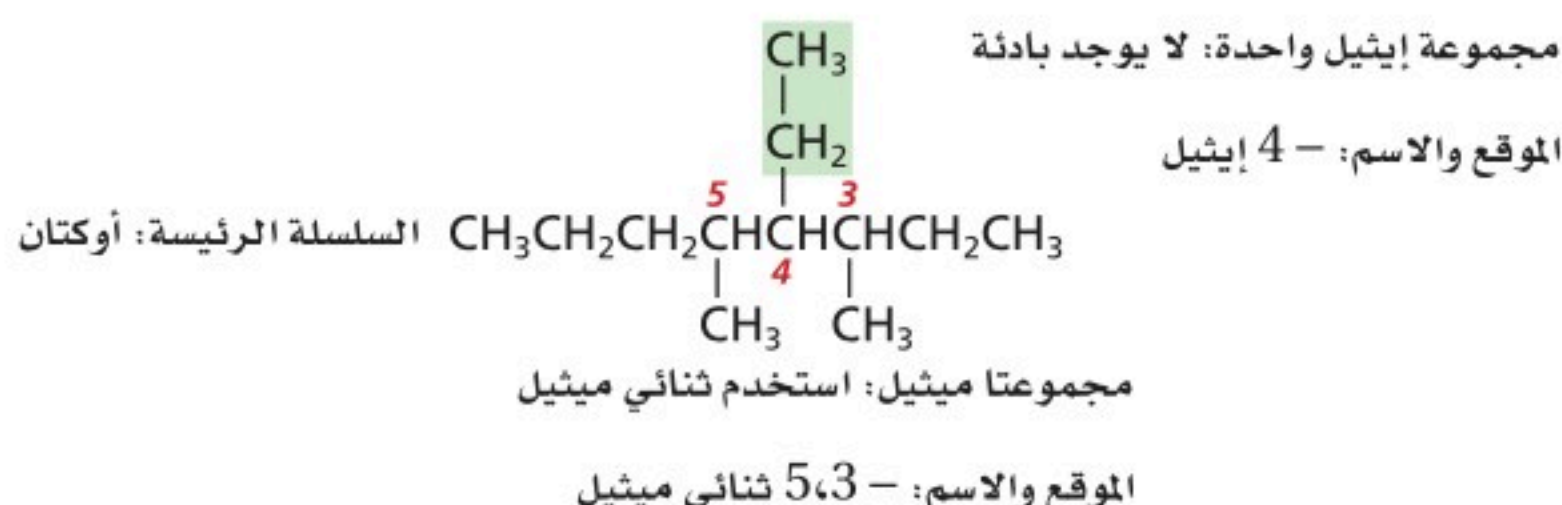
الخطوة 2. رَقِّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسية. ورقّم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو موضح أدناه مبتدئاً من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و 5 و 6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و 4 و 5. ولأن أرقام المواقع 3 و 4 و 5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.



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، وابحث 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. بيّن الآن موقع كل مجموعة باستخدام الرقم المناسب.



الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الرئيسة ضع أسماءها حسب الترتيب الهجائي، وضع أسماء تفرعات الألكيل حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية مع تجاهل 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:

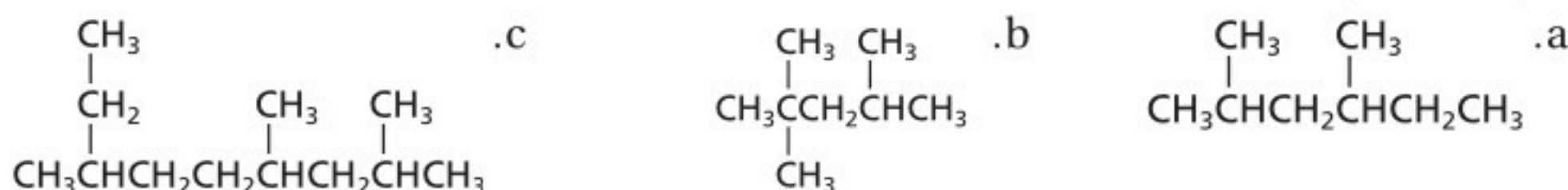
4- إيثيل - 3، 5 - ثنائي ميثيل أوكتان.

3 تقويم الإجابة

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

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. 5، 4، 3 - ثلاثي إيثيل أوكتان



الألكانات الحلقية Cycloalkanes

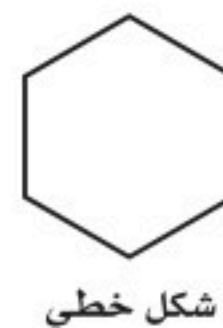
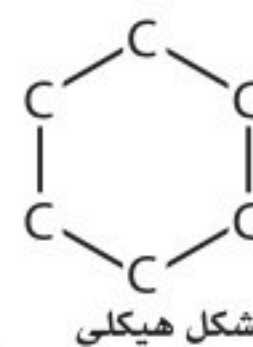
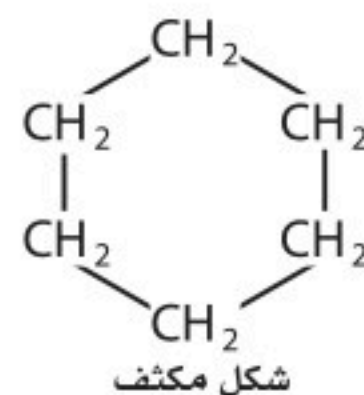
تُعد قدرة ذرة الكربون على تكوين تراكيب بنائية حلقية من أسباب وجود هذا التنوع في المركبات العضوية. ويُسمى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **هيدروكربون الحلقي**. وتُستخدم البادئة حلقي (cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي. لذا فإن الهيدروكربونات الحلقية 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 عوضًا عن رابطة كربون-هيدروجين.

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

تمثّل الهيدروكربونات الحلقية، كما في الشكل 4-10 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.

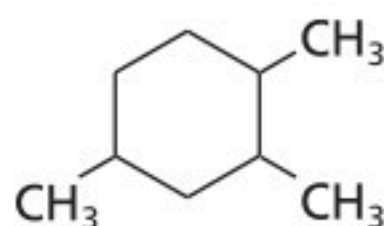
تسمية الألكانات الحلقية المحتوية على مجموعات بديلة يمكن أن يكون للألكانات الحلقية مجموعات بديلة كسائر الألكانات الأخرى. وتتم تسميتها باتباع قواعد نظام الأيوباك (IUPAC) المستخدمة في تسمية الألكانات غير المتفرعة نفسها، ولكن بإجراء تعديل محدود؛ فليس هناك حاجة إلى إيجاد أطول سلسلة؛ إذ تعد الحلقة دائمًا السلسلة 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 4-10 يمكن تمثيل التركيب البنائي للهكسان الحلقي بطرائق عدة .



تسمية الألكانات الحلقية

سمّ الألكان الحلقي المجاور.



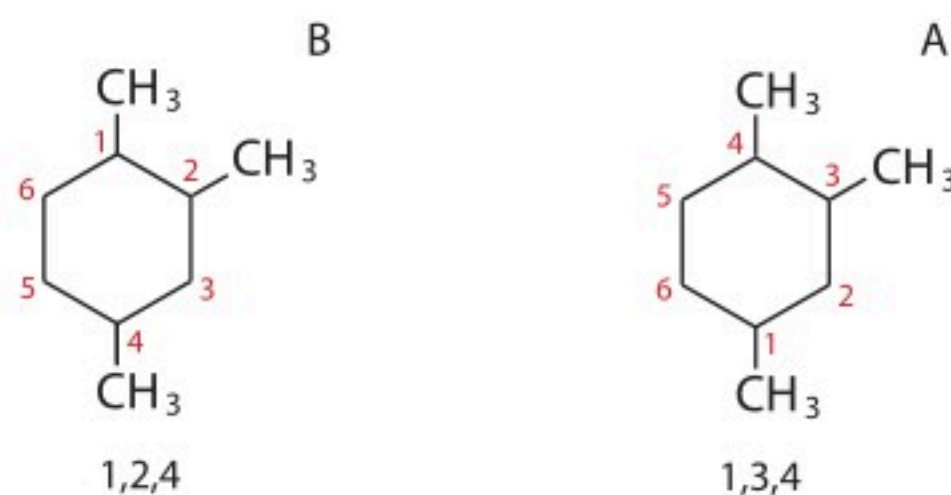
1 تحليل المسألة

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 الترتيب الذي يعطي أقل مجموعة أرقام ممكنة للتفرعات. وفيما يأتي طريقتان لترقيم الحلقة هما:



يضع الترتيب بدءاً من ذرة الكربون في أسفل الحلقة مجموعات $-CH_3$ على المواقع 1 و 3 و 4 في الشكل A، في حين يضع الترتيب بدءاً من ذرة الكربون في أعلى الحلقة مجموعات CH_3 على المواقع 1 و 2 و 4. وتضع طرائق الترتيب 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. واكتب الاسم على النحو الآتي:

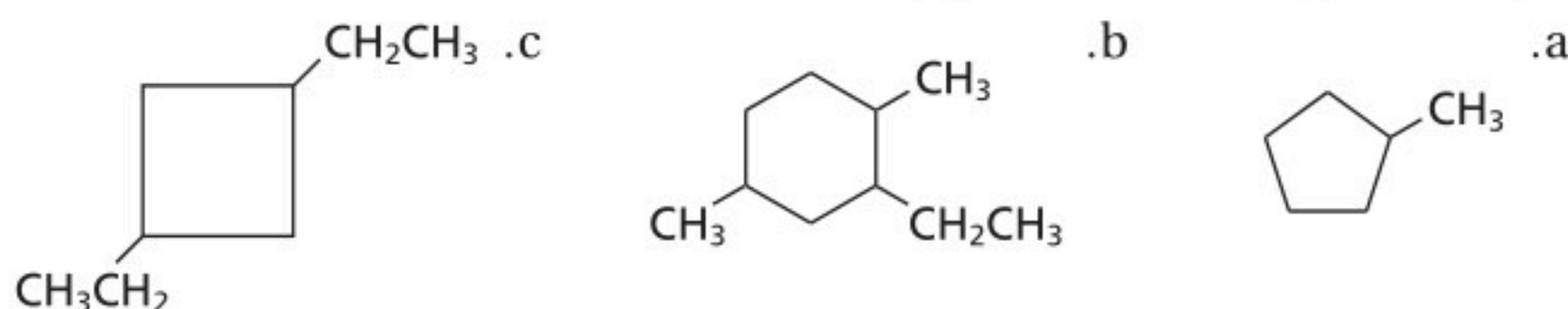
1، 2، 4 - ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

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. 4,2,2,1-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 منحني فإن الجزيء نفسه قطبي، لذا تنجذب جزيئات الماء بعضها إلى بعض، وتكون 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 11-4.

الخصائص الفيزيائية للألكانات كيف تُقارَن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى الجدول 4-4، 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 تُقارَن درجات الغليان والانصهار للميثان



الشكل 11-4 الكثير من المذيبات-التي تستخدم مادة مرققة في الدهانات، والطلاء، والمواد الشمعية، وأحبار آلات النسخ، والمواد اللاصقة وأحبار الطابعات- تحتوي على الألكانات والألكانات الحلقية.

الجدول 4-4		مقارنة الخصائص الفيزيائية
الميثان CH ₄	الماء H ₂ 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 فقُطبية وتُكوّن روابط هيدروجينية.

يفسر الفرق في القطبية والروابط الهيدروجينية أيضاً عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات - مثل زيوت التشحيم - في الماء انفصل 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.

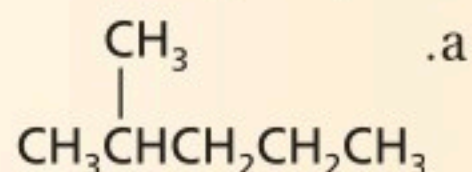
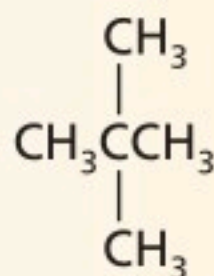
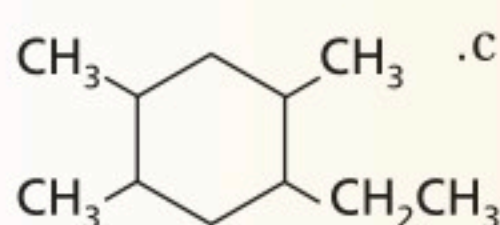
التقويم 4-2

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 الرئيسة** صف الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

13. سمّ الصيغ البنائية الآتية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.



14. صف الخصائص العامة للألكانات.

15. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

c. 1-إيثيل-4-ميثيل حلقي هكسان

a. 3،4-ثنائي ميثيل هبتان

d. 1،2-ثنائي ميثيل حلقي بروبان

b. 4-أيزوبروبيل-3-ميثيل ديكان

16. تفسّر الصيغ البنائية لماذا يعد الاسم 3-بيوتيل بتان غير صحيح؟

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

الصحيح للمركب 3-بيوتيل بتان؟



4-3

الأهداف

- تصف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات.
- تُسمي الألكين أو الألكاين اعتمادًا 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 .

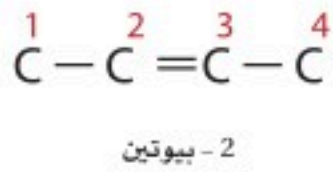
تكون الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في الجدول 4-5 فسوف ترى أن عدد ذرات الهيدروجين لكل منها هو ضعف عدد ذرات الكربون. لذا تكون الصيغة العامة للألكينات هي C_nH_{2n} . يقل كل ألكين عن الألكان المناظر له بذرتي هيدروجين؛ لأن إلكترونين اثنين يكونان الرابطة التساهمية الثانية، وهما غير متوافرين للربط بذرات الهيدروجين. ما الصيغ الجزيئية للألكينات ذات ذرات الكربون الست والتسع؟

صيغ الألكينات				الجدول 4-5
إيثين	بروبين	1-بيوتين	2-بيوتين	الاسم
C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_4H_8	الصيغة الجزيئية
				الصيغة البنائية
$CH_2=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH_3CH=CHCH_3$	الصيغة البنائية المكثفة

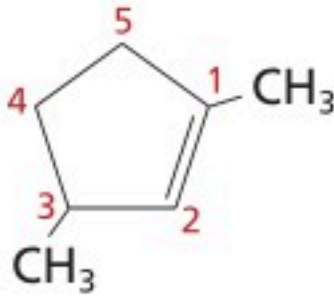
الشكل 12-4 عند تسمية

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. ولالإيثين 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-4. 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 تدرك أن 1-بيوتين و 2-بيوتين مادتان مختلفتان، لكل منهما صفاته الخاصة. وتُسمى الألكينات الحلقية تقريبًا بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرتي الكربون المرتبطتين بالرابطة الثنائية. لاحظ ترقيم المركب في الشكل 12b-4. إن اسم هذا المركب هو 1،3-ثنائي ميثيل بنتين حلقية.

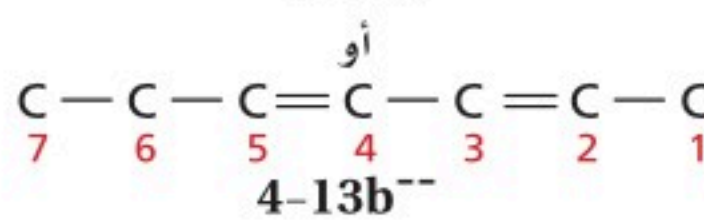
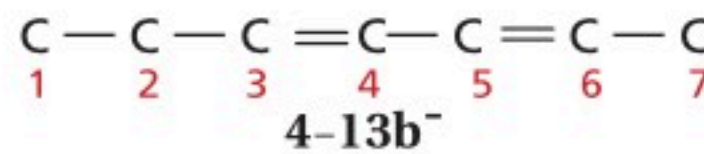
✓ **ماذا قرأت؟** استنتج لماذا يعد من الضروري تعيين موقع الرابطة الثنائية في اسم الألكين؟

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 المبين في الشكل 13a-4، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية استخدمت وحدها أساسًا للتسمية. إن هذا الألكين المتفرع هو 2-ميثيل بيوتين.

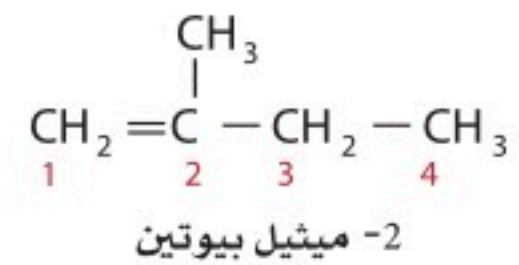
تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام البادئة (داي، تري، تيترا، وهكذا) قبل المقطع (ين). وترقم مواقع الروابط على أن تُنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم ستستخدم في المثال في الشكل 13b-4؟ ستستخدم البادئة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

الشكل 13-4 تُرقيم مواقع الروابط الثنائية

في الألكينات بطريقة تعطي أصغر مجموعة من الأرقام. وينطبق هذا على الألكينات المستقيمة والمتفرعة.

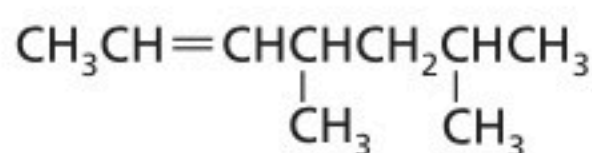


b. رابطتان ثنائيتان



a. رابطة ثنائية واحدة





تسمية الألكينات المتفرعة

سمّ الألكين المجاور.

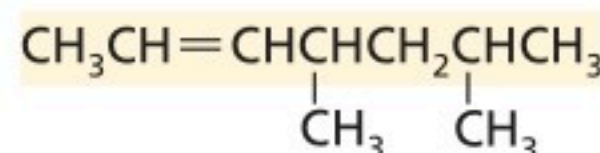
1 تحليل المسألة

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

2 حساب المطلوب

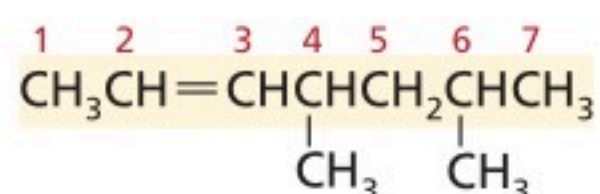
الخطوة 1. تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغير الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسية هبتين



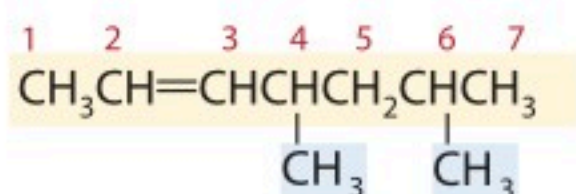
الخطوة 2. رقم السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.

السلسلة الرئيسية 2-هبتين



الخطوة 3. سمّ كل مجموعة بديلة.

كلتا المجموعتين البديلتين مجموعتا ميثيل



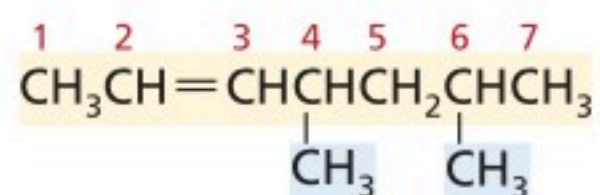
مجموعتا ميثيل

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

السلسلة الرئيسية 2-هبتين

مجموعتا ميثيل على المواقع 4 و 6

البادئة هي 6,4-ثنائي ميثيل



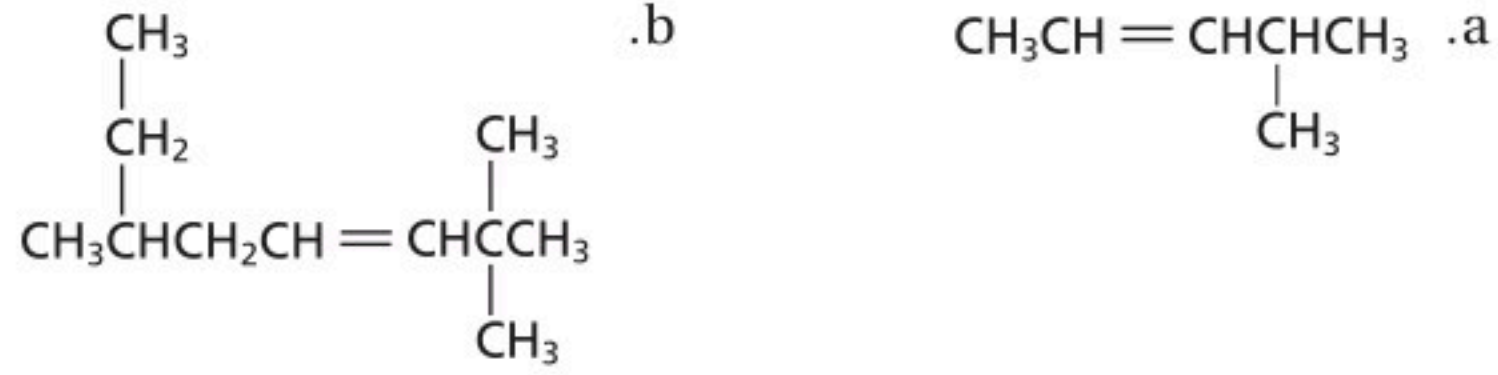
الخطوة 5. ليس هناك حاجة إلى كتابة أسماء التفرعات بالترتيب الهجائي؛ لأنها متماثلة. لذا أدخل البادئة الكاملة إلى اسم سلسلة الألكين الرئيسية، واستخدم الفواصل بين الأرقام، والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم: 6,4-ثنائي ميثيل 2-هبتين.

3 تقويم الإجابة

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



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



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

تجربة
عملية

إنضاج الفاكهة بالإيثين

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإشرافية

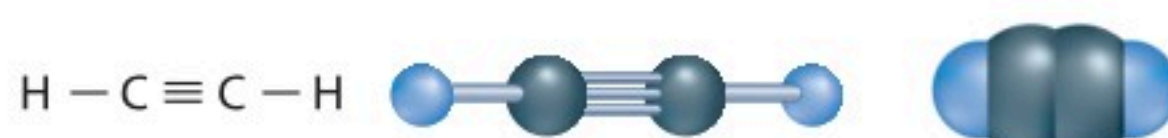


خصائص الألكينات واستخداماتها الألكينات، مثل الألكانات، مواد غير قطبية، لذا فإن ذائبيتها قليلة في الماء، وتكون درجات انصهارها وجليانها منخفضة. لكن الألكينات أكثر نشاطاً من الألكانات؛ حيث إن الرابطة المشتركة الثانية تزيد من الكثافة الإلكترونية بين ذرتي الكربون، مهينةً بذلك موقعاً جيداً للنشاط الكيميائي. 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 إيذاناً بدخول فصل الشتاء. تنضج الفواكه الظاهرة في الشكل 14-4 وغيرها من المنتجات التي تُباع في محلات البقالة صناعياً عند تعريضها للإيثين. ويُعد الإيثين من المواد الأولية المستخدمة في تصنيع مادة بولي إيثيلين البلاستيكية المستخدمة في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الحقائب البلاستيكية والحبال وعلب الحليب. وهناك ألكينات أخرى مسؤولة عن روائح الليمون الأصفر، والليمون الأخضر، وأشجار الصنوبر.

الشكل 14-4 استخدام الإيثين في
إنضاج الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه
والخضراوات قبل أن تنضج.
فسّر لماذا يعد هذا نافعاً ومناسباً للمزارعين؟



الشكل 15-4 تُمثل هذه النماذج البنائية الثلاثة الإيثاين.



نماذج الإيثاين (الأسيتيلين)

الألكاينات Alkynes

تُسمى الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون الألكاينات. وتشترك في الرابطة الثلاثية ثلاثة أزواج من الإلكترونات أحدها يكون رابطة سيجما والآخرين يكونان رابطتين باي. ويعد الإيثاين C_2H_2 أبسط الألكاينات وأكثرها استخدامًا، وهو معروف على نطاق واسع باسمه الشائع، أسيتيلين. تفحص نماذج الإيثاين في الشكل 15-4.

تسمية الألكاينات تُسمى الألكاينات المستقيمة والمتفرعة بطريقة مماثلة للألكينات. والفرق الوحيد هو أن اسم السلسلة الرئيسة ينتهي بـ (اين) بدلاً من (ين). كما يظهر في أمثلة الجدول 4-6. وتشكل الألكاينات 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 الألكاينات			الجدول 4-6
الصيغة البنائية المكثفة	الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية	الاسم
$\text{CH} \equiv \text{CH}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	C_2H_2	إيثاين
$\text{CH} \equiv \text{CCH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	C_3H_4	بروباين
$\text{CH} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	C_4H_6	1 - بيوتاين
$\text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CCH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	C_4H_6	2 - بيوتاين



تجربة

تحضير الإيثاين وملاحظة خصائصه

لماذا يستخدم الإيثاين في مشاغل اللحام؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخدم قطعة مطاط لتثبيت قطعة خشب رفيعة إلى طرف مسطرة طولها 40 cm تقريباً، على أن يمتد 10 cm تقريباً 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 جيداً.
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 فوراً. 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 الفقاقيع الناتجة عن التفاعل الحاصل في الكأس. ثم أطفئ قطعة الخشب بعد ملاحظة التفاعل.
6. استخدم ساق التحريك لطرد بعض فقاقيع الإيثاين. هل تطفو في الهواء أم تغرق؟
7. اغسل الكأس الزجاجية جيداً، ثم أضف 25 mL ماء مقطراً وقطرة من محلول فينول فثالين. وضع قطعة صغيرة من CaC_2 في المحلول باستخدام الملقط، ثم لاحظ النتائج.

التحليل

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

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

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

إن الإيثاين - المعروف بالأسيتيلين - ناتج ثانوي عن تنقية البترول، وينتج أيضاً بكميات كبيرة عن تفاعل كربيد الكالسيوم CaC_2 مع الماء. عندما يزود الإيثاين بكمية كافية من الأكسجين يحترق منتجاً لهباً ذا حرارة عالية جداً قد تصل إلى 3000°C ، وتستعمل مشاعل الأسيتيلين عادةً في لحام الفلزات، كما في الشكل 4-16. ولأن الرابطة الثلاثية تجعل الألكاينات أكثر نشاطاً فإن الألكاينات البسيطة كالإيثاين تُتخذ مواد أولية في صناعة البلاستيك وغيرها من المواد الكيميائية العضوية المستخدمة في الصناعة.

الشكل 4-16 يتفاعل الإيثاين، أو الأسيتيلين، مع الأكسجين وفق المعادلة:



وتنتج كمية كافية من الحرارة تستعمل في لحام الفلزات.



التقويم 4-3

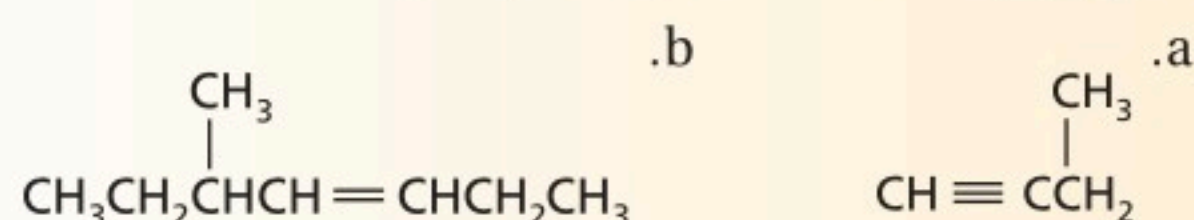
الخلاصة

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحوي على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تعد 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 عما تتصف به الألكانات.

21. سمّ الصيغ البنائية أدناه مستخدماً قواعد نظام الأيوباك.



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

23. استنتج كيف تُقارن بين درجات الانصهار والتجمد لكل من الألكينات 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؟



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 4-17 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،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 متشككين؛ لأن الصيغة الجزيئية للأول هي C_5H_{10} .

هناك فئتان رئيستان من المتشكلات. ويُبين الشكل 4-17 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 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية $C_{20}H_{42}$.

- تميز 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.

مراجعة المفردات

الإشعاع الكهرومغناطيسي؛

أمواج مستعرضة تحمل الطاقة خلال الفراغ.

المفردات الجديدة

المتشكلات

المتشكلات البنائية

المتشكلات الفراغية

المتشكلات الهندسية

الكيرالية

ذرة الكربون غير المتماثلة

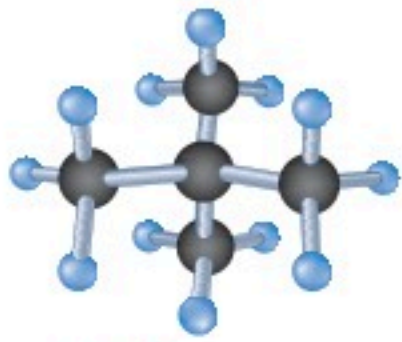
المتشكلات الضوئية

الدوران الضوئي

تجربة
عملية

التشكل

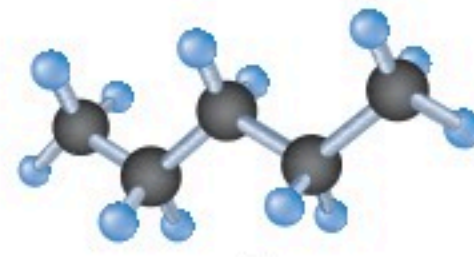
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



2،2-ثنائي ميثيل بروبان
درجة الغليان = 9°C

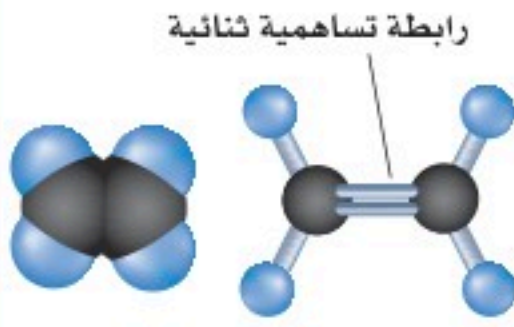


2-ميثيل بيوتان
درجة الغليان = 28°C



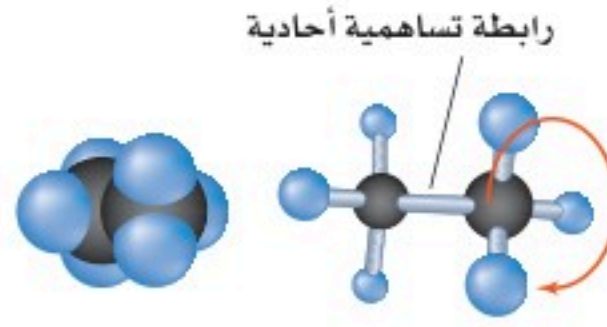
بنتان
درجة الغليان = 36°C

الشكل 4-17 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

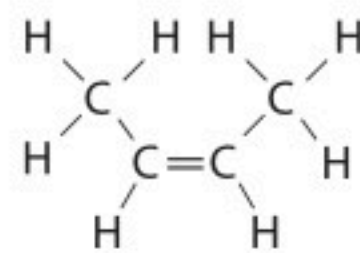
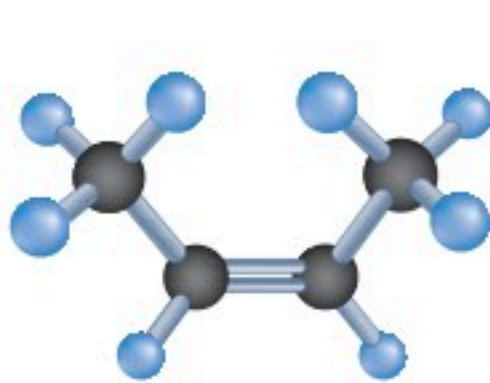
الشكل 18-4 تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الربط في الإيثين عملية الدوران. **فسّر** كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.

المتشكلات الفراغية Stereoisomers

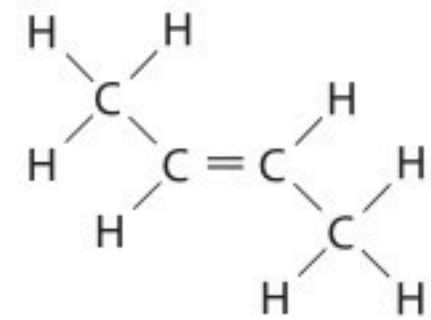
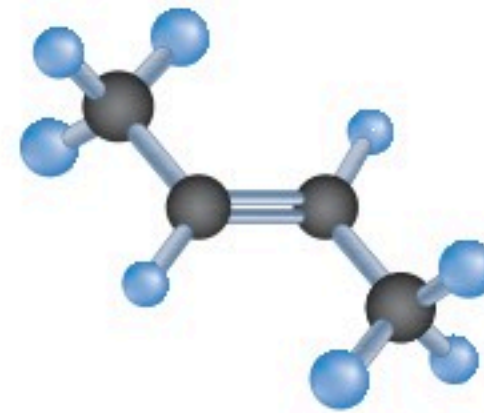
تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جدًا في الروابط؛ فالمتشكلات الفراغية متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وهناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات، التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية 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 18-4.

قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2-بيوتين في الشكل 19-4. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يُشار 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 19-4 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 (C_4H_8)
درجة الانصهار = -139°C
درجة الغليان = 3.7°C



ترانس-2-بيوتين (C_4H_8)
درجة الانصهار = -106°C
درجة الغليان = 0.8°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 20-4 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.

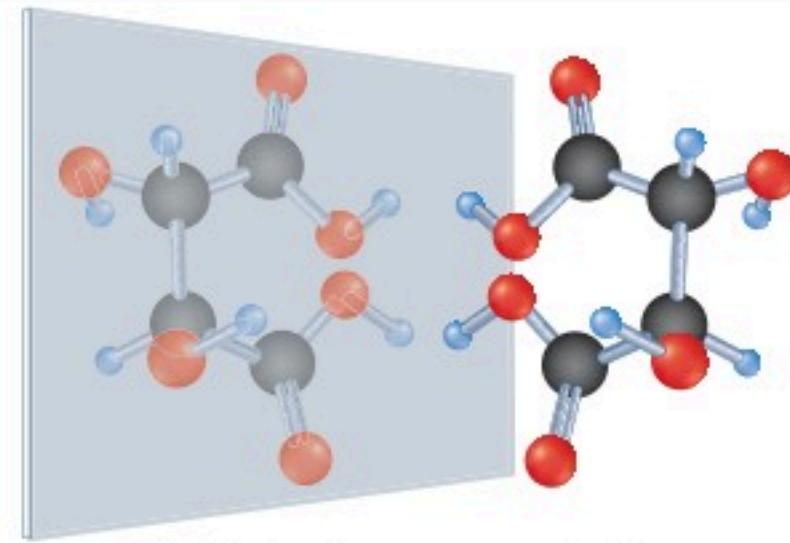
✓ ماذا قرأت؟ فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

الكيرالية Chirality

الرابط مع علم الأحياء في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822-1895م) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورته في المرآة. ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في الشكل 20-4، لذا سُميت أشكال البلورات نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى. ولشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لهما درجة الانصهار، والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية التخمر، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيتها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في التركيبين في الشكل 21-4. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D - حمض الطرطريك، و L - حمض الطرطريك. ويرمز الحرفان D و L إلى البادئين اللاتينيتين (dextro) وتعني

الشكل 21-4 تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D - حمض الطرطريك) في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L - حمض الطرطريك).



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 عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

المتشكلات الضوئية Optical Isomers

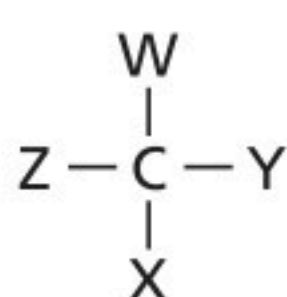
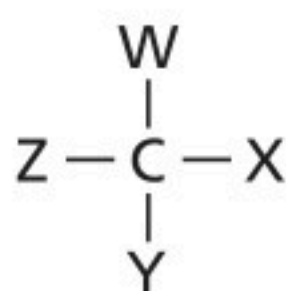
أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. وذرة الكربون غير المتماثلة هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبينين في الشكل 22-4، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X و Y. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تمامًا.

والآن افترض أنك بنيت نماذج لهذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تمامًا؟ (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 كثيرًا.

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

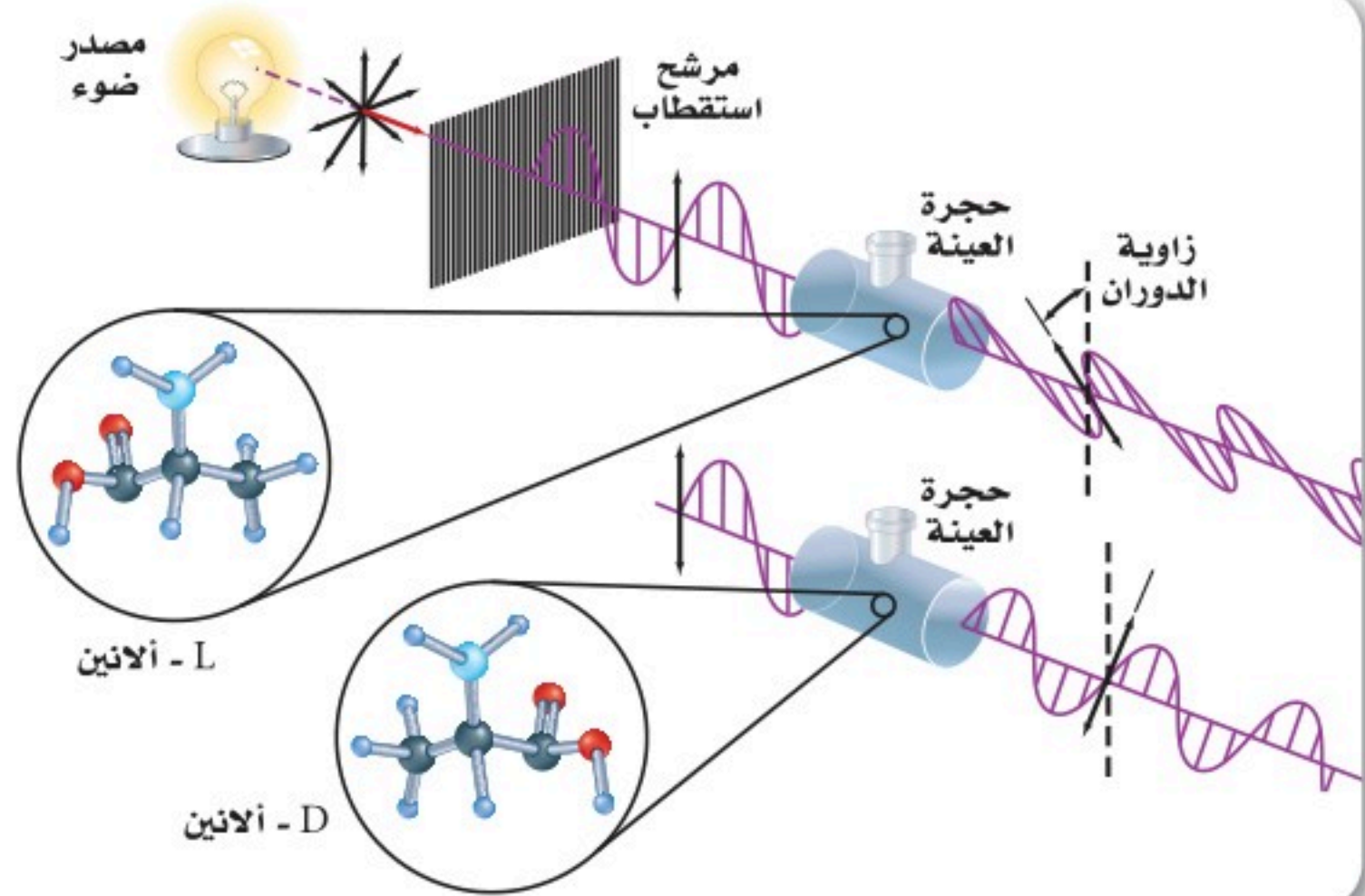
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.



الشكل 22-4 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.



الشكل 23-4 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. فالحايات 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 23-4.

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



التقويم 4-4

الخلاصة

- المتشكلات مركبان أو أكثر لهما الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
 - تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
 - ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في تركيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).
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 المتشككين الهندسيين، وكوّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشككين بهذه النسبة.
30. **اعمل نماذج** ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشككين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات الآتية مع ذرة الكربون:
 $-H, -CH_3; -CH_2CH_3; -CH_2CH_2CH_3.$





4-5

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 4-24 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.

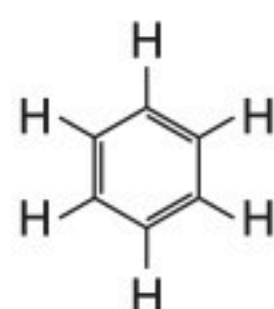


الشكل 4-24 استعملت الأصباغ لإنتاج الأنسجة ذات الألوان الزاهية على مر العصور.

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.

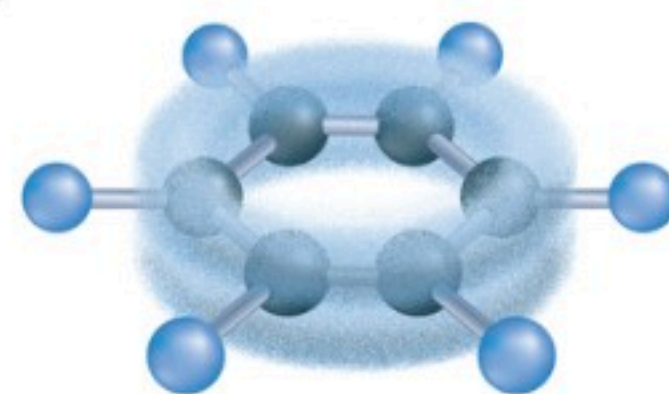
حلم كيكولي في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829-1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين - وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارَن الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟



ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، 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 اقتراح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهجنة. وعند تطبيقها على البنزين تنبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة لروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محدّتين كما هو الحال في الألكينات. وعوضاً عن ذلك تكون أزواج الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) delocalized، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

والشكل 25-4 يوضح أن عدم التمرکز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتاً كيميائياً؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيداً مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن تذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة.



الشكل 25-4 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.

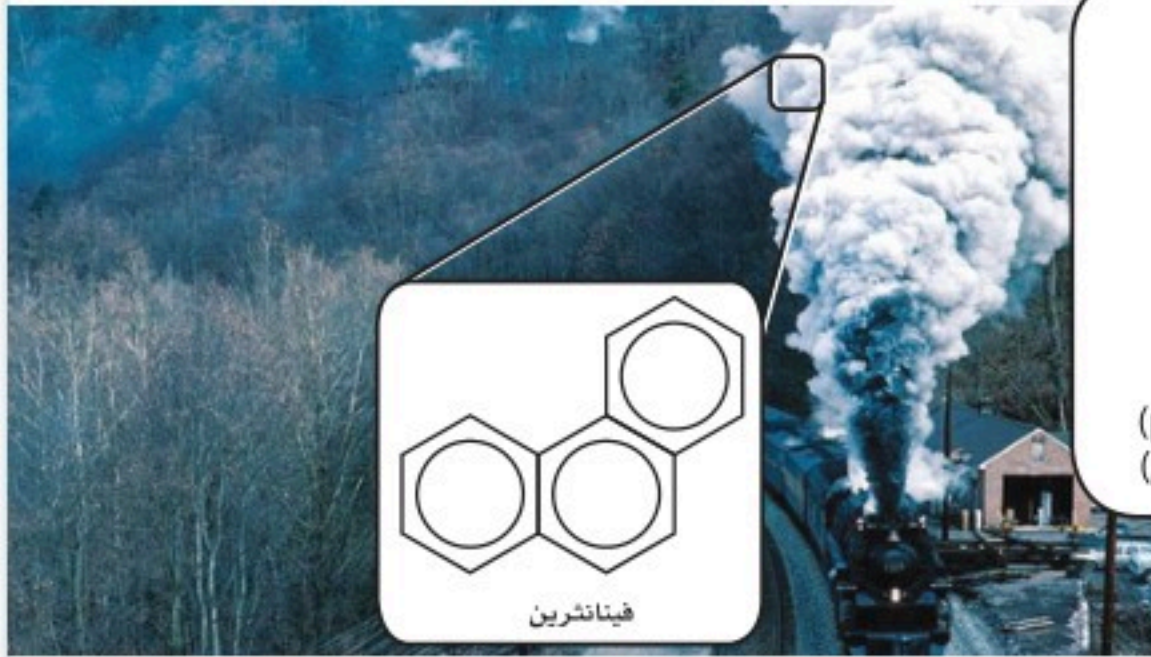




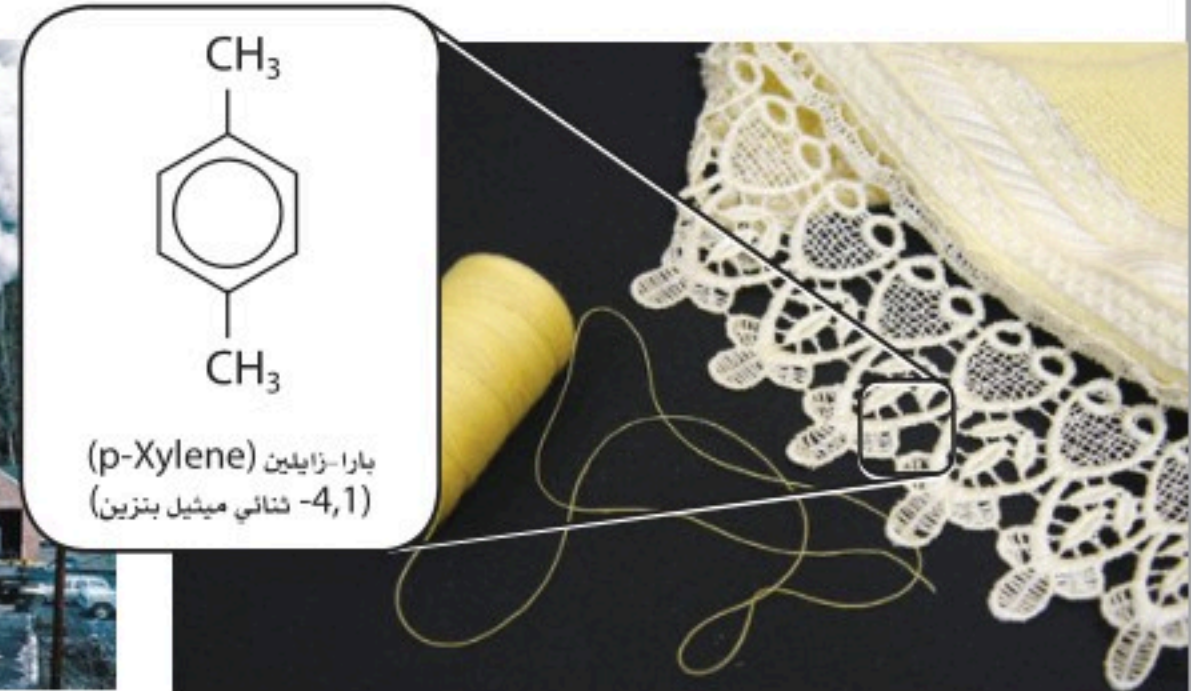
يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طارداً للعث.



يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.



يكثر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.



يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

الشكل 26-4 توجد الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

تُسمى 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 استمر الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟**

تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في الشكل 26-4. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفتالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنباً إلى جنب. ويعد النفثالين مثالاً على نظام الحلقات الملتحمة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشتركان في الضلع نفسه. وتشارك ذرات الكربون المكوّنة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.



يوجد التولوين بشكل طبيعي في النفط الخام، ويستخدم في صناعة الطلاء، مُحفِّضَات الطلاء، الماكيز، المواد اللاصقة والنايلون، وفي بعض مراحل الطباعة والدباغة.

وللتولوين تأثير على الجهاز العصبي عند التعرض بكميات ضئيلة منه، فقد تظهر الأعراض التالية: التعب، الضعف، الاضطراب، الشعور بالسُّكر، فقدان الذاكرة، الغثان، فقدان الشهية، فقدان السمع والبصر.

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.

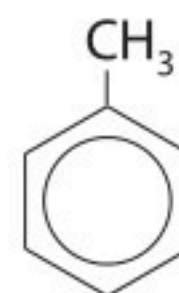
وتسمى مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكونة من ذرتي كربون متصلة بالحلقة، ويحتوي 1،4- ثنائي ميثيل بنزين، para - xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



1، 4-ثنائي ميثيل بنزين



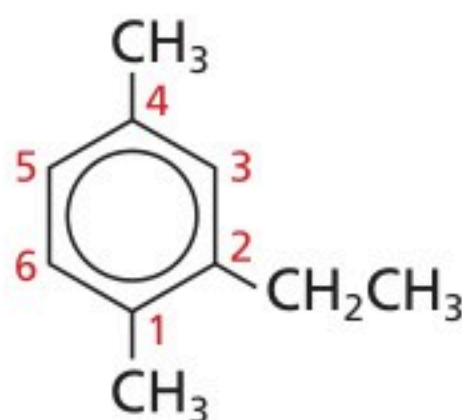
إيثيل بنزين



ميثيل بنزين
(تولوين)

وترقم حلقات البنزين المتفرعة تماماً مثل الألكانات الحلقية المتفرعة بطريقة تعطي أصغر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البديلة أو (التفرعات)، كما في الشكل 27-4. 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.

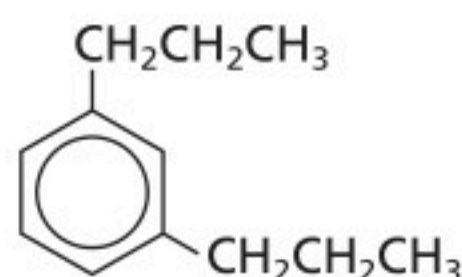
✓ **ماذا قرأت؟** فسر ماذا تعني الدائرة داخل الحلقة السداسية الظاهرة في الشكل 27-4؟



2 - إيثيل - 1، 4 - ثنائي ميثيل بنزين

الشكل 27-4 تسمى حلقات البنزين ذات التفرعات بطريقة تسمية الألكانات الحلقية نفسها.

تسمية المركبات الأروماتية سمّ المركب الأروماتي الآتي.

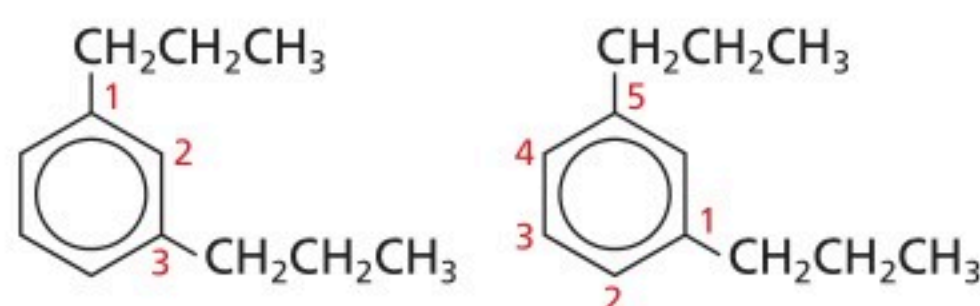


1 تحليل المسألة

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.

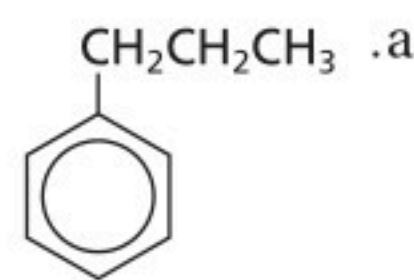
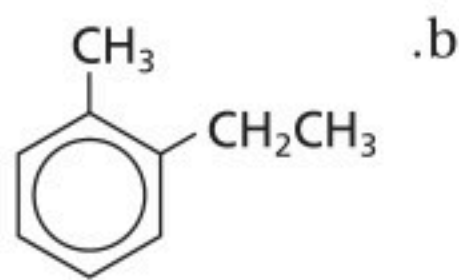
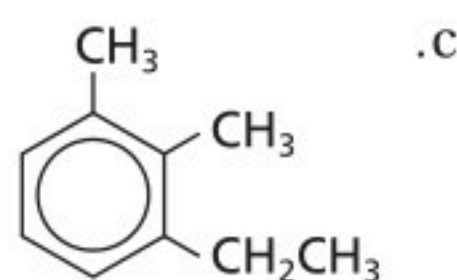
الخطوة 3. جمع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائياً، مستخدماً الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 1، 3- ثنائي بروبيل بنزين.

3 تقويم الإجابة

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

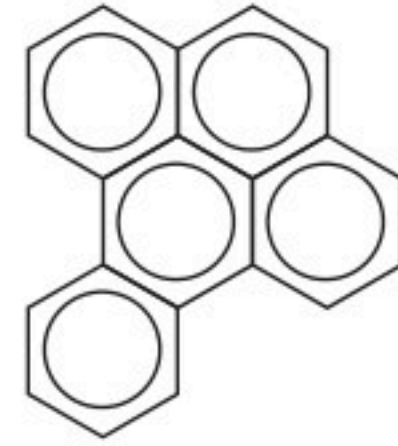
مسائل تدريبية

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 مذيبات 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 سِنَاج المداخن. وقد عُرف منظف المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جداً. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوبايرين الظاهر في الشكل 4-28، 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 4-28 بنزوبايرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 4-5

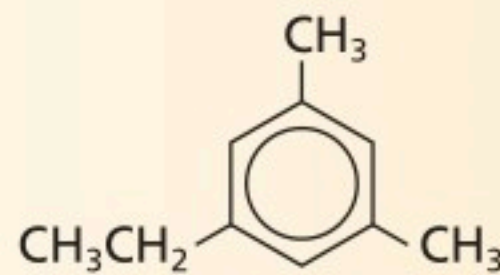
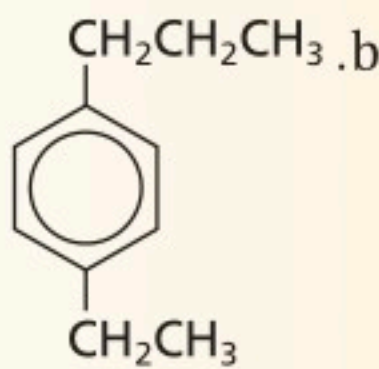
الخلاصة

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؟

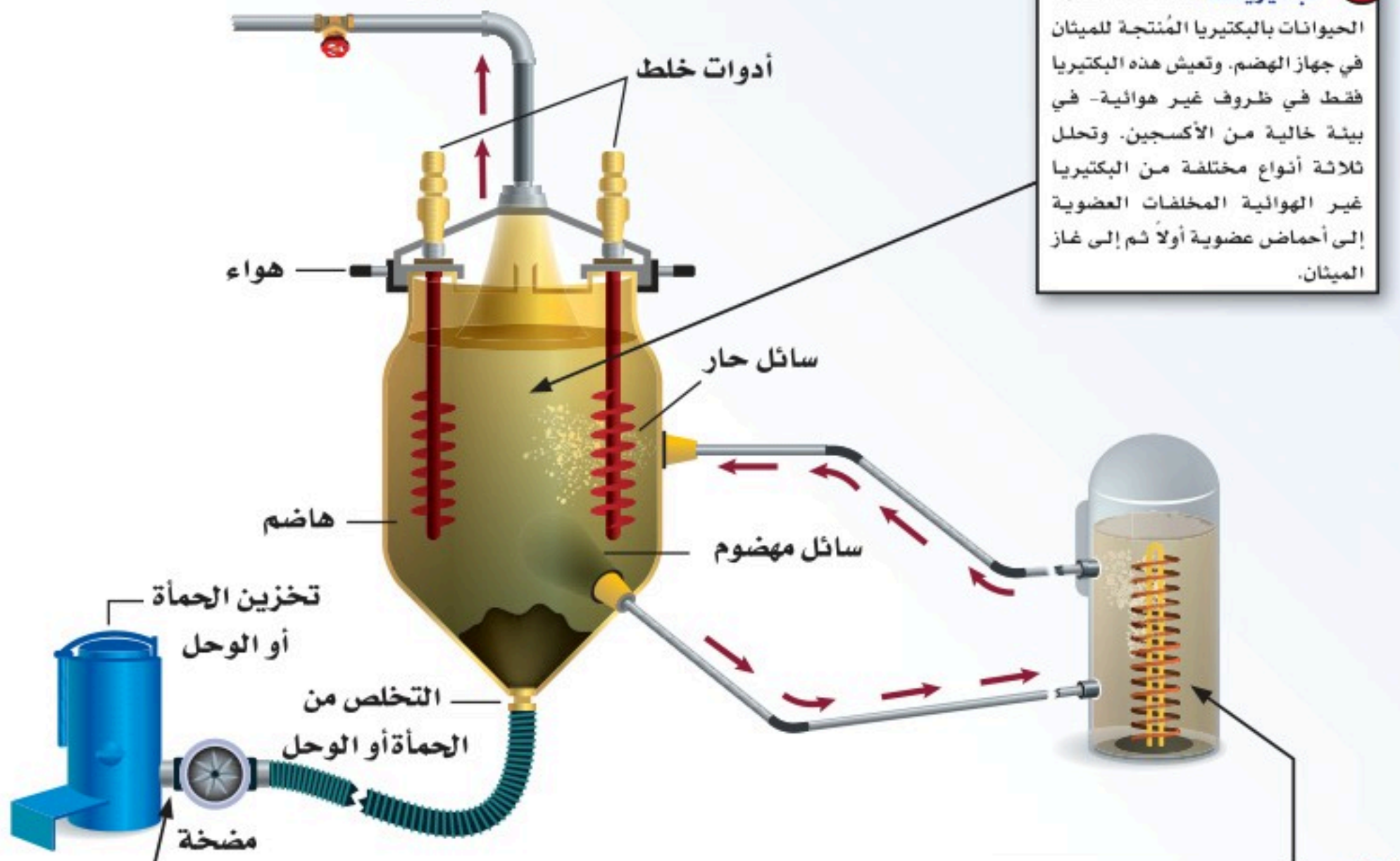
تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل جهاز هضم الميثان؟

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



4 **الغاز يُجمع** الغاز ويضغط، فإما أن يُستخدم فوراً أو يُخزّن. 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.

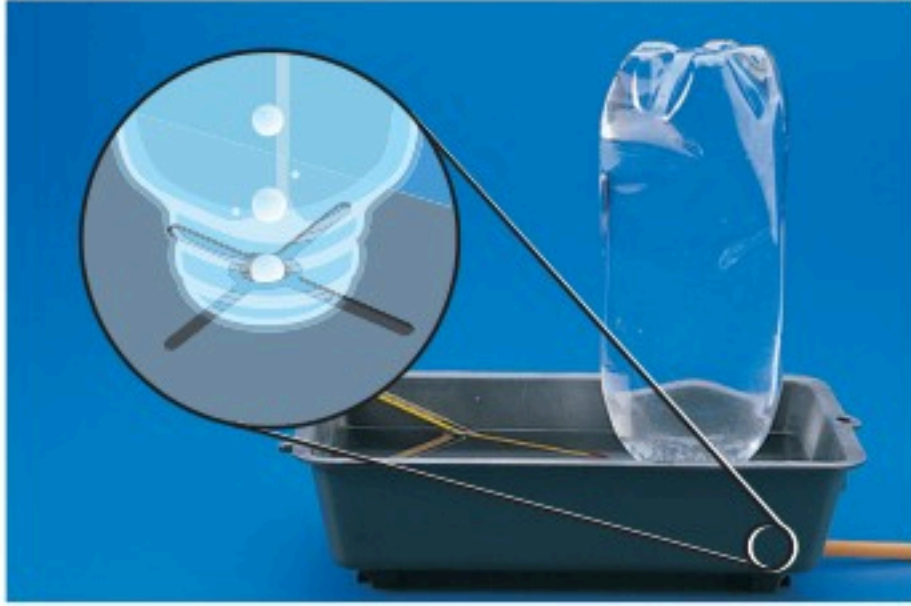
3 **الحمأة لا تستطيع** البكتيريا تحويل المخلفات العضوية للحيوانات بنسبة 100% إلى ميثان. فالمادة المتبقية غير القابلة للهضم المسمّاة بالحمأة أو الفضلات تكون غنية بالسماذ النباتي، ويمكن خلطها مع التربة.

الكتابة في الكيمياء

ابحث اعمل كتيّباً 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 بينهما.

السؤال أي نوع من غازات الألكانات يستعمل في مختبر العلوم؟

المواد والأدوات اللازمة

- باروميتر
- قارورة جمع الغازات تحت
- مقياس حرارة (ثيرمومتر) السوائل.
- قارورة مشروبات غازية • مخبر مدرج سعة 100 mL
- سعتها 1 L، وأخرى سعتها • ميزان (0.01g)
- 2 L بغطاء. • محارم ورقية
- 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 يحل محل الماء في القارورة بعد اخراج 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 المخبر المدرج.

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

حل 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 الزجاجية.
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.

4-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

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

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.

4-2 الألكانات

الفكرة الرئيسية

الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

المفردات

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

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.

4-3 الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

- الألكين
- الألكاين

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.



4-4 متشكلات الهيدروكربونات

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).

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

4-5 الهيدروكربونات الأروماتية

المفاهيم الرئيسية

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

الفكرة الرئيسية تتصف الهيدروكربونات

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

المفردات

- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي



4-1

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. فسر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

إتقان حل المسائل

44. التقطير رتب المركبات المدرجة في الجدول 4-7 حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من الخليط.

الجدول 4-7 درجات غليان الألكانات

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

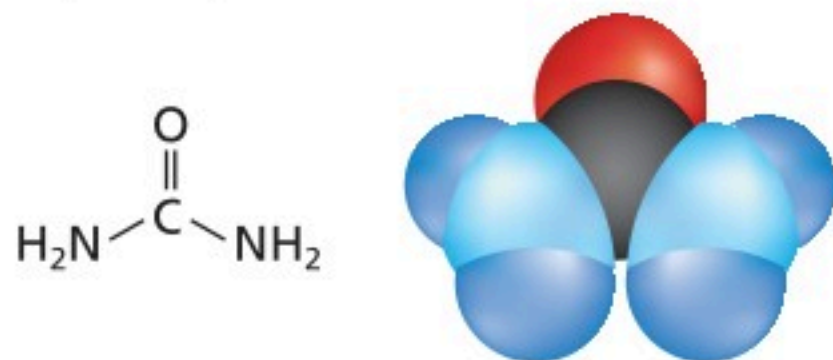
45. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟

a. رابطة أحادية

b. رابطة ثنائية

c. رابطة ثلاثية

46. يبين الشكل 4-29 نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 4-29

- 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 ومساوئ كل نموذج؟

4-2

إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المتماثلة للهيدروكربونات.

49. الوقود سمّ ثلاثة ألكانات تُتخذ وقوداً، ثم اذكر استخداماً آخر لكل منها.

50. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. الإيثان c. البروبان

b. الهكسان 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

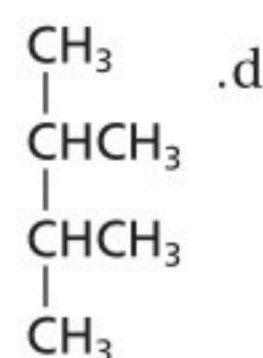
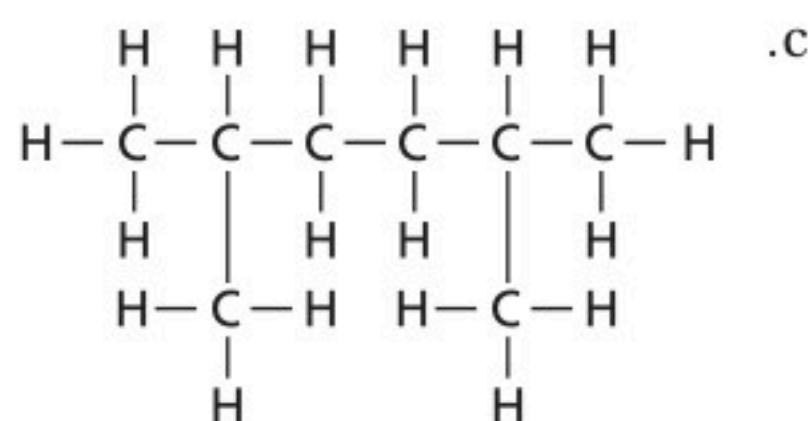
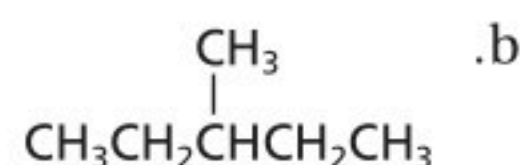
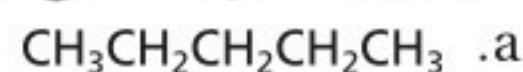


53. كيف يختلف بناء الألكان الحلقي عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟

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

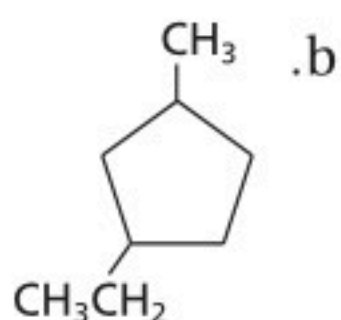
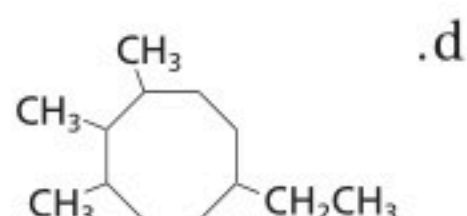
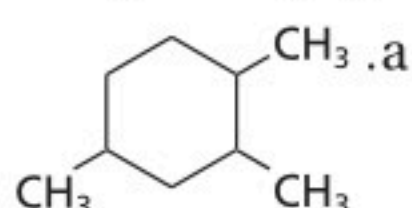
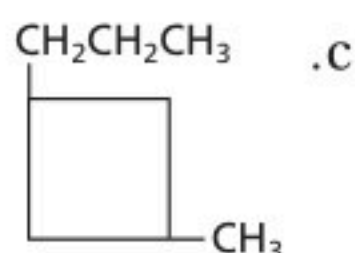
d. 2،2-ثنائي ميثيل بروبان

57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

a. 1،2-ثنائي ميثيل بروبان حلقي

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

58. سمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:



4-3

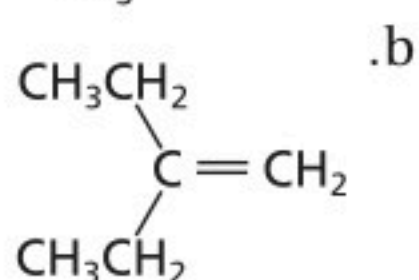
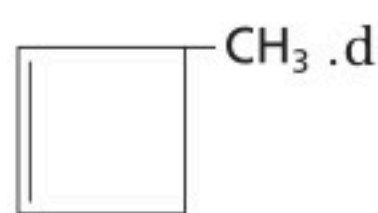
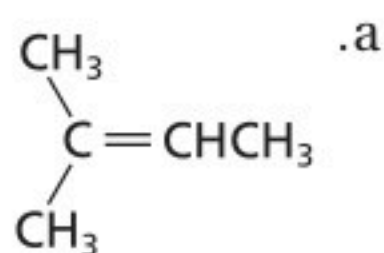
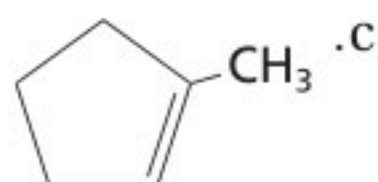
إتقان المفاهيم

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. 1،4-ثنائي إيثيل هكسين حلقي

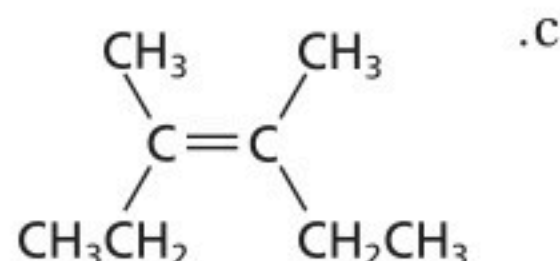
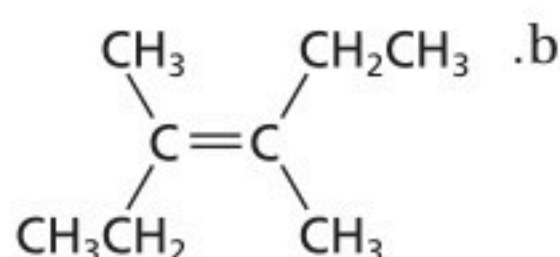
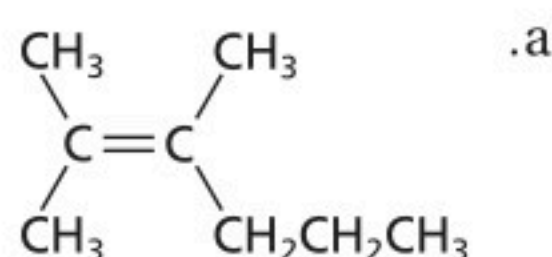
b. 1،4-ثنائي ميثيل-1-أوكتين

c. 2،2-ثنائي ميثيل-3-هكساين

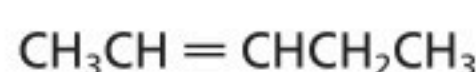


4 تقويم الفصل

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



72. اكتب متشكلين سيس وترانس للجزيء الممثل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:



4-5

إتقان المفاهيم

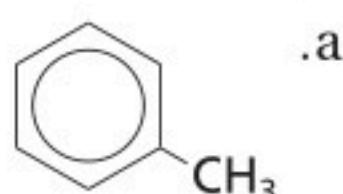
73. ما الخاصية البنائية التي تشترك فيها الهيدروكربونات الأروماتية جميعها؟

74. ما المقصود بالمواد المسرطنة؟

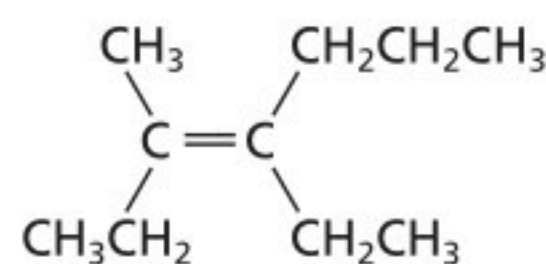
إتقان حل المسائل

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

76. سمّ المركبات الممثلة بالصيغ البنائية الآتية:



63. سمّ المركب الممثل بالصيغة البنائية الآتية:



4-4

إتقان المفاهيم

64. فيم تتشابه المتشكلات؟ وفيما تختلف؟

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

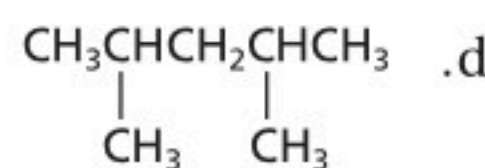
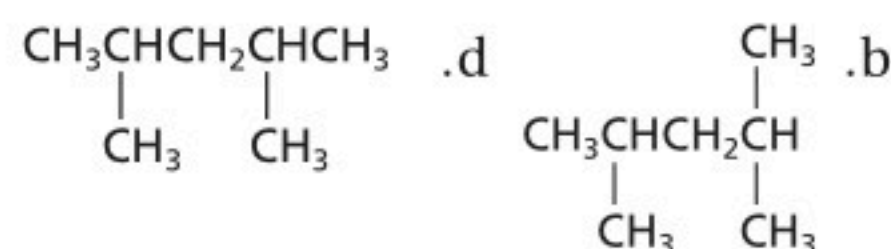
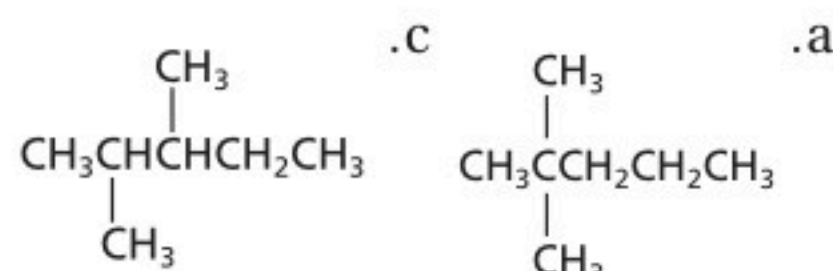
66. ما خصائص المادة الكيرالية؟

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:

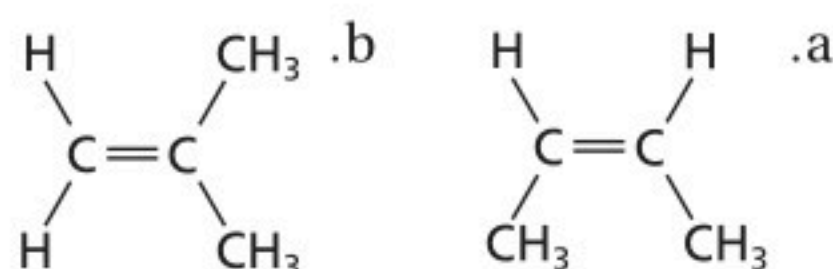


70. اكتب صيغاً بنائية مكثفة لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية C_4H_8 .



مراجعة عامة

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



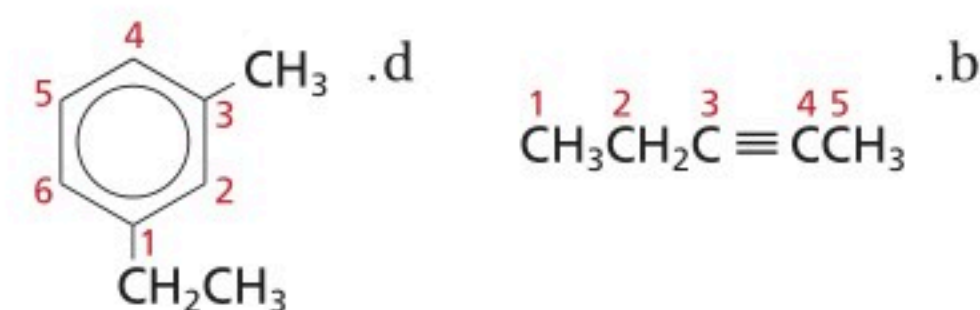
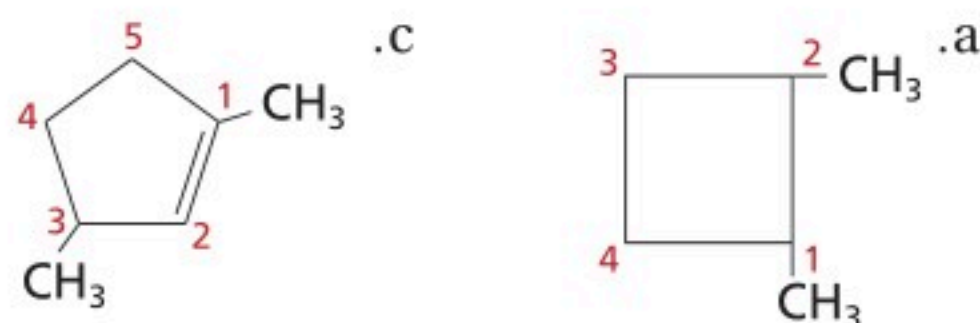
78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

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

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

81. هل يُعد البنجان الحلقي متشكلاً للبنتان؟ فسر 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؟ فسر استنتاجك.

85. فسر 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 بالدايين، والصيغة البنائية المكثفة أدناه تمثل المركب 1،4-بتادايين. استعن بمعرفتك بأسماء الأيوباك على كتابة الصيغة البنائية للمركب 1،3-بتادايين.



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، وفسر لماذا لا يمثل الصيغة البنائية الفعلية؟

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

91. فسر 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 حلقية 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 جُمعت عينات من التربة، وجرى تحليلها باستعمال نوى مشعة لمعرفة متى ترسب كل مكون رئيس فيها. الشكل 30-4 يبين تركيز الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات (PAH) التي عُثِر عليها في سنترال بارك في مدينة نيويورك. البيانات مأخوذة من:

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



الشكل 30-4

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 $[Ar]3d^6 4s^2$ الأقل طاقة؟

94. ما شحنة الأيون المتكوّن من المجموعات الآتية؟

a. الفلزات القلوية.

b. الفلزات القلوية الأرضية.

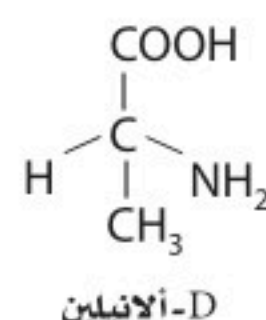
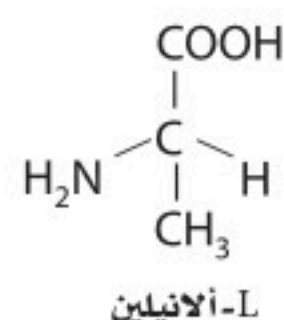
c. الهالوجينات.

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). فأي 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 (C_6H_{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؟

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

6. نتوقع اعتماداً على الجدول السابق أن تكون درجة انصهار النونان:

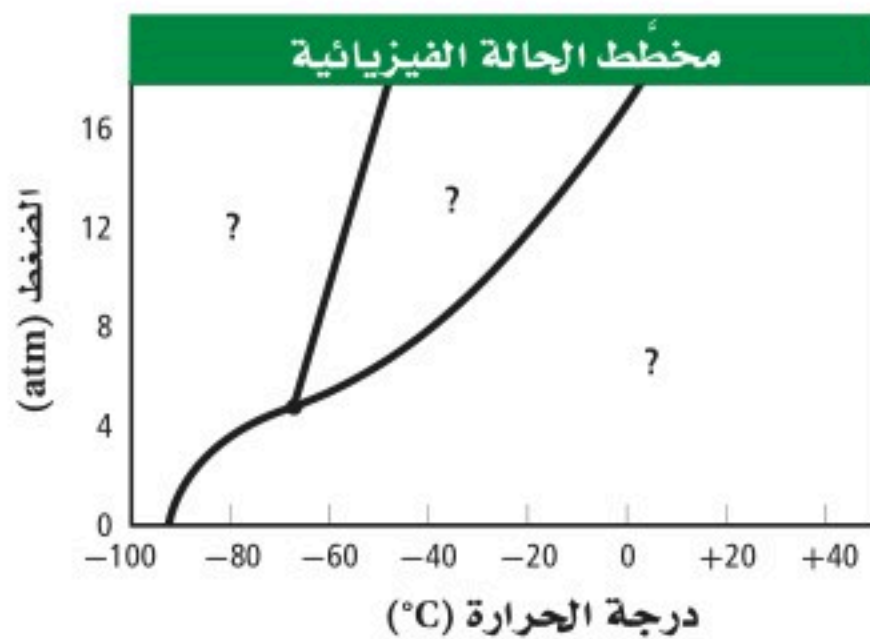
- أعلى مما للأوكتان.
- أقل مما للهبتان.
- أعلى مما للديكان.
- أقل مما للهكسان.



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°C وضغط 10 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 atm إلى 16 atm ، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة عند (0°C) .

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. إذا احترق 5.00 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20.0°C وضغط مقداره 80.1 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 atm ودرجة حرارة 20°C ، يذوب 1.72 g CO_2 في 1 L ماء. فما كمية CO_2 الذائبة إذا ارتفع الضغط إلى 1.35 atm مع بقاء درجة الحرارة نفسها؟

a. 2.32 g/L

b. 1.27 g/L

c. 0.785 g/L

d. 0.431 g/L

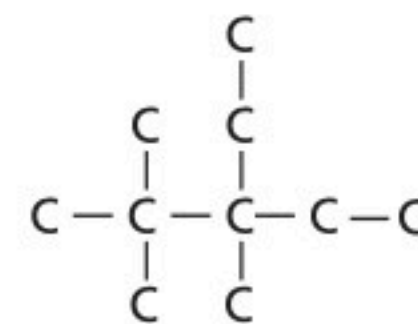
8. أي العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

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.



مشتقات المركبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها

Substituted Hydrocarbons and Their Reactions



حمض الفورميك

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

5-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

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

5-2 الكحولات، والإثيرات، والأمينات

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

5-3 مركبات الكربونيل

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

5-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

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

5-5 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 عموديًا من أسفل حتى يلتقي مع القطع الأفقي.

الكحولات
الإثيرات
الأمينات
الألدهيدات
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.

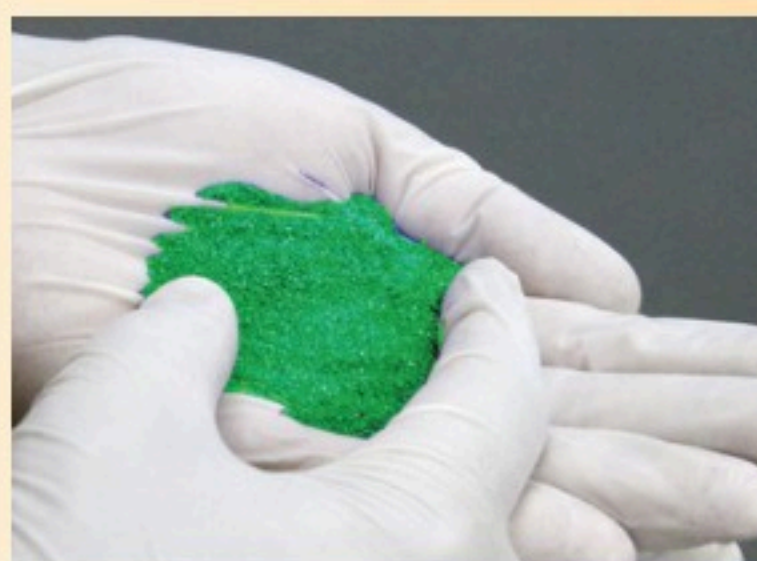
المطويات استعمل هذه المطوية مع الأقسام

1-5، و2-5، و3-5، و4-5، وفي أثناء قراءتك لهذه الأقسام لخص ما تعلمته عن تصنيف المركبات العضوية وتركيبها، واذكر أمثلة على كل منها.

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؟





5-1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

المجموعة الوظيفية
هاليدات الألكيل
هاليدات الأريل
البلاستيك
تفاعلات الاستبدال
الهلجنة

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، فأنت اللاعب 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 والنيتروجين والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والفوسفور.

وتوجد ذرات هذه العناصر في المواد العضوية بوصفها جزءاً من المجموعات الوظيفية. **والمجموعة الوظيفية** في المركبات العضوية 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 5-1 - صناعية كانت أم طبيعية - جميعها تحتوي على مجموعات وظيفية تكسبها خواص فريدة تميزها، ومنها الرائحة مثلاً. ويبين الجدول 5-1 المركبات العضوية التي تحتوي على أكثر من مجموعة وظيفية. ويمثل الرمز R و R' سلسلة أو حلقة من الكربون مرتبطة مع المجموعة الوظيفية. تذكر أن كلا من الرابطين الثنائي والثلاثي 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.



الشكل 5-1 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.

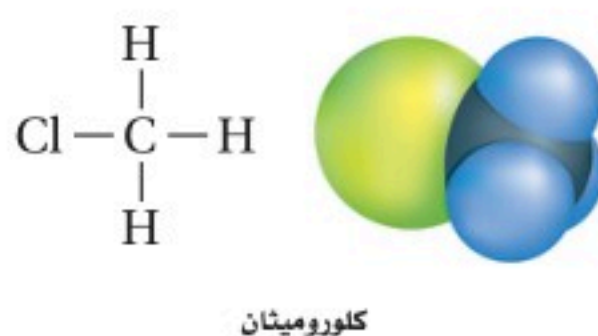


المركبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية		الجدول 5-1
المجموعة الوظيفية	الصيغة العامة	نوع المركب
الهالوجين	$R-X$ ($X = F, Cl, Br, I$)	هاليدات الألكيل
الهالوجين	 ($X = F, Cl, Br, I$)	هاليدات الأريل
الهيدروكسيل	$R-OH$	الكحولات
الإيثر	$R-O-R'$	الإيثرات
الأمين	$R-NH_2$	الأمينات
الكربونيل	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	الألدهيدات
الكربونيل	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R'$	الكيتونات
الكربوكسيل	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	الأحماض الكربوكسيلية
الإستر	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-R$	الإسترات
الأميد	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-\overset{\overset{H}{ }}{N}-R$	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 5-2.

الشكل 5-2 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 3a-5.

الربط مع 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 الفلوروكربونات (CFCs) بالهيدروفلوروكربونات (HFCs)؛ حيث تحتوي فقط على ذرات الهيدروجين والفلور المرتبطة مع الكربون. ومن أكثر مركبات HFCs شيوعاً 1،1،2- ثلاثي فلوروإيثان.

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 3b-5.

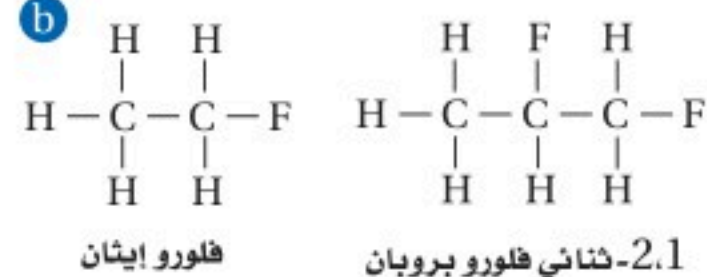
في حالة وجود أكثر من ذرة هالوجين في الجزيء نفسه ترتب أسماء الذرات أبجدياً بحسب ترتيب الأحرف الإنجليزية. ويجب ترقيم السلسلة بحيث يعطى أقل رقم لموقع الذرة المرتبطة بذرة الهالوجين بحسب الترتيب الأبجدي. لاحظ كيفية تسمية هاليدات الألكيل في الشكل 3c-5. وبالطريقة نفسها ترقم حلقة البنزين في هاليدات الأريل لإعطاء أقل رقم لكل موقع بحسب الترتيب الأبجدي؛ بحيث يكون أقل رقم للذرة التي تأتي أولاً، كما في الشكل 3d-5.

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

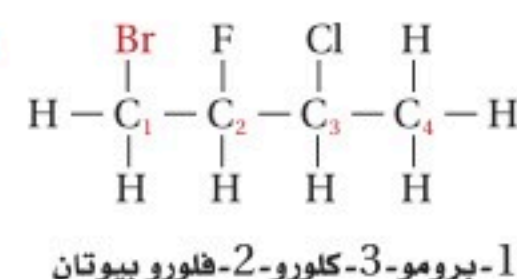
a



b



c



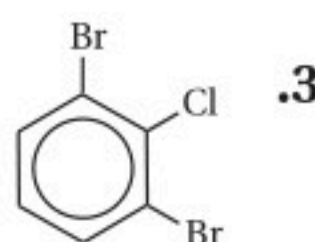
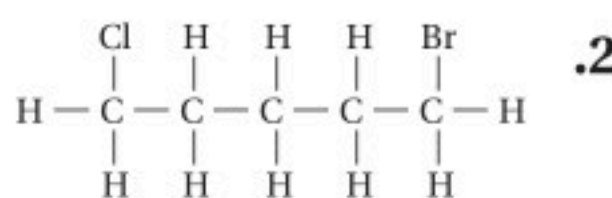
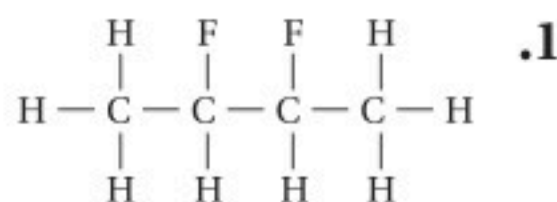
d



الشكل 3-5 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 5-2
الاسم الكيميائي	الصيغة الكيميائية	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/ml) في الحالة السائلة
ميثان	CH ₄	-162	0.423 عند 162 °C
كلورو ميثان	CH ₃ Cl	-24	0.911 عند 25 °C
بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	36	0.626
1-فلورو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ F	62.8	0.791
1-كلورو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Cl	108	0.882
1-برومو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Br	130	1.218
1-أيودو بنتان	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ I	155	1.516

خواص واستعمالات هاليدات الألكيل يبين الجدول 5-2 قائمة ببعض الخواص الفيزيائية لعدد من هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها.

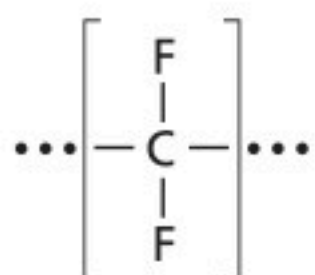
لاحظ أن درجة غليان وكثافة كل كلوريد ألكيل أعلى من درجة غليان وكثافة الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. لاحظ أيضاً أن درجة الغليان والكثافة تزداد عند الانتقال عبر الهالوجينات من الفلور إلى اليود. ويعود السبب في ذلك إلى أنه عند الانتقال من الفلور إلى اليود يزداد عدد الإلكترونات الخارجية البعيدة 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 مذيبيات ومواد تنظيف؛ لأنها تذيب الجزيئات غير القطبية بسهولة، ومنها الدهون والزيوت. ويظهر الشكل 5-4 تطبيقات رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE)؛ إذ يتم تصنيع هذا النوع من **البلاستيك** من غاز رابع فلورو بولي إيثين. ويمكن تسخين البلاستيك وتشكيله عندما يكون ليناً. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو كلوريد البولي فينيل (PVC) الذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

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

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



تفاعلات الاستبدال	الجدول 5-3
مثال على تفاعلات الاستبدال (الهلجنة) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ إيثان كلورو إيثان	تفاعلات الاستبدال العامة لتكوين هاليدات الألكيل $\text{R}-\text{CH}_3 + \text{X}_2 \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2\text{X} + \text{HX}$ حيث X فلور، أو كلور، أو بروم
مثال على تفاعلات تكوين الكحولات $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{Cl}^-$ كلورو إيثان إيثانول	تفاعلات تكوين الكحولات $\text{R}-\text{X} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R}-\text{OH} + \text{X}^-$ هاليد الألكيل كحول
مثال على تفاعلات تكوين الأمينات $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{Br} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{HBr}$ 1-برومو أوكتان أوكثيل أمين	تفاعلات تكوين الأمينات $\text{R}-\text{X} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{R}-\text{NH}_2 + \text{HX}$ هاليد الألكيل أمين

تفاعلات الاستبدال Substitution Reactions

من أين يأتي التنوع الهائل للمركبات العضوية؟ يعد البترول المصدر الأول لجميع المركبات العضوية الصناعية. ويظهر الشكل 5-5 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 5-3. 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 **الهجنة**. ويوضح الجدول 5-3 أحد الأمثلة على عملية الهجنة؛ إذ يتم استبدال ذرة هيدروجين بذرة كلور في مركب الإيثان. ويبين الشكل 5-6 نوعاً آخر من الهيدروكربونات المهجنة يسمى الهالوثان (2-برومو-2-كلورو-1،1،1-ثلاثي فلورو إيثان)، والذي استعمل أول مرة في التخدير في خمسينيات القرن العشرين. ويبين الجدول 5-3 المعادلات العامة لتفاعلات الاستبدال. ويمكن أن تكون X في هذا التفاعل الفلور أو الكلور أو البروم، ولكن ليس اليود؛ لأن اليود لا يتفاعل جيداً مع الألكانات.

✓ **ماذا قرأت؟ ارسم الصيغة البنائية للهالوثان.**



الشكل 5-5 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 5-6 استعمال 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 OH^- محل ذرة الهالوجين لينتج الكحول. ويبين الجدول 3-5 المعادلة العامة لتفاعل هاليد ألكيل مع محلول قاعدي بالإضافة إلى مثال على هذا التفاعل.

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

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات
من هذا القسم.

التقويم 5-1

الخلاصة

- يؤدي حلول مجموعات وظيفية محل ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات إلى تكوين مجموعة كبيرة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة مع ذرة كربون في مركب أليفاتي.

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. 4-برومو-1-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، و1-كلورو بروبان عند إجراء مقارنة بينهما؟ فسر إجابتك.





5-2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

السوائل التامة الامتزاج تصف سائلين يذوب كل منهما في الآخر.

المفردات الجديدة

مجموعة الهيدروكسيل
الكحولات
الإثيرات
الأمينات

إرشادات الدراسة

اكتب تقريراً عن المشروبات الكحولية وأضرارها، ودور الشباب في تعزيز الوعي بأضرار تعاطي المسكرات.

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 مصل 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 الثماني المستقر. كما يمكن لذرة الأكسجين أن ترتبط برابطة ثنائية مع ذرة الكربون لتحل محل ذرتين من الهيدروجين، وقد ترتبط برابطة أحادية مع الكربون ورابطة أخرى مع ذرة أخرى، مثل الهيدروجين. وتسمى مجموعة الأكسجين-والهيدروجين التي ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون **مجموعة الهيدروكسيل** ($-OH$). وتسمى المركبات العضوية الناتجة عن إحلال مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين **الكحولات**. ويبين الجدول 4-5 الصيغة العامة للكحولات ROH، كما يوضح أيضاً العلاقة بين الألكانات البسيطة، مثل الميثان، وأبسط الكحولات الميثانول.

ويعد الإيثانول وثنائي 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 5-7 نموذجاً لجزيء الإيثانول ونموذجاً لجزيء الماء. 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.

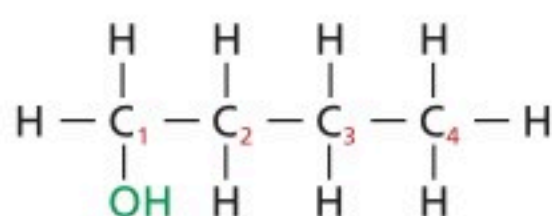
الكحولات	الجدول 4-5
أبسط الكحولات وأبسط الألكانات	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \\ \text{CH}_4 \text{ الميثان} \\ \text{ألكان} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \\ \text{CH}_3\text{OH} \text{ الميثانول} \\ \text{كحول} \end{array}$
	ROH R تمثل سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة مع المجموعة الوظيفية.



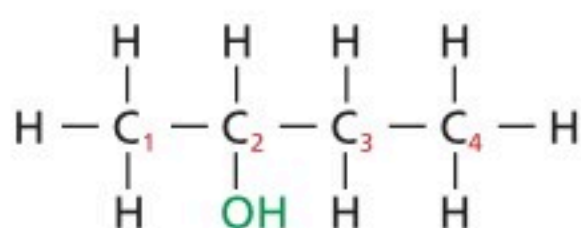
الشكل 5-7 الزاوية بين رابطتي الأكسجين التساهمية لها القياس نفسه تقريباً في جزيئي الماء والإيثانول.



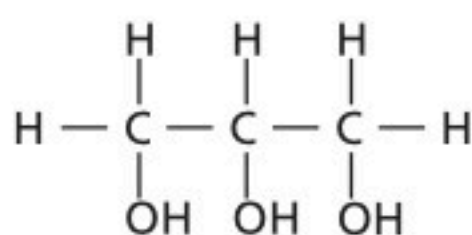
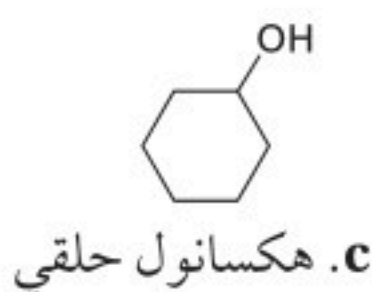
الشكل 5-8 تعتمد تسمية الكحولات على أسماء الألكانات المقابلة لها.



1.a - بيوتانول



2.b - بيوتانول



d. 1, 2, 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، CH_4 هو الميثان، و CH_3OH الميثانول، و CH_3CH_3 الإيثان، و $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ الإيثانول. وتعتمد تسمية الكحولات أساساً على عدد ذرات الكربون في الألكان، وتعتمد قواعد التسمية العالمية الأيوباك IUPAC على السلسلة أو الحلقة الأصلية أولاً، ثم إضافة المقطع (ول) إلى نهاية اسم الألكان ليمثل مجموعة الهيدروكسيل. وفي الكحولات التي تتكون من ثلاث ذرات كربون أو أكثر هناك أكثر من موقع لمجموعة الهيدروكسيل. لذلك يجب الإشارة إلى الموقع برقم يضاف إلى الاسم في البداية، كما هو مبين في الشكلين: 5-8a، والشكل 5-8b.

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

والآن انظر إلى الشكل 5-8c 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 5-8d 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 5-8c؟

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 5-5.

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. وبين الجدول 5-5 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 5-5 كذلك على مثالين من الإيثرات، إيثيل بيوتيل إيثر، وإيثيل ميثيل إيثر.

المفردات

المفردات الأكاديمية

الرابطة (Bond)

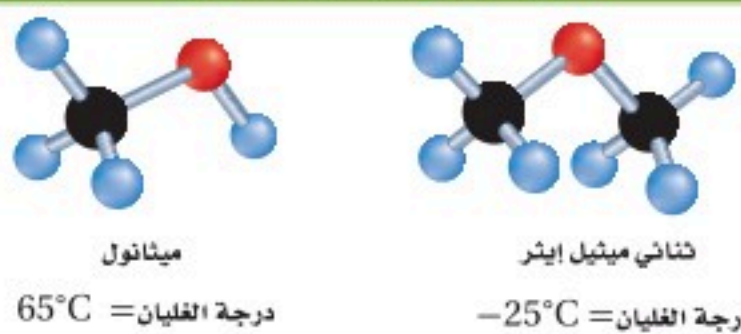
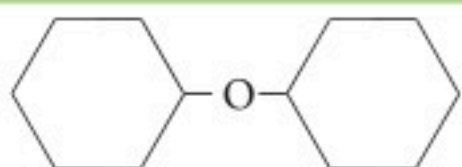
الاتصال، والربط، والضم.
تربط ذرة الأكسجين ذرتين من الكربون لتكون الإيثر.

الربط الصحة

الإيثرات مركبات عضوية تتميز برائحة حلوة في درجة حرارة الغرفة، وهي مواد قابلة للاشتعال ومتطايرة، مما يجب الحذر من استنشاقها لتسميتها ولتأثيرها السلبي على الجهاز التنفسي.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الإيثرات	الجدول 5-5
ثنائي الميثيل إيثر والميثانول	الصيغة العامة
	ROR' حيث تمثل R و R' سلسلة أو حلقة مرتبطة مع المجموعة الوظيفية
أمثلة على الإيثرات	
 هكسيل حلقي إيثر $CH_3CH_2-O-CH_2CH_2CH_2CH_3$ بيوتيل إيثيل إيثر	$CH_3CH_2CH_2-O-CH_2CH_2CH_3$ بروبييل إيثر $CH_3CH_2-O-CH_3$ إيثيل ميثيل إيثر

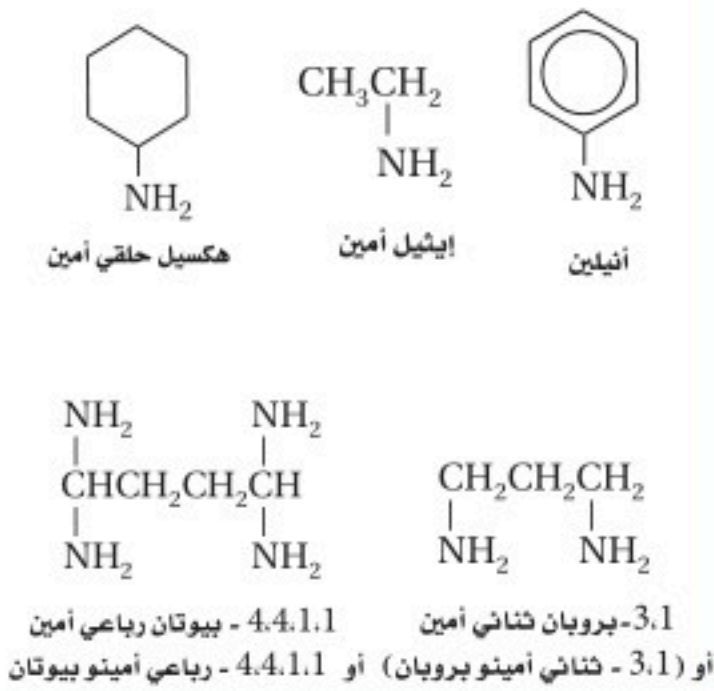


الصيغة العامة



حيث تمثل R سلسلة كربون أو حلقة مرتبطة مع مجموعة وظيفية

أمثلة على الأمينات



الأمينات Amines

تحتوي الأمينات على ذرات نيتروجين مرتبطة مع ذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2 ، كما هو مبين في الجدول 5-6.

ولقد اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا 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 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 5-6. وفي حالة وجود أكثر من مجموعة أمين يستعمل المقطع ثنائي أو ثلاثي أو رباعي... إلخ في بداية الاسم ليبدل 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.

التقويم 5-2

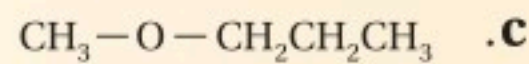
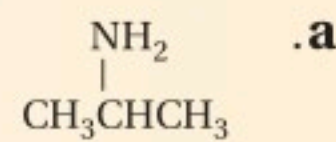
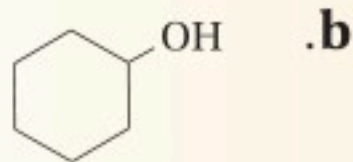
الخلاصة

- 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.

الفكرة الرئيسية

8. 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:

a. 1- بروبانول

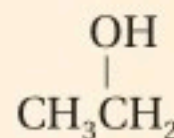
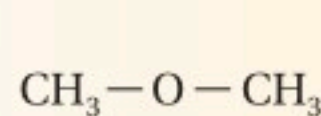
b. 1، 3 - دايول بنتان حلقي

c. ثنائي بروبيل إثير

d. 1، 2 - بروبان ثنائي أمين

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؟ فسر إجابتك.





5-3

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

مركبات الكربونيل Carbonyl Compounds

الفكرة الرئيسة 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 5-7.

وتسمى الألدهيدات بإضافة المقطع (ال) إلى نهاية اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. وهكذا يحتوي المركب ميثانال، كما هو مبين في الجدول 5-7، 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 غالباً الأسماء الشائعة للمركبات العضوية؛ لأنها مألوفة للكيميائيين.

الألدهيدات		الجدول 5-7
أمثلة على الألدهيدات		الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ إيثانال (أسيتالدهيد)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ ميثانال (فورمالدهيد)	$RCHO$ حيث R تمثل مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{C}-\text{H} \end{array}$ فينل ميثانال (بنزالدهيد)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{C}_6\text{H}_4-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 2-هيدروكسي بنزالدهيد (ساليسالدهيد)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$ مجموعة الكربونيل



الشكل 5-9 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.

تجربة
عملية

خواص الكربوهيدرات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



يحتوي جزيء الألدهيد على مجموعة قطبية ونشطة في التفاعل. وكما هو الحال مع الإثيرات، 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 5-9. وصناعيًا 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، فضلًا عن الغراء الذي يعمل على إلصاق طبقات الخشب معًا. ويعد كل من بنزالدهيد وساليسالدهيد، الموضح تركيبهما في الجدول 5-7 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 5-7.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد** اثنين من استعمالات الألدهيدات.

الكي-tonات يمكن أن ترتبط مجموعة الكربونيل مع الكربون في وسط السلسلة بدلاً من ارتباطها في نهاية السلسلة. والكي-tonات مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة الموضحة في الجدول 5-8. وترتبط ذرات الكربون على طرفي مجموعة الكربونيل مع ذرات كربون أخرى. إن أبسط الكي-tonات وأكثرها شيوعًا هو الأسيتون، الذي ترتبط فيه ذرات الهيدروجين فقط مع ذرات الكربون الطرفية، كما هو مبين في الجدول 5-8 أيضًا.

ويتم تسمية الكي-tonات بإضافة المقطع (ون) إلى نهاية اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم ليُدل على موقع مجموعة الكي-ton. 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 5-8.

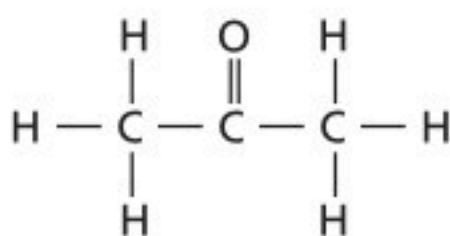
وتتشارك الكي-tonات والألدهيدات في الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية لتشابه تركيبهما. فالكي-tonات مركبات قطبية وأقل نشاطًا من الألدهيدات. ولهذا السبب يعد الكي-ton مذيبيًا شائعًا للمواد القطبية المعتدلة، ومنها الشمع والبلاستيك والطلاء والورنيش والغراء. وكما هو الحال مع الألدهيد، لا تكون جزيئات الكي-ton روابط هيدروجينية بعضها مع بعض، ولكن يمكن أن تكون روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء. ولذلك فالكي-tonات قابلة للذوبان في الماء إلى حد ما، ولكن الأسيتون قابل للذوبان في الماء بشكل تام.

الكي-tonات

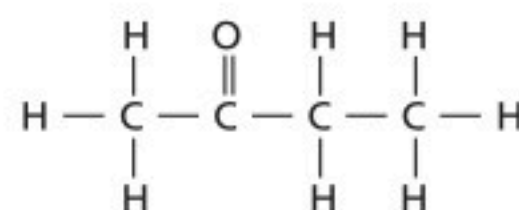
الجدول 5-8

أمثلة على الكي-tonات

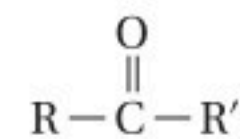
الصيغة العامة



2- بروبانون (الأسيتون)



2- بيوتانون (ميثيل إيثيل كي-ton)



حيث تمثل R و R' سلاسل
أو حلقات كربون مرتبطة مع
مجموعات وظيفية



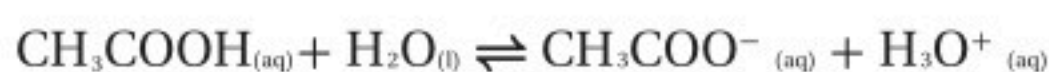
الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

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 5-9. ويبين الجدول 5-9 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_3COOH . ويتكون أبسط الأحماض الكربوكسيلية من مجموعة الكربوكسيل المرتبطة مع ذرة هيدروجين واحدة HCOOH كما في الجدول 5-9. 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 5-10.

✓ **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 اتزان 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 الأكساليك وحمض الأديبيك - مجموعتا كربوكسيل أو أكثر. مثل هذه الأحماض تسمى ثنائية الحمض. كما قد يحتوي البعض الآخر على مجموعات وظيفية إضافية مثل مجموعات الهيدروكسيل، كما في حمض اللاكتيك الموجود في اللبن. 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 5-10 يدافع

النمل اللاسع عن نفسه بإفراز سم يحتوي على حمض الفورميك.

حدد اسماً آخر لحمض الفورميك.

الأحماض الكربوكسيلية		الجدول 5-9
أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية		الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H} - \text{C} \\ \\ \text{O} - \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{OH} \end{array}$
حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك)	حمض الميثانويك (حمض الفورميك)	R تمثل سلسلة أو حلقة من الكربون

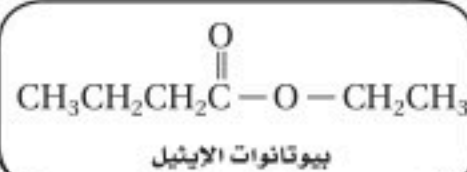
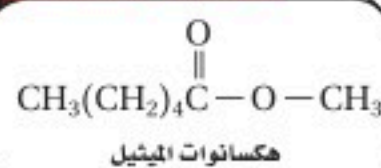
الإسترات	الجدول 5-10
مثال على الإستر	الصيغة العامة
$\begin{array}{c} \text{مجموعة إيثانوات} \quad \text{مجموعة بروبيل} \\ \text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \text{مجموعة إستر} \\ \text{إيثانوات (أسيئات) البروبيل} \end{array}$	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{R}'$ مجموعة إستر

مركبات عضوية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية

Organic Compounds Derived from Carboxylic Acids

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

الإسترات 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 5-10. ويتم تسمية الإسترات بكتابة اسم الحمض الكربوكسيلي واستعمال المقطع (وات) بدل المقطع (ويك) متبوعاً بالألكيل، كما هو موضح في المثال المبين في الجدول 5-10. لاحظ كيف اشتق اسم البروبيل 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 5-11. وتنتج النكهات الطبيعية - ومنها نكهة التفاح أو الموز - عن مزيج من جزيئات عضوية مختلفة منها الإسترات. وقد يكون سبب بعض هذه النكهات تركيب إستر واحد فقط. لذا يتم تصنيع الإسترات لاستعمالها في كثير من الأطعمة والنكهات والمشروبات والعطور والشموع العطرية، والمواد المعطرة الأخرى.



الشكل 5-11 تعدد 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 سعتها 250mL، وضع الكأس على سخان كهربائي، واضبط حرارته عند منتصف التدرج.
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 ملاحظاتك 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 إحلّال ذرة نيتروجين مرتبطة مع ذرات أخرى محل مجموعة هيدروكسيل OH- في الحمض الكربوكسيلي. ويوضح الجدول 5-11 الصيغة العامة للأميدات. تسمى الأميدات بكتابة اسم الألكان، ثم إضافة المقطع أميد في نهاية الاسم. لذا يكون اسم الأميد الظاهر في الجدول 5-11 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 5-11، 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 تحطيم البروتينات تنتقل منها مجموعات الأمين NH_2 ، ثم تتحول إلى أمونيا NH_3 ، وهي مادة سامة للجسم، ويقوم الكبد بتحويلها إلى مادة اليوريا غير السامة. ويتم التخلص من اليوريا في الدم بواسطة الكلى وتخرج مع البول.

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

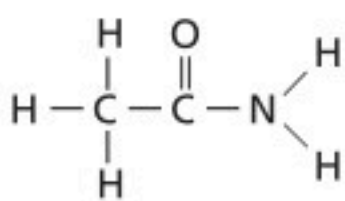
✓ **ماذا قرأت؟** حدّد أحد الأميدات الموجودة في جسم الإنسان.

الأميدات

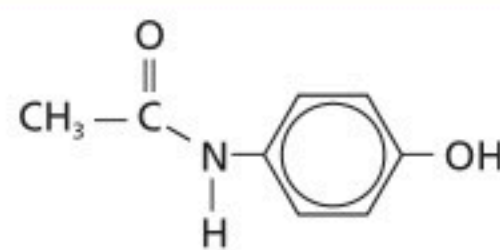
الجدول 5-11

أمثلة على الأميدات

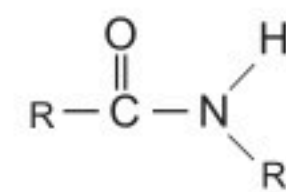
الصيغة العامة



الإيثان أميد (أسيتاميد)

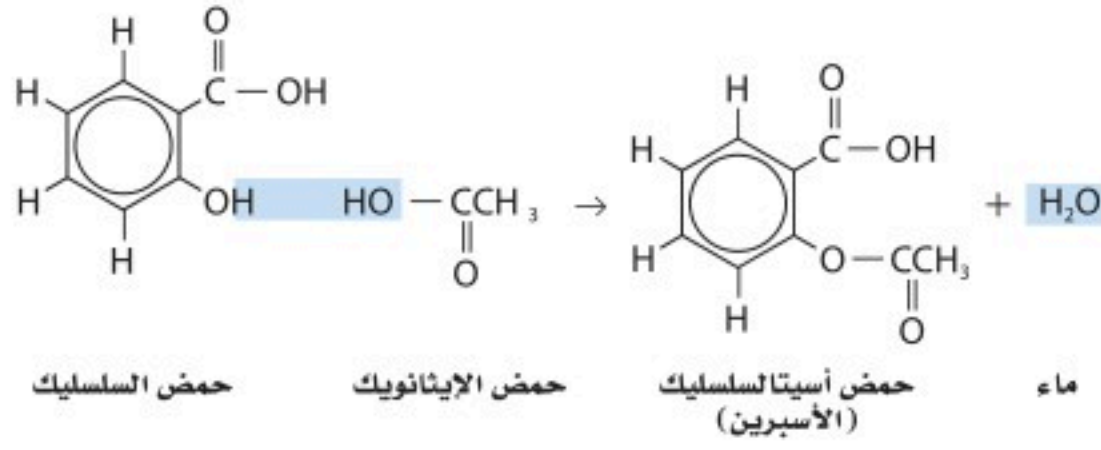


(أسيتامينوفين)



مجموعة الأميد





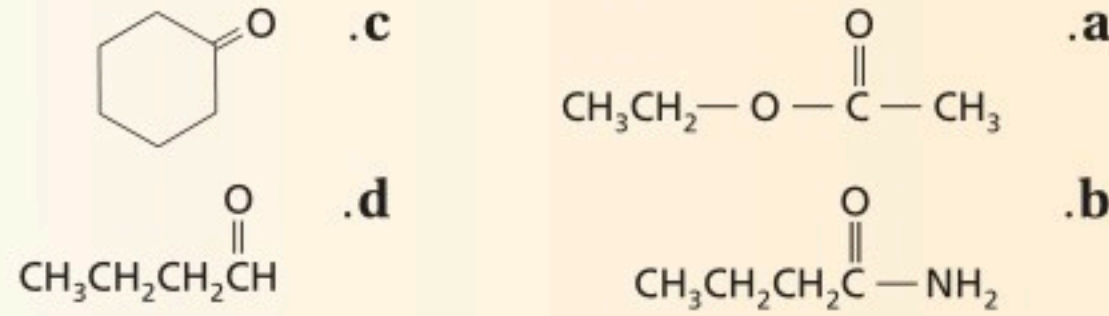
الشكل 5-12 لتحضير الأسبرين يتحد جزيئان عضويان من خلال تفاعل التكثف لتكوين جزيء أكبر.

التقويم 5-3

الخلاصة

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة $C=O$.
- 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 C_nH_{2n+2} . اشتق الصيغة العامة التي تمثل الألدهيد، 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 الألدهيد الخواص نفسها؟





5-4

الأهداف

- تصنيف تفاعلات المركبات العضوية إلى أحد الأنواع الخمسة الآتية: الاستبدال، أو الإضافة، أو الحذف، أو الأكسدة والاختزال، أو التكثف.
- 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 التكثف

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 5-13. وبالإضافة إلى تفاعلات الاستبدال والتكثف 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 5-13 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 14-5 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.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الكيمياء في واقع الحياة

الهيدروكربونات العطرية المتعددة

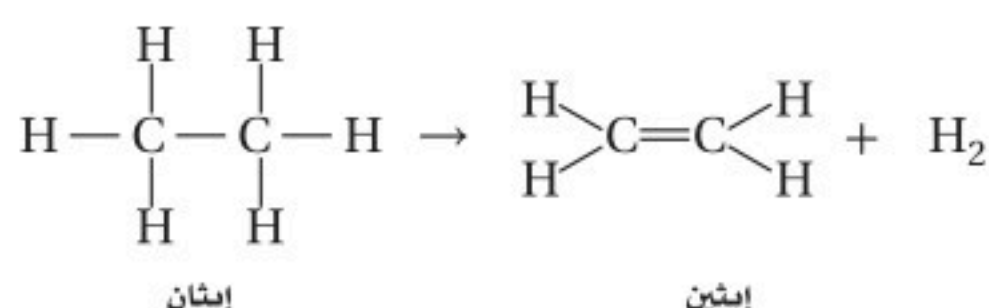
الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

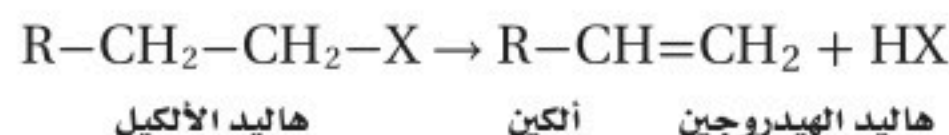


الجزئيات البيولوجية يرمز إلى الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات بـ PAHs. وقد تم العثور عليها في النيازك، والمادة المحيطة بالنجوم الميتة. ونتيجة لمحاكاة العلماء للظروف في الفضاء تبين أن حوالي 10% من PAHs يتم تحويلها إلى كحول، وكيونات، وإسترات. ويمكن استعمال هذه الجزئيات لتكوين المركبات التي تعد ذات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

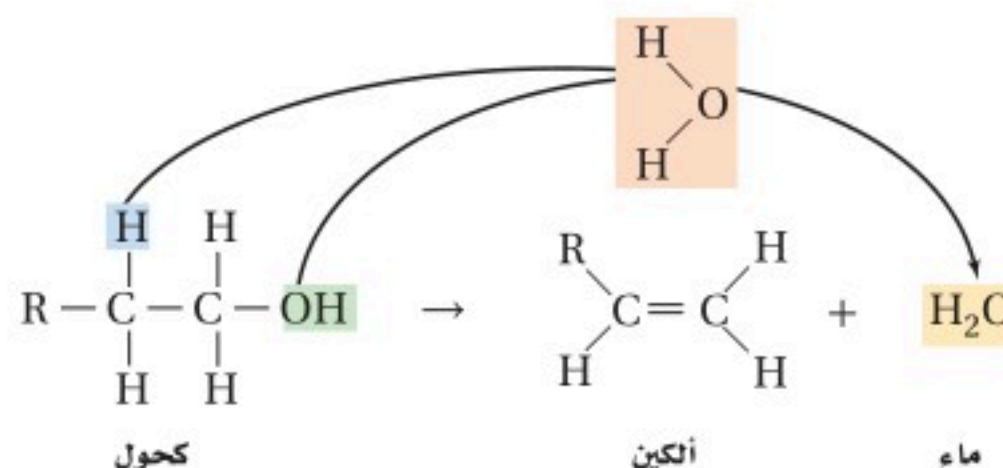
يحضر الإيثين، وهو المادة الأولية المستعملة في صناعة أدوات وأرضيات الملاعب، كما هو مبين في الشكل 14-5، وتسمى التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين من الإيثان تفاعلات حذف الهيدروجين. لاحظ أن ذرتي الهيدروجين قد كوّننا غاز الهيدروجين.



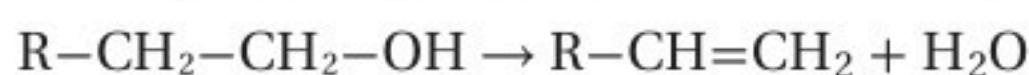
ويمكن أن يدخل هاليد الألكيل في تفاعل حذف لإنتاج الألكين وهاليد الهيدروجين، كما هو مبين لاحقاً.



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 5-12.

وتعد **تفاعلات إضافة الماء**، المبينة في الجدول 5-12، تفاعلات إضافة؛ حيث يتم فيها إضافة ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل من جزيء الماء إلى الرابطة الثنائية أو الثلاثية. وتبين المعادلة العامة المبينة في الجدول 5-12 أن تفاعلات إضافة الماء عكس تفاعلات حذف الماء.

وتسمى تفاعلات إضافة الهيدروجين إلى ذرات الكربون التي تكون 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 5-12
المادة الناتجة	المادة المتفاعلة المضافة	الألكين المتفاعل
الكحول $\begin{array}{c} H & OH \\ & \\ R-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	الماء $\begin{array}{c} H \\ \\ H-O \end{array}$	$\begin{array}{c} R & & H \\ & \backslash & / \\ & C = C \\ & / & \backslash \\ H & & H \end{array}$
ألكان $\begin{array}{c} H & H \\ & \\ R-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	الهيدروجين $H-H$	
هاليد الألكيل $\begin{array}{c} H & X \\ & \\ R-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	هاليد الهيدروجين $H-X$	
ثنائي هاليد الألكيل $\begin{array}{c} X & X \\ & \\ R-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	الهالوجين $X-X$	



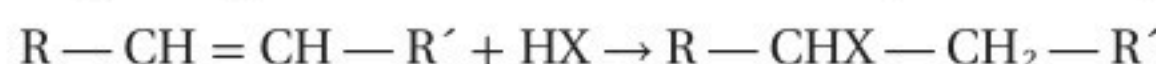
تستعمل المحفزات عادة في عملية هدرجة الألكينات؛ لأن طاقة تنشيط التفاعل عالية جدًا في حال عدم وجود المحفزات. وتوفر المحفزات -مثل مسحوق البلاتينيوم أو البالاديوم- سطحًا يعمل على ادمصاص جزيئات المواد المتفاعلة، ويهيئ الفرصة للإلكترونات للارتباط مع ذرات أخرى. وتفاعلات الهدرجة شائعة الاستعمال في تحويل السوائل الدهنية غير المشبعة الموجودة في الزيوت النباتية -مثل فول الصويا والذرة والفول 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_2 إلى كل رابطة ثلاثية لتحويل الألكين إلى ألكين، كما يأتي:



ويتحول الألكين إلى ألكين بعد إضافة الجزيء الأول من H_2 ، وعند إضافة الجزيء الثاني من H_2 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	المحاكاة الحاسوبية		التجريبية	
	ترانس	سيس	ترانس	سيس
	أحماض دهنية (wt. %)	حمض الأوليك (wt. %)	أحماض دهنية (wt. %)	حمض الأوليك (wt. %)
1	4.90	69.10	5.80	70.00
2	4.79	63.75	4.61	64.00
3	4.04	68.96	4.61	67.00
4	5.99	62.80	7.10	65.00
5	4.60	68.10	5.38	66.50

تفاعلات الأكسدة والاختزال يمكن تحويل كثير من المركبات العضوية إلى مركبات أخرى عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال. فعلى سبيل المثال، افترض أنك تريد تحويل الميثان الموجود في الغاز الطبيعي إلى ميثانول، وهو مذيب صناعي عام ومادة أولية لصنع الفورمالدهيد وإسترات الميثيل. ويتم تحويل الميثان إلى ميثانول، كما في المعادلة المبينة في الجدول 5-13، بحيث تمثل [O] الأكسجين من مصدر مثل أكسيد النحاس II، أو ثاني كرومات البوتاسيوم، أو حمض الكبريتيك. ماذا يحدث للميثان عندما يتفاعل؟ من المعروف أن الأكسدة هي عملية فقدان الإلكترونات، وتتأكسد المادة عندما تكسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. أما الاختزال فهو عملية اكتساب الإلكترونات، وتختزل المادة عندما تفقد الأكسجين أو تكسب الهيدروجين. لذلك، حدثت أكسدة للميثان لأنه اكتسب الأكسجين وتحول إلى ميثانول. وبالتأكيد يتضمن كل تفاعل أكسدة واختزال عمليتي الأكسدة والاختزال. ويمكن وصف تفاعلات الأكسدة والاختزال في المواد العضوية اعتماداً على التغير الذي يحدث للمركبات العضوية بعد التفاعل.

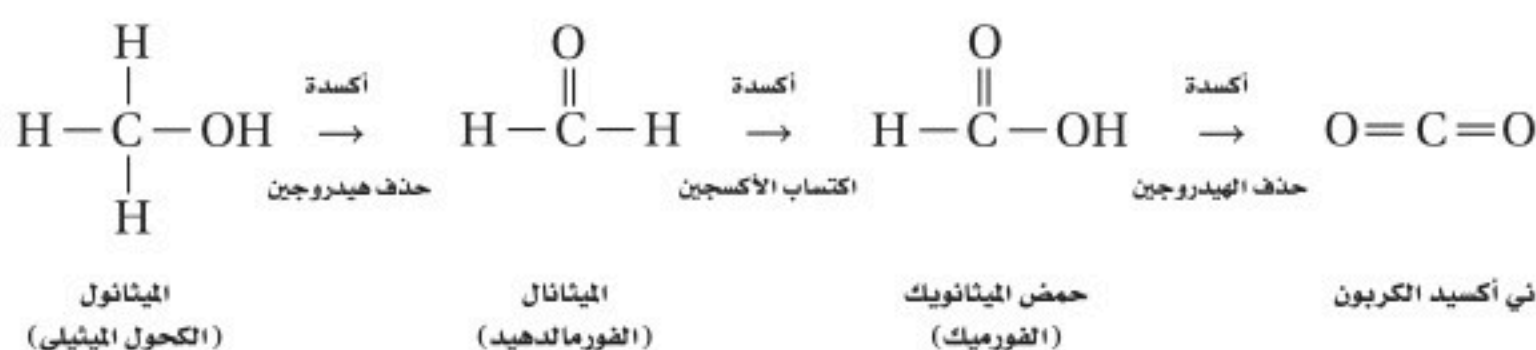
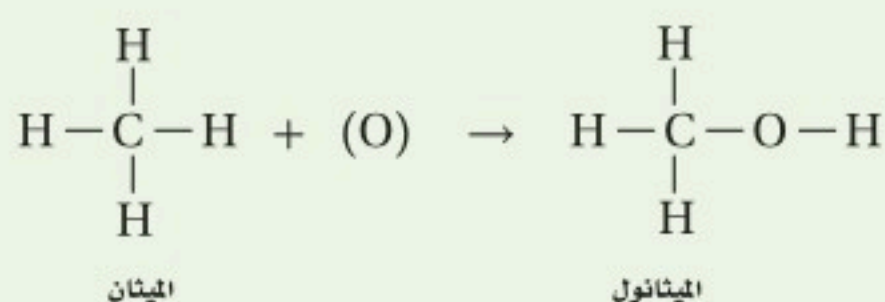
إن أكسدة الميثانول المبين في الجدول 5-13 يعد الخطوة الأولى من مجموعة خطوات لتحضير الألدheid، كما في الجدول 5-13. وللتوضيح تم حذف العوامل المؤكسدة. ويعد تحضير الألدheid بهذه الطريقة من المهام الصعبة؛ لأن الأكسدة قد تستمر فيتحوّل الألدheid إلى حمض كربوكسيلي.

✓ **ماذا قرأت؟** حدد استعمل الجدول 5-13 لتحديد ناتجين محتملين عند استمرار أكسدة الألدheid.

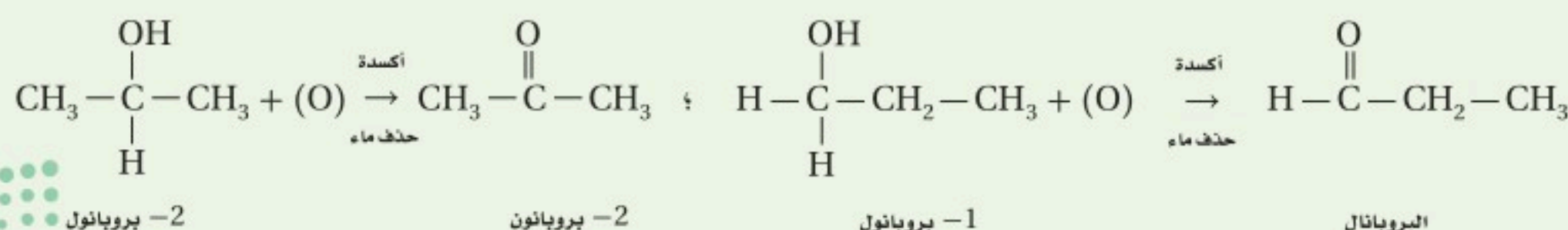
تفاعلات الأكسدة والاختزال

الجدول 5-13

تحويل الألكانات إلى كحولات



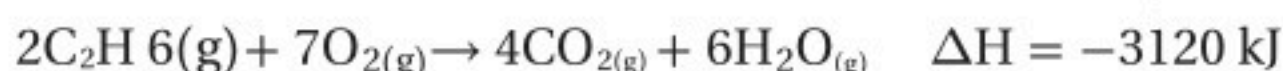
الحصول على الكيتونات من الكحولات



ومع ذلك، لا تتأكسد جميع الكحولات إلى ألدهيدات، ومن ثم إلى أحماض كربوكسيلية. ولفهم السبب، قارن بين أكسدة 1-بروبانول و 2-بروبانول في الجدول 13-5. لاحظ أن أكسدة 2-بروبانول تنتج كيتون، وليس ألدهيد. والكيتون 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 13-5.

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.

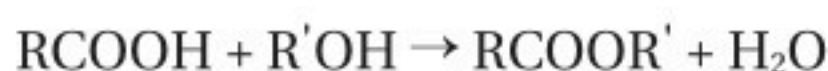


وتعتمد معظم بلدان العالم على احتراق المواد الهيدروكربونية بوصفها المصدر الرئيس للطاقة، كما في الشكل 15-5.

تفاعلات التكثف Condensation Reactions تتضمن العديد من التحضيرات التي تتم في المختبرات والعمليات الصناعية تفاعل مادتين من المواد المتفاعلة العضوية لتكوين مركب عضوي ضخيم؛ مثل الأسبرين، كما هو موضح في الشكل 12-5. ويعرف هذا النوع من التفاعل بتفاعل التكثف.

في **تفاعل التكثف** يتم ارتباط اثنين من جزيئات صغيرة لمركبات عضوية لتكوين جزيء آخر أكثر تعقيدًا. ويرافق هذه العملية فقدان جزيء صغير مثل الماء. وينتج هذا الجزيء عادة عن كلا الجزيئين المتحدتين. وتعد تفاعلات التكثف تفاعلات حذف بحيث تتكون رابطة بين ذرتين لم تكونا مرتبطتين سابقًا.

ومن أكثر تفاعلات التكثف شيوعًا 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.



توقع نواتج التفاعلات العضوية

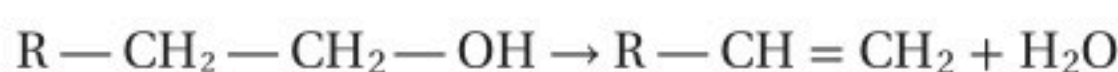
Predicting Products of Organic Reactions

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.

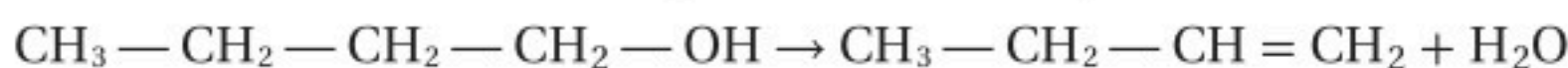
الشكل 15-5 يعتمد الناس في جميع أنحاء العالم على أكسدة الهيدروكربونات للوصول إلى العمل ونقل المنتجات.



المعادلة العامة لحذف الماء من الكحول هي كما يأتي:



ولتحديد النواتج الفعلية، ارسم أولاً الصيغة البنائية لـ 1-بيوتانول، ثم استعمل المعادلة العامة نموذجاً لمعرفة كيفية تفاعل 1-بيوتانول. تبين المعادلة العامة أنه تم حذف H و OH من سلسلة الكربون. وأخيراً ارسم الصيغة البنائية للنواتج، كما في المعادلة الآتية:



1-بيوتانول

1-بيوتين

ومثال آخر، افترض أنك تود توقع نواتج التفاعل بين البنزين الحلقي وبروميد الهيدروجين. تذكر أن المعادلة العامة لتفاعلات الإضافة بين الألكينات وهاليدات الألكيل هي:



ارسم أولاً الصيغة البنائية للبنزين الحلقي، ثم أضف صيغة بروميد الهيدروجين، ويمكنك من المعادلة العامة ملاحظة مكان إضافة كل من الهيدروجين والبروم على الرابطة الثنائية لتكوين هاليد الألكيل. وأخيراً ارسم صيغة الناتج. فإذا كان عملك صحيحاً فستحصل على المعادلة الآتية:

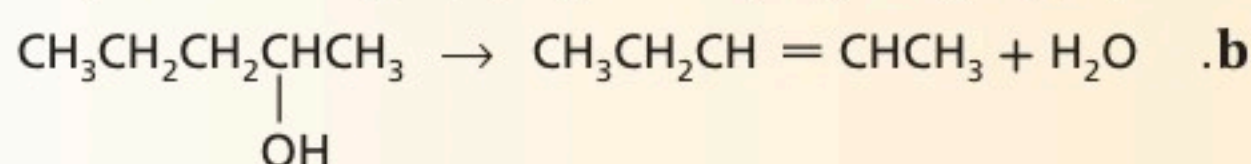
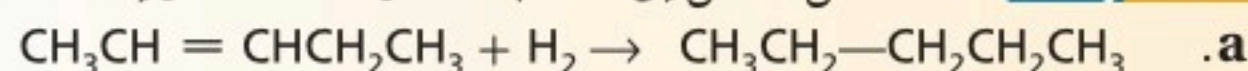


التقويم 4-5

الخلاصة

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

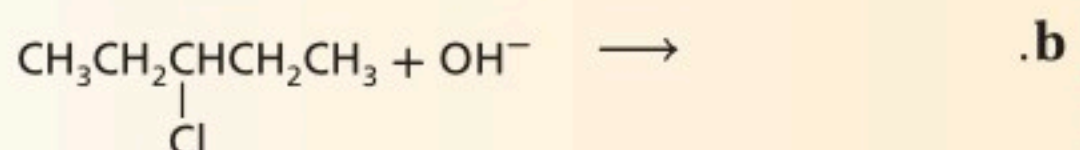
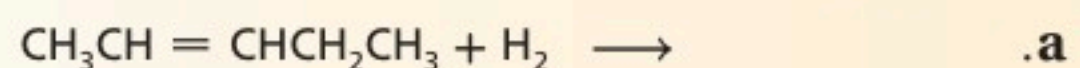
17. الفكرة الرئيسية صنف كل تفاعل إلى استبدال، أو تكثف، أو إضافة، أو حذف.



18. حدد نوع التفاعل العضوي الذي يحقق أفضل ناتج لكل عملية تحويل مما يأتي:

- a. هاليد الألكيل ← ألكين c. كحول + حمض كربوكسيلي ← إستر
b. ألكين ← كحول d. ألكين ← هاليد الألكيل

19. أكمل كل معادلة مما يأتي عن طريق كتابة الصيغة البنائية للنواتج الأكثر احتمالاً:



20. توقع النواتج فسر لماذا يؤدي إضافة الماء إلى 1-بيوتين إلى تكون نوعين من النواتج، بينما إضافة الماء إلى 2-بيوتين تكون نوعاً واحداً من النواتج؟





5-5

الأهداف

- ترسم العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكونة 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 الرئيسة 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.

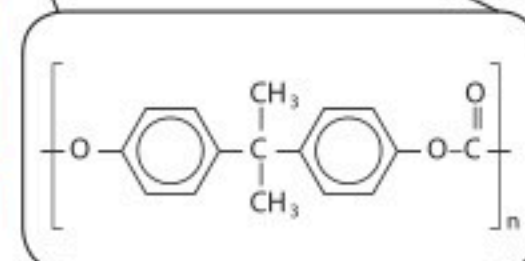
عصر البوليمرات The Age of Polymers

تحتوي الأقراص المضغوطة، كما هو موضح في الشكل 16-5 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 16-5 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.



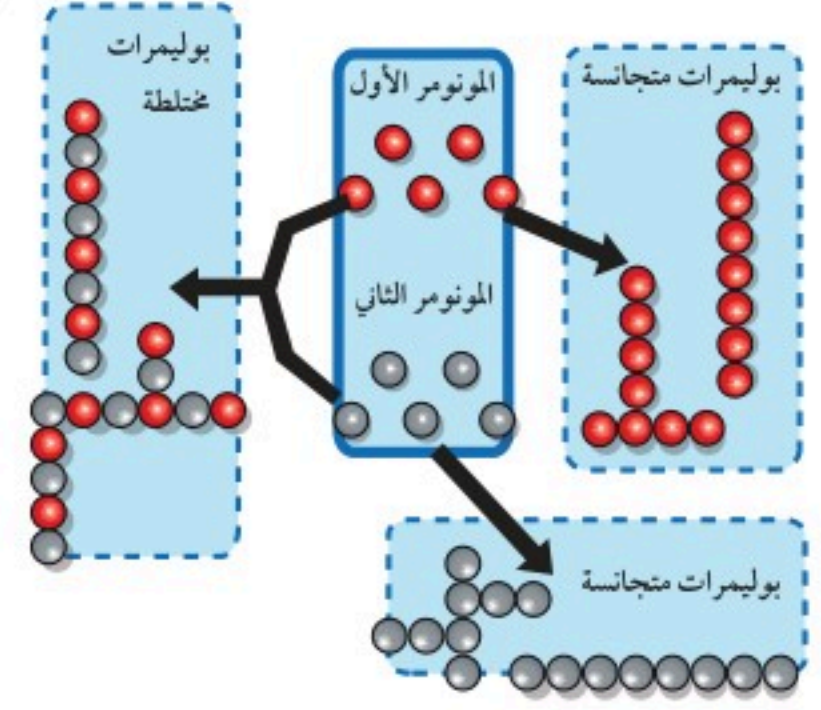
الشكل 16-5 الأقراص المدمجة

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

التفاعلات المستعملة 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 لتيسر 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 5-17 العلاقة بين البوليمرات والمونومرات المكونة له.

وتتكون وحدة بناء البوليمر من اثنين من المونومرات المختلفة التي لها المكونات نفسها. ويبين الشكل 5-18 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 المستعملة في صناعة العبوات البلاستيكية. ويمكن تصنيعه في صورة ألياف تسمى ألياف البوليستر. ويبين الشكل 5-19 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 5-17 العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكونة له.



الشكل 5-18 البولي إيثيلين مادة غير سامة وغير قابلة للكسر، لذا يدخل هذا البوليمر في صناعة ألعاب الأطفال.

الشكل 5-19 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.



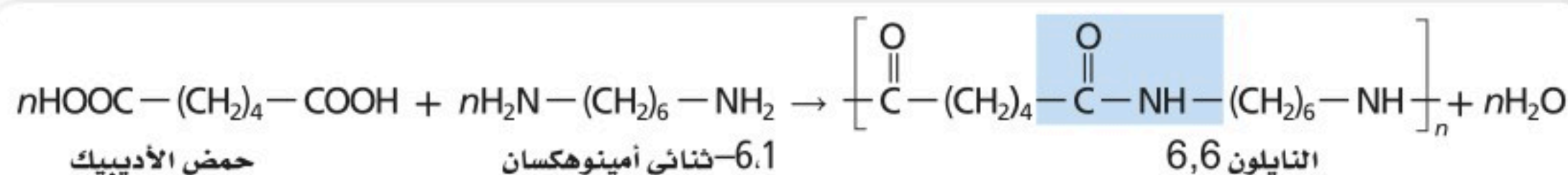
1865م تم تحديد تركيب البنزين الذي أصبح الأساس في إنتاج المركبات الأروماتية.

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

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

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





الشكل 20-5 النايلون بوليمر يتكون من خيوط رفيعة تشبه الحرير.

تجربة
عملية

تفاعلات البلمرة

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإشرافية



البلمرة بالإضافة في البلمرة بالإضافة تبقى جميع الذرات الموجودة في المونومر في تركيب البوليمر. وعندما يكون المونومر هو الإيثين، ينتج البولي إيثيلين عن تفاعل بلمرة بالإضافة؛ إذ تتكسر الروابط غير المشبعة في تفاعل البلمرة بالإضافة تمامًا كما في تفاعلات بالإضافة. والاختلاف الوحيد بينهما هو أن الجزيء الثاني المضاف هو جزيء المادة نفسها، وهي الإيثين. كما يمكنك ملاحظة تشابه بوليمرات بالإضافة المبينة في الجدول 14-5 مع تركيب البولي إيثيلين؛ حيث ترتبط ذرات أو مجموعات من الذرات بالسلسلة لتحل محل ذرات الهيدروجين. وتنتج هذه البوليمرات جميعها من عملية البلمرة بالإضافة.

البلمرة بالتكثف تحدث البلمرة بالتكثف عندما تحتوي المونومرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل تتحد معًا، ويصاحب ذلك خسارة جزيء صغير غالبًا ما يكون الماء. وقد حضر النايلون أول مرة في عام 1931م، ثم أصبح مادة شعبية؛ لأنه يمتاز بالقوة، ويمكن سحبه على شكل خيوط تشبه الحرير. ونايلون 6,6 هو اسم أحد أنواع النايلون المصنع. ويتكون أحد المونومرات من سلسلة في نهايتها ذرة كربون يرتبط معها مجموعات كربوكسيل، كما هو مبين في الشكل 20-5. أما المونومر الآخر فهو سلسلة تحتوي على مجموعات الأمين في كلتا النهايتين. وتخضع هذه المونومرات لبلمرة التكثف؛ حيث تكوّن مجموعات أميد ترتبط مع وحدات فرعية من البوليمر، كما يشير المربع المظلل في الشكل 20-5. لاحظ أنه يتم تكوين جزيء واحد من الماء مقابل كل أميد جديد يتكوّن.



1939-1945م استعمل النايلون خلال الحرب العالمية الثانية في صناعة المظلات والخيام، وكذلك دخل في صناعة الملابس.

1959م تم إنتاج الألياف اللدنة والألياف المرنة صناعيًا.

2006م طور الباحثون ورقًا رقيقًا جدًا يقاوم الإشعاع وهو بوليمر الكريستال - السائل المستعمل في الدوائر الكهربائية، مما جعلها مفيدة في تطبيقات الفضاء.

2010

1980

1950

1988م تم إصدار أوراق نقدية مصنوعة من البوليمرات لأول مرة في العالم، صادرة عن بنك أستراليا عام 1966م. وقد استعمل جميع الأستراليين هذه العملة البلاستيكية.



1946م تتضمن المنتجات مع الطلاء غير اللاصق (PTFE) الخطافات والتروس وتجهيزات المطبخ، وقد انتشرت بشكل تجاري.



البوليمرات الشائعة

الجدول 5-14

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

مهن في الكيمياء

كيمياء البوليمرات هل تبدو لك فكرة تطوير وتحسين البوليمرات فكرة جديدة ومهمة وتشكل تحدياً؟ يطور كيميائيو البوليمرات أنواعاً 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 قالباً أو نموذجاً، 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 كالفلاد. كما أن البوليمرات غير قابلة للصدأ، والعديد منها أكثر تحملاً من المواد الطبيعية، ومن ذلك الخشب البلاستيكي الذي يظهر في الشكل 21-5؛ 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. علماً 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، فملامسه شمعي، ولا يذوب في الماء، وغير نشط كيميائياً، ورديء التوصيل للكهرباء. وقد جعلته هذه الخواص مثاليًا لاستعماله في أوعية حفظ الطعام، وتغليف أسلاك الكهرباء.

الشكل 21-5 يصنع الخشب البلاستيكي من البلاستيك المعاد تدويره، مثل زجاجات العصير، والحليب، وغيرها من نفايات البولي إيثيلين.





الشكل 22-5 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.

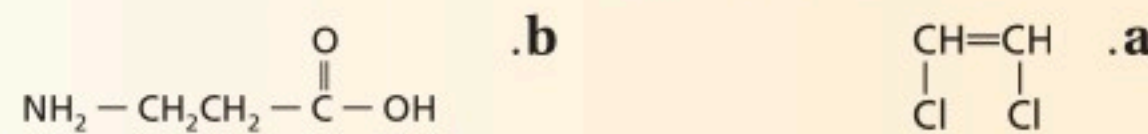
وتعد عملية إعادة تدوير هذه المواد صعبة إلى حد ما؛ نظراً إلى العدد الكبير من البوليمرات المختلفة الموجودة في هذه المنتجات. ولذلك لا بد من فرز المواد البلاستيكية وفقاً لمكونات البوليمر قبل إعادة استعمالها. وقد تكون عملية فرز المواد البلاستيكية طويلة ومكلفة، ولذلك يتم تحسين عملية صناعة البلاستيك من خلال تقديم رموز موحدة تشير إلى مكونات جميع المنتجات البلاستيكية. ولهذا فإن وجود رموز موحدة لصناعة البلاستيك، كما في الشكل 22-5، يوفر الوسائل السريعة لإعادة تدوير وفرز المواد البلاستيكية.

التقويم 5-5

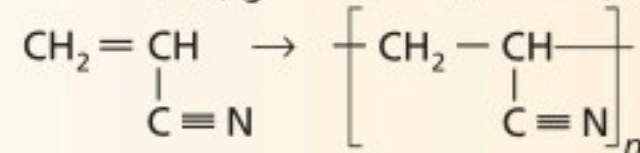
الخلاصة

- 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. الفكرة الرئيسية ارسم الصيغة البنائية للبوليمر الذي ينتج عن المونومرات الآتية في حالتي: a. الإضافة، و b. التكثف.

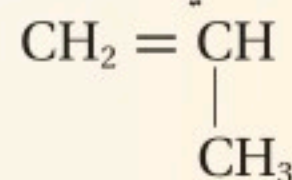


22. سمّ تفاعل البلمرة الآتي: إضافة أو تكثف. فسّر إجابتك.



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



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.

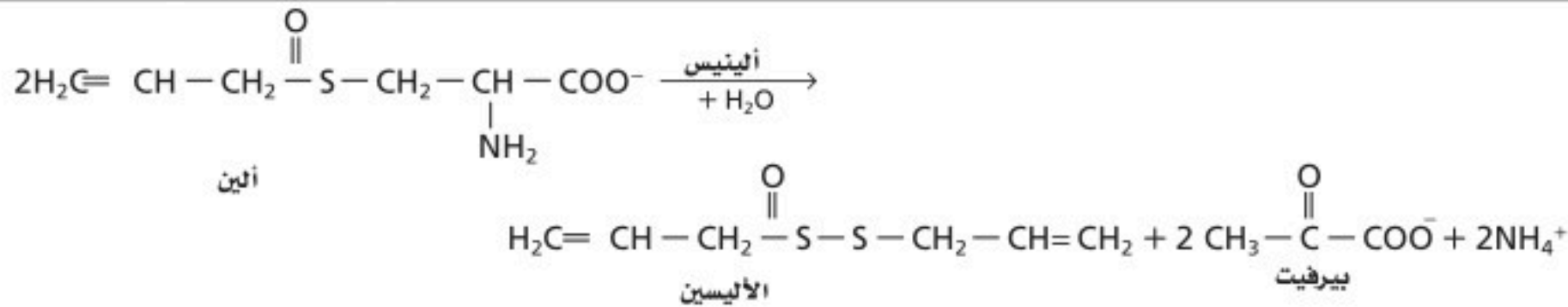
الإحساس بالألم والحرارة Sensing temperature and pain

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، تتنبه بعض قنوات الاستقبال (TRP) وتسمح لأيونات الكالسيوم المشحونة بالدخول إلى الخلايا العصبية. وهذا يؤدي إلى زيادة الشحنات في الخلايا العصبية. وعند زيادة الشحنات إلى حد كاف يتم إرسال إشارات كهربائية إلى الدماغ؛ حيث يتم تفسيرها على أنها إحساس بالسخونة.

الشكل 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.



الكتابة في الكيمياء

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

الشكل 2 عند تقطيع الثوم أو سحقه يقوم الألين 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.

مختبر الكيمياء

خواص الكحولات

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 ماصة للطاقة، حيث يتم امتصاص الطاقة من البيئة المحيطة بالمادة. وهذا يعني أن درجة الحرارة ستخفض عند حدوث التبخر.

السؤال كيف تختلف قوى الترابط في ثلاثة أنواع من الكحولات؟

المواد والأدوات اللازمة

- ثرمو متر غير زئبقي.
- ساعة إيقاف.
- مناديل ورقية ناعمة.
- منشفة قماش.
- ماصة (عدد 5).
- ميثانول
- إيثانول (95%).
- 2- بروبانول (99%).
- سلك ربط أو مطاطة.
- قطعة من الورق المقوى
- لاستعملها كمروحة.

إجراءات السلامة

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

خطوات العمل

- اقرأ نموذج قواعد السلامة في المختبر.
- ارسم جدولاً لتسجيل البيانات.
- اقطع خمس قطع بقياس $2\text{cm} \times 6\text{cm}$ من المناديل الورقية الناعمة.
- 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.
- لف قطعة من المناديل الورقية الناعمة حول مستودع الثرمومتر. ثبت القطعة بسلك الربط فوق مستودع الثرمومتر.
- اطلب إلى شخص واحد ضبط ساعة الإيقاف وقراءة حرارة الثرمومتر، على أن يقوم شخص آخر بوضع كميات قليلة من الماء باستعمال الماصة ليتم اختبارها.
- وعندما يصبح الشخصان جاهزين تضاف كمية كافية من الماء على القطعة الناعمة حتى تصبح مشبعة. وفي الوقت نفسه يقوم الشخص الآخر بتشغيل ساعة الإيقاف، وقراءة

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، و2- 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 تجربة مستعملاً طريقتك الجديدة.



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

5-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسية

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

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.

المفردات

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

5-2 الكحولات والإثيرات والأمينات

الفكرة الرئيسية

الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعاً في المجموعات الوظيفية العضوية.

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.

المفردات

- مجموعة الهيدروكسيل
- الكحولات
- الإثيرات
- الأمينات

5-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسية

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

المفاهيم الرئيسية

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

المفردات

- مجموعة الكربونيل
- الإسترات
- الألدهيدات
- الأميدات
- الكيونات
- الأحماض الكربوكسيلية
- مجموعة الكربوكسيل



5-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

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

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.

5-5 البولييمرات

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

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

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.



5-1

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؟

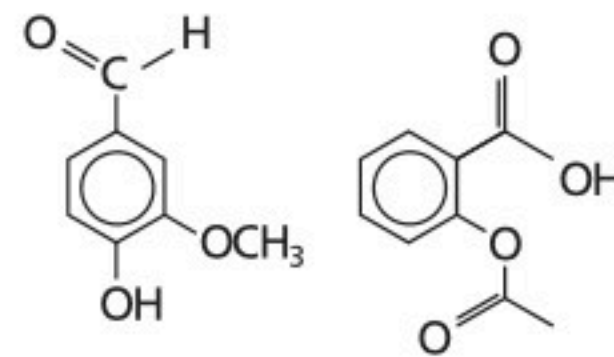
28. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:



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 5-23، ثم اذكر اسم كل منها.



b. الفانيلين

a. حمض الأسيتيل ساليسيليك

الشكل 5-23

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 فلورو إيثان

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 كلّاً 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

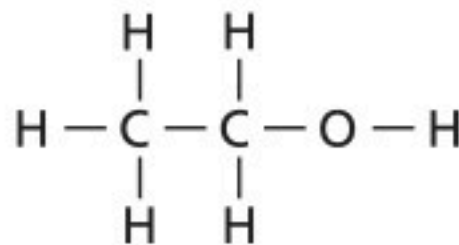
c. 1،3-ثنائي بروموبنتان حلقي

d. 1-برومو-2-كلوروإيثان

5-2

إتقان المفاهيم

35. ما اسم المركب المبين في الشكل 5-24؟ كيف يمكن تغيير الخواص الطبيعية له؟



الشكل 5-24

5-3

إتقان المفاهيم

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

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

42. استعملات شائعة سم الألدهيد، أو الكيتون، أو الحمض الكربوكسيلي، أو الإستر، أو الأميد المستعمل لكل من الأغراض الآتية:

- a. حفظ العينات البيولوجية
- b. مذيب 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. ارسم الصيغ البنائية لمركبات الكربونيل الآتية:

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

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

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

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

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

إتقان حل المسائل

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

- a. 1-بيوتانول
- b. 2-هكسانول

40. ارسم الصيغة البنائية لكل من الكحولات، 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 $\rightarrow$ بيوتان

b. بروبان + فلور $\rightarrow$ 2- فلوروبروبان + فلوريد الهيدروجين.

c. 2- بروبانول $\rightarrow$ بروبين + ماء

d. بيوتين حلقي + ماء $\rightarrow$ 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

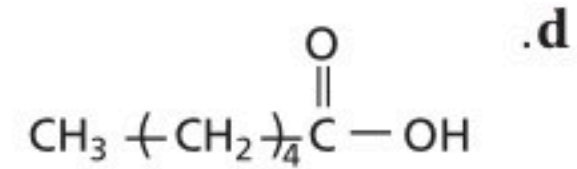
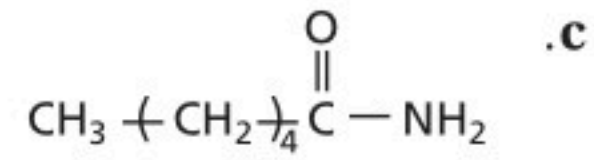
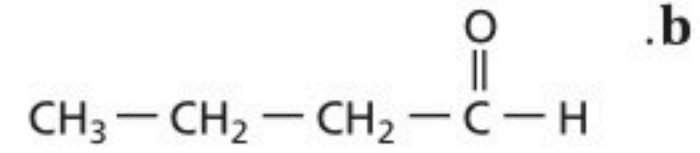
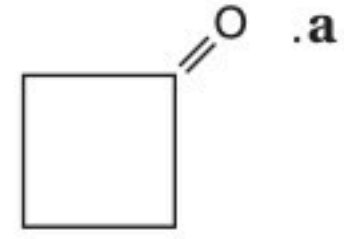
52. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلة تفاعل التكثف بين الإيثانول وحمض البروبانويك.

5-5

إتقان المفاهيم

53. اشرح الفرق بين عمليتي البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثف.

45. سمّ مركبات الكربونيل الآتية:



5-4

إتقان المفاهيم

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

47. فسر أهمية تصنيف التفاعلات الكيميائية؟

48. اكتب اسم التفاعل العضوي اللازم لإجراء التغيرات الآتية:

a. ألكين $\rightarrow$ ألكان

b. هاليد الألكيل $\rightarrow$ كحول

c. هاليد الألكيل $\rightarrow$ ألكين

d. أمين + حمض كربوكسيلي $\rightarrow$ أميد

e. كحول $\rightarrow$ هاليد الألكيل

f. ألكين $\rightarrow$ كحول



إتقان حل المسائل

54. تصنيع البولييمر ما المونومرات التي يلزم أن تتفاعل لإنتاج كل من البولييمرات الآتية؟

a. بولي إيثيلين

b. بولي إيثيلين تيرافثاليت

c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

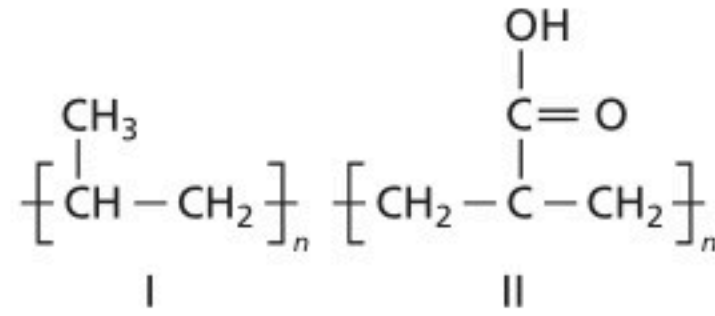
55. سم البولييمرات الناتجة عن المونومرات الآتية:

a. CH_3Cl

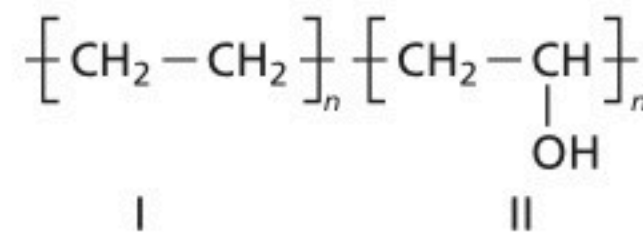
b. $\text{CH}_2=\text{CCl}_2$

56. اختر البولييمر في كل من الأزواج الآتية، الذي تتوقع أن تكون ذوبانيته أكبر في الماء.

a.



b.



57. ادرس الصيغ البنائية للبوليمرات الواردة في الجدول 14-5، 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 استعماليين 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

d. الفلور

c. كلوريد الهيدروجين

التفكير الناقد

64. التقويم ذوبانية حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) عالية في الماء، وأحيانا الأحماض الكربوكسيلية التي تكون في الحالة الطبيعية على شكل سلسلة طويلة، مثل حمض البالميتيك ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) غير ذائبة في الماء. فسّر ذلك.



- a. ارسم جميع الصيغ البنائية الممكنة للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الأحادي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع Cl_2 .
- b. ارسم الصيغ البنائية الممكنة جميعها للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الثنائي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع Cl_2 .

الجدول 5-15 ذوبانية الكحول في الماء
(mol/100g H_2O)

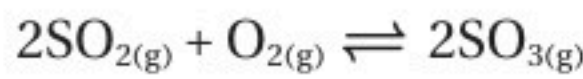
الذوبانية	صيغة الكحول	اسم الكحول
غير محدد	CH_3OH	ميثانول
غير محدد	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	إيثانول
غير محدد	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	بروبانول
0.11	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	بيوتانول
0.030	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	بنتانول
0.058	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	هكسانول
0.0008	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$	هبتانول

70. تقويم ادرس الجدول 5-15 من حيث ذوبانية بعض أنواع الكحولات في الماء. استعمل هذا الجدول للإجابة عن الأسئلة الآتية:

- a. ما نوع الرابطة المتكونة بين مجموعة OH - في الكحول والماء؟
- b. مستعملًا البيانات في الجدول، جد العلاقة بين ذوبانية الكحول في الماء وحجم الكحول.
- c. قدّم تفسيرًا للعلاقة التي توصلت إليها في الجزء b.

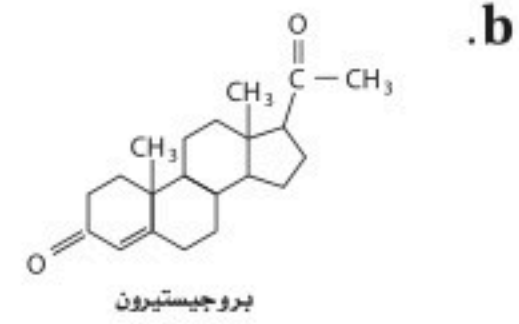
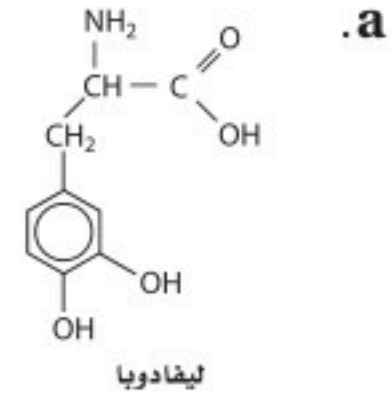
مراجعة تراكمية

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

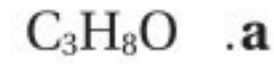


73. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

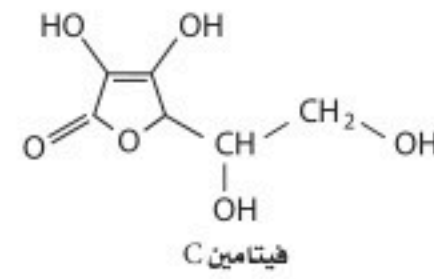
65. تفسير الرسوم العلمية اعمل قائمة بجميع المجموعات الوظيفية الظاهرة في المركبات العضوية الآتية:



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

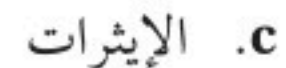
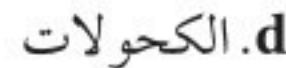
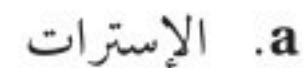


67. تفسير الرسوم العلمية تحتاج الخلايا الحية في الإنسان إلى فيتامين C لتصنيع المواد التي تكون النسيج الضام مثل تلك الموجودة في الأربطة. اكتب أسماء المجموعات الوظيفية الموجودة في جزيء فيتامين C المبين في الشكل 5-25.



الشكل 5-25

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



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



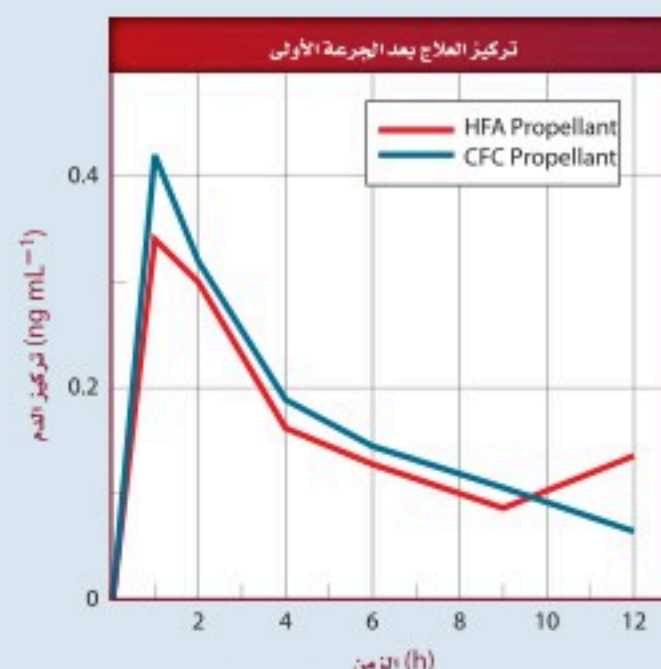
تقويم إضافي

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 5-26 تركيز العلاج بعد استعمال بخة واحدة من مركب بيكلوميثازون باستعمال بخاخات CFC وأخرى باستعمال بخاخات HFA.



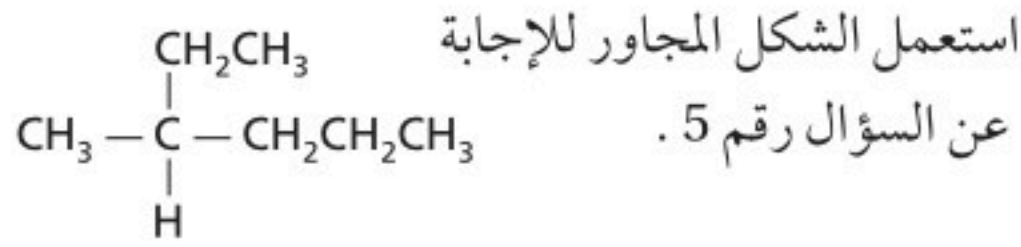
الشكل 5-26

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

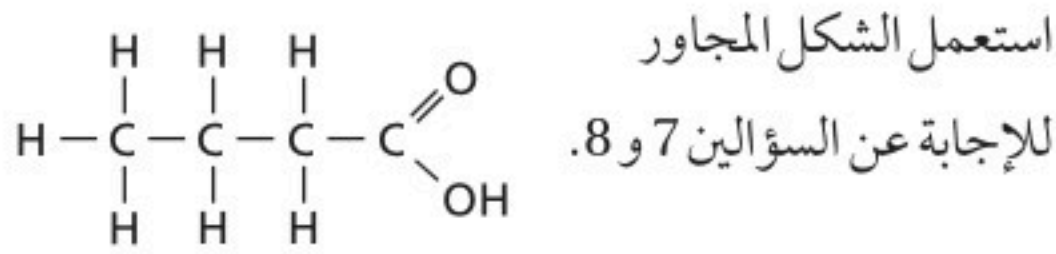
d. 1-ميثيل، 1-ميثيل بيوتان

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

a. الكحول c. الكيتون

b. الأمين d. الحمض الكربوكسيلي

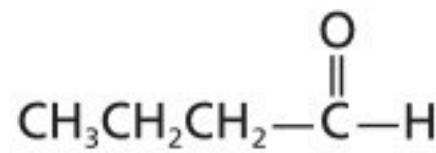
أسئلة الإجابات القصيرة



7. ما المجموعة الوظيفية الظاهرة في هذا المركب؟

8. ما اسم هذا المركب؟

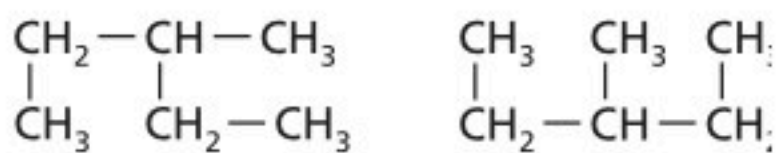
9. ما نوع المجموعة الوظيفية في المركب الآتي؟



10. ما الصيغة البنائية المختصرة للهيبتان؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 11.



11. كل من الصيغتين البنائيتين أعلاه هما الصيغة الجزيئية

C₆H₁₄ نفسها. هل يمكن اعتبار كل منهما متشكلاً

للاخر؟ فسر إجابتك.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما النواتج المتوقعة لهذا التفاعل؟



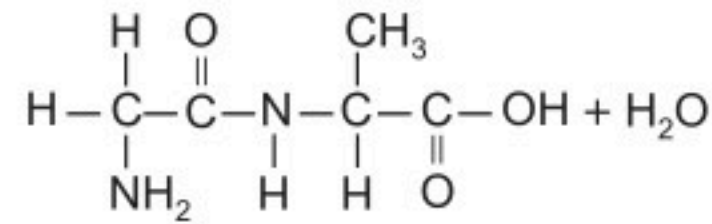
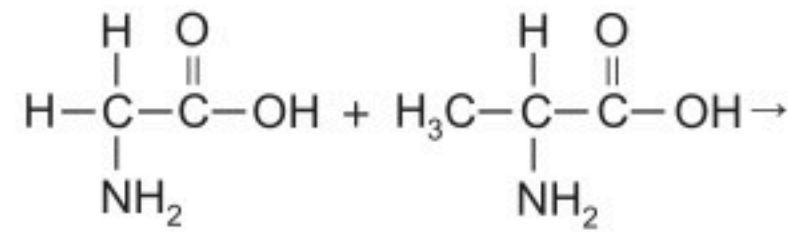
a. CH₃CH₂CH₂NH₂Br + H₂

b. CH₃CH₂CH₂NH₃ + Br₂

c. CH₃CH₂CH₂NH₂ + HBr

d. CH₃CH₂CH₃ + NH₂Br

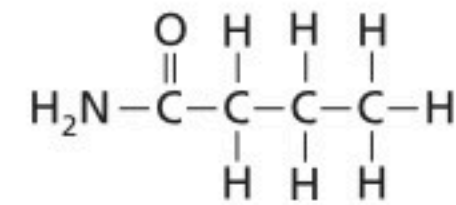
2. ما نوع التفاعل الآتي؟



a. استبدال c. إضافة

b. تكثف d. حذف

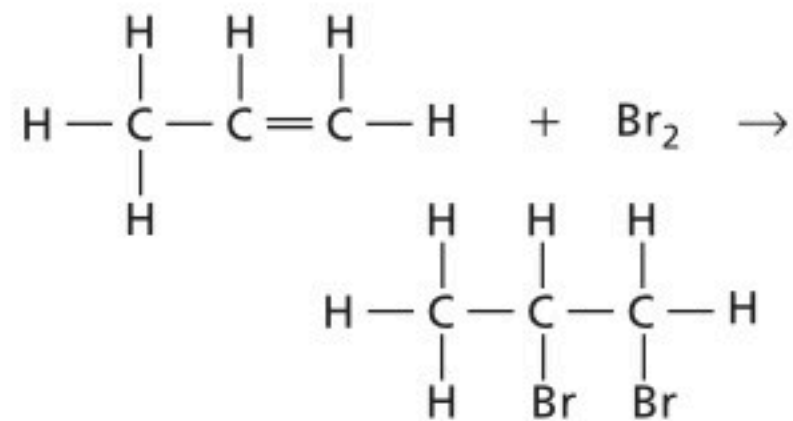
3. ما نوع المركب الذي يمثله الجزيء الآتي؟



a. أمين c. إستر

b. أميد d. إيثر

4. ما نوع التفاعل المبين أدناه؟



a. تكثف c. بلمرة

b. حذف الماء d. هليجنة



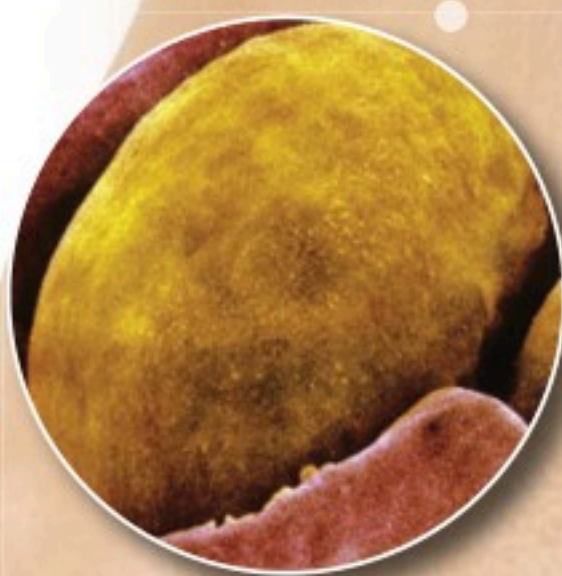
المركبات العضوية الحيوية (كيمياء الحياة) The Bioorganic Compounds

6

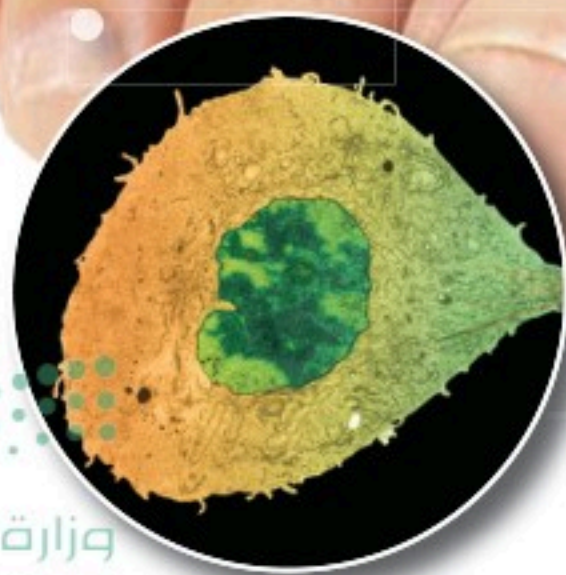
الوحدة



نسيج ضام



خلايا دهنية



خلايا جلدية

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

6-1 البروتينات

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

6-2 الكربوهيدرات

الفكرة الرئيسية تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.

6-3 الليبيدات

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

6-4 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 تقريباً إذا قمنا بشدّه.

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 طولياً،
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
1-6، و2-6، و3-6، و4-6 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. كرر الخطوات السابقة مستخدماً محلول النشا 10% ومعلق
الجيلاتين 10%، وبضع قطرات من معلق العسل في الماء.

تحليل النتائج

1. صف تغيرات الألوان التي شاهدها.
 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؟





6-1

الأهداف

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

البروتينات Proteins

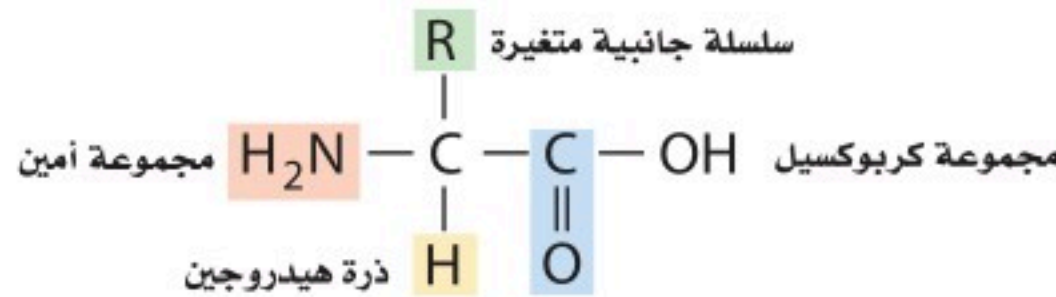
الفكرة الرئيسية تؤدي البروتينات وظائف أساسية تشمل تنظيم التفاعلات الكيميائية الحيوية، والدعم البنائي، ونقل المواد، وتقلصات العضلات.

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 مطوياً في تركيب معين ثلاثي الأبعاد حتى يعمل بشكل صحيح. وجميع المخلوقات الحية؛ ومنها الإبل والنباتات المبينة في الشكل 6-1، 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:



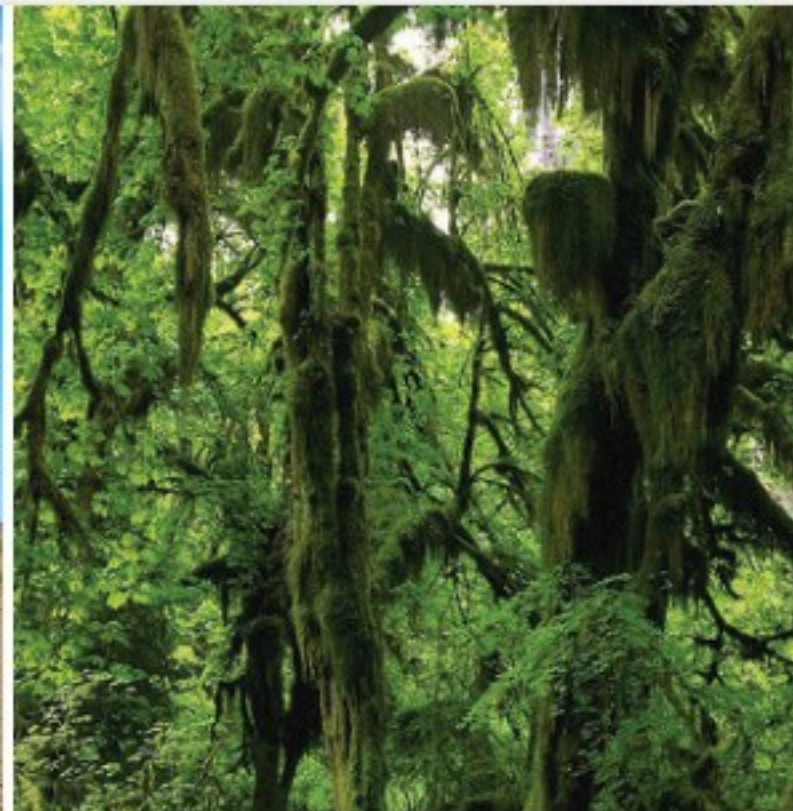
يوجد في كل حمض أميني ذرة كربون مركزية محاطة بأربع مجموعات: مجموعة الأمين (-NH₂)، ومجموعة الكربوكسيل (-COOH)، وذرة هيدروجين، وسلسلة جانبية متغيرة R. وتختلف السلسلة الجانبية من ذرة هيدروجين واحدة إلى تركيب معقد ذي حلقتين.

مراجعة المفردات

البوليمرات مركبات كبيرة تتكون من وحدات متكررة عديدة تسمى المونومرات.

المفردات الجديدة

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



الشكل 6-1 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 6-1

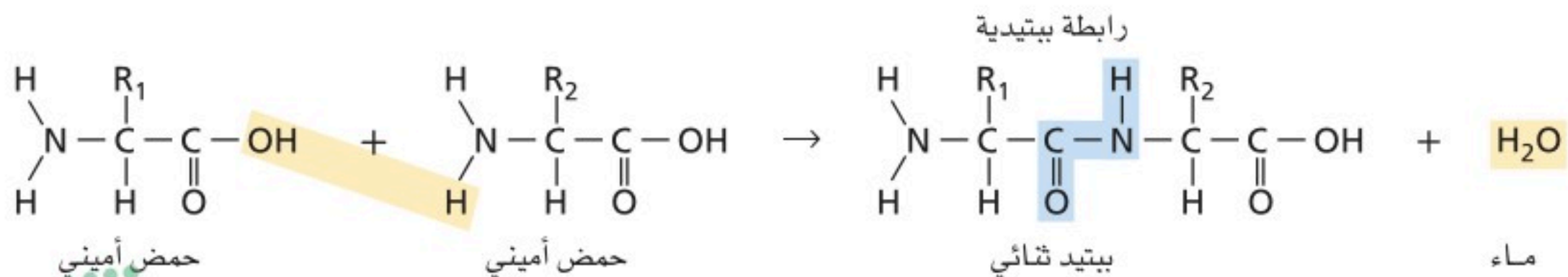
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ اللايسين	$\begin{array}{c} \text{SH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH}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

ادرس السلاسل الجانبية المختلفة للأحماض الأمينية المبينة في الجدول 6-1، وحدد الألكانات غير القطبية، ومجموعات الهيدروكسيل القطبية، والمجموعات الحمضية والقاعدية مثل مجموعات الكربوكسيل والأمين، والحلقات الأروماتية، والمجموعات التي تحتوي على الكبريت. يزود هذا التنوع الواسع للسلاسل الجانبية الأحماض الأمينية المختلفة بتنوع كبير من الخواص الكيميائية والفيزيائية، ويساعد البروتينات على أداء وظائف عديدة ومختلفة.

الرابطية 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 6-2، 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 6-2 ترتبط مجموعة الأمين لأحد الحمضين الأمينيين بمجموعة الكربوكسيل لحمض أميني آخر لتكوين ببتيد ثنائي وماء. والمجموعة العضوية الوظيفية التي تتكون تسمى رابطية ببتيدية.



يطلق المختصون في الكيمياء الحيوية على رابطة الأמיד المبينة في الشكل 3-6، والتي تجمع حمضين أميين اسم **الرابطة الببتيدية**. كما يطلق على السلسلة المكونة من حمضين أميين أو أكثر مرتبطة معًا بروابط ببتيدية **الببتيد**. أما الجزيء المكون من حمضين أميين مرتبطين معًا برابطة ببتيدية فيسمى ثنائي الببتيد. وبين الشكل 4a-6 تركيب ثنائي ببتيد مكونًا من الحمضين الأميين الجلايسين (Gly) وفينيل الألن (Phe). في حين يبين الشكل 4b-6 ثنائي ببتيد آخر مختلفًا مكونًا أيضًا من الجلايسين وفينيل الألن. 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 دائمًا ببناء الببتيدات بإضافة أحماض أمينية إلى الطرف الكربوكسيلي من الطرف النامي.

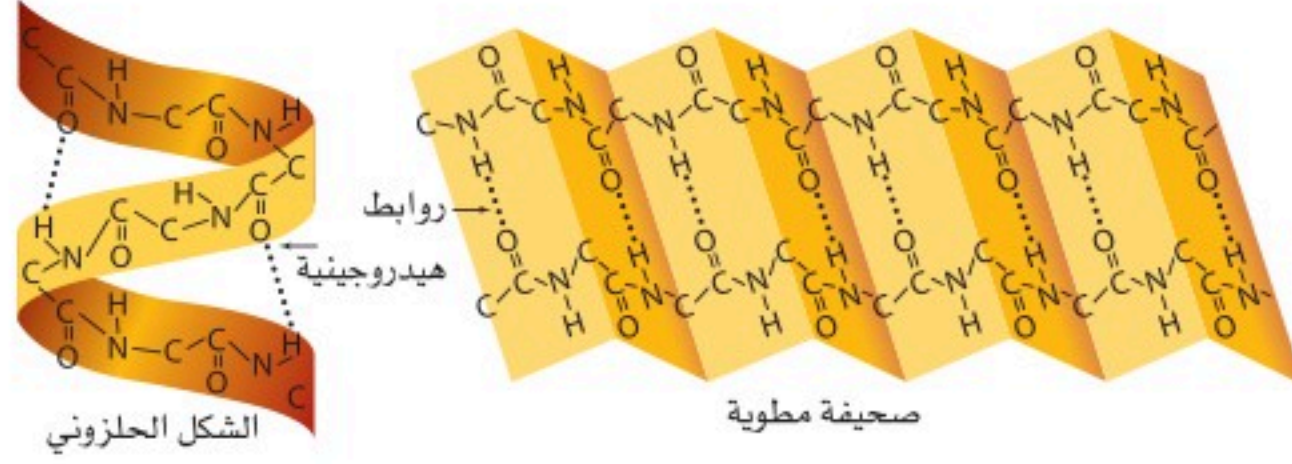
I رابطة بتدية

✓ ماذا قرأت؟ اشرح الفرق بين البتيد وثنائي البتيد.

فينيل الألنن جلايسين (Phe – Gly)

(Gly-Phe) جلايسين فينيل الألنين

الشكل 5-6 يتضمن طي سلاسل الببتيد في صورة شكل حلزوني أو صحيفة مطوية تثبت 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.



تجربة
عملية

تغيير طبيعة البروتين

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة
عين الإثرائية



واقع الكيمياء في الحياة الإنزيمات



البابايين 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. والبابايين هو العامل الفعال في بقاء اللحم طرية؛ فعندما تنثر البابايين المجفف على اللحم الرطب فإنه يكون 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 تشني بعض الأجزاء الأخرى إلى الأمام وإلى الخلف بصورة متكررة مكونة تركيباً على هيئة صحيفة مطوية عدة طيات. وقد تشني سلسلة عديد الببتيد إلى الخلف على نفسها وتغير اتجاهها. كما يمكن أن يحتوي بروتين معين على عدة لواب، وصحائف، ولفات، وقد لا يحتوي على أي منها. ويبين الشكل 5-6 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 ولوابه، فيؤدي هذا إلى **تغير الخواص الطبيعية** (Denaturation) الأصلية للبروتين، وهي العملية التي تشوه تركيب البروتين الطبيعي الثلاثي الأبعاد وتمزقه أو تتلفه. 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.

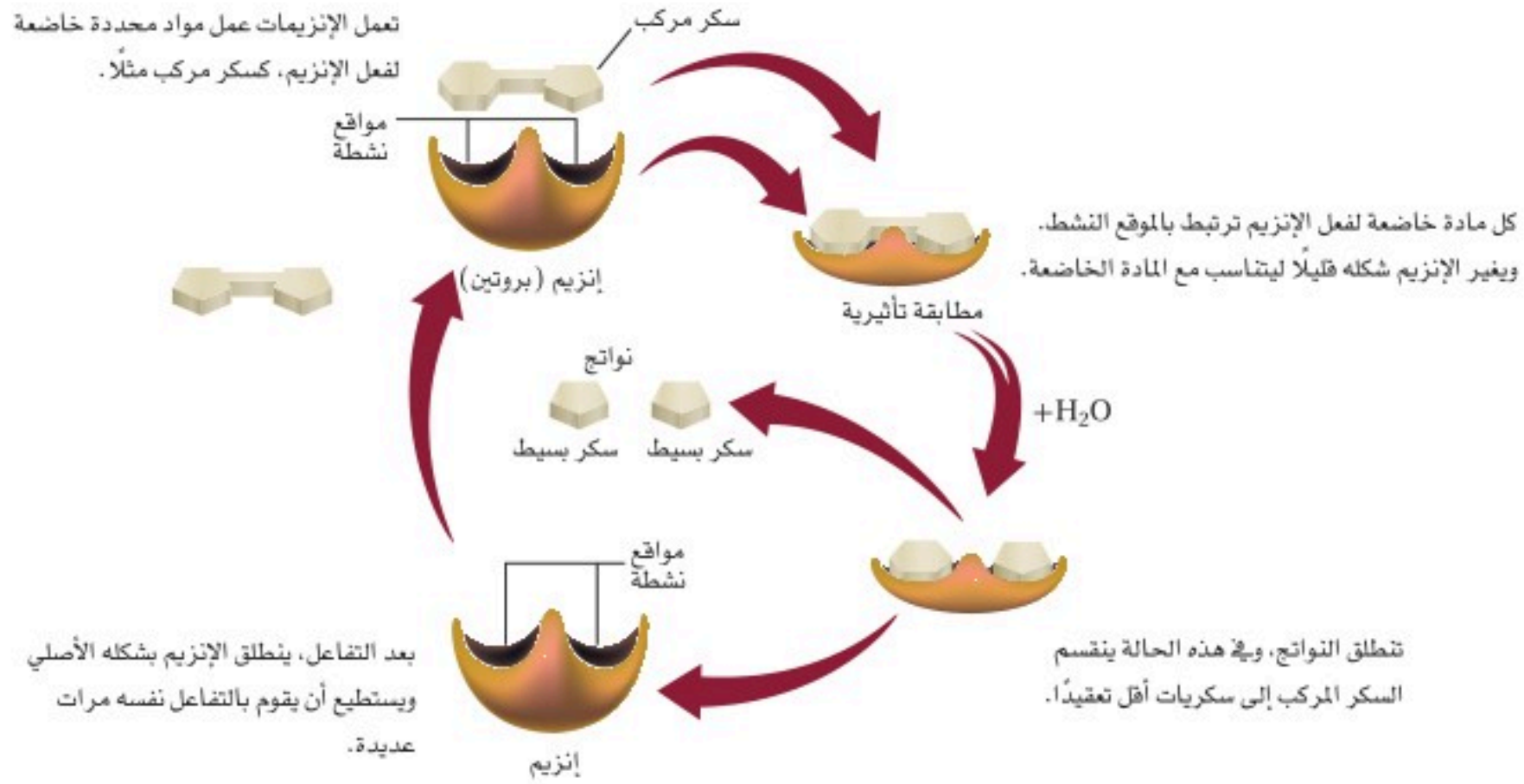
الوظائف المتعددة للبروتينات

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 شح 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.





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

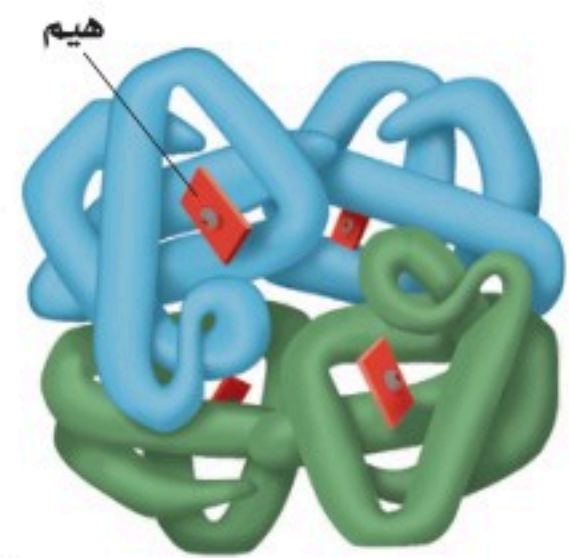
كيف تعمل الإنزيمات؟ إن مصطلح **مادة خاضعة لفعل الإنزيم** يشير إلى مادة متفاعلة في تفاعل يعمل الإنزيم فيه عمل عامل محفز، كما في الشكل 6-6. وترتبط المواد الخاضعة لفعل الإنزيم بمواضع معينة على جزيئات الإنزيم، وهي عادة عبارة عن جيوب أو شقوق. وتسمى النقطة التي ترتبط بها المواد الخاضعة لفعل الإنزيم **الموقع النشط** للإنزيم. وعندما ترتبط المادة الخاضعة بالموقع النشط يغير هذا الموضع شكله قليلاً ليحيط بالمادة الخاضعة بصورة أكثر إحكاماً، وتسمى هذه العملية **المطابقة التأثيرية**؛ 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 ارتباطهما 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. وتخفّض القوى بين الجزيئية هذه طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل؛ حيث تتكسر الروابط وتتحول المادة الخاضعة لفعل الإنزيم إلى نواتج.

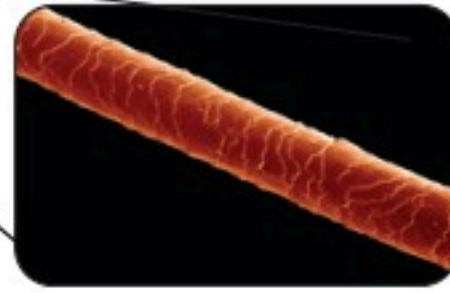
✓ **ماذا قرأت؟ صف** بكلماتك الخاصة كيف يعمل الإنزيم؟

بروتينات النقل تنقل بعض البروتينات جسيمات أصغر منها في أرجاء الجسم. ويبين الشكل 6-7 بروتين الهيموجلوبين، الذي ينقل الأكسجين في الدم من الرئتين إلى سائر الجسم. وهناك بروتينات أخرى تتحد بجزيئات حيوية تسمى **ليبيدات**؛ لتنقلها من جزء من الجسم إلى جزء آخر خلال مجرى الدم.

الشكل 6-7

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





الشكل 6-8 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 6-8.

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 تتجه 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. وتستخدم البروتينات الطبيعية والصناعية في العديد من المنتجات، من محاليل التنظيف إلى وسائل المساعدة الصحية والتجميلية.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 6-1

الخلاصة

- البروتينات بوليمرات حيوية تتكون من أحماض أمينية ترتبط بروابط ببتيدية.
- تنطوي سلاسل البروتينات مكونة تراكيب معقدة ثلاثية الأبعاد.
- للبروتينات وظائف عديدة في جسم الإنسان تشمل على وظائف داخل الخلايا وأخرى بينها، ووظائف دعم بنائي.

الفكرة الرئيسة

1. صف ثلاثة بروتينات، وحدّد 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؟ وفيما 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 6-1 يمكن تصنيفه في كل فئة من الأزواج الآتية:
a. غير قطبي مقابل قطبي b. أروماتي مقابل أليفاتي c. حمضي مقابل قاعدي



6-2

الأهداف

تصف تراكيب السكريات الأحادية، والثنائية، وعديدة السكر.

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 السكر



King Faisal
INTERNATIONAL PRIZE



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



المصدر: موقع جائزة الملك فيصل / فرع العلوم

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

الكربوهيدرات Carbohydrates

الفكرة الرئيسية تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.

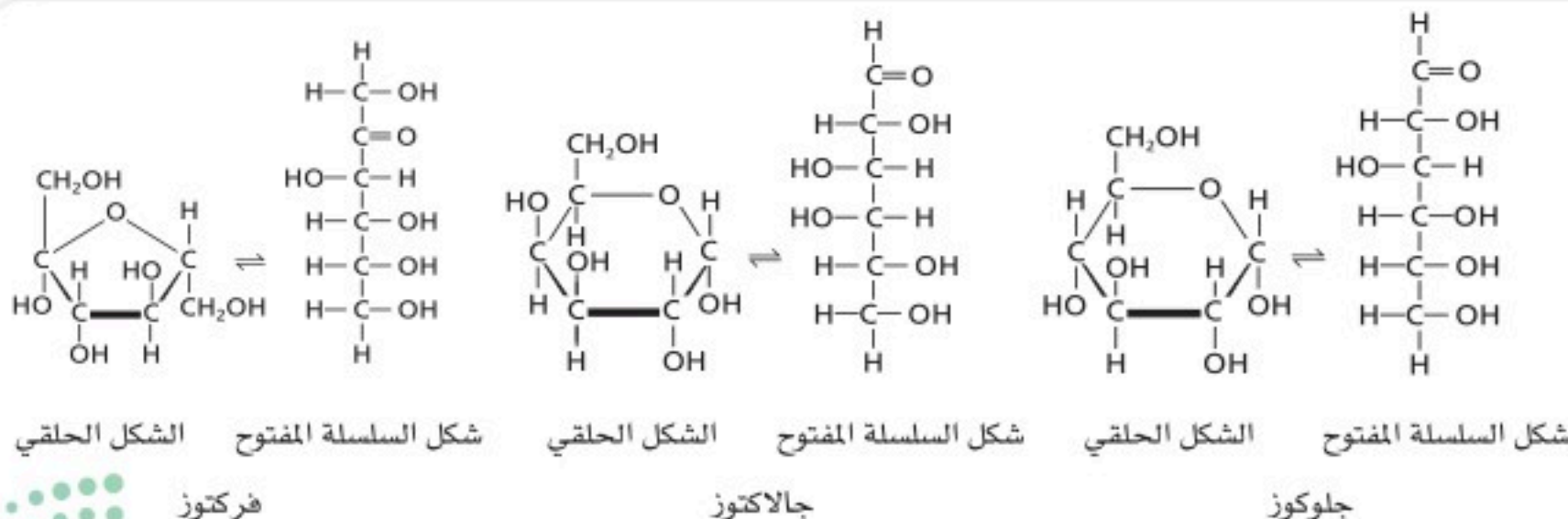
الربط مع الحياة هناك تركيز كبير من وسائل الإعلام على الكربوهيدرات. فقد أصبح النظام الغذائي القليل الكربوهيدرات طريقة مفضلة للتحكم في الوزن، إلا أن الكربوهيدرات مصدر مهم لطاقة الجسم.

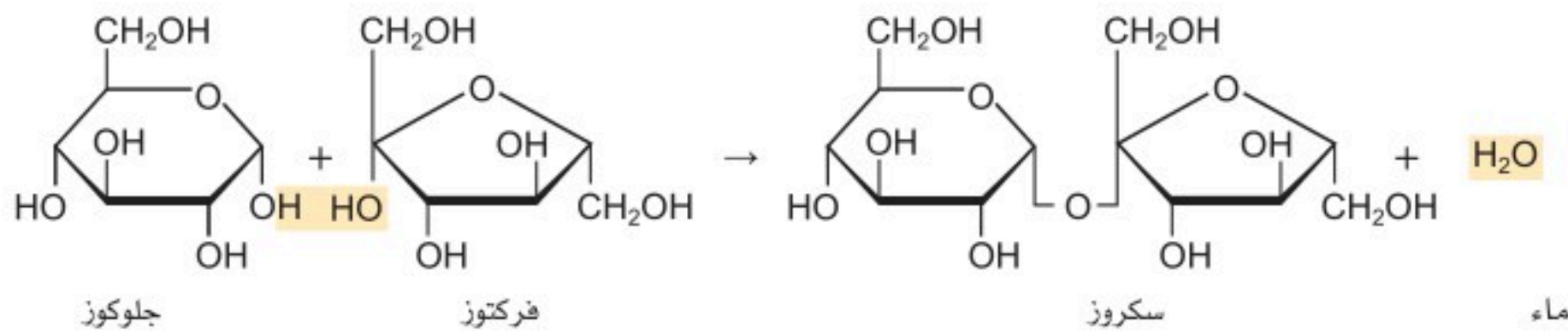
أنواع الكربوهيدرات Kinds of Carbohydrates

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 9-6 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 10-6 عندما يتحد الجلوكوز والفركتوز يتكون السكر الثنائي السكروز. لاحظ أن الماء أيضًا ناتج تفاعل هذا التكثف. وتذكر أن كل تركيب حلقي يتكون من ذرات كربون غير ظاهرة في الشكل حتى لا يبدو معقدًا.

المفردات

أصل الكلمة

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

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

والجلاكتوز 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 والجلاكتوز 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 9-6 أن مجموعات الكربونيل توجد فقط في تركيب السلسلة المفتوحة. وفي التركيب الحلقية تتحول مجموعات الكربونيل إلى مجموعات هيدروكسيل.

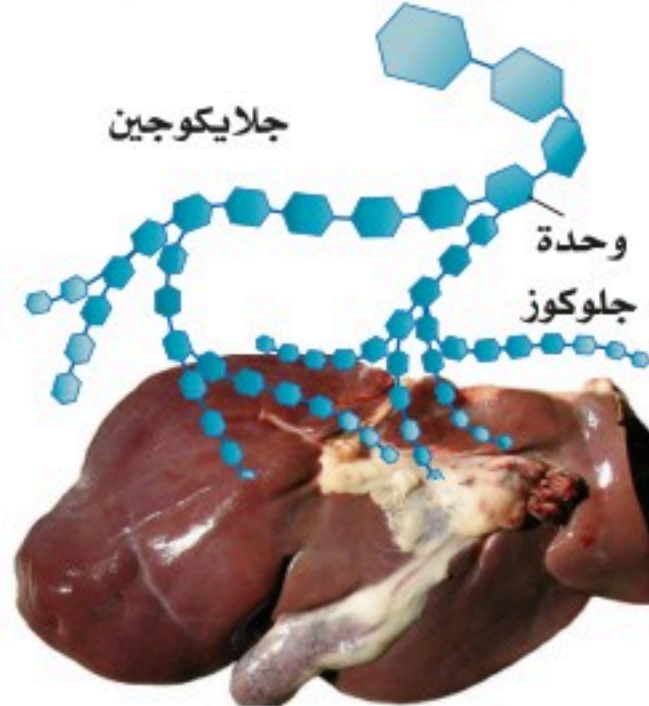
السكريات الثنائية تستطيع السكريات الأحادية أن ترتبط معًا عن طريق تفاعل التكثف الذي يطلق الماء، كما هو الحال في الأحماض الأمينية. وعندما يرتبط سكران أحاديان معًا يتكون **سكر ثنائي**، كما في الشكل 10-6، ويطلق على الرابطة الجديدة المتكوّنة الرابطة الإثيرية C-O-C.

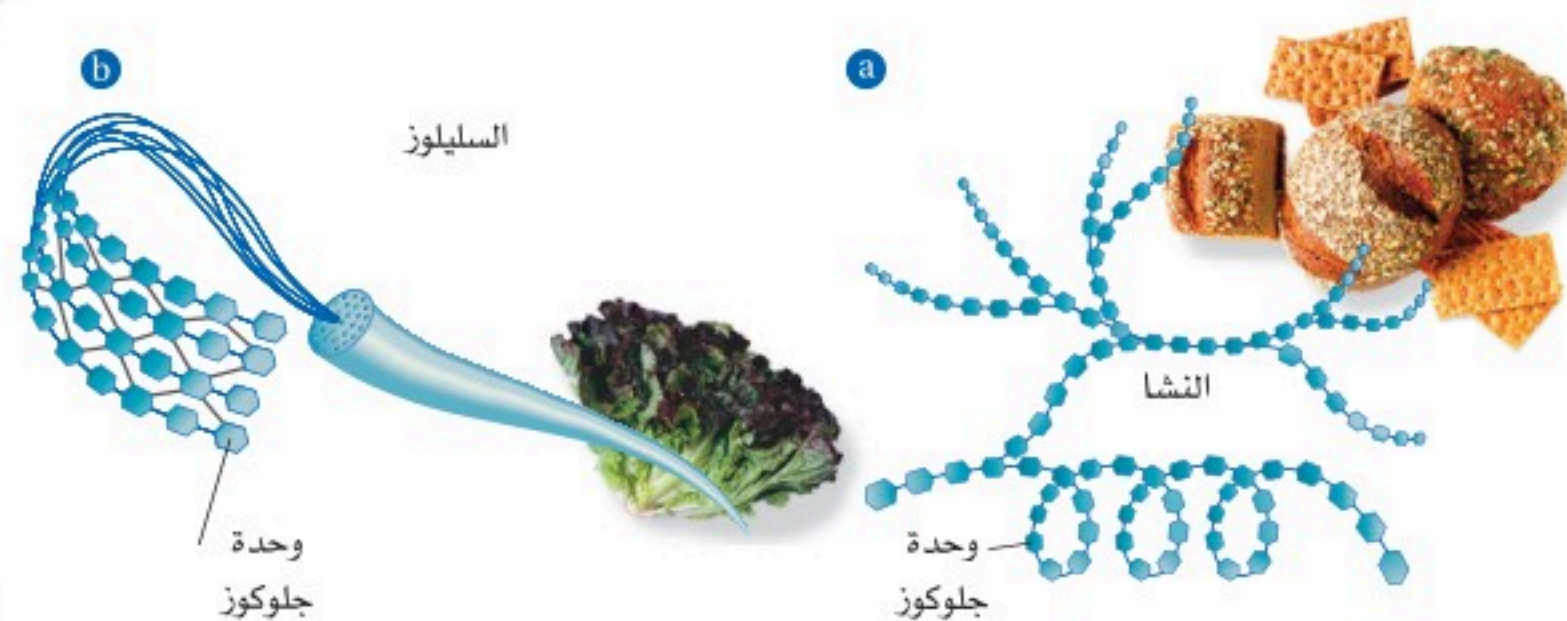
والسكروز هو أحد السكريات الثنائية، ويعرف أيضًا بسكر المائدة؛ لأنه يستعمل بشكل رئيس في التحلية. ويتكون السكروز من اتحاد الجلوكوز مع الفركتوز. كما أن اللاكتوز سكر ثنائي شائع أيضًا، وهو الكربوهيدرات الأهم في الحليب، ويسمى غالبًا سكر الحليب. ويتكون اللاكتوز عندما يتحد الجلوكوز والجلاكتوز.

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 الجلايكوجين، المبين في الشكل 11-6، فهو من السكريات عديدة التسكر، ويتألف من وحدات جلوكوز تخزن 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 11-6 يعد الجلايكوجين الموجود في عضلات وكبد الحيوانات من السكريات عديدة التسكر؛ حيث يتكون من وحدات من الجلوكوز.





الشكل 12-6 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 12-6 نوعين آخرين مهمين من السكريات العديدة التسكر، هما: النشا والسليلوز. وعلى الرغم من أن كلاهما يتكوّن من وحدات أساسية من الجلوكوز، إلا أنهما يختلفان في خواصهما ووظائفهما. تصنع النباتات النشا والسليلوز. والنشا جزئيء 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 معاً 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 كثيراً.

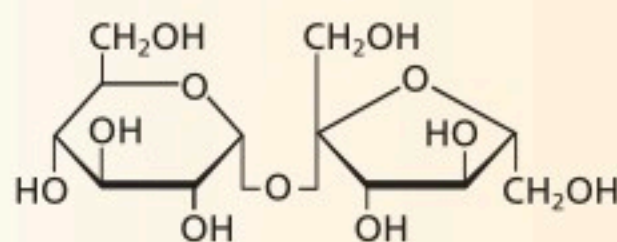
المطويات

ضمّن مطويتك معلومات
من هذا القسم.

التقويم 6-2

الخلاصة

- الفكرة الرئيسية: اشرح وظائف الكربوهيدرات في المخلوقات الحية.
- صف تراكيب السكريات الأحادية والثنائية وعديدة التسكر؟
- قارن بين تراكيب النشا والسليلوز. كيف تؤثر الاختلافات في التركيب في قدرتنا على هضم هذين النوعين من السكريات؟
- 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.
- تفسير الرسوم العلمية انسخ رسم السكرز على ورقة منفصلة، وضع دائرة حول مجموعة الإيثر الوظيفية التي تربط الوحدات الأساسية السكرية معاً.
- 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 حلقية ومفتوحة السلسلة.





6-3

الأهداف

- تصف تراكيب الأحماض الدهنية، والجليسيريدات 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
الجليسيريدات الثلاثية
التصبُّن
الليبيدات الفوسفورية
الشموع
الستيرويدات

الليبيدات Lipids

الفكرة الرئيسية تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتخزن 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؛ تخزن الطاقة بشكل فعال، وتكوّن معظم تركيب الأغشية الخلوية، كما أنها تختلف عن البروتينات والكربوهيدرات في أنها ليست بوليمرات ذات وحدات بناء أساسية متكررة.

الأحماض الدهنية 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. وتحتوي معظم الأحماض الدهنية الطبيعية ما بين 12 و 24 ذرة كربون. ويمكن تمثيل تركيبها بالصيغة الآتية: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

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 6-13 تركيبي حمضين دهنيين شائعين.

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

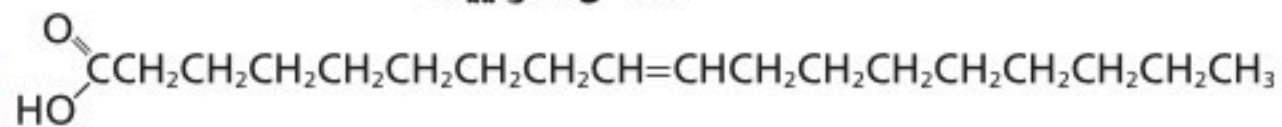
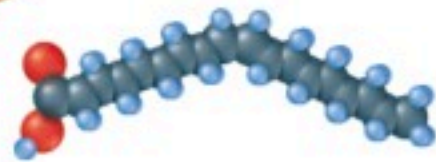
زبدة



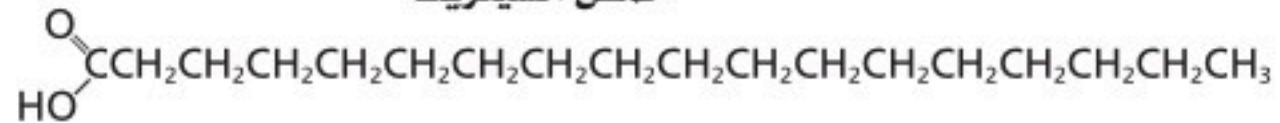
الشكل 6-13 حمض الأوليك غير المشبع ذو 18 ذرة كربون وحمض السيتريك المشبع يوجدان في العديد من الأطعمة، ومنها الزبد.

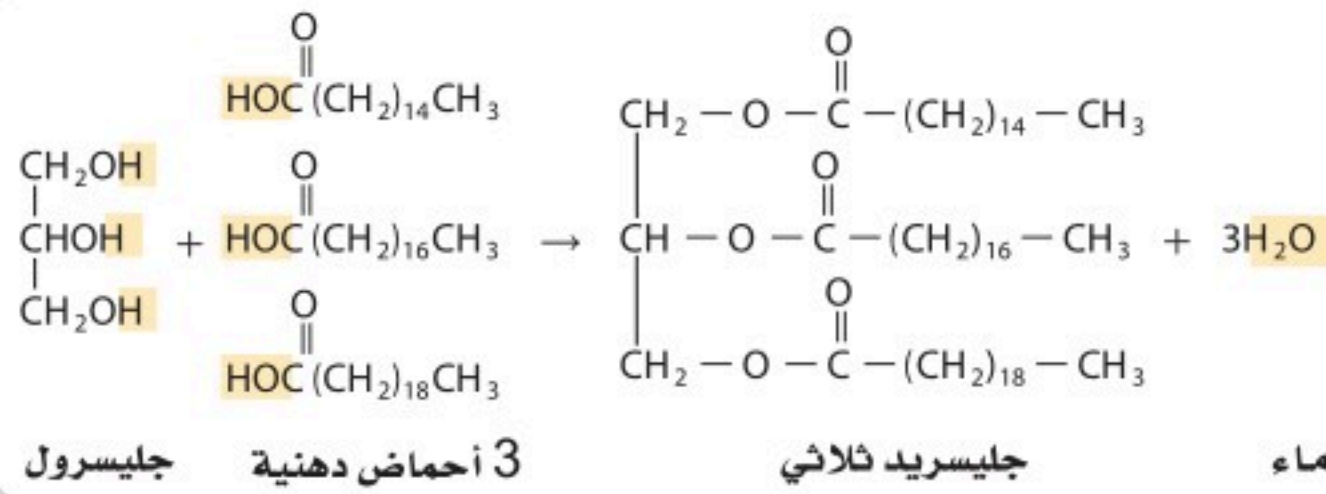
فسّر كيف يتأثر تركيب الجزيء بوجود الرابطة الثنائية؟

حمض الأوليك



حمض السيتريك





الشكل 14-6 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 13-6، 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 14-6 تكوين الجليسيريد الثلاثي. ويمكن أن تكون الجليسيريدات الثلاثية صلبة أو سائلة في درجة حرارة الغرفة، كما في الشكل 15-6. 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

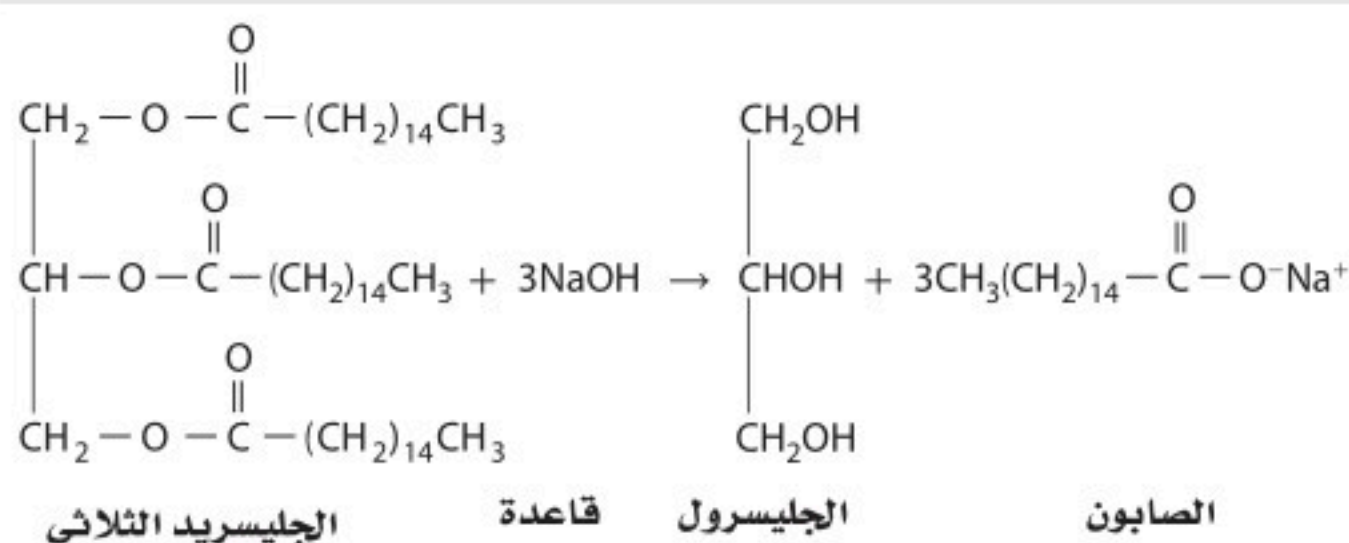
يُسَبَّعُ (Saturate)

الاستخدام العلمي: يضيف شيئاً إلى حد أنه يمكن معه استيعاب المزيد أو ذوبانه أو الاحتفاظ به، مثل تشبع الماء المالح بالملح.

الاستخدام الشائع: يزود السوق بمنتج أو منتجات إلى الحد الأقصى لطاقته الاستهلاكية.

الشكل 15-6 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 16-6 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 مطلقة الطاقة التي استعملت في تكوينها. ومع أن الإنزيمات تحلل الجليسيريد الثلاثي داخل الخلايا الحية إلا أنه يمكن إجراء تفاعل مشابه لذلك خارج الخلايا باستعمال قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم. ويسمى هذا التفاعل - تميئ الجليسيريد الثلاثي مع وجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلات والجليسرول - **التصبن**. ويستعمل تفاعل التصبن كما في الشكل 16-6، 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. كيف يصنع الصابون؟ يُسمى التفاعل بين الجليسيريد الثلاثي وقاعدة قوية التصبن، كما في الشكل 16-6.

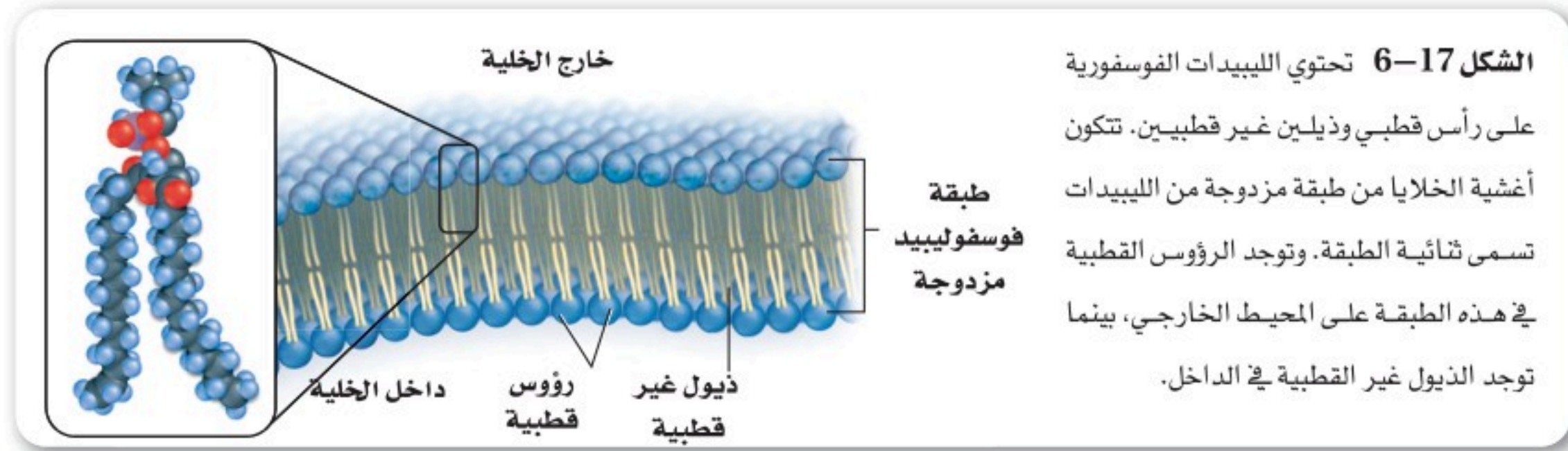
خطوات العمل

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 مخبراً 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.

1. فسر ما نوع الروابط التي تتحلل في الجليسيريد الثلاثي في أثناء تفاعل التصبن؟
2. حدّد نوع الملح الذي تكوّن في هذا التفاعل الكيميائي.
3. حدّد ما الطرف القطبي لجزء الصابون؟ وما الطرف غير القطبي؟

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



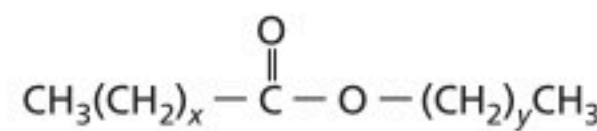
الشكل 17-6 تحتوي الليبيدات الفوسفورية

على رأس قطبي وذيلين غير قطبيين. تتكون أغشية الخلايا من طبقة مزدوجة من الليبيدات تسمى ثنائية الطبقة. وتوجد الرؤوس القطبية في هذه الطبقة على المحيط الخارجي، بينما توجد الذيل غير القطبية في الداخل.

اللايبيز الفوسفوري (فوسفولايبيز) 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، تكون الجزء القطبي من الجزيء رأساً، كما في الشكل 17-6، 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 مع علم الأحياء يحتوي سم 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 سم أحد أنواع الأفاعي على الليباز 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 CH_2 .



تنتج النباتات والحيوانات الشمع، وكثيراً ما تغطي أوراق النبات بالشمع الذي يمنع فقدان الماء. ويبين الشكل 18-6 كيف أن قطرات المطر تكون كرات كاخز على أوراق النبات، مما يشير إلى وجود طبقة شمعية. كما أن أقراص العسل التي يبنها النحل مصنوعة أيضاً من الشمع الذي يعرف عادة باسم شمع النحل. واتحاد حمض البالميتيك المكون من حمض دهني ذي 16 ذرة كربون مع كحول يحتوي على سلسلة من 30 ذرة كربون يؤدي إلى تكوين نوع شائع من شمع النحل. وتُصنع الشموع أحياناً من شمع العسل؛ لأنه يميل إلى الاحتراق ببطء وهدوء.

تجربة عملية

الدهون المشبعة وغير المشبعة

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 18-6 تنتج النباتات

شمعاً يغطي أوراقها ويحميها من الجفاف.



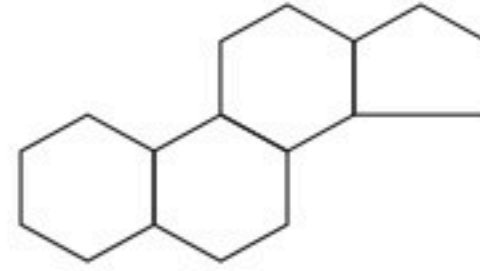


الشكل 19-6 يستعمل العلجوم البحري العملاق سُمًا ستيرويديًا يُدعى بوفوتوكسين بوصفه آلية دفاع. ويُعدّ هذا السم قاتلاً لبعض الحيوانات كالكلاب والقطط.

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 الأربع المبيّنة أدناه.



وبعض الهرمونات - ومنها العديد من الهرمونات الجنسية - هي ستيرويدات تنظم عمليات الأيض. ويُعد الكولسترول - وهو ستيرويد آخر - مكوّنًا بنائيًا مهمًا للأغشية الخلوية، كما أن فيتامين (د) أيضًا يحتوي على تركيب الستيرويد ذي الحلقات الأربع، ويؤدي دورًا في تكوين العظام. أما العلجوم البحري العملاق *Bufo marinus*، كما في الشكل 19-6، فيستعمل ستيرويد يسمى بوفوتوكسين بوصفه آلية دفاعية؛ إذ يفرز السم من نتوءات صغيرة على ظهره ومن غدد خلف عينيه مباشرة. هذا السم هو مجرد مادة مهيجة للإنسان. أما للحيوانات الصغيرة فإنه يؤدي إلى إسالة لعابها، وفقدان التوازن، والتشنجات، والموت.

التقويم 6-3

الخلاصة

- الأحماض الدهنية أحماض كربوكسيلية طويلة السلاسل تحتوي عادة على ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكن أن ترتبط الأحماض الدهنية مع الجليسرول لتكوّن الجليسرید 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.
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

18. تفسّر الرسوم العلمية ارسام البناء العام الخاص ب الليبيد الفوسفوري ، وعيّن عليه الأجزاء القطبية وغير القطبية.





6-4

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 مذهلة 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 6-20a، 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 6-20b. 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 6-20b. وتبقى القوى بين الجزيئية كل قاعدة نيتروجينية قريبة من القواعد النيتروجينية التي فوقها والتي تحتها.

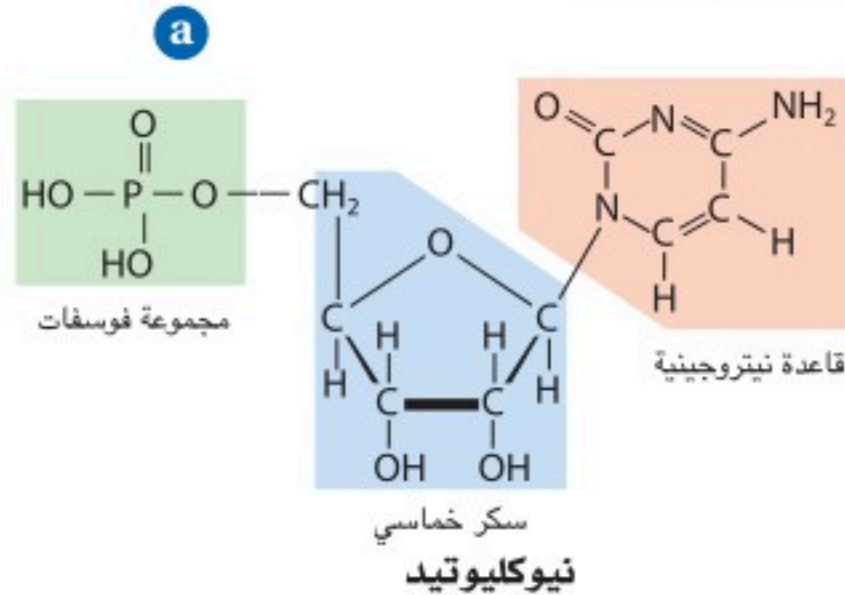
مراجعة المفردات

المعلومات الوراثية: سلسلة يتم توريثها موجودة في RNA أو DNA وتنتقل السمات والخصائص من جيل إلى الجيل الذي يليه.

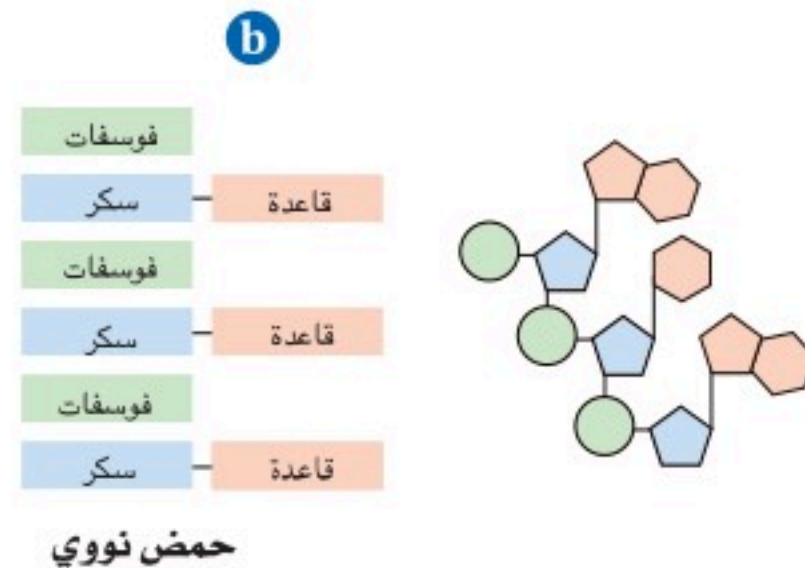
المفردات الجديدة

الحمض النووي
النيوكليوتيد

الشكل 6-20 النيوكليوتيدات وحدات البناء الأساسية التي تتكون منها بوليمرات الأحماض النووية.

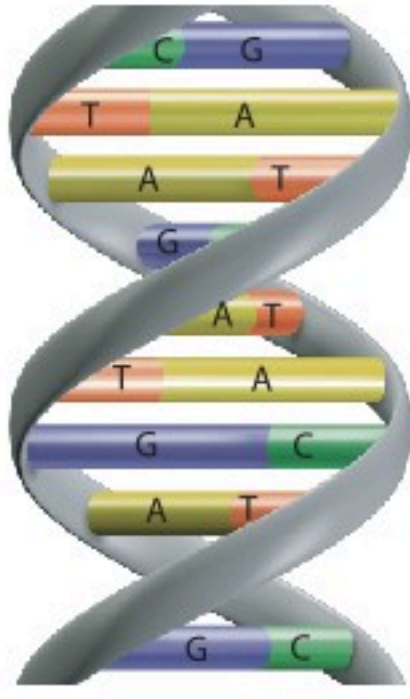


يحتوي كل نيوكليوتيد على قاعدة تحتوي على نيتروجين وسكر خماسي ومجموعة فوسفات.



الأحماض النووية سلاسل طويلة من سكريات ومجموعات فوسفات متعاقبة. ويرتبط بكل سكر قاعدة نيتروجينية، ولأن النيوكليوتيدات ملتوية فإن السلاسل تشبه درجات السلم.





الشكل 6-21 تركيب DNA هو لولب مزدوج يشبه سحاباً منزلقاً ملتويًا. ويتكوّن العمودان الفقريان من السكر والفوسفات، ويشكلان الجانبين الخارجيين للسحاب المنزلق.

إرشادات الدراسة

ناقش مع زملائك العلاقة بين المؤثرات العقلية، وتأثيرها على تغيير تركيب الـ DNA.

DNA: The Double Helix

ربما سمعت عن حمض ديوكسي رايبونوكليك DNA، وهو أحد نوعين من الأحماض النووية التي توجد في الخلايا الحية؛ إذ يحتوي DNA على الخطط الرئيسية لبناء جميع بروتينات جسم المخلوق الحي.

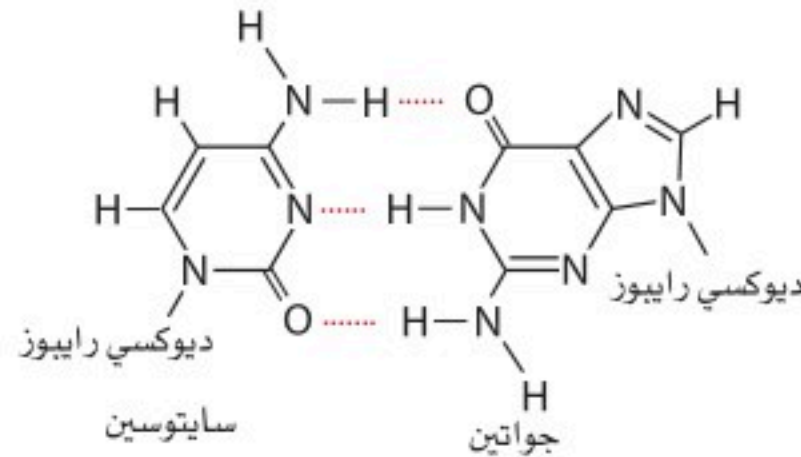
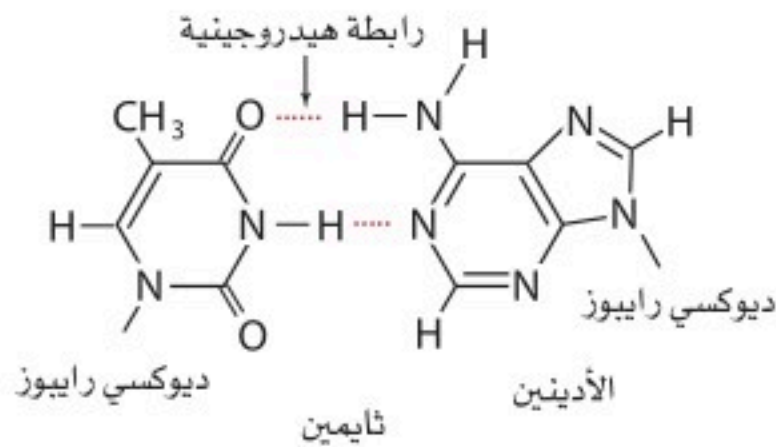
تركيب DNA يتكوّن DNA من سلسلتين طويلتين من النيوكليوتيدات ملتفتين معًا لتشكّلا بناءً حلزونيًا كما في الشكل 6-21. ويحتوي كل نيوكليوتيد في DNA على مجموعة فوسفات، وسكر ديوكسي رايبوز ذي الخمس ذرات من الكربون وهو عبارة عن سكر خماسي منقوص الأوكسجين Deoxyribose، وقاعدة نيتروجينية. وتشكل جزيئات السكر ومجموعات الفوسفات المتعاقبة في كل سلسلة الجزء الخارجي، أو العمود الفقري للتركيب اللولبي. أما القواعد النيتروجينية فتوجد داخل التركيب. ولأن البناء اللولبي يتكوّن من سلسلتين فهو يعرف باللولب المزدوج.

يحتوي DNA على أربع قواعد نيتروجينية مختلفة هي: الأدينين (A)، الثايمين (T)، السايتوسين (C)، والجوانين (G). إذ يحتوي كل من الأدينين والجوانين على حلقة مزدوجة، كما في الشكل 6-22. أما الثايمين والسايتوسين فلهما تركيبان أحادي الحلقة. انظر مرة أخرى إلى الشكل 6-21 تلاحظ أن كل قاعدة نيتروجينية على شريط من اللولب تقابلها قاعدة نيتروجينية على الشريط المقابل، بالطريقة نفسها التي تتقابل بها أسنان السحاب المنزلق. وتتقارب أزواج القواعد المتجاورة إلى حدّ 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 دائمًا أزواجًا بطريقة معينة، حيث يتكوّن دائمًا العدد الأفضل من الروابط الهيدروجينية.

✓ ماذا قرأت؟ صف مم يتكوّن أسنان سحاب DNA المنزلق؟

ويرتبط الجوانين دائمًا بالسايتوسين، ويرتبط الأدينين دائمًا بالثايمين، كما في الشكل 6-22. وتسمى أزواج G-C و A-T أزواجًا قاعدية متطابقة. ولذلك تساوي كمية الأدينين في جزيء DNA دائمًا كمية الثايمين، وكمية السايتوسين دائمًا تساوي كمية الجوانين. وفي عام 1953م استخدم جيمس واطسون وفرانسيس كريك هذه الملاحظة ليقوما بأحد أعظم الاكتشافات العلمية في القرن العشرين عندما حددا تركيب DNA ذا اللولب المزدوج. لقد حقّقا 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.

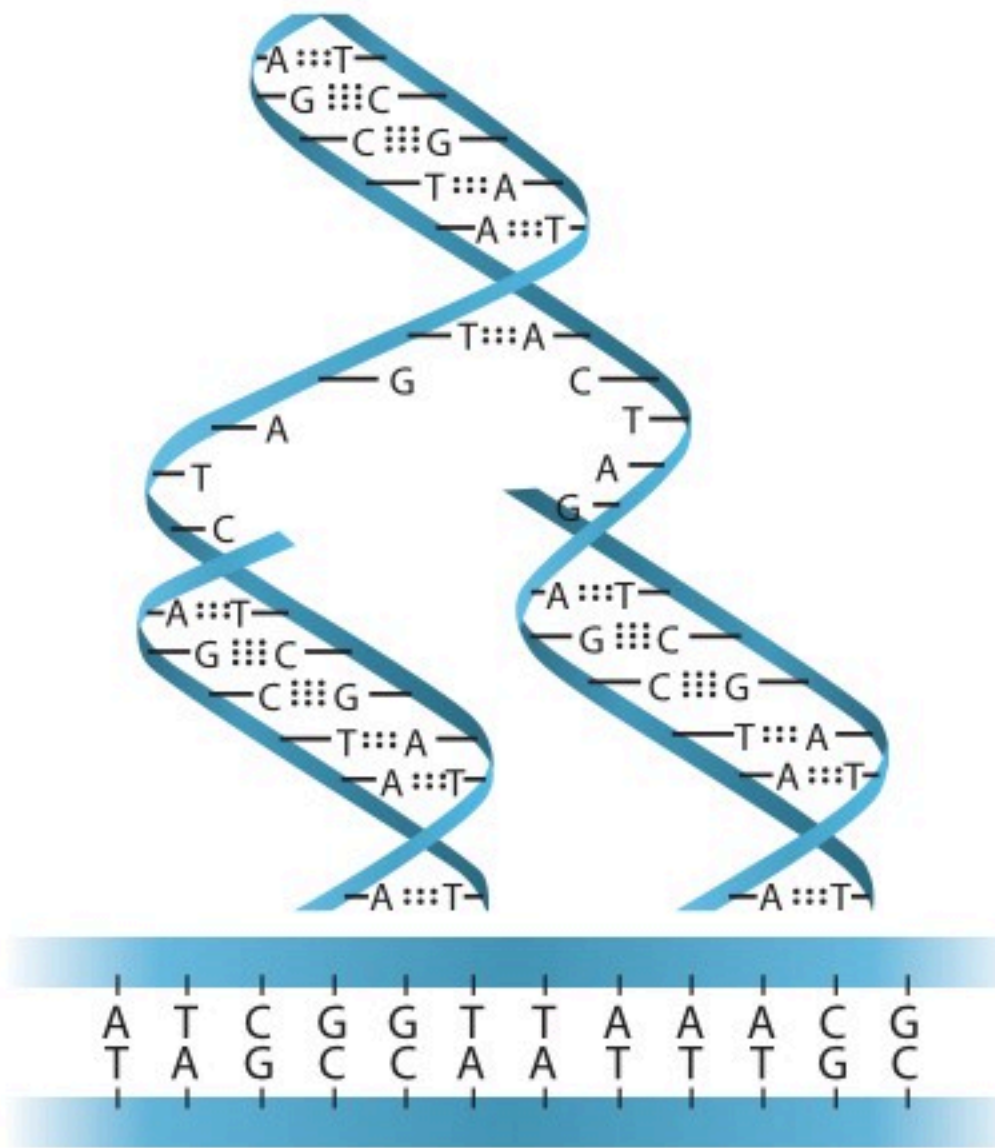
الشكل 6-22 يحدث تزاوج القواعد في DNA بين قاعدة ذات حلقتين وقاعدة ذات حلقة واحدة؛ حيث يتزاوج الأدينين والثايمين دائمًا ويشكلان زوجًا بينهما رابطتان هيدروجينيتان، ويتزاوج الجوانين والسايتوسين دائمًا فيكونان زوجًا يرتبطان بثلاث روابط هيدروجينية.



وظيفة DNA استخدم واطسون وكريك نموذجهما 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 حروفاً أبجدية في لغة تخزين المعلومات للخلايا الحية. ويمثل التسلسل المحدد لهذه الحروف التعليمات الشاملة للمخلوق الحي، كما يحمل تسلسل الحروف في كلمات جملة ما معنى خاصاً. 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

كُون 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 فينفصل الشريطان. كما تقوم إنزيمات أخرى بإيصال نيوكليوتيدات حرة من الوسط المحيط إلى القواعد النيتروجينية المكشوفة، فيرتبط الأدينين 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 لتكون عموداً فقرئاً جديداً. ويرتبط كل شريط من جزيء DNA الأصلي بشريط جديد.

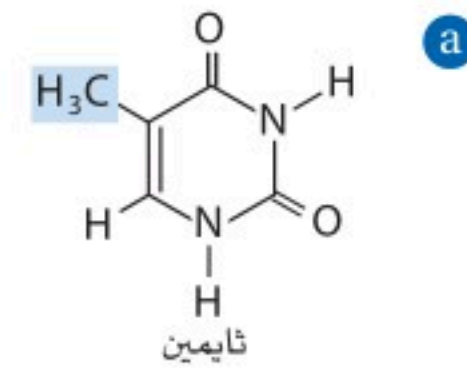
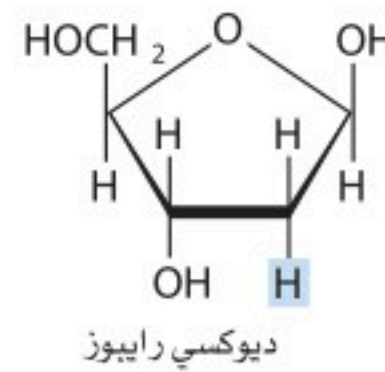
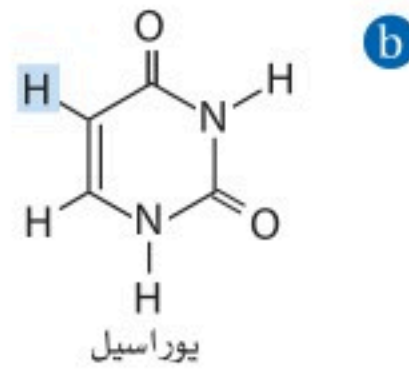
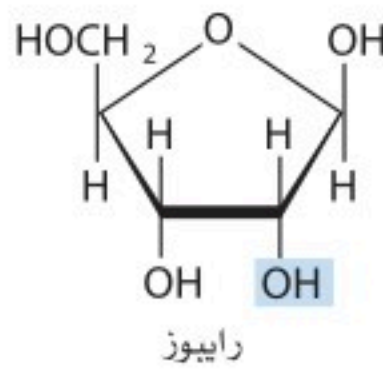
التحليل

يبين الرسم السفلي إلى اليسار قطعة صغيرة من جزيء DNA. انسخ تسلسل القواعد على ورقة نظيفة، وكن حذراً حتى لا تخطئ في النسخ. وبين خطوات التضاعف لإنتاج قطعتين من DNA.

التفكير الناقد

1. قارن بين التسلسل في الشريط الذي صنع حديثاً 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 تكونت حديثاً؟ 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 التأثيرات دائمة؟ وضح إجابتك.



الشكل 23-6 يختلف DNA و RNA من حيث مكوناتهما؛ فالتركيبان عن اليمين موجودان في DNA، أما التركيبان عن اليسار فموجودان في RNA. **حدّد** اختلافين في تركيب RNA و DNA.

RNA

حمض الرايبونوكليك حمض نووي، يختلف تركيبه العام عن تركيب DNA في ثلاث طرائق مهمة، كما في الشكل 23-6. 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.

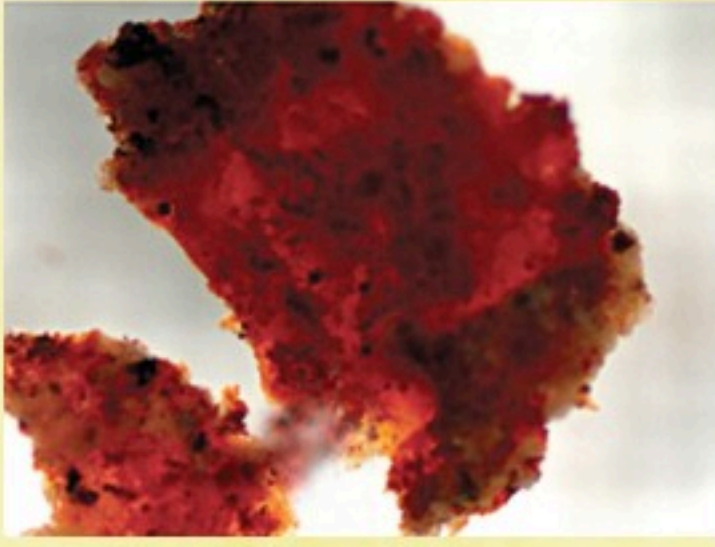
التقويم 4-6

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 الرئيسة** 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؟





شكل 2 وجد العلماء أيضًا أوعية دموية وخلايا منفردة في النسيج اللين للديناصور.

الاختبار الحمضي The Acid Test لدراسة العظم النخاعي عن كثب 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 تحول 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.

في الميدان

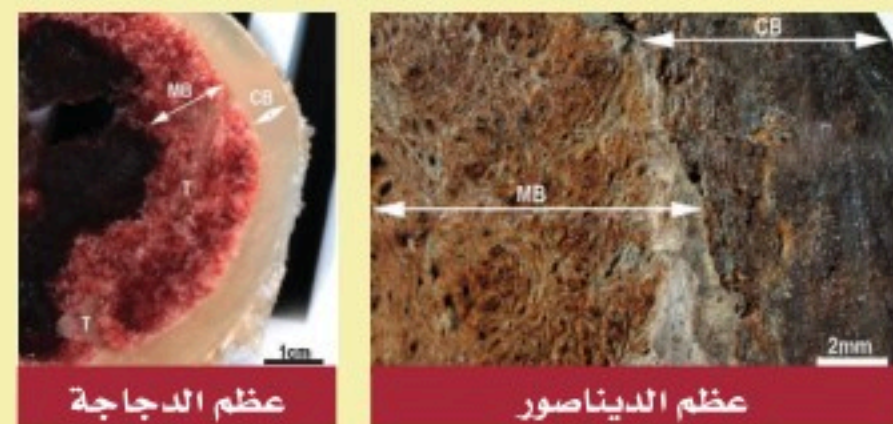
المهنة: عالم البيولوجيا الجزيئية

فحص الدمض يكشف مفاجأة

"لا يوجد عالم بيولوجيا جزيئية ذو تفكير صحيح يعمل ما عملته 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، عالمة 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 لدراسة إضافية. وقد جاءت المفاجأة الأولى بسرعة؛ حيث كانت "بوب" أنثى، وكانت تنتج 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 البيض العظم النخاعي، ويستعمل لاحقًا الكالسيوم المخزن في العظم لتكوين قشر البيض. وبعد إنتاج البيض يختفي هذا العظم. ويبين 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).



الكيمياء

الكتابة في

كتابة تلاقنا 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

فعل الإنزيم ودرجة الحرارة

13. أعد الخطوات من 4 إلى 12 مستعملًا 2 mL من معجون الكبد بدلا من معجون لب البطاطس.

جدول البيانات		
حوض ماء	درجة الحرارة (°C)	ارتفاع الرغوة (cm)
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

- الرسوم البيانية واستعملها مثل البيانات بالأعمدة واضعًا درجة الحرارة على محور السينات وارتفاع الرغوة على محور الصادات، واستعمل لونًا مختلفًا لكل من بيانات البطاطس، والكبد، وأعمدتها.
- لخص كيف تؤثر درجة الحرارة في عمل الإنزيمات؟ واستنتج لماذا كان التفاعل الأنشط في درجة الحرارة التي وجدتها؟
- السبب والنتيجة أيّ الأنابيب كانت فيها الرغوة لكل من البطاطس والكبد هي الأقل؟ اقترح تفسيرًا لما حدث.
- قارن هل أيدت البيانات المخبرية فرضيتك في الخطوة 2؟ وضح إجابتك.
- نموذج اكتب معادلة موزونة لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين لكل تفاعل. كيف يتشابه التفاعلات؟ ولماذا؟
- 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.

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

لب البطاطس الحمراء	مخبار مدرج 25 mL
فوق أكسيد الهيدروجين (3% H ₂ O ₂)	مقياس درجة حرارة
ماء	مسطرة
كأس سعتها 250 mL عدد 4	قطع ثلج
أنبوب اختبار عدد 4	ساعة
حامل أنابيب اختبار	سخان كهربائي
ماسك أنابيب اختبار	كبدة طازجة ونيئة

إجراءات السلامة

خطوات العمل

- اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
- اكتب فرضية تحدد درجة الحرارة التي تكون الإنزيمات عندها أكثر نشاطًا.
- انسخ جدول البيانات على ورقة منفصلة.
- ضع أنابيب الاختبار الأربعة في حامل الأنابيب.
- ضع 2.0 mL من معجون لب البطاطس في كل أنبوب اختبار.
- 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 قريبًا منها.
- ضع أنبوب اختبار واحدًا في كل من الكؤوس الأربع مستخدمًا ماسك أنابيب الاختبار.
- قس درجة حرارة كل كأس وسجلها.
- قس بعد 5 min من وضع الأنابيب في الكؤوس 5.0 mL من 3% H₂O₂، وضعها في كل أنبوب اختبار.
- دع التفاعل يستمر مدة 5 min.
- قس ارتفاع الرغوة الناتجة في كل أنبوب.
- اغسل الأنابيب بعد التخلص من محتوياتها.



دليل مراجعة الفصل

6 الفصل

الفكرة العامة تقوم المركبات العضوية الحوية: البروتينات، والكربوهيدرات، والليبيدات بالأنشطة الضرورية للخلايا الحية.

6-1 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

المفاهيم الرئيسية

- البروتينات بوليمرات حيوية تتكون من أحماض أمينية ترتبط بروابط ببتيدية.
- تنطوي سلاسل البروتينات مكوّنة تراكيب معقدة ثلاثية الأبعاد.
- للبروتينات وظائف عديدة في جسم الإنسان، منها: وظائف داخل الخلايا، وأخرى بينها، ووظائف دعم بنائي.

6-2 الكربوهيدرات

الفكرة الرئيسية

تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.

المفردات

- الكربوهيدرات
- السكريات الأحادية
- السكريات الثنائية
- السكريات عديدة السكر

المفاهيم الرئيسية

- 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 حلقية ومفتوحة السلسلة.

6-3 الليبيدات

الفكرة الرئيسية

تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتخترن الطاقة، وتنظم العمليات الخلوية.

المفردات

- الليبيدات
- الأحماض الدهنية
- الجليسيريدات الثلاثية
- التصبّن (صناعة الصابون)
- الليبيدات الفوسفورية
- الشموع
- الستيرويدات

المفاهيم الرئيسية

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

6-4 الأحماض النووية

الفكرة الرئيسية

تخترن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.

المفردات

- الحمض النووي
- النيوكليوتيد

المفاهيم الرئيسية

- 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.



6-1

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 المبينة 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. تشريح 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:

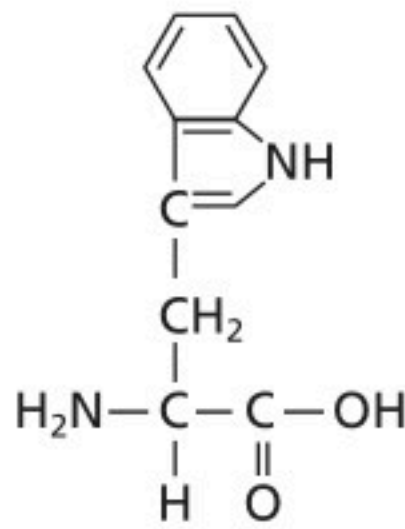
- a. الجلوتامين
b. السيرين
c. حمض الجلوتاميك
d. اللايسين

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 المبين في الشكل 24-6 للتريتوفان. صف بعض الخواص التي تتوقعها للتريتوفان، بناءً على تركيبه. وإلى أي المركبات العضوية الحيوية ينتمي التريتوفان؟ وضح إجابتك.



الشكل 24-6

35. هل ثنائي ببتيد اللايسين - الفالين هو المركب ثنائي ببتيد الفالين - اللايسين نفسه؟ وضح إجابتك.

36. إنزيمات كيف تحفّض 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؟

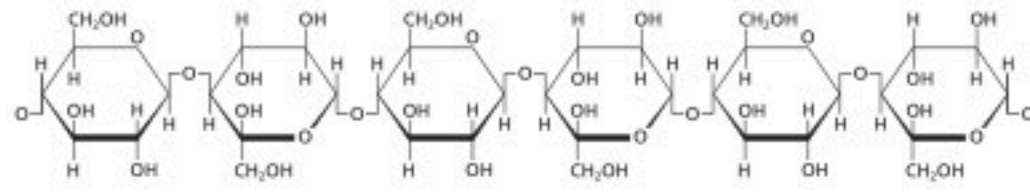
39. كم رابطة ببتيدية توجد في ببتيد يحوي خمسة أحماض أمينية؟

40. البروتينات متوسط الكتلة المولية لحمض أميني في ببتيد متعدد هو 110. فما الكتلة المولية التقريبية للبروتينين الآتيين؟

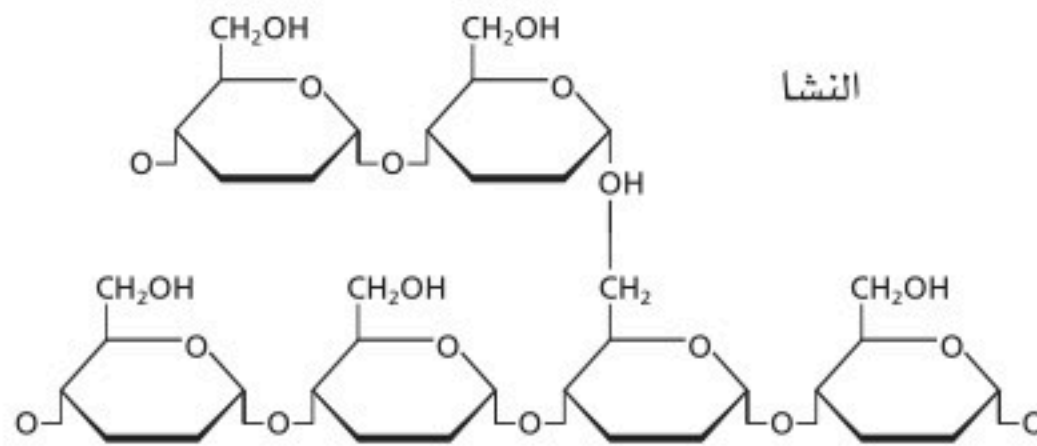
- a. الأنسولين (51 حمضاً أمينياً)
b. المايوسين (1750 حمضاً أمينياً)



47. السليلوز والنشا قارن بين التراكيب الجزيئية للسليلوز والنشا المبينة في الشكل 6-26.



السليلوز



النشا

الشكل 6-26

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 المالتوز من وحدتي جلوكوز. ارسم تركيبه.

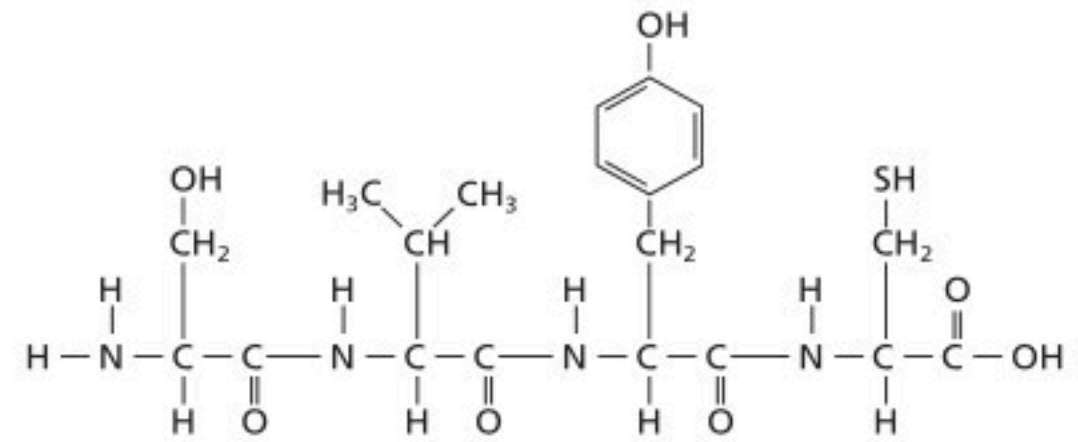
51. لماذا يُنتج تميّه السليلوز، والجلالاكوجين، والنشا سكرًا أحاديًا واحدًا فقط؟ وما السكر الأحادي الذي ينتج؟

52. الهضم لماذا لا يمكن أن يتحلل السكر الثنائي أو العديد التسكر عند عدم وجود الماء؟ دَعِّم إجابتك بمعادلة.

53. ارسم تراكيب الفركتوز عندما يكون في صورة سلسلة مفتوحة. ضع دائرة حول كل ذرة كربون غير متماثلة، ثم احسب عدد التشكلات 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 المبين في الشكل 6-25.



الشكل 6-25

42. معدل الكتلة المولية لحمض أميني هو 110 g/mol، احسب عدد الأحماض الأمينية التقريبي في بروتين كتلته المولية 36,500 g/mol

6-2

إتقان المفاهيم

43. الكربوهيدرات صنف الكربوهيدرات الآتية إلى سكريات أحادية، أو ثنائية، أو عديدة التسكر:

- | | |
|-------------|----------------|
| a. النشا | e. السليلوز |
| b. الجلوكوز | f. الجلايكوجين |
| c. السكروز | g. الفركتوز |
| d. الرايبوز | h. اللاكتوز |

44. سمّ متشكلين للجلوكوز.

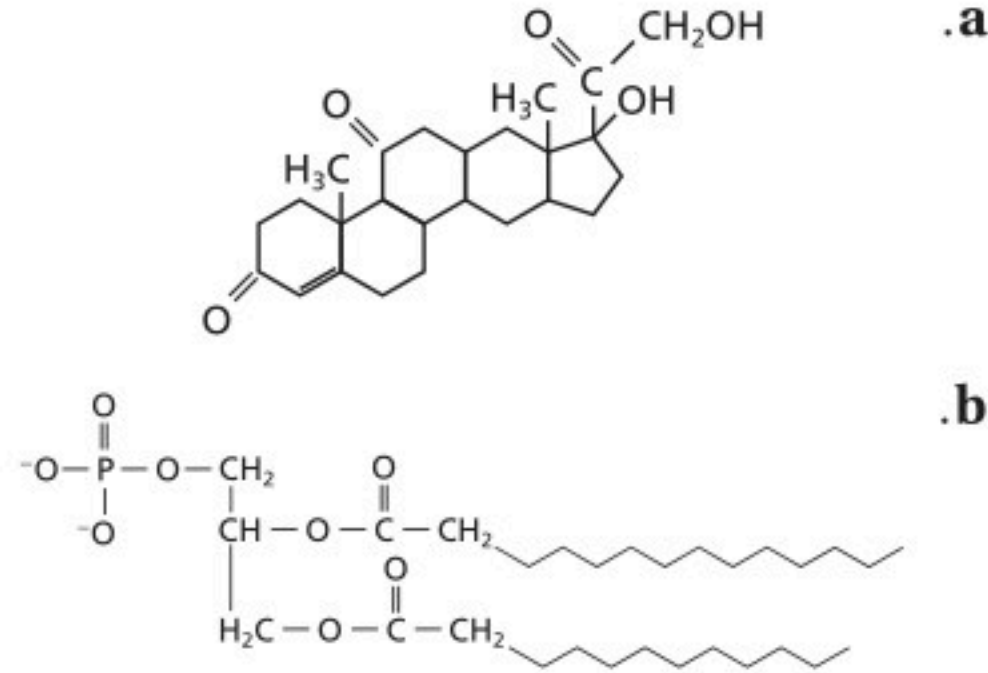
45. ما نوع الرابطة التي تتكون عند اتحاد سكرين أحاديين لتكوين سكر ثنائي؟

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:



6-4

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 الستاكوز 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 للستاكوز؟

6-3

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 فعالاً؟
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. (الالمتات هي القاعدة المرافقة للحمض الدهني المشبع ذي 16 ذرة كربون والمعروف باسم حمض البالميتيك)، وأشر إلى طرفيه: القطبي واللاقطبي.



الوراثية البشرية؟

78. كم جرامًا من الجلوكوز يمكن أن يتأكسد كليًا 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 والتخمير، وقارن بينها.

مراجعة عامة

80. ارسم مجموعات الكربونيل الوظيفية في الجلوكوز والفركتوز. فيم تشابه 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 السكر من الجلوكوز والفركتوز.

التفكير الناقد

85. احسب يتكون 38 mol تقريبًا من ATP عند التأكسد الكامل للجلوكوز في أثناء التنفس الخلوي. فإذا كانت حرارة الاحتراق لمول واحد من الجلوكوز تساوي 2.82×10^3 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 تحديدًا شديدًا لكمية الليبيدات، فلماذا لا يُعد حذف الليبيدات من الغذاء كليًا فكرة جيدة؟
87. الرسوم البيانية واستعملها يبين الجدول 2-6 عددًا من الأحماض الدهنية المشبعة وقيم بعض خواصها الفيزيائية.
- a. مثل بيانًا عدد ذرات الكربون ودرجة الانصهار.

71. صف أنواع الروابط والتجاذبات التي تربط وحدات البناء الأساسية معًا في جزيء DNA.



الشكل 6-27

72. صنّف التركيب النووي المبين في الشكل 6-27 إلى DNA أو RNA، فسّر إجابتك.
73. ترتبط القاعدة جوانين في تركيب DNA ثنائي اللولب دائمًا بالسيتوسين، ويرتبط الأدينين دائمًا 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 حمضًا أمينيًا؟
77. مقارنات DNA تحتوي خلية البكتيريا إيشيريكية كولاي أو (إي كولاي) E.coli على 4.2×10^6 زوجًا من قواعد DNA، في حين تحتوي كل خلية بشرية على نحو 3×10^9 زوجًا من قواعد DNA. ما النسبة المئوية التي يمثلها DNA في إيشيريكية كولاي بالنسبة إلى الخريطة



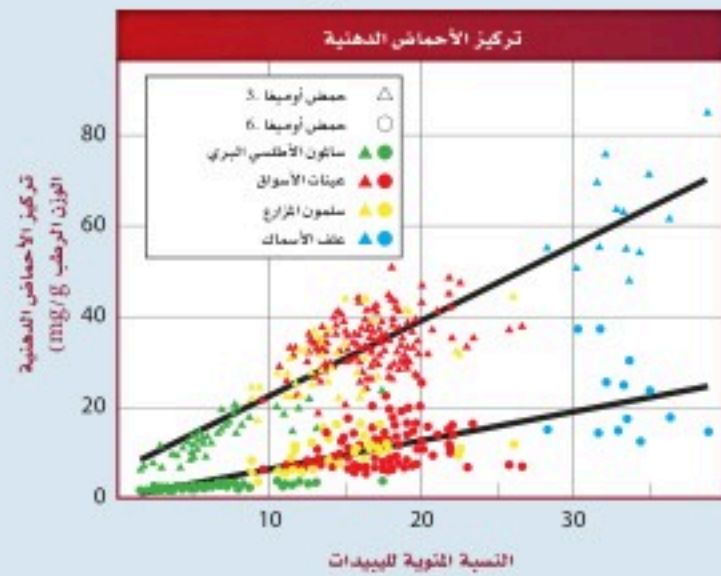
تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

91. الكولسترول استعمل المكتبة أو الإنترنت لعمل بحث عن الكولسترول، واكتب 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 تراكييها. 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 السيئ، 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. وبيّن الشكل 28-6 النسبة المئوية للأحماض الدهنية أوميغا-3 وأوميغا-6 مقارنة بمجموع كمية الليبيدات في العينات.



الشكل 28-6

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 بياناً 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 2-6 الخواص الفيزيائية لبعض الأحماض الدهنية المشبعة

الاسم	عدد ذرات الكربون	درجة الانصهار (°C)	الكثافة (g/ml) عند 60-80 °C
حمض البالميتيك	16	63	0.853
حمض الميريستيك	14	58	0.862
حمض الأراكيديك	20	77	0.824
حمض الكابريليك	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:
- a. $\text{HBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Br}^-$
- b. $\text{NH}_3 + \text{HCOOH} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HCOO}^-$
- c. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
90. ما الخلية الجلفانية؟

أسئلة الاختيار من متعدد

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

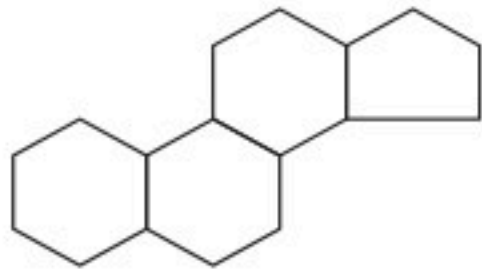
العينة	محتوى كل نيوكليوتيد	A	G	C	T
I	العدد	195	?	231	?
	النسبة	20.8	?	29.2	?
II	العدد	?	402	?	?
	النسبة	?	32.5	?	?
III	العدد	?	?	194	234
	النسبة	?	?	22.7	27.3
IV	العدد	266	203	?	?
	النسبة	28.4	21.6	?	?

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 السايكوسين 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:

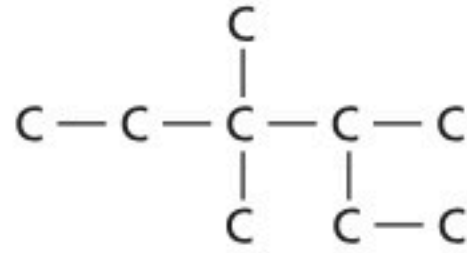
- a. جزيئات من الفركتوز
- b. جزيئات من الجلوكوز
- c. جزيء من الفركتوز وآخر من الجلوكوز
- d. جزيء من الفركتوز وآخر من الجالاكتوز



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 بنتان. 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:

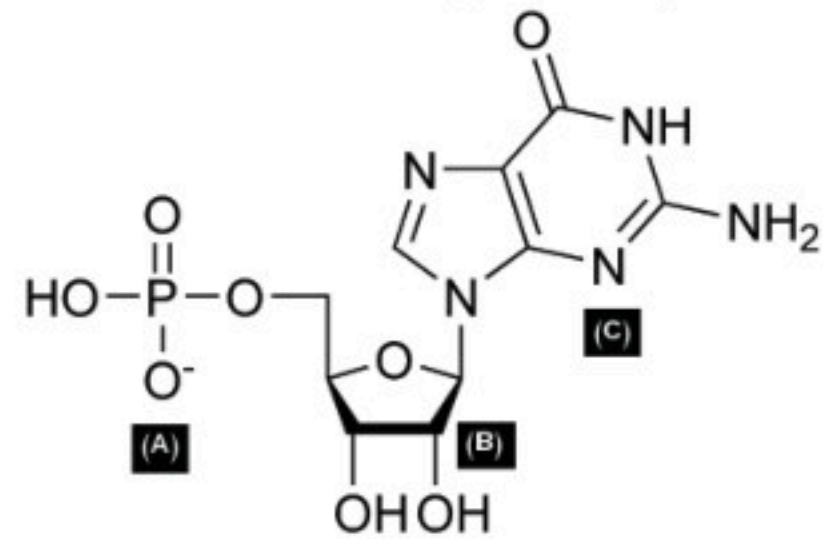
- a. الحيوانات
- b. النباتات
- c. الفطريات
- d. البكتيريا

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 المكونة للبروتين؛ فمثلاً الشفرة الوراثية CAG خاصة بالحمض الأميني الجلوتامين. ما عدد الأحماض الأمينية التي يمكن تشفيرها في شريط من RNA الذي يتكون من 2.73×10^4 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؟

المصطلحات



(أ)

الألكين Alkene هيدروكربون غير مشبع كالأيثين (C_2H_2) 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.

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.

الأمينات Amines مركبات عضوية تحتوي ذرات نيتروجين مرتبطة بذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2 .

الأميدات Amides مركبات عضوية تنتج عن استبدال مجموعة $-OH$ في الحمض الكربوكسيلي بذرة نيتروجين مرتبطة بذرات أخرى.

الإنزيمات Enzymes عوامل محفزة حيوية تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك.

الإثيرات Ethers مركبات عضوية تحتوي ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتين من الكربون. والصيغة العامة للإثيرات هي ROR' .

الأيون المشترك Common Ion أيون مشترك بين مادتين أيونيتين أو أكثر.

الاتزان غير المتجانس Heterogeneous Equilibrium حالة اتزان تكون فيها المواد المتفاعلة والنواتج في حالات فيزيائية مختلفة.

الاتزان الكيميائي Chemical Equilibrium حالة التفاعل التي تكون عندها سرعتها التفاعل الأمامي والخلفي متساويتان.

الاتزان المتجانس Homogeneous Equilibrium حالة اتزان تكون فيها المواد المتفاعلة والنواتج في الحالة الفيزيائية نفسها.

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.

الأحماض الأمينية Amino Acid جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية.

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.

الألكان Alkane هيدروكربون يحتوي روابط مفردة بين الذرات.

الألكاين Alkyne مركب هيدروكربوني غير مشبع كالأيثاين (C_2H_2) يحتوي على رابطة ثلاثية 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.

الببتيدات Peptides السلاسل المكونة من حمضين أميين أو أكثر، ترتبط معاً بروابط ببتيدية.

(ت)

تأثير الأيون المشترك Common Ion Effect انخفاض الذوبانية بسبب وجود أيون مشترك.

التفاعل الانعكاسي Reversible Reaction التفاعل الكيميائي الذي يحدث في كلا الاتجاهين الطردي والعكسي.

تفاعل الاستبدال Substitution Reactions التفاعلات محل 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 المتحدين.

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.



التكسير الحراري Cracking العملية التي يتم فيها تحويل المكونات الثقيلة للبتروول الى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة الى جزيئات أصغر.

(ث)

ثابت الاتزان Equilibrium Constant القيمة العددية لنسبة تراكيز المواد الناتجة الى تراكيز المواد المتفاعلة ويرفع كل تركيز الى أس مساوياً للمعامل الخاص به في المعادلة الكيميائية الموزونة.

ثابت حاصل الذوبانية Solubility Product Constant ثابت اتزان ذوبان مادة أيونية قليلة الذوبان في الماء.

ثابت السرعة Specific Rate Constant قيمة عددية تربط بين تركيز المتفاعلات بسرعة التفاعل عند درجة حرارة معينة.

(ج)

الجلسريد الثلاثي Triglyceride تركيب يتكون من ارتباط ثلاثة أحماض دهنية بالجلسرول بواسطة روابط إستر.

الجول Joule الوحدة الدولية لقياس الطاقة والحرارة.

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 الألكاينات.

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 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 ألكان.

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 تمثيه 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.



(ح)

الحرارة Heat أحد أشكال الطاقة التي تنتقل من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الأقل برودة.

حرارة الاحتراق Enthalpy of Combustion كمية الحرارة الناتجة عن احتراق مول واحد من المادة احتراقاً كلياً.

حرارة التكوين القياسية Standard Enthalpy of Formation التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكوين مول واحد من مركب في الظروف القياسية من عناصره في حالته الطبيعية.

الحرارة المولارية للانصهار Molar Enthalpy of Fusion كمية الحرارة التي يتطلبها تحويل مول واحد من المادة الصلبة إلى سائل.

الحرارة المولارية للتبخير Molar Enthalpy of Vaporization كمية الحرارة اللازمة لتحويل مول واحد من المادة السائلة إلى بخار.

الحرارة النوعية Specific Heat كمية الحرارة التي يتطلبها رفع درجة حرارة جراماً واحداً من المادة درجة سليزية واحدة.

الحمض النووي Nucleic Acid بلمر حيوي يحتوي على النيتروجين، ويقوم بتخزين المعلومات الوراثية ونقلها.

(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)

الرابطية الببتيدية Peptide Bond رابطة الأميد التي تجمع حمضين أميين.

رتبة التفاعل Reaction Order تبين كيف تتأثر سرعة التفاعل بمادة معينة.

(س)

الستيرويدات Steroids ليبيدات تحتوي تراكيبها على حلقات متعددة. وجميع الستيرويدات مبنية من تركيب الستيرويد الأساسي المكوّن من الحلقات الأربع.

سرعة التفاعل الكيميائي Reaction Rate التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن.

السعر Calorie كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزية واحدة.



(ط)

الطاقة Energy القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.
طاقة التنشيط Activation Energy الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

طاقة الوضع الكيميائية Chemical Potential Energy الطاقة المخزونة في المادة والناجمة عن تركيبها.

(ق)

قانون الاتزان الكيميائي Law Of Chemical Equilibrium ينص على أن النظام الكيميائي يمتلك نسبة محددة من النواتج والمتفاعلات عند درجة حرارة معينة.
قانون سرعة التفاعل Rate Law مقدار تغير تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن.

قانون هس Hess's Law تغير الطاقة في تفاعل كيميائي يساوي مجموع التغيرات في طاقة التفاعلات الفردية المكونة له.

قانون حفظ الطاقة Law Of Conservation Of Energy ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل إلى آخر.

السكريات الأحادية Monosaccharides أبسط الكربوهيدرات تركيباً، وتدعى السكريات البسيطة أيضاً.

السكريات الثنائية Disaccharides وهي السكريات الناتجة من اتحاد جزيئين من السكريات الأحادية.

السكريات العديدة Polysaccharides بوليمر من السكريات البسيطة يحتوي على 12 وحدة بناء أساسية أو أكثر.

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)

صلب غير متبلور Amorphous Solid مادة صلبة، الجسيمات فيها غير مرتبة بنمط معين، تتكون أحياناً عندما تبرد المادة الذائبة بسرعة لتكوين بلورات.



(ك)

الكحولات Alcohols مركبات عضوية ناتجة عن حلول مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين.

الكربوهيدرات Carbohydrates مركبات تحتوي على عدة مجموعات من الهيدروكسيل ($-OH$) بالإضافة إلى مجموعة الكربونيل الوظيفية ($C=O$).

الكون Universe عبارة عن النظام مع المحيط.

الكيتونات Ketones مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة $RCOR$.

الكيرالية Chirality خاصية المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة.

الكيمياء الحرارية Thermochemistry تدرس تغيرات الحرارة التي ترافق التفاعلات الكيميائية وتغيرات الحالة الفيزيائية.

(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 الجلسريد استبدل فيه أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات قطبية.

(م)

مبدأ لوتشاتلييه Le Châtelier's Principle عند وقوع قوة خارجية على نظام يقوم ذلك النظام بالاتجاه نحو الطرف الذي يعمل على امتصاص تأثير القوة.

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.

المتببط Inhibitor مادة تؤدي إلى إبطاء سرعة التفاعل.



المركبات العضوية Organic Compounds مركبات تحتوي الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والكربيدات والكربونات فهي غير عضوية.

المركبات الأروماتية (العطرية) Aromatic Compounds مركبات عضوية تحتوي على حلقة بنزين أو أكثر.

المركبات الأليفاتية Aliphatic Compounds مركب هيدروكربوني غير أروماتي كالألكان والألكين والألكاين.

المسعر Calorimeter جهاز معزول حراريًا يستخدم لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية.

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical Equation معادلة كيميائية موزونة تشتمل على حالات المواد، والتغير في الطاقة.

المعقد المنشط Activated Complex مجموعة من الذرات فترة بقائها معًا قصيرة جدًا قد ينتج عنها النواتج أو قد تعود إلى صورة المتفاعلات.

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 عامل محفز.

الموقع النشط Active Site النقطة التي ترتبط بها المواد الخاضعة لفعل الإنزيم.

المجموعة الوظيفية Functional Group ذرة أو مجموعة من الذرات تتفاعل دائمًا بالطريقة نفسها. وعند إضافتها للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائمًا مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية.

مجموعة الهيدروكسيل hydroxyl Group مجموعة الأكسجين - الهيدروجين التي ترتبط تساهميًا 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 والكيلونات.

مجموعة الكربوكسيل Carboxyl Group عبارة عن مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل.

المجموعة البديلة substitution groups التفرعات الجانبية من السلسلة الرئيسية.

المحتوى الحراري Enthalpy المحتوى الحراري للنظام تحت ضغط ثابت.

المحتوى الحراري (أو حرارة) التفاعل Enthalpy (heat) of Reaction كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في التفاعل الكيميائي.

المحفز Catalyst مادة كيميائية تضاف إلى التفاعل الكيميائي فتزيد من سرعته دون أن تتأثر كيميائيًا.

المحيط Surroundings كل شيء في الكون غير النظام.



(ن)

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.

النظام System جزء معين من الكون يحتوي على التفاعل أو العملية المراد دراستها.

نظرية التصادم Collision Theory تنص على وجوب اصطدام الجزيئات، الأيونات أو الذرات لحدوث التفاعل.

نظرية دالتون الجزئية Dalton's Law Of Partial Pressures الضغط الكلي لمزيج من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل منها.

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 محل فيه ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين.

الهيدروكربون Hydrocarbon أبسط المركبات العضوية، ويتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.



جداول مرجعية

جداول مرجعية

قيم حرارة التكوين لبعض المواد

ΔH_f° (kJ/mol) (تراكيز المحاليل المائية لهذه المواد يساوي 1M)

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



الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزاً أو شبه فلزاً أو لا فلزاً.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Helium 2 He 4.003
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Neon 10 Ne 20.180
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Argon 18 Ar 39.948
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Krypton 36 Kr 83.798
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Xenon 54 Xe 131.293
Darmstadtium 110 Ds (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennessine 117 Ts 294.211	Radon 86 Rn (222)
								Oganesson 118 Og 294.214

Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

مجلس خدام

غاز
سائل
صلب
مُصنَّع

العنصر — Hydrogen

العدد الذري — 1

الرمز — H

حالة المادة — 

الكتلة الذرية المتوسطة — 1.008

حالة

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

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)

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