الكيمياء

الصف العاشر - الفصل الدراسي الثاني

العبيكان Obeikan

McGraw Hill Education

الطبعة الأولى

1437هـ - 2016م

www.macmillanmh.com www.obeikaneducation.com

أعدَّ النسخة العربية شركة العبيكان للتعليم

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

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

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل© ٢٠٠٨م.

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

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

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَـاءْ	قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَـاءْ
قَطَرٌ سَتَبْقَـى حُـرَّةً	تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَـاءْ
سِيرُوا عَلَـى نَهْـجِ الأُلَـى	وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَـاءْ
قَطَرٌ بِـقَـلْـبِـي سِيـرَةٌ	عِـزٌّ وَأَمْـجَادُ الإِبَاءْ
قَطَرُ الرِّجَـالِ الأَوَّلِينَ	حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّـدَاءْ
وَحَمَائِـمٌ يَوْمَ السَّلَامْ	جَوَارِحٌ يَوْمَ الْفِـدَاءْ

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

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

العنابي : يرمز إلى الدماء المتخثرة، وهي دماء الشهداء من أبناء قطر الذين خاضوا معارك كثيرة في سبيل وحدة دولة قطر وخصوصًا في النصف الأخيرمن القرن التاسع عشر.

الرؤوس التسعة : ترمز إلى أن دولة قطر هي العضو التاسع في الإمارات المتصالحة من دول الخليج العربية.

علم دولة قطر

رؤية قطر الوطنية 2030

تهدف رؤيـة قطر الوطنية 2030 التي تمّت المصادقة عليها بموجب القرار الأميري رقم 44 لسنة 2008م، إلى تحويل - قطـر بحلـول عام 2030م - إلى دولة متقدمة قادرة على تحقيق التنمية المستدامة، وعلى تأمين استمرار العيش الكريم لشعبها، جيلاً بعد جيل؛ حيث تحدد الرؤيـة الوطنيـة لدولة قطـر النتائج التي تسعى إلى تحقيقها على المدى الطويـل، كما أنّها توفّر إطارًا عامًّا لتطوير استراتيجيات وطنية شاملة وخطط تنفيذها.

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

التنمية البشرية	التنمية الاجتماعية	التنمية الاقتصادية	التنمية البيئية

الركيزة الأولى ـ التنمية البشرية
الغايات المستهدفة:

سكان متعلمون:

- نظام تعليمي يرقى إلى مستوى الأنظمة التعليمية العالمية المتميّزة، ويزوّد المواطنين بما يفي بحاجاتهم وحاجات المجتمع القطري، ويتضمن:
  - مناهج تعليم وبرامج تدريب تستجيب لحاجات سوق العمل الحالية والمستقبلية.
  - فرصًا تعليمية وتدريبية عالية الجودة تتناسب مع طموحات وقدرات كل فرد.
  - برامج تعليم مستمر مدى الحياة متاحة للجميع.

- شبكة وطنية للتعليم النظامي وغير النظامي تجهّز الأطفال والشباب القطريين بالمهارات اللازمة والدافعية العالية للإسهام في بناء مجتمعهم وتقدُّمه، وتعمل على:
  - ترسيخ قيم وتقاليد المجتمع القطري، والمحافظة على تراثه.
  - تشجيع النشء على الإبداع والابتكار وتنمية القدرات.
  - غرس روح الانتماء والمواطنة.
  - المشاركة في مجموعة واسعة من النشاطات الثقافية والرياضية.

- مؤسسات تعليمية متطوّرة ومستقلّة تُدار بكفاءة، وبشكل ذاتيّ، وفق إرشادات مركزية، وتخضع لنظام المساءلة.
- نظام فعّال لتمويل البحث العلمي يقوم على مبدأ الشراكة بين القطاعين العام والخاص بالتعاون مع الهيئات الدولية المختصة ومراكز البحوث العالمية المرموقة.
- دور فاعل دوليًا في مجالات النشاط الثقافي والفكري والبحث العلمي.
- استقطاب التوليفة المرغوبة من العمالة الوافدة، ورعاية حقوقها، وتأمين سلامتها، والحفاظ على أصحاب المهارات المتميزة منها.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

المقدمة

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

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

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

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

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

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

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل درس ربطًا بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل درس ترتبط مع الفكرة العامة للوحدة. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر مظللة باللون الأصفر، وتجد أيضًا أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمِّق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الوحدة. وتضمِّن كل درس مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضًا مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، منها ما يتعلق بالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل وحدة.

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

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

والله ولي التوفيق

قائمة المحتويات

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 9a

الوحدة 5

الأحماض والقواعد 10

5–1 مقدمة في الأحماض والقواعد 12

5–2 قوة الأحماض والقواعد 20

5–3 تفاعلات التعادل 26

تقويم الوحدة 36

اختبار مقنن 40

الوحدة 6

الكيمياء الصناعية 42

6–1 تنقية وفصل المخاليط 44

6–2 التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي 56

6–3 استخلاص الفلزات 66

تقويم الوحدة 82

اختبار مقنن 86

الوحدة 7

الكيمياء البيئية 88

7–1 تلوث الهواء الجوي 90

7–2 تلوث الماء 104

تقويم الوحدة 116

اختبار مقنن 118

المصطلحات 120

جداول مرجعية 126

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هـذا الكتاب ليس كتابًـا أدبيًّا أو رواية خيالية، بل يصف أحداثًا وأفكارًا من واقع حياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرؤه طلبًا للعلم والمعلومات. وفيما يلي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته:

قبـل أن تقـرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة والتجربة الاستهلالية ؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذه الوحدة.

لـكل وحـدة فكرة عامة تقدم صورة شـاملة عنها. ولكل درس من دروس الوحدة فكرة رئيسة تدعم الفكرة العامة.

تبدأ كل وحدة بتجربة استـهلالية تقـدم المادة التي تتناولها. نفذ التجربة الاستهلالية، لتكتشف المفاهيم التي ستتناولها الوحدة.

لتحصل على رؤية عامة عن الوحدة

- اقرأ عنوان الوحدة لتتعرّف موضوعاتها.
- تصفّح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للوحدة باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

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

5-1

فهم هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

10.21.1 – 10.21.7

معايير البحث والاستقصاء العلمي

10A.3.1 – 10A.3.4 – 10A.1.6

الأهداف

يُتوقّع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُحدد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأحماض والقواعد في المحاليل المائية.
- يُصنّف المحاليل إلى حمضية أو قاعدية أو متعادلة.
- يُعرّف الحمض والقاعدة باستخدام نظريـة برونستد – لوري للأحماض والقواعد.

مراجعة المفردات

المعادلة الكيميائية، تعبير بالرموز والصيغ الكيميائية عن التفاعل الكيميائي.

مقدمة في الأحماض والقواعد
Introduction to Acids and Bases

الفكرة الرئيسة ينقسم سلوك المحاليل إلى حمضية وقاعدية بحسب قدرتها على منح أيونات الهيدروجين إلى مادة أخرى، أو استقبالها منها.

الربط مع الحياة يستخدم الكثير من الناس الليمون في تنظيف الأواني النحاسية القديمة، ويستخدم الكثيرون الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) لتنظيف الأفران، فما خصائص هذه المواد التي تجعلها قادرة على التنظيف؟

أهمية الأحماض والقواعد في حياتنا
The importance of acids and bases in our lives

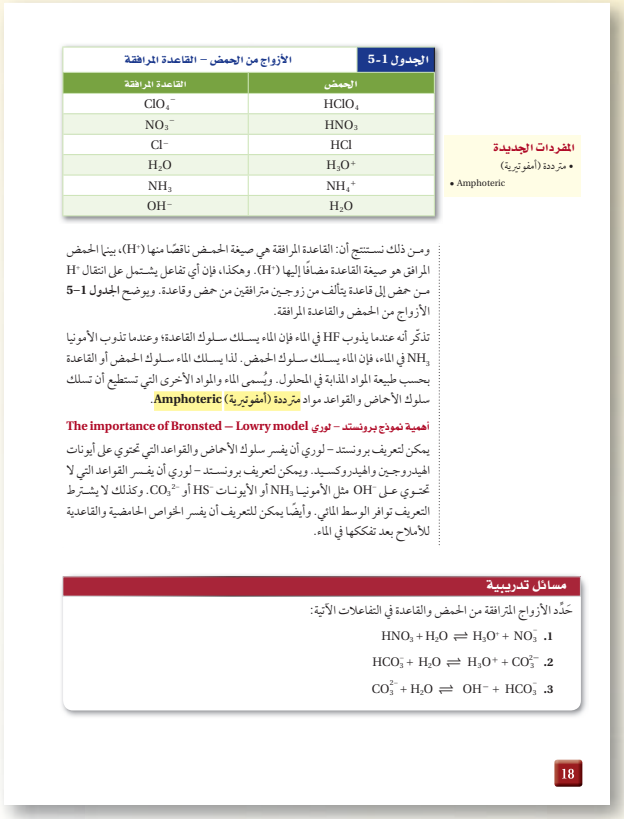
تعد الأحماض والقواعد من المركبات الكيميائية المهمة؛ لارتباطها المباشر بحياتنا اليومية ولتطبيقاتها الواسعة في الصناعة، فالخل يحتوي على حمض الخليك، وعصير الليمون يحتوي على حمض السيتريك، وتفرز المعدة حمض الهيدروكلوريك فهضم الطعام. وفيتامين C الذي يتناوله المصابون بالرشح، ما هو إلا حمض الأسكوربيك، كما تدخل الأحماض في الكثير من الصناعات الكيميائية، مثل حمض الكبريتيك الذي يدخل في صناعة الورق وبطاريات السيارات، وحمض الفوسفوريك الذي يستخدم في صناعة الأسمدة، انظر **الشكل 1–5**. أما القواعد فهناك الكثير منها يستخدم في حياتنا اليومية مثل: الصودا الكاوية في صناعة الصابون ومنظفات الأفران، وكذلك هيدروكسيد البوتاسيوم في صناعة صابون الحلاقة، والأقراص المضادة لحموضة المعدة، وغير ذلك الكثير، انظر **الشكل 2–5**. ولكن، ما الأحماض؟ وما القواعد؟ وما خصائص كل منهما؟ وكيف يمكنك التمييز بينهما؟ هذه الأسئلة وغيرها سوف يتم الإجابة عنها في هذا الدرس.

الشكل 1–5 بعض المواد الحمضية المستخدمة في حياتنا اليومية.

الشكل 2–5 بعض المواد القاعدية المستخدمة في المنازل.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

يتضمن المحتوى مسائل تدريبية في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات.



الجدول 1-5 الأزواج من الحمض – القاعدة المرافقة

الحمض	القاعدة المرافقة
$HClO_4$	ClO_4^-
HNO_3	NO_3^-
HCl	Cl^-
H_3O^+	H_2O
NH_4^+	NH_3
H_2O	OH^-

المفردات الجديدة

- مترددة (أمفوتيرية)
- Amphoteric

ومن ذلك نستنتج أن: القاعدة المرافقة هي صيغة الحمض ناقصًا منها (H^+)، بينما الحمض المرافق هو صيغة القاعدة مضافًا إليها (H^+). وهكذا، فإن أي تفاعل يشتمل على انتقال H^+ من حمض إلى قاعدة يتألف من زوجين مترافقين من حمض وقاعدة. ويوضح **الجدول 1–5** الأزواج من الحمض والقاعدة المرافقة.

تذكّر أنه عندما يذوب HF في الماء فإن الماء يسلك سلوك القاعدة؛ وعندما تذوب الأمونيا NH_3 في الماء، فإن الماء يسلك سلوك الحمض. لذا يسلك الماء سلوك الحمض أو القاعدة بحسب طبيعة المواد المذابة في المحلول. ويُسمى الماء والمواد الأخرى التي تستطيع أن تسلك سلوك الأحماض والقواعد مواد **مترددة (أمفوتيرية) Amphoteric**.

أهمية نموذج برونستد – لوري The importance of Bronsted – Lowry model

يمكن لتعريف برونستد – لوري أن يفسر سلوك الأحماض والقواعد التي تحتوي على أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد. ويمكن لتعريف برونستد – لوري أن يفسر القواعد التي لا تحتوي على OH^- مثل الأمونيا NH_3 أو الأيونات HS^- أو CO_3^{2-}. وكذلك لا يشترط التعريف توافر الوسط المائي. وأيضًا يمكن للتعريف أن يفسر الخواص الحامضية والقاعدية للأملاح بعد تفككها في الماء.

مسائل تدريبية

حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في التفاعلات الآتية:

1. $HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_3^-$
2. $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$
3. $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HCO_3^-$

18

مهارات القراءة

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

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

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

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

محاليل منظمة ذات حمضية قوية تساوي 1.4، وهي تقارن بحمضية محلول من حمض الهيدروكلوريك، هذه الحمضية العالية مهمة جدًّا في عملية امتصاص البروتينات ذات الجزيئات الكبيرة التي لا يمكن لجدران الأمعاء امتصاصها.

المحلول المنظم في جسم الانسان Buffers in Human's body من المعروف أن الرقم الهيدروجيني pH لدم الإنسان يساوي 7.4 تقريبًا، فإذا حدثت زيادة في هذه القيمة أو نقصان تظهر أعراض مرضية خطيرة على صحة الإنسان، قد تؤدي إلى تخلط الدم أو الوفاة. يحتوي الدم على تفاعلات حيوية داخلية تتمثل في المعادلات الآتية:

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$$

$$H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$$

عندما يبذل الإنسان جهدًا ما كالرياضيين مثلًا، فإن نسبة ثاني أكسيد الكربون الخارجة من جسمه تكون كبيرة؛ أي أنها تقل في المعادلة رقم 1، وبحسب قوانين الاتزان لابد أن يسير التفاعل في اتجاه تعويض النقص في المادة القليلة، بما أن سهم التفاعل في اتجاهين، مما يسبب نقصًا في كمية حمض الكربونيك؛ بسبب زيادة تفككه، مع ملاحظة أنه في المعادلة الثانية في حالة قلة حمض الكربونيك لابد أن يتجه التفاعل ليقلل قيمة كل من أيونات البيكربونات السالبة وأيونات الهيدرونيوم الموجبة، التي تعبر عن تركيز الحمض في الدم، مما يؤدي إلى خفض نسبة حموضة الدم، فيسبِّب مشاكل صحية كثيرة.

التقويم 5-3

الخلاصة

- عند تفاعل حمض وقاعدة، ينتج ملح وماء.
- يتم تحديد قيمة pH لمحلول مجهول التركيز عن طريق المعايرة.
- يتم تعيين نقطة التكافؤ عن طريق الرسم البياني لقراءات pH وحجم المحلول المستخدم في المعايرة.
- يتكون المحلول المنظم من محلول حمض ضعيف وقاعدته المرافقة أو محلول قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق.
- للمحلول المنظم دور كبير في تنظيم قيمة pH في الدم.

13. **الفكرة الرئيسة** ما المقصود بتفاعلات التعادل؟ وماذا ينتج عنها؟
14. اشرح الفرق بين نقطة التكافؤ ونقطة نهاية المعايرة.
15. **قارن** بين الأحماض القوية والأحماض الضعيفة من حيث:
    a. تفككها في الماء
    b. إعطاء أمثلة عليها
    c. معادلة تأينها
    d. السهم المستخدم في المعادلة
16. **ارسم** رسمًا بيانيًّا لمعايرة يتم فيها إضافة قاعدة قوية إلى حمض قوي، واشرح كيف يختلف هذا الرسم عند إضافة حمض قوي إلى قاعدة قوية.
17. **تحفيز** أعطِ مثالًا على محلول منظم يتكون من قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق.

دليل مراجعة الوحدة

الفكرة العامة للأحماض والقواعد أهمية كبيرة في حياتنا اليومية.

5-1 مقدمة في الأحماض والقواعد

الفكرة الرئيسة يتقسم سلوك المحاليل إلى حمضية وقاعدية بحسب قدرتها على منح أيونات الهيدروجين إلى مادة أخرى أو استقبالها منها.

المفردات
- الحمض
- القاعدة
- الحمض المرافق
- القاعدة المرافقة

المفاهيم الرئيسة
- تعد الأحماض والقواعد من المركبات الكيميائية المهمة في حياتنا اليومية.
- الأحماض ذات طعم حمضي لاذع، بينما القواعد ذات طعم مر وملمس صابوني، ومحاليلها موصلة للتيار الكهربائي بدرجات مختلفة.
- الحمض عند برونستد – لوري مادة لها القدرة على منح أيون الهيدروجين H^+ لمادة أخرى.
- القاعدة عند برونستد – لوري مادة لها القدرة على استقبال أيون الهيدروجين H^+ من مادة أخرى.
- الحمض المرافق هو القاعدة بعد اكتساب أيون الهيدروجين.
- القاعدة المرافقة هي الحمض بعد فقدان أيون الهيدروجين.

5-2 قوة الأحماض والقواعد

الفكرة الرئيسة تتأين الأحماض والقواعد القوية في المحاليل تأينًا تامًا، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة في المحاليل تأينًا جزئيًا.

المفردات
- الرقم الهيدروجيني
- الكاشف
- الدليل العام

المفاهيم الرئيسة
- تتأين الأحماض والقواعد القوية كليًّا في المحاليل المائية.
- تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة جزئيًّا في المحاليل المائية.
- يستخدم مقياس الرقم الهيدروجيني لتحديد تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في المحلول ويُرمز إليه بالرمز pH.
- يتكون الدليل العام من مزيج من الكواشف، ويمتاز بأن لونه يتغير بتغير قيم pH لأي محلول.

5-3 تفاعلات التعادل

الفكرة الرئيسة يتفاعل الحمض مع القاعدة في تفاعل التعادل لينتجا ملحًا وماء.

المفردات
- تفاعل التعادل
- الملح
- المعايرة
- المحاليل المنظمة

المفاهيم الرئيسة
- عند تفاعل حمض وقاعدة، ينتج ملح وماء.
- يمكن تحضير الأملاح بطرق عدة.
- يتم تحديد قيمة pH لمحلول مجهول التركيز عن طريق المعايرة.
- يتم تعيين نقطة التكافؤ عن طريق الرسم البياني لقراءات pH وحجم المحلول المستخدم في المعايرة.
- يتكون المحلول المنظم من محلول حمض ضعيف وقاعدته المرافقة أو محلول قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق.
- للمحلول المنظم دور كبير في تنظيم قيمة pH في الدم.

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

طرائق أخرى للمراجعة

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

الوحدة 5
الأحماض والقواعد
Acids and Bases

رقم الوحدة: 10AC.5

الفكرة العامة للأحماض والقواعد أهمية كبيرة في حياتنا اليومية.

5-1 مقدمة في الأحماض والقواعد
Introduction to acids & bases

الفكرة الرئيسة ينقسم سلوك المحاليل إلى حمضية وقاعدية بحسب قدرتها على منح أيونات الهيدروجين إلى مادة أخرى، أو استقبالها منها.

5-2 قوة الأحماض والقواعد
Strength of acids & bases

الفكرة الرئيسة تتأين الأحماض والقواعد القوية في المحاليل تأينًا تامًّا، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة في المحاليل تأينًا جزئيًّا.

5-3 تفاعلات التعادل
Neutralization reactions

الفكرة الرئيسة يتفاعل الحمض مع القاعدة في تفاعل التعادل لينتجا ملحًا وماءً.

تجربة استهلالية

ماذا يوجد في خزائنك؟

يمكنك أن تتعلم شيئًا حول خواص المنظفات، والمنتجات التي تستعملها في منزلك، وذلك باختبارها بورق تبّاع الشمس. هل تستطيع تصنيف تلك المنتجات في مجموعتين؟

خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. ضع 10 mL من منتجات مختلفة في كؤوس زجاجية، أو يمكنك استخدام أنابيب الاختبار بدلًا من ذلك.
3. اختبر كل منتج باستخدام الكواشف التالية: (ورق تبّاع الشمس الأزرق والأحمر، الفينولفثالين)، ثمّ سجِّل ملاحظاتك.

***تحذير:** الفينولفثالين قابل للاشتعال؛ لذا أبعده عن اللهب.*

التحليل

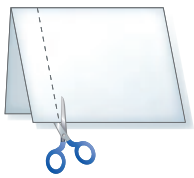
1. **صنّف** المواد في مجموعتين، بناءً على مشاهداتك.
2. **صف** كيف تختلف المجموعتان؟ وماذا يمكنك أن تستنتج؟

استقصاء اختر عينة واحدة تفاعلت مع الفينولفثالين. هل تستطيع جعل هذا التفاعل يسير في الاتجاه العكسي؟ صَمِّم تجربة لاختبار فرضيتك.

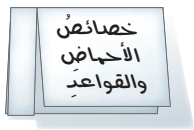
المطويات منظمات الأفكار

الأحماض والقواعد

صمِّم المطوية الآتية لتساعدك على المقارنة بين خصائص الأحماض والقواعد.



الخطوة 1 أحضر ثلاث أوراق، واطوِ كلًّا منها عرضيًّا من المنتصف. وارسم خطًّا على بُعد 3 cm تقريبًا من الطرف الأيسر. قُصَّ الورقة على طول هذا الخط حتى تصل إلى الثنية. كرر ذلك مع الورقتين الأخريين.



الخطوة 2 عَنْوِنْ الورقة الخارجية باسم خصائص الأحماض والقواعد.

الخطوة 3 عَنْوِنْ الورقة الأولى من الداخل باسم خصائص الأحماض، والأخرى باسم خصائص القواعد، ثم ثبّت الأوراق الثلاث معًا على طول حافاتها الخارجية.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1–5**، وسجّل ملاحظاتك المتعلقة بخصائص الأحماض والقواعد في أثناء قراءة هذا القسم، ثم اكتب تفاعلات عامّة تمثل كل نوع منها.

تجربة استهلالية لتنفيذ التجربة الاستهلالية ارجع إلى كراسة التجارب العملية.

5-1

مقدمة في الأحماض والقواعد

Introduction to Acids and Bases

الفكرة الرئيسة **ينقسم سلوك المحاليل إلى حمضية وقاعدية بحسب قدرتها على منح أيونات الهيدروجين إلى مادة أخرى، أو استقبالها منها.**

الربط مع الحياة يستخدم الكثير من الناس الليمون في تنظيف الأواني النحاسية القديمة، ويستخدم الكثيرون الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) لتنظيف الأفران، فما خصائص هذه المواد التي تجعلها قادرة على التنظيف؟

أهمية الأحماض والقواعد في حياتنا

The importance of acids and bases in our lives

تعد الأحماض والقواعد من المركبات الكيميائية المهمة؛ لارتباطها المباشر بحياتنا اليومية ولتطبيقاتها الواسعة في الصناعة، فالخل يحتوي على حمض الخليك، وعصير الليمون يحتوي على حمض السيتريك، وتفرز المعدة حمض الهيدروكلوريك لهضم الطعام. وفيتامين C الذي يتناوله المصابون بالرشح، ما هو إلا حمض الأسكوربيك، كما تدخل الأحماض في الكثير من الصناعات الكيميائية، مثل حمض الكبريتيك الذي يدخل في صناعة الورق وبطاريات السيارات، وحمض الفوسفوريك الذي يستخدم في صناعة الأسمدة، انظر **الشكل 1–5**. أما القواعد فهناك الكثير منها يستخدم في حياتنا اليومية مثل: الصودا الكاوية في صناعة الصابون ومنظفات الأفران، وكذلك هيدروكسيد البوتاسيوم في صناعة صابون الحلاقة، والأقراص المضادة لحموضة المعدة، وغير ذلك الكثير، انظر **الشكل 2–5**. ولكن، ما الأحماض؟ وما القواعد؟ وما خصائص كل منهما؟ وكيف يمكنك التمييز بينهما؟ هذه الأسئلة وغيرها سوف يتم الإجابة عنها في هذا الدرس.

الشكل 1–5 بعض المواد الحمضية المستخدمة في حياتنا اليومية.

الشكل 2–5 بعض المواد القاعدية المستخدمة في المنازل.

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

10.21.1 – 10.21.7

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.3.1 – 10A.3.4 – 10A.1.6

الأهداف

يُتوقّع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يُحدد** الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأحماض والقواعد في المحاليل المائية.
- **يُصنّف** المحاليل إلى حمضية أو قاعدية أو متعادلة.
- **يُعرِّف** الحمض والقاعدة باستخدام نظرية برونستد – لوري للأحماض والقواعد.

مراجعة المفردات

المعادلة الكيميائية: تعبير بالرموز والصيغ الكيميائية عن التفاعل الكيميائي.

الخصائص الفيزيائية Physical properties تمتاز الأحماض بطعمها الحامض اللاذع، ولعل ذلك هو مصدر اسمها؛ حيث إن كثيرًا من المواد الغذائية التي نتناولها أو نستخدمها في طعامنا مثل الخل واللبن وعصير الليمون والبرتقال، لها طعم حامض؛ وذلك بسبب احتوائها على موادَّ كيميائية يطلق عليها اسم الأحماض، بينما تمتاز القواعد بطعمها المر وملمسها الصابوني. ومن الخصائص الفيزيائية الأخرى للمحاليل الحمضية والقاعدية، قدرتها على التوصيل الكهربائي، فعند إضافة الحمض أو القاعدة إلى الماء، تنتج أيونات تجعل المحلول موصلًا للكهرباء.

الخصائص الكيميائية Chemical properties يمكن تعرُّف الأحماض والقواعد من خلال تفاعل كلٍّ منها مع ورق تبَّاع الشمس، الذي يتحول لونه في المحاليل الحمضية إلى اللون الأحمر أو درجات اللون الأحمر بحسب قوة الحمض، ويتحول لونه في المحاليل القاعدية إلى اللون الأزرق أو درجات اللون الأزرق بحسب قوة القاعدة كما هو موضح في **الشكل 3a–5**.

الربط مع علم الأحياء **الكواشف** تعد الكواشف خليطًا من الصبغات المستخرجة من النباتات، ويتم امتصاصه على ورق ترشيح مكونًا ورق تباع الشمس.

ويمكن كذلك تعرُّف الأحماض من خلال تفاعلها مع بعض الفلزات؛ حيث يتفاعل كلٌّ من الماغنسيوم والخارصين مع محاليل الأحماض لينتج غاز الهيدروجين وملح الفلز، كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2\uparrow_{(g)}$$

وتتفاعل الأحماض مع الكربونات محدثة فورانًا لتنتج كلوريد الفلز وماء وغاز ثاني أكسيد الكربون، كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

ويتفاعل الحمض مع أكسيد الفلز وينتج ملحًا وماء، فيتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد الكالسيوم وينتج ملح كلوريد الكالسيوم والماء كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$2HCl_{(aq)} + CaO_{(s)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيد Hydronium and hydroxide ions

تحتوي المحاليل المائية جميعها على أيونات الهيدروجين H^+ وأيونات الهيدروكسيد OH^-. وتحدد الكميات النسبية من الأيونين ما إذا كان المحلول حمضيًّا أو قاعديًّا أو متعادلًا. والمحاليل المتعادلة ليست حمضية ولا قاعدية.

يحتوي **المحلول الحمضي Acidic solution** على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد. في حين يحتوي **المحلول القاعدي Basic solution** على أيونات هيدروكسيد أكثر من أيونات الهيدروجين. أما المحلول المتعادل فيحتوي على تركيزين متساويين من أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد.

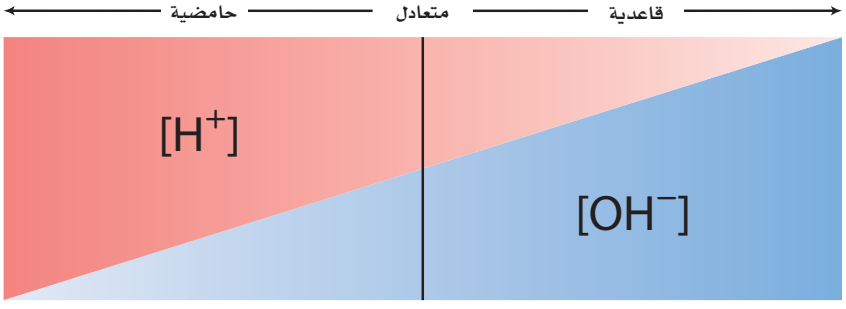
الشكل 3a–5 يتغير لون ورق تباع الشمس بحسب المحلول المراد فحصه.

محلول قاعدي

محلول حمضي

المفردات الجديدة

- المحلول الحمضي
- Acidic solution
- المحلول القاعدي
- Basic solution



الشكل 5–3b كيف يتغير كل من $[H^+]$ و$[OH^-]$ في وقت واحد. فعندما يقل $[H^+]$ إلى جهة اليمين تزداد قيمة $[OH^-]$ إلى اليسار، حيث إن:

$[H^+]$: تركيز أيونات الهيدروجين.

$[OH^-]$: تركيز أيونات الهيدروكسيد.

ويمثل **الشكل 3b–5** هذه العلاقات، في حين يمثل **الشكل 4–5** كيف طوّر العلماء فهمهم للأحماض والقواعد.

ينتج الماء النقي أعدادًا متساوية من أيونات H^+ وأيونات OH^- في عملية تسمى التأين الذاتي؛ إذ تتفاعل جزيئات الماء منتجة أيونات الهيدرونيوم H_3O^+، وأيونات الهيدروكسيد.

$$\underset{\text{جزيئا ماء}}{H_2O_{(l)}} + \underset{}{H_2O_{(l)}} \rightleftharpoons \underset{\text{أيون الهيدرونيوم}}{H_3O^+_{(aq)}} + \underset{\text{أيون الهيدروكسيد}}{OH^-_{(aq)}}$$

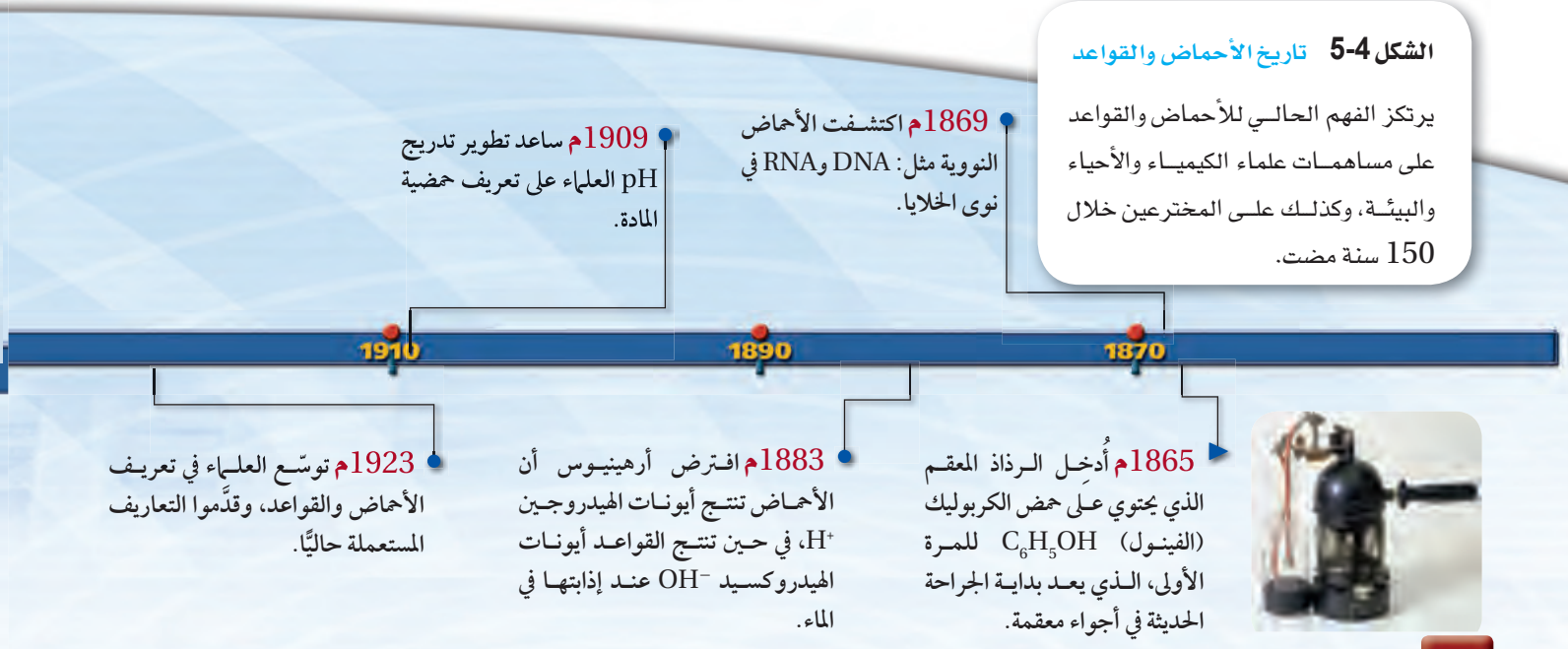
أيون الهيدرونيوم هو أيون هيدروجين مرتبط مع جزيء ماء برابطة تساهمية من نوع خاص تسمى الرابطة التناسقية. ويمكن استعمال الرمزين H^+ وH_3O^+ بالتبادل؛ أيْ وضع أحدهما مكان الآخر، كما تبين المعادلة المبسّطة للتأين الذاتي:

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

تحتوي نواة ذرة الهيدروجين على بروتون واحد إضافة إلى إلكترون يدور حولها، وبحسب التوزيع الإلكتروني للهيدروجين، فإن: $H : 1s^1$، وعند تكوين أيون الهيدروجين تخسر هذه الذرة إلكترونها الوحيد، ويبقى منها البروتون فقط. وبمعنى آخر فإن أيون الهيدروجين (H^+) = بروتون (P).

الشكل 4-5 تاريخ الأحماض والقواعد

يرتكز الفهم الحالي للأحماض والقواعد على مساهمات علماء الكيمياء والأحياء والبيئة، وكذلك على المخترعين خلال 150 سنة مضت.



يوجد البروتون في الوسط المائي مرتبطًا بعدد من جزيئات الماء بنوع خاص من الروابط التساهمية تسمى رابطة تناسقية، ويكتب في صورة H_3O^+ ويسمى أيون الهيدرونيوم H_3O^+، وهو أيون هيدروجين H^+ مرتبط مع جزيء ماء H_2O ، كما توضحه المعادلة التالية:

$$H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$$

ولكن ما تعريف الحمض؟ وما تعريف القاعدة؟ وضع العلماء تعريفات للأحماض والقواعد للإجابة عن السؤال التالي: إذا كان الماء النقي متعادلاً فكيف يصبح المحلول المائي حمضيًّا أو قاعديًّا؟

نموذج برونستد – لوري Bronsted – Lowry model

توصل العالمان الدنماركي يوهان برونستد والإنجليزي توماس لوري في وقت متزامن عام 1932م إلى مفهوم آخر أكثر شمولاً للأحماض والقواعد، فقد اقترح العالمان في نموذجهما أن **الحمض Acid** مادة لها القدرة على منح أيون الهيدروجين H^+ لمادة أخرى.

في حين أن **القاعدة Base** مادة لها القدرة على استقبال أيون الهيدروجين H^+ من مادة أخرى. بناء على ذلك، فإن تفاعل الحمض مع القاعدة يتضمن انتقال البروتون من الحمض إلى القاعدة.

ادرس التفاعل الآتي وحدد الحمض وفق تعريف برونستد – لوري:

$$NH_{3(aq)} + H_2O \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ستلاحظ من المعادلة السابقة أن الحمض ليس هو المادة التي تحتوي على أيون الهيدروجين، ولكنه المادة التي لها القدرة على منح أيون الهيدروجين، فبحسب تعريف برونستد – لوري

المفردات الجديدة

- الحمض Acid
- القاعدة Base

1933 – 1934م طوّر العلماء مقياس pH المحمول.

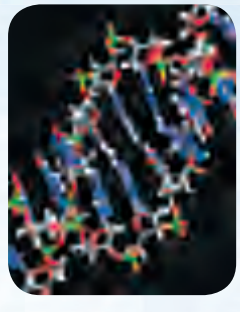
1980 – 1990م لا تحتوي مقاييس pH التي تشتمل على رقائق السليكون أجزاء زجاجية، وهي شائعة الاستعمال الآن في الصناعات الغذائية والتجميلية والدوائية.

2005م طوّر العلماء الأحماض المطورة، وهي أكثر حمضية من حمض الكبريتيك الذي تركيزه 100%. وتشمل تطبيقات هذه الأحماض إنتاج بلاستيك قوي وبنزين عالي الأوكتان.

2010 1990 1970 1950

1953م درس جايمس واطسون، وفرانسيس كريك، وروزالند فرانكلين الحمض النووي DNA، واضعين بذلك إطارًا للصناعة التكنولوجية الحيوية.

1963م اكتشف العلماء المطر الحمضي في أمريكا الشمالية؛ فقد بينت الدراسات أن المطر الملوث أكثر حمضية مئة مرة من المطر غير الملوث.



فـإن الأمونيـا NH_3 تصنف بوصفهـا قاعدة. فكيف تفسر السـلوك القاعـدي للأمونيا؟ اسـتقبل جزيء الأمونيا بروتونًا من الماء وتكون NH_4^+؛ ولذلك تعدّ الأمونيا قاعدة، بينما يعدّ الماء حمضًا؛ لأنه منح H^+. وتجدر الإشارة هنا إلى أن القاعدة تسمى قلويًّا عندما يضاف إليها الماء.

الأحماض والقواعد المرافقة Conjugate acids and conjuguate bases لاحظ أن التفاعل الطردي والتفاعل العكسي في التفاعلات السابقة هما تفاعلان لحمض وقاعدة، ويعـرف الحمض والقاعدة اللذان يتفاعلان في الاتجاه العكسي بأنهما حمض مرافق وقاعدة مرافقـة، **فالحمض المرافـق Conjugate acid** هو مركب كيميائي ينتج عندما تسـتقبل القاعدة أيون الهيدروجين، بينما **القاعدة المرافقة Conjugate base** هي مركب كيميائي ينتج عندما يمنح الحمض أيون الهيدروجين. ففي تأين حمض الإيثانويك (حمض الخليك) في الماء وفق المعادلة التالية:

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

لاحـظ أن جـزيء CH_3COOH وأيون CH_3COO^- متشـابهان في التركيب ويختلفان عن بعضهـما في بروتون واحد فقط، لذلك فهما يشـكلان معًا زوجًـا من الحمض والقاعدة المرافقة (زوج مترافق).

$$\underset{\text{حمض}}{CH_3COOH} \rightleftharpoons \underset{\text{قاعدة مرافقة}}{CH_3COO^-}$$

ولاحظ أيضًا أن جزيء H_2O وأيون H_3O^+ متشابهان في التركيب ويختلفان عن بعضهما في بروتون واحد فقط، لذلك فهما يشكلان معًا زوجًا من القاعدة والحمض المرافق (زوج مترافق).

$$\underset{\text{حمض مرافق}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{قاعدة}}{H_3O^+}$$

وبالرجوع إلى المعادلة الكلية، نجد أن معادلة التأين لحمض الإيثانويك تتألف من زوجين مترافقين كما يظهر في **الشكل 5–5**:

المفردات الجديدة

- الحمض المرافق
- Conjugate acid
- القاعدة المرافقة
- Conjugate base

المفردات

أصل الكلمة

مترافق **Conjugate**

معنـى كلمـة Conjugate في اللغة العربية مترافق، وقد أخذت هـذه الكلمة مـن اللغـة اللاتينية، وهي تعني:

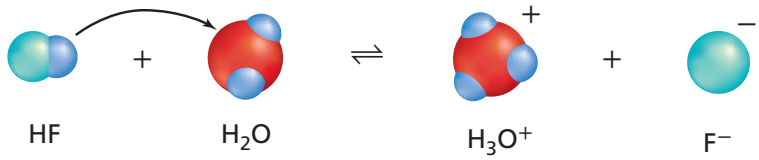
Con– بادئة بمعنى مع أو معًا.

jugate فعـل بمعنـى يتّصـل أو يتّحد.

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

القاعدة المرافقة — الحمض المرافق — القاعدة — الحمض

الشـكل 5–5 الأزواج المترافقـة مـن الأحماض والقواعد.



الشكل 6-5 يمنح فلوريد الهيدروجين أيون هيدروجين لجزيء الماء، لذا يُعَد فلوريد الهيدروجين حمضًا.

حدّد القاعدة المرافقة لفلوريد الهيدروجين.

ومـن الأمثلة على الأحماض والقواعد المرافقـة فلوريد الهيدروجين HF، الذي يعد حمضًا ضعيفًا بحسب نموذج برونستد – لوري، ويتفكك في الماء كما هو موضح في **الشكل 6–5**، ليمنـح أيون الهيدروجين H^+ إلى جزيء الماء في التفاعل الطردي (الأمامي)، فيصبح ناتج الحمـض HF هو قاعـدة مرافقة F^-، بينما تنتج القاعدة في التفاعـل الطردي، وهي في هذه الحالـة جـزيء المـاء H_2O، حمضًـا مرافقًـا H_3O^+؛ لأنها اسـتقبلت أيـون الهيدروجين من الحمض. بحسب المعادلة التالية:

$$\underset{\text{حمض}}{HF_{(aq)}} + \underset{\text{قاعدة}}{H_2O_{(l)}} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{حمض}\\\text{مرافق}}}{H_3O^+_{(aq)}} + \underset{\substack{\text{قاعدة}\\\text{مرافقة}}}{F^-_{(aq)}}$$

أمـا في التفاعل العكسي فتحدث العملية بشـكل معاكس؛ حيث تسـتقبل القاعدة المرافقة F^- أيـون الهيدروجـين من الحمض المرافـق H_3O^+ لتنتج حمـض HF، بينما يفقد الحمض المرافق H_3O^+ أيون الهيدروجين لينتج القاعدة، وهي في هذه الحالة جزيء الماء H_2O.

ومـن الأمثلـة الأخرى على الأحمـاض والقواعد المرافقـة الأمونيا NH_3 التـي تحتوي على الهيدروجـين، ولا تحتـوي عـلى مجموعـة الهيدروكسـيد OH، ومـع ذلـك فهـي تعتبر من القواعد بحسـب نموذج برونستد – لوري في التفاعل الأمامي، وذلك بسبب أن الأمونيا يستقبل أيون H^+ ليكوِّن أيون الأمونيوم NH_4^+ ، بحسب التفاعل التالي:

$$\underset{\text{قاعدة}}{NH_{3(aq)}} + \underset{\text{حمض}}{H_2O_{(l)}} \rightleftharpoons \underset{\text{حمض مرافق}}{NH_4^+{}_{(aq)}} + \underset{\text{قاعدة مرافقة}}{OH^-_{(aq)}}$$

أمـا في التفاعـل العكسي فيعطي أيـون الأمونيوم NH_4^+ أيون H^+ ليكـوّن جزيء أمونيا. وهكذا يعمل عمل حمض، بحسـب برونسـتد – لوري. ويكون بذلك أيون الأمونيوم هو الحمـض المرافق للقاعدة (الأمونيا). ويتقبل أيون الهيدروكسـيد أيـون H^+ ليكوّن جزيء مـاء. وهكذا يكون قاعدة بحسـب برونسـتد – لـوري. لذا يكون أيون الهيدروكسـيد هو القاعدة المرافقة للحمض والماء.

الجدول 1-5 الأزواج من الحمض – القاعدة المرافقة

الحمض	القاعدة المرافقة
$HClO_4$	ClO_4^-
HNO_3	NO_3^-
HCl	Cl^-
H_3O^+	H_2O
NH_4^+	NH_3
H_2O	OH^-

المفردات الجديدة

- مترددة (أمفوتيرية)
- Amphoteric

ومن ذلك نستنتج أن: القاعدة المرافقة هي صيغة الحمض ناقصًا منها (H^+)، بينما الحمض المرافق هو صيغة القاعدة مضافًا إليها (H^+). وهكذا، فإن أي تفاعل يشتمل على انتقال H^+ من حمض إلى قاعدة يتألف من زوجين مترافقين من حمض وقاعدة. ويوضح **الجدول 1-5** الأزواج من الحمض والقاعدة المرافقة.

تذكّر أنه عندما يذوب HF في الماء فإن الماء يسلك سلوك القاعدة؛ وعندما تذوب الأمونيا NH_3 في الماء، فإن الماء يسلك سلوك الحمض. لذا يسلك الماء سلوك الحمض أو القاعدة بحسب طبيعة المواد المذابة في المحلول. ويُسمى الماء والمواد الأخرى التي تستطيع أن تسلك سلوك الأحماض والقواعد مواد **مترددة (أمفوتيرية) Amphoteric**.

أهمية نموذج برونستد – لوري The importance of Bronsted – Lowry model

يمكن لتعريف برونستد – لوري أن يفسر سلوك الأحماض والقواعد التي تحتوي على أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد. ويمكن لتعريف برونستد – لوري أن يفسر القواعد التي لا تحتوي على OH^- مثل الأمونيا NH_3 أو الأيونات HS^- أو CO_3^{2-}. وكذلك لا يشترط التعريف توافر الوسط المائي. وأيضًا يمكن للتعريف أن يفسر الخواص الحامضية والقاعدية للأملاح بعد تفككها في الماء.

مسائل تدريبية

حَدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في التفاعلات الآتية:

1. $HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_3^-$
2. $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$
3. $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HCO_3^-$

قد يكون حمض برونستد – لوري

- حمض يحتوي على الهيدروجين مثل: CH_3COOH ، H_2CO_3 ، HF ، HCN ، HCl.
- أيونًا موجبًا مثل: H_3O^+ ، NH_4^+ ، H_3S^+.
- أيونًا سالبًا يحتوي على هيدروجين مثل: HS^- ، HSO_4^- ، HCO_3^-.

وقد تكون قاعدة برونستد – لوري:

- قاعدة تحتوي على الهيدروكسيد مثل: KOH ، $NaOH$
- جزيئًا متعادلًا مثل: $C_6H_5NH_2$ ، N_2H_4 ، CH_3NH_2 ، NH_3.
- أيونًا سالبًا مثل: S^{2-} ، HS^- ، OH^- ، CO_3^{2-} ، HSO_4^- ، CH_3COO^-

التقويم 5-1

الخلاصة

- تعد الأحماض والقواعد من المركبات الكيميائية المهمة في حياتنا اليومية.
- الأحماض ذات طعم حمضي لاذع، بينما القواعد ذات طعم مر وملمس صابوني، ومحاليلها موصلة للتيار الكهربائي.
- الحمض عند برونستد – لوري هو المادة التي لها القدرة على منح أيون الهيدروجين H^+ لمادة أخرى.
- القاعدة عند برونستد – لوري هي المادة التي لها القدرة على استقبال أيون الهيدروجين H^+ من مادة أخرى.
- الحمض المرافق هو القاعدة بعد اكتساب أيون الهيدروجين.
- القاعدة المرافقة هي الحمض بعد فقدان أيون الهيدروجين.

4. **الفكرة الرئيسة** ما المقصود بالحمض والقاعدة بحسب تعريف برونستد – لوري؟
5. **صنّف** المواد الآتية إلى أحماض وقواعد:
   a. منظف الأفران
   b. عصارة المعدة
   c. هيدروكسيد البوتاسيوم
   d. الخل
6. **حَدِّد** الأزواج المترافقة من الأحماض والقواعد بحسب برونستد– لوري في المعادلة الآتية:

$$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

7. **حَدِّد** الخصائص الفيزيائية العامة لكلٍّ من الأحماض والقواعد.
8. ما أهمية نموذج برونستد – لوري في تعريف الحمض والقاعدة؟

5-2

قوة الأحماض والقواعد

Strength of Acids and Bases

الفكرة الرئيسة **تتأين الأحماض والقواعد القوية في المحاليل تأينًا تامًّا، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة في المحاليل تأينًا جزئيًّا.**

الربط مع الحياة هل شاهدت يومًا أحد أقاربك يضع قطرة في عينيه، كثيرًا ما تحتوي قطرات العيون على حمض البوريك H_3BO_3، لماذا تعتقد أن هذا الحمض يمكن وضعه في العين بأمان؟ وهل يمكن استخدام جميع الأحماض في قطرات العيون؟

قوة الأحماض والقواعد Strength of acids and bases

تتفاوت الأحماض والقواعد في قوتها، فبعضها ضعيف يمكن استخدامه في حياتنا اليومية، مثل: حمض الخل الذي يستخدم في الطعام، وحمض البوريك الذي يستخدم في قطرات العيون، انظر **الشكل 8–5**، وبعضها قوي مثل حمض الكبريتيك لا ينصح بملامسته الجلد أو العيون؛ لأنه مادة كاوية.

وكذلك الأمر بالنسبة للقواعد، فبعضها ضعيف يمكن استخدامه في حياتنا اليومية مثل: الأمونيا التي تستخدم في محاليل تنظيف الزجاج، وهيدروكسيد الماغنسيوم الذي يستخدم في أدوية مضادات الحموضة. وهناك القواعد القوية أو الكاوية التي لا يسمح بملامستها للجلد والعين كذلك، ومنها: الصودا الكاوية أو هيدروكسيد الصوديوم التي تدخل في صناعة الصابون.

هناك نوعان من القواعد، نوع يذوب في الماء يسمى قلويات، والنوع الآخر لا يذوب في الماء. لذلك فإن كل القلويات قواعد، ولكن ليست كل القواعد قلويات.

الشكل 8–5 يستخدم حمض البوريك في قطرات العيون؛ لأنه حمض ضعيف.

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

10.21.2 – 10.21.6

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.3.1 – 10A.3.4 – 10A.1.6

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يربط** قوة الحمض أو القاعدة مع درجة تأيُّن كلٍّ منها.
- **يستخدم** مقياس pH للتعرف على درجة حموضة المحاليل المختلفة.
- **يبين** تأثير الكواشف في محاليل الأحماض والقواعد.

مراجعة المفردات

التأين: تفكك المادة إلى أيونات سالبة وأيونات موجبة في المحلول المائي.

قوة الحمض ونموذج برونستد - لوري

Acid's strength and Bronsted–Lowry model

توصل الأحماض والقواعد القوية التيار الكهربائي بشكل كبير، أما الأحماض والقواعد الضعيفة فيكون توصيلها للتيار الكهربائي ضعيفًا. وللكشف عن قوة الأحماض والقواعد يوضع محلول الحمض أو القاعدة بنفس التركيز في الجهاز الموضح في **الشكل 9–5**، وملاحظة شدة إضاءة المصباح.

ولكن، لماذا هذا التفاوت في شدة إضاءة المصباح بين الأحماض القوية والأحماض الضعيفة؟ انظر **الشكل 10a–5** ولاحظ كيف تتفكك (تتأين) الأحماض القوية كليًّا في الماء، كما هو موضح في المعادلة العامة التالية:

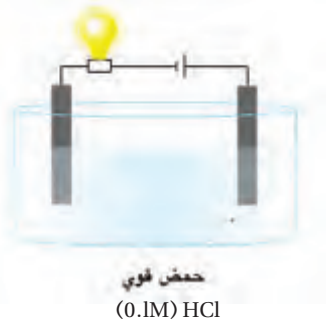
$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

أما الأحماض الضعيفة فتتفكك جزئيًّا في الماء، كما هو موضّح في **الشكل 10b–5** ويكون تأين الحمض الضعيف في الماء بشكل عام بحسب المعادلة الكيميائية التالية:

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

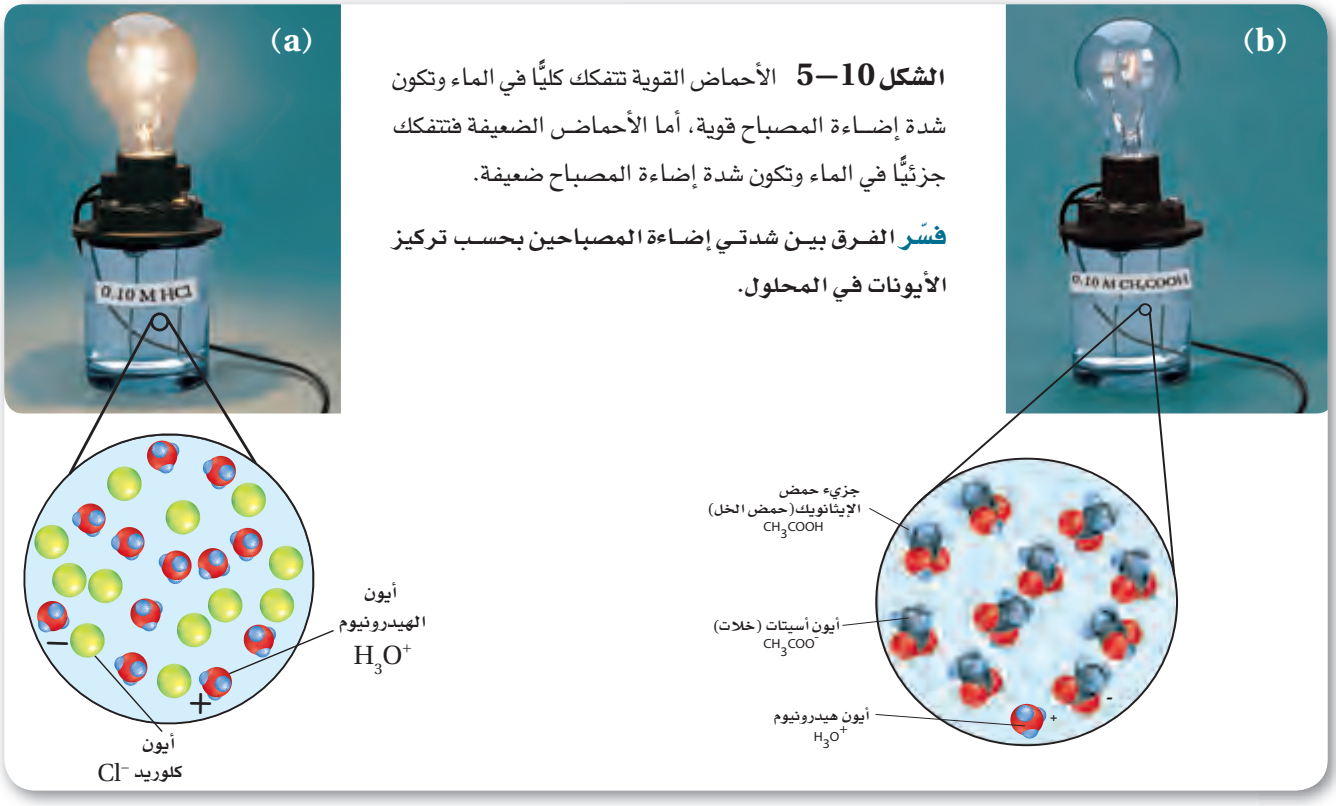
وعند كتابة المعادلة الكيميائية، يجب توضيح ما إذا كان الحمض أو القاعدة المتأينة قوية أم ضعيفة؛ وذلك من خلال السهم الموجود في المعادلة، فإذا كان السهم أحادي الاتجاه دلَّ ذلك على أن الحمض أو القاعدة قوي، ويتفكك كليًّا في الماء، وتكون

الشكل 9–5 الأحماض القوية توصل الكهرباء بشكل كبير، بينما توصل الأحماض الضعيفة الكهرباء بشكل ضعيف.



حمض قوي
(0.1M) HCl

حمض ضعيف
(0.1M) CH_3COOH



الشكل 10–5 الأحماض القوية تتفكك كليًّا في الماء وتكون شدة إضاءة المصباح قوية، أما الأحماض الضعيفة فتتفكك جزئيًّا في الماء وتكون شدة إضاءة المصباح ضعيفة.

فسّر الفرق بين شدتي إضاءة المصباحين بحسب تركيز الأيونات في المحلول.

موصليته للتيار الكهربائي عالية. انظر إلى المعادلتين الآتيتين لتفكك حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم في الماء:

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أما إذا كانت الأسهم متعاكسة فيدلّ ذلك على أن الحمض أو القاعدة ضعيف، ويتفكك جزئيًّا في الماء، وتكون موصليته للتيار الكهربائي ضعيفة. انظر إلى المعادلتين الآتيتين لتفكك حمض الإيثانويك (الخليك) في الماء، وتفكك هيدروكسيد الأمونيوم في الماء:

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

$$NH_4OH_{(aq)} \rightleftharpoons NH^+_4 + OH^-_{(aq)}$$

هل يستطيع نموذج برونستد–لوري تفسير سبب تأين الأحماض القوية مثل حمض HCl كليًّا، بينما لا تكوِّن الأحماض الضعيفة مثل حمض CH_3COOH إلا القليل من الأيونات. تقاس قوة الحمض بحسب تعريف برونستد – لوري بمقدار ميله لمنح البروتون، أما القاعدة فتقاس قوتها بمقدار ميلها لتقبل البروتون والاحتفاظ به.

تفكك حمض HCl ذكرنا أن حمض HCl حمض قوي يتفكك كليًّا في الماء. وينتج من ذلك القاعدة المرافقة Cl^-. وفي الوقت نفسه، يسلك الماء سلوك القاعدة؛ لأنه يستقبل البروتون، وينتج من ذلك الحمض المرافق H_3O^+:

$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ماذا قرأت؟ حَدِّد المواد الموجودة في محلول مائي من حمض الكبريتيك H_2SO_4.

تدرج الخواص الحمضية والقاعدية في الجدول الدوري

Acidity and basicity through periodic table تعلمت سابقًا أن الأحماض والقواعد عندما تتفاعل مع الأكسجين تنتج أكاسيد، وتنقسم هذه الأكاسيد إلى أكاسيد حمضية، وأكاسيد قاعدية، وأكاسيد مترددة.

فالأكاسيد الحمضية هي أكاسيد اللافلزات مثل P_2O_5 ، SO_3 ، SO_2 ، CO_2 وهي تذوب في الماء وتعطي أحماضًا، ولذلك تسمى أكاسيد اللافلزات الأكاسيد الحمضية، وهي تتفاعل مع القلويات وتعطي ملحًا وماء. أما الأكاسيد القاعدية فهي أكاسيد الفلزات مثل CuO ، K_2O ، Na_2O ، MgO وبعضها يذوب في الماء ويكون قلويات (أكاسيد قلوية). بعضها لا يذوب في الماء مثل PbO ، Ag_2O ، Fe_2O_3 ، CuO، وتتفاعل الأكاسيد القاعدية مع الأحماض منتجة ملحًا وماءً. والأكاسيد المترددة هي الأكاسيد التي تتفاعل مع الأحماض بوصفها أكاسيد قاعدية، وتتفاعل مع القلويات بوصفها أكاسيد حمضية، وينتج في الحالتين ملح وماء، مثل SnO ، Sb_2O_3 ، ZnO ، Al_2O_3 .

وتتدرج الخواص الحمضية والقاعدية للأكاسيد في الجدول الدوري كالتالي:

أولًا: في الدورة الأفقية: تقل الصفة القاعدية للأكاسيد، بينما تزداد الصفة الحمضية لها بزيادة العدد الذري، وذلك لنقص نصف القطر الذري؛ لأن ذلك يؤدي إلى زيادة شحنة النواة، وزيادة قوة الرابطة بين العنصر ومجموعة الهيدروكسيد، وبالتالي صعوبة كسر الرابطة بينهما لكي تعطي أيون الهيدروكسيد.

ثانيًا: في المجموعة الرأسية: تزداد الصفة القاعدية والحمضية بزيادة العدد الذري، وذلك بسبب زيادة نصف القطر الذري وضعف قوى الترابط بين العنصر ومجموعة الهيدروكسيد، مما يؤدي إلى سهولة انفصال أيون الهيدروكسيد السالب.

الرقم الهيدروجيني Power of hydrogen (pH)

يوصف الحمض بأنه قوي أو ضعيف اعتمادًا على درجة تأينه في الماء، فإذا كان الحمض قويًّا، كما هو الحال في حمض الهيدروكلوريك، فإن معظم جزيئاته تتأين عند تفاعله مع الماء؛ مما يؤدي إلى تكوُّن كمية كبيرة نسبيًّا من أيونات H^+، فتظهر الصفات الحمضية بشكل قويٍّ، أما إذا كان الحمض ضعيفًا مثل حمض الإيثانويك، فإن عدد الجزيئات التي تتأين سيكون قليلًا جدًّا، ويتبقى الجزء الأكبر من الجزيئات دون تأين، ولا ينتج إلا كميات قليلة جدًّا من أيونات H^+، فتضعف الصفات الحمضية للمحلول.

معظم الأحماض تكون ضعيفة؛ أي أنها تتأين بكميات قليلة في الماء، وعند الاتزان تحتوي المحاليل المائية للأحماض الضعيفة على خليط من جزيئات الأحماض غير المتأينة وأيونات H_3O^+ والقاعدة المرافقة لها.

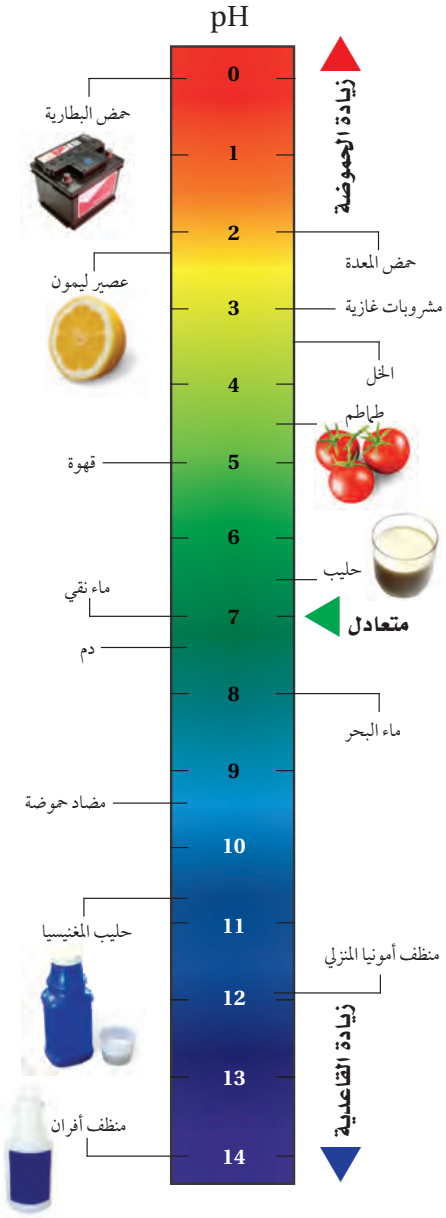
الرقم الهيدروجيني Power of hydrogen(pH) يُعرف **الرقم الهيدروجيني Power of hydrogen (pH)** بأنه مقياس لتحديد تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في المحلول، ويُرمز له بالرمز pH. ويقاس الرقم الهيدروجيني باستخدام مقياس مدّرج من 0 إلى 14 يعرف بمقياس الرقم الهيدروجيني، وفي هذا المقياس، يعتبر الماء المقطر محلولًا متعادلًا؛ لأن تركيز أيونات H^+ فيه مساوٍ لتركيز أيونات OH^- في المحلول، وتكون قيمة pH له تساوي 7، أما قيمة pH للمحاليل الحمضية فتكون أقل من 7، في حين تكون قيمة pH للمحاليل القاعدية أكبر من 7.

وكما تم ذكره سابقًا تعتمد حموضة المحاليل على قدرة الحمض على منح بروتون أو عدمه، فكلما كان الحمض قادرًا على منح بروتون بشكل أكبر كان الحمض قويًّا، أما إذا كان الحمض غير قادر على منح البروتون فهو بالتأكيد حمض ضعيف، انظر **الشكل 11-5**.

ماذا قرأت؟ متى يكون المحلول متعادلًا؟

المفردات الجديدة

- الرقم الهيدروجيني
- Power of hydrogen



الشكل 11-5 قارن بين قيم pH لهذه المواد المألوفة.

حدّد أيهما يحتوي على أعلى تركيز لأيونات H^+: ماء البحر أم المنظف المنزلي؟

الجدول 2-5 بعض الكواشف المستخدمة في تحديد حمضية أو قاعدية المحلول

الكاشف	منطقة تغير اللون بحسب pH	اللون في الوسط الحمضي	اللون في الوسط القاعدي
المثيل البرتقالي	3.1– 4.4	أحمر	أصفر
الفينولفثالين	8.3 – 10	عديم اللون	وردي
تبّاع الشمس	5.0 – 8.0	أحمر	أزرق
أزرق بروموثيمول	3.0 – 4.6	أصفر	أزرق

الكواشف (الأدلة) Indicators لعلك لاحظتَ من خلال الدرس الأول أن الأحماض والقواعد تؤثر في ورقة تبّاع الشمس، فتغير الأحماض لونَها إلى اللون الأحمر، وتغير القواعد لونها إلى اللون الأزرق. إن تغير لون ورقة تباع الشمس ناتج عن تغير في لون المادة الملونة الموجودة في الورقة التي تسمى كاشفًا Indicator. فما الكاشف؟ وهل هناك مواد أخرى يمكن استخدامها كواشف لتحديد حمضية أو قلوية المحاليل؟

للحكم على حمضية أو قاعدية محلول ما، نستخدم عادة **الكواشف Indicators**؛ وهي أحماض أو قواعد عضوية ضعيفة يختلف لونها بحسب المحلول الذي تتفاعل معه انظر **الجدول 2–5** الذي يمثل بعض الكواشف المستخدمة في تحديد حمضية أو قلوية المحاليل.

أما **الدليل العام Universal indicator** الذي يتكون من مزيج من الكواشف، ويمتاز بأن لونه يتغير بتغير قيم pH لأي محلول، يختلف عن الكواشف الأخرى مثل تبّاع الشمس والفينولفثالين، والميثيل البرتقالي، التي يتغير لونها في مدى معين من قيم pH. ويوضح **الجدول 3–5** في الصفحة المقابلة بعض الأحماض والقواعد الشائعة بحسب قوتها.

وهناك جهاز خاص يستخدم لقياس الرقم الهيدروجيني يعطي قياسات أكثر دقة من الدليل العام يسمى جهاز قياس الرقم الهيدروجيني pH meter كما هو موضح في **الشكل 12–5**.

المفردات الجديدة

- الكواشف
- Indicators
- الدليل العام
- Universal indicator

الدليل العام

جهاز قياس الرقم الهيدروجيني pH meter

الشكل 12–5 يوضح بعض الأدوات والأجهزة التي تستخدم لقياس قيمة pH.

الجدول 3-5 بعض الأحماض والقواعد الشائعة

اسم الحمض	الصيغة الكيميائية	قوته النسبية
الأستيك (الخليك)	CH_3COOH	ضعيف
الكربونيك	H_2CO_3	ضعيف
الفورميك (حمض النمل)	$HCOOH$	ضعيف
الهيدروكلوريك	HCl	قوي
النيتريك	HNO_3	قوي
الكبريتيك	H_2SO_4	قوي
اسم القاعدة	**الصيغة الكيميائية**	**قوتها النسبية**
هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$	قوية
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	قوية
الأمونيا	NH_3	ضعيفة
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	قوية
هيدروكسيد الماغنسيوم	$Mg(OH)_2$	ضعيفة

التقويم 5-2

الخلاصة

- تتأين الأحماض والقواعد القوية كليًّا في المحاليل المائية.
- تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة جزئيًّا في المحاليل المائية.
- يستخدم مقياس الرقم الهيدروجيني لتحديد تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في المحلول ويُرمز لها بالرمز pH.
- يتكون الدليل العام من مزيج من الكواشف، ويمتاز بأن لونه يتغير بتغير قيم pH لأي محلول.

9. الفكرة الرئيسة ما المقصود بالرقم الهيدروجيني؟ وكيف يمكن معرفة ما إذا كان المحلول حمضيًّا أم قاعديًّا أم متعادلًا من خلاله؟

10. إذا كانت قيم pH لعدد من المحاليل هي: 3، 10، 1، 7، 4، 9. فأجب عن الأسئلة التالية:

a. صنِّف هذه المحاليل إلى محاليل حمضية أو قاعدية أو متعادلة.

b. ما اللون الذي يظهره كاشف الفينولفثالين عند وضعه في محلول قيمة pH له تساوي 10؟ فسِّر إجابتك.

c. إذا علمت أن ثلاثة من هذه المحاليل حمضية، وكان أحدها محلول الهيدروكلوريك، فأي قيم pH يحتمل أن تناسبه؟

11. **التفكير الناقد** لماذا ينصح عادة بشرب الحليب البارد عند تناول مادة حمضية حارقة عن طريق الخطأ؟

12. **تحفيز** حدّد المواد الموجودة في محلول مائي لحمض الخليك CH_3COOH.

5-3

تفاعلات التعادل Neutralization Reactions

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

10.21.3 – 10.21.4 – 10.21.5

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.1.2 – 10A.1.4 – 10A.1.8 – 10A.4.1 – 10A.4.2

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يكتب** معادلات كيميائية لتفاعلات التعادل.
- **يوضح** شروط عملية المعايرة بين الحمض والقاعدة.
- **يرسم** منحنيات المعايرة بين الأحماض والقواعد.
- **يوضح** مفهوم المحلول المنظم.

مراجعة المفردات

الحمض: مادة لها القدرة على منح أيون الهيدروجين لمادة أخرى.

الفكرة الرئيسة **يتفاعل الحمض مع القاعدة في تفاعل التعادل لينتجا ملحًا وماءً.**

الربط مع الحياة في لعبة شد الحبل، نقول إن الفريقين متعادلان إذا كانت قوة الفريق الأول تساوي قوة الفريق الثاني، وكذلك الأمر بالنسبة لتفاعل التعادل؛ حيث يكون المحلول متعادلًا إذا تساوت أعداد أيونات H^+ وأيونات OH^-.

تفاعل الحمض والقاعدة لتكوين الملح

Acid – base reaction to form salt

يعاني الكثير من الناس حرقة في فم المعدة، وخصوصًا بعد تناولهم الكثير من الطعام دفعة واحدة، أو تناول الطعام قبل النوم مباشرة، فينصحهم الطبيب بتناول أقراص مضادة للحموضة، انظر **الشكل 13–5**؛ لتخفِّف من حالة عدم الارتياح التي يعانون منها، ولكن ما الذي حدث ليشعر الشخص المصاب بحرقة في معدته بارتياح بعد تناوله أحد مضادات الحموضة؟ أنت تعلم أن المعدة تنتج حمض الهيدروكلوريك ليساعد على هضم الطعام، ولكن عند إنتاج الكثير منه بسبب التناول المفرط في الطعام يشعر الشخص بحرقة في معدته تشعره بعدم الارتياح، وعند تناول أقراص مضادات الحموضة تتفاعل المادة القاعدية الموجودة في الأقراص مع حمض الهيدروكلوريك في المعدة وتعادلها، فلا يشعر الشخص المصاب بالألم بعدها.

تفاعلات التعادل Neutralization reactions عرفت سابقًا أن الحمض مادة لها القدرة على منح بروتون أو أيون الهيدروجين H^+، بينما القاعدة مادة لها القدرة على استقبال البروتون، أو إنتاج أيون الهيدروكسيد OH^- في الماء. ونظرًا لوجود هذين الأيونين المختلفين في الشحنة، يحدث تفاعل بين الحمض والقاعدة، كالتفاعل الذي يحدث بين الحمض القوي HCl والقاعدة القوية NaOH، بحسب التفاعل التالي:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وبما أن كلًّا من HCl وNaOH و NaCl مواد متأينة في الماء، فإنه يمكن كتابة المعادلة الأيونية كما سبق أن درست في الفصل الدراسي الأول بالشكل الآتي:

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الشكل 13–5 تحتوي مضادات الحموضة على هيدروكسيد الماغنسيوم الذي يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك في المعدة ويعادله.

وبما أن أيوني Na^+ و Cl^- موجودان في المتفاعلات والنواتج، فإنه يمكن حذفهما من المعادلة؛ لأنهما لم يدخلا حقيقة في التفاعل، هل تذكر ماذا كانت تسمى تلك الأيونات؟

وبذلك تصبح المعادلة كالآتي: $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

وعند وضع ورقتي تبّاع الشمس في المحلول الناتج من التفاعل السابق، لا يتغيّر لونهما، مما يدل على أن المادة الناتجة ليست حمضية ولا قاعدية؛ أي أن الحمض والقاعدة تعادلا وكوّنا محلولاً وسطًا، ويسمى التفاعل الناتج عن حمض وقاعدة **تفاعل التعادل Neutralization reaction**. أما المادة المتبقية بعد تبخُّر الماء فهي ملح الطعام NaCl (عند تسخين الناتج). وقد وضع العلماء أكثر من تعريف للملح، ولكن أكثر هذه التعاريف شيوعًا هو أن **الملح Salt** مركب أيوني؛ يتكون من أيون موجب (كاتيون) من قاعدة، وأيون سالب (أنيون) من حمض.

فالأحماض والقواعد تتفاعل معًا لإنتاج ملح وماء، ويمكن التعبير عن تفاعلات الأحماض والقواعد بالقاعدة العامة الآتية: حمض + قاعدة ⟵ ملح + ماء

تحضير الأملاح Salt preparation تعتبر بعض الأملاح مواد إلكتروليتية؛ إذ إنها توصل التيار الكهربائي عند ذوبانها في الماء؛ لأنها تتفكك إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة ، ومن أمثلتها ملح الطعام NaCl.

يمكن تحضير الأملاح بطرق عدة، منها :

تفاعل حمض مع قاعدة: مثل تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم:

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

تفاعل حمض مع ملح: مثل تفاعل حمض الكبريتيك مع ملح كلوريد الصوديوم:

$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaCl_{(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2HCl_{(aq)}$$

تفاعل ملح مع قاعدة: مثل تفاعل كبريتات النحاس مع هيدروكسيد الصوديوم:

$$CuSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

تفاعل ملح مع فلز: ومن أمثلتها تفاعل كبريتات النحاس مع الحديد:

$$CuSO_{4(aq)} + Fe_{(s)} \longrightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

تفاعل ملح مع ملح: ومن أمثلتها تفاعل كلوريد الصوديوم مع نيترات الفضة:

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

تفاعل حمض مع فلز: ومن أمثلتها تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الخارصين:

$$2HCl_{(aq)} + Zn_{(s)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

تفاعل حمض مع أكسيد الفلز: ومن أمثلتها تفاعل حمض الكبريتيك مع أكسيد الكالسيوم:

$$H_2SO_{4(aq)} + CaO_{(s)} \longrightarrow CaSO_{4(s)} + H_2O_{(l)}$$

المفردات الجديدة

- تفاعل التعادل
- Neutralization Reaction
- Salt الملح

تجربة

تفاعل حمض مع أكسيد فلز

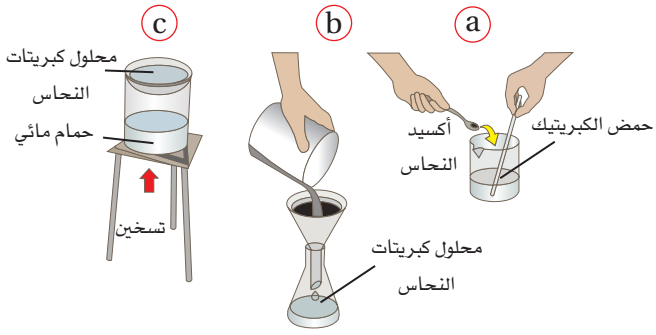
الخطوات

تحذير: حمض الكبريتيك يؤذي الجلد والعيون، فاحذر من لمسه أو تقريبه من وجهك ووجه زميلك.

1. ضع 25 mL من حمض الكبريتيك في دورق صغير.
2. أضف مسحوق أكسيد النحاس تدريجيًّا مع التحريك بساق زجاجية إلى أن يتوقف حدوث التفاعل. كيف تعرف أن الحمض كله قد تفاعل؟
3. رَشِّح المزيج حتى تحصل على راشح نظيف وأزرق اللون.
4. إذا بقيت آثار للمسحوق الأسود في المحلول، فاسكب المحلول في صحن تبخير، وسَخِّن الصحن في حمام مائي، كما تشاهد في الشكل المجاور.
5. توقف عن التسخين عندما تشاهد تكون بلورات على حواف الصحن.
6. اترك المحلول عدة أيام حتى تتشكل البلورات ببطء.

التحليل

1. ما اسم الملح الناتج؟
2. اكتب معادلة التفاعل.



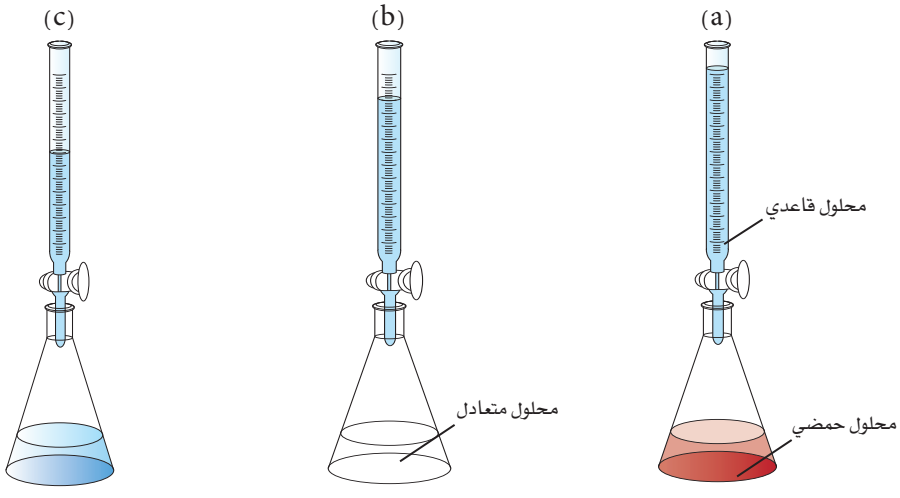
نقطة التكافؤ للمعايرة Equivalence point of a titration

المفردات الجديدة

- المعايرة • Titration

المعايرة Titration هي طريقة تستخدم لتحديد تركيز محلول ما، وذلك بتفاعل حجم معلوم منه مع محلول معلوم التركيز (قياسي) من سحاحة إلى كمية معروفة من المحلول مجهول التركيز في الدورق حتى يكتمل التفاعل، انظر **الشكل 14–5**. وعند القيام بعملية معايرة بسيطة لحمض – قاعدة، تستخدم دليلًا معينًا يبين لك بدقة عن طريق تغير لونه أن الأحماض والقلويات قد اختلطت بنسب صحيحة ليعادل بعضها بعضًا. ويوصف ذلك بنقطة نهاية المعايرة.

ولتتم المعايرة، لابد أن تتوافر عدة شروط منها: أن يكون تفاعلًا سريعًا وتامًّا، وأن يكون تفاعلًا وحيدًا من دون أي تفاعلات ثانوية مرافقة، وأن تكون هناك طريقة تمكننا من تحديد نهاية التفاعل مثل تغير لون الدليل.



الشكل 14–5 عند معايرة حمض مع قاعدة يستعمل مقياس pH لقياس الرقم الهيدروجيني للمحلول الحمضي في الكأس، في حين تتم إضافة محلول قاعدي معروف التركيز بالسّحاحة. ويستخدم كاشف (تباع الشمس) لتحديد نقطة التعادل.

(a) يكون المحلول أحمر اللون قبل إضافة القاعدة.

(b) يصبح لون المحلول شفافًا عند تساوي تركيز الحمض مع القاعدة (نقطة التعادل).

(c) يتحول المحلول إلى اللون الأزرق عند الاستمرار في إضافة القاعدة إليه بعد نقطة التعادل.

منحنيات المعايرة Titration Curves

إذا استُخدم دليل لوني يتغير لون الدليل عند نقطة التكافؤ، التي تختلف قليلًا عن نهاية المعايرة؛ لأن نقطة التكافؤ يتم تعيينها بحسب العناصر المتفاعلة، بينما نهاية المعايرة يحددها تغير لون الدليل. ولهذا يجب اختيار الدليل اللوني المناسب بغرض تقليل نسبة الخطأ في المعايرة. فعلى سبيل المثال، إذا كانت نقطة التعادل عند pH تساوي 8.4 يكون استخدام الفينولفثالين أفضل من استخدام دليل أليزارين أصفر؛ حيث إن الفينولفثالين يخفض نسبة الخطأ.

منحنى المعايرة هو رسم بياني يمثل التغير في الرقم الهيدروجيني pH مع الحجم المضاف من الحمض أو القاعدة، كما أنه يبين كيف يتغير pH بالقرب من نقطة التكافؤ، وهي النقطة التي يتفاعل عندها الحمض تمامًا أو يتعادل مع القاعدة، بالإضافة إلى ذلك فإنه يوضح كيفية اختيار الدليل المناسب للمعايرة، حيث يجب أن يغير الدليل لونه عند نهاية المعايرة، وهي أول نقطة يتغير عندها لون الدليل، ويجب أن تنطبق نقطة نهاية المعايرة على نقطة التكافؤ أو تكون قريبة منها، بحدوث تغير مفاجئ في pH بالقرب من نقطة التكافؤ.

يستخدم جهاز مقياس الحموضة لقياس التغير في pH مع استمرار إضافة القاعدة إلى الحمض أو إضافة الحمض إلى القاعدة حتى الوصول إلى نقطة التكافؤ، ثم يمكن الاستمرار في الإضافة بعد نقطة التكافؤ لرصد الارتفاع أو الانخفاض التدريجي في قيمة pH.

أشكال منحنيات المعايرة Types of titration curves

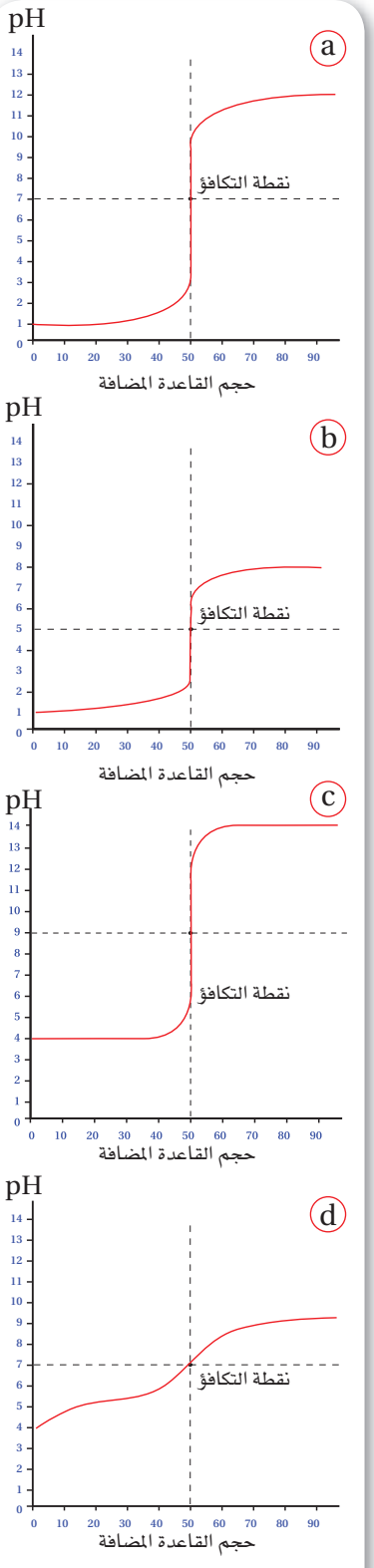
تختلف أشكال منحنيات المعايرة بحسب قوة الحمض والقاعدة المستخدمين في عملية المعايرة، ولذلك توجد أربع حالات أو أنواع لمعايرة التعادل، وهي:

أولًا: معايرة حمض قوي وقاعدة قوية (HCl وNaOH): يوضح **الشكل 5–15a** منحنى معايرة محلول HCl تركيزه 0.01M مع محلول NaOH بنفس التركيز، وذلك بإضافة محلول NaOH من السحاحة إلى الدورق المخروطي الذي يوجد فيه الحمض.

تكون قيمة pH لمحلول الحمض قبل البدء في إضافة المحلول القاعدي أقل من 7، وتتغير قيمة pH للمحلول بإضافة أحجام مختلفة من المحلول القاعدي فتزايد أولًا ببطء، وعند الاقتراب من نقطة التكافؤ ترتفع قيمة pH بحدة أكثر، وعند نقطة التكافؤ يكون المنحنى رأسيًّا موازيًا لمحور الصادات، حيث يكون التغير في قيمة pH كبيرًا ومفاجئًا (من 3 إلى 10) تقريبًا.

تكون قيمة pH عند نقطة التكافؤ 7؛ وذلك لأن أيونات OH^- المستهلكة من القاعدة تساوي أيونات H^+ المستهلكة من الحمض، ولذلك يكون الملح الناتج من المعايرة ملحًا متعادلًا وهو ملح الطعام NaCl في هذه الحالة.

الدليل المناسب لهذه المعايرة يجب أن يكون مداه في حدود التغير المفاجئ في قيمة pH بالقرب من نقطة التكافؤ؛ أي يمكن استخدام أي دليل مداه بين 3 إلى 10، ولذلك يصلح مثلًا كل من الميثيل البرتقالي الذي مداه (3.1 – 4.4) والفينولفثالين الذي مداه (8.3–10) لهذه المعايرة.



الشكل 5–15 يوضح منحنى المعايرة نقطة التكافؤ عند تفاعل حمض مع قاعدة في الحالات الأربع.

ثانيًا: معايرة حمض قوي وقاعدة ضعيفة ($HClO_4$ و NH_3): يمثل الشكل **5–15b** منحنى معايرة من حمض الهيبوكلوريك مع محلول الأمونيا. لاحظ أنه قبل بدء المعايرة كانت قيمة pH=1، والتغير المفاجئ في pH يكون من 7–3 تقريبًا، هل يمكنك تحديد أي الدليلين يصلح لهذه المعايرة: الميثيل البرتقالي أم الفينولفثالين؟ وتقع نقطة التكافؤ عند pH أقل من 7، ويكون الملح الناتج حمضيًّا.

ثالثًا: معايرة حمض ضعيف وقاعدة قوية (CH_3COOH و KOH): يوضح الشكل **5–15c** منحنى المعايرة بين محلول حمض الخليك ومحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.

يظهر المنحنى بشكل مختلف عن منحنى المعايرة السابقة، حيث إن قيمة pH قبل بداية إضافة المحلول القاعدي تقارب 2.89. ويكون التغير المفاجئ في pH ما بين 7 الى 10 تقريبًا، ونقطة التكافؤ أعلى من 7، وذلك لأن محلول الملح الناتج يكون قاعديًّا.

ماذا قرأت؟ لماذا يعتبر دليل الميثيل البرتقالي غير مناسب لهذه المعايرة، بينما يمكن استخدام دليل الفينولفثالين؟

رابعًا: معايرة حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة (CH_3COOH وNH_3): يلاحظ من الشكل **5–15d** أن التغير بالقرب من نقطة التكافؤ تدريجي وبطيء، والجزء الرأسي من المنحنى أقصر من أن يُلاحَظ، ولا يوجد دليل مناسب لهذه المعايرة لذلك يستخدم جهاز الحموضة pH meter لتعيين قيم pH لهذا النوع من المعايرة، ويكون الملح الناتج قاعديًّا. ويبين **الجدول 4–5** قيمة pH عند نقطة نهاية المعايرة في أنواع المعايرة المختلفة، والدليل المناسب للكشف عنها.

الجدول 4-5 أنواع المعايرة

نوع المعايرة	قيمة pH عند نقطة نهاية المعايرة	الدليل المناسب
حمض قوي- قاعدة قوية	7	أزرق بروموثيمول
حمض قوي- قاعدة ضعيفة	أقل من 7	الميثيل البرتقالي
حمض ضعيف- قاعدة قوية	أكبر من 7	فينولفثالين
حمض ضعيف – قاعدة ضعيفة	غير محددة	لا يوجد

المفردات الجديدة

- المحاليل المنظمة Buffers •

المحاليل المنظمة Buffers

ما المحلول المنظم؟ What are buffers? المحاليل المنظمة **Buffers** هي محاليل تتغيّر قيمة الرقم الهيدروجيني لها تغيرًا طفيفًا عند إضافة حمض أو قاعدة إليها بكميات قليلة؛ أي أنها تقاوم التغيرات في قيمة pH لها عند إضافة حمض أو قاعدة إليها؛ وبذلك تُنظّم أيْ تُحافظ على الرقم الهيدروجيني عند أو قريبًا من قيمة ثابتة. فوظيفة المحلول المنظم إلغاء أثر أي إضافة لحمض أو قاعدة، للحفاظ على قيمة pH ثابتة ضمن نطاق معين.

الجدول 5-5	بعض الأمثلة على المحاليل المنظّمة
الحمض الضعيف وقاعدته المرافقة	القاعدة الضعيفة وحمضها المرافق
CH_3COOH ؛ CH_3COO^-	NH_3 ؛ NH_4^+
HCN ؛ CN^-	CH_3NH_2 ؛ $CH_3NH_3^+$
HNO_2 ؛ NO_2^-	$C_2H_5NH_2$ ؛ $C_2H_5NH_3^+$
H_2CO_3 ؛ HCO_3^-	
$HClO$ ؛ ClO^-	

يتكـوّن المحلـول المنظم من خليط لحمض ضعيف وقاعدتـه المرافقة (ملح الحمض)، أو خليـط لقاعدة ضعيفـة وحمضها المرافق (ملـح القاعدة). ويوضح **الجـدول 5–5** بعض الأمثلة على المحاليل المنظمّة التي تتكون من أحماض ضعيفة وقواعدها المرافقة.

ولكي نتعرف على المحلول المنظم وكيف يؤدي دوره، افترض أن لدينا لترًا من ماء مقطر (pH=7)، ثـم أضيف إليه 1 mL مـن حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0 M أو 1 mL مـن هيدروكسيد الصوديوم. ما الذي يحدث في كلتا الحالتين؟

في الحالـة الأولى؛ وهـي إضافـة 1 mL مـن حمـض الهيدروكلوريـك تتغـير قيمـة pH مـن 7 إلى 5، بينـما في الحالة الأخرى؛ وهـي إضافة 1 mL مـن هيدروكسـيد الصوديوم تتغير قيمة pH من 7 إلى 9؛ أي أن التغير في قيمة pH واضح وملموس.

نلاحظ من المثال السابق أن المحاليل المائية للأحماض أو القواعد تكون حسّاسة جدًّا للتغير في الرقـم الهيدروجينـي pH؛ نتيجة عدم وجود أي مصدر لحمض أو قاعدة، بينما محاليل الأحمـاض الضعيفـة وأملاحهـا أو القواعد الضعيفة وأملاحهـا تقاومان هـذا التغير في قيمة pH، وهذه المحاليل أطلق عليها اسم المحاليل المنظمة؛ فعند إضافة محلول قاعدي إلى محلول منظم يتكون من حمض ضعيف وقاعدته المرافقة، فإن أيونات الهيدروجين في المحلول المنظم تعمل على التفاعل مع أيونات الهيدروكسـيد المضافة وإلغاء أثرها، ويحدث الشيء نفسه عند إضافة محلول حمضي إلى محول منظم يتكون من قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق؛ إذ تعمل أيونات الهيدروكسيد على التفاعل مع أيونات الهيدروجين المضافة وإلغاء تأثيرها.

أهمية المحلول المنظم The importance of Buffers

يتطلب الكثير من العمليات الكيميائية والحيوية ألا تتغير قيمة pH لوسط التفاعل كثيرًا، بـل تبقـى قريبة من قيمة معينة؛ فالدم في جسـم الإنسـان لا يمكن أن يقـوم بوظيفة نقل الأكسجين إلى الخلايا إلّا إذا كان (pH = 7.4) . والإنزيمات تحتاج لوسط تكون فيه قيمة pH ثابتة تقريبًا لكي تعمل بنشاط.

وجـود المحاليـل المنظمـة ضروري لضـمان الانتظـام الفيزيائـي لعمل أجهزة الأجسـام الحية وسـير العمليات الحيوية فيها. فمثلًا في جسـم الإنسان تحتوي العصارة المعدية على

محاليـل منظمـة ذات حمضية قوية تسـاوي 1.4، وهي تقارن بحمضيـة محلول من حمض الهيدروكلوريـك، هذه الحمضيـة العالية مهمة جدًّا في عملية امتصاص البروتينات ذات الجزيئات الكبيرة التي لا يمكن لجدران الأمعاء امتصاصها.

المحلول المنظم في جسم الإنسان Buffers in Human's body من المعروف أن الرقم الهيدروجيني pH لدم الإنسان يساوي 7.4 تقريبًا، فإذا حدثت زيادة في هذه القيمة أو نقصان تظهر أعراض مرضية خطيرة على صحة الإنسـان، قد تؤدي إلى تجلط الدم أو الوفاة. يحتوى الدم على تفاعلات حيوية داخلية تتمثل في المعادلات الآتية:

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$$

$$H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$$

عندما يبذل الإنسـان جهدًا ما كالرياضيين مثلًا، فإن نسـبة ثاني أكسيد الكربون الخارجة من جسمه تكون كبيرة؛ أي أنها تقل في المعادلة رقم 1، وبحسب قوانين الاتزان لابد أن يسير التفاعل في اتجاه تعويض النقص في المادة القليلة، بما أن سهم التفاعل في اتجاهين، مما يسبب نقصًا في كمية حمض الكربونيك؛ بسبب زيادة تفككه، مع ملاحظة أنه في المعادلة الثانيـة في حالـة قلة حمض الكربونيك لابد أن يتجه التفاعـل ليقلل قيمة كل من أيونات البيكربونات السالبة وأيونات الهيدرونيوم الموجبة، التي تعبر عن تركيز الحمض في الدم، مما يؤدي إلى خفض نسبة حموضة الدم، فيسبِّب مشاكل صحية كثيرة.

التقويم 5-3

الخلاصة

- عند تفاعل حمض وقاعدة، ينتج ملح وماء.
- يتم تحديـد قيمة pH لمحلـول مجهول التركيز عن طريق المعايرة.
- يتـم تعيـين نقطـة التكافؤ عـن طريق الرسـم البياني لقـراءات pH وحجم المحلول المستخدم في المعايرة.
- يتكـون المحلـول المنظـم مـن محلـول حمـض ضعيـف وقاعدتـه المرافقة أو محلول قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق.
- للمحلـول المنظم دور كبـير في تنظيم قيمة pH في الدم.

13. **الفكرة الرئيسة** ما المقصود بتفاعلات التعادل؟ وماذا ينتج عنها؟
14. اشرح الفرق بين نقطة التكافؤ ونقطة نهاية المعايرة.
15. **قارن** بين الأحماض القوية والأحماض الضعيفة من حيث:
    a. تفككها في الماء
    b. إعطاء أمثلة عليها
    c. معادلة تأينها
    d. السهم المستخدم في المعادلة
16. **ارسـم** رسـمًا بيانيًّا لمعايرة يتم فيها إضافة قاعـدة قوية إلى حمض قوي، واشرح كيف يختلف هذا الرسم عند إضافة حمض قوي إلى قاعدة قوية.
17. **تحفيز** أعطِ مثالًا على محلول منظم يتكون من قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق.

تفاعلات الأحماض والقواعد وعملية الخبز

هل رأيت تمثيلًا لثورة بركان باستعمال الخل وصودا الخبز؟ لقد نتجت فقاعات ثاني أكسيد الكربون CO_2 عن تفاعل التحلل الذي حدث بسرعة بعد تفاعل الخل، وهو حمض، وصودا الخبز $NaHCO_3$، وهي قاعدة، كما هو مبين أدناه.

تفاعل الحمض والقاعدة

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2CO_{3(aq)}$$

التفكك

$$H_2CO_{3(aq)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

إن إطلاق ثاني أكسيد الكربون نتيجة التفاعل الكيميائي بين الحمض والقاعدة ـ انظر **الشكل 1** ـ يعدّ من أسباب انتفاخ الخبز والمعجنات. وتسمى المادة التي تؤدي إلى انتفاخ العجين عند خبزه عامل التخمير. والمادتان الكيميائيتان الرئيستان في التخمير هما صودا الخبز ومسحوق الخبز.

صودا الخبز Baking Soda كربونات الصوديوم الهيدروجينية، وتسمى أيضًا بيكربونات الصوديوم، وهو الاسم الكيميائي لصودا الخبز؛ حيث تتفاعل صودا الخبز عند استعمالها في الطبخ مع سوائل معتدلة الحمضية، فتتكون فقاعات ثاني أكسيد الكربون. وتشمل السوائل المعتدلة الحمضية الخل والعسل ودبس السكر وعصير الحمضيات ومخضوض اللبن وغيرها.

الشكل 1 تتكون فقاعات من غاز ثاني أكسيد الكربون عندما تضاف قاعدة صودا الخبز إلى حمض الخل.

الشكل 2 تحبس عملية الخبز الفقاعات المتكونة في أثناء التفاعل بين حمض وقاعدة، فتنتج كعكة خفيفة مليئة بالهواء.

يجب أن تخلط صودا الخبز بمكوّنات أخرى صلبة، وتضاف في النهاية إلى مخلوط العجين حتى يكون انطلاق ثاني أكسيد الكربون منتظمًا في كل أنحاء العجين، ويحدث تفاعل الحمض والقاعدة هذا بسرعة. إذا كانت صودا الخبز عامل التخمير الوحيد في الوصفة، وَجَبَ خَبْزُ العجين بسرعة وفورًا قبل أن تختفي الفقاعات. وتؤدي عملية الخبز إلى تمدد الفقاعات، فتنتفخ العجينة. وعندما يتصلب العجين تحتجز الفقاعات، كما في **الشكل 2**.

مسحوق الخبز Baking Powder إذا لم تتضمن الوصفة سائلاً حمضيًّا فإن مسحوق الخبز يستعمل عوضًا عن ذلك. ومعظم مسحوق الخبز خليط من صودا الخبز وحمضين جافين.

وأحد هذين الحمضين يتفاعل مع الصودا عندما يذوب في العجين، ويتفاعل الثاني مع الصودا عند التسخين. ومثل صودا الخبز يخلط مسحوق الخبز بالمكونات الأخرى الجافة، ويضاف في النهاية إلى العجين. ولكن العجائن التي يستعمل فيها مسحوق الخبز ليس من الضروري أن تخبز فورًا.

تحتوي العجائن التي تُستعمل فيها سوائل حمضية معتدلة على مسحوق الخبز وصودا الخبز معًا؛ حيث يستطيع الحمض الزائد أن يعطل عمل مسحوق الخبز. ويعد مسحوق الخبز مصدرًا موثوقًا لثاني أكسيد الكربون، وتساعد صودا الخبز على معادلة الحمض.

الكتابة في الكيمياء

حلّل إذا تطلّبت وصفة استعمال الطحين والملح والسكر والنخالة والحليب والبيض والسمن أو الزيت النباتي، فهل تستعمل صودا الخبز أو مسحوق الخبز؟ فسّر إجابتك.

مختبر الكيمياء

معايرة حمض قوي مع قاعدة قوية

الخلفية تفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية ينتج ملحًا متعادلًا.

سؤال كيف يمكنك إجراء المعايرة؟

الموادّ والأدوات اللازمة

- دورق مخروطي سعته (250 mL)
- حامل معدني
- ماصة سعتها (25 mL)
- ماسك سحاحة
- سحاحة سعتها (50 mL)
- حمض الهيدروكلوريك (HCl)
- محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تركيزه (0.1 M)
- كأسان سعة (100mL) إحداهما للحمض والأخرى للقاعدة
- قارورة غسل بلاستيكية تملأ بالماء المقطر
- كاشف الفينولفثالين
- مقياس الرقم الهيدروجيني (pH meter)

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اغسل السحاحة بالماء العادي ثم بالماء المقطر مرتين أو ثلاثًا، ثم اغسلها بمحلول هيدروكسيد الصوديوم.
2. املأ السحاحة مستخدمًا قمعًا بمحلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يصل أعلاها، ثم افتح صمام التحكم السفلي بالسحاحة لإنزال مستوى القاعدة بها حتى العلامة صفر.
3. اغسل دورقًا مخروطيًّا سعته (250 mL) بالماء العادي ثم بالماء المقطر.
4. اغسل ماصة سعتها (25 mL) بالماء المقطر ثم بمحلول حمض الهيدروكلوريك.
5. اسحب (25 mL) من محلول حمض الهيدروكلوريك بالماصة، ثم ضعها بالكامل في الدورق المخروطي، ثم كرر مرة أخرى بحيث يصبح مجموع الحجم 50 mL.
6. أضف قطرة أو قطرتين من كاشف الفينولفثالين إلى محلول الحمض في الدورق المخروطي، وستحصل على محلول عديم اللون.
7. قس الرقم الهيدروجيني للمحلول في كل مرحلة باستخدام pH meter، وذلك بحسب الحجوم في الجدول الموضح أدناه.

8. ابدأ المعايرة بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم الموجود في السحاحة تدريجيًّا إلى محلول حمض الهيدروكلوريك الموجود في الدورق المخروطي مع تحريك الدورق المخروطي باستمرار في أثناء المعايرة. وعند ظهور أول تغير في اللون، أوقف إضافة القاعدة.
9. كَرِّر الخطوات السابقة لكن باستخدام حمض آخر ضعيف، مثل حمض الخليك، وسَجِّل البيانات كما في الجدول الآتي:

حجم NaOH المضاف (mL)	حجم المحلول (الحمض + القاعدة المضافة) (mL)	pH
0	50	
10	60	
20	70	
30	80	
40	90	
49	99	
50	104	
60	114	

10. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المحاليل المتعادلة في المغسلة مع كمية وافرة من الماء.

التحليل والاستنتاج

1. **اكتب** معادلة التفاعل.
2. ما لون المحلول عند نقطة نهاية المعايرة؟
3. **ارسم** العلاقة بين pH وحجم القاعدة المضافة إلى المحلول بيانيًّا.

الاستقصاء

صمِّم تجربة بحيث تعيد الخطوات السابقة باستخدام دليل الميثيل البرتقالي وقارئ البيانات ومستشعر pH، ثم قارن الرسم البياني الناتج من قارئ البيانات بالرسم البياني في التجربة الأولى.

الوحدة 5 دليل مراجعة الوحدة

الفكرة العامة للأحماض والقواعد أهمية كبيرة في حياتنا اليومية.

5–1 مقدمة في الأحماض والقواعد

الفكرة الرئيسة ينقسم سلوك المحاليل إلى حمضية وقاعدية بحسب قدرتها على منح أيونات الهيدروجين إلى مادة أخرى أو استقبالها منها.

المفردات

- الحمض
- القاعدة
- الحمض المرافق
- القاعدة المرافقة

المفاهيم الرئيسة

- تعد الأحماض والقواعد من المركبات الكيميائية المهمة في حياتنا اليومية.
- الأحماض ذات طعم حمضي لاذع، بينما القواعد ذات طعم مر وملمس صابوني، ومحاليلها موصلة للتيار الكهربائي بدرجات مختلفة.
- الحمض عند برونستد – لوري مادة لها القدرة على منح أيون الهيدروجين H^+ لمادة أخرى.
- القاعدة عند برونستد – لوري مادة لها القدرة على استقبال أيون الهيدروجين H^+ من مادة أخرى.
- الحمض المرافق هو القاعدة بعد اكتساب أيون الهيدروجين.
- القاعدة المرافقة هي الحمض بعد فقدان أيون الهيدروجين.

5–2 قوة الأحماض والقواعد

الفكرة الرئيسة تتأين الأحماض والقواعد القوية في المحاليل تأينًا تامًّا، بينما تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة في المحاليل تأينًا جزئيًّا.

المفردات

- الرقم الهيدروجيني
- الكاشف
- الدليل العام

المفاهيم الرئيسة

- تتأين الأحماض والقواعد القوية كليًّا في المحاليل المائية.
- تتأين الأحماض والقواعد الضعيفة جزئيًّا في المحاليل المائية.
- يستخدم مقياس الرقم الهيدروجيني لتحديد تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في المحلول ويُرمز إليه بالرمز pH.
- يتكون الدليل العام من مزيج من الكواشف، ويمتاز بأن لونه يتغير بتغير قيم pH لأي محلول.

5–3 تفاعلات التعادل

الفكرة الرئيسة يتفاعل الحمض مع القاعدة في تفاعل التعادل لينتجا ملحًا وماء.

المفردات

- تفاعل التعادل
- الملح
- المعايرة
- المحاليل المنظمة

المفاهيم الرئيسة

- عند تفاعل حمض وقاعدة، ينتج ملح وماء.
- يمكن تحضير الأملاح بطرق عدة.
- يتم تحديد قيمة pH لمحلول مجهول التركيز عن طريق المعايرة.
- يتم تعيين نقطة التكافؤ عن طريق الرسم البياني لقراءات pH وحجم المحلول المستخدم في المعايرة.
- يتكون المحلول المنظم من محلول حمض ضعيف وقاعدته المرافقة أو محلول قاعدة ضعيفة وحمضها المرافق.
- للمحلول المنظم دور كبير في تنظيم قيمة pH في الدم.

5–1

إتقان المفاهيم

18. اذكر بعض الخصائص الفيزيائية والخصائص الكيميائية للأحماض والقواعد.

19. ما تعريف الحمض والقاعدة بحسب نموذج برونستد – لوري؟

20. كيف يختلف تعريف برونستد – لوري للأحماض والقواعد عن تعريف الحمض والقاعدة بصفة عامة؟

21. فسّر سلوك محاليل المواد التالية وفق مفهوم برونستد – لوري:

a. السلوك الحمضي لحمض النيتريك HNO_3.

b. السلوك القاعدي لهيدروكسيد البوتاسيوم KOH.

22. علل لا ينصح بتحريك الحمض بساق بلاستيكية أو خشبية.

إتقان حلّ المسائل

23. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل مما يأتي:

a. تحلل هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ الصلب عند وضعه في الماء.

b. تفاعل فلز الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

24. طبّق نظرية برونستد– لوري للأحماض والقواعد على التفاعلات التالية، وحدّد أيُّها يمثل الحمض وأيُّها يمثل القاعدة في كل منها:

a. $HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + NO_3^-$

b. $NH_3 + HBr \longrightarrow NH_4^+ + Br^-$

c. $HCOOH + CN^- \longrightarrow HCOO^- + HCN$

25. حدِّد الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في التفاعلين الآتيين:

a. $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$

b. $NH_3 + HF \rightleftharpoons NH_4^+ + F^-$

5–2

إتقان المفاهيم

26. اشرح الفرق بين حمض قوي وحمض ضعيف.

27. ما دلالة الأسهم التي تستعمل في معادلات تأين بعض الأحماض؟

28. ما قيمة pH المتوقعة لكل من: الحمض والقاعدة والمحلول المتعادل؟

29. حدّد بعض أنواع الكواشف الطبيعية.

30. ما المقصود بالرقم الهيدروجيني؟

31. لماذا يعتبر الماء المقطر محلولًا متعادلًا؟

32. هل يعد المحلول في **الشكل 16–5** حمضيًّا أم قاعديًّا؟ فسِّر إجابتك.

الشكل 16–5

33. عند إضافة كمية كبيرة من حمض مركز إلى محلول مكون من كميات متساوية من حمض الإيثانويك وإيثانوات الصوديوم. ما التغير الذي سيطرأ على قيمة pH لهذا المحلول؟ فسِّر إجابتك.

5 تقويم الوحدة

34. أي الكأسين في **الشكل 17–5** تحتوي على حمض قوي، وأيها تحتوي على حمض ضعيف؟ كيف عرفت ذلك؟

الشكل 17–5

إتقان حل المسائل

35. فسّر يعد حمض الهيدروكلوريك حمضًا قويًّا بينما يعدّ حمض الأسيتيك حمضًا ضعيفًا.

36. فسّر الرقم الهيدروجيني pH لمحلول كلوريد الأمونيوم أقل من 7.

37. ما المقصود بالكواشف؟

5–3

إتقان المفاهيم

38. ما المقصود بتفاعلات التعادل؟

39. اكتب المعادلة العامة لتفاعل التعادل.

40. ما الحمض والقاعدة اللذان يجب أن يتفاعلا لينتجا محلولًا مائيًّا من يوديد الصوديوم؟

41. التربة الزراعية في بعض الأماكن قد تكون حمضية بدرجة عالية (pH أقل من 6)، ماذا تحتاج تلك التربة كي تصبح قابلة للزراعة بصورة مثالية؟

42. الرخام وقعت قطرة من مادة كيميائية على قطعة من الرخام المتكون من كربونات الكالسيوم، فما لبثت هذه القطعة أن تفاعلت مع المادة الكيميائية، وبدأت الفقاعات في الظهور.

مما تعلمته في هذا الدرس من أي مادة كانت هذه القطرة التي سقطت؟

43. قنديل البحر تكثر قناديل البحر على الشواطئ، وإذا شعرت بالخوف فإنها تدافع عن نفسها باللسع، وتقوم بإفراز مادة داخل جسم الإنسان تصيبه بالحساسية، ويجب إسعافه بالسرعة الممكنة. ويقوم الطبيب باستخدام الخل لعلاج لدغة قنديل البحر. فسِّر ذلك.

إتقان حل المسائل

44. لديك محلولان مجهولان في أنبوبين؛ كيف تكشف عنهما لتميز المحلول الحمضي من المحلول القاعدي؟

45. لديك مدى قيم pH الموضحة في **الجدول 6–5**، حيث تتغير ألوان الكواشف ضمن نطاقها. ادرس الجدول جيدًا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.

الجدول 6–5

الدليل	مدى PH		تغير لون الدليل	
	من	إلى	من	إلى
الميثيل البرتقالي	3.1	4.4	أحمر	أصفر
الفينولفثالين	8.3	10.0	عديم اللون	وردي
البروموثيمول الأزرق	6.0	7.5	أصفر	أزرق
تبّاع الشمس	5	7	أحمر	أزرق

أي الكواشف السابقة يمكنك استخدامها لتحديد نقطة نهاية المعايرة بين:

a. حمض الكبريتيك وهيدروكسيد الصوديوم؟

b. حمض الكبريتيك والأمونيا؟

46. ما قيمة pH لكل من: المحلول الحمضي والمحلول القاعدي والمحلول المتعادل؟

تقويم الوحدة 5

47. فُحصت بعض المحاليل المائية ووجد أنها تحمل الأرقام الهيدروجينية pH الآتية:

1 ، 4 ، 7 ، 8 ، 10 ، 12

a. ما الأرقام الحمضية؟

b. ما الأرقام المتعادلة؟

c. ما الأرقام القاعدية؟

مراجعة عامة

48. ماذا يعني أن محلولًا قيمة pH له تساوي 7؟

49. صف كيف تستخدم أوراق الدليل العام لتحديد قيمة pH لمحلول ما.

50. "كل القلويات قواعد ولكن ليست كل القواعد قلويات". هل تؤيد هذه العبارة؟ فسّر إجابتك.

51. لماذا يجب ألا نتذوق أي مادة كيميائية حمضيَّة أو قلويَّة مباشرة؟

التفكير الناقد

52. وَضِّح بالمعادلة الكيميائية الموزونة تفاعل حمض مع فلز (إذا علمت أن الحمض هو HCl، والفلز هو البوتاسيوم K).

53. لسعة النمل لتخفيف الآلام الناتجة عن لسعة نملة لقدمك ينصحك الأطباء بِدَلْكِ موضع اللسعة بمادة قلوية، ما سبب ذلك؟

54. حمض الكبريتيك لماذا لا نستخدم حمض الكبريتيك في تنظيف إبريق الشاي المصنوع من الألومنيوم، بينما نستخدمه لتنظيف الأواني النحاسيّة؟

55. أُجريت معايرة لقاعدة بإضافة محلول حمضي، وسُجِّلت البيانات في الجدول التالي:

حجم الحمض المضاف	قيمة pH للمحلول
0 mL	13.00
20 mL	12.50
40 mL	12.00
60 mL	6.00
80 mL	5.00
100 mL	3.00

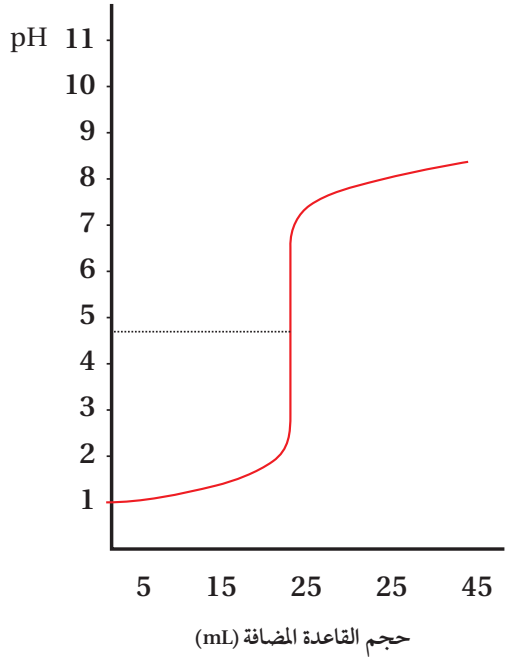
ارسم منحنى المعايرة، وعيِّن عليه نقطة التكافؤ، ثم حدِّد القوى النسبية لكل من الحمض والقاعدة.

مسألة تحفيز

56. المنحنى التالي يوضح معايرة حمض HA مع قاعدة BOH. ادرسه جيدًا ثم أجب عن الأسئلة التالية:

a. أي نوع من معايرات التعادل يمثلها هذا المنحنى؟

b. اختر دليلًا مناسبًا لهذه المعايرة (فينولفثالين أم ميثيل برتقالي). فسِّر سبب اختيارك.



تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

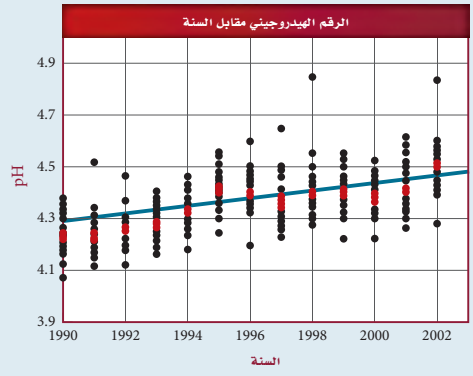
57. **نماذج الأحماض والقواعد** تخيل أنك الكيميائي برونستد عام 1923م، وقد قمت بصياغة نظرية جديدة عن الأحماض والقواعد. اكتب رسالة تشير فيها إلى مزايا نظريتك.

58. **الأحماض الأمينية** هناك عشرون حمضًا أمينيًّا تتحد لتكوين البروتينات في أجهزة المخلوقات الحية. اكتب بحثًا عن تراكيب لخمسة أحماض أمينية.

أسئلة المستندات

مـاء المطـر يبين الشكل **18–5** قياسات pH في عدد من مناطق المراقبة في إحدى الدول. وتمثل البقعة الوردية متوسط القياسات التي أخذت في جميع المناطق في وقت معين.

ادرس الرسم البياني جيدًا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل 18–5

59. كيف يتغير متوسط pH للسنوات 2002م – 1990م؟

60. كم مرة تزيد حمضية ماء المطر الأكثر حمضية على حمضية ماء المطر الأقل حمضية؟

61. ما قيمة pH عام 2003م؟ وما مقدار التغير في متوسط pH بين عامي 1990 و2003م؟

اختبار مقنّن

أسئلة الاختيار من متعدّد

1. مـا المركب الذي يتكون من اتحـاد أنيون مصدره الحمض مع كاتيون مصدره القاعدة؟
   a. الملح
   b. القاعدة
   c. الحمض
   d. الكاشف العام

2. أيّ مما يلي يصف هيدروكسيد الأمونيوم؟
   a. قاعدة قوية
   b. حمض قوي
   c. ملح
   d. قاعدة ضعيفة

3. أيّ التفاعـلات التالية تتفاعـل فيها الأحماض مع القواعد وتنتج ملحًا وماءً؟
   a. تفاعل التعادل
   b. تفاعل الترسيب
   c. المحاليل المنظمة
   d. المعادلة الموزونة

4. أيّ المحاليـل المائيَّـة التاليـة قاعديـة التأثير في صبغـة تبّاع الشمس؟
   a. عصير الليمون
   b. الأمونيا المنزلية
   c. المشروبات الغازية
   d. الخل

5. أيّ مما يلي يُعَدُّ من تفاعلات التعادل؟
   a. $2HCl + Zn \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$
   b. $SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$
   c. $CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$
   d. $H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

6. ما المقصود بتفاعل التعادل؟
   a. اختفاء أثر الحمض وظهور أثر القاعدة
   b. تساوي حجم الحمض وحجم القاعدة
   c. اختفاء أثر كلٍّ من الحمض والقاعدة
   d. ظهور أثر كلٍّ من الحمض والقاعدة

7. بِمَ تقاس قوة القاعدة بحسب تعريف برونستد – لوري؟
   a. استقبال زوج أو أكثر من الإلكترونات
   b. إعطاء البروتونات بسهولة
   c. إعطاء زوج من الإلكترونات أو أكثر
   d. استقبال البروتونات بسهولة

8. أيّ المواد الكيميائية التالية يتغير لونها بتغيير نوع الوسط؟
   a. الأمونيا المنزلية
   b. الأدلة (الكواشف)
   c. المحاليل المنظمة
   d. الملح

9. ما لون ورقة تبّاع الشمس في محلول ناتج عن ذوبان أكسيد الصوديوم Na_2O؟
   a. أحمر
   b. وردي
   c. عديم اللون
   d. أزرق

10. أي مما يلي يُعد قاعدة مرافقة للحمض H_3PO_4؟
    a. $H_2PO_4^-$
    b. HPO_4^{2-}
    c. PO_4^{3-}
    d. P^{3-}

اختبار مقنّن

أسئلة الإجابات القصيرة

11. الأحماض والقواعد الشائعة استعمل البيانات الموجودة في **الجدول أدناه** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

المادة	pH
الأمونيا المنزلية	11.3
عصير الليمون	2.3
مضاد الحموضة	9.4
الدم	7.4
المشروبات الغازية	3.0

a. أي مادة أكثر قاعدية؟

b. أي مادة أقرب إلى التعادل؟

c. بكم وحدة تزيد قاعدية مضاد الحموضة على قاعدية الدم؟

12. يتضمن الجدول التالي بعض المركبات الكيميائية الحمضية والقاعدية، أيها حمضي، وأيها قاعدي؟

المركب الكيميائي	حمضي/قاعدي
$NaOH$	
HCl	
NH_4OH	
H_2SO_4	
KOH	
$Ca(OH)_2$	
HNO_3	

13. يُعَدُّ الأمونيا NH_3 قاعدة برغم عدم احتوائه على مجموعة هيدروكسيد (OH^-) في تركيبه. فسِّر ذلك.

أسئلة الإجابات المفتوحة

14. تحوَّل لون ورقة تباع الشمس الحمراء إلى اللون الأزرق عند وضعها في أحد المحاليل، ولكن عندما أضيف محلول آخر إلى المحلول الأول عادت الورقة فاحمرَّت مرة أخرى. فإذا كان المحلولان حمضًا وقاعدة، فأيهما الحمض؟ وأيهما القاعدة؟ فسِّر إجابتك.

15. هل يعتبر استخدام دليل الميثيل البرتقالي الذي مداه (3.1–4.4) مناسبًا للمعايرة بين هيدروكسيد الصوديوم وحمض الأسيتيك؟ فسِّر إجابتك.

6 الكيمياء الصناعية
Industrial Chemistry

فولاذ

رقم الوحدة: 10AC.6

الفكرة العامّة تتضمن معظم تطبيقات الكيمياء الصناعية عمليات كيميائية أو فيزيائية.

6-1 تنقية وفصل المخاليط
Purification and Separation of Mixutres

الفكرة الرئيسة يتم فصل مكونات معظم المخاليط بطرائق فيزيائية.

6-2 التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي
Industrial Applications of Electrolysis

الفكرة الرئيسة يستخدم التحليل الكهربائي في الكثير من التطبيقات الصناعية.

6-3 استخلاص الفلزات
Extraction of Metals

الفكرة الرئيسة تستخلص الفلزات من خاماتها بطرائق فيزيائية وكيميائية.

تجربة استهلالية

الفصل اللوني (الكروماتوجرافي)

يمكن فصل مكونات صبغة الكلوروفيل في أوراق النبات بطريقة الفصل اللوني.

خطوات العمل

1. ارسم مستخدمًا قلم رصاص خطًا أفقيًا على شريط من ورقة ترشيح.
2. ضع ورقة من نبات السبانخ على الخط الأفقي (أو أي نبات أخضر آخر)، ثم اضغط عليها باستخدام قطعة معدنية بحيث يظهر خط أخضر اللون على شريط ورقة الترشيح، انظر الشكل المرفق.

3. ركب الأجزاء كما في الشكل.
4. استخدم الأسيتون كمذيب بحيث يكون مستوى الأسيتون أدنى من مستوى الخط الأفقي.

التحليل

1. كيف تفسّر ظهور عدد من الصبغات على ورقة الترشيح؟
2. ما العوامل التي تحدد سرعة حركة مكونات المخلوط على الجزء الثابت؟

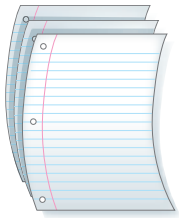
استقصاء ابحث في طرائق فصل مكونات مخلوط من الملح والرمل وبرادة الحديد.

المطويات منظمات الأفكار

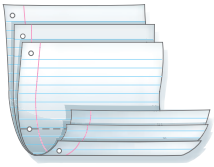
فصل المخاليط صمم المطوية الآتية؛ لتساعدك على تنظيم المعلومات حول طرائق فصل المخاليط.

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

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



الخطوة 3 ثبّت الطيات، كما في الشكل، واكتب عنوانًا لكل جزء على النحو الآتي: الترشيح، التبخير، التقطير البسيط، التقطير التجزيئي، الفصل اللوني، طرائق فصل المخاليط.



المطويات **استعمل هذه المطوية**

في الدرس 1–6، من هذه الوحدة. قم بتعريف كل طريقة في أثناء قراءتك للوحدة، ثم أعطِ أمثلة عليها.

تجربة استهلالية لتنفيذ التجربة الاستهلالية ارجع إلى دليل التجارب العملية.

6-1

تنقية وفصل المخاليط

Purification and Separation of Mixtures

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

18.1 – 18.2 – 18.3 – 18.4

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.3.1–10A.3.2–10A.2.3–10A.3.4

الأهداف

يُتوقّع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يميز** طرائق فصل مكونات المخاليط المختلفة مثل الترشيح والتبخير والتقطير البسيط والتقطير التجزيئي والفصل اللوني.
- **يوضح** كيفية الحصول على أنواع من الوقود أو المركبات المفيدة من النفط الخام والغاز الطبيعي.
- **يتعرف** الخواص والاستعمالات الرئيسة للغازات في الهواء الجوي.
- **يصف** كيفية التقطير التجزيئي للهواء المسال للحصول على غازات نقية.
- **يقارن** بين عسر الماء المؤقت والعسر الدائم من حيث أسبابه وطرائق إزالته.

مراجعة المفردات

التغير الفيزيائي: تغيُّر في المادة من شكل إلى آخر دون أي تغير في تركيبها الكيميائي أو لونها أو طعمها أو رائحتها.

الفكرة الرئيسة **يتم فصل مكونات معظم المخاليط بطرائق فيزيائية.**

الربط مع الحياة إذا ملأت كأسًا زجاجية بماء البحر، فسوف تلاحظ أن بعض المواد تترسب في قاع الكأس، ويظل الماء مالحًا مهما مر من الوقت. لماذا تترسب بعض المواد دون غيرها؟

المادة Matter

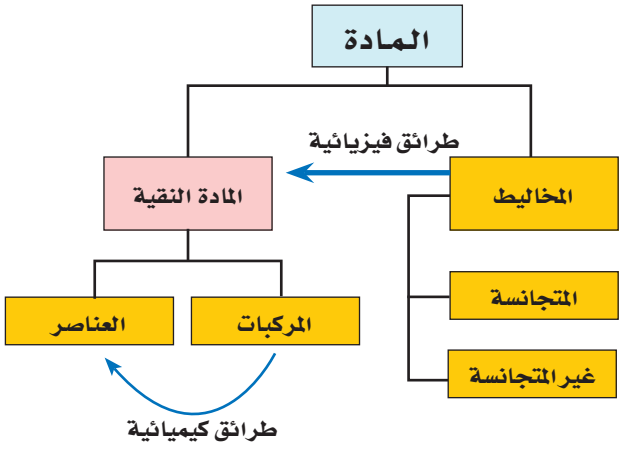
يمكن تصنيف المادة كما هو موضح في خريطة المفاهيم الظاهرة في **الشكل 1–6** إلى مخاليط ومواد نقية. ويعتمد هذا التصنيف على الطريقة المستخدمة في فصل المادة إلى مكوناتها.

وتقسم طرائق الفصل إلى: طرائق فيزيائية، وطرائق كيميائية؛ فإذا كان لدينا عينة من مادة ما، وأمكن استخدام طرائق فيزيائية في فصل مكوناتها، مثل التبخر أو المغناطيس أو غيرها فإن المادة عبارة عن مخلوط، وإذا لم يكن بالإمكان استخدام طرائق فيزيائية في عمليات الفصل فإن العينة عبارة عن مادة نقية يمكن أن تكون مركبًا أو عنصرًا.

ما المخلوط؟ What is a mixture?

مزيج مكون من مادتين مختلفتين أو أكثر مع احتفاظ هذه المواد بخصائصها الأصلية داخل المخلوط، ويمكن فصل هذه الأجزاء عادةً بعضها عن بعض بطرائق فيزيائية؛ لأنه لا ينطوي على أي تفاعلات أو روابط كيميائية.

يمكن أن يتضمن المخلوط نوعين أو أكثر من المواد في نفس الحالة أو من حالات مختلفة. فعلى سبيل المثال: يتكون مخلوط الخل من الماء وحمض الإيثانويك (سائل وسائل)، ومحلول السكر



الشكل 1–6 تنقسم المواد بشكل عام إلى مخاليط، ومواد نقية.

حدِّد طريقة فيزيائية وأخرى كيميائية لفصل مكونات المواد.

الجدول 1-6	أنواع المخاليط وأمثلة عليها		
أنواع المخاليط	مثال	مكونات المخلوط	
غاز	الهواء	النيتروجين (غاز)	الأكسجين (غاز)
سائل	ماء غازي (ماء الصودا)	الماء (سائل)	ثاني أكسيد الكربون (غاز)
سائل	ماء البحر	الماء (سائل)	الأكسجين (غاز)
سائل	مادة مخفضة لدرجة التجمد	الماء (سائل)	الإثيلين جلايكول (سائل)
سائل	الخل	الماء (سائل)	حمض الإيثانويك (سائل)
سائل	ماء البحر	الماء (سائل)	كلوريد الصوديوم (صلب)
صلب	مملغم الأسنان	الفضة (صلب)	الزئبق (سائل)
صلب	الفولاذ	الحديد (صلب)	الكربون (صلب)

يتكون من السكر والماء (صلب وسائل)، والفولاذ يتكون من الحديد والكربون (صلب وصلب)، والهواء يتكون بشكل رئيس من النيتروجين والأكسجين (الغاز والغاز). ويبين **الجدول 1-6** أنواعًا مختلفة من المخاليط. ومن الواضح أن المخاليط يمكن أن تختلف كثيرًا فيما بينها. ويمكن أن تكون متجانسة Homogenous أو غير متجانسة Heterogeneous.

المخاليط المتجانسة Homogeneous mixture مخاليط لها تركيب ثابت، وتمتزج مكوناتها بانتظام، ولا يمكن تمييز أحد مكوناتها عن المكونات الأخرى حتى بالمجهر الإلكتروني، فالسبائك والمحاليل تعد مخاليط متجانسة. ولقد أسهمت اكتشافات محاليل ومخاليط معينة في تطوير الكثير من المنتجات والعمليات، كما هو موضح في **الشكل 3-6**.

المخاليط غير المتجانسة Heterogeneous mixture المخلوط غير المتجانس لا يظهر له خصائص وتركيب موحد، حيث أن المواد المكونة له لا تمتزج، وتبقى متمايزة بعضها عن بعض، ويكون تركيبه غير منتظم كذلك. فعند إلقاء نظرة على وعاء يحتوي خليطًا من المكسرات، وأخذ ملعقة كاملة من هذا الخليط، سنلاحظ وجود عدد مختلف من المكسرات مقارنةً مع ملعقة ثانية تؤخذ بشكل عشوائي من الخليط نفسه. وثمة مثال آخر – فعند أخذ عينة من رمال البحر نلاحظ أن بعض دقائق الرمل أكبر من غيرها، وأن ألوان بعضها قد يكون مختلفًا؛ إذ لا يبدو أن لها التركيب نفسه، وهي غير منتظمة في جميع أجزائها. ويمكن فصل مكونات بعض المخاليط غير المتجانسة بترك المخلوط دون تحريك فترة من الزمن، أو فصلها بالترشيح، انظر **الشكل 2-6**.

ماذا قرأت؟ كيف تميز بين المخاليط المتجانسة والمخاليط غير المتجانسة؟

الشكل 2–6 يمكن فصل مخلوط الماء والرمل إذا ترك دون تحريك فترة من الزمن، أو فصله بالترشيح.

فصل المخاليط Separation of mixtures

الفصل بالترشيح Filtration الترشيح **Filtration** من الأساليب الأكثر شيوعًا لفصل المواد الصلبة غير القابلة للذوبان في سائل، ومن الأمثلة على ذلك مخلوط الرمل والماء. ويستخدم الترشيح في محطات معالجة المياه، بحيث يتم تصفية المياه بطريقة الترشيح لإزالة الجسيمات الصلبة العالقة في مياه الأنهار مثلاً. ويوضح **الشكل 2–6** طريقة فصل الرمل عن الماء.

وتتضمن الطريقة استخدام ورقة ترشيح موضوعة في قمع. ويوضع القمع في كأس، ثم يسكب مخلوط الماء والرمل في القمع، سنلاحظ نزول الماء إلى الكأس من خلال ورقة الترشيح، مع بقاء حبيبات الرمل داخل القمع، إذ تسمح المسامات في ورقة الترشيح للماء بالنفاذ ولكنها لا تسمح لحبيبات الرمل. يسمى الماء **بالراشح Filtrate**، ويسمى الرمل ناتج الترشيح أو **باقي الترشيح Residue**.

المفردات الجديدة

- الترشيح • Filtration
- الراشح • Filtrate
- باقي الترشيح • Residue

الشكل 3-6 كيمياء المحاليل

أسهم العلماء العاملون في مجال المحاليل الكيميائية في تطوير منتجات وعمليات تتضمن مجالات التقنية الطبية، وتحضير الطعام وحفظه، والصحة العامة والسلامة.

1916م طوَّر الأطباء محلول الجلسرول الذي يسمح بتخزين الدم عدة أسابيع بعد سحبه.

1883م أول نجاح لعملية طرد مركزي تستعمل الدوران السريع لفصل مكونات المخلوط.

1910 — 1890 — 1870

1899م سُجِّلت براءة اختراع جديدة لأحدث تقنية تستخدم في التقليل من حجم حبيبات الدهن الذائبة في الحليب؛ لمنع تكوّن طبقة زبد، في عملية تسمى التجانس.

1866م كان اختراع السلولويد –وهو محلول من الكافور والسليلوز– إشارة إلى بدايات صناعة البلاستيك.

الشكل 4–6 تستخدم طريقة التبخير لفصل مكونات المخلوط الذي يتكون من صلب وسائل، كاستخلاص ملح الطعام من ماء البحر، إذ يتم تسخين المحلول إلى درجة الغليان، بحيث يتبقى جسيمات الملح الصلبة بعد انتهاء التبخير.

الفصل بالتبخير Evaporation separation method

التبخير Evaporation هو العملية التي يتم فيها تحول الماء أو السوائل الأخرى من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. تعد طريقة التبخير طريقة مثالية لفصل مكونات المخلوط المتجانس (المحلول) الذي يتكون من مادة صلبة ذائبة عن المذيب السائل. وتتضمن هذه العملية تسخين المحلول حتى يتبخر المذيب (يتحول إلى غاز) تاركًا خلفه المادةالصلبة. ويوضح **الشكل 4–6** مثالاً لفصل مكونات محلول من الملح والماء. وللحصول على الملح من المياه المالحة، يتم تسخين المحلول إلى نقطة الغليان. وبعد فترة تتحول كمية الماء جميعها إلى بخار تاركةً خلفها الملح في الحالة الصلبة.

المفردات الجديدة

- التبخير Evaporation

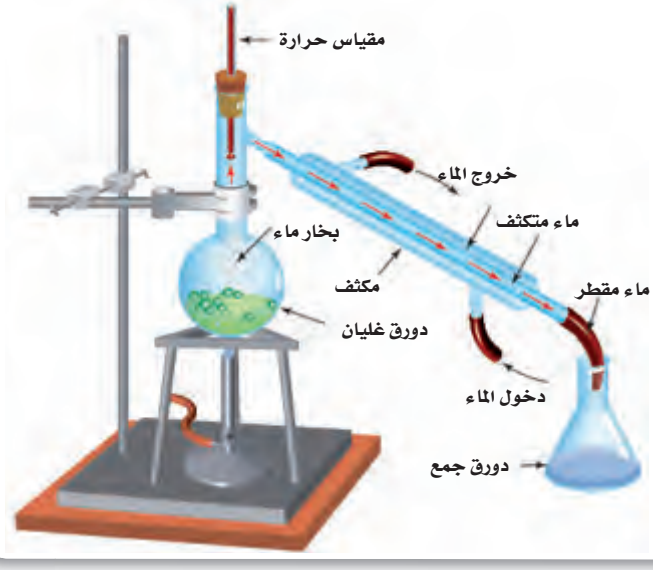
1964م اكتشفت ستيفاني كوالك أليافًا اصطناعية من بلورات سائلة في محلول. وهي أكثر صلابة من الفولاذ وأخف من الألياف الزجاجية.

2003م طوَّر العلماء عينات كيميائية تزيل الفلزات السامة، والمبيدات الحشرية، وتقتل مسببات الأمراض في مياه الشرب.

2010 — 1990 — 1970 — 1950

1980م تم تطوير نوع من ألواح الجبس لتشكّل عازلاً يفصل بين المنزل ومحيطه الخارجي.

1943م أول كلية اصطناعية تخلص الجسم من السموم الذائبة في دم المريض.



الشكل 5–6 يمكن استخدام طريقة التقطير البسيط لفصل مكونات مخلوط يتكون من سائل وصلب، مثل الماء والملح، وهذه الطريقة تشبه إلى حدٍ ما طريقة التبخير.

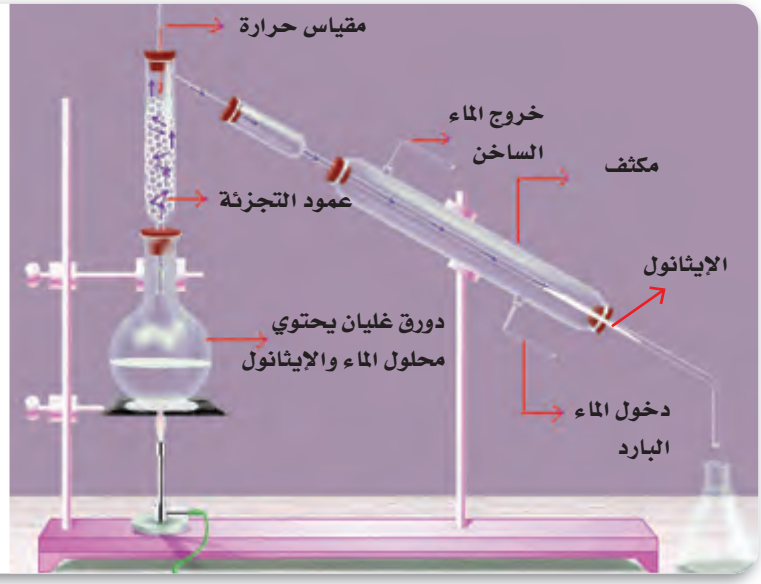
المفردات الجديدة

- التقطير البسيط
- Simple distillation
- التقطير التجزيئي
- Fractional distillation
- عمود التجزئة
- Fractionating column

الفصل بالتقطير البسيط Simple distillation تعد طريقة التقطير البسيط **Simple distillation** الأفضل لفصل سائل من محلول ما. تشبه هذه الطريقة إلى حدٍ ما طريقة التبخير، ولكن في هذه الطريقة، يتم جمع البخار بالتكثيف وتحويله إلى الحالة السائلة؛ فعلى سبيل المثال، إذا كنت ترغب في فصل الماء عن محلول ملحي، فإن طريقة التقطير البسيط ستكون طريقة مناسبة جدًّا لهذا الغرض، فعلى سبيل المثال، لفصل الماء النقي من محلول ملحي يمكن اتباع الإجراءات التالية: يتم تسخين المحلول الملحي في دورق التسخين إلى نقطة الغليان. وفي أثناء ذلك يتحول الماء السائل إلى بخار يتم تجميعه في المكثف الذي يوصل إلى كأس يتم تجميع الماء المتكثف فيه. يتم إدخال ماء بارد حول المكثف الذي يعمل على تبريد المكثف وتحويل بخار الماء إلى الحالة السائلة، ثم تجميع الماء النقي في الكأس. وتستمر العملية حتى يتحول جميع الماء السائل إلى بخار، ويتبقى الملح في دورق التسخين على شكل مادة صلبة، انظر **الشكل 5–6**.

الفصل بالتقطير التجزيئي Fractional distillation كما في طريقة التقطير البسيط، تعد طريقة التقطير التجزيئي **Fractional distillation** الأفضل لفصل مكونات محلول يتكون من سوائل ممتزجة Miscible liquids، وهي السوائل التي تذوب بعضها في بعض، وتعتمد طريقة التقطير التجزيئي على الاستفادة من اختلاف نقاط غليان السوائل المكونة للمخلوط (المحلول)؛ فعلى سبيل المثال يمكن فصل الإيثانول من محلول الماء والإيثانول كما هو موضح في **الشكل 6–6** كما يلي:

في المخلوط السائل الذي يتكون من سوائل ممتزجة مثل الإيثانول والماء، يكون لأحد السوائل نقطة غليان أقل، ومن خلال آلية مشابهة لما يحدث في التقطير البسيط، يتم تسخين المحلول والسائل الذي له درجة غليان أقل يغلي أولًا، ويتحول إلى الحالة الغازية محتويًا على نسبة من الإيثانول أكبر من تلك الموجودة في المخلوط الأصلي. وعلى عكس ما هو في التقطير البسيط هناك عمود التجزئة **Fractionating column** الذي يوجد بين



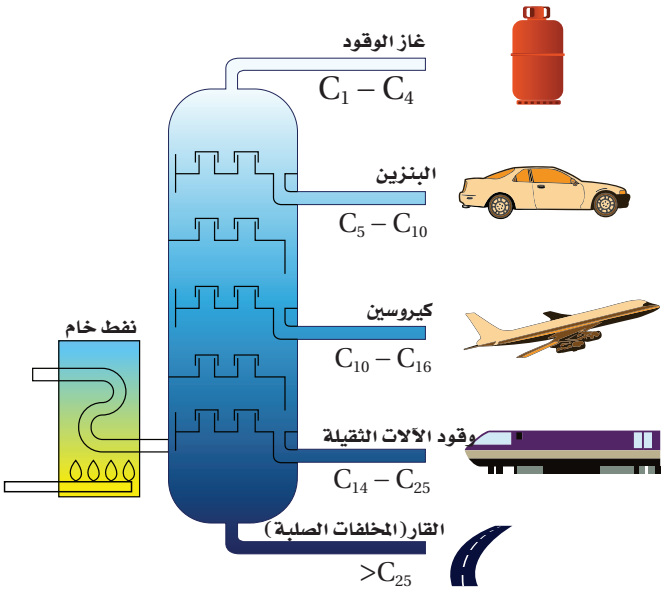
الشكل 6–6 تستخدم طريقة التقطير التجزيئي لفصل مكونات المخلوط الذي يتكون من عدة سوائل ممتزجة.

دورق الغليان ووحدة التكثيف. ويتكون من طبقات من الزجاج أو الخرز. ويساعد هذا التركيب في ارتفاع الغاز ببطء لتتكثف المكونات، وتتبخر عدة مرات قبل أن يتم جمعها في الكأس. وفي النهاية يتم فصل الماء من الإيثانول. لاحظ أن التقطير التجزيئي يأخذ وقتًا أطول قليلاً من التقطير البسيط.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين التقطير البسيط، والتقطير التجزيئي.

النفط الخام Crude oil النفط الخام واحد من أهم مصادر الوقود في العالم اليوم؛ لأنه يتكون من خليط من عدد كبير من المركبات الكيميائية المختلفة، معظمها من الهيدروكربونات. وقبل أن تصبح هذه المواد الهيدروكربونية قابلة للاستخدام لا بد من فصلها. ويتم هذا في مصافي النفط على نطاق واسع، كجزء من عملية تكرير النفط الخام برمتها. وعملية فصل النفط الخام إلى مكوناته المفيدة القابلة للاستخدام تُسمَّى التقطير التجزيئي. ويعد كل مكون يتم جمعه في هذه العملية جزءًا من مجموعة مركبات تتميز بدرجات غليان ضمن مدى معين.

مكونات النفط الخام Crude Oil Fractions يتم في مصفاة النفط فصل مكونات النفط الخام الهيدروكربونية في برج كبير يُسمى برج التجزئة، انظر **الشكل 7–6**. ويتم بشكل مستمر تغذية النفط الخام في الجزء السفلي من البرج مع التسخين، ثم تتبخر مكونات المخلوط وتصعد إلى البرج وترتفع، ثم تبرد بمعدلات مختلفة؛ بسبب اختلاف درجات غليانها، وتتكثف إلى الحالة السائلة.



الشكل 7–6 يتم فصل مكونات النفط الخام بواسطة التقطير التجزيئي وفقًا لاختلاف درجات غليانها في عمود التجزئة.

الجدول 2-6 نواتج التقطير التجزيئي للنفط الخام

المكونات	عدد ذرات الكربون	مدى درجة الغليان (°C)	القابلية للاشتعال	اللزوجة واللون	الاستخدامات
غاز الوقود	1 to 4	up to 20°C	تقل القابلية للاشتعال ↓	تزداد السماكة وشدة اللون ↓	قوارير الغاز
البنزين	5 to 10	20°C to 120°C			البنزين، وصنع المواد الكيميائية
الكيروسين	10 to 16	120°C to 240°C			وقود الطائرات، برافين
وقود الآلات الثقيلة	14 to 30	240°C to 350°C			وقود الديزل، التشحيم، ووقود التدفئة المركزية
ما يتبقى بعد التقطير التجزيئي	+25	+350°C			الشموع، والأسفلت للطرق والأسطح

المفردات الجديدة

- القابلية للاشتعال
- Flammability
- اللزوجة
- Viscosity

لمكونات النفط التي يتم فصلها عن طريق التقطير التجزيئي العديد من الاستخدامات المختلفة وفقًا لخصائصها. ويجب تعرف خصائص هذه المكونات قبل استخدامها مثل القابلية للاشتعال، واللزوجة. تعد **القابلية للاشتعال** **Flammability** مقياسًا لمدى سهولة اشتعال المادة، أما **اللزوجة** **Viscosity** فهي مقياس لسمك السائل، وقدرته على الالتصاق. والسائل الذي يتميز بلزوجة عالية لا يتدفق بسهولة؛ نظرًا لسمكه، وقدرته العالية على الالتصاق.

ويتبخر المكون الذي له أدنى درجة غليان بسهولة أكثر، بينما يتبخر المكون الذي له درجة غليان أعلى بصعوبة أكثر. كما يتبين من الجدول رقم 2-6 أن المكونات التي لها درجات غليان أدنى هي الأكثر قابلية للاشتعال والأقل لزوجة والأفتح في اللون. ويمكن ملاحظة أن المكونات الكبيرة لها درجات غليان كبيرة، ولزوجة عالية؛ لذا يكون من الصعب تحرك هذه المكونات بسرعة كافية والتبخر من السائل. ويكون للجزيئات الصغيرة التي لديها ميل للتطاير والتبخر قابلية أكثر للاشتعال.

ماذا قرأت؟ ما علاقة عدد ذرات الكربون في مكونات النفط مع قابليتها للاشتعال ولزوجتها وشدة لونها؟

الغاز الطبيعي المسال **Liquefied natural gas** غاز طبيعي تم تبريده إلى −162°C. يتكون الغاز الطبيعي في معظمه من غاز الميثان، وكميات قليلة من غازات الإيثان والبروبان والبيوتان، كما يحتوي أيضًا على الماء وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والأكسجين وبعض مركبات الكبريت. ويتم إزالة معظم هذه المركبات الإضافية خلال عملية الإسالة، حيث يتكون الغاز المتبقي بشكل رئيسي من الميثان وكميات قليلة فقط من هيدروكربونات أخرى.

يتم تقليص حجم الغاز الطبيعي المسال، وهذا يسهل عملية تخزينه ونقله بأمان لجميع الدول. والغاز الطبيعي المسال هو سائل عديم اللون والرائحة غير مسبِّب للتآكل، وغير سام، ويتم تخزينه ونقله في ضغط جوي يتوافق مع درجة غليانه. ولأن

الكيمياء في واقع الحياة

الغاز الطبيعي في دولة قطر

تعد دولة قطر ثالث أكبر مصدر للغاز الطبيعي بالعالم. وتبلغ احتياطيات الغاز في الدولة نحو 14% من احتياطي الغاز الطبيعي المكتشف في العالم. وقد ارتفع إنتاج الغاز الطبيعي في الدولة في الآونة الأخيرة إلى 17.9% عما كان عليه سابقًا.

الغاز الطبيعي عديم اللون والرائحة والطعم، يُضاف إليه مركب كيميائي له رائحة مميزة غير محببة؛ وذلك للتعرف عليه في حالة حدوث تسرب.

يتم في منصة الإنتاج البحري فصل الغاز الطبيعي عن الغازات الثقيلة السائلة قبل نقله إلى الساحل من خلال خط أنابيب تحت سطح البحر. وعند استحالة نقل الغاز من خلال خطوط الأنابيب – كما هو الحال بالنسبة لدولة قطر، حيث إن الأسواق الرئيسة على بعد آلاف الكيلومترات – يعتبر إسالة الغاز هو الحل الأمثل لنقل أكثر سهولة. ويتدفق الغاز في خطوط الإسالة لتحويله إلى غاز طبيعي مسال. ويتمّ تنقية الغاز من الشوائب – مركبات الكبريت وثاني أكسيد الكربون والماء – على مراحل؛ ثم يتم تبريد الغاز، وفصل الهيدروكربونات. وعندما تصل درجة الحرارة إلى $-162\,^{\circ}C$ ، يتم إزالة النيتروجين، ثم ضخ الغاز الطبيعي المسال لأحد صهاريج التخزين، ويصبح جاهزًا لتحميله على ناقلات صُمِّمت خصيصًا لنقل الغاز الطبيعي المسال.

الفصل اللوني (طريقة الورقة) Paper chromatography يتم استخدامها لتحديد المواد الكيميائية الملونة في الأطعمة أو مكونات الأحبار؛ فعلى سبيل المثال، إذا رغب أحد العلماء في معرفة عدد المواد الموجودة في حبر معين، فإنه بإمكانه استخدام طريقة الفصل اللوني (طريقة الورقة). وفيما يلي توضيح لطريقة تعرُّف مكونات قطرة من أنواع مختلفة من الحبر بطريقة الفصل اللوني:

نضع قطرة من كل نوع على ورقة ترشيح (جزء ثابت) على مسافة بحيث تكون أعلى من مستوى المذيب أو الماء (جزء متحرك) الموجود في حوض أو كأس كما هو مبين في **الشكل 8–6**. تبدأ مكونات الحبر بالانتشار على ورقة الترشيح بحسب قوة تجاذب كل مكون مع المذيب (الماء)، ويقطع المكون الأقل تجاذبًا مسافة أطول من المكون الأكثر تجاذبًا؛ وبذلك تبدو المكونات على ورقة الترشيح على أبعاد مختلفة من سطح المذيب (الماء). وتختلف المكونات في سرعة حركتها على الجزء الثابت بحسب ميلها للالتصاق بهذا الجزء، وميلها للذوبان في الجزء المتحرك.

ماذا قرأت؟ لماذا تختلف سرعة حركة مكونات مخلوط على الجزء الثابت في حالة الفصل اللوني للمكونات؟

الشكل 8–6 تستخدم طريقة الفصل اللوني لفصل مكونات المخلوط الذي يتكون من مواد ملونة.

الكيمياء في واقع الحياة

أهمية الفصل اللوني (الكروماتوجرافي)

تستخدم الكروماتوجرافي في الكثير من المجالات، ومنها:

الطب: فحوصات الدم والبول وغيرها...، وبذا يمكن تعرُّف الوضع الصحي للمريض مثل الكوليسترول والهيموجلوبين وغيرها.

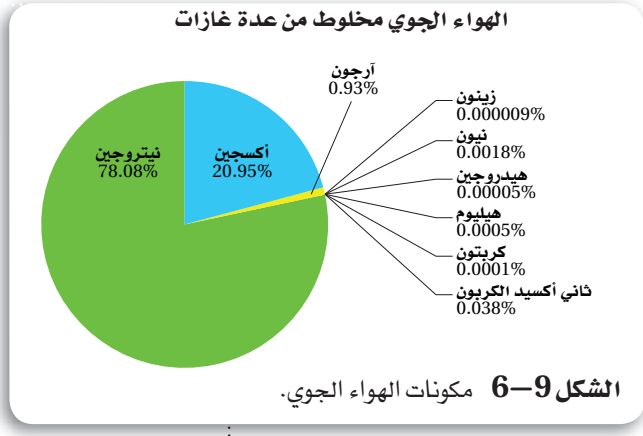
الصيدلة: من المهم معرفة مكونات الأدوية وكمياتها بشكل دقيق جدًّا؛ حتى لا تؤثر سلبًا على المريض، أو تمنع أو تؤخِّر العلاج.

صناعة الأغذية: حيث يتم تعرُّف المواد المكونة للأغذية، وهو أمر مهم لمعرفة كمية البروتينات والدهون والفيتامينات وغيرها...

البيئة: حيث يمكن من خلالها فحص تلوث الهواء، والماء، والتربة.

الهواء الجوي Air

الهواء مخلوط يتكون من عدة غازات، منها: النيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وهناك أيضًا عدد آخر من الغازات الموجودة في الهواء، ولكن كمياتها ضئيلة جدًّا، انظر **الشكل 9–6**. تبلغ نسبة النيتروجين حوالي 78% من حجم الهواء الجوي. ويتم استخدامه لتعبئة العبوات الغذائية بهدف استبعاد الأكسجين وتمديد مدة الصلاحية. ويستخدم النيتروجين السائل كذلك لتخزين الخلايا الحية. ويشكل الأكسجين حوالي 21% من حجم الهواء الجوي، ويحافظ على جميع الكائنات الحية على قيد الحياة. ويمكن اختباره بشظية متوهِّجة؛ إذ تزداد اشتعالاً في وجود الأكسجين. ويشكِّل ثاني أكسيد الكربون حوالي 0.03% من حجم الهواء الجوي. ويستخدم في صناعة المشروبات الغازية وأجهزة إطفاء الحريق. ويمكن الكشف عنه باستخدام ماء الجير؛ إذ يعمل غاز ثاني أكسيد الكربون على تعكيره، انظر **الشكل 10–6**.

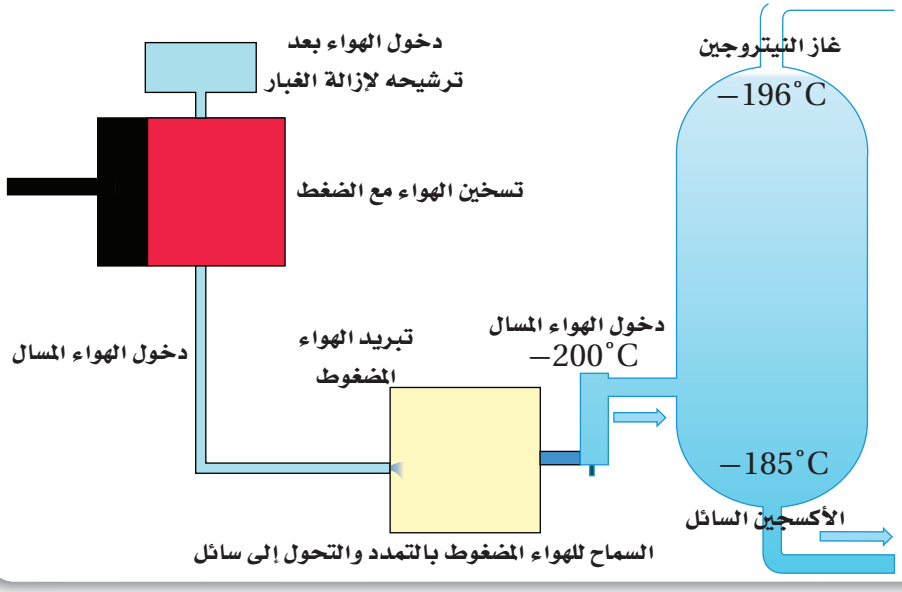


الشكل 9–6 مكونات الهواء الجوي.

الشكل 10–6 تعكر ماء الجير دليل على وجود غاز ثاني أكسيد الكربون.

أما كمية بخار الماء في الهواء فهي متغيرة. ويمكن اختبار وجود الماء أو بخار الماء بقطعة من ورق كلوريد الكوبالت الجافة، التي يتغير لونها من الوردي إلى اللون الأزرق في الماء.

التقطير التجزيئي للهواء المسال Fractional distillation of liquid air يتم ترشيح الهواء لإزالة الغبار، ثم تبريده على مراحل حتى تصل درجة الحرارة إلى $-200\,^{\circ}C$؛ وفي هذه الحالة يصبح الهواء في الحالة السائلة. وهذا ما يحدث للهواء عندما يبدأ بالتحول إلى الحالة السائلة: يتكثف بخار الماء، ويتم إزالته باستخدام مرشِّحات ماصة، ويتجمد ثاني أكسيد الكربون عند $-79\,^{\circ}C$ ويتم إزالته، كما يزال الأكسجين سائلاً في $-183\,^{\circ}C$، أما النيتروجين فيصبح سائلًا في $-196\,^{\circ}C$. ويتم استخدام التقطير التجزيئي لفصل النيتروجين السائل والأكسجين السائل، انظر **الشكل 11–6**.



الشكل 11–6 يمكن فصل مكونات الهواء المسال بواسطة التقطير التجزيئي، والحصول على غازي النيتروجين والأكسجين في حالتهما السائلة.

حدِّد أيّ الغازين يتم فصله أولًا: الأكسجين أم النيتروجين؟

الجدول 3-6	أهم استخدامات الغازات الرئيسة في الهواء الجوي
الغاز	**الاستخدامات**
الأكسجين O_2	عملية التنفس، ولهب الأكسي أستيلين المستخدم في قطع ولحام المعادن، وصناعة الحديد والصلب.
النيتروجين N_2	حفظ وتعبئة الأطعمة الطازجة، وتحضير الأمونيا التي تستخدم في صناعة الأسمدة النيتروجينية، وحفظ عينات الأنسجة.
ثاني أكسيد الكربون CO_2	الصناعات الغذائية كالمشروبات الغازية، وإطفاء الحرائق، لأنه أقل كثافة من الهواء، لذلك يعمل كحاجز بين الحريق وأكسجين الهواء الجوي.

يتم تمرير الهواء السائل في الجزء السفلي من عمود التجزئة، تمامًا كما يحدث عند تكرير النفط، يكون عمود التجزئة أكثر دفئًا في الأسفل مقارنةً مع الجزء العلوي، فيغلي النيتروجين السائل في الجزء السفلي من العمود، ويرتفع على شكل غاز إلى أعلى، حيث يتم إيصاله إلى أنبوب موصول بمستودع للتخزين. ويُجمع الأكسجين السائل في الجزء السفلي من العمود. ويوضح **الجدول 3-6** أهم استخدامات الغازات الرئيسة الناتجة من تقطير الهواء المسال.

ماذا قرأت؟ **كيف** تثبت وجود بخار الماء في الهواء الجوي؟

عسر الماء Hardness of water

نعتقد في عالمنا المعاصر أن المياه التي تصل إلى بيوتنا تكون نقية، وأنها صالحة للشرب، وأنها خالية من أية كائنات مجهرية مثل الفيروسات والبكتيريا، التي يمكن أن تسبب لنا الأمراض. ومع ذلك، فإنه بالمعنى الكيميائي يصعب الحصول على مواد نقية 100%.

ينتج **الماء العسر Hard water** بسبب وجود أيونات الكالسيوم والماغنسيوم في الماء، والتي تمنع الصابون من تكوين **الرغوة Scum**، وتوجد مثل هذه الأيونات في المياه بسبب مرورها على أو من خلال الصخور الجيرية؛ أما **الماء اليسر Soft water** فيمكن تجميعه من المناطق التي لا تذوب فيها الصخور في المياه، مثل صخور الجرانيت وغيرها. ويبيِّن **الجدول 4-6** مقارنة بين الماء العسر والماء اليسر.

المفردات الجديدة

- الماء العسر Hard water
- الرغوة Scum
- الماء اليسر Soft water

الجدول 4-6	مقارنة بين الماء العسر والماء اليسر	
وجه المقارنة	**الماء العسر**	**الماء اليسر**
المعادن الموجودة	أيونات Ca^{2+}، Mg^{2+}	Na^{+}
التفاعل مع الصابون	لا يكون رغوة	يكون رغوة
السلبيات	يشكل طبقة كلسية في أنابيب المياه، وأواني الطبخ.	يذيب بعض الرصاص في الأنابيب التي تحتوي على الرصاص، وعلى الرغم من أن الكمية قليلة إلا أن أثرها تراكمي في جسم الإنسان.

الشكل 12–6 يؤدي تسخين العسر إلى ترسيب كربونات الكالسيوم أو الماغنسيوم على الأواني والأدوات التي تستخدم لتسخين الماء.

المفردات الجديدة

- العسر المؤقت
- Temporary hardness
- العسر الدائم
- Permanent hardness

ومن سلبيات الماء العسر أنه لا يصلح للتنظيف، بسبب صعوبة تكون رغوة للصابون عند استخدامه، وتكوُّن الرواسب الكلسية في أنابيب المياه الساخنة، مما يؤدي إلى إغلاقها، ومن سلبياته أيضًا تكوُّن الطبقات الكلسية على أواني الطبخ وتسخين المياه، مما يعيق عملية التسخين، ويزيد كمية الطاقة المستهلَكة، انظر **الشكل 12–6**.

وعسر الماء نوعان: مؤقت ودائم، وذلك بحسب الأيونات المذابة فيه، فينتج **العسر المؤقت Temporary hardness** عن وجود بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم في الماء، ويمكن إزالة هذا العسر بتسخين الماء:

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

ويمكن أيضًا إزالة عسر الماء المؤقت عن طريق إضافة هيدروكسيد الكالسيوم، حيث يعمل على ترسيب كربونات الكالسيوم:

$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

أما **العسر الدائم Permanent hardness** فينتج عن وجود كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ أو كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$ أو كلوريداتها، وهذا النوع من العسر لا يمكن إزالته بالتسخين. وعسر الماء يسبِّب مشاكل اقتصادية مهمة، حيث يقلِّل من كفاءة سخانات الماء وأنظمة التسخين. ويمكن إزالة العسر الدائم عن بإضافة كربونات الصوديوم:

$$CaSO_{4(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \longrightarrow CaCO_{3(s)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

$$MgSO_{4(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \longrightarrow MgCO_{3(s)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

ويوضح **الجدول 5–6** المواد المسبِّبة لكل من العسر المؤقت والدائم، وطرق إزالة كل منهما.

ماذا قرأت؟ **اكتب** معادلة كيميائية توضح فيها كيفية التخلص من العسر الدائم الناتج عن وجود كلوريد الكالسيوم.

الجدول 5-6 أسباب عسر الماء وطرق إزالته

وجه المقارنة	العسر المؤقت	العسر الدائم
الأسباب	بيكربونات الكالسيوم، أو بيكربونات الماغنسيوم	كبريتات الكالسيوم، أو كبريتات الماغنسيوم، أو كلوريد الكالسيوم، أو كلوريد الماغنسيوم
طرق إزالته	التسخين، أو إضافة هيدروكسيد الكالسيوم	إضافة كربونات الصوديوم

الكيمياء في واقع الحياة

الصواعد والهوابط

تتكون عن طريق ترسيب كربونات الكالسيوم وبعض أملاح المعادن الأخرى. ويبدأ كل هابط بتقاطر نقطة واحدة من الماء المحمل بالأملاح المعدنية ثم نقطة ثانية ثم ثالثة وهكذا في المكان نفسه، وتترك راسبًا رقيقًا من الكربونات على شكل أنابيب رقيقة صاعدة لأعلى تسمى الصواعد stalagmite. وبتتابع تساقط الماء وترسّب الكربونات يتكون الشكل المخروطي المعهود للهوابط stalactite.

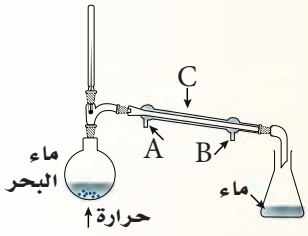
التقويم 6-1

الخلاصة

- المخاليط نوعان: متجانسة وغير متجانسة.
- يمكن فصل مكونات المخاليط بطرائق فيزيائية متعددة؛ مثل الترشيح والتبخير والتقطير البسيط والتقطير التجزيئي والفصل اللوني (الكروماتوجرافي).
- تستخدم طريقة التقطير التجزيئي في الحصول على مكونات النفط الخام.
- تعتمد استخدامات مكونات النفط على خصائص متعددة أبرزها القابلية للاشتعال، واللزوجة.
- يتكون الهواء الجوي من عدة غازات معظمها من النيتروجين والأكسجين.
- يتم فصل مكونات الهواء الجوي بطريقة التقطير التجزيئي للهواء المسال.
- عسر الماء نوعان: مؤقت ينتج عن وجود البيكربونات في الماء، ودائم ينتج عن وجود الكبريتات أو الكلوريدات في الماء.
- يتم التخلص من العسر المؤقت باستخدام التسخين أو إضافة هيدروكسيد الكالسيوم، ومن العسر الدائم بإضافة كربونات الصوديوم.

1. **الفكرة الرئيسة** **صف** كيف تختلف المخاليط المتجانسة والمخاليط غير المتجانسة؟

2. يوضح الشكل أعلاه، نتائج تجربة الفصل اللوني لخمسة أنواع من الحبر: A، B، C، D، E. أجب عما يلي:
   a. أيٌّ منها يتكون من مخلوط من عدة ألوان؟
   b. أيٌّ منها يمثل النوع نفسه من الحبر؟
   c. أيٌّ منها غير ذائب في المحلول؟
3. أي طرائق الفصل تعد الأفضل لفصل مكونات مخلوط من الماء والنفط المتسرب من ناقلات النفط؟
4. ما الإجراءات المناسبة لفصل مكونات مخلوط من الرمل وملح الطعام والماء؟
5. يستخدم الجهاز المرفق في فصل مكونات أنواع من المخاليط. أجب عن الأسئلة الآتية:



   a. ما طريقة الفصل التي يوضحها الشكل؟
   b. ما اسم الجزء المشار إليه بالحرف (C)؟
   c. كيف تثبت أن الماء الذي يتم جمعه بهذه الطريقة خالٍ من الأملاح؟
6. **حدِّد** السلبيات التي ترافق الاعتماد على الماء العسر في الاستخدامات اليومية.
7. **فسّر** سبب عدم تكوُّن رغوة للصابون في الماء العسر.
8. وضِّح ما سبب تكون عسر الماء المؤقت والدائم؟ كيف يمكنك التخلُّص من كل منهما؟

6-2

التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي

Industrial Applications of Electrolysis

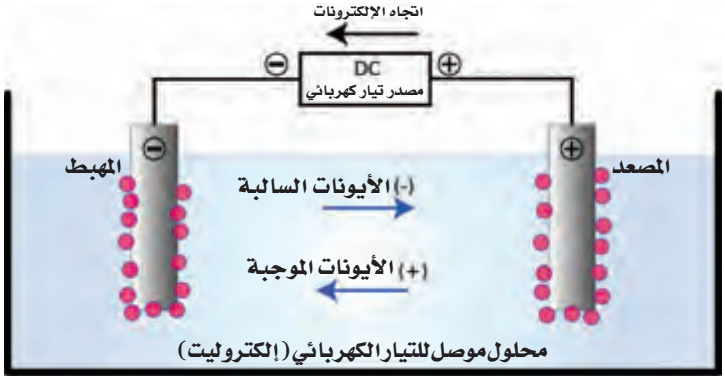
الفكرة الرئيسة **يستخدم التحليل الكهربائي في الكثير من التطبيقات الصناعية.**

الربط مع الحياة لعلك تلاحظ أنه في أثناء تناول الطعام باستخدام أدوات المائدة مثل، الملاعق والسكاكين والشوك أن لها لمعان وبريق، وبعضها ذهبي اللون، والآخر فضي اللون، مع أنها لا تصنع عادة من الذهب أو الفضة؛ فكيف اكتسبت هذه الأدوات مظهرها؟

تطبيقات التحليل الكهربائي Applications of electrolysis

درست سابقًا في الكيمياء أن بعض التفاعلات الكيميائية تحدث بسهولة، سواءً بشكل طبيعي أو بالتسخين. وتحتاج بعض التفاعلات الكيميائية إلى الاستمرار بتزويدها بالطاقة عن طريق تطبيق تيار كهربائي خارجي مثل البطارية. ويُسمى استعمال الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي **التحليل الكهربائي Electrolysis**. وتُسمى الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التفاعل الكيميائي خلية التحليل الكهربائي Electrolytic cell. وتحتوي الخلية على محلول أو مصهور موصل للتيار الكهربائي بسبب احتوائه على أيونات موجبة وسالبة في حالة حركة مستمرة، ويُسمى **إلكتروليت Electrolyte**، مثل محاليل الأملاح أو محاليل الأحماض والقلويات. انظر تركيب خلية التحليل الكهربائي في **الشكل 13–6**. وتعد عملية التحليل الكهربائي عملية مهمة في الكثير من التطبيقات الصناعية، فهي تستخدم في استخلاص المعادن النشطة، مثل البوتاسيوم، والصوديوم، والكالسيوم، والماغنسيوم، والألومنيوم؛ وفي صقل وطلاء المعادن لتحسين مظهرها، وتقليل التآكل ومنع الصدأ.

تقوم فكرة خلايا التحليل الكهربائي على تفاعلات كيميائية تسمى تفاعلات الأكسدة



الشكل 13–6 تتكون خلية التحليل الكهربائي من وعاء عازل يحتوي على محلول أو مصهور موصل للتيار الكهربائي (إلكتروليت)، وقطبين موصلين (مصعد ومهبط) ومصدر خارجي للتيار.

حدِّد أيّ القطبين يحدث عنده تأكسد؟ وأيهما يحدث عنده الاختزال؟

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

18.5 – 18.6

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.3.1–10A.3.2–10A.2.3–10A.3.4

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

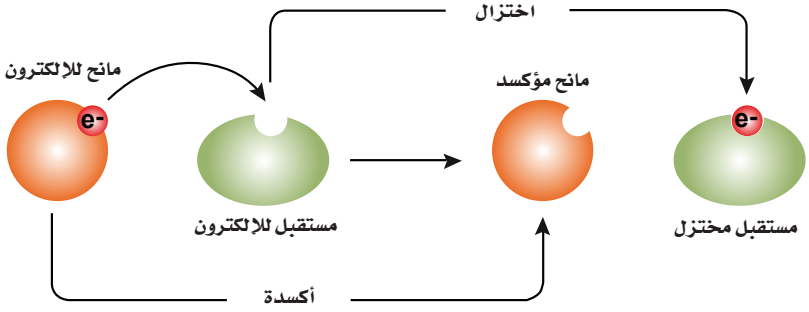
- **يوضح** طريقة التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم بالمعادلات الكيميائية.
- **يوضح** طريقة استخلاص الألومنيوم من مصهور أكسيد الألومنيوم بالتحليل الكهربائي.
- **يوضح** كيفية تنقية النحاس بالتحليل الكهربائي.
- **يذكر** الأهمية الصناعية للهالوجينات ومركباتها.

مراجعة المفردات

الأكسدة والاختزال: التفاعل الذي يتضمن فقد واكتساب الإلكترونات.

المفردات الجديدة

- التحليل الكهربائي
- Electrolysis
- إلكتروليت
- Electrolyte



الشكل 14–6 يتم في تفاعلات الأكسدة والاختزال فقد واكتساب الإلكترونات.

والاختزال Redox reactions؛ وهما عمليتان متلازمتان، فحيثما حدث **الأكسدة Oxidation** يحدث **الاختزال Reduction**. ويشير مفهوم الأكسدة إلى فقدان الذرة للإلكترونات، بينما يشير مفهوم الاختزال إلى اكتساب الذرة للإلكترونات؛ ويمكن التعبير عن العمليتين كما هو موضح في **الشكل 14–6**.

التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم Electrolysis of brine يمكن الحصول على بعض المواد والمركبات المفيدة من التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم، مثل غاز الكلور Cl_2 ومحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH وغاز الهيدروجين H_2. وهناك عدة أنواع من الخلايا التي تُستخدم في عملية التحليل الكهربائي، ومن هذه الأنواع **خلية الغشاء الحجابي Diaphragm cell** التي يُستخدم فيها التيتانيوم أنودًا (مصعدًا)، والحديد كاثودًا (مهبطًا)، وغشاء من الحرير الصخري يفصل بين غرفتين لمنع التفاعل بين غاز الكلور ومحلول هيدروكسيد الصوديوم؛ انظر **الشكل 15–6**. يتم إذابة ملح الطعام في الماء، حيث يعمل على تفكيكه إلى أيونات سالبة (Cl^-) وأيونات موجبة (Na^+). وعند إغلاق الدائرة الكهربائية تتحرك الأيونات المختلفة نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة. فيحدث تأكسد لأيونات الكلوريد السالبة عند **الأنود Anode** (المصعد) ويتصاعد غاز الكلور، بينما يحدث اختزال لجزيئات الماء عند **الكاثود Cathode** (المهبط)، ويتصاعد غاز الهيدروجين. ونظرًا لوجود أيونات الصوديوم وأيونات الهيدروكسيد (OH^-) يتكون محلول قلوي من هيدروكسيد الصوديوم، والمواد الثلاث الناتجة لها أهمية كبيرة في الكثير من التطبيقات الصناعية. والمعادلة

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

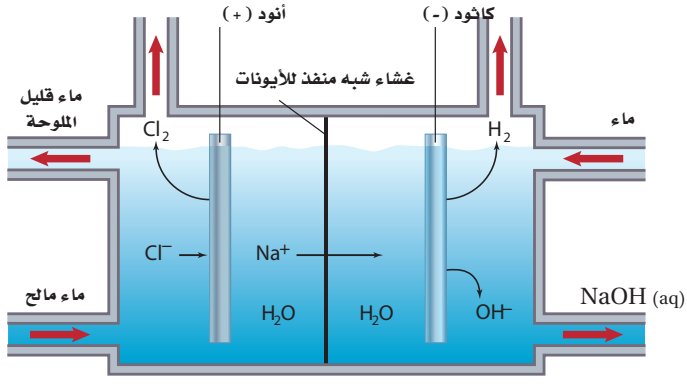
"يختزل Reduce"

الاستعمال العلمي: فقدان الذرة للإلكترونات. يختزل الخارصين أيونات النحاس II إلى ذرات نحاس بفقدان إلكترونين.

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

المفردات الجديدة

- الأكسدة • Oxidation
- الاختزال • Reduction
- خلية الغشاء الحجابي • Diaphragm cell
- الأنود • Anode
- الكاثود • Cathode



الشكل 15–6 تقوم بعض الصناعات على استعمال غاز الهيدروجين والكلور ومحلول هيدروكسيد الصوديوم التي تنتج من التحليل الكهربائي لماء البحر.

الكيميائية التالية تمثل التفاعل الكلي الذي يحدث في أثناء عملية التحليل الكهربائي.

$$2NaCl_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

ماذا قرأت؟ ما النواتج الرئيسة لعملية التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم؟

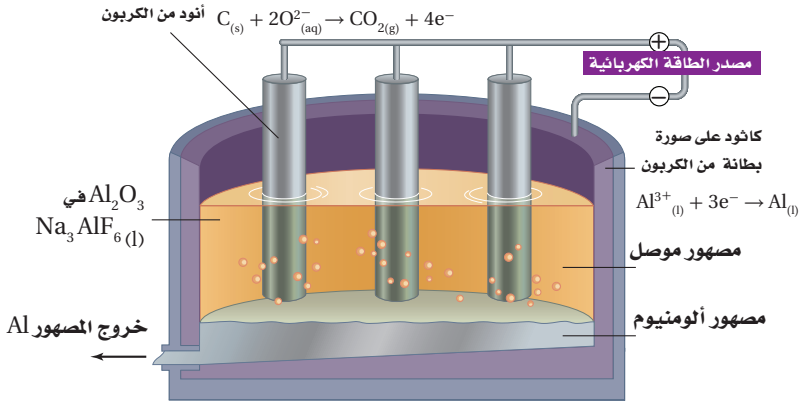
استخلاص الألومنيوم من مصهور أكسيد الألومنيوم

The extraction of aluminum from molten aluminum oxide تختلف طرائق استخلاص الفلزات بحسب النشاط الكيميائي لها؛ ففي حالة الفلزات النشطة كيميائيًّا يستخدم التحليل الكهربائي لمصاهير خاماتها؛ فعلى سبيل المثال يتم استخلاص الألومنيوم صناعيًّا بالتحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألومنيوم (البوكسيت). يتم أولًا تنقية البوكسيت من خلال إذابته في هيدروكسيد الصوديوم وترشيحه لفصل الملوثات غير الذائبة. يتم ترسيب هيدروكسيد الألومنيوم عن طريق إضافة ثاني أكسيد الكربون، ثم يتم تفكيكه بالحرارة للحصول على أكسيد الألومنيوم Al_2O_3. يخلط الأكسيد مع الكريوليت المنصهر Na_3AlF_6؛ للتقليل من درجة انصهاره، بحيث تقل درجة الانصهار من 2050 °C إلى 900 °C، ومن ثم يتم التحليل الكهربائي للخليط المصهور باستخدام مصعد (أنود)، وهو عبارة عن عدة قضبان من الجرافيت متصلة معًا، أما المهبط (الكاثود) فهو عبارة عن بطانة الخلية الذي يتكون أيضًا من الجرافيت، انظر **الشكل 16–6**، وعند مرور التيار الكهربائي يحدث التفاعل الآتي عند الكاثود:

اختزال أيونات الألومنيوم Al^{3+} إلى ألومنيوم Al

$$4Al^{3+}_{(l)} + 12e^- \longrightarrow 4Al_{(l)}$$

ويتم تجميع الألومنيوم من أسفل خلية التحليل الكهربائي من خلال فتحة أو صنبور يتم التحكم بها، وتصل درجة نقاوة الألومنيوم في هذه الحالة إلى 99.8%، وعند المصعد (الأنود) يتكون غاز الأكسجين الذي يتفاعل جزء منه مع قضبان الجرافيت، ولذلك يتم استبدالها بشكل دوري؛ بسبب التآكل، ويحدث التفاعل الآتي عند الأنود:



الشكل 16–6 تتم عملية هول – هيرولت عند درجة 900 °C في مصهر مشابه لهذا. ويستعمل الجرافيت أنودًا وكاثودًا. وتتم إضافة الألومنيوم المدوّر إلى الخلية مع الألومنيوم؛ لتساعد في خفض درجة الانصهار.

تأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون: $3C_{(s)} + 6O^{2-}{}_{(l)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 12\ e^-$

وعند جمع التفاعلين نحصل على التفاعل الكلي في الخلية:

$$2Al_2O_{3(l)} + 3C_{(s)} \longrightarrow 4Al_{(l)} + 3CO_{2(g)}$$

تم تسمية هذه العملية هول– هيرولیت؛ نسبة للكيميائي الأمريكي شارلز مارتن هول (1863–1914) والذي اكتشف هذه الطريقة في العام 1886، وكذلك نسبة للكيميائي الفرنسي بول هيرولیت (1863–1914) و الذي قام باكتشاف الطريقة نفسها بالعام نفسه.

خصائص الألومنيوم Properties of aluminum الألومنيوم فلز خفيف الوزن، ومتين، وذو مظهر يتراوح بين الفضي والرمادي الداكن بحسب خشونة السطح، جيد التوصيل للحرارة والكهرباء، وهو قابل للسحب والطرق. وهو من الفلزات المقاومة للصدأ؛ بسبب طبقة الأكسيد غير المسامية التي تتكون على سطحه وتحميه من التآكل. وهو أحد الفلزات القليلة التي تحافظ على انعكاسها الفضي الكامل عندما تكون بشكل مسحوق، مما يجعله مكونًا مهمًّا في الطلاءات الفضية، والألومنيوم رخيص الثمن نسبيًّا ومتوفر بكميات كبيرة.

استخدامات الألومنيوم Uses of aluminum يستخدم الألومنيوم في صناعة الأواني التي تستخدم لمرة واحدة، والتغليف، وصناعة الأسلاك الكهربائية التي يمر بها التيارات الكهربائية ذات الشدة العالية، وفي تغطية خزانات وأنابيب النفط لعكس الأشعة الشمسية عنها وحمايتها من التآكل. كما يستخدم في صناعة السبائك التي تستخدم في صناعة هياكل السيارات والطائرات. انظر **الشكل 17–6**.

ماذا قرأت؟ اكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الكلي الذي يحدث في خلية هول– هيرولیت.

الشكل 17–6 يستخدم الألومنيوم في الكثير من الصناعات؛ نظرًا لخصائصه الكيميائية ورخص ثمنه وتوفره بكميات كبيرة.

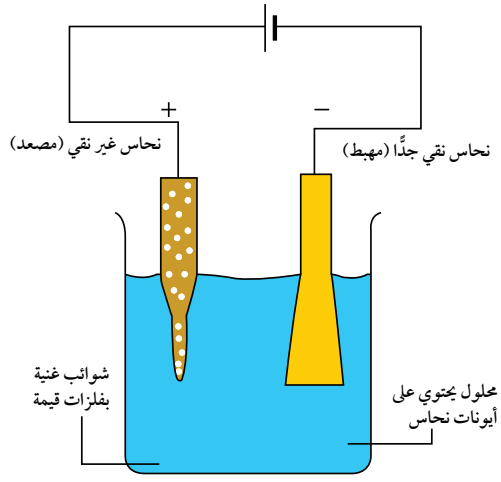
اذكر بعض المنتجات الأخرى التي يستخدم فيها الألومنيوم.

تجربة

تنقية النحاس

الخطوات

1. زن القطبين باستخدام ميزان حساس.
2. ركِّب خلية التحليل الكهربائي هو موضح في الشكل.
3. بعد مرور 10 min، اغسل القطبين بماء مقطر، ثم بالأسيتون واتركهما ليتبخر، ثم زنهما مجددًا.



التحليل:

1. سجِّل ملاحظاتك.
2. ما الذي تلاحظه على كتلة كل من المصعد والمهبط؟

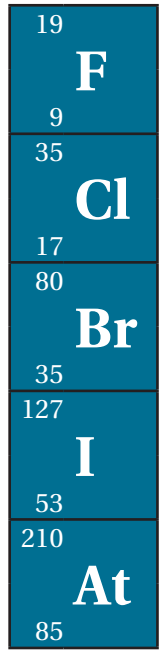
تنقية الفلزات Metals purification يعد النحاس من الموصلات الجيدة للكهرباء، ولكي يكون فعّالًا في ذلك، يجب أن يكون نقيًّا. النحاس الذي يتم استخراجه من خامات النحاس لا يكون نقيًّا بدرجة كافية، وتتم عملية التنقية بطريقة التحليل الكهربائي. وفي الصناعة يستخدم مهبط رقيق لتنقية النحاس، بينما يمثل النحاس غير النقي المصعد. ما الذي يحدث على كل قطب؟ تزداد كتلة المهبط باستمرار بسبب اختزال أيونات النحاس، بينما تتناقص كتلة المصعد؛ بسبب تأكسد مادته. وتسقط الشوائب في قاع خلية التحليل. وقد تحتوي الشوائب على فلزات ثمينة مثل الذهب والفضة.

ماذا قرأت؟ **حدد** أنواع التفاعلات الكيميائية التي تحدث على كل من المصعد والمهبط في خلية التحليل الكهربائي عند إجراء عملية التنقية.

الأهمية الصناعية للهالوجينات ومركباتها

The industrial importance of halogens and their compounds

ما الشيء المشترك بين كل من: ملح الطعام، المبيض، الفلوريد في معجون الأسنان، والكلور في حمامات السباحة؟ إضافة مصابيح الهالوجين إلى القائمة يجعل الإجابة أكثر وضوحًا؛ إذ تحتوي جميعها على واحد أو أكثر من الهالوجينات التي تشكل المجموعة 17 من الجدول الدوري للعناصر. تتكون مجموعة الهالوجينات من خمسة عناصر: الفلور والكلور والبروم، واليود، والأستاتين، انظر **الشكل 18–6**. تستخدم العناصر الأربعة الأولى على نطاق واسع؛ أما الأستاتين فهو عبارة عن مادة عالية الإشعاع ونادرة للغاية. والتطبيقات الصناعية للهالوجينات كثيرة ومتنوعة. ويبين **الجدول 6–6** الرموز الكيميائية للهالوجينات وأعدادها الذرية.



الشكل 18–6 مجموعة الهالوجينات في الجدول الدوري.

الجدول 6-6	الرموز الكيميائية للهالوجينات وأعدادها الذرية	
اسم العنصر	الرمز الكيميائي	العدد الذري
الفلور Fluorine	F	9
الكلور Chlorine	Cl	17
البروم Bromine	Br	35
اليود Iodine	I	53
الأستاتين Astatine	At	85

الشكل 6–19 يعد عنصر البروم من العناصر الموجودة في الحالة السائلة في درجة حرارة الغرفة، وهو أحد العنصرين الموجودين في هذه الحالة؛إضافة إلى الزئبق.

خصائص الهالوجينات Characteristics of halogens تتنوع الحالة الطبيعية للهالوجينات؛ فالفلور والكلور من الغازات، واليود مادة صلبة، والبروم هو واحد من اثنين فقط من عناصر موجودة في درجة حرارة الغرفة كسائل، انظر **الشكل 19–6**. أما الأستاتين، فهو صلب عالي الإشعاع، ومن الصعب معرفة الكثير عن خصائصه؛ وعلى الرغم من هذه الاختلافات، فهناك الكثير من الخصائص المشتركة، وليس فقط فيما يتعلق بوجود سبعة إلكترونات تكافؤ، فمن الخصائص المشتركة التي لاحظها العلماء حول هذه العناصر الخمسة هو حقيقة أنها تميل إلى تكوين الأملاح. وتتكون العديد من الأملاح نتيجة الارتباط الكيميائي بين الفلزات واللافلزات؛ فعلى سبيل المثال عندما يرتبط الكلور والصوديوم يتكون ملح الطعام NaCl.

توجد الهالوجينات في حالتها الطبيعية بصورة جزيئات ثنائية الذرة: F_2، Cl_2، Br_2، ... ، وترتبط مع الفلزات مكونة مركبات أيونية تعطي عند ذوبانها في الماء أيونات سالبة: F^-، Cl^-، Br^-، وI^- التي تعطى الأسماء فلوريد وكلوريد، وبروميد، ويوديد على الترتيب.

التبييض Bleaching تستند أنظمة التبييض المستخدمة في بعض المنتجات المنزلية على حمض الهيبوكلوروز HClO الذي يتكون من تفاعل الكلور مع الماء، انظر **الشكل 20–6**.

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HOCl$$

لا تستخدم المبيضات التي تقوم صناعتها على الكلور لإزالة البقع عن جميع الملابس؛ لأنها أكثر قوة مؤكسدة من المبيضات التي تقوم صناعتها على مواد أخرى، وقد تتعرض الأصباغ في الأقمشة إلى الضرر، وحتى الأقمشة نفسها قد تتعرض للضرر؛ ولذلك تستخدم في عمليات تبييض الأقمشة القطنية والورق.

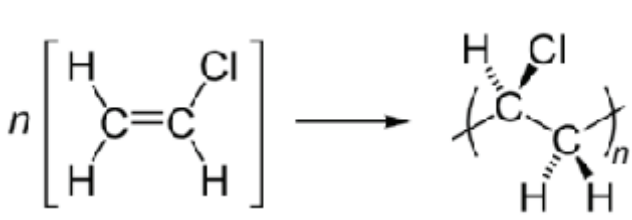
$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HClO + HCl$$

الشكل 6–20 يتفاعل الكلور مع الماء مكونًا حمض الهيبوكلوروز.

الشكل 21–6 يستعمل الكلور في صناعة بوليمر كلوريد الفينيل الذي يستعمل في صناعة الأنابيب.

البولي فينيل كلوريد Polyvinyl chloride (PVC) البوليمرات عبارة عن جزيئات كبيرة تتكون من اتحاد عدد كبير من الجزيئات الصغيرة تسمى المونومرات، ويعد البولي فينيل كلوريد هو أحد البوليمرات الصناعية القليلة ذات التطبيقات الواسعة تجاريًّا، بسبب المقاومة الكيميائية العالية، والقدرة الفريدة لهذا النوع من البوليمرات، الذي يمكن خلطه مع إضافات أخرى ليعطي أنواعًا كثيرة من بوليمرات ذات خصائص مميزة.

يتم الحصول على البولي فينيل كلوريد من بلمرة مونومر كلوريد الفينيل، كما يلي:



*

يستخدم البولي فينيل كلوريد في صناعة الأنابيب البلاستيكية التي تتصف بالمتانة، انظر **الشكل 21–6**، وفي تغليف الأسلاك الكهربائية، وكعازل في أعمال البناء. وقد تم التوسع في استخدامه في تصنيع جدران المنازل والأبواب والشبابيك العازلة للحراره والصوت، انظر **الشكل 22–6**.

المفردات الجديدة

- دي دي تي D.D.T •

الفريونات Freon عبارة عن مجموعة من مركبات الكربون مع الفلور والكلور Chlorofluorocarbons، ويطلق عليها اختصارًا مركبات CFCs، ومن أمثلتها CF_4، CCl_2F_2، وهذه المركبات لها خواص تبريد نموذجية، وهي الوحيدة التي تستخدم حاليًّا في المبردات وأجهزة تكييف الهواء.

المبيدات الحشرية Insecticides يدخل الكلور في تحضير العديد من المبيدات الحشرية، ومن أشهرها ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان أو كما يعرف باختصاره الشهير **دي دي تي D.D.T**، وهو مبيد حشري استعمل على نطاق واسع

الشكل 22–6 يستعمل بولي كلوريد الفينيل في تصنيع جدران المنازل والأبواب والشبابيك العازلة للحرارة والصوت.

* اطلاع ذاتي.

الشكل 6–23 بسبب خواصّ اليود المضادة للجراثيم، يستعمل محلول اليود ومركباته كمطهرات خارجية. كما تدخل بعض مركبات يوديد البوتاسيوم KI في الأدوية التي تعالج تضخم الغدة الدرقية.

لمكافحة **الآفات الزراعية Pesticides**، ويعد من أفضل المبيدات الحشرية من حيث الفعالية، إلا أن الآثار السلبية للمركب وبعض نواتج تحلله في التربة على البيئة بشكل عام وتأثيره المخرب على البيئة الحيوانية أدى إلى تضاؤل استعماله بشكل كبير.

المطهرات Antiseptics تستخدم الهالوجينات في عمليات التعقيم وبخاصة الكلور الذي يستخدم في تعقيم مياه الشرب وبرك السباحة للتخلص من البكتيريا، كما يدخل الكلور في صناعة مطهر الديتول. ويستخدم اليود الذائب في الكحول لتعقيم الجروح في أثناء العمليات الجراحية، انظر **الشكل 23–6**.

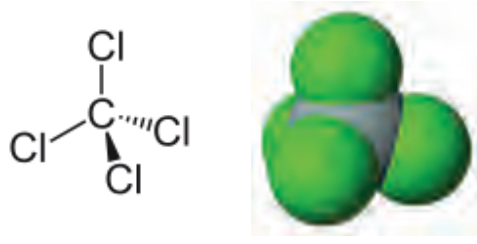
التصوير الضوئي Photography تستخدم الهالوجينات في صناعة محاليل عمليات إظهار وتحميض الصور الضوئية (الفوتوجرافية)، مثل بروميد الفضة ويوديد الفضة، انظر **الشكل 24–6**.

مذيبات عضوية Organic solvents تدخل الهالوجينات في صناعة بعض أنواع المذيبات العضوية، ومن أشهر هذه المذيبات **رابع كلوريد الكربون CCl_4 Carbon tetrachloride**؛ وهو عبارة عن سائل شفاف ذي رائحة مقبولة تشبه رائحة الكلوروفورم (مادة التخدير)، ويغلي عند 76°C، ولا يتأثر بالهواء الجوي كما هو الحال في الكلوروفورم. ويتشكل بارتباط أربع ذرات كلور بذرة كربون، انظر **الشكل 25–6**.

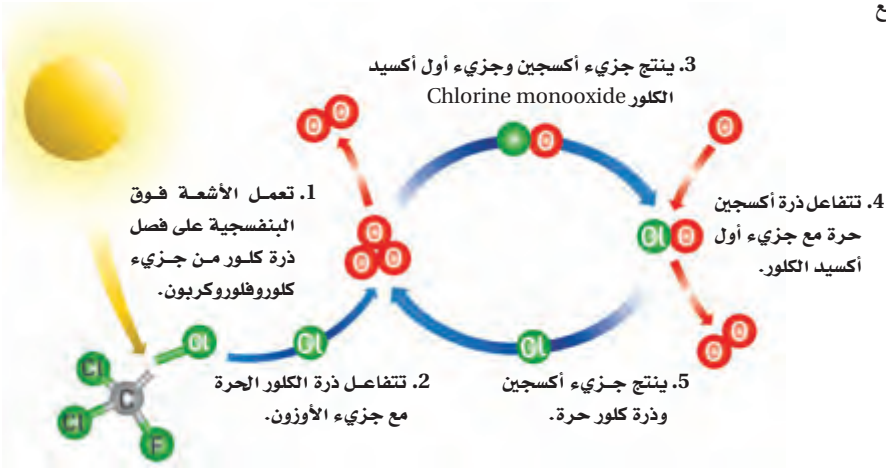
الشكل 24–6 من المحاليل التي تستخدم في إظهار وتحميض الصور الفوتوجرافية محاليل يوديد وبروميد الفضة.

المفردات الجديدة

- الآفات الزراعية
- Pesticides
- رابع كلوريد الكربون
- Carbon tetrachloride



الشكل 25–6 يتكون رابع كلوريد الكربون من ذرة كربون احدة مرتبطة بأربع ذرات من الكلور.



الشكل 26–6 تجعل الأشعة فوق البنفسية جزءًا من مركبات CFCs (ذرة كلور حرة) تتفاعل مع الأوزون، مما يؤدي إلى تآكل في طبقة الأوزون.

الأخطار البيئية المرتبطة باستخدام الهالوجينات

The environmental hazards associated with halogens uses

توجد الهالوجينات في البيئة فقط في المركبات أو الأيونات في العديد من المعادن ومياه البحر. تشكل الهالوجينات مركبات تسمى الهاليدات، وهي سلسلة من الأحماض القوية جدًّا، أحدها حمض الهيدروكلوريك HCl. وعند التعامل مع أبخرة الفلور والكلور ينبغي الحذر ومعرفة احتياطات السلامة للتعامل مع هذين الغازين؛ نظرًا للخصائص السامة لهما، ويجب استخدام خزانة الغازات في المختبر عند التعامل مع تجارب مبنية على هذه الغازات. وللكلور وبعض مركباته خصائص قاتلة؛ لذلك استخدم كسلاح كيميائي في الحروب كغاز الخردل، وإنتاج غاز الأعصاب.

أما مركبات CFCs فتسبِّب تآكل طبقة الأوزون؛ نتيجة التفاعل الكيميائي بينهما بوجود الأشعة فوق البنفسجية، انظر **الشكل 26–6**، وهذه الطبقة تحيط بالغلاف الجوي، وتحمي الأرض والكائنات الحية من الآثار المدمرة للأشعة فوق البنفسجية .

ومن المعلوم أن كل أنواع المبيدات الحشرية لا تبقى في المكان الذي ترش به، فقد تتسرب من خلال تعلّقها بالأحذية إلى السجاد وداخل البيوت من الحدائق العامة والحشائش، وتظل رواسبها لمدة عام بالبيت أو المكان. وهناك طرائق تجعلنا نتعرض لهذه المبيدات، من بينها استنشاقها أو ملامستها للجلد أو نتيجة وجودها بالجو أو الماء أو الطعام، وتتراكم في أجسامنا وأنسجتنا الدهنية، وقد لا تظهر آثارها لسنوات وربما لعقود، انظر **الشكل 27–6**. فمبيد الدي دي تي (د.د.ت) الشهير (D.D.T) هو أحد مركبات الكلور العضوية التي استُخدمت للقضاء على الحشرات، وقد حرم استخدامه دوليًّا منذ عام 1972م؛ بسبب مقاومته للتحلل وعدم ذوبانه في الماء؛ إذ مازالت آثاره تظهر في الأسماك البحرية، وفي ألبان الأمهات المرضعات حتى الآن.

الشكل 27–6 المبيدات الحشرية قد تكون خطرًا يهدد حياة البشرية.

التقويم 6-2

الخلاصة

- تقوم فكرة خلايا التحليل الكهربائي على تفاعلات الأكسدة والاختزال.
- يستخدم التحليل الكهربائي في عمليات تنقية الفلزات من شوائبها.
- توجد الهالوجينات في حالتها الطبيعية بصورة جزيئات ثنائية الذرة.
- يصاحب استخدام الهالوجينات ومركباتها أخطار بيئية متعددة، مثل: استنزاف طبقة الأوزون، والأسلحة الكيميائية، والمبيدات الحشرية، وغيرها.

9. الفكرة الرئيسة **وضِّح** التركيب العام لخلية التحليل الكهربائي.
10. **فسّر** لا يمكن الحصول على محلول هيدروكسيد الصوديوم من التحليل الكهربائي لمصهور ملح الطعام.
11. اذكر بعض التطبيقات الصناعية القائمة على استخدام الهالوجينات.
12. **حدِّد** بعض الأخطار البيئية المصاحبة لاستخدام الهالوجينات ومركباتها في التطبيقات الصناعية.
13. **وضِّح** العلاقة بين خصائص الألومنيوم واستخداماته.
14. اكتب معادلة كيميائية تبين تكون حمض الهيبوكلوروز.
15. ما المحاليل الكيميائية المستخدمة في عمليات إظهار وتحميض الصور الضوئية (الفوتوجرافية)؟

6-3

استخلاص الفلزات

Extraction of Metals

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

18.7 – 18.8 – 18.9
18.10 – 18.11

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.3.1–10A.3.2–10A.2.3–10A.3.4

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يعدد** الأسماء المختلفة لخامات الحديد.
- **يوضح** كيفية استخلاص الحديد في كل من الفرن اللافح، والأكسجين القاعدي، والقوس الكهربائي.
- **يكتب** معادلات كيميائية توضح طريقة استخلاص الحديد الزهر من خامات الحديد.
- **يصف** كيفية استخلاص النحاس من خاماته.
- **يربط** بين تلوث البيئة، ومفهوم إعادة التدوير.

مراجعة المفردات

المعدن: مادة طبيعية صلبة غير عضوية ذات تركيب كيميائي محدد، وله تركيب بلوري داخلي ثابت.

الفكرة الرئيسة **تستخلص الفلزات من خاماتها بطرائق فيزيائية وكيميائية.**

الربط مع الحياة الحديد والنحاس من العناصر الفلزية المهمة التي نعتمد عليها في حياتنا، ومن الصعب تخيل حياتنا بدون هذين الفلزين، فهما عنصران مهمان في مجالات حياتية متعددة؛ منها الأسلاك الكهربائية، والتدفئة، والاتصالات، ونقل المياه، ووسائل النقل المختلفة.

الحديد Iron

الحديد في الطبيعة Iron in nature الحديد عنصر ينتمي إلى الفلزات، وهو أحد أقدم المعادن اكتشافًا. رمزه Fe (من الكلمة اللاتينية :Ferrum)، وعدده الذري 26. يعد الحديد ضروريًّا لحياة الإنسان والحيوان؛ كونه يدخل في تركيب هيموجلوبين الدم، وكذلك لحياة النباتات؛ كونه أحد العناصر الضرورية لتكوين الكلوروفيل؛ وهو رابع العناصر تواجدًا في القشرة الأرضية، وغالباً ما يوجد في الطبيعة في صورة أكاسيد. وعندما يكون الحديد في هيئته النقية يكون فلزًا قابلًا للطرق والسحب. ويعتبر الحديد وسبائكه من أكثر المواد المعدنية استخدامًا على الإطلاق. وتحتوي النيازك الساقطة على الأرض على كميات كبيرة نسبيًّا من الحديد قد تصل إلى 90% من كتلة النيازك. وقد وردت كلمة الحديد في سورة في القرآن الكريم هي سورة الحديد، قال تعالى: ﴿لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ ۖ وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۚ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ﴾ الآية 25.

خامات الحديد Iron ores مواد أولية يمكن استخلاص الحديد منها، وهي على أنواع عدة، كما في **الشكل 28–6**.

الهيماتيت Hematite وهو عبارة عن أكسيد الحديد III (Fe_2O_3) الذي يحتوي على نسبة 70% من الحديد. ويوجد في ألوان متعددة تتراوح ما بين الأحمر إلى اللون الرمادي أو الأسود – بحسب نوع الشوائب الموجودة فيه – ويوجد في أحجام مختلفة ما بين كتل ضخمة إلى مسحوق.

الماجنيتيت Magnetite ويُسمى أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4)، ويحتوي على نسبة 72.4% من الحديد، لونه أسود ذو بريق، ولمعان، كما يعد من أنقى خامات الحديد، وهو ذو مغناطيسية عالية.

الشكل 28–6 بعض خامات الحديد

الليمونيت Limonite وهو عبارة عن خليط من أكسيد هيدروكسيد الحديد III المائي ($FeO(OH)•nH_2O$) حيث يحتوي على نسبة تتراوح بين 40% إلى 50% من الحديد، ونسبة 10% من الماء. ويميل لونه إلى الأصفر البني أو يكون مخططًا باللون الأحمر.

بيريت الحديد Iron pyrite وله الصيغة الكيميائية FeS_2، ونسبة الحديد فيه 46.6%، ونسبة الكبريت 53.4%. ويحتوي البيريت على كميات أخرى صغيرة من الفلزات مثل الكوبالت والنيكل والفضة والذهب. ويكون لونه غالبًا أصفر نحاسيًّا، ولكن في بعض الأحيان قد يكون أغمق من اللون الأصفر؛ وذلك نتيجة الصدأ.

استخلاص الحديد Iron extraction

طريقة الفرن اللافح Blast furnace method يُسمى بالفرن العالي، وهو مغلّف من الخارج بألواح من الصلب، ومبطّن من الداخل بالطوب الحراري. ويتم تسخين الهواء في الفرن عن طريق المبادلات الحرارية وعددها من 3 إلى 5، ويصل ارتفاعها من 25m إلى 40m، ويبين **الشكل 29–6** المكونات الرئيسة للفرن اللافح.

توضع خامات الحديد والكربون في (فحم كوك)، والحجر الجيري (الذي يستخدم لإزالة شوائب ثاني أكسيد السليكون التي قد تتسبب في انسداد الفرن) من أعلى الفرن، ويتم الدفع بـ 4 أطنان من الهواء الساخن لكل طن من خامات الحديد من أسفل الفرن. ويدخل تيار من الهواء الساخن عبر أنابيب أسفل الفرن، حيث يتفاعل الأكسجين مع الفحم مكوّنًا أول أكسيد الكربون، كما يلي:

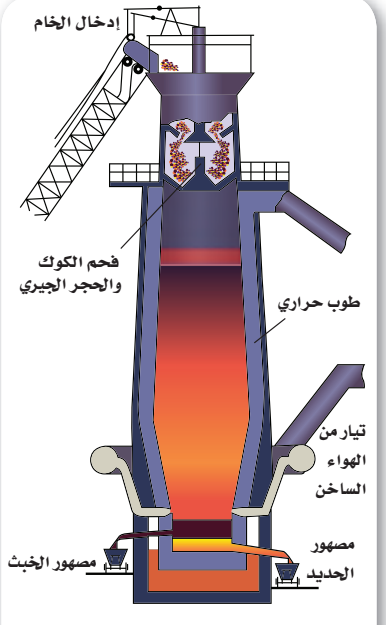
$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

يختزل أول أكسيد الكربون الهيماتيت لينتج حديد منصهر وثاني أكسيد الكربون:

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

يعمل الحجر الجيري على إزالة الشوائب (الرمل والسليكات الأخرى). تؤدي حرارة الفرن إلى تحلل الحجر الجيري إلى أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون.

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$$



الشكل 29–6 المكونات الرئيسة للفرن اللافح

ثم يتحد أكسيد الكالسيوم مع الرمل ليكون **الخبث Slag** (سليكات الكالسيوم).

$$CaO + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3$$

يطفو الخبث على سطح الحديد المنصهر؛ نظرًا لأن كثافته أقل من كثافة الحديد. يزال بعد ذلك كل من الحديد والخبث من فتحات جانبية في الفرن. ويُسمى الحديد الناتج بـ **الحديد الزهر Big cast iron**، والذي يستخدم كخام للحديد في مراحل تصنيع الحديد التالية، بينما يستخدم الخبث في رصف الطرق أو كمادة مخصبة لبعض الأنواع من التربة الفقيرة بالمعادن وفي صناعة الاسمنت.

يحتوي الحديد الزهر على شوائب كثيرة مثل الكربون والفوسفور والكبريت والسليكون، مما يؤدي إلى تقليل درجة انصهار الحديد إلى 1200 °C، وجعله يتمدد عند التجمد، مما يجعله مفيدًا في عمل القوالب. ويكون الحديد الزهر سهل الكسر؛ لذلك يصعب تشكيله إلا بعد صهره.

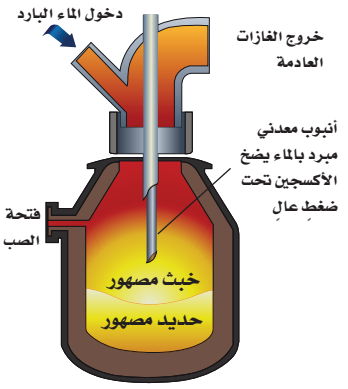
يستخدم الحديد الزهر في صناعة الآلات التي لا تتعرض للصدمات، وتتحمل الضغط مثل مضخات المياه وآلات الخياطة، وفي صناعة أنواع أخرى من الحديد.

طريقة الفرن الأكسجيني القاعدي Basic oxygen furnace method

يوضح **الشكل 30–6** تركيب الفرن الأكسجيني القاعدي، الذي يستخدم لتحويل الحديد الزهر إلى فولاذ، حيث يتم ضخ غاز الأكسجين بدرجة نقاوة عالية من خلال حديد الزهر المنصهر لتخفيض نسب الكربون والسليكون والمنجنيز والفوسفور داخل الفرن، ويطفو الخبث المنصهر على سطح المعدن الساخن، ويتم التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن أكسدة الكربون من فتحة العادم. وتحدّد نسبة الكربون في الفولاذ درجة صلابته، وبالتالي استخداماته؛ فعندما تكون نسبة الكربون 0.2% يسهل تشكيله، ويمكن استخدامه في صناعة هياكل السيارات والدراجات، أما إذا كانت النسبة بين 0.6% و1.5% فإنه يصبح قاسيًا جدًّا، لذلك يستخدم في صناعة أدوات الحفر (Drill).

طريقة فرن القوس الكهربائي Electric arc furnace method

تعتبر تقنية أفران القوس الكهربائي من التقنيات الحديثة في إنتاج الحديد والصلب، حيث بدأ استخدامها في نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات من القرن الماضي. وتعتمد هذه التقنية على استخدام تيار كهربائي ذي جهد فائق لصهر الحديد الإسفنجي الناتج عن عملية الاختزال المباشر. وبالرغم من انتشار هذه التقنية ومميزاتها الكثيرة إلا أن نسبة 32% فقط من مصانع الصلب في العالم هي التي تستخدمها، بينما لا تزال نحو 65% من صناعة الصلب في العالم تتم عن طريق تقنية الفرن العالي، والمحول الأكسجيني التي تعتمد اعتمادًا كبيرًا على الفحم، وذلك لرخص تكلفته مقارنة بأسعار الكهرباء.



الشكل 30–6 تركيب الفرن الأكسجيني القاعدي

المفردات الجديدة

- الخبث Slag
- الحديد الزهر Big cast iron

الكيمياء في واقع الحياة

شركة قطر للحديد والصلب (قاسكو)

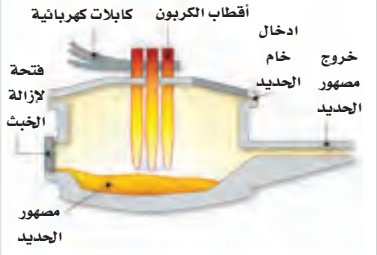
تأسست شركة قطر للحديد والصلب في عام 1974م لإنتاج قضبان التسليح المغلفة وغير المغلفة، وكذلك العادية والمشغولة. وقد جرت توسعة داخلية للمصنع لزيادة الإنتاج إلى 140 ألف طن سنويًّا من حديد التسليح. وتم إقامة مشروع مشترك بين الشركة ومجموعة شركات خليجية وكندية لإنشاء مصنع للحديد الإسفنجي المقولب الحراري.

يتكون فرن القوس الكهربائي من أسطوانة فولاذية مبطنة بالطوب الحراري. وتوجد في سقف الفرن ثلاث فتحات يمر فيها ثلاثة قضبان من الكربون يطلق عليها اسم الأقطاب، انظر **الشكل 31–6**.

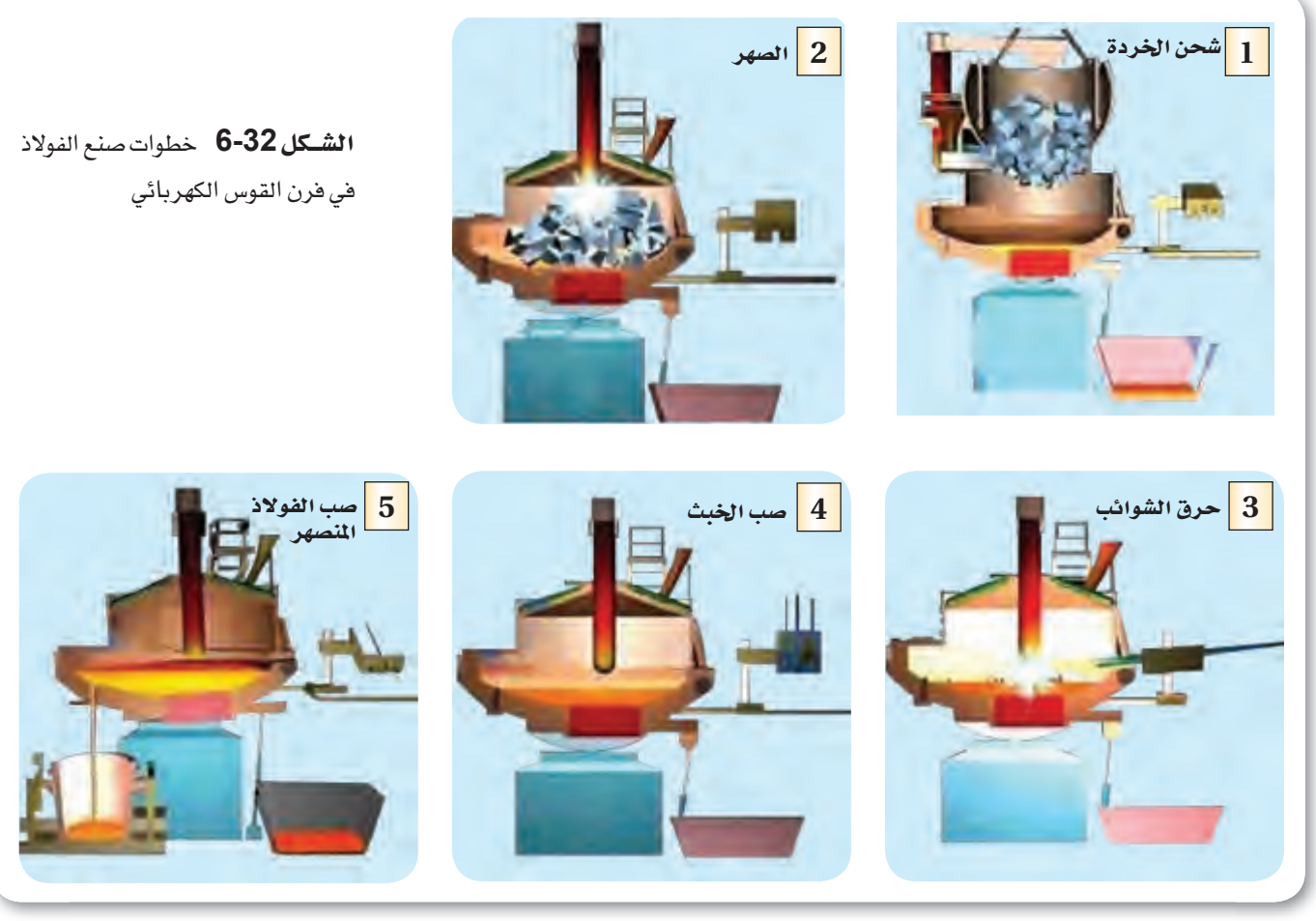
في طريقة القوس الكهربائي يمرر تيار كهربائي كبير جدًّا من خلال الحديد الخردة، مما يؤدي إلى انصهاره وحرق الشوائب، والحصول على فولاذ بخصائص مميزة؛ أما في طريقة فرن الأكسجين القاعدي فيمرّر الأكسجين على سطح مصهور الحديد الزهر، ثم يضاف بعض المواد الأخرى؛ لإكساب الفولاذ الخصائص المطلوبة. والخطوات الموضحة في **الشكل 32–6** تبين كيفية صنع الفولاذ في فرن القوس الكهربائي.

يستخدم الحديد الزهر في صناعة الأدوات التي لا تتعرض للصدمات مثل: أنابيب المياه وأنابيب الغاز؛ بينما يستخدم الحديد المطاوع في صنع المغناطيسات الكهربائية المؤقتة المستخدمة في الأجهزة الكهربائية، كما يستخدم في قضبان التسليح المستخدمة في البناء. ويستخدم الحديد الصلب في صناعة السفن وقضبان سكك الحديد والجسور والسيارات.

ماذا قرأت؟ **حدِّد** الخواص التي يكتسبها الحديد الزهر الذي يحتوي على شوائب من عناصر أخرى.



الشكل 31–6 تركيب فرن القوس الكهربائي



الشكل 32-6 خطوات صنع الفولاذ في فرن القوس الكهربائي

النحاس Copper

النحاس في الطبيعة Copper in nature النحاس عنصر كيميائي يدخل في تركيب العديد من السبائك، حيث يضاف إلى الذهب بكميات قليلة؛ لإعطاء الذهب الصلابة الكافية لتصنيع المجوهرات، ويدخل في صناعة العملات المعدنية، كما تصنع منه سبيكة مع الزنك تسمى البرونز أو النحاس الأصفر، وكان يصنع منه في العصور الوسطى الدروع الحربية. ويعتمد عليه في مجالات عدة مثل: أدوات التدفئة، والاتصالات، وإمدادات المياه والنقل.

يتوافر النحاس في الطبيعة في عدة صور إما منفردًا أو متحدًا على شكل أكاسيد. ويتم الحصول عليه بصورة نقية بواسطة التحليل الكهربائي. والنحاس مادة لينة قابلة للطرق تتفاعل مع الهواء الجوي مكوِّنة الصدأ الذي يُعرف بأكسيد النحاس، والذي يتميز بلونه الأخضر، إضافة إلى أنه مادة سامة. ويتميز النحاس بأنه بطيء التفاعل مع الأحماض المخففة. ويوضح **الشكل 33–6** بعض المعلومات الكيميائية عن عنصر النحاس.

خامات النحاس Copper ores مواد أولية يمكن استخلاص النحاس منها، وهي على أنواع عدة، كما في **الشكل 34–6**:

الكالكوبيريت Chalcopyrite أحد خامات النحاس التي تحتوي على 34.5% نحاس، وصيغته الكيميائية $CuFeS_2$. ويتميز بلونه الأصفر الذهبي، وبريقه الفلزي الزاهي. ويتأثر الكالكوبيريت بسرعة في الظروف الجوية.

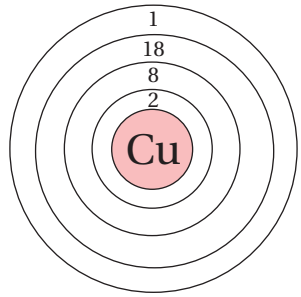
الكالكوسيت Chalcocite وهو معدن يتكون من النحاس والكبريت (كبريتيد النحاس II Cu_2S) لونه أسود رصاصي، وهو مصدر مهم للنحاس.

المالاكيت Malachite معدن واسع الانتشار للنحاس، يتكون من كربونات النحاس القاعدية $CuCO_3.Cu(OH)_2$. وبسبب لونه الأخضر الناصع المتميّز، ووجوده في المنطقة المجاورة تقريبًا للترسبات النحاسية، فإن المالاكيت يعمل كدليل على وجود خامات النحاس في تلك المنطقة. ويستعمل المالاكيت كحجارة تزيينية وكحجر كريم.

الأزوريت Azurite خام يحتوي على النحاس، صيغته الكيميائية $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ وقد سُمِّي آزوريت؛ بسبب لونه الأزرق السماوي. ويوجد عادة مع معدن المالاكيت

الشكل 33–6

- الرمز الكيميائي: Cu
- يقع النحاس في المجموعة 11 والدورة 4 في الجدول الدوري.
- عدده الذري هو 29
- كتلته الذرية 63.5



$_{29}Cu: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$

الشكل 34–6 بعض خامات النحاس

الكالكوبيريت

الكالكوسيت

المالاكيت

الأزوريت

الأخضر. ومع أنّه يمكن أن يستخدم مصدرًا ثانويًّا للنحاس، إلا أنه يُستخدم بصورة أساسية في المجوهرات.

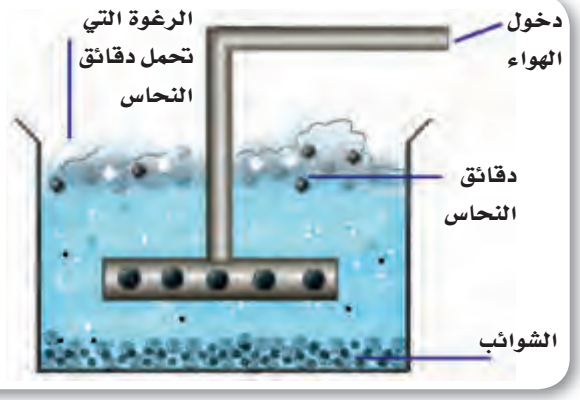
استخلاص النحاس Copper extraction

استخرج الإنسان النحاس منذ عصور ما قبل التاريخ، ومن المحتمل أن يكون من بين أول العناصر التي استخدمها الإنسان، ويعود ذلك لعدّة أسباب:

- وجوده حرًّا ونقيًّا في الطبيعة.
- الألوان البراقة، والمميزة لفلزات النحاس التي لا يمكن تجاهلها، ويسهل تعرّفها.
- سهولة إرجاع فلزاته إلى معدن النحاس.
- وجوده في بقاع كثيرة من الأرض.
- ليّن يمكن بسهولة تشكيله لأغراض منزلية أو لصناعة الحلي.

تحمل الجرافات خام النحاس غالبًا في شكل صخور كبيرة في الشاحنات، وعربات السكة الحديدية. وتحمل هذه الناقلات الخام إلى مواقع الطحن أو الصهر. ولا تعامل كل الخامات بالطرائق نفسها؛ فهناك اختلافات تعتمد على نوعية الخام. ولاستخلاص النحاس ينبغي أن يرسل الخام إلى المطحنة، حيث تُفتت وتُزال النفايات الصخرية، وتُرسل المواد الناتجة إلى الصهر، حيث يفصل النحاس الفلزي الذي قد يحتوي على فلزات أخرى، مثل الذهب، والفضة والنيكل التي يجب أن تُزال بالتنقية، انظر المخطط في **الشكل 35-6** الذي يوضح خطوات الاستخلاص.

التركيز Concentration يعني **التركيز Concentration** زيادة نسبة المعدن في الخام. يتم في هذه المرحلة التخلص من معظم الشوائب كالرمل والسليكات، عن طريق طحن الخام ثم غربلته للحصول على أحجام صغيرة لتسهيل تفاعلها، ثم تركيز الخام بطرائق ميكانيكية وكيميائية، ومن الطرائق الميكانيكية طريقة **التعويم Floating** انظر **الشكل 36-6**؛ إذ يخلط الخام والماء ويقلب في أحواض خاصة، ثم يمرر تيار من الهواء، وتتكون رغوة تحمل معها الجزيئات غير القابلة للابتلال إلى السطح، وتغوص



الشكل 36-6 طريقة التعويم التي يتم فيها زيادة تركيز فلز النحاس في الخام لتصبح من 15% إلى 35% من وزن الخام.

الشكل 35-6 خطوات استخلاص فلز النحاس.

المفردات الجديدة

- التركيز • Concentration
- التعويم • Floating

الجزيئات القابلة للابتلال إلى قاع الحوض، ثم تسحب الرغوة وتجفف. ويُسمى الناتج مركز النحاس الذي يحتوي من 15% إلى 33% من وزنه نحاسًا.

التحميص Roasting يتم في هذه المرحلة تحميص مستخلص النحاس الناتج من عملية التركيز بواسطة تيار من الهواء الساخن في أفران خاصة للتخلص من الشوائب، وبخاصة الكبريت (S)، والأنتمون (Sb)، والزرنيخ (As) كما في المعادلات الكيميائية التالية:

$$2CuFeS_2 + O_2 \longrightarrow Cu_2S + 2FeS + SO_2$$

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$4As + 3O_2 \longrightarrow 2As_2O_3$$

$$4Sb + 3O_2 \rightarrow 2Sb_2O_3$$

ثم يتأكسد كل من كبريتيد النحاس I، وكبريتيد الحديد II كما يلي:

$$2Cu_2S + 3O_2 \longrightarrow 2Cu_2O + 2SO_2$$

$$2FeS + 3O_2 \longrightarrow 2FeO + 2SO_2$$

الصهر Smelting يخلط الخام المحمص مع فحم الكوك والسليكا (الرمل) SiO_2 في فرن الصهر عند درجة حرارة $1200^\circ C$. ويعمل الهواء الساخن على تحويل أكسيد الحديد FeO II إلى سليكات الحديد II ($FeSiO_3$) التي تطفو على سطح النحاس المنصهر. ويتحول أكسيد النحاس I إلى نحاس مطفأ اللمعان Copper matte Cu_2S.

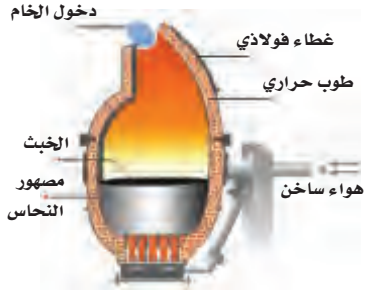
$$FeO + SiO_2 \longrightarrow FeSiO_3$$

$$Cu_2O + FeS \rightarrow Cu_2S + FeO$$

البسمرة Bessemerization يتم استخلاص النحاس من مصهور النحاس المطفأ اللمعان من خلال عملية البسمرة؛ إذ يتم إدخال المصهور في **محول بسمر Bessemer converter**. ويمرر الهواء من خلال المصهور الذي يعمل على تحويل Cu_2S جزئيًا إلى Cu_2O، وهذا بدوره يتفاعل مع Cu_2S المتبقية لإعطاء النحاس المنصهر. وتصل درجة نقاوة النحاس في هذه المرحلة إلى 99%، انظر **الشكل 37-6**.

التنقية Refining ينقى النحاس بواسطة التحليل الكهربائي. يتم استخدام قطع النحاس المراد تنقيتها كمصعد Anode في خلية التحليل الكهربائي. وتستخدم قطع من النحاس النقي على شكل ألواح كمهبط Cathode. ويستخدم محلول موصّل للتيار الكهربائي من كبريتات النحاس $CuSO_4$ مع كمية قليلة من محلول حمض الكبريتيك H_2SO_4 لزيادة درجة التوصيل للتيار الكهربائي، انظر **الشكل 38-6**. وفي أثناء عملية التحليل الكهربائي، يذوب النحاس النقي من المصعد ويترسب على المهبط، وتستقر الشوائب في الجزء السفلي من الخلية مكونة راسبًا طينيًا. وتوضح المعادلات الكيميائية التالية ما يحدث عند كل من المهبط والمصعد.

منظر خارجي لمحول بسمر

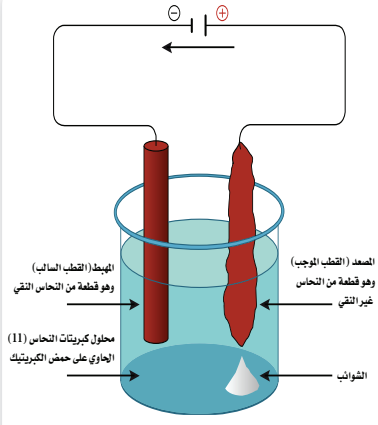


مقطع طولي لمحول بسمر

الشكل 37-6 يتم استخلاص النحاس في محوّل بسمر بحيث تصل درجة نقاوة النحاس فيه 99%.

المفردات الجديدة

- محول بسمر
- Bessemer converter



الشكل 38-6 طريقة تنقية النحاس بالتحليل الكهربائي عن طريق تفاعل الأكسدة والاختزال.

الشكل 6-39 يتم تشكيل النحاس المنصهر بأحجام وأشكال مختلفة.

عند المصعد $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

عند المهبط $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

يتجمع النحاس النقي على المهبط، وتصل درجة نقاوته إلى 99.9%؛ ثم يصهر في فرن كهربائي، ويتم تشكيله بأحجام وأشكال مختلفة مثل القضبان أو الأواني أو القطع والكتل، انظر **الشكل 6–39**.

ماذا قرأت؟ **حدِّد** المراحل التي تمر بها عملية استخلاص النحاس من خاماته.

تلوث البيئة وإعادة التدوير

Environmental pollution and recycling

هناك عدد من القضايا البيئية المتعلقة بالتعدين واستخراج المعادن، فاستخراج المعادن من سطح التربة أو المنطقة التي تلي السطح يحتاج إلى إزالة مساحات واسعة من التربة، انظر **الشكل 6–40**، فاستخراج طن واحد من النحاس يستلزم إزالة ومعالجة 350 طنًا من المادة الخام. وقد نتج عن استخدام هذه المعادن في الحياة اليومية الكثير من الأضرار للإنسان في صورة ملوثات للبيئة قد تكون ضارة جدًّا إذا لم يتم التخلص منها بطرائق سليمة.

تلوث البيئة Environmental pollution يعرّف **التلوث Pollution** بأنه إدخال الملوثات إلى البيئة الطبيعة مما يلحق الضرر بها، ويسبب الاضطراب في النظام البيئي، وهذه الملوثات إما أن تكون مواد دخيلة على البيئة أو مواد طبيعية ولكن تجاوزت مستوياتها المقبولة، ولا يقترن التلوث بالمواد الكيميائية والفلزات الثقيلة فقط، بل يمتد ليشمل التلوث بأشكال الطاقة المختلفة كالتلوث الضوضائي والتلوث الحراري.

و**الفلزات الثقيلة Heavy metals** عناصر كيميائية تزيد كثافتها عن كثافة الماء خمس مرات، وتتصف بأنها ثابتة بمعنى أنها لا تستهلك في جسم الإنسان خلال سلسلة الغذاء، وهي من أخطر المواد السامة التي تلوث التربة والماء والهواء، وتؤثر على كل من الإنسان والحيوان والنبات، ومن هذه الفلزات: الرصاص Pb، والزئبق Hg، والنحاس Cu،

الشكل 6-40 لاستخراج النحاس آثار ضارة بالبيئة؛ فهي تغير طبيعة الأرض، وتؤثر على الغطاء النباتي، إضافة إلى الأضرار التي قد تصل إلى الإنسان بصورة ملوثات.

المفردات الجديدة

- التلوث • Pollution
- الفلزات الثقيلة • Heavy metals

والكادميوم Cd، والزرنيخ As، انظر **الشكل 41–6**. ويعتبر الرصاص من أكثر المعادن السامة انتشارًا في الهواء، وترجع خطورته إلى أنه يتراكم مع مركباته في أجسام الكائنات الحية، ولا يتم التخلص منه إلا بنسب قليلة جدًّا وببطء شديد. وقد يؤدي التعرض للرصاص ومركباته إلى إصابة الإنسان بأمراض متعددة منها: الأنيميا، وفقدان الشهية، وتصلُّب الشرايين، وآلام المفاصل، وفقدان البصر.

Pb	Hg	Cu	Cd	As
الرصاص	الزئبق	النحاس	الكادميوم	الزرنيخ

الشكل 41-6 بعض الفلزات الثقيلة السامة التي يمكن أن تلوث التربة والماء والهواء.

تلوث الماء Water pollution تصل مركبات الفلزات الثقيلة إلى المسطحات المائية عن طريق المبيدات الحشرية المحتوية على الفلزات الثقيلة، وكذلك عن طريق المخلفات الصناعية، ومخلفات الوقود الناتجة عن المصانع أو وسائل النقل، بالإضافة إلى ما يصل إلى المسطحات المائية من مصادر طبيعية مثل البراكين، كما أن الصخور والتربة يحتويان على أملاح الفلزات الثقيلة، وعند تعرّضها للظروف الجوية المختلفة ونزول المطر، فإن أيونات هذه الفلزات تتحرر وتلوث المسطحات المائية، ومن أخطر مركبات هذه الفلزات، مركبات الزئبق والرصاص والكادميوم والنحاس والكروم والكوبلت والنيكل والزنك والزرنيخ.

وتختلف العناصر الثقيلة عن غيرها من الملوثات بأن معظمها له الصفة التراكمية؛ حيث يتراكم في أجسام الحيوانات المائية مثل الأسماك والطيور المائية وفي أجزاء النباتات المختلفة، حتى يصل إلى تراكيز عالية، عندها تبدأ آثار التسمم في الظهور، مما يهدد بقاء هذه الكائنات، انظر **الشكل 42–6**، كما أن مركبات هذه الفلزات تصل إلى الإنسان عن طريق تناوله الأسماك التي تحتوي خلاياها على هذه المركبات.

التلوث الحراري Thermal pollution يعرّف التلوث الحراري بأنه تغير في جودة المياه؛ بسبب الارتفاع في درجة الحرارة المحيطة. ومن الأسباب الشائعة لهذا النوع من التلوث استخدام كميات كبيرة من المياه في تبريد محطات الطاقة والمصانع الخاصة باستخلاص المعادن من خاماتها، والتي يلزمها درجات حرارة عالية جدًّا، بحيث يصاحب ذلك عودة كميات كبيرة من المياه بدرجة حرارة عالية إلى البيئة المحيطة، وعند اختلاطها بمصادر المياه تعمل على رفع درجة المياه، وهذا يقلِّل من تركيز الأكسجين، وبالتالي إحداث خلل في النظام البيئي، انظر **الشكل 43–6**.

الشكل 42-6 يؤدي تراكم المعادن الثقيلة في مياه البحار والمحيطات إلى تسمم الكائنات الحية البحرية وموتها. وقد ينتقل التلوث إلى جسم الإنسان؛ بسبب اعتماده على تناول الكائنات البحرية.

الشكل 6-43 يؤدي استخدام المياه كمبرد في محطات الطاقة والمفاعلات النووية إلى ارتفاع درجة حرارة المياه في البحار والمحيطات القريبة، وبالتالي نقصان تركيز الأكسجين والتأثير على حياة الكائنات البحرية، وبالتالي التأثير على السلسلة الغذائية.

تلوث الهواء Air pollution يؤدي انبعاث أبخرة المعادن الثقيلة المصاحبة لانبعاث كميات كبيرة من الغازات المنطلقة من المصانع إلى تلويث الهواء، وبسبب ارتفاع تراكيز هذه الأبخرة فإن النظام البيئي يعجز عن المحافظة على توازن الغلاف الجوي. وتؤثر هذه الأبخرة في الجهاز العصبي للإنسان، وتؤدي إلى قصور في كفاءة الجهاز التنفسي، والتسمم والتأثير على مستوى الذكاء.

ماذا قرأت؟ اذكر بعض أبخرة المعادن الثقيلة التي تصاحب عمليات استخلاص الفلزات.

التقليل من الأضرار البيئية Reducing environmental damages ظهرت الأضرار البيئية مع التقدم الصناعي والتكنولوجي. ويسعى الإنسان جاهدًا للحد من الأضرار المصاحبة لتلوث البيئة، كاستخدام تقنية التصفية الحيوية أو **الاستخلاص الحيوي Bioleaching**، وهي عملية استخلاص بعض المعادن باستخدام كائنات حية دقيقة مثل البكتيريا. وتحويل بعض الغازات السامة المنبعثة من المصانع إلى مواد أخرى يمكن الاستفادة منها في صناعات أخرى، كتحويل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 إلى حمض الكبريتيك H_2SO_4. وبناء محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي، والمياه الصناعية الملوثة. والتشجيع على إعادة استخدام وإعادة تدوير المواد.

إعادة التدوير Recycling هي عملية إعادة تصنيع واستخدام النفايات المنزلية، والصناعية، والزراعية لتقليل تأثيرها، وتراكمها في البيئة. وقد بدأ الاهتمام أخيرًا بإعادة تصنيع النفايات أو تدويرها؛ إذ إنها تعد إحدى الوسائل المهمة للمحافظة على البيئة، والحد من استنزاف الثروات والموارد الطبيعية فيها بسرعة. ويطرح العالم حاليًّا في مراكز دفن النفايات ما يقرب من ثلثي كميات الألومنيوم المصنع عالميًّا، وثلاثة أرباع ما تنتجه مصانع الحديد والصلب ومصانع الورق. وتلعب إعادة التدوير دورًا مهمًّا في حماية البيئة والمحافظة عليها من خلال المحافظة على الموارد وتقليل استهلاكها، وحماية الأراضي الزراعية، وحماية البيئة بشكل عام من المواد والانبعاثات السامة.

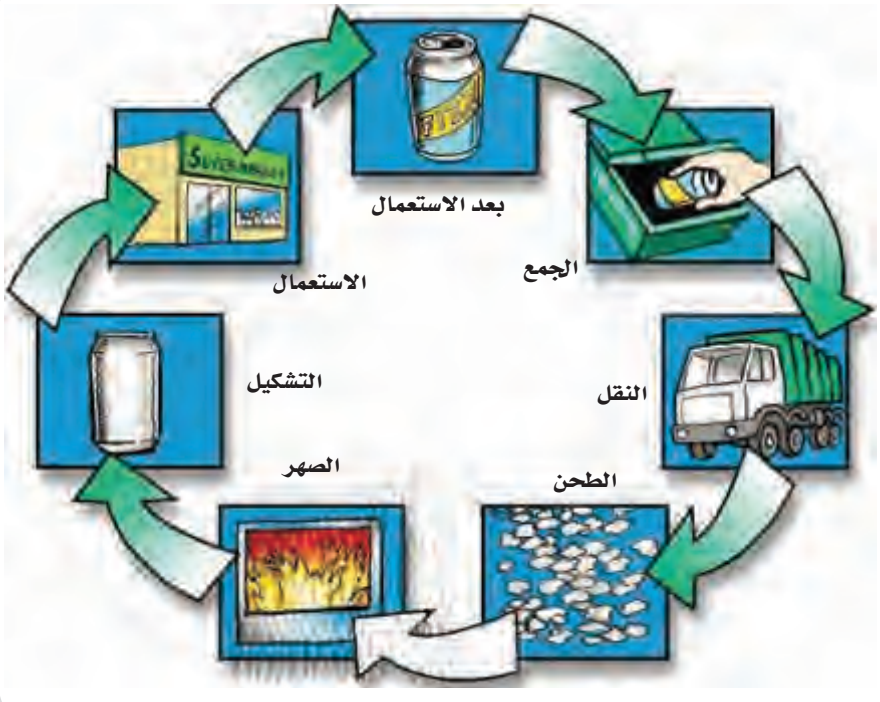
المفردات الجديدة

- الاستخلاص الحيوي
- Bioleaching

إعادة تدوير المعادن الثقيلة Recycling of heavy metals تؤكد الدراسات العلمية أن إعادة تدوير المعادن يمكن أن يقلل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري؛ وذلك لأنها تستهلك طاقة أقل من صنع المعدن الخام؛ ومن جهة أخرى فإن إعادة تدوير المعادن تحافظ على الموارد الطبيعية أيضًا؛ إذ إن إعادة تدوير طن من الألومنيوم يحفظ ما يصل إلى 8 أطنان من خام البوكسيت و 14 ميجاواط من الكهرباء.

وتتمثل هذه العملية في إعادة تدوير المعادن من مخلفاتها مثل الصلب والنحاس والألومنيوم للمحافظة على المخزون الطبيعي لخاماتها؛ إذ إن استخلاص الصلب من مخلفاته يوفِّر 65%، ويوفِّر استخلاص النحاس 90%، ويوفر استخلاص الألومنيوم 95%. ويعتبر الصلب من المخلفات التي يمكن تدويرها بنسبة 100%، ولعدد لا نهائي من المرات. وتحتاج عملية تدوير الصلب لطاقة أقل من الطاقة اللازمة لاستخراجه من السبائك، أما تكاليف تدوير الألومنيوم فإنها تمثل 2% فقط من تكاليف تصنيعه، وتحتاج عملية تدوير الألومنيوم إلى 5% فقط من الطاقة مقارنة مع الطاقة التي يحتاجها عند استخلاصه من خاماته. وتتم عملية إعادة تصنيع علب الألومنيوم في 6 أسابيع، انظر **الشكل 44-6**. ويمكن صنع منتجات جاهزة في خلال تلك الفترة فقط كما أن ورق الألومنيوم المستخدم يمكن إعادة تصنيعه مع جميع منتجات الألومنيوم لتكوين إطارات النوافذ وبعض قطع غيار السيارات، والتي تكون أخف وزنًا وأكثر حفاظًا على الوقود.

ماذا قرأت؟ **وضح** لإعادة تدوير المعادن الثقيلة تأثيرات إيجابية على الاقتصاد والبيئة.



الشكل 44-6 مراحل إعادة تدوير الألومنيوم المستعمل.

تدوير الورق Recycling of paper تعتبر عملية اقتصادية من الدرجة الأولى؛ حيث إن إنتاج طن واحد من الورق من مخلفات ورقية سيوفر 4100 kWh (4100 كيلو واط ساعة) من الطاقة الكهربائية، كذلك سيوفر $28m^3$ من المياه، بالإضافة إلى نقص في التلوث الهوائي الناتج بمقدار 24Kg من الملوثات الهوائية. ويعتبر تدوير الورق من أكثر عمليات التدوير في العالم، وتعتمد في موادها الخام على الورق المستعمل في الشركات والجامعات والمدارس ومكاتب الخدمات.

إعادة تدوير البلاستيك Recycling of plastic تتعدَّد أنواع البلاستيك، فقد وصل عدد المواد المصنَّعة حتى الآن إلى أكثر من 50 مادةً مصنَّعةً، وتبعًا لذلك تتعدَّد استخداماتها أيضًا، ولإعادة تدوير هذه المواد لا بد أن تمرَّ بمراحل عامةٍ، وفي بعض الدول نظامٌ متقدمٌ في إعادة التدوير يتضمن المراحل التالية:

الفرز Sorting ويهدف إلى الحصول على مواد بلاستيكية نقيَّة من شوائب المواد الأخرى، ويتم الفرز بعدة أشكالٍ؛ فهناك الفرز المنزلي المتَّبع في بعض الدول المتقدمة، وهو بحاجة إلى نقاط تجميع، أو إلى حاويات مُخصَّصة للأنواع المختلفة من البلاستيك، وفي حال لم يتم الفرز المنزلي، فإنه يتم الفرز في المصانع، وهذه العملية بحاجة إلى أيدٍ عاملةٍ كثيرةٍ. وقد تكون عملية فرز المواد البلاستيكية طويلة ومكلفة، ولذلك يتم تحسين عمليةِ إعادة التدوير من خلال تقديم رموز موحدة تشير إلى مكونات جميع المنتجات البلاستيكية. ومما لا شك فيه أن وجود رموز موحدة لصناعة البلاستيك، كما في **الشكل 45–6**، يوفر الوسائل السريعة لإعادة تدوير وفرز المواد البلاستيكية.

الغسيل Washing ويهدف إلى التخلُّص من الأوساخ العالقة بالبلاستيك، والتي تنتج عن بواقي المواد العضوية وغيرها، وتتم عملية الغسيل غالبًا بمحلول الصودا الكاوية مع الماء الساخن.

الطحن Grinding ويهدف لتحويل العلب والأجسام الكبيرة إلى رقائق وقطع صغيرة يسهُل التعامل معها، وقد يُعاد غسل البلاستيك بعد عملية الطحن، بهدف الحصول على مواد أكثر نقاءً.

الشكل 45–6 تساعد الرموز الموجودة على المواد البلاستيكية في إعادة تدويرها لأنها تحدد مكوناتها.

التحبيب Granulation وهو عبارة عن تحويل القطع والرقائق إلى حُبيباتٍ، بحيث تكون مشابهةً للحُبيبات التي يتم الحصول عليها عند تصنيع المواد البلاستيكية من المُشتقَّات البترولية، وهذه العملية تُسهِّل بيع الحُبيبات المُعاد تدويرها بأسعارٍ مناسبةٍ، دون الحاجة إلى تحويلها إلى منتجاتٍ كاملة التصنيع.

التشكيل Forming وفي هذه العملية يتم تحويل الحُبيبات إلى منتج نهائيٍّ صالح للاستخدام، من خلال عمليات الحقن، أو النفخ، أو البثق، وهي العمليَّات الإنتاجيَّة المعروفة للبلاستيك.

ومن المهم ألَّا يُعاد استخدام البلاستيك المعاد تدويره لنفس الغرض السابق الذي كان يُستعمل له، وكذلك ضرورة عدم استعماله في حفظ المواد الغذائية، خصوصًا عند التعامل مع الحرارة العالية أو التجميد، ومن المهم أيضًا أن يكون هناك تعاون من قِبَل المواطنين مع جهات ومؤسسات إعادة التدوير، ويكون ذلك من خلال فرز ما يصدر عنهم من نفايات بلاستيكية؛ لأن ذلك يوفر الكثير من الجهد والمال، ويمكن القول بأن إعادة التدوير توفِّر ملايين الأطنان من النفط الخام سنويًّا.

التقويم 6-3

الخلاصة

- من أهم خامات الحديد الرئيسة: الهيماتيت، والماجنتيت، والليمونيت، وبيريت الحديد.
- يتم استخلاص الحديد في كل من الفرن اللافح، والأكسجين القاعدي، والقوس الكهربائي.
- من أهم خامات النحاس، الكالكوبيريت، والكالكوسيت، والمالاكيت، والآزوريت.
- يمر استخلاص النحاس من خاماته بمراحل رئيسة هي: التركيز، والتحميص، والصهر، والبسمرة، والتنقية.
- التلوث بالمعادن الثقيلة يؤدي إلى تلوث الماء، والتلوث الحراري، وتلوث الهواء.
- يمكن التقليل من الأضرار البيئية بإعادة التدوير.

16. الفكرة الرئيسة **صنِّف** مراحل استخلاص النحاس إلى فيزيائية وكيميائية.
17. **اكتب** الاسم واللون لإحدى خامات الحديد، ومثله لإحدى خامات النحاس.
18. **اكتب** الصيغة الكيميائية لمادة الخبث، ولماذا تطفو فوق سطح الحديد المنصهر.
19. **حدِّد** المراحل الرئيسة التي يمر بها استخلاص النحاس من خاماته.
20. **فسّر** تعتبر مخلفات المعادن الثقيلة موادَّ ضارة بالبيئة.
21. **وضِّح** المقصود بكل من: تلوث البيئة، وإعادة التدوير.
22. **اكتب** المعادلات الكيميائية التي تحدث عند كل من المصعد والمهبط في خلية التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس.
23. **اشرح** خطوة التعويم في مرحلة التركيز عند استخلاص النحاس من خاماته.

المعادن الثقيلة Heavy metals

لا يوجد اتفاق على تعريفها بشكل مُحدد، إلا أنها بشكل عام عناصر تمتلك خصائص فيزيائية مثل الفلزات الانتقالية، وبعض أشباه الفلزات، واللانثانيدات، والأكتنيدات (عناصر الفئة F في الجدول الدوري). وفي محاولات متعددة للوقوف على تعريف مُحدد للمعادن الثقيلة بعضها يعتمد على الكثافة، أو على العدد الذري، أو الكتلة الذرية، أو على بعض الخصائص الكيميائية ودرجة السُّميّة.

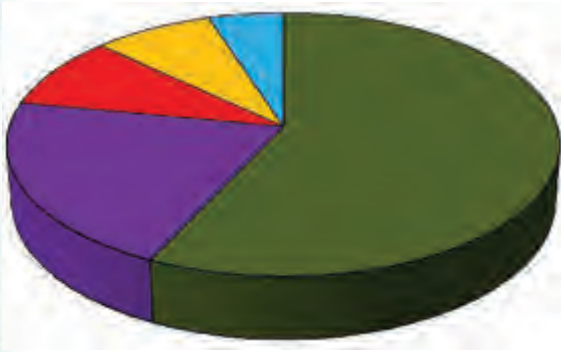
وتعتبر بعض التقارير العلمية أن مصطلح المعادن الثقيلة مصطلح مُضلّل؛ بسبب التناقض في التعريفات المتعددة، وعدم وجود قاعدة علمية متماسكة يُعتمد عليها عند التعريف؛ إذ إن بعض المعادن الثقيلة يمكن أن تكون أخف أو أثقل من الكربون. ومن التعريفات الشائعة تلك التي تقوم أساسًا على كتلة المعدن (ومن هنا يأتي اسم المعادن الثقيلة)، حيث ينطبق على جميع المعادن التي تزن أكثر من $5000\ Kg/m^3$؛ مثل الرصاص والزنك والنحاس.

الكائنات الحية تحتاج إلى كميات مختلفة من "المعادن الثقيلة"، مثل الحديد والكوبالت والنحاس والمنجنيز والموليبدينوم، والزنك والسيلنيوم، حيث يكون استهلاك هذه المعادن ضروريًّا ومهمًّا للمحافظة على عملية التمثيل الغذائي (الأيض) بجسم الكائن الحي.

وتشكّل المعادن نسبة 45% من وزن جسم الإنسان، ويتركّز معظمها في الهيكل العظمي. وتأتي خطورة المعادن الثقيلة من تراكمها الحيوي داخل جسم الإنسان بشكل أسرع من انحلالها من خلال عملية التمثيل الغذائي، أو إخراجها، ولكن استهلاك كميات كبيرة منها يكون ضارًّا بل وسامًّا، وينتج عنه ما يُسمى بتسمم المعادن الثقيلة.

المعادن الثقيلة موجودة بصورة طبيعية في النظام البيئي، مع اختلافات كبيرة في التركيز. لكن ازدياد نسبها في السنوات الأخيرة يرجع إلى المصادر الصناعية، والنفايات الصناعية السائلة. انظر مصادر تلوث البيئة بالمعادن الثقيلة في الشكل المرفق.

مصادر تلوث البيئة بالمعادن الثقيلة



الكتابة في الكيمياء ابحث عن أعراض التسمم بالمعادن الثقيلة، ثم صمم مطوية تلخص فيها هذه الأعراض.

مختبر الكيمياء

التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس

الخلفية العلمية يعتبر قطب النحاس من الأقطاب النشطة في خلايا التحليل الكهربائي.

سؤال: ما الذي يحدث عند تحليل محلول كبريتات النحاس كهربائيًا؟

الموادّ والأدوات اللازمة

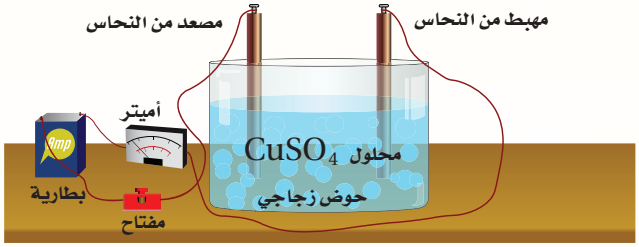
محلول كبريتات النحاس II بتركيز 0.5M
كأس زجاجية سعة 250 mL
قطبان نظيفان من النحاس
مصدر تيار كهربائي مستمر D.C
أسلاك توصيل
مفتاح كهربائي
أميتر أو مصباح كهربائي
ورق ترشيح

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. ضع في كأس زجاجية حوالي 200 mL من محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$II.
2. ركِّب الدائرة الكهربائية كما في الشكل المرفق مستخدمًا أقطاب النحاس.
3. أغلق الدائرة الكهربائية لمدة 15min.
4. التنظيف والتخلص من النفايات، تخلص من بقايا المواد والمحاليل باتباع إرشادات معلمك، ونظِّف أدوات المختبر جميعها، وأعدها إلى أماكنها.

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$



التحليل والاستنتاج

1. **افتح** الدائرة الكهربائية، وأخرج الكاثود من المحلول، وامسحه بورقة ترشيح. ماذا تلاحظ؟
2. ما المادة التي ترسبت على الكاثود؟
3. **أخرج** الأنود من المحلول، ماذا تلاحظ بالنسبة لمادة الأنود؟
4. هل تغير لون محلول كبريتات النحاس في الكأس؟ ولماذا؟
5. **اكتب** معادلات التفاعل الكيميائي عند كل من الأنود والكاثود، ثم اكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية.
6. ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس؟

الاستقصاء

صمِّم تجربة بحيث توضّح فيها كيفية تنقية قطعة من النحاس تحتوي على بعض الشوائب.

الوحدة 6 دليل مراجعة الوحدة

الفكرة العامة تتضمن معظم العمليات الصناعية عمليات كيميائية أو فيزيائية.

6–1 تنقية وفصل المخاليط

الفكرة الرئيسة يتم فصل مكونات معظم المخاليط بطرائق فيزيائية.

المفردات

- الترشيح
- التبخير
- التقطير البسيط
- التقطير التجزيئي
- عمود التجزئة
- القابلية للاشتعال
- اللزوجة
- الماء العسر
- الرغوة
- الماء اليسر
- العسر المؤقت
- العسر الدائم

المفاهيم الرئيسة

- المخاليط نوعان: متجانسة وغير متجانسة.
- يمكن فصل مكونات المخاليط بطرائق فيزيائية متعددة؛ مثل الترشيح والتبخير والتقطير البسيط والتقطير التجزيئي والفصل اللوني (الكروماتوجرافيا).
- تستخدم طريقة التقطير التجزيئي في الحصول على مكونات النفط الخام.
- تعتمد استخدامات مكونات النفط على خصائص متعددة أبرزها القابلية للاشتعال، واللزوجة.
- يتكون الهواء الجوي من عدة غازات معظمها من النيتروجين والأكسجين.
- يتم فصل مكونات الهواء الجوي بطريقة التقطير التجزيئي للهواء المسال.
- عسر الماء نوعان: مؤقت ينتج عن وجود البيكربونات في الماء، ودائم ينتج عن وجود الكبريتات أو الكلوريدات في الماء.
- يتم التخلص من العسر المؤقت باستخدام التسخين أو إضافة هيدروكسيد الكالسيوم؛ ومن العسر الدائم بإضافة كربونات الصوديوم.

6–2 التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي

الفكرة الرئيسة التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي.

المفردات

- التحليل الكهربائي
- خلية التحليل الكهربائي
- إلكتروليت
- خلية الغشاء الحجابي
- الأنود
- الكاثود

المفاهيم الرئيسة

- تقوم فكرة خلايا التحليل الكهربائي على تفاعلات التأكسد والاختزال.
- يستخدم التحليل الكهربائي في عمليات تنقية الفلزات من شوائبها.
- توجد الهالوجينات في حالتها الطبيعية في صورة جزيئات ثنائية الذرة.
- يصاحب استخدام الهالوجينات ومركباتها أخطار بيئية متعددة، مثل: استنزاف طبقة الأوزون، والأسلحة الكيميائية، والمبيدات الحشرية، وغيرها.

6–3 استخلاص الفلزات

الفكرة الرئيسة تستخلص الفلزات من خاماتها بطرائق فيزيائية وكيميائية.

المفردات

- الخبث
- الحديد الزهر
- التركيز
- التلوث
- الفلزات الثقيلة
- الاستخلاص الحيوي

المفاهيم الرئيسة

- من خامات الحديد: الهيماتيت، والماجنتيت، والليمونيت، وبيريت الحديد.
- يتم استخلاص الحديد في كل من الفرن اللافح، والأكسجين القاعدي، والقوس الكهربائي.
- من خامات النحاس، الكالكوبيريت، والكالكوسيت، والمالاكيت، والآزوريت.
- يمر استخلاص النحاس من خاماته بمراحل رئيسة هي: التركيز، والتحميص، والصهر، والبسمرة، والتنقية.
- التلوث بالمعادن الثقيلة سببًا لتلوث الماء، والتلوث الحراري، وتلوث الهواء.
- يمكن التقليل من الأضرار البيئية بإعادة التدوير.

6–1

إتقان المفاهيم

24. فسّر لا يعد سكر الجلوكوز خليطًا.

25. حدِّد المقصود بالمخلوط المتجانس.

26. اكتب طريقة الفصل التي يمكن بواسطتها فصل الموادّ التي في المخاليط التالية:

المخلوط	طريقة الفصل
الحديد والرمل	
النفط	
الرمل والملح	
ماء وملح	
الحبر	

27. صنّف الموادّ التالية إلى مخاليط متجانسة ومخاليط غير متجانسة: مشروب قهوة سوداء، كحول وماء، هواء، تربة، عصير تفاح، ماء وسكر، مشروب شاي، ماء البحر، ملح وفلفل.

مخاليط متجانسة	
مخاليط غير متجانسة	

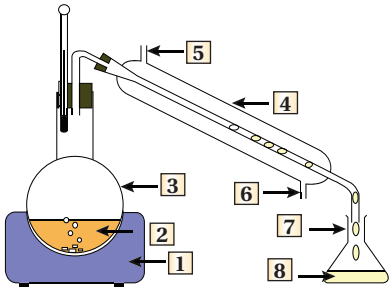
28. وضّح كيف يتم فصل مكونات الهواء الجوي؟

29. حدِّد وظيفة عمود التجزئة في جهاز التقطير التجزيئي.

30. ما المشتقات النفطية التي تفصل من أعلى برج التقطير التجزيئي؟

31. ما المشتقات النفطية التي تفصل من أسفل برج التقطير التجزيئي؟

إتقان حلّ المسائل



32. مستعينًا بالرسم التوضيحي أعلاه. أجب عن السؤالين التاليين:

a. اكتب ما تشير إليه الأرقام.

b. اشرح آلية عمل جهاز التقطير البسيط.

33. إذا أعطيت خليطًا من المواد التالية مع درجة غليان كل منها:

a. المادّة "A": 56°C

b. المادّة "B": 220°C

c. المادّة "C": 180°C

فأجب عن السؤالين التاليين:

a. أيّة مادّة تُفصَل أوّلاً من الخليط في عملية التكرير؟ فسّر إجابتك.

b. أيّة مادّة تُفصَل بالنهاية من الخليط في عملية التكرير؟ فسّر إجابتك.

34. سقط أحمد عن درّاجته، وانسكب الملح الذي حمله في الكيس. قام أحمد بجمع الملح من الأرض، ولكن اختلط معه الرمل وأوراق الشجر، ووضع الخليط في الكيس مرّة أخرى. صف في الجدول التالي المراحل التي يجب على أحمد تنفيذها ليفصل بين الملح والرمل وأوراق الشجر. فسّر كلّ مرحلة، استعن بالمثال (المرحلة 1). ويمكن أن تكون أكثر أو أقلّ من أربع مراحل.

6 تقويم الوحدة

المرحلة	وصف ما ينبغي أن يقوم به أحمد	التفسير
1	ترشيح الخليط عن طريق مصفاة	للتخلّص من أوراق الشجر والحصول على الملح والرمل في وعاء منفرد.
2		
3		
4		

35. اقترح طريقة يمكن من خلالها فصل مخلوط من مسحوق الحديد، والرمل، وملح الطعام عن بعضها البعض.

36. ما الغاز المستخدم في إطفاء الحرائق؟ ولماذا؟

37. ما سبب عسر الماء المؤقت، وعسر الماء الدائم؟

38. قارن بين طريقتي معالجة عسر الماء المؤقت، وعسر الماء الدائم.

6–2

إتقان المفاهيم

39. ما المقصود بكل من الأكسدة والاختزال؟

40. حدِّد المقصود بالإلكتروليتات.

41. وضِّح ممّ تتكون الخلية الإلكتروليتية.

42. وضِّح كيف تختلف خلية الغشاء الحجابي عن الخلية الإلكتروليتية العادية.

43. اكتب اسم المصطلح باللغة الإنجليزية للتحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركز.

44. اكتب معادلة التفاعل الكلي التي تحدث عند تحليل محلول كلوريد الصوديوم كهربائيًّا.

45. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من خام البوكسيت، وخام الكريوليت.

46. حدِّد الأهمية الصناعية للهالوجينات.

إتقان حلّ المسائل

47. يكتسب التحليل الكهربائي لمحلول ملح الطعام أهمية صناعية؛ إذ ينتج عن تحليله كهربائيًّا ثلاث مواد هي: غاز الكلور على القطب الموجب، وغاز الهيدروجين على القطب السالب، ومحلول قاعدي. أجب عن الأسئلة التالية:

a. لماذا يتجمع غاز الكلور على القطب الموجب؟

b. ما اسم المحلول القاعدي الناتج؟

c. اكتب معادلات التفاعل الكيميائي التي تحدث على كل قطب.

48. فسّر لا ينتج غاز الهيدروجين عند تحليل مصهور كلوريد الصوديوم كهربائيًّا.

49. يتميز الألومنيوم بعدة مميزات. اكتب أربعًا منها.

50. ما أبرز استخدامات الألومنيوم في حياتنا اليومية؟

51. فسّر استخدام الكلور في عمليات تبييض الأقمشة القطنية والورق.

52. وضِّح لماذا تضع الدول قيودًا كثيرة على استخدام الفريونات في التبريد وإطفاء الحرائق.

6–3

إتقان المفاهيم

53. ما الفرن الذي يستخدم لاستخلاص الحديد الزهر؟

54. اكتب الاسم العلمي لكل من خام الهيماتيت، وخام الليمونيت.

55. وضِّح سبب إضافة الحجر الجيري إلى الفرن اللافح عند استخلاص الحديد من خاماته.

56. وضِّح كيف يحدث التلوث الحراري.

تقويم الوحدة 6

57. حدِّد المقصود بإعادة التدوير، وأهميتها على الاقتصاد والبيئة.

إتقان حل المسائل

58. يستخلص الحديد من خاماته المتعددة. اكتب الاسم والصيغة الكيميائية للخام المستخدم في الفرن اللافح.

59. ما المراحل التي يمر بها النحاس عند استخلاصه من خاماته؟

60. فسّر ينصح علماء التغذية كلًّا من الأطفال دون سن الثانية عشرة، وكبار السن والسيدات الحوامل والمرضعات بتجنب الاستهلاك المنتظم للأسماك.

61. يوضِّح الشكل أعلاه صورة لإحدى مشكلات تلوث البيئة. مستعينًا بهذه الصورة، أجب عن الأسئلة التالية:

a. ما نوع التلوث الظاهر في الصورة؟

b. ما أسباب هذا النوع من التلوث؟

c. ما الحلول التي تقترحها لمعالجة هذا النوع من التلوث؟

مراجعة عامة

62. ما الفكرة الرئيسة التي تقوم عليها عملية التقطير التجزيئي للنفط؟

63. وضِّح كيف تكشف عن وجود بخار الماء الموجود في الهواء الجوي.

64. ما المقصود بالتلوث؟

65. ما أبرز المعادن الثقيلة التي تسبِّب تلوث البيئة؟

66. اكتب اسم الخلية التي يتم فيها التحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألومنيوم للحصول على الألومنيوم.

التفكير الناقد

67. قارن بين الهدف من استخدام الفرن اللافح، وفرن القوس الكهربائي.

68. توقّع أيهما أكثر نقاوة: الحديد الزهر أم الفولاذ؟ فسّر إجابتك.

69. تم إضافة قطرات من محلول صابوني إلى الحجم نفسه من ثلاث عينات مختلفة من الماء، وتم تسجيل عدد القطرات اللازمة لتكوين رغوة في كل عينة. مستعينًا بالجدول أدناه، أجب عن الأسئلة التي تليه:

العينة	قبل الغليان (قطرة)	بعد الغليان (قطرة)
A	30	2
B	27	26
C	1	1

a. ما الذي يسبِّب عسر الماء؟

b. أيّ العينات تمثِّل عسرًا دائمًا؟ فسّر إجابتك.

c. أيّ العينات تمثِّل عسرًا مؤقتًا؟ فسّر إجابتك.

d. توقع ما الذي تمثله العينة C؟

مسألة تحفيز

70. وضِّح بمعادلة كيميائية كيف يعمل غاز ثاني أكسيد الكربون على تعكير ماء الجير؟

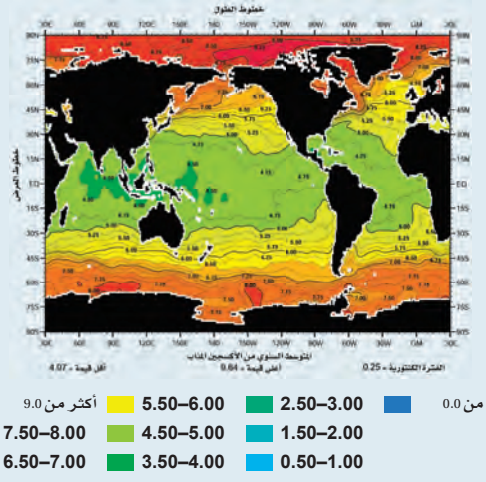
تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

71. **الحليب المتجانس** تم بيع أول حليب متجانس Homogenized Milk في الولايات المتحدة عام 1919م. أما اليوم فكل الحليب المبيع متجانس على شكل مستحلب غروي. ابحث عن عملية التجانس Homogenization Process. اكتب مقالة مختصرة تصف فيها العملية، وتتضمن مخططًا يوضح العملية، ومناقشة المنافع والمضار المتعلقة بشرب الحليب المتجانس.

أسئلة المستندات

المتوسط السنوي من الأكسجين المذاب تبين البيانات الموجودة في الشكل متوسط قيم الأكسجين الذائبة في مياه المحيطات بوحدة mL /L خلال شهر واحد من عام 2001م. لاحظ أن المحور الأفقي يمثل خطوط الطول، والمحور العمودي يمثل خطوط العرض.



72. هل ترتبط قيم الأكسجين المذاب بشكل واضح مع خط الطول أو خط العرض؟ لماذا ترى ذلك صحيحًا؟

73. عند أي خط عرض يكون متوسط الأكسجين المذاب أقل؟

74. صف الاتجاه العام الذي توضحه البيانات، واربط ذلك مع العلاقة بين ذائبية الغاز ودرجة الحرارة.

اختبار مقنّن

أسئلة الاختيار من متعدّد

1. أيُّ طرائق الفصل الآتية تعد الأفضل لفصل الألوان في صبغات الطعام؟
   a. الترشيح
   b. التبخر
   c. الكروماتوغرافيا
   d. التقطير

2. مم يتكون مخلوط الهواء الجوي؟
   a. مواد صلبة
   b. غازات
   c. سوائل
   d. سوائل وغازات

3. أيُّ طرائق الفصل الآتية تعد الأفضل لفصل مخلوط الماء والتراب؟
   a. الترشيح
   b. التبخير
   c. التقطير التجزيئي
   d. التقطير البسيط

4. لماذا يتم فصل الماء والكحول بسهولة بطريقة التقطير؟ وذلك بسبب اختلاف:
   a. درجات الكثافة لكل منهما
   b. لونيهما
   c. درجات انصهارهما
   d. درجات غليانهما

5. في أي مما يلي تتم عملية استخلاص الحديد الزهر؟
   a. الفرن اللافح
   b. فرن الأكسجين القاعدية
   c. فرن القوس الكهربائي
   d. خلية التحليل الكهربائي

6. ما الخام الذي تمثله الصيغة الكيميائية Fe_3O_4؟
   a. الهيماتيت
   b. الماجنتيت
   c. بيريت الحديد
   d. الليمونيت

7. أي الخامات التالية له لون أخضر ناصع؟
   a. الكالكوسيت
   b. الكالكوبايرايت
   c. المالاكيت
   d. الآزوريت

8. في أي مرحلة تتم عمليتا الطحن والتعويم عند استخلاص النحاس من خاماته في؟
   a. التركيز
   b. التحميص
   c. الصهر
   d. التنقية

9. أيُّ مركبات الهالوجينات الآتية تستخدم في صناعة المواد البلاستيكية والأنابيب؟
   a. بروميد الفضة
   b. يوديد البوتاسيوم
   c. كلوريد الفضة
   d. بولي فينيل كلوريد

10. أي مما يلي يسبب التلوث الحراري بشكل أساسي؟
    a. المعادن الثقيلة
    b. الغازات المنبعثة من المصانع
    c. مياه التبريد في المصانع
    d. الفريونات

أسئلة الإجابات القصيرة

11. اقترح طريقة لفصل الملح الذائب في الماء.

12. اقترح طريقة لفصل النفط عن الماء.

13. أي طرائق فصل مكونات المخلوط تستخدم للحصول على مياه صالحة للشرب من مياه البحر؟

14. ما العاملان اللذان يحددان سرعة حركة المواد على الجزء الثابت بطريقة الفصل اللوني (الكروماتوجرافيا).

15. كيف يتم فصل الغازات المكونة للهواء الجوي؟

16. ما المقصود بالماء العسر؟

17. ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول ملح الطعام؟

18. ما الصيغة الكيميائية لأكسيد الألومنيوم؟

19. ما اسم الفلز الذي يتم الحصول عليه من خام البوكسيت؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

20. لماذا يبقى لون وتركيز محلول كبريتات النحاس ثابتًا عند تحليله كهربائيًّا؟

21. هل يمكن الاستعانة بآلية عمل خلية التحليل الكهربائي المستخدمة في تنقية النحاس من الشوائب في عمليات طلاء المعادن؟ وضِّح ذلك بمثال مع الرسم.

22. هل تؤيد استخدام مياه الصرف الصحي المعاد تدويرها للأعمال المنزلية؟ وضِّح رأيك.

7 الكيمياء البيئية
Environmental Chemistry

رقم الوحدة: 10AC.7

الفكرة العامّة يعيش الإنسان في بيئة متوازنة كيميائيًّا، ولكنه يؤثر فيها سلبًا؛ مما يؤدي إلى إنتاج العديد من الملوثات التي تخلّ بالتوازن البيئي.

7-1 تلوث الهواء الجوي
Air Pollution

الفكرة الرئيسة تعمل أنشطة الإنسان المختلفة ومنها حرق الوقود الأحفوري على تلوث الغلاف الجوي.

7-2 تلوث الماء Water Pollution

الفكرة الرئيسة تؤدي أنشطة الإنسان المختلفة إلى تلوث المياه، وخصوصًا المياه الصالحة للشرب.

تجربة استهلالية

كيف تؤثر الحرارة المهدورة على مصادر المياه؟

تتعرض مصادر المياه – ومنها البحار والأنهار – إلى رفع درجة حرارة الماء نتيجة عملية التصريف فيها للمياه الساخنة الناتجة عن عمليات التبريد في المصانع ومحطات توليد الطاقة الكهربائية. ما الآثار التي تترتب على رفع درجة حرارة تلك المياه؟

خطوات العمل

1. اتبع إرشادات السلامة التي يزوِّدك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. ضع لترًا واحدًا من ماء البحر في وعاء وقِسْ درجة حرارته، ثم سجِّل القيمة في دفتر الكيمياء.
3. استخدم أحد المستشعرات Sensor لقياس كمية الأكسجين الذائبة في الماء عند تلك الدرجة، ثم سجِّل القيمة في دفتر الكيمياء.
4. سخِّن الماء مدة ستة دقائق وقِسْ درجة الحرارة وكمية الأكسجين الذائب في الماء كل دقيقتين، وسجِّل القيم في دفتر الكيمياء.

التحليل

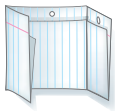
1. مثِّل بيانيًّا العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الأكسجين المذاب في الماء.
2. ما العلاقة بين كل من درجة الحرارة وكمية الأكسجين المذاب في الماء؟ فسِّر ذلك.
3. ما تأثير نقصان كمية الأكسجين على الكائنات الحية في مياه البحر؟

استقصاء كيف يمكن استعادة الحرارة المهدورة في الماء، وكيف يمكن الاستفادة منها؟

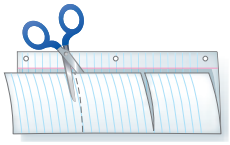
المطويات منظمات الأفكار

تلوث البيئة صمم المطوية الآتية؛ لتعرّف ملوثات الهواء والماء، وكيفية معالجة كل منها.

الخطوة 1 اثنِ الورقة أفقيًّا إلى جزأين، بحيث يزيد الجزء الخلفي بمقدار 2 سم عن حافة الجزء الأمامي..



الخطوة 2 اثن الورقة عموديًّا إلى ثلاثة أجزاء متساوية..



الخطوة 3 افرد الورقة وقُصّ الأجزاء المطوية في الجزء الأمامي منها؛ لعمل ثلاثة جيوب.

الخطوة 4 عنون الجيوب الثلاثة؛ ملوثات الهواء، ملوثات الماء، ومعالجة التلوث.

المطويات **استعمل هذه المطوية في الدرسين 1–7، 2–7** من هذه الوحدة. قم بتلخيص المعلومات الرئيسة الواردة في المطوية في أثناء قراءتك للوحدة.

تجربة استهلالية لتنفيذ التجربة الاستهلالية ارجع إلى دليل التجارب العملية.

7-1

تلوث الهواء الجوي Air Pollution

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

22.1– 22.2– 22.3– 22.4– 22.5– 22.6– 22.7– 22.8

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.1.7–10A.2.3

الأهداف

يُتوقّع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يتتبع** دورتي الكربون والنيتروجين في الطبيعة.
- **يحدد** أثر نشاطات الإنسان على دورتي الكربون والنيتروجين.
- **يتعرف** الملوثات الصادرة عن حرق الوقود الأحفوري، ومنها أكاسيد الكربون والنيتروجين، وآثارها السلبية على الغلاف الجوي.
- **يوضح** آلية تكوّن الأوزون في طبقة الستراتوسفير.
- **يوضح** أهمية الأوزون في تقليل وصول الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض.
- **يحدد** الآثار الناتجة عن تراكم غازات الدفيئة على سطح الأرض.
- **يصف** العمليات التي تؤدي إلى تقليل مصادر تلوث الجو الرئيسة.

مراجعة المفردات

الاحترار العالمي ارتفاع درجة الحرارة بسبب زيادة تركيز الغازات المسببة للاحتباس الحراري، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون.

المفردات الجديدة

- دورة الكربون Carbon cycle •

الفكرة الرئيسة **تعمل أنشطة الإنسان المختلفة ومنها حرق الوقود الأحفوري على تلوث الغلاف الجوي.**

الربط مع الحياة يُنتج الإنسان العديد من الأدوات التي يستخدمها في حياته، ولكن بعضها يسبب أضرارًا للحياة على الأرض؛ حيث يَصدر عنها مركّبات كيميائية تؤدي إلى تلويث سطح الأرض وتدميره. فأكاسيد النيتروجين والكبريت الناتجة عن هذه المركّبات تساعد على تكوّن الأمطار الحمضية، ومركّبات الكلوروفلوروكربون المستخدَمة في الثلاجات والمكيفات تؤدي إلى تآكل طبقة الأوزون الضرورية للحياة على كوكب الأرض.

دورات المواد Matter cycles

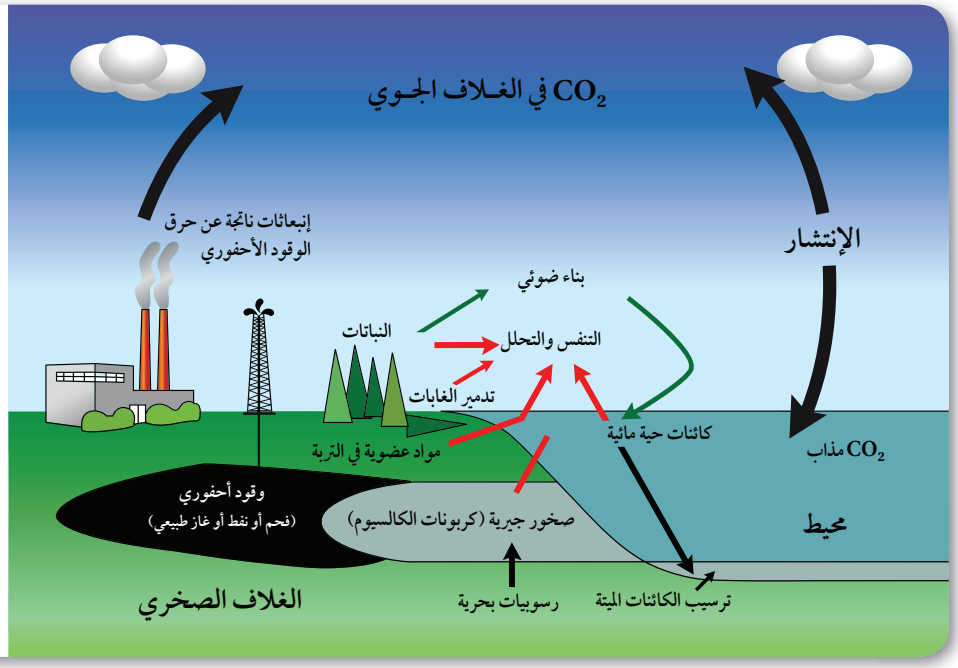
ينص قانون حفظ الكتلة على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث إلا بمشيئة الله تعالى، لذلك فإن كمية المادة في الأرض تبقى ثابتة لا تتغير. حيث يتم تدوير العناصر الأرضية بين الكائنات الحية والأشياء غير الحية، ومنها الهواء أو التربة أو الماء. ويؤدي الغلاف الجوي دورًا رئيسًا في تلك الدورات. ومن هذه الدورات: دورة الكربون، ودورة النيتروجين، ودورة الماء.

وتحدث الدورات الطبيعية على الأرض بشكل دقيق ومتوازن وخصوصًا عندما لا يُحدث الإنسان فيها تغييرًا أو تأثيرًا، فكثير من الأنشطة البشرية تؤدي إلى اختلال في توازن هذه الدورات الطبيعية، فمثلًا عندما يتم حرق الوقود الأحفوري فإن الكربون المخزّن فيه منذ ملايين السنين سيتحرر إلى الغلاف الجوي بشكل كبير، وسيتم استهلاك الأكسجين في أثناء الحرق، في المقابل فإن إزالة الغابات ستؤدي إلى تقليل عدد الأشجار التي تستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين. وتتم الدورات الطبيعية للمواد من خلال انتقال العناصر في الغلاف الجوي والغلاف الصخري والمسطحات المائية على الأرض.

دورة الكربون Carbon cycle تتكون الكائنات الحية جميعها من جزيئات تحتوي على الكربون. وتشكل ذرات الكربون الهيكل الأساسي للجزيئات المهمة للكائنات، ومنها: البروتينات، والكربوهيدرات، والدهون. ومع ذلك يعدّ الكربون عنصرًا ثانويًّا في تركيب القشرة الصخرية للأرض. ويوضح **الشكل 1–7 دورة الكربون Carbon cycle**. ففي أثناء عملية البناء الضوئي تَستهلك النباتات والطحالب ثاني أكسيد الكربون، وتُنتج كلًّا من الكربوهيدرات (سكر الجلوكوز) والأكسجين الذي تحرره إلى الغلاف الجوي. وذلك وفق المعادلة التالية:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \uparrow$$

وتقوم الكائنات الحية بتحرير ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء خلال عمليات التنفس وحرق



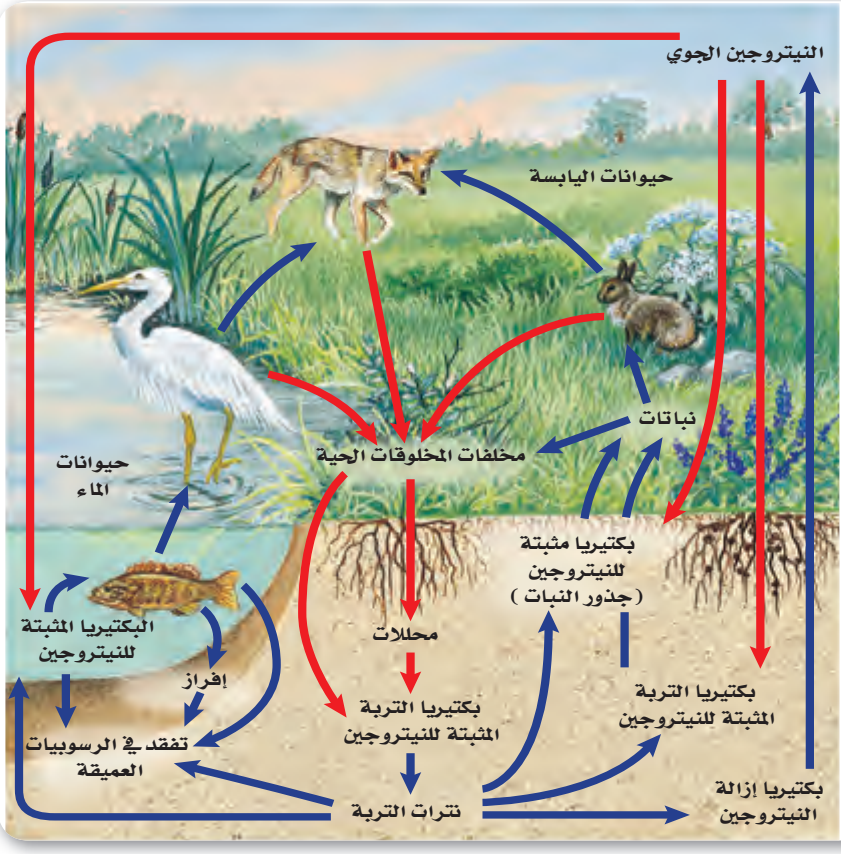
الشكل 1–7 يبين المخطط دورة الكربون في البيئة

صف كيف ينتقل الكربون من الكائنات الحية إلى الأشياء غير الحية في البيئة؟

الغذاء. ويدخل CO_2 مياه البحار والمحيطات خلال عملية الانتشار التي تحدث في الطبقة السطحية للماء أو في الغلاف الجوي، وتعتمد عملية الانتشار على عدة عوامل من أهمها تركيز CO_2 في الغلاف الجوي وفي مياه المحيطات، حيث يذوب في الماء. كما يدخل الكربون عن طريق العديد من التفاعلات في تركيب عدد من المركبات الكيميائية ومنها: حمض الكربونيك (H_2CO_3)، والكربونات (CO_3^{2-})، والكربونات الهيدروجينية (HCO_3^-). وتستخدمه النباتات البحرية في صنع غذائها، كذلك يدخل الكربون في تركيب أصداف العديد من الكائنات البحرية على شكل كربونات الكالسيوم. وعندما تموت هذه الكائنات تترسب في قيعان المحيطات، ومع مرور الزمن تتشكل طبقات من الصخور الرسوبية الجيرية المكوَّنة من كربونات الكالسيوم، أو يخزن في المواد العضوية المدفونة تحت الأرض، حيث تتحول تلك المواد إلى فحم أو نفط أو غاز طبيعي وعندها يدخل الكربون في دورة طويلة الأمد، حيث يمكن أن يبقى ملايين السنين على صورة وقود أحفوري، ويتحرر الكربون من الوقود الأحفوري عند حرقه مما يزيد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

وتعد عمليات التحلل المصدر الرئيس لإعادة الكربون إلى الغلاف الجوي على شكل ثاني أكسيد الكربون من خلال المحللات؛ وهي كائنات حية دقيقة تعيش معظمها في التربة وفي الماء، وتتغذى على تحليل البقايا النباتية والحيوانية، ويقوم عملها على استهلاك الفضلات العضوية، كما تعيد ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي خلال عملية التنفس.

ماذا قرأت؟ وضح دور عمليتي البناء الضوئي والتنفس في تدوير الكربون بين الكائنات الحية والغلاف الجوي للأرض.



الشكل 2–7 يُستخدم النيتروجين ثم يعاد استخدامه في أثناء دورته المستمرة ضمن الغلاف الجوي.

وضح كيف يعود النيتروجين إلى الغلاف الجوي.

المفردات الجديدة

- دورة النيتروجين
- Nitrogen cycle

دورة النيتروجين Nitrogen cycle تحتاج الكائنات الحية إلى عنصر النيتروجين لإنتاج البروتينات والأحماض الأمينية التي تدخل في بناء خلايا الجسم. ومع أن النيتروجين يشكل أكبر نسبة من مكونات الغلاف الجوي (حوالي 78%) إلا أن النباتات والحيوانات لا تستطيع استخلاصه بشكل مباشر من الغلاف الجوي والاستفادة منه. وكما درست في السنوات السابقة فإن البكتريا المثبِّتة التي تعيش في التربة أو الماء أو التي تنمو على جذور بعض أنواع النباتات تحصل على غاز النيتروجين (N_2) من الغلاف الجوي، وتحوّله إلى أحد المركبات التي تستطيع النباتات الاستفادة منها في تكوين البروتينات في عملية تسمى تثبيت النيتروجين. ومن هذه المركبات الأمونيوم (NH_4^+)، والنيترات (NO_3^-). انظر **الشكل 2–7**. ويستمر انتقال النيتروجين خلال الشبكة الغذائية من كائن حي إلى آخر؛ فتحصل الكائنات الحية المستهلكة على النيتروجين بتغذيتها على النباتات والحيوانات التي تحويه، ثم تعيد استخدامه لتصنع بروتيناتها بنفسها.

ويبين **الشكل 2–7** الطرق التي يعود بها النيتروجين إلى التربة لإكمال **دورة النيتروجين Nitrogen cycle**، فعندما تطرح بعض الكائنات الحية فضلاتها يعود النيتروجين إلى التربة والماء، وبالتالي تُعيد النباتات استعماله. وعندما تموت الكائنات الحية، تتحلل بواسطة المحللات ومنها البكتيريا والفطريات إلى عناصر بسيطة بما فيها النيتروجين، وأخيرًا تحوّل بعض بكتيريا التربة مركبات النيتروجين المثبتة إلى غاز النيتروجين في عملية تسمى إزالة النيتروجين Denitrification فيعاد مرة أخرى إلى الغلاف الجوي.

ملوثات الهواء Air pollutants

يشكل عنصرا النيتروجين والأكسجين النسبة الأكبر من مكونات الغلاف الجوي الأرضي، انظر **الجدول 1-7**، بينما تشكل سائر الغازات النسبة الباقية. ومن أهم المكونات الأخرى للغلاف الجوي: غازا الآرجون وثاني أكسيد الكربون، إضافة إلى بخار الماء. وهذه هي النسب الطبيعية لمكونات الغلاف الجوي، ولكن بسبب بعض الأنشطة الطبيعية – ومنها البراكين والحرائق الناتجة عن الصواعق (البرق) – أو بسبب الأنشطة البشرية الناتجة عن الإفراط في استخدام الوقود الأحفوري في مناحي الحياة المختلفة فإنه يحدث تلوث **للبيئة Environment** وهي جميع الظروف المحيطة بالكائن الحي من ماء وهواء وتربة وكائنات حية أخرى، وتؤثر فيه في أي وقت. ونتيجة لذلك تضاف العديد من الملوثات إلى الهواء، مما يؤدي إلى اختلال التوازن الطبيعي للغلاف الجوي وحدوث التلوث. و**الملوِّث Pollutant** أي مادة أو طاقة تدخل إلى البيئة فتسبب حدوث أضرار لها وللكائنات الحية المختلفة التي تعيش فيها.

ومع أن كميات الملوثات التي قد تنتج من مصادر طبيعية قد تزيد كمياتها في بعض الأوقات عن الملوثات التي يضيفها الإنسان إلى البيئة، إلا أن النظام البيئي قادر على المحافظة على توازنه على الرغم من وجود هذه الملوثات الطبيعية. فمثلًا يَنتج عن البراكين كميات ضخمة من أكاسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين، وتتخلص البيئة من هذه الملوثات التي تتدفق إليها من خلال **البالوعات Sinks** وهي خزانات حيوية أو صناعية تحجز فيها العناصر الملوثة لفترة من الزمن، ومن هذه الخزانات المحيطات

المفردات الجديدة

- البيئة • Environment
- الملوِّث • Pollutant
- البالوعات • Sinks

الجدول 1-7 مكونات الغلاف الجوي الأرضي

مكونات الهوآء	الرمز	الحجم (%)
النيتروجين	N_2	78.08
الأكسجين	O_2	20.9
الآرجون	Ar	0.934
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	0.03
النيون	Ne	0.00182
الهيليوم	He	0.00052
الميثان	CH_4	0.00015
الكربتون	Kr	0.00011
الهيدروجين	H_2	0.00005
أكسيد النيتروز	N_2O	0.00005
الزينون	Xe	0.000009
بخار الماء	H_2O	نسبة غير ثابتة

والغلاف الجوي، وتمكث الملوثات في أماكن تخزينها فترات زمنية مختلفة تعتمد على نوع المادة وعلى المكان الذي تُخزن فيه. ومتوسط الزمن الذي تبقى فيه المادة في الخزان قبل أن يتم التخلص منها طبيعيًّا يسمى **فترة البقاء Residence time**. وتختلف فترة بقاء الغازات من غاز إلى آخر، قبل أن تتلاشى وتنتشر في الغلاف الجوي، الذي يعدّ أحد الخزانات الرئيسة في دورات المواد في الطبيعة. فمثلًا يبلغ معدل فترة بقاء بخار الماء حوالي 9 أيام، وثاني أكسيد الكربون ما بين 4–3 سنوات، بينما تبقى مركبات الكلوروفلوروكربون أكثر من 80 سنة. ويمثل **الجدول 2–7** معدل فترة البقاء لعدد من الملوثات في الغلاف الجوي؛ ولهذا تؤدي زيادة تركيز الملوثات في الغلاف الجوي إلى زيادة فترة بقائها فيه، ويصبح من الصعب التخلص منها بالطرق الطبيعية.

وتعدّ مشكلة التلوث التي تواجه العالم حاليًّا ناتجة عن الأنشطة البشرية غير المسؤولة، التي ستؤدي – في النهاية – إلى الإخلال بالتوازن البيئي. ومن هذه الأنشطة تراكم النفايات الصلبة مما يؤدي إلى انبعاث غازات سامة إلى الهواء، منها غاز الميثان، وانبعاث مركبات عضوية متطايرة ناتجة عن بعض الصناعات. ومن أهم الأنشطة البشرية التي تؤدي إلى تلوّث الهواء حرق الوقود الأحفوري الذي يستخدم في مجالات متعددة، منها: وسائل النقل، والمصانع، ومحطات توليد الكهرباء. ويؤدي حرق الوقود الأحفوري إلى إنتاج **وانبعاث الغازات Gas emission** إلى الجو. ومن أهم المواد الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري: ثاني أكسيد الكربون CO_2، وبخار الماء، وكميات أقل من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت.

وتقسم ملوثات الهواء اعتمادًا على آلية إنتاجها إلى قسمين: **ملوثات أولية Primary pollutants**؛ وهي ملوثات تدخل إلى الهواء من مصدر التلوث مباشرة، مثل إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء عند حرق الوقود الأحفوري. و**ملوثات ثانوية Secondary pollutants**؛ وهي ملوثات تنتج عن تفاعل الملوثات الموجودة في الهواء بعضها مع بعض، ومن الملوثات الثانوية تكوُّن الأوزون قريبًا من سطح الأرض.

المفردات الجديدة

- فترة البقاء
- Residence time
- انبعاث الغازات
- Gas emission
- ملوثات أولية
- Primary pollutants
- ملوثات ثانوية
- Secondary pollutants

الجدول 2-7 معدل فترة البقاء لعدد من الملوثات في الغلاف الجوي

الغاز	فترة البقاء
ثاني أكسيد الكربون CO_2	3 – 4 سنة
ثاني أكسيد النيتروجين NO_2	0.5 – 2 يوم
الميثان CH_4	9 سنوات
مركبات CFCs	أكثر من 80 سنة
الأوزون O_3	100 يوم

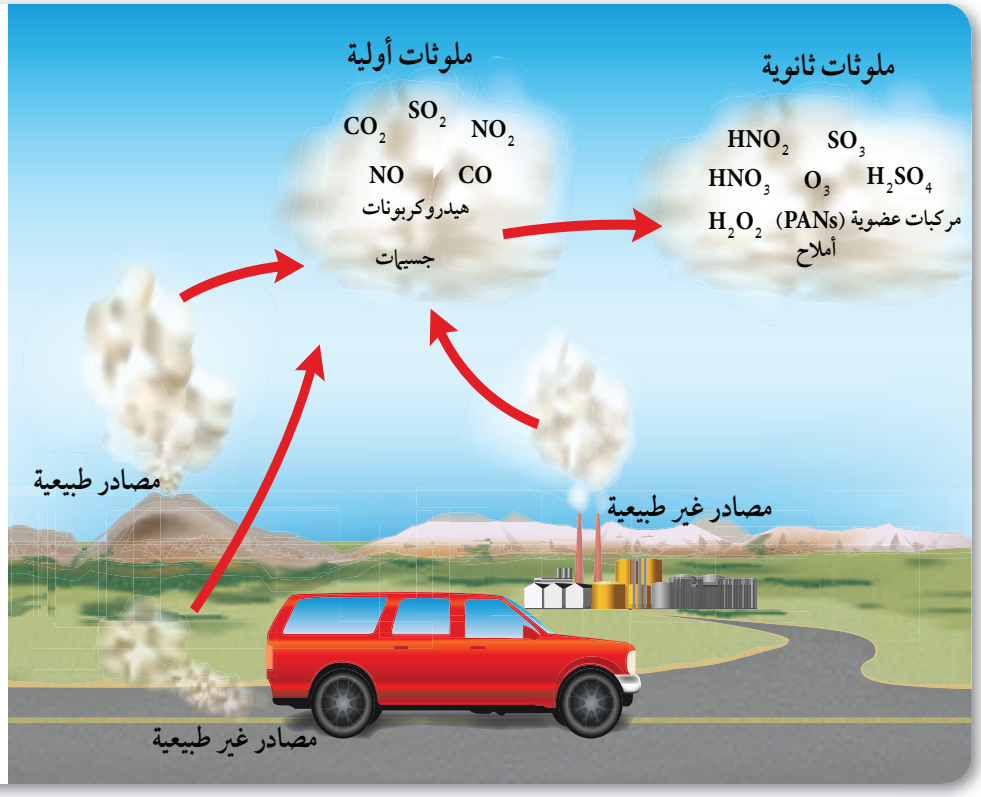
الملوثات الأولية Primary pollutants تَنْتج الملوثات الأولية عن أنشطة الإنسان المختلفة أو من المصادر الطبيعية. ومن الملوثات الأولية الرئيسة غاز الميثان وأكاسيد كل من الكربون والكبريت والنيتروجين. ويعدّ ثاني أكسيد الكربون CO_2 أكثر الأكاسيد الأولية تواجدًا في الجو، ويَنتج 90% منه من تنفس الكائنات الحية والنسب الباقية من حرق الوقود الأحفوري وحرائق الغابات. وإذا كان الاحتراق غير كامل يَنتج غاز أول أكسيد الكربون CO؛ وهو غاز سام يتّحد مع هيموجلوبين الدم ويؤدي إلى الاختناق. أما أكاسيد الكبريت – وخصوصًا ثاني أكسيد الكبريت SO_2 – فتَنتج بشكل رئيس من البراكين، وأيضًا نتيجة حرق الوقود الأحفوري وتكرير النفط والغاز. ويعدّ ثاني أكسيد الكبريت أحد أسباب الأمراض التنفسية. كما تَنتج أكاسيد النيتروجين ومنها أكسيد النيتريك NO الذي يتأكسد فيتكون ثاني أكسيد النيتروجين NO_2، الذي يذوب في مياه الأمطار مكونًا المطر الحمضي. انظر **الشكل 3–7**.

ومن الملوثات الأولية الأخرى للهواء: الفلزات، ومنها الرصاص والزرنيخ. وتَنتج معظم الفلزات عن حرق الوقود الأحفوري وخصوصًا الفحم الحجري. ومن الملوثات الأولية أيضًا الهالوجينات، ومنها: الفلور، والكلور، والمواد العضوية المتطايرة. ومن أمثلتها أيضًا المواد العالقة، ومنها: الغبار، والسناج، وحبوب اللقاح.

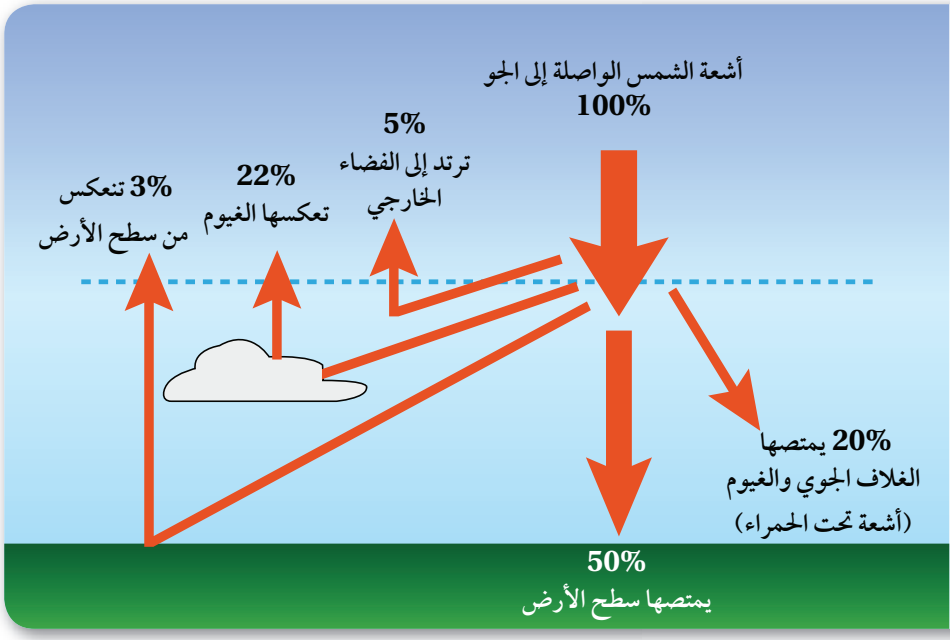
ومن المشكلات البيئية المتعلقة بالملوثات الأولية – خصوصًا زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو – مشكلة **الاحترار العالمي Global warming**. وقد درست سابقًا أن للغازات الدفيئة أهمية كبيرة على مناخ الأرض؛ فانعدام وجودها يجعل المناخ باردًا على

المفردات الجديدة

- الاحترار العالمي
- Global warming



الشكل 3–7 الملوثات الأولية والملوثات الثانوية ومصادرهما.



الشكل 4–7 العلاقة بين كميات الأشعة الداخلة إلى الأرض وكميات الأشعة المرتدة والمنعكسة منها.

الأرض، ويؤدي إلى استحالة الحياة عليها. والمسؤول عن حجز كميات كبيرة من حرارة الشمس على سطح الأرض هو زيادة تركيز الغازات الدفيئة، ومن أهمها: ثاني أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء وأكاسيد النيتروجين ومركبات CFCs. ومن خصائص الغازات الدفيئة أنها تمتص الأشعة تحت الحمراء الموجودة في الأشعة الشمسية. ولهذا فإن هذه الغازات تعمل على تسخين جو الأرض، انظر **الشكل 4–7**. وعندما يسخن سطح الأرض يشعّ حرارته التي اكتسبها إلى الخارج، فتمتصها الغازات الدفيئة المحيطة بسطح الأرض وتحبسها وتمنعها من الانفلات إلى الجو الخارجي. ومع مرور الزمن تزداد درجات حرارة الجو وتحدث ظاهرة الاحترار العالمي.

وتعد أنشطة الإنسان – وبخاصة حرق الوقود الأحفوري، وإزالة الغابات– من أهم أسباب تكوّن ظاهرة الإحترار العالمي. ولكن يعزو بعض العلماء أسباب هذه الظاهرة إلى عوامل طبيعية منها البراكين. وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن السبب الرئيسي لحدوث ظاهرة الإحترار العالمي هو الأنشطة البشرية فقط.

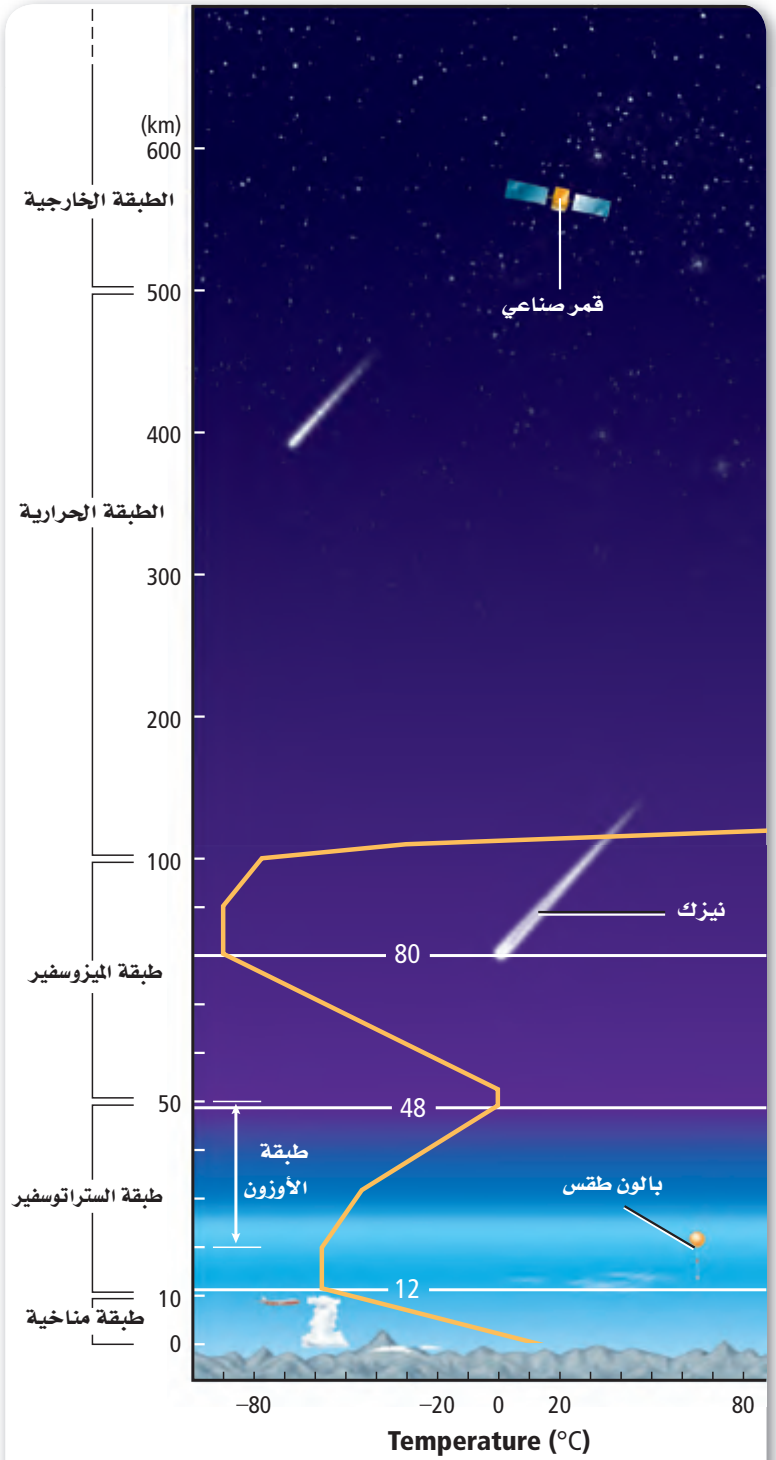
ولظاهرة الإحترار العالمي أثر كبير على البيئة، حيث تؤدي إلى اختلال الطقس بحيث تزداد شدة العواصف في أماكن مختلفة، كذلك قد تؤدي إلى حدوث فيضانات في بعض الأماكن وجفاف في أماكن أخرى، مع انتشار الأوبئة وغيرها.

الملوثات الثانوية Secondary pollutants تتكون الملوثات الثانوية نتيجة تفاعل بين اثنين أو أكثر من الملوثات الأولية. وتعدّ الأشعة فوق البنفسجية عاملًا مساعدًا لحدوث هذا التفاعل. ونظرًا لأهمية وجود هذه الأشعة فإن الملوثات الثانوية تسمى أيضًا **ملوثات ضوئية كيميائية Photochemical pollutants**. ومن الملوثات الثانوية: الأوزون، والضباب الدخاني، والمطر الحمضي.

المفردات الجديدة
- ملوثات ضوئية كيميائية
- Photochemical pollutants

الأوزون Ozone يوجد بشكل طبيعي في طبقة الستراتوسفير؛ وهي إحدى طبقات الغلاف الجوي، و**الغلاف الجوي Atmosphere** غلاف غازي يحيط بالأرض، يمتد من سطح الأرض حتى ارتفاع 1000 km. ويُقسَّم الغلاف الجوي الأرضي إلى خمس طبقات اعتمادًا على مكونات كل منها ودرجة حرارتها، كما هو موضح في **الشكل 5–7**، وهي على النحو الآتي: **الطبقة المناخية Troposphere** يبلُغ سُمْكها من 9 km إلى 16 km، وتحتوي على 75% من كتلة الهواء المكون للغلاف الجوي. وتنخفض فيها درجة الحرارة كلما ارتفعنا لتصل إلى أقل من $-60\,^{\circ}C$ عند نهاية الطبقة، وتحدث فيها الظواهر المناخية المختلفة. ثم طبقة **الستراتوسفير Stratosphere** التي تمتد حتى ارتفاع 50 km. وترتفع درجة الحرارة فيها بالتدريج كلما اتجهنا إلى أعلى. وتتميز هذه الطبقة باحتواء الجزء العلوي منها على غاز الأوزون المهم في حماية الأرض من وصول الأشعة فوق البنفسجية من الشمس إليها. ثم تقع فوقها طبقة الميزوسفير Mesosphere التي تمتد إلى ارتفاع يصل إلى 100 km، وتنخفض درجة الحرارة فيها بشكل تدريجي كلما اتجهنا إلى أعلى. وتعلوها الطبقة الحرارية (الأيونية) Thermosphere التي تمتد حتى ارتفاع 500 km وتتميز بانخفاض كثافة الهواء فيها. وتحتوي على جزيئات متأينة ذات درجات حرارة مرتفعة. وفي النهاية تقع الطبقة الخارجية Exosphere؛ وهي الطبقة الأخيرة من الغلاف الجوي، وتمتد إلى نهايته، وتتناقص ذرات الهواء فيها حتى تتلاشى تقريبًا وتصبح مشابهة لمكونات الفضاء الخارجي.

ويوجد أعلى تركيز للأوزون على ارتفاع 20 km فوق سطح الأرض، أنظر **الشكل 5–7** ويتكون الأوزون من خلال تفاعل الأشعة فوق البنفسجية مع غاز الأكسجين حيث تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تفكيك جزيء الأكسجين وإنتاج



الشكل 5–7 يتكون الغلاف الجوي الأرضي من خمسة طبقات تختلف كل طبقة بمكوناتها ودرجة حرارتها عن باقي الطبقات.

المفردات الجديدة

- الغلاف الجوي Atmosphere
- الطبقة المناخية Troposphere
- الستراتوسفير Stratosphere

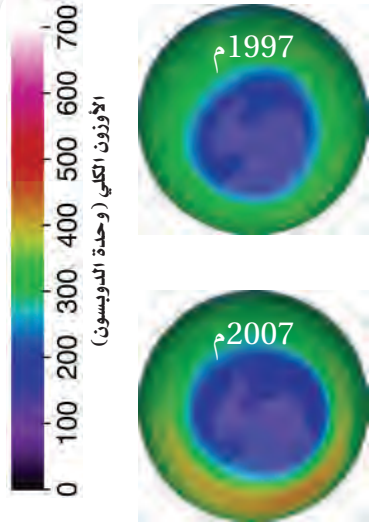
ذرتي أكسجين، ومن ثم تتحد ذرة أكسجين منهما بجزيء أكسجين مكونة جزيء أوزون وفقًا للمعادلات التالية:

$$O_2 \xrightarrow{UV} O + O$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

وترجع أهمية هذا التفاعل المكوّن للأوزون في طبقة الستراتوسفير إلى أنه يؤدي إلى التخلص من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس واستهلاكها قبل وصولها إلى سطح الأرض، حيث تسبب هذه الأشعة العديد من الأضرار للكائنات الحية، ومنها: سرطان الجلد، وتكوّن غشاء على العيون، وتقليل مناعة الجسم، وحدوث حروق جلدية شديدة. كما تؤدي هذه الأشعة إلى انخفاض كمية المحاصيل، وحدوث خلل في سلاسل الغذاء. وقد وجد العلماء – للأسف – أن طبقة الأوزون بدأت بالتآكل وبصفة ملحوظة فوق القطب الجنوبي، وسمّيتْ هذه الظاهرة **استنزاف (تآكل) الأوزون Ozone depletion**، ويُظهر **الشكل 6–7** مساحة ثقب الأوزون في عامي 1997م و2007م، وقد قدّر العلماء متوسط مساحة الثقب منذ منتصف التسعينيات بحوالي 22.5 مليون كيلومتر مربع، بينما وصل في عام 2007م إلى حوالي 24.7 مليون كيلومتر مربع. ولكن يلاحظ العلماء في الوقت الحاضر أن حجم الثقب بدء بالثبات؛ بسبب الجهود الدولية المبذولة في هذا المجال.

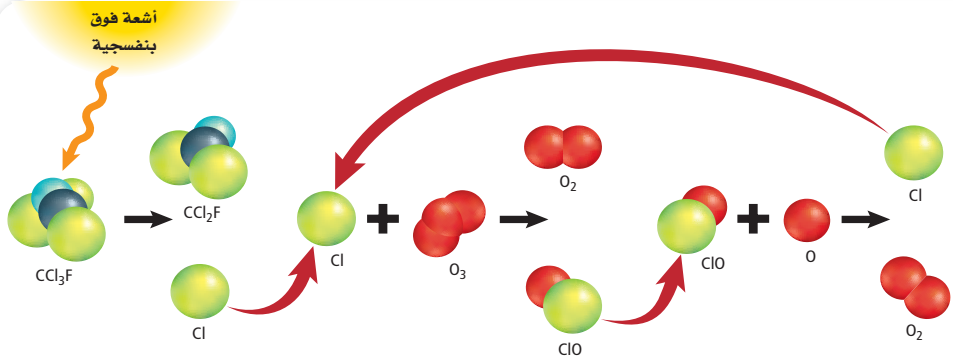
وقد أرجع العلماء سبب هذا التآكل والاستنزاف إلى الأنشطة البشرية وخصوصًا استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون Chlorofluorocarbons (CFCs)، التي يُطلق عليها الفريون، وتستعمل بشكل كبير في الثلاجات والمكيفات وعلى الرغم من أن مواد CFCs خاملة كيميائيًا وغير سامة وغير قابلة للاشتعال بالقرب من سطح الأرض، إلا أنها تؤدي إلى تدمير جزيئات الأوزون عندما تنطلق إلى أعلى وتصل إلى طبقة الأوزون. وتتفاعل مركبات الكلوروفلوروكربون كما في **الشكل 7–7**، مع الأشعة فوق البنفسجية مكونة ذرة واحدة من الكلور تسمى



الشكل 6–7 أكدت صور الأقمار الاصطناعية فوق القارة المتجمدة الجنوبية تقلص سمك طبقة الأوزون فوق هذه القارة نتيجة انبعاث مركبات CFCs.

المفردات الجديدة

- استنزاف (تآكل) الأوزون
- Ozone depletion



الشكل 7–7 مراحل استنزاف طبقة الأوزون نتيجة استخدام مركبات CFCs.

a. تؤدي الأشعة فوق البنفسجية إلى فصل ذرة الكلور Cl عن CCl_3F أحد مركبات CFCs.

b. ثم يقوم الكلور بتدمير غاز الأوزون بالاتحاد معه وتكوين غاز الأكسجين O_2 وأول أكسيد الكلور ClO.

c. تتحد ذرة أكسجين O مع أول أكسيد الكلور ClO ليكوّنا غاز الأكسجين O_2 والكلور Cl، ثم يتحد الكلور الحر مع جزيء غاز أوزون آخر، وتتكرر العملية.

المفردات الجديدة

- تفاعل الشقوق الحرة
- Free radical reaction

الشـق الحـرّ Free radical، بينـما يسـمى التفاعـل بين الشـقوق الحرة والمـواد الأخرى **تفاعل الشقوق الحرة Free radical reaction**. وفي حالتنا هذه يتفاعل الأوزون مع ذرة الكلور مما يؤدي إلى تحلل الأوزون.

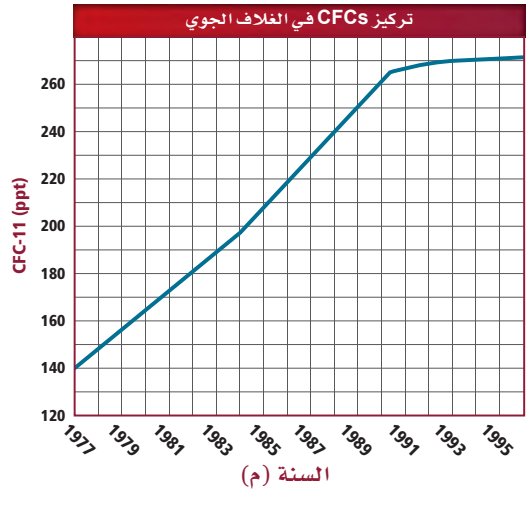
ويحـدث تـآكل طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي بشـكل خاص بسـبب عوامل مناخية وكيميائيـة لغلافـه الجوي، منها وجود رياح دوارة تعمل عـلى تمركز مركبات CFCs فيه، كما أن انخفاض درجات حرارة الغلاف الجوي للقطب الجنوبي في فصل الشتاء إلى حوالي $-90^{\circ}C$ يؤدي إلى تكوّن غيوم جليدية في طبقة الستراتوسفير تحبس معها كميات ضخمة من مواد CFCs. ومع بداية أشهر الربيع (يبدأ الربيع في القسم الجنوبي من الأرض في شهر سـبتمبر) تبدأ البلورات الجليدية في الغيوم بالانصهار، ويتفاعل الأوزون بشكل كبير مع شق الكلور الحر الناتج عن تحلل تلك المواد، مما يزيد من حجم التآكل في تلك المنطقة.

وللتقليل من مشـكلة استنزاف الأوزون وضعتْ دول العالم العديد من الاتفاقيات للحد من المشـكلة، تتركز في إيجاد بدائل لمركبات CFCs لاسـتخدامها في الصناعات المختلفة. ويوضـح **الشـكل 8–7** كميات مركبات CFCs في الغلاف الجـوي ما بين عامي 1977م و1996م.

ماذا قرأت؟ **ما** المواد الكيميائية التي تسبب تآكل طبقة الأوزون؟

وعـلى العكـس من أهمية وجـود الأوزون في طبقة الستراتوسـفير فإن وجوده على سـطح الأرض له أضرارًا كبيرة على الكائنات الحية والبيئة بشـكل عام؛ وذلك لأنه غاز مؤكسِـد قوي، فيسبب الصداع وآثارًا صحية غير محمودة، كما يؤثر على الرئتين ويُضعف مقاومتها للبكتيريا، ويؤدي إلى حدوث حساسـية في العيون، ويؤثر أيضًا على المطاط والبوليمرات فيقصر عمرها، ومنها إطارات السيارات.

ويتكوّن الأوزون على سـطح الأرض بسـبب انطلاق ثاني أكسـيد النيتروجين الناتج عن



الشـكل 8–7 كميّـات مركب CFCs أحـد أنـوع مركّبـات الكلوروفلوركربـون CFCs فوق القـارة المتجمـدة الجنوبية بين عامي 1977م و1996.

حرق الوقود الأحفوري في المركبات وتحلله بفعل الأشعة فوق البنفسجية، وفقًا للمعادلات التالية:

$$NO_2 \xrightarrow{UV} NO + O$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

وقد يتفاعل الأوزون وأول أكسيد النيتروجين الناتج من التفاعلات السابقة ببعض المواد العضوية المتطايرة في الجو مما يؤدي إلى إنتاج مركبات عضوية جديدة تسمى نيترات البيروكسي أستيل Peroxyacetyl nitrate (PAN)؛ وهي مادة سامة ومهيجة، وتؤدي إلى أضرار كثيرة على النباتات، وقد تؤدي إلى الإصابة بسرطان الجلد.

المطر الحمضي Acid rain تصبح الأمطار حمضيةً إذا كان الرقم الهيدروجيني لها أقل من 5.6. فعندما تتفاعل أكاسيد الكبريت والنيتروجين مع بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي يتكوّن حمضا الكبريتيك والنيتريك، ثم يتحدان مع بخار الماء فيتكون المطر الحمضي. وللمطر الحمضي آثار سلبية على البيئة، انظر **الشكل 9–7**، منها: زيادة درجة حموضة البحيرات وبالتالي موت الأسماك التي تعيش فيها، والقضاء على النباتات، وله أيضًا تأثير سلبي على التماثيل والآثار المصنوعة من الرخام أو الحجر الجيري أو البرونز. ويتم التقليل من هذا النوع من التلوث بطرق مختلفة، منها: تقليل كميات الملوثات الخارجة من مصادر التلوث، وطلاء المباني وغيرها بأنواع خاصة من الطلاء تقاوم المطر الحمضي، كذلك إضافة مواد (منها كربونات الكالسيوم) إلى المياه التي تحتوي على نسبة حموضة؛ لتتفاعل معها وترفع قيمة الرقم الهيدروجيني لها فتصبح متعادلة.

الشكل 9–7 بعض آثار الأمطار الحمضية على الغابات والمباني.

تجربة

نمذجة الاحتباس الحراري

كيف يَحبس الغلافُ الجويُ الأشعةَ؟ ظاهرة الاحتباس الحراري (أو ما يعرف بتأثير غازات الدفيئة) ظاهرة طبيعية، تحدث عندما يمنع الغلاف الجوي الأشعة الصادرة من الأرض من الانطلاق خارج الغلاف الجوي.

خطوات العمل

1. اتبع ارشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. في يوم صافٍ ضع صندوقًا من الورق المقوى في الخارج في منطقة مظلة.
3. ضع مقياسي حرارة بشكل عمودي في الصندوق، وتأكد من أن أشعة الشمس لا تسقط بشكل مباشر على المقياسين.
4. غطّ أحد المقياسين بإناء زجاجي نظيف له غطاء محكم.
5. لاحظ، وسجّل التغيرات في درجة الحرارة كل مقياس كل دقيقتين، على مدى 30 دقيقة.

التحليل

1. حدد كلًّا من المتغير المستقل والمتغير التابع في هذه التجربة.
2. أنشئ رسمًا بيانيًّا تُظهر فيه العلاقة بين التغيرات في درجة حرارة المقياسين والزمن.
3. قيّم اعتمادًا على الرسم البياني، أيّ المقياسين يُظهر درجات حرارة أعلى؟ ولماذا؟
4. اربط بين ملاحظاتك وظاهرة الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي.

التقليل من التلوث الهوائي Reducing air pollution

يعدّ التلوث الهوائي من أصعب الملوثات التي يمكن السيطرة عليها؛ لأنه ينتقل عن طريق الهواء من مناطق التلوث إلى المناطق المجاورة لها. ولهذا يتطلب حل المشكلة التعاون بين الدول والحكومات المختلفة. وتتم معالجة ملوثات الهواء من خلال استخدام بديل للمادة المسببة للتلوث، أو تقليل كميات الملوثات الصادرة من مصادر التلوث. وفي السنوات الأخيرة عملت الدول على تقليل كمية الملوثات وخصوصًا تلك التي تسبب التلوث الواسع، ومنها مركبات CFCs، كما أصدرت العديد من القوانين التي تضبط كميات الملوثات الصادرة من مصادر التلوث المختلفة، ولهذا لاحظت العديد من الدول انخفاض كميات الملوثات فيها.

وتعمل دول العالم – ومنها دولة قطر – على التقليل من استخدام المواد التي تؤدي إلى استنزاف الأوزون، وتطبيق ما تم الاتفاق عليه في اتفاقية مونتريال عام 1989م، ثم تبنت هذه الدول في اليابان إتفاق كيوتو عام 2005م، الذي يهدف إلى تثبيت تراكيز الغازات الدفيئة – ومنها ثاني أكسيد الكربون والميثان – في الغلاف الجوي عند مستوى يحول دون إلحاق الضرر بالنظام المناخي. وقد تم تفعيل هذه الاتفاقيات في إعلان الدوحة عام 2008م بالتأكيد على التخلص من المواد التي تعمل على استنزاف طبقة الأوزون وعدم استخدامها، وإيجاد

مواد بديلة عنها. وقد اهتمت العديد من الدول بإنشاء مراكز لتقنية الأبحاث ومحطات لرصد الأوزون، ومنها دولة قطر، حيث يقوم المجلس الأعلى للبيئة (وزارة البيئة) بدور كبير في المحافظة على دولة قطر خالية من الملوثات، انظر **الشكل 10–7**.

ومن مصادر التلوث العوادم الصادرة من وسائل النقل المختلفة، والمصانع، ومصافي النفط والغاز، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، ومكابّ النفايات الصلبة (أماكن تجميعها)، ومحطات تنقية المواد العادمة، وغيرها الكثير. وتختلف طرق معالجة الملوثات اعتمادًا على نوع الملوث. ومن أهم طرق السيطرة على الملوثات ما يلي:

إزالة الملوثات الصلبة Removing solid pollutents يتم التخلص من الملوثات الصلبة باستعمال مرشحات (فلاتر) على مداخن المصانع والمحطات المختلفة لحجز الملوثات قبل خروجها إلى الجو. ويتم التحكم في حجم مسامّ المرشحات لتحديد كمية الملوثات المسموح خروجها منها. انظر **الشكل 11–7**.

تنقية الوقود الأحفوري Purification of fossil fuel ينتج عن حرق أنواع الوقود الأحفوري مشكلات بيئية مختلفة، منها: المطر الحمضي، والاحترار العالمي؛ وذلك لاحتوائها على عناصر تنبعث على شكل أكاسيد عند احتراق الوقود، ومن هذه العناصر: الكبريت، والنيتروجين.

ويعدّ الفحم الحجري أكثر أنواع الوقود الأحفوري احتواءً على الكبريت، وتستخدم العديد من الدول هذا الفحم في محطات توليد الطاقة أو في المصانع، وتعمل على التقليل من هذه المشكلة بطرق مختلفة، منها: استعمال الغاز الطبيعي الذي يحتوي على كميات ضئيلة من الكبريت بديلًا عن الفحم الحجري، واستخدام بدائل الطاقة ومنها الطاقة الشمسية، وخلط الفحم الحجري بالحجر الجيري؛ الذي يعمل على التخلص من أكاسيد الكبريت الناتجة عن حرق الفحم، أو استخدام المعالجة الكيميائية باستخلاص الكبريت من الوقود الأحفوري قبل استعماله. ومن فوائد هذه الطريقة الحصول على الكبريت واستخدامه في الصناعات المختلفة ومنها صناعة حمض الكبريتيك.

أما أكاسيد النيتروجين الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري أو غاز أول أكسيد الكربون فيتم التخلص من نسبة عالية منها باستخدام محفزات Catalysts، ومنها الروديوم (Rh)، وفي محركات السيارات عن طريق استخدام المحولات الحفازة Catalytic conoverter التي تعمل على زيادة معدل تفكك هذه الغازات السامة إلى غازات أقل ضررًا. ولكن هذه العوامل لا تُستخدم مع

الشكل 10–7 مبنى وزارة البيئة في الدوحة.

الشكل 11–7 يتم التخلّص من الملوّثات الصلبة باستخدام مرشّحات خاصة تركب على مصادر التلوث.

جميع أنواع الوقود الأحفوري. كما يتم التخلص من نسبة عالية من أكاسيد النيتروجين باستخدام طريقة الحرق المرحلي؛ وهي حرق الوقود الأحفوري على مرحلتين: مرحلة مرتفعة الحرارة وقليلة الأكسجين، ومرحلة منخفضة الحرارة وغنية بالأكسجين .

بالوعات الكربون Carbon sinks يعد ثاني أكسيد الكربون من أكثر الغازات التي يتم تقليل كمياتها باستخدام بالوعات الكربون؛ حيث يتم عزله بعد انبعاثه من مصادر التلوث المختلفة، ثم تخزينه في خزانات خاصة (البالوعات). ومن أهم البالوعات الطبيعية التي تقلل كميات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي المحيطات والغابات.

التقويم 7-1

الخلاصة

- يحدث التلوث في بيئة ما نتيجة دخول الملوثات إليها، مما يؤدي إلى أضرار متنوعة فيها.
- تقسم ملوثات الهواء إلى: ملوثات أولية تدخل مباشرة من مصادر التلوث إلى الجو، ومنها أكاسيد الكربون، وملوثات ثانوية تَنتج عن تفاعل الملوثات الأولية وبمساعدة الأشعة فوق البنفسجية، ومنها المطر الحمضي والأوزون.
- من طرق معالجة تلوث الهواء وضْع مرشحات (فلاتر) لتقليل الملوثات الصلبة، أو معالجة الوقود الأحفوري كيميائيًّا قبل استخدامه، أو استخدام محفزات، أو البالوعات.

1. الفكرة الرئيسة **اذكرْ** ملوثين ينتجان عن حرق الوقود الأحفوري، وما الأضرار التي يسببانها للبيئة؟
2. **قارن** بين دورة الكربون ودورة النيتروجين من حيث مكان وجودهما ودور الكائنات الحية فيهما.
3. **حدّد** دور الغازات الدفيئة في ظاهرة الاحترار العالمي.
4. **صف** كيف تسبب مركبات الكلوروفلوروكربون استنزاف طبقة الأوزون.
5. **قارن** بين الملوثات الأولية والملوثات الثانوية من حيث كيفية تكوّن كل منهما، مع ذكر مثال على كل نوع.
6. **وضّح** كيف يمكن التخلص من أكاسيد النيتروجين بطريقة الحرق المرحلي.
7. **تفكير ناقد.** توقع ما يحدث للأرض إن لم يُستهلك ثاني أكسيد الكربون خلال عملية البناء الضوئي.

7-2

في هذا الدرس

معايير الأداء الرئيسة

22.9 – 22.10 – 22.11 – 22.12 – 22.13 – 22.14

معايير البحث والاستقصاء العلميّ

10A.3.2

الأهداف

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يصف** دورة الماء في الطبيعة.
- **يحدد** أهمية المحافظة على المياه الجوفية والسطحية خالية من التلوث.
- **يتعرف** أهمية المحيطات في تنظيم المناخ.
- **يوضح** كيفية معالجة المياه لتصبح صالحة للشرب عن طريق فصل المواد الصلبة منها وتنقيتها باستخدام الكلور.
- **يوضح** الحاجة إلى استخدام الأسمدة المحتوية على النيتروجين والفوسفات، وكيف أن الاستخدام غير المنضبط يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية والسطحية.
- **يصف** عملية الإثراء الغذائي وكيفية تأثيرها على مصادر المياه.
- **يتعرف** المشكلات التي تصاحب التلوث الحراري الناتج عن الصناعات.

مراجعة المفردات

التلوث: اختلال في التوازن الطبيعي للبيئة بسبب دخول الملوثات إليها.

تلوّث الماء Water Pollution

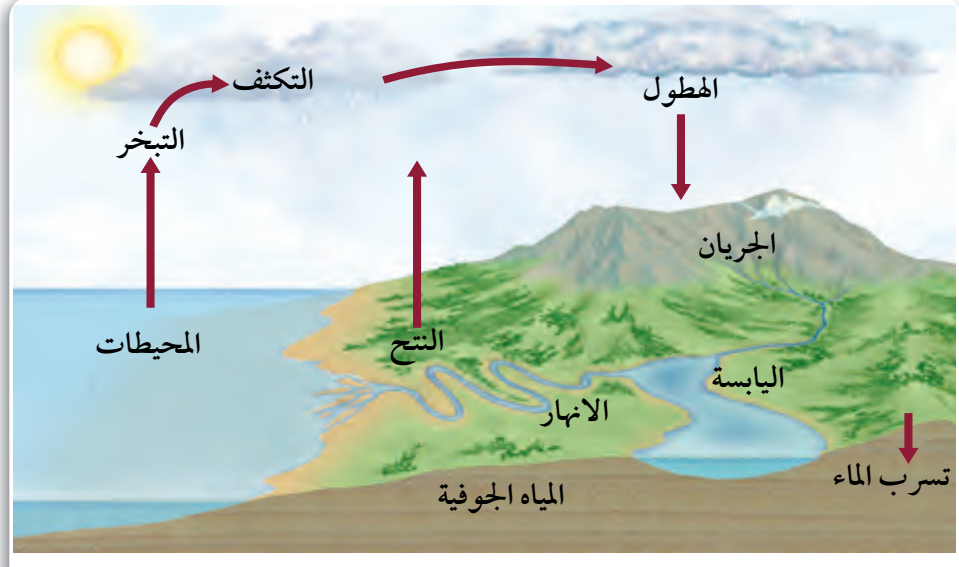
الفكرة الرئيسة **تؤدي أنشطة الإنسان المختلفة إلى تلوّث المياه وخصوصًا المياه الصالحة للشرب.**

الربط مع الحياة أين تذهب المياه المستخدمة يوميًا في المنازل والمدارس؟ تنقل المياه المستخدمة في المنازل والمدارس في شبكات الصرف الصحي إلى محطات تنقية المياه الملوثة حيث يتم معالجتها لتصبح صالحة للاستخدام في المجالات الزراعية أو الصناعية.

موارد المياه Water resources

الماء من أهم الموارد الطبيعية للأرض؛ حيث يرتبط وجود الكائنات الحية بوجوده. وتصنف المياه – بحسب وجودها على الأرض – إلى قسمين رئيسين هما: المياه الجوفية الموجودة في أحواض مائية في باطن الأرض، والمياه السطحية الموجودة بأشكال متعددة، ومنها: المحيطات، والبحار، والكتل الجليدية، والأنهار، والبحيرات. ومعظم المياه الموجودة على سطح الأرض مالحة، في حين لا تتعدى المياه العذبة 3% من مجموع المياه على كوكبنا. ومعظم المياه العذبة مخزّن على شكل كتل جليدية عند الأقطاب، وهناك كميات أخرى من هذه المياه مخزنة في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية، أما المياه المالحة فيخزن معظمها في البحار والمحيطات. ومع أن المياه العذبة تشكل نسبة ضئيلة من مجموع المياه، إلا أنها تتجدد باستمرار من خلال دورة الماء.

دورة الماء Water cycle يتحرك الماء في الأرض في عملية مستمرة تسمى دورة الماء، انظر **الشكل 12–7**، حيث تتحرك جزيئات الماء بشكل مستمر متّبعةً عدة مسارات: يتبخر الماء من المسطحات المائية والتربة والمخلوقات الحية إلى الغلاف الجوي، ويرتفع بخار الماء ثم يبرد



الشكل 12–7 دورة الماء إحدى دورات الأرض الطبيعية، وهي دورة مستمرة لا تنتهي.

حدد القوة الرئيسة التي تسبب حدوث دورة الماء.

تدريجيًّا فيه، فيتكثف في صورة قطرات حول دقائق الغبار الصغيرة الموجودة في الغلاف الجوي وتتشكل الغيوم، ثم يسقط الماء منها على صورة مطر أو ثلج أو بَرَد، فيعود الماء بذلك إلى سطح الأرض.

عندما تسقط مياه الهطول المختلفة على سطح الأرض تنساب مع الوديان والجداول والأنهار في اتجاه البحار والمحيطات على شكل **مياه جارية Runoff water**، ويتسرب جزء منها إلى باطن الأرض مكونًا مياهًا جوفية، بينما يتبخر جزء منها مرة أخرى إلى الغلاف الجوي. أما المياه التي امتصتها النباتات فتعود إلى الغلاف الجوي من خلال عملية النتح.

وفي الغالب فإن جزءًا من ماء الهطل الساقط على شكل ثلج أو ماء يبقى محصورًا فترات طويلة في المناطق الباردة ومنها: القطبان الشمالي والجنوبي، أو في المحيطات والبحار، أو في أجسام الكائنات الحية.

ماذا قرأت؟ وضّح ماذا يحدث حينما تصل المياه إلى سطح الأرض؟

أهمية المحيطات Importance of oceans تعدّ المحيطات أكبر أنواع المياه السطحية مساحة؛ حيث تغطي ما يقارب 71% من مساحة سطح الأرض، بينما تشكل 97.6% من مجموع المياه الموجودة على الكرة الأرضية. ومياه المحيطات مالحة ويبلغ معدل ملوحتها حوالي 3.5 %. وتحتوي المحيطات على العديد من الغازات الذائبة في مياهها، ومنها: الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون، كما تحتوي على مواد أخرى ذائبة، منها أملاح النيترات والفوسفات.

وتتميز المحيطات بوجود العديد من التيارات المائية التي تتحرك فيها، حيث تتحرك هذه التيارات إما أفقيًّا وإما عموديًّا، كما يتحرك بعضها على السطح وبعضها في الأعماق، وتتحرك التيارات السطحية بفعل حركة الرياح أو بفعل حركة المد الناتجة عن جذب القمر للأرض. بينما تتحرك التيارات العميقة نتيجة للاختلاف في كثافة مياه المحيط في أماكن مختلفة.

للمياه السطحية – وخصوصًا مياه المحيطات – أهمية كبيرة في تنظيم المناخ على سطح الأرض؛ وذلك بسبب بعض الخصائص التي تميّز الماء عن غيره من المواد. ومن أهمها ارتفاع **السعة الحرارية النوعية Specific heat capacity**؛ وهي كمية الحرارة التي يكتسبها واحد جرام (1gm) من المادة عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سليزية واحدة، وتساوي للماء 4.18 J /g.K. ولهذه الخاصية أهمية كبيرة في تنظيم مناخ الأرض، والمحافظة على الكائنات الحية التي تعيش في المحيطات؛ حيث تعمل على تقليل التغيّر في المدى اليومي في درجات الحرارة مما يؤدي إلى ثبات درجات حرارة الماء. كما أن للحرارة الكامنة للماء أهميّة كبيرة في تنظيم المناخ والطقس. و**الحرارة الكامنة Latent heat** هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل كيلوجرام من المادة من حالة إلى أخرى دون تغير درجة حرارتها، حيث يمتص الماء طاقة حرارية ليتبخر من المحيطات، ثم يحرر تلك الطاقة عندما يتكثّف في طبقات الجو العليا، فيساعد هذا على التوازن بين سطح الأرض والغلاف الجوي.

المفردات الجديدة
- مياه جارية
- Runoff water
- السعة الحرارية النوعية
- Specific heat capacity
- الحرارة الكامنة
- Latent heat

تقليل نسبة CO_2 في الغلاف الجوي Decreasing CO_2 percentage in atmosphere

درست في الدرس السابق أن المحيطات مستودعات (بالوعات) لغاز ثاني أكسيد الكربون، تعمل على تقليل تركيزه في الغلاف الجوي؛ حيث يذوب ثاني أكسيد الكربون في المياه السطحية للمحيطات ثم يغطس إلى أسفل في المياه العميقة بفعل التيارات البحرية، وقد يعود إلى السطح مرة أخرى بعد مئات السنين. ومن دون عملية الامتصاص الطبيعية هذه سيتراكم ثاني أكسيد الكربون ويزداد تركيزه في الغلاف الجوي بشكل أكبر مما هو عليه الآن. كذلك تمتص العوالق النباتية (البلانكتون) التي تعيش بالقرب من المياه السطحية في المحيطات أيضًا ثاني أكسيد الكربون في أثناء عملية البناء الضوئي وتخزنه فيها، وتطلق الأكسجين الذي يتحرر إلى الغلاف الجوي، ومن ثم يستخدم في العديد من العمليات المهمة على سطح الأرض، ومنها: التنفس، والاحتراق، وغيرها. ويلخص **الجدول 3–7** بعض التفاعلات بين الغلاف الجوي والمحيطات.

الجدول 3-7 التفاعل بين المحيطات والغلاف الجوي

مثال	الوصف
المحيطات مصدر للأكسجين في الغلاف الجوي	50% من الأكسجين في الغلاف الجوي ينتج عن العوالق النباتية البحرية، حيث تحرر الأكسجين إلى المياه السطحية بوصفه أحد نواتج عملية البناء الضوئي.
المحيطات مخزن لثاني أكسيد الكربون	عندما تبرد مياه المحيطات السطحية القريبة من الأقطاب تزداد كثافتها وتغطس للأسفل، فينتقل ثاني أكسيد الكربون الذائب فيها إلى قيعان المحيطات ويخزن هناك.
المحيطات مصدر للحرارة والرطوبة	تسخن المياه الدافئة في المناطق الاستوائية الهواء الذي يقع فوقها. والذي يعد أحد أسباب تكوّن الأعاصير الاستوائية.

ملوثات المياه Water pollutants

تتعرض المياه – مثل باقي الموارد الطبيعية الأخرى – إلى العديد من المخاطر ومن أهمها التلوث. ويقصد بتلوث المياه التغيّر في خصائصه الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مما يجعله غير مناسب للاستخدام البشري، وقد يؤدي إلى الإضرار ببعض الكائنات الحية الأخرى. ومن مصادر تلوث المياه: مخلفات المصانع، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، والمبيدات الحشرية، والتسرب الناتج من ناقلات النفط. وتقسم مصادر تلوث الماء إلى نوعين رئيسين هما: مصادر نقطية Point sources؛ وهي مصادر التلوث التي تصدر من مصدر مفرد واحد، ومنها: المصانع، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية. ومصادر غير نقطية Nonpoint sources؛ وهي مصادر التلوث واسعة الانتشار وليس لها مصدر واحد، ومنها المبيدات الحشرية في المياه الجارية.

ويختلف التأثير السلبي لملوثات المياه على البيئة اعتمادًا على نوع الملوث، وكيفية استخدام المياه الملوثة، وعلى نوع الماء. فمثلًا زيادة تراكيز عنصري الفسفور والنيتروجين المستخدميْن في الأسمدة الكيميائية تؤثر على المياه السطحية والمياه الجوفية المستخدمة للشرب. أما البقع النفطية الناتجة عن تسرب النفط من الناقلات البحرية فتؤثر في مياه المحيطات والكائنات الحية التي تعيش فيها، في حين يعدّ تسرب المياه الملوثة من شبكات الصرف الصحي والحفر الامتصاصية (حفر في باطن الأرض تجمع فيها المياه الملوثة ومخلفات الإنسان) من أكبر مشكلات التلوث المؤثرة في المياه الجوفية. وتقسم ملوثات المياه إلى أنواع عدة، منها:

الملوثات غير العضوية Inorganic pollutants تُعد كل من مركبات الفوسفات والنيترات وأيونات الأمونيوم من أكثر الملوثات تأثيرًا في المياه السطحية والجوفية، وتدخل تلك المركبات في صناعة الأسمدة الكيميائية المستخدمة في الزراعة، أو في الصناعات الكيميائية ومنها صناعة الأحماض، أو تنتج عن مياه الصرف الصحي. وزيادة استخدام الأسمدة الكيميائية في الزراعة، وإضافتها بشكل يفوق حاجة النباتات، يؤدي إلى تراكم الأسمدة الزائدة في التربة، ومن ثم حدوث تلوث فيها. وعند ري النباتات أو سقوط الأمطار تذوب هذه المركبات وتتسرب إلى المياه الجوفية، أو تتجمع في المياه السطحية، ومنها البحيرات أو الأنهار أو البحار. وعند استخدام تلك المياه في الشرب تسبب العديد من الأمراض للإنسان، ويمكن أن تؤثر أيضًا في الكائنات الحية الأخرى وقد تؤدي إلى موتها.

ومن النتائج السلبية لوجود تلك المركبات في المياه السطحية حدوث ظاهرة **الإثراء (الإشباع) الغذائي Eutrophication**؛ وهي وفرة المغذيات بسبب زيادة تركيز مركبات عنصري الفسفور والنيتروجين في المياه السطحية، ومنها البحيرات والسدود، انظر **الشكل 13–7**. وعلى الرغم من أن الإثراء الغذائي عملية طبيعية الّا أن استخدام الأسمدة الكيميائية بكثرة يُسرّع ويزيد من حدوثها. ويؤدي الإثراء الغذائي إلى زيادة

المفردات الجديدة

- الإثراء (الإشباع) الغذائي
- Eutrophication

الشكل 13–7 تؤدي زيادة تراكيز مركبات الفوسفور والنيتروجين إلى زيادة وفرة المغذيات في الماء، مما يزيد نمو الطحالب على سطح الماء، وعند موتها وتحللها تستهلك الأكسجين الذائب في الماء فتموت الأسماك.

معدلات نمو الطحالب والعوالق النباتية على سطح البحيرات فتبدو كسجادة خضراء كما يوضح **الشكل 13–7**. وتتضاعف أيضًا الحيوانات الأخرى التي تتغذى على الطحالب. ويؤدي نمو الطحالب على سطح الماء إلى منع الأشعة الشمسية من الوصول إلى قاع البحيرة؛ مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية التي تعيش تحت سطح الماء. ومع مرور الزمن، ونتيجة لتحلل الكائنات الحية ومنها العوالق، تتكوّن روائح كريهة للماء وترتفع نسبة السموم فيه، ويحدث نقصان في كمية الأكسجين المذاب في الماء، مما يؤدي إلى موت الأسماك وغيرها من الكائنات الحية التي تعيش في تلك المناطق.

ماذا قرأت؟ حدد التأثيرات السلبية لعملية الإثراء الغذائي على الحيوانات المائية التي تعيش في أحد المسطحات المائية.

الملوثات العضوية Pollutants organic تشمل المواد العضوية التي تلوث الماء كلًّا من: الكائنات الحية الدقيقة، وبقايا الطعام، ومخلفات الحيوانات والكائنات الحية؛ حيث إن إلقاء هذه المخلفات – خصوصًا مخلفات الإنسان وما تحويه من كائنات حية دقيقة (البكتيريا والفطريات) تسبب الأمراض – وتلوّث الماء. ومن الأمراض التي تنتقل عبر المياه الملوثة: الإسهال، والكوليرا، والدوسنتاريا.

ومن المؤشرات المهمّة على كمية المواد العضوية المذابة في الماء تركيز الأكسجين المذاب فيه، وللمواد العضوية في الماء دور أساسيّ في تحديد درجة تلوثه. حيث تستهلك تلك المواد كميات من الأكسجين في أثناء تحللها عن طريق المحللات. ويقوم العلماء بربط درجة تلوث المياه بالمواد العضوية بكمية استهلاك الأكسجين. فكلما كانت كمية الأكسجين المستهلك عالية كان التلوث كبيرًا.

العناصر السامة Toxic metals تصل العديد من العناصر المستخدمة في الصناعة أو في بعض أنواع المبيدات الحشرية أو من مكابّ النفايات الصلبة إلى المياه السطحية أو المياه الجوفية. وكثير من هذه العناصر سامة، ومنها الكادميوم والرصاص والزرنيخ والقصدير. وتؤثر تلك العناصر بشكل كبير وخطير على صحة الإنسان، حيث يؤدي بعضها إلى تلف بعض الحواس وإحداث خلل في الجهاز العصبي، وتدمير الكلى.

التلوث الحراري Thermal pollution ينتج عن الأنشطة الصناعية المختلفة تلوث للمياه؛ وهو ارتفاع درجات حرارة المياه السطحية – ومنها الأنهار والبحيرات – عن الحد الطبيعي لدرجة حرارة الماء، حيث يؤثر في الكائنات الحية التي تعيش فيها. ويسبّب ارتفاعُ درجة حرارة الماء نقصًا في كمية الأكسجين المذابة فيه، مما يؤدي إلى تعرّض حياة العديد من الكائنات الحية –ومنها الأسماك– للخطر، انظر **الشكل 14–7**. ويَحدث تلوّث الماء حراريًّا بسبب الحرارة المهدورة

الشكل 14–7 يؤدي التلوث الحراري إلى موت الأسماك بسبب نقص كميات الأكسجين المذابة في الماء.

الشكل 15–7 يؤدي تبريد محطات الطاقة الكهربائية وخصوصًا المحطات التي تعمل بالطاقة النووية إلى حدوث تلوث حراري للمياه.

حدد الآثار المترتبة على تبريد المحطات الكهربائية على الكائنات الحية المائية.

Waste heat من المياه الساخنة الناتجة عن المصانع أو محطات توليد الطاقة الكهربائية – وخصوصًا المحطات التي تعمل بالطاقة النووية – وتصريفها إلى تلك التجمعات المائية، انظر **الشكل 15–7**.

وللتقليل من الآثار السلبية الناتجة عن ذلك يُطلب إلى الشركات إنشاء أبراج وبرك لتبريد الماء قبل صرفه إلى البحار أو الأنهار أو البحيرات.

النفط Oil تحدث مشكلة تلوث المياه بالنفط عندما يتسرب النفط من الناقلات الحاملة له؛ بسبب وجود خلل فيها، أو عند غرقها. وتتأثر البحار والمحيطات كثيرًا بهذه المشكلة؛ حيث تتلوث شواطئها، وتصبح مياهها غير صالحة لمعيشة العديد من الكائنات الحية ومن ثم تموت. ومن الأسباب الأخرى لهذه المشكلة ما يحدث عند تنظيف بعض ناقلات النفط بتفريغ بقاياه وإلقائها في البحار والمحيطات. ويتم التخلص من البقع النفطية بطرق كيميائية من خلال إضافة مركبات كيميائية معينة تتفاعل مع النفط وترسبه في قاع البحر. ومن الطرق الأخرى جمع النفط المتكوّن فوق سطح الماء بسفن خاصة والاستفادة منه.

تنقية المياه Water purification

تسمى عملية التخلص من الملوثات المختلفة الموجودة في المياه – ومنها المواد العالقة والمواد الذائبة والغازات – بتنقية المياه. وتهدف تنقية المياه إلى الحصول على **مياه صالحة للشرب Potable water** وهي المياه التي تصلح للاستهلاك البشري، بحيث تُستخدم على المدى الطويل بأقل المخاطر. وتشمل المياه الصالحة للشرب المياه التي تستخدم أيضًا في المجالات المنزلية والصناعية والتجارية وفي عمليات الري. ولكن العديد من الدول تستخدم مياه الصرف الصحي المعالَجة في عمليات الري.

ولتنقية المياه الملوثة لكي تصبح صالحة للشرب تُستخدم عدة طرق، منها الفيزيائية وتشمل الترسيب والترشيح والتقطير، والكيميائية وتشمل المعالجة باستخدام الكلور أو بالأشعة فوق البنفسجية، والبيولوجية باستخدام الكربون النشط كيميائيًّا. وتطبّق الحكومات والهيئات العالمية مواصفات قياسية لتحديد نوعية المياه الصالحة للاستخدام بحيث تحدد

المفردات الجديدة

- مياه صالحة للشرب
- Potable water

الشكل 16–7 يتم ضمن مراحل تنقية مياه الشرب التخلص من الرسوبيات بإدخالها إلى احواض ضخمة لترسيبها.

تلك المواصفات أقل وأعلى تركيز للملوثات يمكن توافره في المياه بحيث تكون صالحة للشرب. وتَستخدم دولة قطر المواصفات العالمية التي أقرتها منظمة الصحة العالمية لضمان جودة المياه. ولكن نظرًا لاعتماد دولة قطر على مياه التحلية التي تشكل حوالي 98% من احتياجاتها، فإنها الآن بصدد إصدار مواصفات ومعايير خاصة بها للمياه المحلاة سيتم تطبيقها قريبًا بعد الانتهاء من اعتمادها.

وتتم عمليات معالجة وتنقية المياه لتصبح صالحة للشرب بمراحل متعددة. ومن المراحل التي يتم استخدامها لتنقية المياه:

الترسيب Sedimentation تحتوي المياه – خصوصًا السطحية – على رسوبيات ومواد عالقة يتم التخلص منها بإدخال المياه إلى أحواض ضخمة لترسيب العوالق والرسوبيات بفعل الجاذبية الأرضية انظر **الشكل 16–7**، وقد يتم إضافة مواد كيميائية تتفاعل مع المواد العالقة في الماء وترسّبها في القاع. أما المياه الجوفية فالكثير منها ماء عسر Hard water تنتج عن احتواء المياه على أيونات الكالسيوم والماغنسيوم والكبريتات مما يجعلها غير مناسب للاستخدامات المنزلية. وللتخلص من هذه المشكلة يتم إضافة مواد كيميائية – منها هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ) – حيث تتفاعل مع تلك الأيونات وتنتج مواد تترسب في الأحواض.

الترشيح Filtration وفيه يتم إمرار المياه الناتجة بعد عملية الترسيب في وسط مسامي مثل الرمل. ويتم في هذه المرحلة إزالة المواد العالقة والرسوبيات المتبقية بعد عمليات الترسيب. وتتكون المرشحات الرملية من طبقات مختلفة من الرمل والحصى، وقد يستخدم فيها الفحم المجروش. ويتم تنظيف المرشحات باستمرار؛ لضمان عملها بفاعلية.

الشكل 17–7 تستخدم طريقة التقطير في تحلية المياه في محطة رأس ابو فنطاس في دولة قطر.

التقطير Distillation وهو مرحلة يتم فيها التخلص من الأملاح الذائبة في المياه، وتُستخدم في المياه التي تحتوي على نسبة أملاح عالية. حيث يتم تسخين الماء وتبخيره، ثم تكثيف بخار الماء الناتج وتحويله إلى ماء سائل مرة أخرى. وتستخدم العديد من الدول – ومنها قطر – عمليات التقطير في تحلية مياه البحر ويمثل **الشكل 17–7** محطة رأس أبو فنطاس لتحلية المياه في دولة قطر.

التعقيم Disinfecting وهي عملية يتم فيها القضاء على الكائنات الحية الدقيقة إما بالتسخين، وإما باستخدام الأشعة فوق البنفسجية، وإما بإضافة مواد كيميائية منها الكلور أو البروم أو اليود أو الأوزون بتركيزات غير ضارة. وتعد مادة الكلور أكثر المواد استعمالًا، ولكن قلّ استخدامها في الوقت الحاضر بسبب الآثار الصحية السيئة الناتجة عنها؛ حيث تتفاعل مع المواد العضوية الموجودة في الماء وتُنتج مركبات عضوية جديدة – منها الكلوروفورم – تسبب أضرارًا مختلفة للإنسان. وقد توقّفت دولة قطر عن استخدام مادة الكلور وأبدلتها إلى مادة ثاني أكسيد الكلور التي تعدّ من أكثر المواد فاعلية في القضاء على الميكروبات، وأقلها خطرًا على صحة الإنسان.

التقويم 7-2

الخلاصة

- تنتقل المياه بين سطح الأرض والغلاف الجوي بعملية مستمرة تسمى دورة الماء.
- تقسم المياه على سطح الأرض إلى قسمين: مياه سطحية، ومياه جوفية.
- تعمل المحيطات على تنظيم المناخ حيث تقلل ثاني أكسيد الكربون من الجو وتخزنه فيها، وتنقل الطاقة الحرارية المخزنة في سطح الأرض إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوي.
- تقسم مصادر التلوث إلى مصادر منفردة (نقطية)، ومتعددة غير منفردة (غير نقطية).
- من أنواع الملوثات: الملوثات غير العضوية، والملوثات العضوية، والعناصر السامة، والتلوث الحراري، والنفط.
- تتم معالجة المياه لتصبح صالحة للشرب بعمليات عدة، منها: الترسيب والترشيح والتعقيم.

8. الفكرة الرئيسة **حدد** بعض الأنشطة البشرية التي تسبب تلوث المياه الصالحة للشرب.
9. **تتبع** دورة الماء في الطبيعة.
10. **وضّح** كيف يتم التعرف على وجود مواد عضوية في الماء باستخدام طريقة الأكسجين المستهلَك حيويًّا؟
11. **صف** كيف يؤثر التلوث الحراري في الكائنات الحية التي تعيش في بحيرة؟
12. **فسّر** لماذا توقفت دولة قطر عن استخدام الكلور في تعقيم المياه المستخدمة للشرب؟
13. **حدد** النشاطات البشرية التي يمكن أن تؤثر في عملية الإثراء الغذائي في بحيرة.
14. **التفكير الناقد.** استنتج أيهما أسهل: التخلص من التلوث الناتج من مصدر نقطي، أم من مصدر غير نقطي؟ اذكر مثالًا على كل نوع.
15. **وضّح** كيف يمكن التحكم في التلوث الصادر عن المصدر النقطي والمصدر غير النقطي.
16. **اقترح** تُظهر الدراسات الحديثة أن هناك تناقصًا في تركيز العوالق النباتية في المحيطات في الأعوام الخمسة والعشرين الأخيرة، حيث تبلغ حوالي 30%. كيف يمكن أن يؤثر النقصان في العوالق النباتية على مستوى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي؟

المياه الصالحة للشرب

للإنسان احتياجات فسيولوجية أساسية، تتضمن التنفس، والغذاء، وتنظيم درجة حرارة جسمه، والتخلص من فضلات العمليات الحيوية في جسمه، كذلك يحتاج أيضًا إلى النوم، والحصول على مياه صالحة للشرب. ويستخدم الإنسان الماء النقي في شربه، وفي عمليات التنظيف.

مشكلة عالمية توجد تقريبًا في كل قارة مناطق تفتقر إلى المياه الصالحة للشرب، وغالبًا فإن المناطق الريفية في البلدان النامية والمدن ذات الكثافة العالية من السكان لا تحصل بشكل كاف على مياه صالحة للشرب. وعلى الرغم من وجود موارد طبيعية تكفي العالم أجمع إلا أنها لا توزع بشكل متساوٍ بين الناس. بالإضافة إلى ذلك فإن الملوثات التي تحدث طبيعيًّا، والملوثات الناتجة من تأثير الإنسان، يمكن أن تجعل مصدر الماء غير صالح للشرب.

مياه صالحة للشرب عرَّفت منظمة الصحة العالمية المياه الصالحة للشرب بأنها المياه التي يحصل عليها الإنسان من مصدر لا يَبعد عن مكان استخدامه لها 1km، ويجب أن لا تقل حاجة الفرد اليومية من المياه في الاستخدامات المنزلية عن 1L، وأن تكون من مصدر موثوق به، وأن تحقق المعايير الوطنية لمستويات التلوث.

مخاوف صحية أكبر مشكلة يعاني منها الأطفال في الدول النامية هي الأمراض المرتبطة بتلوث الماء. حيث يموت حوالي 5000 طفل تحت سن الخامسة كل يوم في العالم بسبب تلك الأمراض. وأكثر الأمراض شيوعًا بسبب تلوث المياه هي الإسهال والإصابة بالديدان المعوية.

والإسهال مرض شائع يصاب به البشر بسبب بكتيريا تعيش غالبًا في المياه غير الصالحة للشرب. وبدون معالجة مناسبة للمرض قد يتسبب في حالات جفاف حادة ومن ثم الموت وخصوصًا عند الأطفال. وعلى الرغم من أن الأطفال الذين يعانون من الإسهال في الدول النامية غالبًا ما يتلقون العلاج

تنقل المياه الملوثة العديد من الأمراض خاصة للأطفال ومنها الإسهال.

الضروري، فإن عدد الأطفال الذين يموتون بسبب المرض تقريبًا حوالي 2 مليون طفل سنويًّا. أما الديدان المعوية؛ وهي الخطر الآخر الذي يصيب الأطفال بسبب تلوث المياه، فإنها تعيش في أمعاء الإنسان، مما يسبب له أمراضًا عديدة، منها سوء التغذية، وفقر الدم.

حلٌّ عالمي اعترفت هيئة الأمم المتحدة بأن عدم قدرة المجتمع الدولي على توفير المياه الصالحة للشرب للناس بشكل كافٍ، بوصفها إحدى الحاجات الإنسانية الضرورية، تعدّ من أكبر إخفاقات القرن العشرين. وقد أنشأت الأمم المتحدة فرقة عمل دولية للمساعدة في تمويل نظام لتعقيم وتنقية المياه. وفي المستقبل، ومع الجهود والتعاون الدولي، سيتمكن كل إنسان على سطح الأرض من الحصول على مياه نقية ومعقمة بشكل مناسب.

الكتابة في الكيمياء

مطوية اصنع مطوية في اليوم العالمي للماء الذي يوافق 22 مارس من كل عام؛ توضح من خلالها الحاجة إلى التوعية بهذا الحدث، وأهمية مشاركة دول العالم وسكانه في مثل تلك الأحداث. مع رصد الفعاليات التي تنظمها دولة قطر في هذا اليوم.

مختبر الكيمياء

معالجة آثار الأمطار الحمضية

المعرفة السابقة تسمى أنواع الهطول المختلفة أمطارًا حمضيَّة إذا قلّ الرقم الهيدروجيني لها عن 5.6. وعندما تتلوث المياه السطحية ومنها البحيرات والأنهار بأمطار حمضية تزداد درجة حموضتها، ومن ثم تتأثر الكائنات الحية التي تعيش فيها. ولمعالجة هذه المشكلة تضاف مواد قاعدية تعمل على معادلة مياه البحيرة والتخلص من تلوثها، وتسمى مضاد الحموضة.

سؤال كيف يتم معالجة المياه السطحية الملوَّثة بالأمطار الحمضية؟

الموادّ والأدوات اللازمة

ماء مقطر، صودا الخبز، حمض الكبريتيك المخفف، مقياس الرقم الهيدروجيني (قارئ بيانات Data logger)، كأس سعة 200 mL، قطارة.

إجراءات السلامة

البس القفازات والنظارات الواقية قبل بدء تنفيذ التجربة.

خطوات العمل

1. اتبع إرشادات الأمن والسلامة التي يزودك بها معلمك قبل بدء التجربة.
2. أضف ملعقتين ونصف من صودا الخبز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية) إلى نصف لتر (500 mL) من الماء المقطر، وعنونه "محلول قاعدي".
3. أذب 2 mL من حمض الكبريتيك في لتر من الماء المقطر؛ ليصبح حمضًا مخففًا.
4. أضف 100 mL من الماء المقطر إلى الكأس، ثم سجّل في دفتر الكيمياء الرقم الهيدروجيني مستخدمًا مسجل بيانات الرقم الهيدروجيني.
5. باستخدام القطارة أضف قطرة تلو قطرة من حمض الكبريتيك المخفف إلى المياه المقطرة، وسجّل الرقم الهيدروجيني (pH) بعد كل إضافة باستخدام مسجل البيانات، وتوقّف عندما يصبح الرقم الهيدروجيني 5.
6. باستخدام القطارة أضف قطرة تلو قطرة من المحلول القاعدي إلى مياه الكأس نفسها التي تحوي المياه المقطرة، وسجّل الرقم الهيدروجيني (pH) بعد كل إضافة باستخدام مسجل البيانات، وتوقّف عندما يصبح الرقم الهيدروجيني 7.

التحليل والاستنتاج

1. **استنتج** علام يدل نقصان الرقم الهيدروجيني مع كل إضافة من الحمض المخفف على الماء المقطر في الكأس؟ فسّر إجابتك.
2. **فسّر** كيف تم التخلص من حموضة المحلول؟
3. **وضح** اعتمادًا على نتيجة التجربة، كيف يمكن التخلص من المطر الحمضي في النظام البيئي الطبيعي؟

الاستقصاء

ابحث عن طرق أخرى يتم من خلالها التخلص من آثار المطر الحمضي على البحيرات والمباني، ثم ضمّن ما توصلت إليه في تقرير واعرضه على زملائك.

الوحدة 7 دليل مراجعة الوحدة

الفكرة العامة يعيش الإنسان في بيئة متوازنة كيميائيًّا، ولكنه يؤثر فيها؛ مما يؤدي إلى إضافة العديد من الملوثات إليها.

7–1 تلوث الهواء الجوي

الفكرة الرئيسة تعمل أنشطة الإنسان المختلفة ومنها حرق الوقود الأحفوري على تلوث الغلاف الجوي.

المفردات

- دورة الكربون
- دورة النيتروجين
- ملوِّث
- فترة البقاء
- انبعاث الغازات
- الغلاف الجوي
- الطبقة المناخية
- طبقة الستراتوسفير
- البيئة
- الاحترار العالمي
- ضوئية كيميائية
- تفاعل الشقوق الحرة
- استنزاف (تآكل) الأوزون
- ملوِّثات أولية
- ملوِّثات ثانوية

المفاهيم الرئيسة

- للكربون والنيتروجين دورتان يتم خلالهما تكوين العنصرين من مصادرهما، وانتقالها وتخزينهما في أماكن التخزين، ومن ثم التخلص منهما.
- يتكون الغلاف الجوي من طبقات تختلف في درجات حرارتها ومكوناتها، ومنها الطبقة المناخية.
- يحدث التلوث في بيئة ما نتيجة دخول الملوثات إليها، مما يؤدي إلى أضرار متنوعة فيها.
- تقسم ملوثات الهواء إلى: ملوثات أولية تدخل مباشرة من مصادر التلوث إلى الجو، ومنها أكاسيد الكربون، وملوثات ثانوية تَنتج عن تفاعل الملوثات الأولية بمساعدة الأشعة فوق البنفسجية، ومنها المطر الحمضي.
- للأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير أهمية كبيرة في حماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية.
- من طرق معالجة تلوث الهواء وضع مرشحات لتقليل الملوثات الصلبة، أو معالجة الوقود الأحفوري كيميائيًّا قبل استخدامه، أو استخدام محفزات.

7–2 تلوث الماء

الفكرة الرئيسة تؤدي أنشطة الإنسان المختلفة على تلوث المياه، وخصوصًا المياه الصالحة للشرب.

المفردات

- مياه جارية
- السعة الحرارية النوعية
- الحرارة الكامنة
- ماء صالح للشرب
- الإثراء (الإشباع) الغذائي

المفاهيم الرئيسة

- تنتقل المياه بين سطح الأرض والغلاف الجوي باستمرار بدورة الماء.
- تقسم المياه على سطح الأرض إلى قسمين: مياه سطحية، ومياه جوفية.
- تعمل المحيطات على تنظيم المناخ، حيث تقلل CO_2 من الجو وتخزنه فيها، وتنقل الطاقة الحرارية المخزنة في سطح الأرض إلى اعلى الغلاف الجوي.
- تقسم مصادر التلوث إلى: مصادر (نقطية)، ومصادر (غير نقطية).
- من أنواع الملوثات: الملوثات غير العضوية، والملوثات العضوية، والعناصر السامة، والتلوث الحراري، والنفط.
- تتم معالجة المياه لتصبح صالحة للشرب بعمليات عدة، منها: الترسيب، والترشيح، والتعقيم.

7–1

إتقان المفاهيم

17. ماذا تسمى الطبقة في الغلاف الجوي التي تحيط بسطح الأرض بشكل مباشر؟

18. ما الظاهرة التي تنتج عن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو وتؤدي إلى مشكلات بيئية؟

19. كيف تؤدي الملوثات إلى الإخلال بالتوازن البيئي؟

20. وضّح المقصود بالغلاف الجوي.

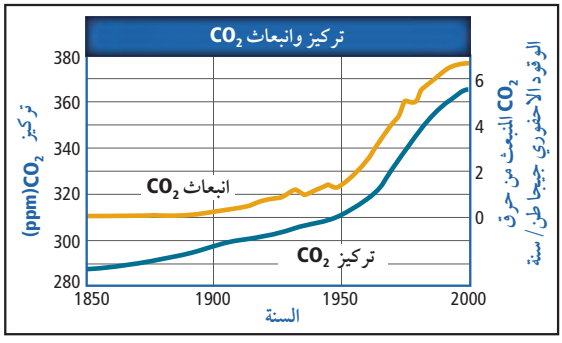
21. علامَ تعتمد فترة بقاء الملوثات في الغلاف الجوي قبل أن تتلاشى بشكل طبيعي؟

22. قارن بين الملوثات الأولية والملوثات الثانوية، مع ذكر مثال على كل منها.

23. قارن بين طبقة الستراتوسفير والتروبوسفير من حيث درجة الحرارة والتركيب.

إتقان حلّ المسائل

استخدم الشكل التالي في الإجابة عن السؤال 24



24. حلّل العلاقة بين كميات ثاني أكسيد الكربون المنبعثة وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في المئة والخمسين عامًا الأخيرة.

25. إذا انخفضت كميات أول أكسيد الكربون المنبعثة في السنة الواحدة من 102 إلى 87 مليون طن متري، فما نسبة انخفاضه؟

26. فسّر لماذا لا يتفق العلماء على أن الإنسان هو السبب الوحيد للاحترار العالمي.

27. وضّح كيف يمكن أن تعدّ إحدى المواد ملوثًا وفي الوقت نفسه تعدّ ضرورية لحياة الكائنات الحية.

28. صِف تأثيرين للأمطار الحمضية على النظام البيئي.

29. قارن بين الأسباب المحتملة لتكوّن كل من استنزاف الأوزون والاحترار العالمي.

30. كيف تعمل تنقية الوقود الأحفوري على تقليل التلوث البيئي؟

7–2

إتقان المفاهيم

31. كيف يسبب الإثراء الغذائي ارتفاع سمّية المياه؟

32. عدّد ثلاث استخدامات للمياه الصالحة للشرب.

33. وضح كيف تساعد المحيطات على تنظيم المناخ على سطح الأرض.

34. وضح كيف تصل الملوثات غير العضوية ومنها مركبات الفوسفور إلى المياه السطحية؟

35. حدد بعض الآثار السلبية للعناصر السامة على صحة الإنسان.

36. وضح أهمية مرحلة التعقيم في تنقية المياه لتصبح صالحة للشرب.

إتقان حل المسائل

37. حدد الدور الذي يلعبه كل من التبخر والتكثف في دورة الماء.

38. قارن بين ما يحدث للحرارة الكامنة في الغلاف الجوي في أثناء عمليتي التبخر والتكثف.

39. ما سبب حدوث كل من التيارات العميقة والسطحية؟

40. كيف يمكن التخلص من بقع النفط المتسربة في المحيطات؟

مراجعة عامة

41. اذكر مصدرين طبيعيين وآخرين صناعيين من مصادر تلوث الهواء الجوي.

تقويم الوحدة 7

42. كيف يؤدي حرق الغاز الطبيعي إلى تلوث الهواء الجوي؟
43. ما الضباب الدخاني؟ وكيف ينشأ؟
44. ما الآثار الناتجة عن استنزاف طبقة الأوزون؟
45. اذكر ثلاث طرق يتم من خلالها مكافحة تلوث الماء.
46. ما الآثار السلبية لوجود عنصر الزرنيخ في الماء؟
47. كيف يمكن أن تتلوث المياه بالمواد الهيدروكربونية؟

التفكير الناقد

48. **فسّر** كيف يمكن أن نمنع مصادر التلوث غير النقطية من التأثير على البيئة إذا لم يكن هناك مكان واحد فقط ينشأ فيه التلوث.
49. **توقّع** ماذا يمكن أن يحدث لعنصر الكربون في الغلاف الجوي إذا قلّت عملية البناء الضوئي.
50. **توقّع** بناءً على ما تعرفه حول مفهوم الكثافة للماء، ماذا سيحدث للمياه الأقل ملوحة عندما تلتقي بمياه أكثر ملوحة؟ وما علاقة ذلك بالتيارات البحرية في المحيط؟
51. **كوّن فرضية** استخدم معرفتك حول ظاهرة الاحترار العالمي في تكوين فرضية لتفسير سبب ارتفاع منسوب ماء البحر.
52. **وضّح** كيف تؤثر العوالق البحرية والكائنات الحية الأخرى في مستوى ثاني أكسيد الكربون في مناطق مختلفة من المحيط.
53. **توقّع** كيف يمكن أن يتغير تركيز جزيئات الأوزون إذا قلّ تركيز جزيئات الأكسجين في الجو.
54. **فسر** لماذا يتم ترسيب المواد العالقة والرسوبيات في بداية مراحل تنقية المياه.

مسألة تحفيز

55. تطبيق نحتاج في العديد من المدن إلى إقامة منشآت صناعية قريبة من التجمعات السكانية من أجل توفير فرص عمل للسكان، وتزويدهم بما يحتاجون إليه من منتجات. ناقش – من خلال جلسة عصف ذهني – التأثيرات الإيجابية والسلبية على البيئة الناتجة عن إقامة منشآت صناعية بالقرب من المدن.

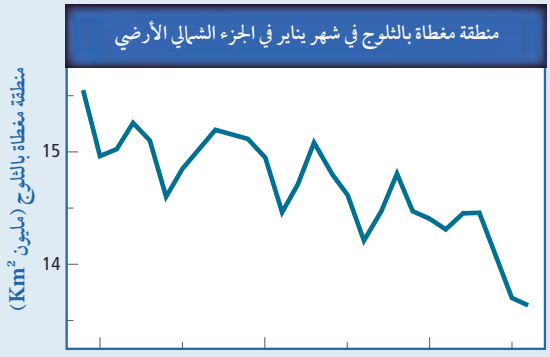
تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

56. افترض أن صديقًا لك كتب مقالة ذكر فيها أن الإنسان هو المسؤول عن تلوّث الغلاف الجوي ومن ثمّ تغيير المناخ. اكتب فقرة توضح فيها أدلة تؤكد، وأدلة تنفي هذا الادعاء.

أسئلة المستندات

يُظهر الرسم البياني السفلي مساحة من المحيطات في الجزء الشمالي من الأرض تغطى بالجليد كل سنة من شهر يناير على مدى 27 سنة. ويستخدم العلماء هذه المساحة المغطاة بالثلوج مؤشرًا على عمليات التلوث، وخصوصًا الاحترار العالمي وتغيّر المناخ.



57. صف النمط العام للمنحنى الظاهر في الشكل، وهل يُظهر تزايدًا أم تناقصًا في الفترة الكاملة المغطاة؟ وما السنة التي تُظهر أقل مساحة للمحيطات الجليدية؟
58. ما العلاقة بين وجود البحار والمحيطات الجليدية وظاهرة الاحترار العالمي؟
59. إذا كان متوسط مساحة البحار والمحيطات المغطاة بالجليد في الفترة ما بين 1979م و2000م حوالي 14.5 مليون كيلومتر مربع، فكم تنقص المساحة المغطاة في شهر يناير من عام 2006م عن هذا المتوسط؟

اختبار مقنَّن

أسئلة الاختيار من متعدّد

1. ماذا يحدث للمياه السطحية عندما ترتفع درجة حرارتها عن المعدل الطبيعي؟
   a. تقلّ نسبة الأوكسجين المذاب فيها.
   b. يزداد نشاط الكائنات البحرية.
   c. تزداد نسبة الأكسجين المذاب فيها.
   d. لا يؤثر ارتفاع درجة الحرارة في الماء.

استخدم الشكل التالي للإجابة عن السؤالين 2 و 3.

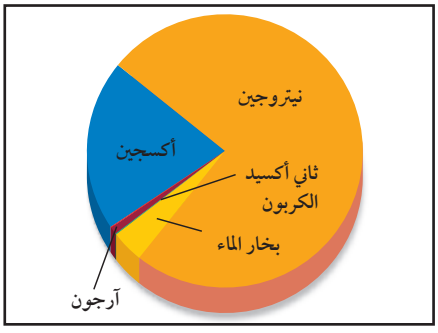
2. أي طبقات الغلاف الجوي الأرضي تحدث فيها الظروف الجوية المختلفة؟
   a. التروبوسفير
   b. الستراتوسفير
   c. الثيرموسفير
   d. الإكسوسفير

3. أي من العبارات التالية غير صحيحة فيما يتعلق بالأوزون؟
   a. يمتص الأشعة فوق البنفسجية
   b. يتركز في طبقة الميزوسفير
   c. يقلّ تركيزه بتأثير بُعد الملوثات
   d. غاز يتكون من اتحاد ذرة أكسجين مع جزيء أكسجين.

4. أي الغازات تمثل النسبة الأكبر في تركيب الغلاف الجوي؟
   a. ثاني أكسيد الكربون والأكسجين
   b. النيتروجين والأكسجين
   c. ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين
   d. بخار الماء والأكسجين

5. ما المادة التي تلعب الدور الرئيس في عملية الإشباع الغذائي؟
   a. الحديد
   b. الفسفور
   c. الأوزون
   d. الصوديوم

استخدم الشكل أدناه في الإجابة عن السؤال 6



6. أي الغازات أقل وفرة في الغلاف الجوي الأرضي؟
   a. الأكسجين
   b. الآرجون
   c. ثاني أكسيد الكربون
   d. النيتروجين

7. أيّ مما يلي ليس جزءًا من دورة النيتروجين؟
   a. الغلاف الجوي
   b. عملية البناء الضوئي
   c. النباتات
   d. التربة

8. أيّ مما يلي يعدّ مثالًا على مصدر تلوث نقطي؟

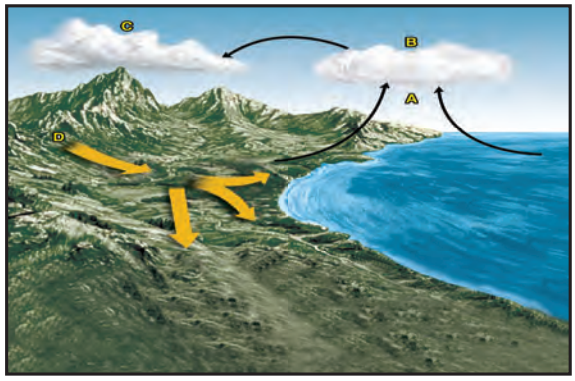
a. ناقلات النفط
b. السيارات
c. الجريان السطحي من مناطق زراعية
d. الأسمدة المستخدمة في الزراعة

9. أيّ مما يلي لا يعدّ من المصادر الطبيعية لتلوث الهواء؟

a. البراكين
b. البرق
c. حرائق الغابات
d. المصانع

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10–12



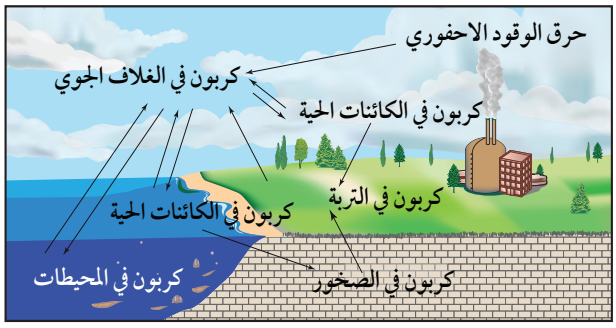
10. وضح كيف تحدث العملية التي يشير إليها الحرف B؟

11. لماذا يوجد سهمان يشيران إلى العملية التي يرمز إليها الحرف A في الشكل؟

12. ما العمليات التي تحدث في الخطوتين C و D؟

13. ما قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للأمطار الحمضية؟ ولماذا تم اختيار هذا الرقم؟

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 14 –16



14. صف الدورة التي تظهر في الشكل العلوي.

15. لماذا يعدّ حرق الوقود الأحفوري عاملًا أساسيًّا في هذه الدورة؟

16. لماذا يوجد سهمان بين الكربون في الغلاف الجوي والكربون في الكائنات الحية؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

17. صِف كيف يمكن أن يتغير الغلاف الجوي إذا انعدمت الحياة على الأرض.

18. لماذا تعد الزيادة الطفيفة في درجة الحرارة نتيجة الاحترار العالمي تهديدًا للأرض؟

19. لماذا تضع الدول والمنظمات العالمية مواصفات ومعايير للمياه الصالحة للشرب؟

20. هل يختلف تأثير ملوِّثات الماء بعضها عن بعض على البيئة؟ ولماذا؟

21. وضّح لماذا يعدّ تلوث الماء مشكلة ما دامت العمليات الطبيعية تعمل على إعادة تدوير الماء؟

22. كيف تؤدي زيادة عدد السيارات في قطر إلى التأثير في دورة الكربون؟

23. ما أسباب حدوث ثقب الأوزون؟ وما أثره على البيئة؟

24. ماذا يحصل إذا زادت أكاسيد النيتروجين أو زاد تفاعلها في الغلاف الجوي؟

(أ)

الآفات الزراعية Pesticides الكائنات الحية التي تصيب المزروعات، وتسبب لها خسائر بصورة مباشرة أو غير مباشرة في جميع مراحل نموها، حتى بعد تخزين منتجاتها.

الإثراء (الإشباع) الغذائي Eutrophication وفرة الغذاء بسبب زيادة تركيز مركبات عنصري الفسفور والنيتروجين في المياه السطحية، فيزداد نمو الطحالب والعوالق النباتية على سطح المياه وتمنع أشعة الشمس من الوصول إلى القاع؛ فتموت الكائنات الحية وتتحلل، فتقلّ كمية الأكسجين الذائبة في الماء، ومن ثمّ تموت الأسماك وغيرها.

الاحترار العالمي Global warming زيادة درجة حرارة الغلاف الجوي بسبب زيادة تراكيز الغازات الدفيئة وخصوصًا ثاني أكسيد الكربون في الجو مما تؤدي إلى مشكلات بيئية ومناخية كبيرة على سطح الأرض.

الاختزال Reduction اكتساب الذرة للإلكترونات.

الاستخلاص الحيوي Bioleaching عملية استخلاص بعض المعادن باستخدام كائنات حية دقيقة مثل البكتيريا، أو تحويل بعض الغازات السامة المنبعثة من المصانع إلى مواد أخرى يمكن الاستفادة منها في صناعات أخرى.

استنزاف (تآكل) الأوزون Ozone depletion ظاهرة لاحظها العلماء تتعلق بتآكل طبقة الأوزون الموجودة في الستراتوسفير، وقد أرجع العلماء سبب هذا التآكل والاستنزاف إلى الأنشطة البشرية وخصوصًا استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون Chlorofluorocarbons (CFCs)

الأكسدة Oxidation فقدان الذرة للإلكترونات.

إلكتروليت Electrolyte محلول أو مصهور موصل للتيار الكهربائي بسبب احتوائه على أيونات موجبة وسالبة في حالة حركة مستمرة.

انبعاث الغازات Gas emission غازات تنتج عن حرق الوقود الأحفوري وتنبعث إلى الغلاف الجوي، ومن أهمها: ثاني أكسيد الكربون CO_2، وبخار الماء، وكميات أقل من أول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت.

الأنود Anode القطب في خلية التحليل الكهربائي الذي تحدث عنده عملية الأكسدة، ويسمَّى المصعد.

(ب)

باقي الترشيح Residue ناتج الترشيح الذي لا ينفذ من أداة الترشيح.

البالوعات Sinks خزانات حيوية أو صناعية تحجز فيها العناصر الملوثة لفترة من الزمن.

البيئة Environment جميع الظروف المحيطة بالكائن الحي من ماء وهواء وتربة وكائنات حية أخرى، وتؤثر فيه في أي وقت.

(ت)

التبخير Evaporation عملية يتم فيها تحويل المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، ويمكن استخدامها لفصل مكونات المخلوط المتجانس الذي يتكون من مادة صلبة ومذيب سائل.

التحليل الكهربائي Electrolysis تفاعل كيميائي ينتج عن استخدام الطاقة الكهربائية لإحداث التفاعل.

الترشيح Filtration أسلوب شائع لفصل المواد الصلبة غير القابلة للذوبان في سائل.

التركيز Concentration إحدى مراحل استخراج المعدن من خاماته، بحيث يتم زيادة نسبته في الخام عن طريق التخلص من معظم الشوائب.

التعويم Floating طريقة ميكانيكية يتم فيها خلط الخام والماء وتقليبه في أحواض خاصة، بحيث تتكون رغوة تحمل معها الجزيئات غير القابلة للابتلال إلى السطح، بينما تغوص الشوائب إلى قاع الأحواض، وتؤدي هذه المرحلة إلى زيادة تركيز المعدن في الخام.

تفاعل التعادل Neutralization reaction التفاعل الناتج عن حمض قوي وقاعدة قوية.

تفاعل الشقوق الحرة Free radical reaction تفاعل يحصل بين شقّ حرّ مع مادة أخرى، ومنه تفاعل ذرة الكلور مع الأوزون مما يؤدي إلى تحلل الأوزون.

التقطير البسيط Simple distillation طريقة فصل مثالية لمكونات مخلوط سائل، وهي الأفضل لفصل سائل من مخلوط عن طريق التبخير ثم التكثيف، وتُستخدم عندما تكون درجات غليان المكونات متباعدة.

التقطير التجزيئي Fractional distillation طريقة فصل مثالية لمكونات مخلوط يتكون من عدة سوائل ممتزجة، وتُستخدم عندما تكون درجات غليان المكونات متقاربة.

التلوث Pollution إدخال الملوثات إلى البيئة الطبيعية مما يُلحق الضرر بها، ويسبب الاضطراب في النظام البيئي.

(ح)

الحديد الزهر Big cast iron الحديد المستخرج عن طريق الفرن اللافح، ويُستخدم خامًا للحديد في مراحل التصنيع التالية.

الحرارة الكامنة Latent heat كمية الحرارة اللازمة لتحويل كيلو جرام من المادة من حالة إلى حالة أخرى دون تغيير درجة حرارتها، وهذه الخاصية مهمة في حدوث توازن بين سطح الأرض والغلاف الجوي.

الحمض Acid مادة لها القدرة على منح أيون الهيدروجين H^+ لمادة أخرى.

الحمض المرافق Conjugate acid مركب كيميائي ينتج عندما تستقبل القاعدة أيون الهيدروجين.

(خ)

الخبث Slag الشوائب التي تطفو على سطح مصهور الفلز، وهي عبارة عن سليكات الكالسيوم.

خلية الغشاء الحجابي Diaphragm cell خلية تحليل كهربائي يستخدم فيها التيتانيوم مصعدًا، والحديد مهبطًا، ويوجد غشاء من الحرير الصخري يفصل بين غرفتين لمنع التفاعل بين غاز الكلور ومحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

(د)

الدليل العام Universal indicator دليل يتكون من مزيج من الكواشف، ويتغير لونه بتغير قيم pH.

دورة الكربون Carbon cycle إحدى الدورات الطبيعية التي يتم فيها تبادل الكربون بين الغلاف الجوي والغلاف الحيوي، بما في ذلك الكائنات الحية والعمليات الكيميائية والجيولوجية.

دورة النيتروجين Nitrogen cycle إحدى الدورات الطبيعية التي يتم فيها تبادل النيتروجين بين الغلاف الجوي والغلاف الحيوي، بما في ذلك الكائنات الحية والعمليات الكيميائية والجيولوجية.

دي دي تي D.D.T مبيد حشري يسمى ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان.

(ر)

رابع كلوريد الكربون Carbon tetrachloride عبارة عن سائل شفاف له رائحة مقبولة تشبه رائحة الكلوروفورم، ويتكون جزيئه من أربع ذرات كلور مرتبطة بذرة كربون واحدة.

الراشح Filtrate أحد مكونات المخلوط التي تنفذ من أداة الترشيح.

الرغوة Scum تجمّع من فقاعات هوائية صغيرة في سائل.

الرقم الهيدروجيني Power of hydrogen مقياس لتحديد تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في المحلول.

(س)

الستراتوسفير Stratosphere إحدى طبقات الغلاف الجوي، تقع فوق طبقة التروبوسفير وتصل حتى ارتفاع 50 km، وترتفع درجة الحرارة فيها تدريجيًا كلما اتجهنا إلى أعلى. وتتميز هذه الطبقة باحتواء الجزء العلوي منها على غاز الأوزون.

السعة الحرارية النوعية Specific heat capacity كمية الحرارة التي يكتسبها واحد جرام (1 g) من المادة عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سليزية واحدة، وتساوي للماء 4.18 J/g.k وللسعة الحرارية أهمية كبيرة في تنظيم مناخ الأرض.

(ط)

الطبقة المناخية Troposphere الطبقة السفلية من الغلاف الجوي التي تحيط مباشرة بسطح الأرض ويبلغ سمكها ما بين 9 km إلى 16 km، وتحتوي على 75% من كتلة الهواء المكوِّن للغلاف الجوي. وتنخفض فيها درجة الحرارة كلما ارتفعنا بمعدل 6.5 °C لكل 1000 m.

(ع)

العسر الدائم Permanent hardness الماء الذي يحتوي على كبريتات أو كلوريدات الكالسيوم والماغنسيوم.

العسر المؤقت Temporary hardness الماء الذي يحتوي على بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم.

عمود التجزئة Fractionating column أنبوب زجاجي يوجد بين دورق الغليان ووحدة التكثيف، ويتكون من طبقات من الزجاج أو الخرز، ويساعد هذا التركيب في تكرار عمليتي التبخير والتكثيف عدة مرات.

(غ)

الغلاف الجوي Atmosphere الطبقة المحيطة بالأرض، وتمتد من سطح الأرض حتى ارتفاع 1000 km.

(ف)

فترة البقاء Residence time متوسط الزمن الذي تبقى فيه المادة في الخزان الطبيعي قبل أن يتم التخلص منها طبيعيًا.

الفلزات الثقيلة Heavy metals عناصر كيميائية تزيد كثافتها عن كثافة الماء خمس مرات، وتتصف بأنها ثابتة؛ بمعنى أنها لا تُستهلك في جسم الإنسان خلال سلسلة الغذاء، وهي من أخطر المواد السامة التي تلوِّث التربة والماء والهواء، وتؤثر على كل من الإنسان والحيوان والنبات.

(ق)

القابلية للاشتعال Flammability مقياس لمدى سهولة اشتعال المادة.

القاعدة Base مادة لها القدرة على استقبال أيون الهيدروجين H^+ من مادة أخرى.

القاعدة المرافقة Conjugate base مركب كيميائي ينتج عندما يمنح الحمض أيون الهيدروجين.

(ك)

الكاثود Cathode القطب في خلية التحليل الكهربائي الذي تحدث عنده عملية الاختزال، ويسمى المهبط.

الكواشف Indicators أحماض أو قواعد عضوية يختلف لونها بحسب المحلول الذي تتفاعل معه.

(ل)

اللزوجة Viscosity مقياس لسُمك السائل، وقدرته على الالتصاق.

(م)

الماء العسر Hard water الماء الذي يحتوي أيونات الكالسيوم والماغنسيوم، والتي تمنع الصابون من تكوين الرغوة.

الماء اليسر Soft water الماء الذي لا يحتوي أيونات الكالسيوم والماغنسيوم، ويكوِّن الرغوة بسهولة مع الصابون.

المحاليل المنظمة Buffers محاليل تتغير قيمة الرقم الهيدروجيني لها تغيرًا طفيفًا عند إضافة حمض أو قاعدة إليها.

المحلول الحمضي Acidic solution محلول يحتوي على أيونات هيدروجين أكثر من أيونات الهيدروكسيد.

المحلول القاعدي Basic solution محلول يحتوي على أيونات الهيدروكسيد أكثر من أيونات الهيدروجين.

محول بسمر Bessemer converter عبارة عن فرن يتم فيه تنقية الفلز المستخرَج من خاماته، بحيث تصل درجة نقاوته إلى 99%.

المعايرة Titration طريقة يستخدم فيها محلول بتركيز معلوم لتحديد تركيز محلول آخر غير معروف.

الملح Salt مركب أيوني يتكون من أيون موجب من قاعدة، وأيون سالب من حمض.

الملوِّث pollutant أي مادة أو طاقة تدخل إلى البيئة فتسبب حدوث أضرار لها وللكائنات الحية المختلفة التي تعيش فيها.

ملوثات أولية Primary pollutants ملوِّثات تدخل إلى الهواء من مصدر التلوث مباشرة، مثل إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء عند حرق الوقود الأحفوري.

ملوثات ثانوية Secondary pollutants ملوِّثات تنتج عن تفاعل الملوثات الموجودة في الهواء بعضها مع بعض، ومنها تكوُّن الأوزون بالقرب من سطح الأرض.

ملوثات ضوئية كيميائية Photochemical تسمية أخرى للملوثات الثانوية، وتُطلَق على هذه الملوثات لأهمية وجود الأشعة فوق البنفسجية بوصفها عاملًا مساعدًا لحدوث التفاعلات وتكوُّن الملوثات الثانوية.

مواد مترددة Amphoteric مواد تسلك سلوك كل من الحمض والقاعدة.

المياه الجارية Runoff water المياه التي تنساب مع الوديان والجداول والأنهار في اتجاه البحار والمحيطات. ويتسرب جزء من المياه الجارية لباطن الأرض ويتبخر جزء آخر إلى الغلاف الجوي.

مياه صالحة للشرب Potable water وهي المياه التي تصلح للاستهلاك البشري، بحيث تُستخدم على المدى الطويل بأقل المخاطر. وتشمل المياه التي تستخدم في المجالات المنزلية والصناعية والتجارية وفي عمليات الري.

رموز الأمن والسلامة في المختبر

قفازات واقية
Hand protection

نظارة واقية
Eye safety

سطح ساخن
Thermal safety

مواد قابلة للانفجار
Explosive

خطر الكهرباء
Electrical hazard

مواد مهيِّجة
Harmful / Irritant

ملوثات حيوية
Biological hazards

مواد قابلة للاشتعال
Flammable

إسعافات أولية
First aid

غاسلة عيون
Eye wash station

طفاية حريق
Fire extinguisher

مواد مشعَّة
Radioactive safety

أجسام حادة
Sharp objects safety

مواد سامَّة
Poison safety

مواد مؤكسدة
Oxidizer

مواد آكلة
Corrosive

أشعة ليزر
Laser beam

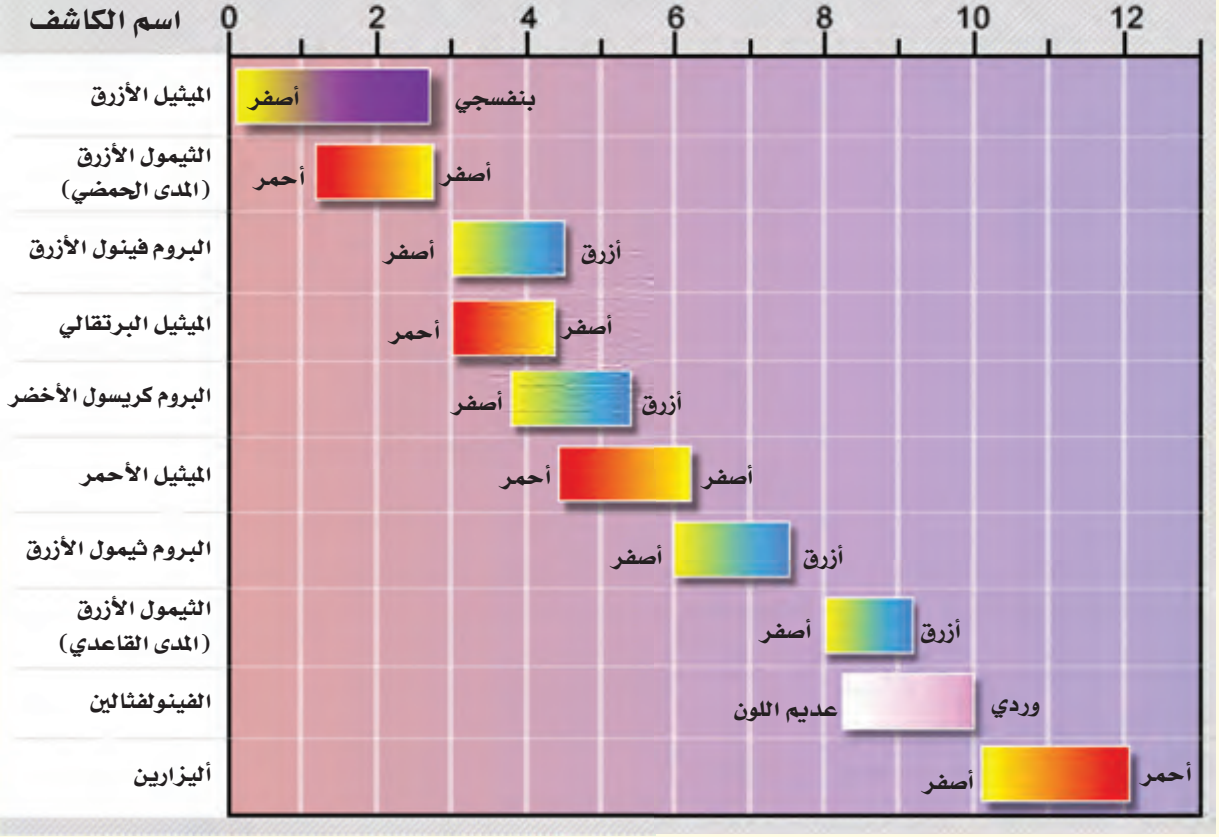
معطف مختبر
Lab. coat

مخاطر بيئية
Ecological hazards

مواد مسرطنة
Carcinogenic

جداول مرجعية

تغير اللون في ضوء التغير في الرقم الهيدروجيني pH

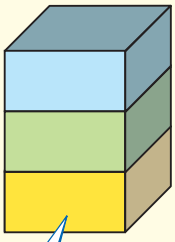


القوى النسبية لأزواج الحمض والقاعدة المترافقة

	الحمض HA		القاعدة A^-	
حمض أقوى	$HClO_4$ HCl H_2SO_4 HNO_3	الأحماض القوية تتأين كليًا في المحاليل المائية	ClO_4^- Cl^- HSO_4^- NO_3^-	القواعد الضعيفة جدًا تتأين بشكل غير ملحوظ
	H_3O^+		H_2O	
	HSO_4^- H_3PO_4 HNO_2 HF CH_3CO_2H H_2CO_3 H_2S NH_4^+ HCN HCO_3^-	الأحماض الضعيفة تتواجد في المحاليل بوصفها خليطًا من: HA, A^-, H_3O^+	SO_4^{2-} $H_2PO_4^-$ NO_2^- F^- $CH_3CO_2^-$ HCO_3^- HS^- NH_3 CN^- CO_3^{2-}	القواعد الضعيفة تتأين جزئيًا في المحاليل المائية
	H_2O		OH^-	
حمض أضعف	NH_3 OH^- H_2	الأحماض الضعيفة جدًا تتأين بشكل غير ملحوظ	NH_2^- O^{2-} H^-	القواعد القوية تتأين كليًا في المحاليل المائية

قاعدة أضعف ← قاعدة أقوى

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزًا أو شبه فلز أو لافلزًا.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 He 4.003
			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	Neon 10 Ne 20.180
			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	Argon 18 Ar 39.948
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	Krypton 36 Kr 83.798
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	Xenon 54 Xe 131.293
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)	Radon 86 Rn (222)
Darmstadtium 110 Ds (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn (277)	Nihonium 113 Nh (278)	Flerovium 114 Fl (289)	Moscovium 115 Mc (288)	Livermorium 116 Lv (298)	Tennessine 117 Ts (293)	Oganesson 118 Og (294)

Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

جداول مرجعية

التصويبات

رقم الصفحة	الملاحظة	التعديل

الكيمياء

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمواءمة

د. مصطفى حسن مصطفى

حازم محمد الخطيب

التحرير اللغوي

محمد مصطفى الكشك

أحمد رمضان علي

تصميم الغلاف

أحمد بن محمد الحبيشي

إعداد الصور

متعب بن عبدالعزيز محمد الفراج

أنس بن عبدالعزيز محمد الفراج

منصور بن محمد عبدالله الفنيسان

Original Title

Glencoe Science

CHEMISTRY

MATTER CHANGE

By

Thandi Buthelezi, PhD

Cheryl Wistrom, PhD

Laurel Dingrando

Nicholas Hainen

Dinah Zike

مراجعة وتنقيح: لجان وفرق وطنية

الطبعة الأولى للعام الأكاديمي 1437 هـ - 2016 م

www.edu.gov.qa

www.qatscience.net