سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عُمان 2040 OmanVision
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الكيمياء

دليل المعلّم

١٠

الفصل الدراسي الثاني

الطبعة التجريبية ١٤٤٣ هـ - ٢٠٢١ م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

دليل المعلّم

الفصل الدراسي الثاني

الطبعة التجريبية ١٤٤٣هـ - ٢٠٢١م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

مطبعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا وراء تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢١ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من دليل المعلم – العلوم للصف العاشر – من سلسلة كامبريدج للعلوم المتكاملة IGCSE للمؤلفين ماري جونز، ريتشارد هاروود، إيان لودج، ودايفيد سانغ.

تمت مواءمة هذا الدليل بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة جامعة كامبريدج رقم ٤٠ / ٢٠٢٠ .
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه توفُّر أو دقة المواقع الإلكترونية المستخدمة في هذا الكتاب، ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

تمت مواءمة الدليل

بموجب القرار الوزاري رقم ٩٠ / ٢٠٢١ واللجان المنبثقة عنه

محفوظة جميع الحقوق

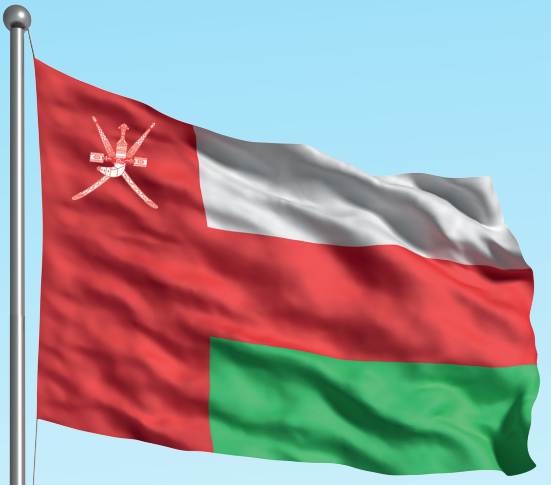
جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملاً أو مجزّأً أو ترجمته أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.

المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيّب اللّه ثراه-

حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه اللّه ورعاه-

سلطنـــــة عُمـــــان



النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ الضِّياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا أساسيًّا من مُكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقررات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المُتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلبة، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

مُتمنّية لأبنائنا الطلبة النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلِصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المقدمة xi
الأهداف التعليمية xiii

الوحدة الخامسة الهالوجينات وتدرّج خصائص المجموعة

موضوعات الوحدة ١٧
الموضوع ٥-١: التدرُّج في خصائص مجموعات الجدول الدوري ١٧
الموضوع ١-٢: الهالوجينات (عناصر المجموعة VII) ١٨
إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٢٠
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٢١
إجابات تمارين كتاب النشاط ٢٢
إجابات أوراق العمل ٢٥
إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٢٨

الوحدة السادسة الكيمياء الكهربائية

موضوعات الوحدة ٢٩
الموضوع ٦-١: تفاعلات الأكسدة والاختزال ... ٣٠
الموضوع ٦-٢: التحليل الكهربائي ٣١
الموضوع ٦-٣: تطبيقات على التحليل الكهربائي ٣٣
إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٣٤
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٤٥
إجابات تمارين كتاب النشاط ٤٧
إجابات أوراق العمل ٥٠
إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٥٣

الوحدة السابعة تطبيقات الكيمياء العضوية

موضوعات الوحدة ٥٥
الموضوع ٧-١: الكحولات ٥٥
الموضوع ٧-٢: البوليمرات ٥٦
إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٥٨
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٦٤
إجابات تمارين كتاب النشاط ٦٦
إجابات أوراق العمل ٦٩
إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٧٣

الوحدة الثامنة الطاقة الكيميائية والاتّزان

موضوعات الوحدة ٧٥
الموضوع ٨-١: تغيّرات الطاقة في التفاعُلات الماصّة والطاردة للحرارة ٧٥
الموضوع ٨-٢: التفاعُلات المنعكسة والاتّزان الديناميكي ٧٦
الموضوع ٨-٣: العمليات الصناعية ٧٧
إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٧٩
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٨٧
إجابات تمارين كتاب النشاط ٨٩
إجابات أوراق العمل ٩١
إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٩٤

المقدمة

صمَّم هذا المنهج فريق من المختصّين في المواد الدراسية. وهو يعكس نتاج البحوث التربوية العالميّة، ويُكسب الطلبة فهمًا للمبادئ التعلُّمية الأساسيّة عبر العديد من الدراسات النظرية والعمليّة، ويُطوِّر فهمهم للمهارات العلميّة التي تشكّل أساسًا للتحصيل العلمي المتقدّم، ويُنمّي إدراكهم لمسألة أنّ نتائج البحوث العلميّة تؤثّر في الأفراد والمجتمعات والبيئة. ويُساعد هذا المنهج الطلبة على فهم عالم التكنولوجيا الذي يعيشون فيه، وعلى الاهتمام بالعلوم والتطوّرات العلميّة.

يهدف المنهج إلى :

أ. توفير تجربة تربوية ممتعة ومفيدة لجميع الطلبة.

ب. تمكين الطلبة من اكتساب المعرفة والفهم، والهدف من ذلك:

- أن يُصبحوا مواطنين واثقين بأنفسهم في عالم قائم على التكنولوجيا، وأن يكون لديهم اهتمام واضح بالمواد العلميّة.
- أن يُعزِز إدراكهم لقضيَّة أن مواد العلوم قائمة على البراهين، ويُمكِّنهم من فهم أهمية الأسلوب العلمي في التفكير.

ج. تطوير ما لدى الطلبة من مهارات:

- ترتبط بدراسة مواد العلوم وتطبيقاتها.
- تفيدهم في الحياة اليوميّة.
- تُشجّعهم على حلّ المسائل بطرائق منهجيّة.
- تُشجّعهم على تطبيق العلوم تطبيقًا فعّالاً وآمنًا.
- تُشجّعهم على التواصل الفعَّال باستخدام اللغة العلميّة.

د. تطوير سلوكيّات مرتبطة بمواد العلوم مثل :

- الحرص على الدقّة والإتقان.
- الموضوعيّة.

- الأمانة العلمية.
- الاستقصاء.
- المبادرة.
- الابتكار.

حثّ الطلبة على مراعاة الآتي:

- أنّ مواد العلوم خاضعة للتأثيرات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية والأخلاقية والثقافية وقيودها.
- أنّ تطبيقات العلوم قد تكون مفيدة وقد تكون ضارَّة بالفرد والمجتمع والبيئة.

تتضمَّن كل وحدة في الدليل:

- أفكارًا للتدريس لكل موضوع تمثّل اقتراحات حول كيفية تناول الموضوع لمساعدة الطلبة على فهمه جيدًا.
- إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية.
- أفكارًا للواجبات المنزلية.
- إجابات عن جميع الأسئلة الواردة في كتاب الطالب، وكذلك عن أسئلة التمارين وأوراق العمل في كتاب النشاط.

التخطيط للتدريس

توجد مجموعة قيِّمة من المصادر في كتاب الطالب وكتاب النشاط (أنشطة – تمارين – أوراق عمل).

وقد لا يكون لديك الوقت الكافي لاستخدام كل مصدر من هذه المصادر. لذلك، عليك بالتخطيط الجيّد، وتحديد المصادر التي تشعر بأنها الأنسب في تحقيق الأهداف التعليمية.

الأهداف التعليمية

الوحدة الخامسة: الهالوجينات وتدرّج خصائص المجموعة

٥-١ التدرُّج في خصائص مجموعات الجدول الدوري

١١-٤	يحدد التدرج في خصائص عناصر المجموعات الأخرى بناءً على البيانات المعطاة.

٥-٢ الهالوجينات (عناصر المجموعة VII)

١١-١	يصف الهالوجينات (الكلور والبروم واليود) في المجموعة VII بأنّها مجموعة من اللّافلزات ثنائيّة الذرّة لها تدرّج نمطيّ من حيث اللون والحالة الفيزيائيّة.
١١-٢	يذكر تفاعل الكلور والبروم واليود مع أيونات الهاليدات الأخرى.
١١-٣	يتنبّأ بخصائص العناصر الأخرى في المجموعة VII مستعينًا بالبيانات المعطاة عند الضرورة.

الوحدة السادسة: الكيمياء الكهربائية

٦-١ تفاعُلات الأكسدة والاختزال

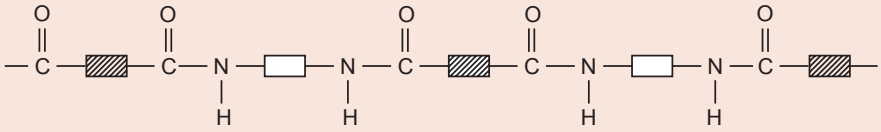
٩-١	يصف الأكسدة والاختزال في التفاعلات الكيميائيّة في ضوء فقد أو كسب الأكسجين. (يقتصر استخدام رقم التأكسد على تسمية الأيونات فقط، مثل: الحديد (II)، والحديد (III)، والنحاس (II).
٩-٢	يعرِّف تفاعلات الأكسدة والاختزال في ضوء انتقال الإلكترونات، ويحدّد نوع كل تفاعل وفق المعلومات المعطاة أو من خلال معادلة بسيطة.
٩-٣	يعرِّف العامل المؤكسد بأنّه مادّة تؤكسد مادّةً أخرى من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال ويحدّده، ويعرّف العامل المختزل بأنّه مادّة تختزل مادّةً أخرى من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال ويحدّده.

٦-٢ التحليل الكهربائي

١٠-١	يعرِّف عمليّة التحليل الكهربائيّ بأنّها مجموعة تفاعلات كيميائية ناتجة عن مرور التيار الكهربائي في مصهور أو محلول المركّب الأيونيّ المائي.
١٠-٢	يعرِّف مصطلحات الأقطاب الخاملة، والإلكتروليت، والمصعد (الآنود)، والمهبط (الكاثود) ويستخدمها.
١٠-٣	يصف الموادّ الناتجة عند الأقطاب والملاحظات الّتي رصدها، مستخدمًا الأقطاب الخاملة (مثل البلاتين والكربون) في التحليل الكهربائيّ لكلّ من: • مصهور بروميد الرصاص (II) • محلول كلوريد الصوديوم المركَّز • حمض الكبريتيك المخفّف • محلول كبريتات النحاس (II) المائيّة

الأهداف التعليمية	
١٠-٦	يذكر المبدأ العامّ؛ وهو أنّ الفلزات أو الهيدروجين يتشكّلان عند القطب السالب المهبط (الكاثود) وأنّ اللّافلزات (غير الهيدروجين) تتشكّل عند القطب الموجب المصعد (الآنود).
١٠-٧	يتنبّأ بالموادّ الناتجة من التحليل الكهربائيّ لمصهور مركّب ثنائيّ.
١٠-٨	يصف التحليل الكهربائيّ في ضوء الأيونات المتواجدة والتفاعلات عند الأقطاب، وفي ضوء اكتساب الكاتيونات للإلكترونات وفقدان الأنيونات للإلكترونات لتكوين ذرّات متعادلة.
١٠-٩	يُكوّن أنصاف-معادلة أيونيّة بسيطة للموادّ المتكوّنة عند المهبط (الكاثود)، والموادّ المتكوّنة عند المصعد (الآنود).
٦-٣ تطبيقات على التحليل الكهربائي	
١٠-٤	يصف الموادّ الناتجة عند الأقطاب والملاحظات الّتي رصدها خلال التحليل الكهربائيّ لمحلول كبريتات النحاس (II) مُستخدمًا أقطاب النحاس (بالطريقة المُستخدَمة في تنقية النحاس).
١٠-٥	يصف الطلاء الكهربائيّ بالنحاس.
١٠-١٠	يعرف أنّ الألومنيوم يُستخرج من خام البوكسيت عن طريق التحليل الكهربائيّ.
١٠-١١	يصف، باختصار، تصنيع الموادّ الآتية كيميائيًّا: • الألومنيوم من أكسيد الألومنيوم النقيّ في مصهور الكريولايت. • الكلور والهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم من محلول كلوريد الصوديوم المُركَّز (المحلول الملحي). (يكتفى بإعطاء الطلبة معلومات عن الموادّ الأوّليّة والظروف الأساسيّة، وليس ضروريًّا تزويدهم بتفاصيل فنّيّة أو رسومات توضيحيّة).
الوحدة السابعة: تطبيقات الكيمياء العضوية	
٧-١ الكحولات	
١٢-١	يذكر ويصف تحضير الإيثانول عن طريق التخمّر وإضافة بخار الماء إلى الإيثين بوجود عامل حفّاز.
١٢-٢	يصف الاحتراق الكامل للإيثانول لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء.
١٢-٣	يذكر استخدامات الإيثانول كمذيب ووقود.
٧-٢ البوليمرات	
١٣-١	يُعرّف البوليمرات بأنّها جزيئات طويلة السلسلة تتكوّن من جزيئات صغيرة تُسمّى المونومرات.
١٣-٢	يفهم أن للبوليمرات وحدات مونومر متشابهة أو مختلفة و/أو مجموعات ربط مختلفة.
١٣-٣	يصف تكوين مادّة البولي إيثين كمثال على البلمرة بالإضافة لمونومر الإيثين.
١٣-٤	يستنتج تركيب البوليمر الناتج من عمليّة بلمرة الألكين والعكس.

الأهداف التعليمية

١٣-٥	يشرح الاختلافات بين البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف.
١٣-٦	يصف تكوين بوليمر بسيط بالتكثيف، مثل النايلون، ويتمّ تمثيل تركيب جزيء النايلون على النحو الآتي: 

الوحدة الثامنة: الطاقة الكيميائية والاتزان

٨-١ تغيّرات الطاقة في التفاعُلات الماصّة والطاردة للحرارة

١٤-١	يصف معنى التفاعلات والعمليّات الطاردة للحرارة والماصَّة للحرارة، ويصف تفكّك الروابط كعمليّة ماصّة للحرارة وتكوين الروابط كعمليّة طاردة للحرارة.
١٤-٢	يفسّر المخطّطات البيانيّة لمستوى الطاقة الّتي توضح التفاعلات الطاردة للحرارة والماصّة للحرارة وطاقة تنشيط التفاعل.
١٤-٣	يرسم التمثيلات البيانيّة لمستوى طاقة التفاعلات الطاردة للحرارة والماصّة للحرارة ويخطّطها باستخدام البيانات المعطاة.

٨-٢ التفاعُلات المنعكسة والاتّزان الديناميكي

١٥-١	يفهم أنَّه يمكن عكس بعض التفاعلات الكيميائيّة بتغيير ظروف التفاعل. (تقتصر هذه الظروف على تأثير الحرارة والماء على كبريتات النحاس (II) المائيّة واللّامائيّة وكلوريد الكوبالت (II)، وعندما يكون التفاعل في نظام مغلق، سوف يصل في النهاية إلى حالة من الاتزان الكيميائي.

٨-٣ العمليات الصناعية

١٥-٢	يصف الشروط الأساسيّة لتصنيع الأمونيا بطريقة هابر ويشرحها، بما في ذلك مصادر الهيدروجين (تفاعل الميثان أو الغاز الطبيعيّ مع البخار) والنيتروجين (الموجود في الهواء).
١٥-٣	يصف الحاجة إلى الأسمدة الّتي تحتوي على النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.
١٥-٤	يصف تصنيع حمض الكبريتيك بطريقة التلامس، بما في ذلك الظروف والتفاعلات الأساسيّة المطلوبة، واستخدام الكبريت على النحو الآتي: $S + O_2 \rightarrow SO_2$ $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ $H_2SO_4 + SO_3 \rightarrow H_2S_2O_7$ $H_2S_2O_7 + H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$

الأهداف التعليمية المرتبطة بالاستقصاء العلمي

استخدام التقنيّات والأجهزة والأدوات العلميّة

- يبرِّر اختيار الأجهزة والمواد والأدوات لاستخدامها في إجراء التجارب.
- يقيّم الأخطار ويشرح التدابير الوقائية المتّخذة لضمان السلامة.

التخطيط

- يصف الخطوات التجريبية والتقانة المستخدمة ويشرحها.
- يكوِّن التنبؤات والفرضيات (استنادًا إلى استيعاب المفاهيم والمعرفة)
- يحدِّد المتغيرات ويصف كيف يمكن قياسها، ويشرح لماذا ينبغي التحكُّم ببعض المتغيّرات.

الملاحظة والقياس والتسجيل

- يرسم الأشكال التخطيطيّة للجهاز ويُسمّي أجزاءه.
- يسجِّل الملاحظات بطريقة منهجية باستخدام الوحدات المناسبة والأرقام ومدى القياسات المناسبة ودرجة الدقة المناسبة.

تفسير الملاحظات والبيانات وتقييمها

- يفسّر الملاحظات وبيانات التجارب ويقيّمها، ويحدّد النتائج غير المتوقّعة ويتعامل معها بالشكل الملائم.
- يعالج البيانات ويعرضها ويقدِّمها بما في ذلك استخدام الآلات الحاسبة والتمثيلات البيانيّة والميل.

طرائق التقييم

- يستخلص الاستنتاجات المناسبة ويبرِّرها بالرجوع إلى البيانات وباستخدام التفسيرات المناسبة.
- يحدِّد الأسباب المحتملة لعدم دقة البيانات أو الاستنتاجات ويقترح التحسينات المناسبة للخطوات التجريبية والتقانة المستخدمة.

الوحدة الخامسة: الهالوجينات وتدرُّج خصائص المجموعة

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١١-٤	٥-١ التدرُّج في خصائص مجموعات الجدول الدوري	٢	الأسئلة من ٥-١ إلى ٥-٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١	تمرين ٥-١ تدرُّج خصائص المجموعة ورقة العمل ٥-١ توقّع خصائص العناصر
١١-١، ١١-٢، ١١-٣	٥-٢ الهالوجينات (عناصر المجموعة VII)	٢	نشاط ٥-١ تفاعُلات الإزاحة للهالوجينات الأسئلة من ٥-٤ إلى ٥-١٠ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٢ و ٣	تمرين ٥-٢ أنماط تدرُّج خصائص الهالوجينات تمرين ٥-٣ ترتيب النشاط الكيميائي للهالوجينات ورقة العمل ٥-٢ الهالوجينات ورقة العمل ٥-٣ تفاعُلات الهالوجينات

الموضوع ٥-١: التدرُّج في خصائص مجموعات الجدول الدوري

الأهداف التعليمية

١١-٤ يحدِّد التدرُّج في خصائص عناصر المجموعات الأخرى بناءً على البيانات المُعطاة.

أفكار للتدريس

- ناقش التدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر في مجموعات الجدول الدوري، مستعينًا بمجموعات الغازات النبيلة والفلزّات القلوية والهالوجينات؛ فهذه المجموعات تُعدّ الأهمّ لتوضيح التغيّرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.
- اعرض البيانات الفيزيائية للغازات النبيلة التي تظهر تغيّرات منتظمة إلى حد ما في درجات الانصهار، ودرجات الغليان، والكثافة كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة، مع ربط ذلك بزيادة العدد الذرّي أو الكتلة الذرّية النسبية. ويمكن رسم مُخطّطات بيانية واستخدامها كوسيلة استنباط لتقدير قيمة خاصّية فيزيائية لعنصر آخر في المجموعة نفسها.
- ذكّر الطلبة بالخصائص الفيزيائية والنشاط الكيميائي للفلزّات القلوية التي درسوها في الوحدة الأولى، واعرضها مرّة أخرى عليهم في الفصل. ناقش تلك الخصائص، واربطها بموضوع الترابط والقُدرة على تكوين أيونات موجبة.
- ناقش كيفية توقُّع خصائص الفلزّات القلوية والغازات النبيلة التي لم يتمّ التطرُّق لها، مع التركيز على أنماط التدرُّج داخل المجموعات.
- استخدم أنماط التدرُّج والخصائص المميّزة لهذه المجموعات لتطوير مهارات الطلبة في توقُّع خصائص مجموعات غير شائعة من العناصر.
- درّب الطلبة أيضًا على استنباط المعلومات بدءًا بالأمثلة التي يعرفونها وصولًا إلى الحالات الأقلّ شيوعًا.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يفترض الطلبة، أحيانًا، أن الخصائص جميعها تُظهر زيادة في قيمها كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة. ولكن هذا غير صحيح حيث يختلف ذلك وفقًا لطبيعة المجموعة. لذلك، يجب تعليمهم فحص أنماط التدرُّج بعناية.
- قد يشكّل استخدام القيَم السالبة لدرجات الانصهار والغليان الخاصّة بالغازات النبيلة مصدر التباس للطلبة في التعبير عن ازدياد أنماط التدرُّج أو نقصانها. لذا لا بد من توضيح ما يعنيه مفهوم "القيم السالبة".

أفكار للواجبات المنزلية

- زوّد الطلبة ببيانات عن الخصائص الفيزيائية، من درجات انصهار وكثافة، لمجموعات أخرى من الجدول الدوري (المجموعة II أو المجموعة V) من أجل تحليل المُخطّطات البيانية أو رسمها لعرض أنماط التدرُّج.
- تمرين ٥-١ تدرُّج خصائص المجموعة، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٥-١ توقُّع خصائص العناصر، في كتاب النشاط.
- الأسئلة من ٥-١ إلى ٥-٣، في كتاب الطالب.
- أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١، في كتاب الطالب.

الموضوع ٥-٢: الهالوجينات (عناصر المجموعة VII)

الأهداف التعليمية

١١-١ يصف الهالوجينات (الكلور، والبروم، واليود) في المجموعة VII بأنها مجموعة من اللّافلزات ثنائيّة الذرّة، لها تدرُّج نمطي من حيث اللون والحالة الفيزيائية.

١١-٢ يذكر تفاعُل الكلور، والبروم، واليود مع أيونات الهاليدات الأخرى.

١١-٣ يتنبّأ بخصائص العناصر الأخرى في المجموعة VII مستعينًا بالبيانات المُعطاة عند الضرورة.

أفكار للتدريس

- قدّم الموضوع من خلال مناقشة المظهر الذي تكون عليه الهالوجينات وفقًا لموقعها في الجدول الدوري. قارن خصائص الهالوجينات بخصائص المجموعتَين I و VIII، التي يعرفها الطلبة جيّدًا.
- اعرض على الطلبة عيّنات من الهالوجينات، مثل الكلور، والبروم، واليود، سواء في المختبر (مع اتّخاذ احتياطات السلامة المُناسبة) أو اعرض عليهم مقاطع فيديو، لكي يتعرّفوا على ألوان الهالوجينات وحالاتها الفيزيائية. الفت انتباههم إلى أوجه الاختلاف والتشابه التي يمكن ملاحظتها على هذه المجموعة من العناصر، وإلى حقيقة أنّ الهالوجينات تتكوّن تلقائيًّا على شكل جُزيئات ثنائية الذرّات.
- أدر نقاشًا عن نمط التدرُّج في الخصائص الفيزيائية للهالوجينات. ثم زوّد الطلبة ببيانات فيزيائية لتحليل المُخطّطات البيانية أو رسمها، من أجل تحديد أنماط التدرُّج، أو إجراء توقّعات عن عناصر أخرى في المجموعة.
- تناول المعلومات الكيميائية الشائعة عن الهالوجينات والتي تذكّر بموضوعات دُرّست سابقًا، وهي: التركيب الإلكتروني، وكسب الإلكترونات، ونوع الأيونات المُتكوّنة، والترابط، وتسمية مُركّبات الهاليد.
- قدّم استقصاء النشاط الكيميائي للهالوجينات على شكل عرض عملي، أو كتجربة صفّية في **النشاط ٥-١ تفاعُلات الإزاحة للهالوجينات**، سيساعدك هذا على ربط النتائج بمدى سهولة تكوين أيون سالب لكلّ هالوجين، وأسباب ذلك.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد ينشأ سوء فهم لهذا الموضوع، فربّما بنى الطلبة فهمهم لأنماط تدرُّج الخصائص على أساس ما تعلّموه عن مجموعات أخرى. فغالبًا ما يُعتقد أن النشاط الكيميائي للهالوجينات يزداد كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة، كما هو الحال مع الفلزّات القلوية، وهذا ليس صحيحًا. لذلك يجب تعزيز فهم الاختلاف في طريقة تفاعُل تلك العناصر.
- قد تنشأ عن تجربة الإزاحة بعض المفاهيم الخاطئة عند البحث عن إشارات لحدوث تفاعُل؛ فمثلًا، يغيّر التخفيف لون محلول الهالوجين؛ لذا سيكون على الطلبة ملاحظة أي تغيّر يطرأ على اللون بدلًا من تركيز اللون، وعدم ربط اللون بهالوجين معيّن.
- قد يجد الطلبة صعوبة في تحديد الهالوجين «الأكثر نشاطًا» باعتباره العنصر الذي يكوّن المُركّب وليس العنصر الذي يُزاح من المُركّب، اعتقادًا منهم أن العنصر الذي يمكنهم «رؤيته» هو العنصر الأكثر نشاطًا. يمكنك استخدام المُعادَلات اللفظية والكيميائية وألوان محاليل الهالوجين المخفّفة لشرح المُلاحظات العملية.

أفكار للواجبات المنزلية

- زوّد الطلبة ببيانات عن الخصائص الفيزيائية، من أجل تحليل المخطّطات البيانية أو رسمها لعرض أنماط التدرُّج.
- اطلب من الطلبة كتابة ملخّص عن تجارب إزاحة الهالوجينات، مع كتابة المُعادَلات الكيميائية للتفاعُلات التي تمّت ملاحظتها.
- تمرين ٥–٢ أنماط تدرُّج خصائص الهالوجينات، في كتاب النشاط.
- تمرين ٥–٣ ترتيب النشاط الكيميائي للهالوجينات، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٥–٢ الهالوجينات، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٥–٣ تفاعُلات الهالوجينات، في كتاب النشاط.
- الأسئلة من ٥–٤ إلى ٥–١٠، في كتاب الطالب.
- أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٢ و٣ في كتاب الطالب.

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ٥-١: تفاعُلات الإزاحة للهالوجينات

المهارات

- ينجز التجربة ويسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.
- يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.

يوضّح هذا النشاط العملي نمط التدرُّج في النشاط الكيميائي للهالوجينات باستخدام تفاعُلات الإزاحة.

المواد والأدوات والأجهزة

- ماصّة بلاستيكية (عدد 3)
- أنبوبة اختبار (عدد 3) مع سدادة
- حامل أنابيب اختبار
- ماء الكلور
- ماء البروم
- ماء اليود
- محلول كلوريد البوتاسيوم (5 mL)
- محلول بروميد البوتاسيوم (5 mL)
- محلول يوديد البوتاسيوم (5 mL)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- نفّذ التجربة في منطقة جيّدة التهوئة.
- نظِّف أي انسكابات باستخدام الماء.
- أعد وضع سدادة زجاجة ماء الكلور أو ماء البروم في مكانها بعد الاستخدام.
- احتفظ بأنابيب الاختبار مغلقة بسدادات بعد إضافة المحاليل إليها.
- ماء الكلور، وماء البروم، ومحلول اليود مواد ضارة ومُهيّجة؛ لذا تجنّب ملامستها للجلد، أو استنشاق البخار، واغسل أي انسكاب على الفور.

ملاحظات

- يمكن استخدام أملاح هاليد الصوديوم في حال عدم توفّر أملاح هاليد البوتاسيوم.
- يجب تحضير ماء الكلور مباشرة قبل تنفيذ التجربة، ويجب اختبار ماء البروم قبل المباشرة بالنشاط العملي، لأن تركيز المحلول ينخفض بمرور الزمن، ويكون ذلك بإضافة بضع قطرات من ماء البروم إلى 2 L تقريبًا من محلول يوديد البوتاسيوم لنرى ما إذا كان لونه سيصبح أغمق.
- يجب ضبط تركيز محلول يوديد البوتاسيوم، بحيث يكوّن محلولًا ذا لون بنّي فاتح عند إضافة ماء الكلور. في حال كون المحاليل شديدة التركيز، فقد يتكوّن راسب أسود من اليود بدلًا من المحلول البنّي.
- يتحوّل لون محلول يوديد البوتاسيوم إلى الأصفر عند تخزينه، لذلك يجب حفظه في زجاجة داكنة.

النتائج

محلول هاليد البوتاسيوم	الهالوجين		
	ماء الكلور	ماء البروم	محلول اليود
محلول كلوريد البوتاسيوم	–	لا تغيُّر في اللون	لا تغيُّر في اللون
محلول بروميد البوتاسيوم	يصبح لون المحلول داكنًا أكثر/ يصبح برتقاليًّا	–	لا تغيُّر في اللون
محلول يوديد البوتاسيوم	يصبح لون المحلول داكنًا أكثر/ يصبح بنيًّا	يصبح لون المحلول داكنًا أكثر/ يصبح بنيًّا	–

إجابات الأسئلة

١ الكلور (الأكثر نشاطًا كيميائيًّا)، يليه البروم، ثم اليود (الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا).
يشير تغيُّر اللون إلى حدوث تفاعُل، وتشير النتائج إلى أن هذا التغيُّر في اللون يحدث مرّتَين في حالة الكلور، ومرّة في حالة البروم، ولا يحدث أيُّ تغيّر في حالة اليود.

٢ استدل من خلال تغيّر اللون أو زيادة شدّة اللون أي يصبح داكنًا.

٣ $Cl_2(g) + 2KBr(aq) \longrightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$

$Cl_2(g) + 2KI(aq) \longrightarrow 2KCl(aq) + I_2(aq)$

$Br_2(aq) + 2KI(aq) \longrightarrow 2KBr(aq) + I_2(aq)$

إجابات أسئلة كتاب الطالب

٥-١ أ. ترتفع درجات الانصهار كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.

ب. ستكون درجة الانصهار ˚C 112- (أيّ قيمة تتراوح بين ˚C 157- و ˚C 90- إجابة صحيحة).

ج. ستكون درجة الانصهار ˚C 272- (أيّ قيمة أدنى من ˚C 249- إجابة صحيحة؛ يجب ألّا تكون أدنى من الصفر المطلق: ˚C 273.15-).

٥-٢ تساوي الكثافة g/mL 5.50 (أيّ قيمة أكبر من g/mL 3.62 إجابة صحيحة).

٥-٣ ستنخفض كلّ من درجات الانصهار ودرجات الغليان كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.

٥-٤ ستزداد شدّة اللون؛ أي يصبح داكنًا كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.

٥-٥ البروم.

٥-٦ Cl_2

٥-٧ الكلور والفلور.

٥-٨ الأستاتين.

٥-٩ الفلور.

٥-١٠ $Cl_2(g) + 2KI(aq) \longrightarrow 2KCl(aq) + I_2(aq)$

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ٥-١: تدرُّج خصائص المجموعة

أ ١.

العنصر	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/mL)
الأكسجين	-219	-183	0.00133
الكبريت	**115**	445	**2.07**
السيلينيوم	**221**	**685**	**4.79**
التيلوريوم	450	**988**	**6.23**

٢. ترتفع قيَم درجات الانصهار، ودرجات الغليان، والكثافة جميعها كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.

٣. يظهر الأكسجين درجة انصهار منخفضة جدًّا، ودرجة غليان منخفضة جدًّا أيضًا / درجة الانصهار ودرجة الغليان أدنى من 0 °C، أمّا جميع عناصر المجموعة VI الأخرى فتمتلك درجات انصهار ودرجات غليان أعلى من 0 °C.

يمتلك الأكسجين كثافة منخفضة جدًّا / كثافة أصغر بكثير من 1 g/mL، أما جميع عناصر المجموعة VI الأخرى فتمتلك كثافة أكبر من 1 g/mL.

يكون الأكسجين غازًا عند درجة حرارة الغرفة والضغط القياسي، أمّا جميع عناصر المجموعة VI الأخرى فتكون في الحالة الصلبة.

ب ١.

Z	Y	W	X
(العنصر الأول في أعلى المجموعة)			(العنصر الرابع في أسفل المجموعة)

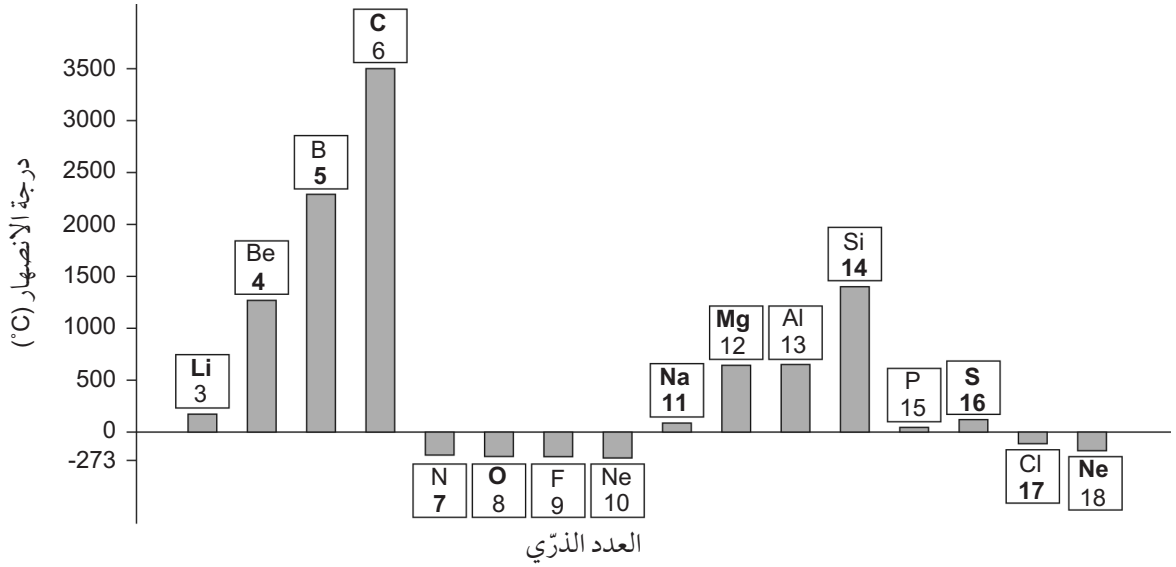
٢.

العنصر	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/mL)
W	-157	-153	**0.003 423**
X	-111	-108	**0.005 366**
Y	-189	-186	**0.001 633**
Z	-249	-246	**0.000 825**

٣. الغازات النبيلة.

تمتلك العناصر جميعها كثافات ودرجات انصهار وغليان منخفضة جدًّا، ممّا يعني أنها تكون جميعها غازات عند درجة حرارة الغرفة والضغط القياسي.

ج ١.



٢. الكربون والبورون.

٣. البورون من المجموعة III والكربون من المجموعة IV.

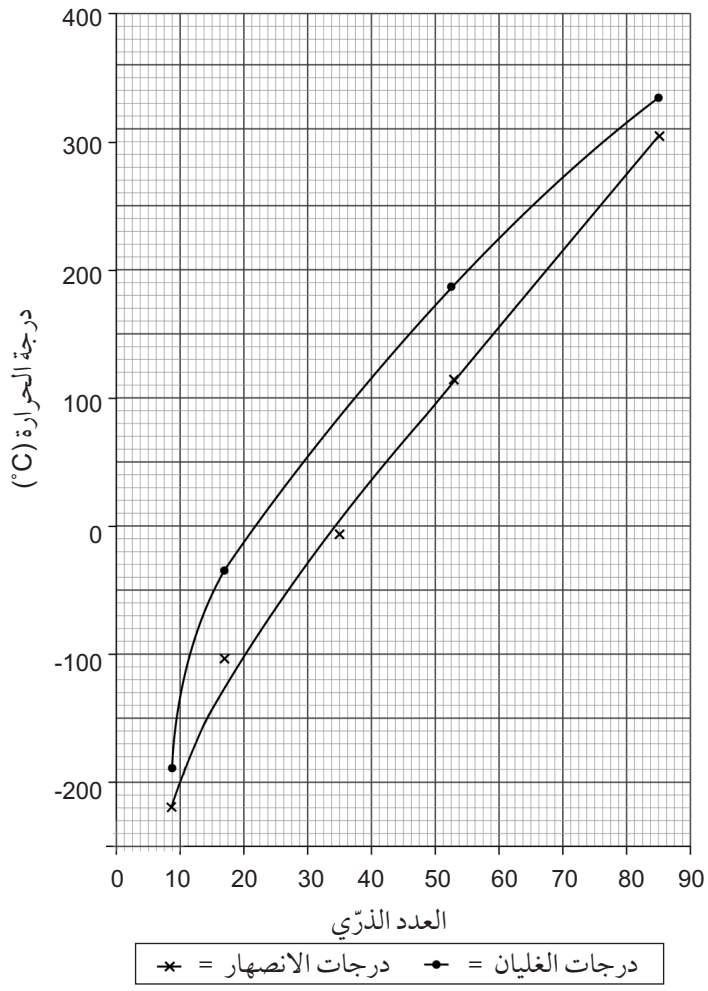
٤. يشير المُخطّط البياني إلى وجود نمط تدرُّج معيّن كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في مجموعة ما.
بخصوص المجموعات من I إلى IV، يشير المُخطّط البياني إلى أن درجات الانصهار تنخفض كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة، أما المجموعات من V إلى VIII، فيشير المُخطّط البياني إلى أن درجات انصهارها ترتفع.

تمرين ٥-٢: أنماط تدرُّج خصائص الهالوجينات

أ الكلمات التي يجب شطبها:

- فلزّية، عديمة اللون.
- غير سامّة.
- أحادية الذرّة، ذرّة.
- لافلزّية.
- أكثر.
- تثبّت.

١. ب



٢.

درجة الغليان المُقدّرة (°C)	اللون	الحالة الفيزيائية
نحو 75 °C (القيمة الفعلية 59 °C)	بنّي محمرّ	سائل

٣. الفلور والكلور.

٤. صلب، أسود.

٥. ترتفع درجة الانصهار كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.

تمرين ٥-٣: ترتيب النشاط الكيميائي للهالوجينات

أ تفاعُل إزاحة / تفاعُل أكسدة – اختزال.

ب لا يحدث أي تفاعُل في التجارب **1**، **2** و **4**. يكون اللون برتقاليًّا بعد خضّ المخلوط في أنبوبة الاختبار **1**. هذا اللون هو لون البروم الموجود في المحلول الذي أُضيفَ في البداية، لذلك لا يطرأ أيّ تغيُّر.

يكون اللون بنيًّا بعد خضّ كل من المخاليط في أنبوبتَي الاختبار **2** و **4**. هذا اللون هو لون اليود الموجود في المحلول الذي أُضيفَ في البداية، لذلك لا يطرأ أي تغيُّر.

ج يتغيّر اللون في أنابيب الاختبار **3** و **5** و **6**، ما يشير إلى حدوث تفاعُل.

أضيف الكلور إلى أنبوبتَي الاختبار **3** و **5** وتفاعل مع المحلولَين الموجودَين، ممّا يُشير إلى أن الكلور هو الأكثر نشاطًا كيميائيًّا.

أضيف البروم إلى أنبوبة الاختبار **6** وتفاعل مع المحلول الموجود، ممّا يجعله التالي في ترتيب النشاط الكيميائي.

أضيف اليود إلى أنبوبتَي الاختبار **2** و **4**، اللتَين لم تُظهِرا أيّ تغيُّر في اللون، وهذا ما يجعل اليود هو الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا.

د من التجربة رقم 6 اكتب ما يلي:

١. يود + بروميد الصوديوم ⟶ يوديد الصوديوم + بروم

٢. $Br_2(aq) + 2NaI(aq) \longrightarrow 2NaBr(aq) + I_2(aq)$

٣. $Br_2(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Br^-(aq) + I_2(aq)$

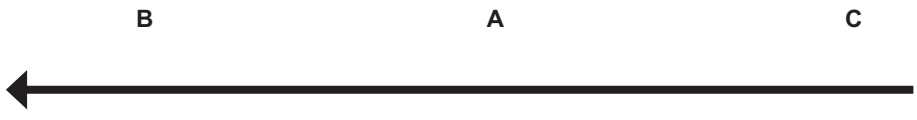
هـ نعم، لأن الفلور يقع أعلى الكلور، ولذلك سيزيح الكلور من محلول كلوريد الصوديوم لتكوين فلوريد الصوديوم.

و لن يتفاعل الأستاتين مع محلول يوديد الصوديوم وذلك لأن الأستاتين يقع أسفل اليود.

إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ٥-١: توقّع خصائص العناصر

١ أ.



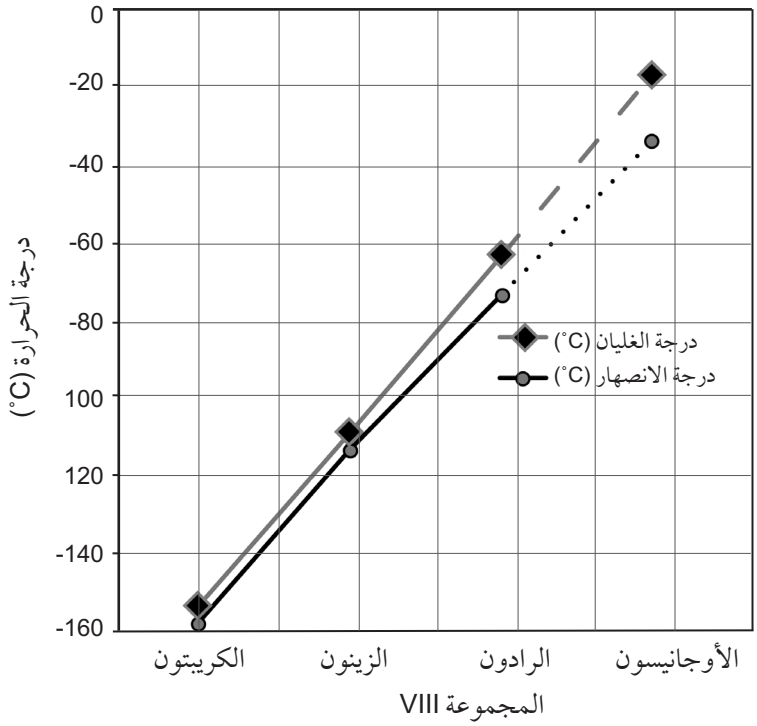
ب. ١. **B** أكثر كثافة من **A**.

٢. **C** أقلّ كثافة من **A**.

ج. **B** هو العنصر الأكثر نشاطًا كيميائيًّا بين العناصر الثلاثة، لأنه يقع أسفل المجموعة.

د. ستكون درجة انصهار الفرانسيوم المتوقّعة أدنى من 29°C ولكن أعلى من درجة حرارة الغرفة (درجة الانصهار الفعلية = 21°C).

٢ أ، ب، ج: درجة الغليان = -32 °C، درجة الانصهار = -15 °C



د. ١. غاز عديم اللون.

٢. غير موصّل.

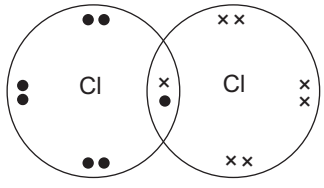
٣. أكثر كثافة من العناصر الأخرى في المجموعة VIII

ورقة العمل ٥-٢: الهالوجينات

١ أ. تمتلك الهالوجينات جميعها 7 إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي لذرّاتها.

ب. ثنائي الذرّات يعني أن هناك ذرّتَين في الجُزيء.

ج.



د. تكتسب كل ذرّة كلور إلكترونًا إضافيًّا من الذرّة الأخرى لإكمال مستوى الطاقة الخارجي لها. يجعل وجود هذا الإلكترون الإضافي عدد الإلكترونات يفوق عدد البروتونات في الذرّة، التي تتحوّل بالتالي إلى أيون سالب.

٢ أ. ترتفع درجات انصهار الهالوجينات وغليانها.

ب.

العنصر	الحالة الفيزيائية عند درجة حرارة الغرفة (20 °C)
الفلور	الغازية
الكلور	الغازية
البروم	السائلة
اليود	الصلبة
الأستاتين	الصلبة

٣ أ. Ts_2

ب. صلب ذو لون رمادي غامق جدًّا أو أسود.

ج. ١. تينيسيد الهيدروجين.

٢. HTs

ورقة العمل ٥-٣: تفاعُلات الهالوجينات

١ أ. بنفسجي.

ب. يوديد الألومنيوم.

ج. $2Al(s) + 3I_2(s) \longrightarrow 2AlI_3(s)$

د. أبخرة اليود سامّة، ويجب تجنّب استنشاقها.

٢ البروم أكثر نشاطًا كيميائيًّا من اليود، لأنه يقع أعلى من اليود في المجموعة VII لذلك سيكون التفاعل أكثر قوّة مع البروم.

٣ أ. $2Li(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2LiCl(s)$

ب. قد يُشكّل البوتاسيوم والكلور الزوج الأكثر نشاطًا كيميائيًّا.

البوتاسيوم هو الأسفل في المجموعة I من بين الفلزّات القلوية الثلاثة الموجودة في كلّ من الأزواج، لذلك سيكون الأكثر نشاطًا كيميائيًّا.

الكلور هو الأعلى في المجموعة VII من بين الهالوجينات الثلاثة الموجودة في كلّ من الأزواج، لذلك سيكون الأكثر نشاطًا كيميائيًّا.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. اللون رمادي–فضّي لامع / يفقد لمعانه بسرعة؛ أكثر نشاطًا مقارنة ببقيّة عناصر المجموعة ١.

ب. ١. ترتفع درجات الغليان كلّما اتّجهنا إلى الأسفل في المجموعة.

٢. 0.001 633 g/mL

٣. ستكون درجة الغليان أعلى من 153- °C؛ ستكون الكثافة أكبر من 0.003 423 g/mL.

ج. رُتِّبت العناصر في الجدول الدوري الحديث وفقًا لازدياد العدد الذرّي / عدد البروتونات أو عدد الإلكترونات، وليس وفقًا لازدياد الكتلة الذرّية.

حيث يمتلك عنصر البوتاسيوم العدد الذري 19، وهو فلزّ نشط كيميائيًّا، يشبه في خصائصه جميع العناصر الأخرى في المجموعة ١. في حين يمتلك عنصر الأرغون العدد الذرّي 18، وهو غاز غير نشط كيميائيًّا، يشبه في خصائصه جميع العناصر الأخرى في المجموعة VIII. لذا يكون البوتاسيوم في المجموعة ١، ويكون الأرغون في المجموعة VIII.

٢ أ. الهالوجينات.

ب. ١. هي الجُزيئات التي تتضمّن صيغتها الجزيئية ذرّتَين.

٢. Br_2

ج. ١. سائل؛ لونه بنّي محمرّ.

٢. (ج) أصفر.

٣. (ب) صلبة.

٤. 337 °C (أي قيمة أعلى من 300 °C إجابة صحيحة).

د. ١. تينيسيد الهيدروجين ⟶ هيدروجين + تينيساين.

٢. $2Na + Ts_2 \longrightarrow 2NaTs$

٣. الكلور

تينيساين + كلوريد الصوديوم ⟶ تينيسيد الصوديوم + الكلور

٣ استخدم ماصّة بلاستيكية، وأضف محلول كلوريد الصوديوم إلى ثلاث أنابيب اختبار موجودة في رفّ الأنابيب. ثم أضف قطرتَين من ماء الكلور إلى أنبوبة الاختبار الأولى، وماء البروم إلى أنبوبة الاختبار الثانية، ومحلول اليود إلى أنبوبة الاختبار الثالثة.

كرّر التجربة باستخدام محلول بروميد الصوديوم ومحلول يوديد الصوديوم بدلًا من محلول كلوريد الصوديوم.

محلول المركّب	الكلور	البروم	اليود
كلوريد الصوديوم	–	لا يتغيّر اللون	لا يتغيّر اللون
بروميد الصوديوم	يصبح لون المحلول داكنًا أكثر	–	لا يتغيّر اللون
يوديد الصوديوم	يصبح لون المحلول داكنًا أكثر	يصبح لون المحلول داكنًا أكثر	–

إذا أصبح لون المحلول داكنًا أكثر فذلك يعني حدوث تفاعُل إزاحة.

كلّما أظهرت نتائج الاختبارات لونًا داكنًا أكثر، كان الهالوجين المُضاف أكثر نشاطًا كيميائيًّا (وهكذا نجد أن الكلور أكثر نشاطًا من البروم، الذي يُعدّ أكثر نشاطًا من اليود)

$Cl_2(g) + 2Br^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br_2(aq)$

أو $Cl_2(g) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + I_2(aq)$

أو $Br_2(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Br^-(aq) + I_2(aq)$

الوحدة السادسة: الكيمياء الكهربائية

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
٩-١، ٩-٢، ٩-٣	٦-١ تفاعُلات الأكسدة والاختزال	٢	الأسئلة من ٦-١ الى ٦-٤ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١ و٢	تمرين ٦-١، الأكسدة والاختزال ورقة العمل ٦-١ تفاعُلات أكسدة-اختزال حولنا ورقة العمل ٦-٢ تفاعُلات أكسدة-اختزال
١٠-١، ١٠-٢، ١٠-٣، ١٠-٦، ١٠-٧، ١٠-٨، ١٠-٩	٦-٢ التحليل الكهربائي	٥	نشاط ٦-١ التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الخارصين (إثرائي) نشاط ٦-٢ التوصيل الكهربائي للمواد السائلة والمحاليل المائية نشاط ٦-٣ التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المُركّز (إثرائي) الأسئلة من ٦-٥ إلى ٦-٩ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و٤	تمرين ٦-٢ التحليل الكهربائي تمرين ٦-٣ تفكّك كلوريد النحاس (II) ورقة العمل ٦-٣ تحليل كهربائي بالألوان
١٠-٤، ١٠-٥، ١٠-١٠، ١٠-١١	٦-٣ تطبيقات على التحليل الكهربائي	٤	نشاط ٦-٤ التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II) الأسئلة من ٦-١٠ إلى ٦-١٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٥ و٦	تمرين ٦-٤ استخلاص الألومنيوم بالتحليل الكهربائي تمرين ٦-٥ صناعة الكلور القلوي تمرين ٦-٦ الطلاء الكهربائي ورقة العمل ٦-٤، استخلاص الألومنيوم ورقة العمل ٦-٥، التحليل الكهربائي الصناعي لمحلول ملحي ورقة العمل ٦-٦، تنقية النحاس

الموضوع ٦-١: تفاعلات الأكسدة والاختزال

الأهداف التعليمية

٩-١ يصف الأكسدة والاختزال في التفاعلات الكيميائيّة في ضوء فقد أو كسب الأكسجين. (يقتصر استخدام رقم التأكسد على تسمية الأيونات فقط، مثل: الحديد (II)، والحديد (III)، والنحاس (II).

٩-٢ يعرِّف تفاعلات الأكسدة والاختزال في ضوء انتقال الإلكترونات، ويحدّد نوع كل تفاعل وفق المعلومات المعطاة أو من خلال معادلة بسيطة.

٩-٣ يعرِّف العامل المؤكسد بأنّه مادّة تؤكسد مادّةً أخرى من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال ويحدّده، ويعرّف العامل المختزل بأنّه مادّة تختزل مادّةً أخرى من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال ويحدّده.

أفكار للتدريس

- ذكّر الطلبة بأنواع التفاعلات الكيميائية الرئيسية التي درسوها سابقًا، واطلب إليهم تحديد أنواع مختلفة من هذه التفاعُلات بالاستناد إلى المعادلات الكيميائية، للتعرّف على تفاعُلات الأكسدة والاختزال.
- ناقش العلاقة بين عمليتي الأكسدة والاختزال ضمن تفاعُل ما، مع التركيز في البداية على انتقال الأكسجين، وصولًا إلى تعريف كلتا العمليتَين كاستنتاج يتوصل له الطلبة. يجب تعريف مصطلحَي: «عامل مؤكسِد» و «عامل مختزِل» بدقة مع فكرة تفاعُل الأكسدة-اختزال الكلّي.
- ذكّر الطلبة بأنشطة سابقة؛ كاختزال أكسيد النحاس (II)، أو احتراق الماغنيسيوم، أو استعرض هذه الأنشطة لدعم المناقشة، التي قد تسهم في معالجة «النظرية» لهذا الموضوع واستخدامه للتدريب على كتابة المعادلات الكيميائية.
- أعطِ الطلبة وقتًا كافيًا من التدريب على تحديد المواد التي يتم اختزالها أو أكسدتها في المعادلات، إضافة إلى تحديد العامل المختزِل والعامل المؤكسِد الداخلَين في التفاعُلات.
- توسّع في تعريف مفهوم الأكسدة-اختزال إلى ما هو أبعد من الأمثلة التي تتضمّن انتقال الأكسجين فقط، لتشمل فقد أو كسب الإلكترونات. يمكن معاينة المعادلات الكيميائية البسيطة التي تتضمّن انتقال الأكسجين لتوضيح أن "الأكسدة" تنطبق أيضًا على فقدٍ للإلكترونات.
- انتقل إلى معادلات الأكسدة-اختزال التي لا تتضمّن الأكسجين. لا شك في أن مراجعة المعادلات الأيونية وكيفية اشتقاقها مفيد للطلبة قبل شرح ماهية أنصاف-المعادلات وكيفية كتابتها. يمكن أيضًا مراجعة كيفية تكوّن الأيونات، وذكر حالة الأكسدة عند كتابة الأسماء.
- راجع تفاعلات سابقة، كتفاعُلات الإزاحة للفلزّات أو الهالوجينات، للمساعدة في كتابة أنصاف-المعادلات ومعادلات تفاعُلات الأكسدة-اختزال.
- ضمّن المناقشة كيفية تحديد اتّجاه انتقال الإلكترونات في معادلة الأكسدة-اختزال، والعوامل المؤكسِدة أو المختزِلة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- تعريفات الاختزال والأكسدة بسيطة وواضحة، ولكن تطبيقها على أمثلة معيّنة يسبب صعوبة لبعض الطلبة. إضافة إلى أنّ إدخال مُصطلحَي «العامل المؤكسِد» و «العامل المختزِل» يضيف مزيدًا من التعقيد لديهم. لذا يجب استخدام استراتيجيات مثل الاستذكار لمساعدتهم على التذكّر. قد يكون من الصعب أيضًا على بعض منهم فهم كيفية كتابة أنصاف-المعادلات، وتحديد موضع الإلكترونات فيها. ومن المهم أن يصبح الطلبة قادرين ومتمكّنين من تحديد تفاعُلات الأكسدة-اختزال وخصائصها، وتوفير الكثير من الفرص لكتابة معادلات الأكسدة-اختزال باستخدام أنصاف-المعادلات أو العكس.

أفكار للواجبات المنزلية

- شجّع الطلبة على تطوير طرائقهم الخاصة في مجالي الاستذكار أو الاختصار لمساعدتهم على تذكُّر التعريفات المختلفة لمفاهيم الاختزال والأكسدة، والعوامل المختزِلة والعوامل المؤكسِدة.
- تمرين ٦-١، الأكسدة والاختزال، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٦-١ تفاعُلات أكسدة-اختزال حولنا، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٦-٢ تفاعُلات أكسدة-اختزال، في كتاب النشاط.
- الأسئلة من ٦-١ الى ٦-٤، في كتاب الطالب.
- أسئلة نهاية الوحدة، السؤالان ١ و٢، في كتاب الطالب.

الموضوع ٦-٢: التحليل الكهربائي

الأهداف التعليمية

١٠-١ يعرِّف عمليّة التحليل الكهربائيّ بأنّها مجموعة تفاعلات كيميائية ناتجة عن مرور التيار الكهربائي في مصهور أو محلول المركّب الأيونيّ المائي.

١٠-٢ يعرِّف مصطلحات الأقطاب الخاملة، والإلكتروليت، والمصعد (الآنود)، والمهبط (الكاثود) ويستخدمها.

١٠-٣ يصف الموادّ الناتجة عند الأقطاب والملاحظات الّتي رصدها، مستخدمًا الأقطاب الخاملة (مثل البلاتين والكربون) في التحليل الكهربائيّ لكلّ من:

- مصهور بروميد الرصاص (II)
- محلول كلوريد الصوديوم المركَّز
- حمض الكبريتيك المخفّف
- محلول كبريتات النحاس (II) المائيّة

١٠-٦ يذكر المبدأ العامّ؛ وهو أنّ الفلزات أو الهيدروجين يتشكّلان عند القطب السالب المهبط (الكاثود) وأنّ اللّافلزات (غير الهيدروجين) تتشكّل عند القطب الموجب المصعد (الآنود).

١٠-٧ يتنبّأ بالموادّ الناتجة من التحليل الكهربائيّ لمصهور مركّب ثنائيّ.

١٠-٨ يصف التحليل الكهربائيّ في ضوء الأيونات المتواجدة والتفاعلات عند الأقطاب، وفي ضوء اكتساب الكاتيونات للإلكترونات وفقدان الأنيونات للإلكترونات لتكوين ذرّات متعادلة.

١٠-٩ يُكوّن أنصاف-معادلة أيونيّة بسيطة للموادّ المتكوّنة عند المهبط (الكاثود)، والموادّ المتكوّنة عند المصعد (الآنود).

أفكار للتدريس

- ابدأ بمناقشة مع الطلبة تذكّرهم بالتوصيل الكهربائي كخاصّية فيزيائية، وأنواع المواد الموصّلة وغير الموصّلة، والأجهزة التي يمكن استخدامها لاختبار خاصّية التوصيل. توسّع في المناقشة لتضمّنها المواد السائلة.
- يمكن إعداد نشاط عملي بسيط لاختبار أفكار وعرضها عن التوصيل الكهربائي لمواد مختلفة. برهن عدم قابلية المُركّبات الأيونية في الحالة الصلبة على التوصيل الكهربائي، وكيف يتغيّر ذلك إذا كانت هذه المُركّبات مصهورة أو ذائبة في محلول مائي. ناقش مع الطلبة لماذا ينبغي أن يشكّل التغيُّر في الحالة الفيزيائية أو في الظروف فرقًا حيال المُركّبات الأيونية، ولكن ليس حيال المواد التساهمية (هذا صحيح في حالة الانصهار، لكنه ليس صحيحًا في المحاليل المائية؛ حيث تتفكّك بعض المواد التساهمية القطبية في المحاليل المائية لتكون أيونات، وتصبح بالتالي موصّلة للكهرباء والأمثلة على ذلك كثيرة: HCl H_2SO_4 HNO_3...).

- شجّع الطلبة على تقديم ملاحظاتهم عندما يتمّ توضيح النشاطات العملية. يعدّ استخدام الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعُل كيميائي مفهومًا مهمًا، ويجب توضيح الاختلاف توضيحًا جيّدًا بين التوصيل الكهربائي بوساطة مادة ما، فلزّ مثلًا، وتفكّك مادة ما أثناء عملية تحليل كهربائي.
- عرّف التحليل الكهربائي والمصطلحات المرتبطة به. يجب عرض جهاز التحليل الكهربائي، مع شرح الوظيفة الخاصة بكل جزء من الجهاز، بالإضافة إلى رسم مخطّطات معنونة لتعزيز فهم الطلبة. ومن الأفضل تقديم أمثلة مباشرة وبسيطة تتضمّن مُركّبات أيونية ثنائية مصهورة، بهدف عرض الأفكار الأساسية وعملية التحليل الكهربائي.
- **التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الخارصين، كنشاط عملي (نشاط ٦-١)** أو كفيديو يعرض التحليل الكهربائي لمصهور بروميد الرصاص، يساعد على ترسيخ المعلومات التجريبية لدى الطلبة. يجب استخدام ذلك لتشجيع وتعزيز مهارات الملاحظة والاستنتاج التي سيحتاجون إلى تطبيقها في هذا الموضوع. يمكن أيضًا تدريبهم على كتابة أنصاف-معادلة للتفاعُلات التي تحدث في العرض العملي، أو في أمثلة نظرية أخرى لإلكتروليتات.
- ناقش التوصيل الكهربائي للماء، ولماذا يعدّ استخدام معدّات كهربائية قرب الماء خطرًا. يمكنك عرض وتوضيح ما يحدث عند وضع ماء نقي في خلية إلكتروليتية، ثم مقارنة ذلك بما يحدث عند إضافة حمض الكبريتيك. تُقاس كمّيات المواد الناتجة من التحليل الكهربائي لحمض الكبريتيك المخفّف عند الأقطاب الكهربائية باستخدام جهاز هوفمان، واختبار هذه المواد. بعد ذلك يُجرى نقاش عن الأيونات والعمليات التي تحدث في المحلول.
- يمكن للطلبة إجراء **النشاط ٦-٢ (التوصيل الكهربائي للمواد السائلة والمحاليل المائية)**، ومشاهدة عرض عملي **للتحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركّز (نشاط ٦-٣) أو كبريتات النحاس (II)**. إنّ هذا يساعدهم على تطوير مهاراتهم العملية والبدء ببناء فهمهم للأنماط ضمن ملاحظاتهم. يكون استخدام الرسوم المتحركة مفيدًا جدًّا أيضًا في تعزيز شرح التغيُّرات التي تحدث عند الأقطاب الكهربائية.
- استخدم نتائج التجارب السابقة، وناقش واربط بين المواد الناتجة من عملية التحليل الكهربائي وطبيعة الإلكتروليت وظروف العملية. يمكن الوصول مع الطلبة إلى المبدأ العام الذي ينصّ على أن الفلزّات أو الهيدروجين يتكوّنان عند القطب السالب (الكاثود، المهبط)، وأن العناصر اللافلزّية (عدا الهيدروجين) تتكوّن عند القطب الموجب (الآنود، المصعد). يمكنهم أيضًا كتابة أنصاف-المعادلة لشرح تكوّن المواد الناتجة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يكون هذا الموضوع مجرّدًا إلى حد بعيد؛ بحيث يصعب على الطلبة فهمه. وسيكون الرجوع إلى الموضوع السابق عن انتقال الإلكترونات ضروريًا. تكمن الصعوبة الرئيسية هنا في فهم عمليات نزع شحنة الأيونات عند الأقطاب الكهربائية. ومن المهمّ تعزيز الأفكار الأساسية لهذه العمليات باستخدام الأمثلة الأقل تعقيدًا قبل التطرّق إلى الأمثلة الأكثر تعقيدًا. سيجد الطلبة أنه من الأسهل ربط هذه الأفكار مع القواعد ليكونوا قادرين على توقُّع المواد الناتجة من التحليل الكهربائي لمُركّب مصهور أو لمحلول ما.

أفكار للواجبات المنزلية

- اطلب من الطلبة إعداد مخطّطاتهم الخاصة لتوقُّع المواد الناتجة من التحليل الكهربائي.
- تمرين ٦-٢ التحليل الكهربائي، في كتاب النشاط.
- تمرين ٦-٣ تفكُّك كلوريد النحاس (II)، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٦-٣ تحليل كهربائي بالألوان، في كتاب النشاط.
- الأسئلة من ٦-٥ إلى ٦-٩، في كتاب الطالب.
- أسئلة نهاية الوحدة، السؤالان ٣ و٤، في كتاب الطالب.

الموضوع ٦-٣: تطبيقات على التحليل الكهربائي

الأهداف التعليمية

١٠-٤ يصف الموادّ الناتجة عند الأقطاب والملاحظات الّتي رصدها خلال التحليل الكهربائيّ لمحلول كبريتات النحاس (II) مُستخدمًا أقطاب النحاس (بالطريقة المُستخدَمة في تنقية النحاس).

١٠-٥ يصف الطلاء الكهربائيّ بالنحاس.

١٠-١٠ يعرف أنّ الألومنيوم يُستخرج من خام البوكسيت عن طريق التحليل الكهربائيّ.

١٠-١١ يصف، باختصار، تصنيع الموادّ الآتية كيميائيًا:

- الألومنيوم من أكسيد الألومنيوم النقيّ في مصهور الكريولايت
- الكلور والهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم من محلول كلوريد الصوديوم المُركَّز (المحلول الملحي)

(يكتفى بإعطاء الطلبة معلومات عن الموادّ الأوّليّة والظروف الأساسيّة، وليس ضروريًّا تزويدهم بتفاصيل فنّيّة أو رسومات توضيحيّة).

أفكار للتدريس

- أعد مراجعة طرائق استخلاص الفلزّات، مع التركيز بشكل خاص على طريقة التحليل الكهربائي والفلزّات التي تتطلب ذلك. أدر مناقشة عن إمكانية تطبيق ذلك بطريقة مماثلة على اللافلزّات.
- أوجز التطبيق الصناعي للتحليل الكهربائي المُستخدم لاستخلاص الألومنيوم. يجب تغطية تفاصيل الإلكتروليت والظروف والأقطاب الكهربائية والمواد الناتجة. يمكن أيضًا وصف التفاعُلات التي تحدث عند الأقطاب الكهربائية باستخدام المعادلات النصفية. دع الطلبة يناقشون الاحتياجات من الطاقة المتضمّنة في هذه العملية وعوامل أخرى يجب أخذها في الحسبان، عند استخلاص الألومنيوم على نطاق واسع.
- أوجز التطبيق الصناعي للتحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المُركّز، الذي يستخدم لتحضير الكلور وهيدروكسيد الصوديوم. يجب تغطية تفاصيل الإلكتروليت، والظروف، والأقطاب الكهربائية، والمواد الناتجة. يمكن أيضًا وصف التفاعُلات التي تحدث عند الأقطاب الكهربائية باستخدام أنصاف-المعادلة. دع الطلبة يناقشون الظروف المطبّقة لضمان أفضل نقاوة ومردود من المواد الناتجة وعوامل أخرى يجب أخذها في الحسبان خلال عملية التصنيع على نطاق واسع.
- اعرض على الطلبة مقاطع فيديو توضّح العمليات الصناعية في التحليل الكهربائي، ليدركوا بوضوح كبير مقياس التصنيع والاختلافات في المعدّات المستخدمة، وأهمّية المواد الناتجة نفسها.
- اشرح كيف يمكن أيضًا استخدام التحليل الكهربائي في تطبيقات أوسع من مجرّد استخلاص العناصر، مثل تنقية الفلزّات. يجب التشديد على أهمّية المواد المستخدمة كأقطاب كهربائية، وعلى أنصاف-المعادلة المتضمّنة في أمثلة معيّنة.
- يمكن للطلبة استقصاء المواد الناتجة عن التحليل الكهربائي وربطها بالأقطاب الكهربائية المستخدمة في **النشاط ٦-٤ (التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II))**.
- يمكنهم أيضًا مناقشة عملية تطبيق الطلاء الكهربائي والغرض منها. حيث يُعرض تطبيق عملي للطلاء الكهربائي بالنحاس أو الفضّة لجسم فلزّي، وإبراز أهمّية تحديد القطبية الصحيحة للأقطاب الكهربائية. ومن المفيد تدريب الطلبة على كتابة أنصاف-المعادلة مرة أخرى، لوصف العمليات التي تحدث عند كل قطب كهربائي.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يواجه الطلبة مرة أخرى، وهم يستكملون الموضوع السابق، مشكلة فهم عملية الأكسدة–اختزال عند كل قطب كهربائي خلال التحليل الكهربائي لأكسيد الألومنيوم ومحلول كلوريد الصوديوم المركّز، مع أنّها تشكّل تعزيزًا مفيدًا للأفكار الرئيسية. قد يهملون تعلُّم الظروف الأساسية لهذه العمليات، لذا يجب التأكيد عليها. ويحتمل أيضًا أن يهملوا عمليات تنقية الفلزّات والطلاء الكهربائي أو اعتبارها نوعًا خاصًا من التحليل الكهربائي. لذا يجب لفت انتباههم كي يكونوا دقيقين في تحديد التفاصيل الأساسية ليوضّحوا كيف يمكن تحقيق هذه العمليات الصناعية بنجاح.

أفكار للواجبات المنزلية

- تمرين ٦–٤ استخلاص الألومنيوم بالتحليل الكهربائي، في كتاب النشاط.
- تمرين ٦–٥ صناعة الكلور القلوي، في كتاب النشاط.
- تمرين ٦–٦ الطلاء الكهربائي، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٦–٤، استخلاص الألومنيوم، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٦–٥، التحليل الكهربائي الصناعي لمحلول ملحي، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٦–٦، تنقية النحاس، في كتاب النشاط.
- الأسئلة من ٦–١٠ إلى ٦–١٢، في كتاب الطالب.
- أسئلة نهاية الوحدة، السؤالان ٥ و ٦، في كتاب الطالب.

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ٦-١: التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الخارصين (إثرائي)

المهارات:

- **يُبيّن بطريقة عملية معرفته بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتِّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **ينجز التجربة ويسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**

يوضّح هذا النشاط العملي الذي ينفّذه المعلم، التحليل الكهربائي لمصهور مُركّب ثُنائي، واستقصاء المواد الناتجة.

المواد والأدوات والأجهزة

- بوتقة خزفية
- مثلّث خزفي وحامل ثلاثي الأرجل
- موقد بنزن
- سدادة مطاطية أُدخل فيها عمودان من الجرافيت تفصل أحدهما عن الآخر مسافة 1 cm تقريبًا
- حامل معوجّ مع مشبك (لتثبيت السدادة المطاطية)
- مصدر طاقة ذو جهد منخفض وأسلاك توصيل
- مصباح
- ملاقط أسنان تمساح
- زوج من الملاقط الفلزّية
- مسحوق كلوريد الخارصين
- كاميرا موصولة على شاشة كومبيوتر أو لابتوب أو كاميرا فيديو (اختياري)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- إلبس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- اغسل يدَيك بعد انتهاء التجربة.
- نفّذ التجربة في خزانة الأبخرة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- دعِ الجهاز الساخن يبرد قبل التعامُل معه.
- يعد كلوريد الخارصين مادة صلبة مسبّبة للتآكل وضارّة. لذا يجب عدم لمس هذه المادة بشكل مباشر.
- يعتبر غاز الكلور سامًا عند استنشاقه، لذا يتم تنفيذ التجربة في خزانة أبخرة لتجنُّب استنشاقه.

ملاحظات

- تبلغ درجة غليان كلوريد الخارصين نحو 730 °C، وقد يؤدّي الجمع بين التسخين وتمرير التيار الكهربائي عبره إلى غليانه، لذلك احرص على استخدام حرارة منخفضة إلى متوسطة فقط لصهر المُركّب.
- قد يبقى المصباح مضاءً لبعض الوقت بعد توقُّف التسخين بموقد بنزن، لأنّ المركّب سيبقى منصهرًا لبعض الوقت. لذا يكون من الأفضل أن يرى الطلبة أن المصباح قد انطفأ بعد تحوُّل المخلوط إلى الحالة الصلبة. كما سيكون صعبًا صهر المخلوط مرة أخرى بعد التبريد.
- نظرًا لتنفيذ التجربة في خزانة أبخرة، يُنصح بإعداد كاميرا ويب أو كاميرا فيديو كي يتمكّن الطلبة من رؤية التحليل الكهربائي والاختبارات بشكل أكثر وضوحًا.
- يمكن التوسُّع في التجربة بإجراء عملية فصل للخارصين. عندما يبرد المخلوط ليبلغ درجة حرارة الغرفة، ضعه في كأس زجاجية تحتوي على ماء مقطّر لإذابة كلوريد الخارصين، ثم رشِّح المخلوط لتحصل على بلّورات الخارصين، واعرضها على الطلبة.

النتائج

مدّة إضاءة المصباح	ملاحظات عند القطب السالب	ملاحظات عند القطب الموجب
لم يضيء المصباح قبل تسخين المادة الصلبة. عندما انصهر المُركّب وتحوّل إلى سائل، أضاء المصباح. عندما برد المُركّب وتحوّل إلى مادة صلبة، انطفأ المصباح.	تكوّن سائل فلزّي رمادي اللون حول القطب، وبعد توقُّف التسخين برد السائل المتكوّن وتحوّل إلى بلّورات.	انبعث غاز لونه أخضر فاتح عند القطب، وتوقّف عن الانبعاث عند إيقاف تشغيل مصدر الطاقة.

الاستنتاجات

١ فلز الخارصين

٢ غاز الكلور

إجابات الأسئلة

١ حتى تكون الأيونات الموجودة في كلوريد الخارصين حرة الحركة، وتستطيع بالتالي توصيل التيار الكهربائي عند انصهار المُركّب وتحوُّله إلى سائل.

٢ $Zn^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow Zn(l)$

٣ $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

٤ يعدّ كلوريد الخارصين مادة صلبة مسبّبة للتآكل وضارّة. لذا يجب عدم لمس هذه المادة بشكل مباشر. وعلى المعلم ارتداء القفّازَين.

- يجب ترك الأجهزة الساخنة لتبرد قبل التعامُل معها مرّة ثانية لتجنُّب حدوث حروق للأشخاص أو تلف للمعدّات.
- تُحفظ المعدّات الكهربائية بعيدًا عن الماء، لتجنُّب التعرُّض لصدمة كهربائية أو صعق كهربائي.
- غاز الكلور سامّ عند استنشاقه، لذا يتم تنفيذ التجربة في خزانة أبخرة لتجنُّب استنشاقه.

نشاط ٦-٢: التوصيل الكهربائي للمواد السائلة والمحاليل المائية

المهارات:

- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة)**
- **ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**

تختبر هذه التجربة عددًا من المواد السائلة والمحاليل من حيث التوصيل الكهربائي من عدمه. وهي تختبر أيضًا نوع المادة السائلة أو المحلول: هل هي إلكتروليت أم لاإلكتروليت.

المواد والأدوات والأجهزة

- كأس زجاجية (100 mL)
- عمود من الجرافيت عدد 2
- ملقط أسنان تمساح عدد 2
- حامل للأقطاب
- مصدر طاقة ذو جهد منخفض وأسلاك توصيل
- مصباح
- ماء مقطّر
- محلول كبريتات الصوديوم (0.5 mol/L)
- حمض الهيدروكلوريك (0.5 mol/L)
- بروميد البوتاسيوم (0.5 mol/L)
- يوديد الصوديوم (0.5 mol/L)
- نترات الماغنيسيوم (0.5 mol/L)
- محلول السكّر (0.5 mol/L)
- إيثانول
- محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.5 mol/L)
- كبريتات النحاس (II) (0.5 mol/L)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- إلبس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- اغسل يدَيك بعد انتهاء التجربة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- نظّف أي انسكابات باستخدام الماء.
- نفّذ التجربة في المختبر بمكان جيد التهوئة.
- أطفئ الأجهزة والمعدات الكهربائية بعد استخدامها مباشرة أو أثناء تسجيل الملاحظات، كي لا تتراكم الأبخرة أو الغازات.
- الإيثانول مادّة سريعة الاشتعال.
- يعد محلول حمض الهيدروكلوريك، محلول هيدروكسيد الصوديوم، محلول كبريتات النحاس (II) من المواد المُهيِّجة للجلد والجهاز التنفسي.

ملاحظات

- يعدّ تنفيذ هذه التجربة أمرًا بسيطًا نسبيًا. يمكن لمجموعات مختلفة من الطلبة في الفصل تجربة مجموعات مختلفة من المحاليل أو السوائل لتوسيع نطاق الاحتمالات التي تم اختبارها (نترات النحاس (II) على سبيل المثال).
- يجب أن تكون المحاليل بتركيز تقريبي 0.5 mol/L أو أقلّ. ويجب أن يكون مصدر الطاقة تيّارًا كهربائيًا مباشرًا، وأن يُضبط عند 6 V أو أقلّ.
- تأكّد من عدم محاولة الطلبة استنشاق أي من أبخرة الهالوجين الناتج مباشرةً. احرص على الاستعلام عمّا إذا كان أي منهم يعاني من الربو أو من أي رد فعل تحسُّسي تجاه هذه الغازات السامة. في هذا السياق، لا تسمح بتاتًا بإجراء التحليل الكهربائي لمحاليل الهاليد لمدة زمنية أطول مما هو ضروري.
- في حال إعادة استخدام أقطاب الجرافيت، يجب ترك التحليل الكهربائي للمحاليل النحاسية إلى النهاية، لأن طلاء النحاس الذي يتكوّن خلال التحليل الكهربائي تصعب إزالته.

النتائج

ملاحظات	كبريتات الصوديوم	ماء مقطّر	بروميد البوتاسيوم	يوديد الصوديوم	نترات الماغنيسيوم	حمض الهيدروكلوريك	محلول السكر	إيثانول	هيدروكسيد الصوديوم	كبريتات النحاس (II)
هل يضيء المصباح؟	نعم	لا أو في شكل ضعيف	نعم	نعم	نعم	نعم	لا	لا	نعم	نعم
ملاحظات عند الكاثود (−)	غاز عديم اللون	لا شيء	غاز عديم اللون	غاز عديم اللون	غاز عديم اللون	غاز عديم اللون	لا شيء	لا شيء	غاز عديم اللون	صلب بنّي محمرّ
المادة الناتجة	هيدروجين	لا شيء	هيدروجين	هيدروجين	هيدروجين	هيدروجين	لا شيء	لا شيء	هيدروجين	نحاس
ملاحظات عند الآنود (+)	غاز عديم اللون	لا شيء	محلول بنّي- برتقالي	محلول بنّي داكن	غاز عديم اللون	تتكوّن فقاعات صغيرة عند القطب، ثم تذوب لتكوّن محلولًا ذا لون أصفر فاتح	لا شيء	لا شيء	غاز عديم اللون	غاز عديم اللون
المادة الناتجة	أكسجين	لا شيء	بروم	يود	أكسجين	كلور	لا شيء	لا شيء	أكسجين	أكسجين

الاستنتاجات

١. إذا توهّج المصباح بشكل ضعيف، فهذا يعني أن تركيز الأيونات في المحلول منخفض. (إذا لم يتوهج المصباح بتاتًا، فذلك يعني أن المحلول لا يحتوي على أيونات).

٢. يتكوّن الماء من جُزيئات تساهمية، وإذا كان الجهد الكهربائي منخفضًا فإنه يتجزأ في شكل محدود ليكوّن كمّية صغيرة جدًّا من الأيونات التي تسمح له بتوصيل الكهرباء على نحو محدود. (إذا كان الجهد الكهربائي أكبر، فسيتجزأ المزيد من جُزيئات الماء إلى أيونات، مما يؤدّي إلى توصيل كهربائي أكبر)

٣. يمكن للإلكتروليت والمواد الناتجة أن تسبّب شوائب للتجربة اللاحقة. وبما أن المحاليل المستخدمة تحتوي على الماء، فلن يؤثّر غسل الأدوات بالماء على نتائج التحليل الكهربائي.

٤. كبريتات الصوديوم، بروميد البوتاسيوم، يوديد الصوديوم، نترات الماغنيسيوم، حمض الهيدروكلوريك، هيدروكسيد الصوديوم، وكبريتات النحاس (II).

٥. الأملاح والأحماض والقلويات

٦. الهيدروجين

٧. اليود

إجابات الأسئلة

١ توجد أيونات موجبة و أيونات سالبة يمكنها الانتقال نحو الأقطاب الكهربائية حاملة التيار الكهربائي. كأن يحتوي محلول كبريتات النحاس (II) على أيونات Cu^{2+} و SO_4^{2-}؛ ويحتوي محلول هيدروكسيد الصوديوم على أيونات Na^+ و OH^-.

٢ تُستخدم أقطاب الجرافيت لأنها أقطاب كهربائية خاملة كيميائيًا. توصّل هذه الأقطاب الكهرباء بين المحلول وباقي الدائرة الكهربائية، ولكنها لا تتفاعل مع الإلكتروليت أو المواد الناتجة.

نشاط ٦-٣: التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركّز (إثرائي)

المهارات:

- **يُبيِّن بطريقة عملية معرفته المُتعلّقة بكيفيّة الاستخدام الآمن للتقنيّات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**

يهدف هذا النشاط العملي الذي ينفّذه المعلّم إلى استقصاء المواد الناتجة المتكوّنة عند إجراء تحليل كهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المُركّز.

المواد والأدوات والأجهزة

- خلية إلكتروليتية مع أسلاك توصيل وملاقط أسنان تمساح
- حامل ومشابك
- أنابيب اختبار صغيرة
- محلول كلوريد الصوديوم (1 mol/mL)
- محلول كاشف عام
- ورق كاشف عام
- عيدان ثقاب خشبية
- كاميرا موصولة على شاشة كومبيوتر أو لابتوب أو كاميرا فيديو (اختياري)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- إلبس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- نفّذ التجربة في خزانة الأبخرة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- أطفئ الأجهزة والمعدات الكهربائية بعد استخدامها مباشرة أو أثناء تسجيل الملاحظات، كي لا تتراكم الأبخرة أو الغازات.
- نظّف أي انسكابات باستخدام الماء.
- غاز الهيدروجين قابل الإشتعال لذا يجب إبعاد أي مصدر اشتعال أو لهب عن هذا الغاز. يُعدّ محلول الكاشف العامّ من المواد سريعة الاشتعال، تجنَّب تعريضه للحرارة أو اللهب.
- يُعدّ غاز الكلور، ومحلول هيدروكسيد الصوديوم من المواد المُهيِّجة للجلد والجهاز التنفسي.

ملاحظات

- تأكّد من عدم محاولة الطلبة استنشاق أيٍّ من أبخرة الهالوجين الناتج مباشرةً. احرص على الاستعلام عمّا إذا كان أيٌّ منهم يعاني من الربو أو من أي رد فعل تحسُّسي تجاه هذه الغازات السامة. احرص على ابقاء الخلية الإلكتروليتية داخل خزانة الأبخرة. قم بإجراء أي اختبار لغاز الكلور داخل خزانة الأبخرة.
- يجب أن تكون نسبة حجمَي غازَي الهيدروجين والكلور الناتجَين أثناء التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم 1 : 1، وهو ما لا تتم ملاحظته عمليًا؛ لأن الكلور غاز يذوب قليلًا في المحاليل المائية، لذا لا يبدأ الغاز بالتجمُّع إلاّ بعد أن يصبح محلول الإلكتروليت مشبعًا به.
- نظرًا لتنفيذ التجربة في خزانة الأبخرة، يُنصح بالاستعانة بكاميرا موصولة على شاشة كومبيوتر أو لابتوب أو كاميرا فيديو، كي يتمكّن الطلبة من رؤية التحليل الكهربائي والاختبارات بشكل أكثر وضوحًا.

النتائج

وجه المقارنة	المحلول الباقي في الخلية	الملاحظات عند الكاثود (−)	الملاحظات عند الآنود (+)
المظهر الخارجي	عديم اللون	غاز عديم اللون	غاز ذو لون أخضر فاتح
نتيجة الاختبار	يتغيّر لون المحلول إلى بنفسجي مزرقّ عند إضافة محلول الكاشف العام	عند تقريب عود ثقاب مُشتعل نحو فوهة الأنبوبة يُحدث «فرقعة»	يتغيّر لون ورق الكاشف العام إلى الأحمر، ثم يتحوّل إلى اللون الأبيض

الاستنتاجات

١ غاز الهيدروجين

٢ غاز الكلور

٣ قلوي

إجابات الأسئلة

١ الكاثود: $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

الآنود: $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

٢ يزداد الرقم الهيدروجيني للمحلول أثناء التحليل الكهربائي. في البداية، يكون المحلول متعادلًا نظرًا لوجود كميات متساوية من أيونات H^+ و OH^- من الماء، ولكن بعد اختزال أيونات H^+ إلى جزيئات هيدروجين H_2 تصبح أيونات OH^- فائضة، ويصبح المحلول قلويًا.

٣ يذوب غاز الكلور قليلًا في الماء، ممّا يقلّل من حجم الغاز الذي تم تجميعه مقارنة بغاز الهيدروجين غير القابل للذوبان في الماء.

٤
- الهيدروجين غاز قابل للاشتعال، لذا يجب إبعاد أي مصدر اشتعال أو لهب عن هذا الغاز.
- غاز الكلور سام إذا تم استنشاقه، لذا تنفّذ التجربة في خزانة الأبخرة لتجنّب استنشاقه.
- محلول هيدروكسيد الصوديوم مهيّج إذا كان مُخفّفًا وأكّال إذا كان تركيزه كبيرًا. لا يتم التعامل مع هذا المحلول أو لمسه مباشرةً، ويجب غسله بكمّية كبيرة من الماء في الحوض.

٥ عند استخدام محلول مخفّف جدًا، يتم إنتاج الأكسجين عند الآنود كنتيجة لنزع شحنة أيونات OH^-.

نشاط ٦-٣: عرض نشاط عملي ينفّذه المعلم

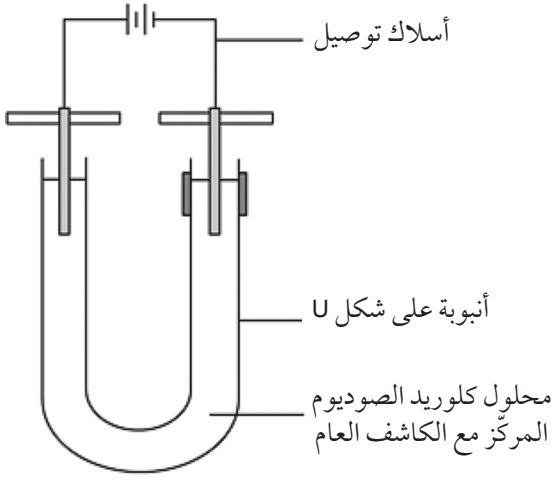
التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركّز في أنبوبة على شكل U

المواد والأدوات والأجهزة

- أنبوبة على شكل U
- مشبك وحامل
- قطب كهربائي من الجرافيت عدد 2
- حامل أقطاب عدد 2
- سلك توصيل عدد 2
- مصدر طاقة
- كأس زجاجية 100 mL
- محلول من كلوريد الصوديوم المركز (1 mol/L)
- ملعقة كيماويات
- كاشف عام
- ساق زجاجية للتحريك
- ماء مقطّر
- ورقة بيضاء (اختياري)
- كاميرا موصولة على شاشة كومبيوتر أو لابتوب أو كاميرا فيديو (اختياري)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- إلبس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- نفّذ التجربة في خزانة الأبخرة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- أطفئ الأجهزة والمعدات الكهربائية بعد استخدامها مباشرة أو أثناء تسجيل الملاحظات، كي لا تتراكم الأبخرة أو الغازات.
- نظّف أي انسكابات باستخدام الماء.



الطريقة

١ أضف عدة قطرات من محلول الكاشف العام إلى محلول كلوريد الصوديوم المركّز. يجب أن تكون الكمّية المضافة كافية لإعطاء المحلول لونًا أخضر داكنًا إلى حدّ مقبول.

٢ أضف المحلول المركّز الى الأنبوبة (U). ثبّت الأنبوبة (U) بمشبك على الحامل، وضعها في خزانة الأبخرة.

٣ أدخل قطبًا كهربائيًا نظيفًا من الجرافيت في موضعه في كل جانب من الأنبوبة (U).

٤ صِل الأسلاك بالأقطاب الكهربائية، ثم بمصدر الطاقة، واضبطه على 10 V.

٥ شغّل مصدر الطاقة، ولاحظ بدقة ما يحدث خلال ٥ دقائق تقريبًا. يساعد وضع ورقة بيضاء وتثبيتها خلف الأنبوبة (U) على رصد تغيُّر اللون بسهولة أكبر.

ملاحظات وشرح

بهدف شرح الملاحظات، يجب على الطلبة أن يتذكروا أنه يوجد أربعة أيونات في المحلول Na^+ و Cl^- من كلوريد الصوديوم، وH^+ وOH^- من الماء. يجب أن يكونوا قادرين على ملاحظة تكوّن فقاعات الغاز عند كل قطب كهربائي.

عند القطب الموجب، يتحوّل لون الكاشف العام في البداية إلى الأحمر، ثم يصبح عديم اللون. ويدل هذا على وجود الكلور الذي يتكوّن عند نزع شحنة أيونات الكلور. عند القطب السالب، يتحوّل لون الكاشف إلى البنفسجي، في حين يبقى لون الجزء الباقي من المحلول أخضر. إنّ نزع شحنة أيونات الهيدروجين عند القطب السالب أسهل من نزع شحنة أيونات الصوديوم التي تبقى بالتالي في المحلول. وبعد نزع شحنة أيونات الهيدروجين في المحلول، تبقى أيونات الهيدروكسيد عند القطب السالب، مكوّنة مع أيونات الصوديوم محلول هيدروكسيد الصوديوم. وبما أن هيدروكسيد الصوديوم مادة قلوية، فإنه يسبِّب تحوّل لون الكاشف العام إلى البنفسجي عند القطب السالب.

ملاحظة

صمِّمت ورقة العمل ٦-٣ للاستعانة بها خلال هذا العرض العملي.

نشاط ٦-٤: التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II)

المهارات:

- **يُبيِّن بطريقة عملية معرفته المُتعلّقة بكيفيّة الاستخدام الآمن للتقنيّات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **يُنجز التجربة ويُسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**

في هذا النشاط، عليك أن تخطّط لاستقصاء التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II).

المواد والأدوات والأجهزة

- محلول كبريتات النحاس (II) (0.5 mol/L)، 200 mL
- كأس زجاجية
- عمود من الجرافيت عدد 2
- حامل ومشابك للأقطاب الكهربائية
- مصدر طاقة (تيار كهربائي مستمرّ)
- مصباح صغير
- أسلاك توصيل وملاقط أسنان تمساح
- أشرطة من النحاس

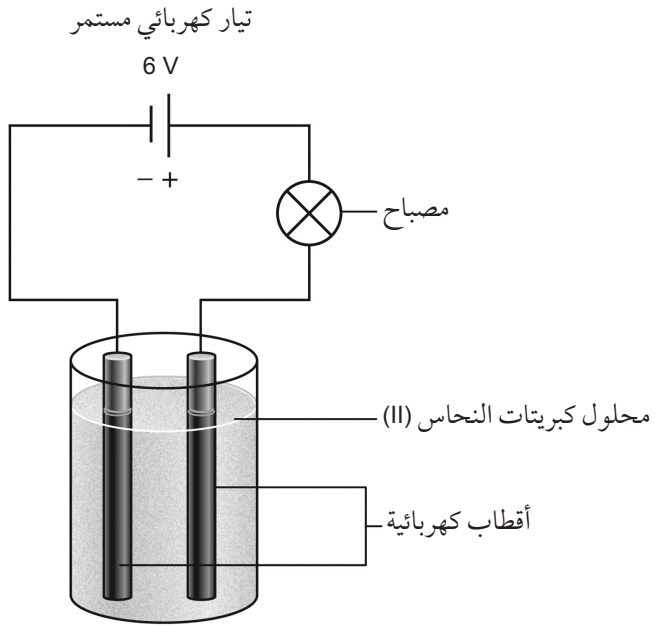
⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- إلبس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- محلول كبريتات النحاس (II) مادة سامّة، تجنّب ملامسة المواد الكيميائية للعينين أو الجلد.

ملاحظات

- نظرًا لأن هذه الخطّة قد أعدّها الطلبة، فيجب التحقّق من التفاصيل بدقة للتأكُّد من سلامتها وصلاحيتها قبل السماح لهم بالتنفيذ. يمكنهم استخدام جهود كهربائية، وتراكيز، وحجوم، ومدد زمنية مختلفة عن تلك المذكورة في الأمثلة، ويمكنهم تجربة كمّيات مختلفة من المواد بعد موافقة المعلم.
- إذا تم إجراء التجربة كمّيًّا، فقد يحتاج الطلبة إلى بعض الإرشادات العملية من أجل تحسين الدقّة. يجب تنظيف الأقطاب الكهربائية النحاسية بورق السنفرة قبل البدء بالتجربة. ويجب التعامُل مع الأقطاب الكهربائية النحاسية بدقة بعد انتهاء التحليل الكهربائي، لأن النحاس المترسّب عليها قد لا يكون ملتصقًا بشكل تام. يمكن تسريع عملية التجفيف عن طريق غمس الأقطاب في كأس تحتوي على البروبانون (الأسيتون) وتركها لتجف في خزانة الأبخرة، أو في مكان جيد التهوئة قبل إعادة الوزن.

مثال على المخطّط



مثال على الطريقة

١ قم بإعداد الجهاز كما هو موضّح في المخطّط أعلاه، باستخدام قطبَي جرافيت.

٢ قِس 100 mL من محلول كبريتات النحاس (II) باستخدام مخبار مدرّج، وصبّها في الكأس الزجاجية.

٣ اضبط مصدر الطاقة على 6 V وشغّله لمدة 10 دقائق.

٤ سجّل الملاحظات عن ما يحدث عند كلٍّ من الكاثود والآنود، وفي المحلول.

٥ كرّر التجربة باستخدام قطبَين من النحاس.

النتائج

	كاثود من الجرافيت (-)	آنود من الجرافيت (+)	محلول كبريتات النحاس (II)
المظهر الخارجي أثناء التحليل الكهربائي			

	كاثود من النحاس (-)	آنود من النحاس (+)	محلول كبريتات النحاس (II)
المظهر الخارجي أثناء التحليل الكهربائي			

آنود الجرافيت: $4OH^-(aq) \longrightarrow O_2(aq) + 2H_2O(aq) + 4e^-$

كاثود الجرافيت: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

آنود النحاس: $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

كاثود النحاس: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

إجابات الأسئلة

١ سوف تختلف تجارب الطلبة وإجاباتهم باختلاف الطريقة المعتمدة، ولكن تنظيف الأقطاب الكهربائية النحاسية قبل الاستخدام مهم جدًّا، لأن أي شوائب موجودة ستقلّل من فاعليتها كأقطاب كهربائية. يعد استخدام ورق السنفرة لتنظيف الأقطاب الكهربائية النحاسية إحدى الطرائق لتحسين فاعليتها. قد لا تكون المدة الزمنية المعتمدة أوالجهد المستخدم كافيَين لإحداث تغيّر ملحوظ في الأقطاب الكهربائية أو في المحلول؛ ويمكن الحصول على نتائج أكثر وضوحًا، في حال إجراء التحليل الكهربائي لمدة أطول أو استخدام جهد أكبر، وبخاصّة للمحلول والأقطاب النحاسية.

٢ يمكن تنفيذ التجربة باعتماد الطريقة نفسها، ولكن يجب وزن الأقطاب الكهربائية النحاسية قبل التحليل الكهربائي وبعده، لمعرفة ما إذا زادت كتلة القطب أو نقصت.

يجب التعامُل مع الأقطاب الكهربائية النحاسية وتجفيفها بحذر شديد عند نهاية التجربة، حيث يمكن للنحاس المترسّب أن يسقط بسهولة عن الكاثود، وقد يتفكك الآنود إذا فقد كثيرًا من النحاس.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

٦-١ الاختزال هو عملية **كسب** إلكترونات، و**الأكسدة** هي عملية فقد إلكترونات.
خلال تفاعل الأكسدة–اختزال، **يكسب** العامل المؤكسِد إلكترونات؛ فتحدث له عملية **اختزال** خلال التفاعل.

٦-٢

المعادلة	أ	ب	ج	د	هـ
تفاعل أكسدة–اختزال	نعم	نعم	لا	نعم	نعم

٦-٣ أ. ١. تُختزل
٢. تتأكسد
٣. تتأكسد
٤. تُختزل

ب.

المعادلة	العامل المؤكسِد	العامل المختزِل
١. أ	ZnO	Mg
٢. أ	O_2	CO
٣. أ	Cu^{2+}	Fe
٤. أ	Br_2	I^-

٦-٤ أ. ١. $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$
٢. $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$
٣. $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$
٤. $Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-$
٥. $O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$

ب. ١. اختزال
٢. اختزال
٣. اختزال
٤. أكسدة
٥. اختزال

٦-٥ أ. يتفكّك المُركّب إلى عنصريه.
ب. لا تتمتّع الأيونات بحرّية التحرُّك في المادة الصلبة، لذا لا يمكنها الانتقال نحو الأقطاب الكهربائية لتفقد شحنتها الكهربائية.
ج. يكون لون البخار بنّيًّا.
د. لأن بخار البروم سام.
هـ. الكاثود (المهبط)

٦-٦ أ. يتكوّن سائل رمادي لامع عند القطب السالب.
ب. لأن الأيونات الموجبة تكسب إلكترونات من القطب السالب.
ج. $2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$

٦-٧ أ. H^+ و OH^-

ب. مُركّب أيوني أو حمض، كحمض الكبريتيك.

ج. يعد البلاتين موصلًا جيّدًا للكهرباء لأنه فلزّ، ويعدّ عنصرًا خاملًا لا يتفاعل مع الإلكتروليت أو المواد الناتجة عن التحليل الكهربائي.

د. ١. الهيدروجين.

٢. الأكسجين.

هـ. عند التحليل الكهربائي لمحلول مائي لملح فلزّ ما، وكان هذا الفلزّ أقل نشاطًا من الهيدروجين في سلسلة التفاعُل (أي أنه يقع أسفل الهيدروجين في السلسلة)، فإنّ الفلز سيتكوّن على القطب السالب. أما إذا كان الفلزّ أكثر نشاطًا من الهيدروجين (أي أنه يقع فوق الهيدروجين في السلسلة)، فإنّ غاز الهيدروجين سيتكوّن بدلًا منه.

٦-٨

الإلكتروليت	المادة الناتجة عند الآنود	المادة الناتجة عند الكاثود
مصهور بروميد الماغنيسيوم	البروم	الماغنيسيوم
مصهور كلوريد النحاس (II)	الكلور	النحاس
مصهور يوديد الصوديوم	اليود	الصوديوم
مصهور أكسيد الخارصين	الأكسجين	الخارصين
محلول كبريتات النحاس (II)	الأكسجين	النحاس
محلول كبريتات الصوديوم	الأكسجين	الهيدروجين
محلول كلوريد البوتاسيوم المركّز	الكلور	الهيدروجين
محلول نترات الفضّة	الأكسجين	الفضّة
محلول هيدروكسيد الصوديوم	الأكسجين	الهيدروجين

٦-٩ أ. الكاثود: $Mg^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow Mg(l)$

الآنود: $2Br^-(aq) \longrightarrow Br_2(g) + 2e^-$

ب. الكاثود: $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

الآنود: $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

ج. الكاثود: $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

الآنود: $4OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O + 4e^-$

٦-١٠ أ. نظرًا لارتفاع تكلفة الكهرباء اللازمة للعملية بكمّيات كبيرة.

ب. لأن ذلك يقلّل كثيرًا درجة الحرارة اللازمة لصهر أكسيد الألومنيوم.

ج. $Al^{3+}(l) + 3e^- \longrightarrow Al(l)$

د. $2O^{2-}(l) \longrightarrow O_2(g) + 4e^-$

٦-١١ أ. محلول مركّز من كلوريد الصوديوم في الماء.

ب. $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

ج. $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

د. في الخلية الإلكتروليتية تُنزع شحنة أيونات H^+ عند القطب السالب، وتُنزع شحنة أيونات الكلوريد عند القطب الموجب. وتبقى أيونات Na^+ و OH^- التي تكوّن محلول هيدروكسيد الصوديوم.

٦-١٢ أ. ١. ٧

٢. الكاثود.

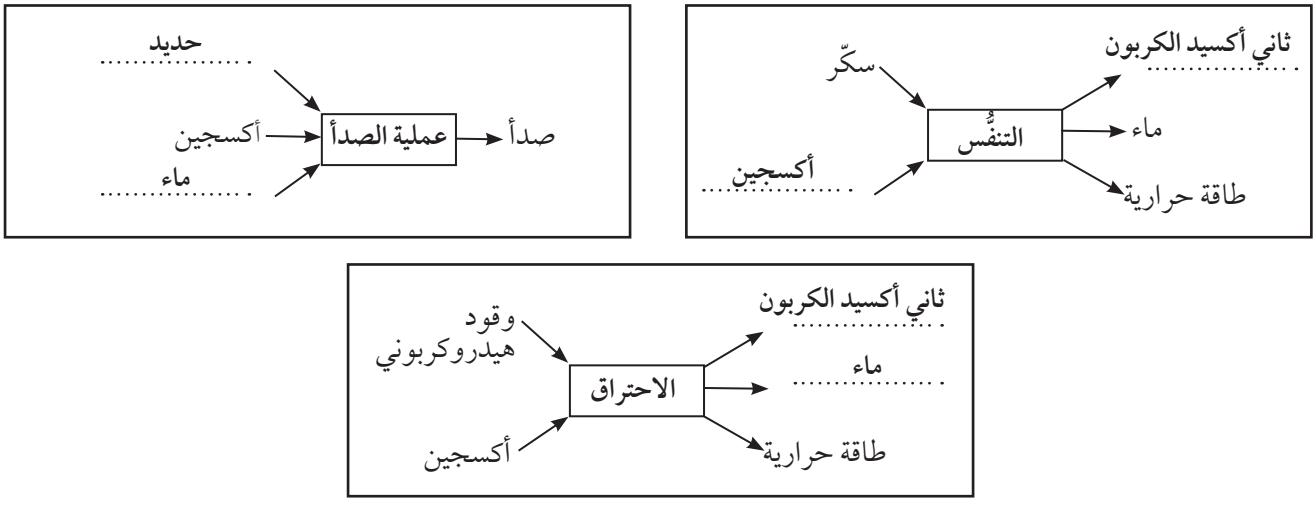
ب. سوف يتلاشى لون المحلول.

ج. لا توصّل المواد البلاستيكية الكهرباء، لذا يجب أن تكون مطلية بمادة موصّلة حتى يصبح من الممكن طلاؤها كهربائيًّا.

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ٦-١: الأكسدة والاختزال

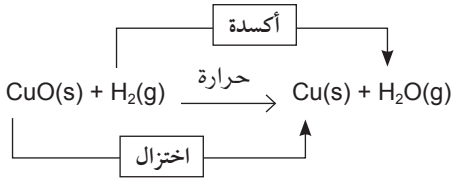
أ



ب أكسدة

ج
- إذا **كسبت** مادة ما الأكسجين أثناء تفاعُل، فستكون هذه المادة **مؤكسِدة**.
- إذا **فقدت** مادة ما الأكسجين أثناء تفاعُل، فستكون هذه المادة **مختزِلة**.

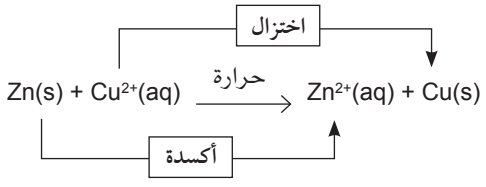
د ١.



٢. عامل مختزل.

هـ ١.
- الأكسدة هي **فقد** الإلكترونات.
- الاختزال هو **كسب** الإلكترونات.

٢.



٣. يقوم أيون النحاس (II) بدور العامل المؤكسِد.

تمرين ٦-٢: التحليل الكهربائي

أ المُركّب الذي **يتفكّك** عندما يُوصّل **تيارًا** كهربائيًا يُسمّى **إلكتروليتًا**. تُعرف هذه العملية بالتحليل الكهربائي. عندما يتم تحليل مُركّب أيوني ثنائي كهربائيًا، يجب أوّلًا تسخينه ليصبح **مصهورًا** كي تكون **الأيونات** حرّة في الحركة. يتمّ توصيل عمودَين مصنوعَين من **الجرافيت** بمصدر طاقة، ويتمّ وضعهما في المُركّب الأيوني ليعملا كقطبَين كهربائيَّين **خاملَين**. أثناء التحليل الكهربائي لمُركّب أيوني ثنائي، يترسّب الفلزّ على القطب **السالب**، في حين يتكوّن اللافلزّ عند القطب **الموجب**. عند إذابة المُركّب الأيوني في **الماء**، قد يكون التحليل الكهربائي أكثر تعقيدًا. تتّجه الأيونات الموجبة الموجودة في المحلول نحو **الكاثود**. هنا **تكسب** الأيونات إلكترونات وتكوّن غاز **الهيدروجين** أو **فلزًا**. وتتّجه الأيونات السالبة الموجودة في المحلول نحو **الآنود**. هنا **تفقد** الأيونات إلكترونات وتكوّن **جُزيئات** من اللافلزّات، مثل الكلور أو **الأكسجين**.

ب

الإلكتروليت	المادة الناتجة على الكاثود	المادة الناتجة على الآنود
مصهور يوديد النحاس (II)	نحاس	يود
محلول يوديد النحاس (II)	نحاس	يود
مصهور كلوريد البوتاسيوم	بوتاسيوم	كلور
محلول كلوريد البوتاسيوم	هيدروجين	كلور
محلول نترات الفضة	فضة	أكسجين
حمض الكبريتيك	هيدروجين	أكسجين
محلول هيدروكسيد الصوديوم	هيدروجين	أكسجين
حمض الهيدروكلوريك	هيدروجين	كلور
مصهور بروميد الصوديوم	صوديوم	بروم
محلول كبريتات الصوديوم	هيدروجين	أكسجين

تمرين ٦-٣: تفكُّك كلوريد النحاس (II)

أ الكلور + النحاس ⟶ كلوريد النحاس (II)

$CuCl_2(aq) \longrightarrow Cu(s) + Cl_2(g)$

ب التحليل الكهربائي تفاعُل غير تلقائي، يسبّبه تمرير تيار كهربائي، ويؤدي إلى تفكُّك مركّب أيوني، مصهور أو ذائب في محلول مائي.

ج تُوضع قطعة رطبة من ورق تبّاع الشمس الأزرق في الغاز، فيتحوّل لونها أوّلًا إلى الأحمر ثم إلى الأبيض.

د يجب تنفيذ التجربة في خزانة الأبخرة؛ لأن غاز الكلور مادة سامة.

هـ عند الآنود: $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

عند الكاثود: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

و كما رأينا في الجزئية أ، يتكون النحاس فقط عند الكاثود في المحلول المائي لكلوريد النحاس (II)، لأن النحاس أقل نشاطًا من الهيدروجين، فيتكوّن بشكل تفضيلي عليه.

ستكون التفاعُلات متشابهة في الحالتين، فينتج النحاس عند الكاثود والكلور عند الآنود؛ لأن الإلكتروليت المصهور يحتوي على نوع واحد من الأيونات الموجبة (فلز)، ونوع واحد من الأيونات السالبة (لافلز). وبما أن المركّب غير ذائب في محلول مائي، فإنه لا يحتوي على أيونات هيدروجين أو هيدروكسيد ناتجة من الماء. لذلك، يتكوّن الفلز واللافلز فقط عند الأقطاب.

تمرين ٦-٤: استخلاص الألومنيوم بالتحليل الكهربائي

أ يجب أن يُصهر الإلكتروليت كي تتمكّن الأيونات الموجودة من الحركة والانتقال نحو الأقطاب الكهربائية.

ب يخفّض الكريولايت درجة انصهار الإلكتروليت.

ج B

د عند الآنود: الأكسجين

عند الكاثود: الألومنيوم

هـ $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$

و $2O^{2-} \longrightarrow O_2 + 4e^-$

ز صنع السبائك للطائرات/حاويات الطعام/إطارات النوافذ.

تمرين ٦-٥: صناعة الكلور القلوي

أ ١. المحلول الملحي هو محلول مركّز من كلوريد الصوديوم.

٢. الكلور، وهيدروكسيد الصوديوم (محلول)، والهيدروجين.

ب يجب وضع دائرة حول Na^+ و H_2O.

ج يقع الصوديوم فوق الهيدروجين في سلسلة النشاط الكيميائي (الصوديوم أكثر نشاطًا من الهيدروجين)، لذا سيبقى بسهولة في شكل أيونات موجبة، فهو أقلّ قابلية لنزع شحناته، وتكون المادة المتكوّنة عند الكاثود هي غاز الهيدروجين.

د ١. $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

٢. اختزال، حيث يتم كسب إلكترونات.

هـ ١. ماء + كلوريد الصوديوم + هيبوكلوريت الصوديوم ⟶ كلور + هيدروكسيد الصوديوم

٢. لقتل البكتيريا / التعقيم

٣. $NaClO_3$

تمرين ٦-٦: الطلاء الكهربائي

أ الفضّة

ب القطب السالب

ج $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

د لحمايتها من التآكل. لتجميل شكلها الخارجي.

هـ ١. النحاس، الذهب، النيكل.

٢. خلال التحليل الكهربائي، سينتج المحلول المائي لملح الماغنيسيوم أو الصوديوم الهيدروجين عند القطب بدلًا من ترسيب الفلزّ، ذلك أن الفلزّات النشطة كيميائيًا لديها ميل أكبر من الهيدروجين إلى البقاء كأيونات موجبة.

إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ٦-١: تفاعُلات أكسدة - اختزال حولنا

١ ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + ميثان

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

٢ ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + جلوكوز

$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$

٣ $\mathbf{4}Fe(s) + \mathbf{3}O_2(g) + xH_2O(l) \longrightarrow 2Fe_2O_3.xH_2O(s)$

٤ $2CuO + C \longrightarrow 2Cu + CO_2$

٥ الأكسدة هي كسب الأكسجين، وفي المعادلة، كسب الكربون أكسجين من أكسيد النحاس (II). الاختزال هو فقدان الأكسجين، وفي المعادلة، فقد أكسيد النحاس (II) الأكسجين وأعطاه للكربون. يجب أن تتم عمليتا الأكسدة والاختزال في الوقت نفسه، ذلك أنه حين تكسب مادة ما الأكسجين، يجب أن تأخذه من مادة أخرى.

ورقة العمل ٦-٢: تفاعُلات أكسدة - اختزال

١ أ. حديد + أكسيد الألومنيوم ⟶ ألومنيوم + أكسيد الحديد (III)

ب. $Fe_2O_3(s) + 2Al(s) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(l)$

ج. ١. لأن أكسيد الحديد (III) يفقد الأكسجين الذي يكسبه الألومنيوم.

٢. أكسيد الحديد (III)

٣. الألومنيوم

د. يعد هذا التفاعل طاردًا للحرارة بشدة، لذا فإن الحديد الناتج يكون مصهورًا، ويتدفّق في الفجوات بين نهايات قضبان السكك الحديدية، ويصبح صلبًا عندما يبرد.

٢ أ. ١ و ٢ و ٤

ب. ١. الهيدروجين، ٢. أحادي أكسيد الكربون، ٤. الماغنيسيوم

ج. لا يوجد أي انتقال لأكسجين أو لإلكترونات في المعادلتين ٣ و ٥؛ تُظهر المعادلة ٣ تفاعُل تعادُل بين حمض ومادة قلوية؛ وتظهر المعادلة ٥ اختبار الترسيب لثاني أكسيد الكربون.

٣ أ. ١. $2NaBr(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(aq) + Br_2(aq)$

٢. $Mg(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow Cu(s) + MgSO_4(aq)$

ب. الكلور.

ج. الماغنيسيوم.

د. يعتمد كلا التفاعُلَين على انتقال إلكترونات (الأكسدة هي فقد الإلكترونات والاختزال هو كسب الإلكترونات). يوضّح التفاعُل ١ انتقال إلكترونات من البروميد إلى الكلور، ويوضّح التفاعُل ٢ انتقال إلكترونات من الماغنيسيوم إلى أيونات النحاس.

هـ. ١. $2Br^-(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br_2(aq)$

٢. الأكسدة: $2Br^-(aq) \longrightarrow Br_2(aq) + 2e^-$

الاختزال: $Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$

و. ١. $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + Cu(s)$

٢. الأكسدة: $Mg(s) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

الاختزال: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

ورقة العمل ٦-٣: تحليل كهربائي بالألوان

١ أيوني ضخم، ترابُط أيوني.

٢ تتحرّر الأيونات من التركيب البنائي الشبكي، وتصبح قادرةً على التحرُّك في المحلول.

٣ Na^+، H^+، Cl^- و HO^-.

٤ غاز الكلور.

٥ تحمل أيونات الكلوريد شحنة سالبة، لذلك تتجذب إلى القطب الموجب، حيث تُنزع شحناتها لتُنتج غاز الكلور ذا اللون الأخضر الفاتح. يذوب غاز الكلور في الماء، ويتحوّل لون الكاشف العام في المحلول من الأخضر إلى الأحمر، ثم إلى عديم اللون. وسبب ذلك أنه عندما يذوب غاز الكلور في الماء، يشكل محلولًا حمضيًّا (يتحول من الأخضر إلى الأحمر)، وعندما يزداد تركيز الكلور فإنه يبيّض (يزيل لون) الأصباغ الموجودة في الكاشف العام.

٦ $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

٧ أيونات Na^+ و H^+

٨ غاز الهيدروجين ومحلول هيدروكسيد الصوديوم.

٩ تترك أيونات الهيدروجين جُزيء الماء وتُنزع شحناتها عند القطب السالب، وتبقى بالتالي أيونات الهيدروكسيد. أيونات الهيدروكسيد قلوية تحوّل لون الكاشف العام إلى بنفسجي مزرقّ.

١٠ $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

١١ – الهيدروجين: يستخدم لصنع كلوريد الهيدروجين وحمض الهيدروكلوريك، ولصنع المارجرين، كذلك يُستخدم في خلايا الوقود.
– الكلور: يستخدم في معالجة المياه، وصنع الـ PVC، وصنع كلوريد الهيدروجين وحمض الهيدروكلوريك.
– هيدروكسيد الصوديوم: يستخدم لصنع الصابون والمنظّفات، وصنع الورق.

ورقة العمل ٦-٤: استخلاص الألومنيوم

١ أ. Al_2O_3

ب. Al^{3+} و O^{2-}

ج. لخفض درجة انصهار الإلكتروليت.

٢ أ. الآنود: $2O^{2-}(aq) \longrightarrow O_2(g) + 4e^-$

ب. الكاثود: $Al^{3+}(l) + 3e^- \longrightarrow Al(l)$

٣ أ. يحدث الاختزال عند الكاثود.

ب. تحدث الأكسدة عند الآنود.

٤ $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

٥ التحليل الكهربائي مكلف جدًّا، من حيث استهلاك الطاقة التي تستخدم لصهر الإلكتروليت وتحليله بالكهرباء، في حين أن إعادة تدوير الألومنيوم تحتاج إلى عملية الصهر فقط.

٦ يُستخدم الألومنيوم في صناعة الطائرات وصنع إطارات الأبواب والنوافذ في الأبنية السكنية والمكاتب، بسبب خفّة وزنه، ولعدم قابليته للتآكُل.

ورقة العمل ٦-٥: التحليل الكهربائي الصناعي لمحلول ملحي

١ أ. عند الآنود: $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

ب. عند الكاثود: $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

٢ تنتقل الإلكترونات من الآنود (القطب الموجب) إلى الكاثود (القطب السالب) عبر أسلاك التوصيل.

٣ التيتانيوم والنيكل من الفلزّات؛ لذا فهما موصّلان جيدان. وهما لا يتفاعلان مع الإلكتروليت (كلوريد الصوديوم المائي) ولا يتفاعلان مع المواد الناتجة.

٤ يفصل الغشاء بين غازَي الهيدروجين والكلور، ويمنع حدوث أي تفاعُل محتمل بينهما. كما أنه يسمح فقط لأيونات Na^+ وجُزيئات الماء بالعبور بين المقصورتَين، ما يجعل هيدروكسيد الصوديوم الناتج أكثر نقاءً.

٥ أ. الأكسجين.

ب. $4OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^-$

٦ أ. الصوديوم أكثر نشاطًا كيميائيًّا من الهيدروجين؛ لذا سيبقى على شكل أيونات موجبة بسهولة أكبر، وعليه تُنزع شحنات H^+ بسهولة أكبر عند الكاثود.

ب. يجب استخدام مصهور كلوريد الصوديوم بدلًا من محلوله المائي.

٧ الهيدروجين: صنع الأمونيا/صنع كلوريد الهيدروجين.

الكلور: معالجة المياه/صنع بوليمرات.

هيدروكسيد الصوديوم: صنع الصابون والمنظّفات.

ورقة العمل ٦-٦: تنقية النحاس

١ أ. ثنائي أكسيد الكبريت + نحاس ⟶ أكسجين + كبريتيد النحاس (I)

ب. $Cu_2S(s) + O_2(g) \longrightarrow 2Cu(s) + SO_2(g)$

ج. تفاعُل أكسدة–اختزال؛ تُختزل أيونات النحاس (I)، Cu^+، إلى فلزّ النحاس Cu (تفقد الكبريت وتكسب إلكترونات) ويتأكسد الكبريت (يكسب الأكسجين).

٢ أ. يتكوّن الآنود من نحاس غير نقي، ويتكوّن الكاثود من نحاس نقي، الإلكتروليت هو محلول من كبريتات النحاس (II) (أو محلول من ملح نحاس (II) آخر ذائب). خلال التحليل الكهربائي، تتحرّر أيونات النحاس (II) من الآنود في الإلكتروليت، وتُنزع شحنات أيونات النحاس (II) وتترسّب على الكاثود على شكل نحاس نقي. وتبقى بعض الشوائب في المحلول تحت الآنود مكوّنة مادة لزجة (طينية) غير ذائبة.

ب. عند الآنود: ينقص حجمه وكتلته؛ إذ تتكوّن أيونات النحاس (II) التي تذوب في الإلكتروليت.

عند الكاثود: يزداد حجمه وكتلته؛ إذ تُنزع شحنات أيونات النحاس (II) الموجودة في الإلكتروليت وتترسّب على شكل فلزّ نحاس.

في الإلكتروليت: لا يُلاحظ أي تغيُّر في لون المحلول، لأن تركيز أيونات النحاس (II) يبقى ثابتًا، لأن عدد الأيونات التي تذوب في المحلول يساوي عدد الأيونات التي تترسب على الكاثود.

ج. $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

د. تكسب أيونات النحاس إلكترونات، وبالتالي يكون التفاعُل اختزالًا.

هـ. يحتوي «الطين الآنودي» على الشوائب غير الذائبة التي يحتوي عليها النحاس غير النقي. وقد يحتوي على فلزّات ثمينة كالذهب الذي يمكن بيعه.

و. أسلاك التوصيل الكهربائي.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. تكوّن مادة صلبة سوداء.

ب. $2Mg + CO_2 \longrightarrow 2MgO + C$

ج. ١. ثاني أكسيد الكربون

٢. الماغنيسيوم

د. ١. مسحوق أسود (أكسيد النحاس (II)) يتحول إلى لون بنّي محمرّ (النحاس)

٢. ماء + نحاس ⟶ أكسيد النحاس (II) + هيدروجين

٣. $H_2 + CuO \longrightarrow Cu + H_2O$

٤. الهيدروجين

٢ أ. الاختزال هو كسب الإلكترونات، والأكسدة هي فقدان الإلكترونات.

ب. ١. $Mg(s) + Zn^{2+}(aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + Zn(s)$

٢. $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$

٣. الماغنيسيوم أكثر نشاطًا كيميائيًا من الخارصين، لذلك يختزل أيونات الخارصين بإعطائها الإلكترونات التي يفقدها عند تحوُّله الى أيون موجب.

ج. ١. $Br_2(aq) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Br^-(aq) + I_2(aq)$

٢. $2I^-(aq) \longrightarrow I_2(aq) + 2e^-$

٣. البروم هو العامل المؤكسِد لأنه أكثر نشاطًا كيميائيًا من اليود، فهو يميل إلى اكتساب الإلكترونات بسهولة ليتحول إلى أيون سالب.

٣ أ. محلول كلوريد الصوديوم المائي، والنحاس، والجرافيت.

ب. عازل.

ج. ١. آنود.

٢. الجرافيت/الكربون.

٣. القطب الموجب: الكلور، غاز ذو لون أخضر فاتح.

القطب السالب: الخارصين، سائل رمادي لامع (يتبلور عند التبريد).

٤. القطب الموجب: $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

القطب السالب: $Zn^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow Zn(l)$

٤ أ. محلول ملحي.

ب. الجرافيت، لأنه موصّل جيد للكهرباء وخامل كيميائيًا.

ج. ينبعث غاز عديم اللون كفقاعات عند القطب السالب؛ ينبعث غاز أخضر باهت كفقاعات عند القطب الموجب.

د. القطب السالب: الهيدروجين؛ القطب الموجب: الكلور.

هـ. $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

و. سيتحوّل لون المحلول إلى أزرق-بنفسجي؛ لأن محلول هيدروكسيد الصوديوم الباقي قلوي.

ز. أي من الاجابات الآتية مقبولة:

- تُفصل الأقطاب الموجبة والسالبة بواسطة غشاء.
- تتم إزالة الغازات المتكوّنة عند الأقطاب الكهربائية.

٥

أ. البوكسيت.

ب. يجب أن يُصهر الإلكتروليت كي تكون الأيونات حرّة الحركة.

ج. يخفض درجة انصهار أكسيد الألومنيوم.

د. B

هـ. على الآنود: الأكسجين؛ على الكاثود: الألومنيوم.

و. $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$

٦

أ. ١. Y

٢. يجب أن تكون المادة التي ستطلى كهربائيًا هي القطب السالب/الكاثود، حيث تُنزع شحنات أيونات الفلزّات الموجبة عند هذا القطب، وتترسّب الفلزّات عليه.

ب. محلول كبريتات النحاس (II) (أو محلول لأي ملح ذائب للنحاس (II)) يستخدم كإلكتروليت، الآنود هو النحاس غير النقي والكاثود هو النحاس النقي.

التفاعُل عند القطب X (الآنود): $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

التفاعُل عند القطب Y (الكاثود): $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

سوف تنقص كتلة الآنود، في حين ستزداد كتلة الكاثود.

سيبقى لون المحلول ثابتًا طوال الوقت.

الوحدة السابعة: تطبيقات الكيمياء العضوية

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٢-١، ١٢-٢، ١٢-٣	٧-١ الكحولات	٣	نشاط ٧-١ تخمّر الجلوكوز نشاط ٧-٢ المقارنة بين أنواع الوقود الأسئلة من ٧-١ إلى ٧-٦ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١ و ٢	تمرين ٧-١ تصنيع الإيثانول تمرين ٧-٢ الكحولات كوقود ورقة العمل ٧-١ الكحولات ورقة العمل ٧-٢ إنتاج الإيثانول
١٣-١، ١٣-٢، ١٣-٣، ١٣-٤، ١٣-٥، ١٣-٦	٧-٢ البوليمرات	٣	نشاط ٧-٣ مقارنة مواد بلاستيكية مختلفة (إثرائي) الأسئلة من ٧-٧ إلى ١٤-٧ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و ٤	تمرين ٧-٣ البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف ورقة العمل ٧-٣ بوليمرات الإضافة واستخداماتها ورقة العمل ٧-٤ البولي بروبين والنايلون

الموضوع ٧-١: الكحولات

الأهداف التعليمية

١٢-١ يذكر ويصف تحضير الإيثانول عن طريق التخمّر وإضافة بخار الماء إلى الإيثين بوجود عامل حفّاز.

١٢-٢ يصف الاحتراق الكامل للإيثانول لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء.

١٢-٣ يذكر استخدامات الإيثانول كمذيب ووقود.

أفكار للتدريس

- ابدأ الدرس بأسئلة عصف ذهني ونقاش مع الطلبة عن الكيمياء العضوية، مثل ماهيّة الكيمياء العضوية، ومصادر المُركّبات العضوية، وماهيّة الهيدروكربونات والسلاسل المتجانسة، وغيرها من الأسئلة التي تذكّرهم بما درسوه في الصف السابق وبما يثير فضولهم لتعلّم المزيد عن الكيمياء العضوية.
- أثناء النقاش وأسئلة العصف الذهني تطرّق إلى الكحولات، وماذا لو دخل عنصر الأكسجين على تركيب الهيدروكربون. وركّز على الإيثانول كمثال رئيسي على الكحولات. هنا قم بتحدّي الطلبة لتصوّر الصيغة الجُزيئية والصيغة التركيبية البنائية للإيثانول أو تزويدهم بمجموعات من النماذج الجُزيئية لبناء الجُزيء.

- اعرض التخمّر كطريقة لإنتاج الإيثانول، مع مراجعة مُعادَلة التفاعُل والظروف الأساسية المناسبة له، ووصف كيفية إجرائه على نطاق صناعي. نفّذ عرضًا عمليًّا توضيحيًّا لعملية التخمّر (**نشاط ٧-١ تخمّر الجلوكوز**). يمكن عرض عملية تنقية الإيثانول بالتقطير التجزيئي في حصّة لاحقة بعد اكتمال التفاعُل.
- راجع تفاعُل بخار الماء مع الإيثين كطريقة بديلة لإنتاج الإيثانول. ومرّة أخرى، صف العملية الصناعية للطلبة بمزيد من التفصيل. قارن مزايا الطريقتَين الرئيسيّتَين لصنع الإيثانول وعيوبهما.
- ناقش مع الطلبة استخدامات الإيثانول وخواصّه، والفت انتباههم إلى استخدامه كمذيب ووقود.
- اعرض مزايا الإيثانول وعيوبه كمذيب مقارنةً بالماء، مثل مقارنة فاعلية كلّ منهما في إزالة آثار الكتابة الدائمة والمؤقتة على اللوح بأقلام مختلفة، ومدى سرعة تبخّرهما في خزانة الأبخرة، وقابلية الاشتعال.
- ساعد الطلبة على كتابة مُعادَلة كيميائية موزونة لتفاعُل الاحتراق الكامل للإيثانول مقارنة مع احتراق الهيدروكربونات. ثم اجرِ مقارنة عملية بين استخدام كل من الإيثانول والهيدروكربون كوقود في **النشاط ٧- ٢ المقارنة بين أنواع الوقود**.
- اعرض لهم استخدام الإيثانول في مجموعة من التطبيقات كوقود وكبديل لاستخدام الهيدروكربونات، موضحًا العلاقة بين قابلية الإيثانول للاشتعال وإمكانية استخدامه كوقود.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- لتجنّب كثير من سوء الفهم، عليك مراجعة أساسيات الكيمياء العضوية التي سبقت دراستها قبل الانتقال إلى شرح الكحولات.
- غالبًا ما يرتكب الطلبة أخطاء في كتابة الصيغة التركيبية للإيثانول، أو موازنة المُعادَلات الكيميائية لتفاعُلات التخمّر والاحتراق.
- قد يخلط الطلبة بين جوانب طريقتَي تصنيع الإيثانول بإهمال تحديد الظروف الأساسية المناسبة لكلّ منهما، لذا عليك مقارنة العمليتَين الصناعيتَين بدقة، فهذا سيساعد على استيعابهما.

أفكار للواجبات المنزلية

- اطلب من الطلبة البحث عن طرائق إنتاج الإيثانول وعرضها أمام طلبة الفصل.
- اطلب من الطلبة القيام بحملة ملصقات تعرِّف باستخدام الإيثانول كوقود بديل في محرّكات المُركّبات.
- الأسئلة من ٧-١ إلى ٧-٦، في كتاب الطالب.
- تمرين ٧-١ تصنيع الإيثانول، في كتاب النشاط.
- تمرين ٧-٢ الكحولات كوقود، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٧-١ الكحولات، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٧-٢ إنتاج الإيثانول، في كتاب النشاط.
- أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١ و ٢، في كتاب الطالب.

الموضوع ٧-٢: البوليمرات

الأهداف التعليمية

١٣-١ يُعرّف البوليمرات بأنّها جُزيئات طويلة السلسلة تتكوّن من جُزيئات صغيرة تُسمّى المونومرات.

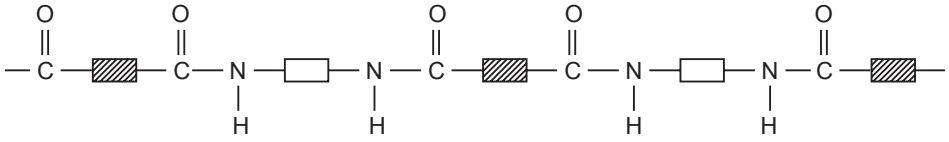
١٣-٢ يفهم أن للبوليمرات وحدات مونومر متشابهة أو مختلفة و/أو مجموعات ربط مختلفة.

١٣-٣ يصف تكوين مادّة البولي إيثين كمثال على البلمرة بالإضافة لمونومر الإيثين.

١٣-٤ يستنتج تركيب البوليمر الناتج من عمليّة بلمرة الألكين والعكس.

١٣-٥ يشرح الاختلافات بين البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف.

١٣-٦ يصف تكوين بوليمر بسيط بالتكثيف، مثل النايلون، ويتمّ تمثيل تركيب جُزيء النايلون على النحو الآتي:



أفكار للتدريس

- افتتح الموضوع من خلال استعراض أنواع مختلفة من البلاستيك أو البوليمرات التي يعرفها الطلبة، مشيرًا إلى استخداماتها وفقًا خصائصها الفيزيائية.
- استدعِ فكرة الجُزيئات الكبيرة التساهمية لشرح تركيبها البنائي، ولماذا يُعدّ الكربون العنصر الأكثر شيوعًا في هذه الجُزيئات الكبيرة.
- استخدم مشابك الورق أو خرز (بوب-إت pop-it) أو تمارين جماعية أخرى لتمثيل المونومرات والبوليمر وتعريفها لوصف الأفكار الأساسية عن البلمرة، مستعينًا بمثال البلمرة بالإضافة للإيثين، موضحًا للطلبة كيفية تمثيل تفاعُل بلمرة الإيثين بطرائق مختلفة، مثل استخدام وحدات متكرّرة وخطوط ممدّدة لإظهار التتابع في السلسلة، أو الأقواس مع استخدام الحرف n للإشارة إلى تكرار الوحدة الأساسية.
- طوّر الأفكار عن البلمرة "البلمرة بالإضافة" باستخدام أمثلة أخرى غير البولي إيثين، مثل البولي بروبين والبولي كلورو إيثين، لتوضيح أهمية الرابطة الثنائية. وسوف تساعد النماذج الجزيئية الطلبة على تعوّد الطرائق المختلفة لتمثيل هذا النوع من البلمرة في شكل مُعادَلة، بتوضيح كيفية تحديد المونومرات، والتعرُّف إليها عند عرض بوليمر ما، وتشجيعهم على اعتماد خطوات متدرّجة لذلك.
- ناقش مع الطلبة مزايا "البوليمرات بالإضافة" وعيوبها، وتحديدًا تنوعها الكبير، والمشكلات الناجمة عن عدم قابليّتها للتحلّل البيولوجي. ومن المفيد أن تكون لديك مجموعة من الأمثلة عن مواد مصنوعة من بوليمرات مختلفة للمساعدة في توضيح استخدامات الأشكال المختلفة من البوليمرات، ومن المفيد أيضًا الاستعانة بمقاطع فيديو لتوضيح المشكلات التي يمكن أن تسبّبها إساءة استخدام البلاستيك وعملية التخلّص منه. يمكنهم إجراء مقارنة بين بوليمرات شائعة من حيث كثافتها ومقاومتها الكيميائية (**نشاط ٧-٣ مُقارنة مواد بلاستيكية مختلفة**).
- عرّف الطلبة على البلمرة بالتكثيف. واربط هذا النوع من البلمرة بالجُزيئات الكبيرة الطبيعية ذات الأهمّية البيولوجية التي درسوها سابقًا، مثل البروتينات والحمض الريبوزي النووي DNA. ثم تحدّث عن البوليمر الصناعي، النايلون، واعرض تركيبه البنائي. ركّز على الميزات وحلقة الوصل (بين الوحدات) في سلسلة النايلون، ودعهم يفكّرون في كيفية تكوّن هذا البوليمر.
- صِفْ كيفية تكوّن النايلون من مونومرات تمتلك مجموعات وظيفية مختلفة، معرّفًا البلمرة بالتكثيف، وعارضًا مُعادَلة مبسّطة للتفاعُل. كما يمكن أن تكون النماذج الجُزيئية مفيدة بشكل خاص في مساعدة الطلبة على التّعرّف إلى كيفية سَير تفاعُل البلمرة بالتكثيف، وتحديد كيفيّة اختلافه عن البلمرة بالإضافة. يمكن أن يؤدّي ذلك إلى مقارنة أوجه الشبه والاختلاف بين بوليمرات الإضافة وبوليمرات التكثيف.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- سيكون الطلبة قد تعرّفوا على البوليمرات كمواد بلاستيكية يستخدمونها في الحياة اليومية، وبالتالي لن يواجهوا صعوبة في تسمية البوليمرات، أو في استيعاب مفهوم الجُزيئات ذات السلاسل الطويلة. ومع ذلك، فإن الذين لم يتمكّنوا بعد من فهم الكيمياء العضوية الأساسية بشكل جيّد قد تواجههم مشكلة مع أسس تمثيل البوليمرات. لذا سيحتاج معظمهم إلى مزيد من التدريب على كتابة مُعادَلات تفاعُلات البلمرة بالإضافة، ليصبحوا قادرين على تمثيل التراكيب البنائية لمركّب محدّد، وقادرين بالتالي على اشتقاق التركيب البنائي للمونومر من بوليمر معيّن. يمكن أن يُنظر إلى البلمرة بالتكثيف على أنها عملية معقّدة، ويجب أن يكونوا مستعدّين تمامًا للتمثيل التخطيطي للتركيب البنائي وحلقات الوصل (بين الوحدات) للنايلون أسوة بالتمثيل التخطيطي لبوليمرات الإضافة.

أفكار للواجبات المنزلية

- الأسئلة من ٧–٧ إلى ٧–١٤، في كتاب الطالب.
- تمرين ٧–٣ البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٧–٣ بوليمرات الإضافة واستخداماتها، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٧–٤ البولي بروبين والنايلون، في كتاب النشاط.
- أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و ٤، في كتاب الطالب.
- شجّع الطلبة على البحث عن البوليمرات، وإعداد جدول زمني لتحلّلها. يمكن لهذا الجدول أن يتضمّن البوليمرات التي تتكوّن طبيعيًّا التي استخدمها البشر لآلاف السنين، وصولًا إلى التقدّم العلمي الكبير في تكنولوجيا البوليمر والبلاستيك خلال القرن العشرين.
- شجّع الطلبة على إعداد ملصق للتوعية العامّة عن المشكلات الناجمة عن طرائق التخلّص من البلاستيك، أو لتشجيعهم على العادات الجيّدة لإعادة التدوير.

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ٧-١: تخمّر الجلوكوز

المهارات

- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**

تحتوي الخميرة على إنزيمات تُحفّز تفكيك الجلوكوز إلى إيثانول وثاني أكسيد الكربون. في هذه التجربة، (التي يمكن أن ينفّذها المعلّم كعرض عملي)، يُترك محلول الجلوكوز لكي يتخمّر، ثم يتمّ اختبار المواد الناتجة من التخمّر.

المواد والأدوات والأجهزة

- دورق مخروطي (100 mL)
- أنبوبة تسخين
- مخبار مدرج (50 mL)
- ميزان
- صوف قطني
- أوراق لاصقة
- جلوكوز، 5 g
- خميرة، 1 g
- ماء الجير $Ca(OH)_2$
- مياه دافئة عند درجة حرارة 30–40 °C

احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- اغسل يدَيك بعد انتهاء التجربة.

ملاحظات

- تستغرق هذه التجربة وقتًا طويلًا نسبيًّا. يجب أن تتمّ عملية تخمّر المحلول بين حصص الكيمياء التي تفصل بينها عدّة أيام، خاصّة إذا كنت ستقوم بتقطير المحاليل النهائية التي تمّ تجميعها لإنتاج الإيثانول. إذا كنت تريد القيام بذلك، فصبّ المحلول أو رشّحه بعناية في دورق التقطير الخاصّ بك، لأن كمّيات كبيرة من الخميرة ستنتج رغوة يمكن أن تنتقل إلى المادّة الناتجة.
- اجمع الجُزء المقطّر بين درجتَي الحرارة 77 °C و 82 °C. (يغلي الإيثانول عند 78 °C). علمًا أن الجزء المقطّر يشتعل بسهولة مقارنة بالمحلول الأصلي غير القابل للاشتعال.
- يجب حرق الإيثانول أو التخلّص منه على الفور، وعدم الاحتفاظ به أو استخدامه.
- مطلوب مصدر للمياه الدافئة.
- لا تستخدم دوارق مخروطية كبيرة، لأن هذا سيخفّف من تركيز ثاني أكسيد الكربون، ويجعل اختباره بماء الجير أكثر صعوبة.

إجابات الأسئلة

١ يتعكّر ماء الجير (يتكوّن راسب أبيض). وهذا يؤكّد إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التخمّر.

٢ تكون الرائحة نفاذة، ما يؤكّد إنتاج الإيثانول خلال عملية التخمّر.

٣ بسبب نفاد السكّر (الجلوكوز)، وإنتاج الإيثانول بتركيز يؤدّي إلى قتل الخميرة.

٤ 12–14%، وفقًا للخميرة المستخدَمة.

نشاط ٧-٢: المقارنة بين أنواع الوقود

المهارات

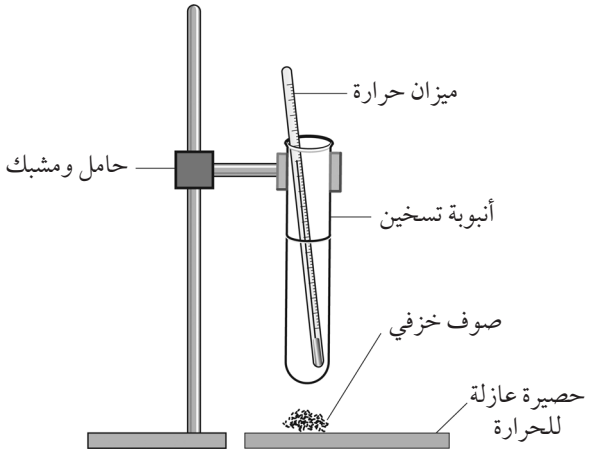
- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **ينجز التجربة ويسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**
- **يُقيِّم الطرائق، ويقترح التحسينات المُحتملة.**

في هذا النشاط، سيُطلب من الطلبة تصميم تجربة لمقارنة نوعَين من الوقود: أحدهما وقود أحفوري (هيدروكربون) والآخر وقود متجدّد (إيثانول).

المواد والأدوات والأجهزة

ستختلف خطط الطلبة، ولكن يجب أن تكون الأجهزة الآتية متاحة عادةً، لبناء جهاز كما في الرسم أدناه.

- أنبوبة تسخين (عدد 2)
- حامل ومشبك
- ميزان حرارة (من 0 °C إلى 100 °C)
- حصيرة عازلة للحرارة
- صوف خزفي
- بارافين سائل، 5 mL
- إيثانول، 5 mL
- محقنة صغيرة عدد 2 أو ماصات بلاستيكية للاستعمال مرّة واحدة
- ماء
- مخبار مدرج
- مسطرة
- ساعة توقيت
- علبة أعواد ثقاب



⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- الإيثانول والبارافين مادتان سريعتا الاشتعال.

ملاحظات

- الخطر الرئيسي في هذا الاستقصاء هو قابلية الوقود للاشتعال، لذا يجب على الطلبة الإشارة إلى الاحتياطات التي سيتخذونها وشرحها. ينتج البارافين الكثير من الدخان السخامي عند الاحتراق، لذا يجب تأمين تهوية جيّدة قبل السماح لهم بتنفيذ بالتجربة. تُعدّ الهيدروكربونات الأكثر قابلية للتطاير مثل الجازولين (البنزين) غير مناسبة.
- يمكن استخدام الجهاز الموضّح أعلاه لاكتشاف مدى ازدياد درجة الحرارة الذي ينتجه وقود ما في مدّة زمنية محدّدة، أو المدّة الزمنية التي يستغرقها لبلوغ زيادة معيّنة في درجة الحرارة.
- يمكن للطلبة وضع الكمّية نفسها من كل نوع من الوقود على الصوف الخزفي باستخدام ماصّة بلاستيكية مدرّجة صغيرة وإشعاله، ومن ثم تسجيل التغيّر في درجة حرارة الماء الموجود في أنبوبة التسخين. تُعدّ كمّية 1 mL من الوقود مناسبة للتجربة.
- يمكن استخدام مواقد كحولية بدلًا من الصوف الخزفي المبيّن في المخطّط أعلاه. لكن هذا يجعل التخطيط أكثر تعقيدًا، لأن التأكّد من أن كمّية الوقود المستخدمة في كل مرّة هي نفسها سيكون أكثر صعوبة.
- يجب على الطلبة تبرير استخدام الجهاز والمعدّات المستخدمة من حيث الدقّة، والتفكير في تكرار العملية من أجل تعزيز الموثوقية. يجب أن تكون الطرائق المعتمدة خلال هذه التجربة منطقية وقابلة للاتّباع والتنفيذ من قِبل القارئ، ويجب إعداد جدول نتائج مع عناوين ووحدات واضحة كجزء من الخطّة.
- العوامل التي سيحتاج الطلبة إلى أخذها في الحسبان هي كيفيّة قياس كمّية الوقود، أو درجة الحرارة، أو المدّة الزمنية، وكيفيّة التحكّم في كمّية الماء، والمسافة الفاصلة بين أنبوبة التسخين والوقود المحترق.

إجابات الأسئلة

١ المتغيّر المستقلّ هو الوقود، أمّا المتغيّر التابع فإنه سيعتمد على خطّة الطالب الخاصة (على سبيل المثال: ازدياد درجة الحرارة، وطول المدّة الزمنية). يُقاس ازدياد درجة الحرارة باستخدام ميزان حرارة، ويُقاس طول المدّة الزمنية باستخدام ساعة توقيت.

٢ يجب التحكّم في المتغيّرات من أجل ضمان تنفيذ اختبار ومقارنة عادلَين بين نوعَي الوقود. وهذا يتضمّن ما يلي:

- كمّية الوقود التي يتمّ حرقها / المدّة الزمنية المستغرقة. حيث ستؤدّي زيادة كمّيات الوقود أو إطالة المدّة الزمنية إلى زيادة أكبر في درجة الحرارة.
- حجم الماء الذي يتمّ تسخينه، في حال كان الحجم كبيرًا جدًّا سيستغرق مدّة زمنية أطول، أو سيحتاج إلى مزيد من الحرارة لبلوغ الازدياد المطلوب في درجة الحرارة، والعكس صحيح في حال كان الحجم صغيرًا جدًّا.
- المسافة الفاصلة بين أنبوبة التسخين والوقود المحترق، في حال كانت بعيدة جدًّا سيستغرق ازدياد درجة الحرارة مدّة زمنية أطول، والعكس صحيح في حال كانت المسافة قريبة جدًّا.
- إذا لم يُحرّك الماء أثناء التسخين بشكل ثابت ومنتظم، فمن الممكن تسجيل قراءات غير صحيحة.

٣ سيعتمد ذلك على نتائج الطالب ولكن إذا تمّ تكرار التجربة ثلاث مرّات لكل نوع وقود، سيسمح ذلك للطالب بالتعليق على ما إذا كانت جميع النتائج متشابهة أو ما إذا كانت إحداها غير قريبة من النتائج الأخرى. ستكون المشكلة الرئيسية في هذا النشاط العملي فقدان الحرارة، لذا يجب أن تركز اقتراحات الطلبة على كيفية تقليص ذلك، على سبيل المثال وضع عازل حول أنبوبة التسخين، حماية الجهاز من التيّارات الهوائية، تقليص المسافة بين اللهب وأنبوبة التسخين. يمكن اقتراح معدّات أكثر دقّة في حال لم يكن قد تمّ استخدامها ولكن يجب أن يكون الطلبة قادرين على شرح السبب، فعلى سبيل المثال، لا يكفي القول ببساطة إنه يمكن استخدام مجسّ درجة الحرارة الإلكتروني.

٤ قد تشمل العوامل الأخرى مدى نظافة احتراق الوقود أو مدى اكتمال احتراقه (مدى كفاءة احتراق الوقود)، وكمّية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة في الهواء، ومدى سهولة اشتعال الوقود، وقد تحدّ درجة غليان الوقود وقابليته للتطاير من استخدامه عندما يكون المناخ شديد الحرارة أو البرودة، ومصدر الوقود وتوفّره.

نشاط ٧-٣: مقارنة مواد بلاستيكية مختلفة (إثرائي)

المهارات

- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **ينجز التجربة ويسجّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**

تمّ ابتكار كثير من المواد البلاستيكية لأغراض مختلفة. يستكشف هذا النشاط الكثافة كخاصّية فيزيائية لمجموعة من المواد المختلفة، ومقاومة هذه المواد للأحماض والمواد القلوية والمذيبات كخصائص كيميائية.

كثافة مواد بلاستيكية مختلفة

المواد والأدوات والأجهزة

- عيّنات من مواد بلاستيكية مختلفة (يمكن لكلّ مجموعة من الطلبة اختبار ثلاث مواد بلاستيكية مختلفة)
- مقصّ (قوي بما يكفي لقطع العيّنات البلاستيكية)
- أنابيب اختبار
- رفّ للأنابيب
- سيقان زجاجية للتحريك
- مجموعة من السوائل / المحاليل ذات كثافات مختلفة (انظر الجدول)

السائل	تكوين السائل / المحلول	الكثافة (g/mL)
السائل 1	إيثانول	0.79
السائل 2	596 mL إيثانول + 439 mL ماء مقطّرة	0.91
السائل 3	448 mL إيثانول + 586 mL ماء مقطّرة	0.94
السائل 4	ماء مقطّرة	1
السائل 5	184 g من كربونات البوتاسيوم ذائبة في 965 mL ماء مقطّرة	1.15
السائل 6	513 g من كربونات البوتاسيوم ذائبة في 866 mL ماء مقطّرة	1.38

احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- احتفظ بالإيثانول بعيدًا عن اللهب أو أيّ مصادر اشتعال أخرى لأنه مادة سريعة الاشتعال.

ملاحظات

- يعرض الجدول أدناه مدى الكثافة لأنواع البلاستيك الأكثر استخدامًا.

البوليمر	مدى الكثافة (g/mL)
EPS – البولي ستيرين الموسّع	0.02–0.06
PP – البولي بروبين	0.89–0.91
LDPE – البولي إيثين منخفض الكثافة	0.91–0.93
HDPE – البولي إيثين مرتفع الكثافة	0.94–0.96
PS – البولي ستيرين	1.04–1.11
PVC – البولي فينيل الكلوريد	1.20–1.55
PET – البولي إيثيلين تيريفثلات	1.38–1.40

النتائج (مثال)

العيّنة	ملاحظات حول طفو أو غرق العيّنة						هوية البلاستيك
	السائل 1	السائل 2	السائل 3	السائل 4	السائل 5	السائل 6	
A	غرق	غرق	طفو	طفو	طفو	طفو	LDPE
B	غرق	غرق	غرق	طفو	طفو	طفو	HDPE
C	طفو	طفو	طفو	طفو	طفو	طفو	EPS

المقاومة الكيميائية للمواد البلاستيكية المختلفة

المواد والأدوات والأجهزة

- عيّنات من مواد بلاستيكية مختلفة (مثل البولي إيثين والبولي ستيرين والنايلون)
- كوب من البولي ستيرين الموسّع
- كأس زجاجية كبيرة
- أنابيب اختبار
- رفّ لأنابيب الاختبار
- بروبانون (أسيتون)
- محلول حمض الكبريتيك المخفّف (2 mol/L)
- محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفّف (2 mol/L)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- الأحماض والقلويات بهذا التركيز مواد أكّالة ويجب أن يتعامل معها المعلّم فقط.
- البروبانون (الأسيتون) مادة سريعة الاشتعال، ويجب إبعاده عن اللهب أو أيّ مصادر اشتعال أخرى.
- حمض الكبريتيك المخفّف ومحلول هيدروكسيد الصوديوم المخفّف من المواد المهيّجة للجلد والجهاز التنفّسي.

ملاحظات

- يمكن عرض تأثير البروبانون (الأسيتون) على بوليمرات غير البولي ستيرين. أغلبية هذه البوليمرات لا تذوب، ولكن الـ PVC غير الملدّن لابلاستيكي، يمكن أن يذوب.
- لن تذوب بوليمرات الإضافة الشائعة أو تتحلّل بفعل الأحماض أو القلويات، لكن بوليمرات التكثيف يمكن أن تتحلّل (تتفكّك) بالماء ويمكن عرض ذلك أمام الطلبة.

النتائج (مثال)

العيّنة	تأثير الحمض	تأثير المادة القلوية
LDPE	لا تأثير	لا تأثير
HDPE	لا تأثير	لا تأثير
EPS	لا تأثير	لا تأثير

إجابات أسئلة كتاب الطالب

٧-١ الكحولات.

٧-٢ إيثانول ⟶ بخار الماء + إيثين

$C_2H_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow C_2H_5OH(g)$

٧-٣ ضغط يساوي 60 atm، ودرجة حرارة 300 °C، وحمض الفوسفوريك كعامل حفّاز.

٧-٤

أ. ثاني أكسيد الكربون

ب. حاجز الهواء – يسمح لثاني أكسيد الكربون بالخروج، ولكنه لا يسمح بدخول الهواء.

ج. خميرة

د. نحو 36 °C

هـ. هذه هي درجة الحرارة المثالية لكي تعمل أنزيمات الخميرة بشكل أفضل.

٧-٥

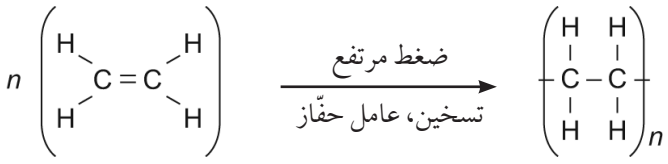
أ. يُعدّ تميه الإيثين طريقة أسرع لإنتاج الإيثانول من التخمّر. كما أنها تنتج إيثانولًا أكثر نقاوة.

ب. هي طريقة بسيطة ومباشرة، تستخدم مصادر نباتية متجدّدة.

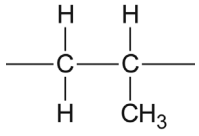
٦-٧ يُستخدم كوقود؛ لأنه قابل للاشتعال، ويحترق مُنتجًا القليل من السخام، ويُستخدم كمذيب، حيث يمكنه إذابة المُركّبات العضوية بشكل أفضل من الماء ويتبخّر بسهولة أكثر منه.

٧-٧ عملية بلمرة تتضمّن مونومرات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقلّ بين ذرّات الكربون، وتحدث عن طريق تفاعُلات إضافة.

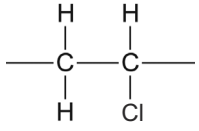
٨-٧



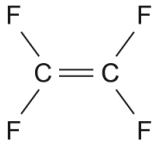
٩-٧ أ.



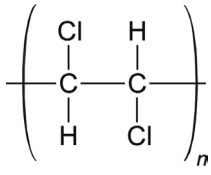
ب.



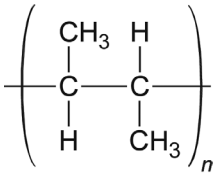
١٠-٧ رباعي الفلورو إيثين



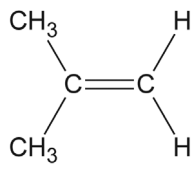
١١-٧ أ.



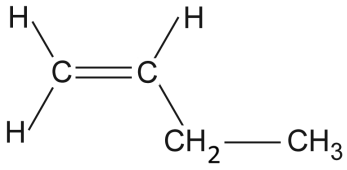
ب.



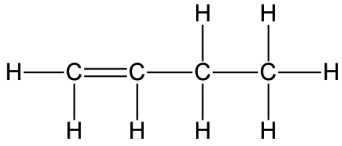
١٢-٧ أ.



ب.

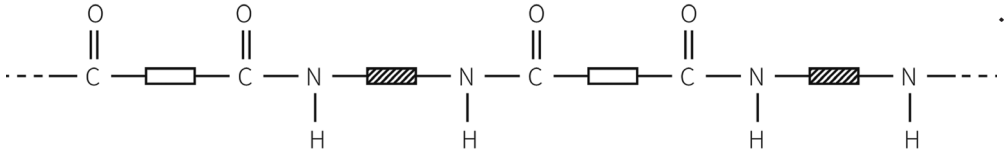


نموذج حلّ آخر



١٣-٧ أ. H_2O

ب.



١٤-٧

	البلمرة بالإضافة	البلمرة بالتكثيف
أوجه التشابه	تتّحد كثير من الجُزيئات الصغيرة معًا أثناء التفاعُل	
	يشكّل التفاعُل جزيئًا ذا سلسلة طويلة	
أوجه الاختلاف	تنتج مادة واحدة هي الجُزيء ذو السلسلة الطويلة	تنتج مادتان هما الجُزيء ذو السلسلة الطويلة وجزيء صغير، مثل H_2O أو HCl
	يجب أن يتضمّن جُزيء المونومر رابطة ثنائية على الأقلّ / أي يكون غير مشبع	يجب أن تحتوي المونومرات على مجموعات وظيفية نشطة في طرفَي جُزيئاتها

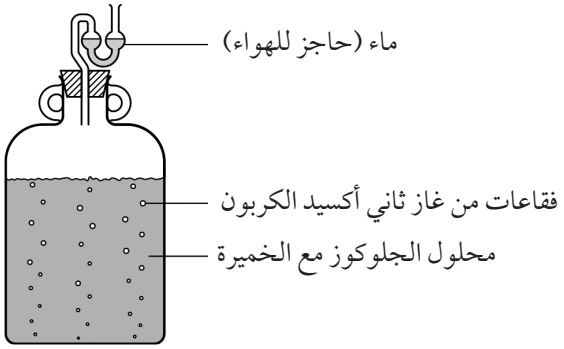
إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ٧-١: تصنيع الإيثانول

أ $C_2H_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow C_2H_5OH(g)$

الظروف: 300 °C، 60 atm مع حمض الفوسفوريك كعامل حفّاز.

ب ١.



٢. بسبب نفاد السكّر (الجلوكوز)، وإنتاج الإيثانول بتركيز يؤدّي إلى قتل الخميرة.

٣. يتكوّن الإيثانول نتيجة التنفُّس اللاهوائي؛ فوجود الأكسجين يُحدث تفاعُلًا مختلفًا، حيث ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء. وبوجود الأكسجين قد يتأكسد الإيثانول.

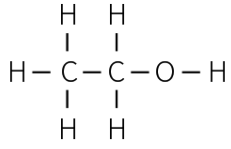
ج ثاني أكسيد الكربون والماء.

د لأنه يتمّ الحصول على المادة الخام؛ (الإيثين)، من التكسير الحراري للنفط وهو مورد غير مُتجدّد، في حين يمكن الحصول على الجلوكوز من قصب السكّر أو الشمندر السكّري؛ وهي موارد متجدّدة.

تمرين ٧-٢: الكحولات كوقود

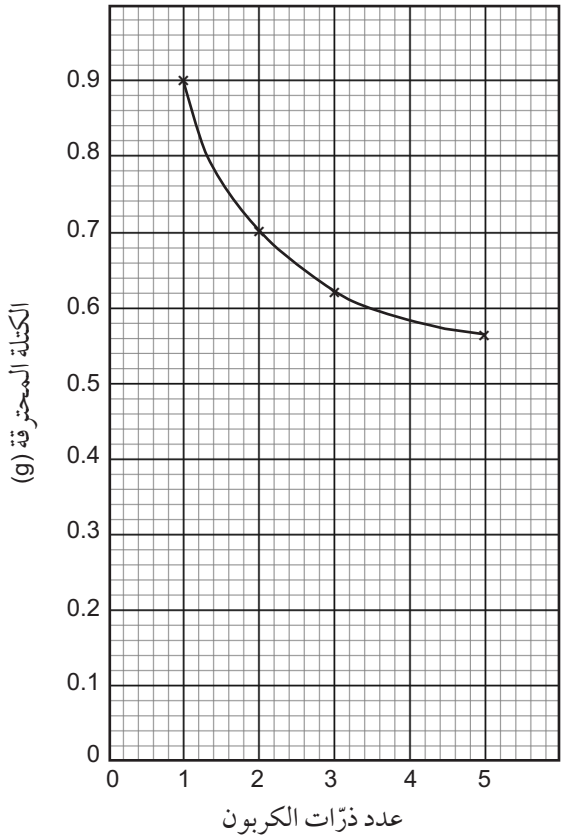
أ تحتوي جميعها على المجموعة الوظيفية OH-.

ب



ج $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow \mathbf{2}CO_2(g) + \mathbf{3}H_2O(l)$

د ١.



٢. مع زيادة عدد ذرّات الكربون، تنخفض كتلة الكحول المحترقة.

٣. 0.58 g

٤. تمّ اختيار القيمة نفسها بحيث يمكن إجراء مقارنة سهلة بين الكحولات المختلفة – لجعل التجارب مع الكحولات المختلفة قابلة للمقارنة بسهولة / مباشرة.

هـ 2.3 g من الإيثانول تعطي 2.7 g من الماء، إذن عند حرق 13.8 g من الإيثانول، ينتج x g من الماء

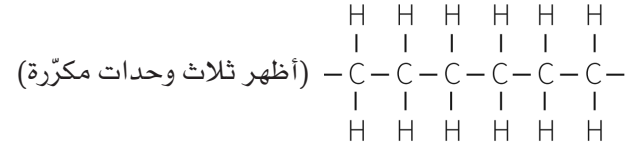
$$x = \frac{13.8}{2.3} \times 2.7 = 16.2\ g$$

تمرين ٧-٣: البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثيف

أ

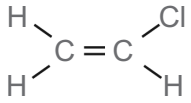
- البولي إيثين **بوليمر**؛ لأنه يتكوّن نتيجة لترابُط عدد كبير من الجُزيئات الصغيرة معًا، التي تسمّى **مونومرات**.
- الجُزيئات الصغيرة التي تترابط معًا لتكوين البولي إيثين هي جُزيئات **الإيثين**.
- تكسر الجُزيئات روابطها **الثنائية** لتشكيل روابط **أحادية** جديدة بعضها مع بعض لتكوين سلسلة واحدة طويلة.
- يسمّى هذا النوع من التفاعُل البلمرة **بالإضافة**.

ب



(أظهر ثلاث وحدات مكرّرة)

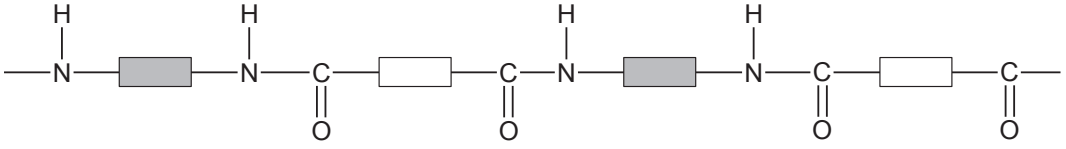
ج ١.



٢. ستسبّب أي أجسام مصنوعة من هذا البوليمر مشكلة في تجمّع النفايات لأنها لن تتحلّل، فهي ستملأ مواقع طمر النفايات دون أن تتحلّل مسبّبة بذلك مشكلة بيئية.

د ١. بلمرة بالتكثيف.

٢.



٣. النايلون.

٤. ماء.

إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ٧-١: الكحولات

١ أ. الكحولات.

ب. المجموعة الوظيفية OH-.

ج. يحتوي على ذرّتَين من الكربون في سلسلته.

٢ أ. ١. $C_2H_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow C_2H_5OH(g)$

٢. تميّه (تفاعُل إضافة).

٣. حمض الفوسفوريك هو عامل حفّاز.

ب. ١. التخمّر.

٢. خميرة ودرجة حرارة نحو 36 °C وانعدام الأكسجين.

٣. بالتقطير التجزيئي.

٣ أ. إنه أفضل من الماء في إذابة المواد العضوية.

كما أنه يتبخّر أسرع من الماء عن السطح الذي تمّ تنظيفه.

بالإضافة إلى أنه يتيح بيئة معقّمة.

ب. يمكن إنتاجه من مصدر مُتجدّد، في حين أن الهيدروكربونات تأتي من مصدر غير مُتجدّد، مثل النفط الخام. كما ينتج عند احتراق الإيثانول كمّية أقلّ من ثاني أكسيد الكربون والسخام عن الهيدروكربونات.

ورقة العمل ٧-٢: إنتاج الإيثانول

قيّم العرض التقديمي ضمن مناقشة مع طلبة الفصل.

بعض مبرّرات تصنيع الإيثانول من السكّر:

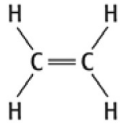
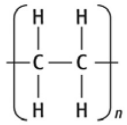
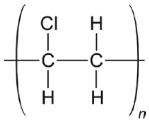
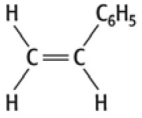
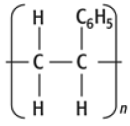
- المادة الخام هي السكّر الذي يمكن استخراجه من النباتات مثل قصب السكّر، لذلك فهو مُتجدّد على عكس النفط.
- تتطلّب هذه العملية أيضًا وجود مادة أخرى، هي الخميرة التي يمكن الحصول عليها من مصادر طبيعية وعضوية، وتعمل عند درجات حرارة منخفضة نسبيًّا، على عكس تميّه الإيثين.
- ينطوي على تفاعُل واحد فقط لذلك فهو فعّال.
- تتطلّب هذه العملية الطاقة فقط خلال التقطير التجزيئي المعتمد لتنقية الإيثانول، ويمكن توفير ذلك عن طريق حرق مخلّفات قصب السكّر، ما يجعل التصنيع أكثر فاعلية.
- يمكن أن توفّر هذه العملية العمل للسكان المحلّيين الذين يزرعون قصب السكّر والمحاصيل الزراعية، وكذلك في صناعة الإيثانول.
- لأن قصب السكّر يزرع محليًّا فلا يلزم استيراد أي مواد مثل النفط.

بعض مبرّرات تصنيع الإيثانول من النفط:

- المادة الخام هي الإيثين، وهي مادة ناتجة ثانوية لتكسير النفط يمكن استخدامها والاستفادة منها.
- تحتاج هذه العملية إلى مادة أخرى وهي المياه المتوفّرة بكثرة، ويمكن الحصول عليها من مصادر محلّية.
- يتمّ إنتاج الإيثانول بسرعة أكبر من عملية التخمّر.
- يُعدّ الإيثانول الناتج خلال هذه العملية أنقى بكثير من ذلك الناتج من التخمّر.
- يمكن الحصول على الإيثين بتكلفة أقلّ إذا كان البلد منتجًا للنفط، كما يمكن تصديره إلى دول أخرى.
- يمكن أن يوفّر فرص وظائف للمواطنين في مجالات استخراج النفط وتكريره.

ورقة العمل ٧-٣: بوليمرات الإضافة واستخداماتها

١

الاسم والتركيب البنائي للمونومر	الاسم والتركيب البنائي للبوليمر
إيثين 	بولي إيثين 
كلوروإيثين	بولي كلوروإيثين 
فينيل إيثين 	**بولي فينيل إيثين** 

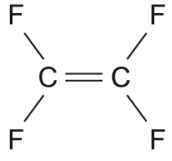
٢ جُزيء صغير له القدرة على الارتباط بجُزيئات أخرى، على شكل وحدات مُتكرّرة، لتكوين جُزيء ذي سلسلة طويلة (بوليمر).

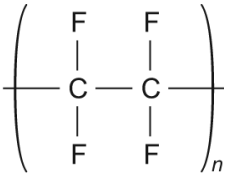
٣ وجود رابطة ثنائية بين ذرّتَين من الكربون (C=C).

٤ لا يتآكل، وهو أخفّ وزنًا.

٥ أ. مرن وعازل كهربائي.

ب.

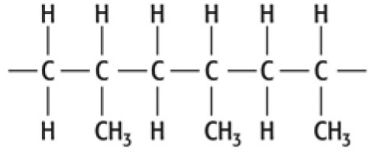
رباعي فلوروإيثين 

بولي رباعي فلوروإيثين، PTFE 

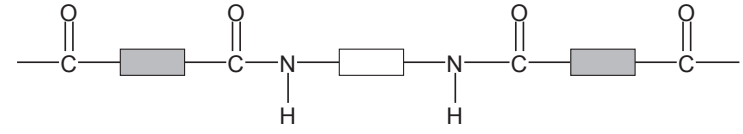
ج. تُعدّ بوليمرات الإضافة غير قابلة للتحلّل الحيوي. كما تنبعث منها أبخرة سامّة عند اشتعالها (احتراقها).

ورقة العمل ٧-٤: البولي بروبين والنايلون

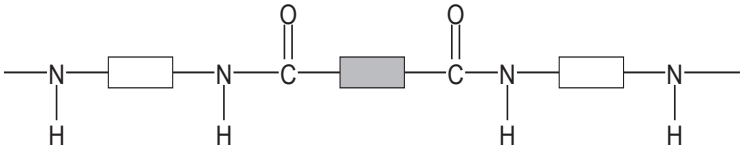
١



٢



أو



٣ أ. ١. النايلون: البلمرة بالتكثيف.

٢. البولي بروبين: البلمرة بالإضافة.

ب. ١. النايلون: ماء.

٢. البولي بروبين: لا ينتج أي مادة أخرى.

٤ أ. البولي البروبين

- يطفو على سطح الماء، فإذا سقط الحبل في الماء لا يغرق.
- لا يمتصّ الماء، لذلك يسهل تجفيفه.

ب. النايلون

- أكثر مرونة من البولي بروبين، لذلك لن ينكسر تحت تأثير الضغط (الشدّ)، عند استخدامه في التسلّق.
- يقلّل من تأثير قوة الصدمة على الشخص إذا سقط.

ج. النايلون

- يمتصّ الماء، مما يسمح للملابس بامتصاص العرق.
- يتحمّل درجات الحرارة المرتفعة عند الغسيل بالماء الساخن.

د. البولي البروبين

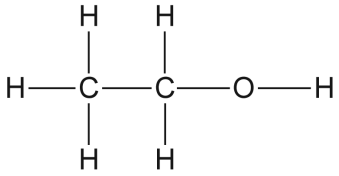
- يتحمّل الصدمات القوية، ويكون بالتالي قادرًا على تحمّل الأوزان الثقيلة الموضوعة على السجادة.
- أكثر صلابة من النايلون، لذلك سيحتفظ بشكل الألياف على نحو أفضل.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. OH

ب. C_2H_5OH

ج.



د. ١. $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

٢. وذلك للأسباب الآتية: يمكن الحصول عليه من مصدر مُتجدّد، تنتج منه كمّية أقلّ من ثاني أكسيد الكربون، يحترق مع قليل من السخام بشكل أكثر نظافة (أقلّ تلويثًا).

٣. تُستخدَم كمذيبات.

٢ أ. خميرة.

ب. ٣. 35 °C

ج. ثاني أكسيد الكربون، يتعكّر ماء الجير في أنبوبة التسخين عندما يتدفّق الغاز عبره.

د. $C_6H_{12}O_6(aq) \longrightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$

هـ. ٣. أسبوع واحد.

و. التقطير التجزيئي.

ز. ١. $C_2H_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow C_2H_5OH(g)$

٢. 300 °C، 60 atm، حمض الفوسفوريك (عامل حفّاز).

٣. أسرع من التخمّر في إنتاج إيثانول أكثر نقاء.

٤. بسبب الظروف فإنّه يحتاج إلى درجة حرارة عالية وضغط مرتفع، كما يحتاج إلى حمض مركّز كعامل حفّاز، وكذلك مصدر الإيثين غير مُتجدّد (وقود أحفوري).

٣ أ. جُزيئات الإيثين التي ترتبط معًا لتكوين البولي إيثين تسمّى **مونومرات**.

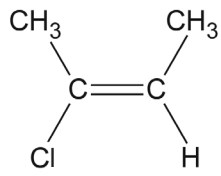
وجُزيئات البولي إيثين التي تكوّنت تسمّى **بوليمرات**.

ب. ١. تنكسر الروابط الثنائية في جُزيئات الإيثين، وتكوّن الجُزيئات روابط أحادية جديدة لتكوّن سلسلة.

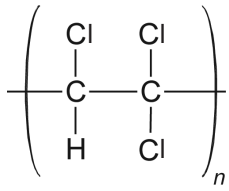
٢.

٣. أيٌّ استخدامَين من الآتي: أكياس بلاستيكية، أوعية، قناني، عبوات.

ج. ١.



٢.



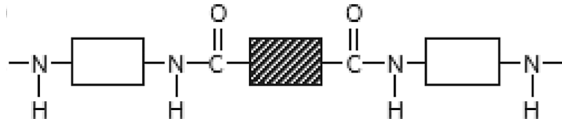
٤ أ. البلمرة بالتكثيف.

ب. خلال تفاعُل البلمرة بالتكثيف، تتكوّن جُزيئات صغيرة أثناء تكوّن البوليمر، في حين يتكوّن البوليمر خلال البلمرة بالإضافة فقط.

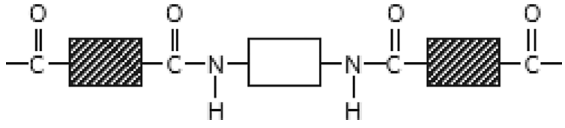
وخلال البلمرة بالتكثيف تتكوّن الرابطة -CONH- التي تصل بين المونومرات، أمّا في البلمرة بالإضافة فتتفكّك الرابطة الثنائية، مكوّنة روابط أحادية C-C بين ذرّات الكربون فقط.

ج. ١. الماء.

٢.



أو



د. النايلون مركّب تساهمي، ولا يوصّل الكهرباء.

الوحدة الثامنة: الطاقة الكيميائية والاتّزان

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٤-١، ١٤-٢، ١٤-٣	٨-١ تغيّرات الطاقة في التفاعُلات الماصّة والطاردة للحرارة	٣	نشاط ٨-١ قياس تغيُّرات الطاقة الأسئلة من ٨-١ إلى ٨-٤ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١	تمرين ٨-١ مُخطّطات الطاقة ورقة العمل ٨-١ تغيُّر الطاقة أثناء الاحتراق
١٥-١	٨-٢ التفاعُلات المنعكسة والاتّزان الديناميكي	٢	نشاط ٨-٢ تفاعُل منعكس يتضمّن كبريتات النحاس (II) الأسئلة من ٨-٥ إلى ٨-٨ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	ورقة العمل ٨-٢ تسخين بلّورات كبريتات النحاس (II) المائية
١٥-٢، ١٥-٣، ١٥-٤	٨-٣ العمليات الصناعية	٤	نشاط ٨-٣ صُنع سماد الأسئلة من ٨-٩ إلى ٨-٢٦ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣، ٤، ٥	تمرين ٨-٢ أهمّية النيتروجين تمرين ٨-٣ إنتاج حمض الكبريتيك صناعيًّا ورقة العمل ٨-٣ عملية هابر ورقة العمل ٨-٤ فاعلية الأسمدة

الموضوع ٨-١: تغيّرات الطاقة في التفاعُلات الماصّة والطاردة للحرارة

الأهداف التعليمية

١٤-١ يصف معنى التفاعُلات والعمليّات الطاردة للحرارة والماصّة للحرارة، ويصف تفكُّك الروابط كعملية ماصّة للحرارة وتكوين الروابط كعملية طاردة للحرارة.

١٤-٢ يفسّر المُخطّطات البيانيّة لمستوى الطاقة التي توضّح التفاعُلات الطاردة للحرارة والماصّة للحرارة وطاقة تنشيط التفاعُل.

١٤-٣ يرسم التمثيلات البيانيّة لمستوى طاقة التفاعُلات الطاردة للحرارة والماصّة للحرارة ويخطّطها باستخدام البيانات المُعطاة.

أفكار للتدريس

- حثّ الطلبة على تذكُّر ما تعلموه سابقًا عن تغيُّرات الطاقة خلال دراستهم للتفاعُلات الكيميائية، ومعنى مصطلحَي الطارد للحرارة والماصّ للحرارة، باستعراض أمثلة لتفاعلات كيميائية مختلفة. ناقش ذلك في ضوء ما يحدث للطاقة خلال تفاعُل كيميائي ما. **النشاط ٨-١ قياس تغيُّرات الطاقة**، يمنح الطلبة فرصة استكشاف تغيُّر درجات الحرارة خلال العمليات الكيميائية، وتحويل ذلك إلى تغيُّر في الطاقة.
- استخدم النماذج الجزيئية في شرح التفاعُلات الطاردة للحرارة، والتفاعُلات الماصّة للحرارة من حيث كسر روابط المواد المتفاعلة، ومن ثم تكوين روابط المواد الناتجة. معتمدًا على فكرة أن التفاعُل هو إعادة ارتباط للذرّات الموجودة في المواد المتفاعلة، بتكسير الروابط لإعادة تكوينها في مواد ناتجة، وهناك كثير من مقاطع الفيديو على الإنترنت يمكن عرضها لتوضيح الطاقة اللازمة لتكسير الروابط والطاقة المُنبعثة خلال تكوين الروابط.
- درّب الطلبة على بناء مُخططّات تغيّر الطاقة لكلّ من التفاعُلات الطاردة للحرارة، والتفاعُلات الماصّة للحرارة ليكونوا قادرين على بناء هذه المُخططّات باستخدام تعابير عامّة، وعند تزويدهم ببيانات لتفاعُل معيّن. كما يمكنك تزويد الطلبة ذوي القدرات الأعلى ببيانات قيَم طاقة الروابط في التفاعُلات، للتدرّب على حساب التغيُّر الإجمالي للطاقة.
- ذكّر الطلبة بطاقة التنشيط التي دُرّست سابقًا مع مُعدّل سرعة التفاعُل، وعلاقتها بالطاقة المتضمنّة في تفاعُل ما. اشرح مُخططّات منحنيات تغيّر الطاقة بعناية، لتوضيح الاختلافات بين تفاعُل طارد للحرارة وتفاعُل ماصّ للحرارة، مع استعراض طاقة التنشيط دائمًا كتغيُّر ماصّ للحرارة، وهو الفرق بين مستوى طاقة المواد المتفاعلة وقمّة المنحنى.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- المشكلة الرئيسية التي تواجه الطلبة هي استيعاب كسر الروابط كعملية ماصّة للحرارة، وتكوين الروابط كعملية طاردة للحرارة. لذا فإنّ اعتماد استراتيجيات واختصارات لترسيخ ذلك في مرحلة مبكرة يُعدّ أمرًا مهمًّا جدًّا.
- وقد تمثّل مُخططّات الطاقة البسيطة مشكلة محدودة للطلبة، ولكن مُخططّات منحنيات تغيّر الطاقة قد تبدو أكثر تعقيدًا، لذا فإن التدريب على رسمها يساعد على الإلمام بتفسيرها.

أفكار للواجبات المنزلية

- الأسئلة من ٨-١ إلى ٨-٤، في كتاب الطالب.
- تمرين ٨-١ مُخططّات الطاقة، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٨-١ تغيُّر الطاقة أثناء الاحتراق، في كتاب النشاط.
- أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١، في كتاب الطالب.

الموضوع ٨-٢: التفاعُلات المنعكسة والاتّزان الديناميكي

الأهداف التعليمية

١٥-١ يفهم أنّه يمكن عكس بعض التفاعُلات الكيميائية بتغيير ظروف التفاعُل. (تقتصر هذه الظروف على تأثير الحرارة والماء على كبريتات النحاس (II) المائية واللّامائية وكلوريد الكوبالت (II)، وعندما يكون التفاعُل في نظام مغلق، سوف يصل في النهاية إلى حالة من الاتّزان الكيميائي).

أفكار للتدريس

- ناقش مع الطلبة تغيّرات يعرفون أنها قابلة للانعكاس مثل؛ تبخّر الماء وتكثيفه، أو تكوّن الجليد وانصهاره. واعرض فكرة أن بعض التفاعُلات الكيميائية تكون قابلة للانعكاس أيضًا.
- ركّز على التفاعلات التي يمكن عكسها عن طريق «إعادة الخلط»، مثل نزع الماء من بلّورات ملح مائي، أو التفكُّك الحراري لكلوريد الأمونيوم. اعرض تفاعُلات منعكسة حيثما أمكن، واطلب إلى الطلبة تنفيذ **النشاط العملي ٨-٢ تفاعُل منعكس يتضمّن كبريتات النحاس (II)**. مشيرًا إلى أن تسخين بلّورات كلوريد الكوبالت (II) المائي سينتج تأثيرًا مُشابهًا لتجربة كبريتات النحاس (II) المائية.
- اعرض فكرة كلّ من التفاعُل الأمامي (المباشر) والتفاعُل العكسي، اللذَين يحدثان في الوقت نفسه. ويمكن عرض مفهوم الاتّزان الديناميكي باستخدام التشبيه، مثل الركض على جهاز مشي، أو صعود سلّم مُتحرّك نحو الأسفل. ويجب التأكيد على خصائص الاتّزان الديناميكي، من حيث إنّ كِلا التفاعُلَين يحدثان بمُعدّل السرعة نفسه، دون ملاحظة أو رؤية أي تغيير عامّة، وإنّ هذا الاتّزان يمكن أن يحدث في نظام مُغلق فقط. على سبيل المثال، يمكن مراقبة سائل البروم وبخاره داخل إناء مغلق خلال حصة كاملة، أو استخدام عملية فتح قنينة مشروب غازي وإغلاقها، لإثبات ضرورة وجود نظام مغلق (تحتوي القنينة على حمض ضعيف وكربونات).
- ناقش أهمّية الظروف مثل درجة الحرارة والضغط، وكيف يمكن استخدام هذه الظروف للتأثير على اتّجاه التفاعُل. يمكن العودة إلى تميّه كبريتات النحاس (II) ونزع ماء التبلور منه لجهة تغيُّرات الطاقة التي لاحظها الطلبة، ويمكن عرض تأثير تسخين محلول كلوريد الكوبالت (II) وتبريده. إنّ عرض مقطع فيديو لتأثير الضغط على مخلوط متّزن من رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O_4) وثنائي أكسيد النيتروجين (NO_2) يوفّر توضيحًا جيّدًا لتأثير الضغط على التفاعلات التي تتضمّن غازات.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يجب أن يكون مفهوم العملية القابلة للانعكاس مألوفًا عند الطلبة، وإن كان قد ارتبط سابقًا بالتغيُّر الفيزيائي فقط، وليس بالتغيُّر الكيميائي. ومن الضروري توخّي الحذر؛ لأن الطلبة قد يفترضون أنه يمكن عكس التفاعُلات الكيميائية جميعها.
- يُعدّ الاتّزان الديناميكي مفهومًا صعبًا، لذا فإن استخدام التشبيه سيجعل هذا المفهوم قابلًا للاستيعاب أكثر.
- يجب أن يجد الطلبة تأثير القيام بعكس تأثير أحد الظروف، كدرجة الحرارة أو الضغط على نحو بسيط ومباشر، من دون الحاجة إلى فهم أسباب تأثير تغيُّرات الظرف (على الرغم من أنه يمكن تشجيع ذوي القدرات الأعلى على التفكير في السبب).

أفكار للواجبات المنزلية

- الأسئلة من ٨-٥ إلى ٨-٨، في كتاب الطالب.
- ورقة العمل ٨-٢ تسخين بلّورات كبريتات النحاس (II) المائية، في كتاب النشاط.
- أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢، في كتاب الطالب.
- حثّ الطلبة على إعداد ملصق لوصف مفهوم الاتّزان الديناميكي.

الموضوع ٨-٣: العمليات الصناعية

الأهداف التعليمية

٢-١٥ يصف الشروط الأساسية لتصنيع الأمونيا بطريقة هابر ويشرحها، بما في ذلك مصادر الهيدروجين (تفاعُل الميثان أو الغاز الطبيعي مع البخار) والنيتروجين (الموجود في الهواء).

١٥-٣ يصف الحاجة إلى الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

١٥-٤ يصف تصنيع حمض الكبريتيك بطريقة التلامُس، بما في ذلك الظروف والتفاعُلات الأساسية المطلوبة، واستخدام الكبريت على النحو الآتي:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

$$H_2SO_4 + SO_3 \rightarrow H_2S_2O_7$$

$$H_2S_2O_7 + H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$$

أفكار للتدريس

- ذكّر الطلبة بمركّب الأمونيا وصيغته الكميائية وبعض خصائصه. وإن أمكن، اعرض عيّنة من الأمونيا في خزانة الأبخرة، واختبر ذوبانيتها في محلول مائي يحتوي على الكاشف العام. صف أهمّية الأمونيا، مع التركيز على الاستخدام الأوسع لهذه المادة في صناعة الأسمدة.
- أوجز عملية هابر، مع عرض تفاصيل مصادر النيتروجين والهيدروجين، والمُعادلات ذات الصلة، والظروف المُستخدَمة في هذه العملية. مع الإشارة إلى أن تفاعُل عملية هابر، يعد تفاعلاً منعكسًا، وأنه سيصل إلى حالة الاتّزان. إلّا أن الظروف المستخدمة في عملية هابر تُعدّ حلًّا مناسبًا لإنتاج الأمونيا بمردود مقبول. وكذلك يجب الإشارة إلى الأسباب التي تجعل من ارتفاع أو انخفاض كل من الضغط ودرجة الحرارة ميزة أو عيبًا بالنسبة لهذه العملية، ويجب دراسة التمثيلات البيانية التي توضّح تغيّر مردود الأمونيا مقابل درجة الحرارة والضغط. للعلم، هناك كثير من مقاطع الفيديو، والمحاكاة الرقمية عن هذه العملية، التي يمكن أن تكون مفيدة. فعلى سبيل المثال، موقع www.learner.org وتحديدًا الجزء الخاص بـ «تحكّم في مصنع أمونيا هابر بوش «Haber Bosh» تحديات وحلول».
- بطريقة مماثلة، ذكّر الطلبة بحمض الكبريتيك وصيغته، وخصائصه، واستخداماته. ويمكن عرض أو مناقشة بعض المواد المُستخدَمة في صُنع حمض الكبريتيك، مثل عرض عيّنة من الكبريت أو التذكير بثنائي أكسيد الكبريت كغاز حمضي، ودوره في تكوُّن المطر الحمضي.
- أوجز كيفيّة تصنيع حمض الكبريتيك باستخدام عملية التلامُس، مع عرض تفاصيل المراحل والظروف المُستخدَمة. يمكن إعطاء الطلبة المُعادَلات اللفظية كي يستنتجوا منها المُعادَلات الكيميائية الموزونة. مع لفت الانتباه مرّة أخرى إلى التفاعُل الرئيسي المنعكس بين ثنائي أكسيد الكبريت والأكسجين، لإنتاج غاز ثلاثي أكسيد الكبريت.
- حثّ الطلبة على وصف تأثير السماد على نمو النباتات وسلامتها، ووظيفة العناصر الرئيسية في ذلك. يمكنهم إجراء بحث عن أنواع مختلفة من الأسمدة، مثل NPK، والأسمدة النيتروجينية والعضوية، وتلخيص ما يجدونه في جدول، مع ذكر مزايا وعيوب كلّ منها. يمكن إجراء حسابات للنسب المئوية للنيتروجين في أسمدة مختارة، كي يتمكنوا من مقارنة بعضها مع بعض.
- وضّح أهمّية إنتاج الأمونيا وحمض الكبريتيك صناعيًّا في صناعة الأسمدة. وسوف تجد في هذا المجال فرصة لمراجعة موضوعات مختلفة؛ كتفاعلات التعادل ودورها في تكوين الأملاح غير العضوية المستخدمة في الأسمدة، أو كتابة معادلات موزونة للتفاعلات بين القواعد والأحماض، أو تحضير ملح معيّن بتفاعل التعادل.
- يمكن للطلبة صُنع «سماد» كبريتات الأمونيوم الخاص بهم في **النشاط العملي ٨-٣ صُنع سماد** الذي يمكن استخدامه لمعرفة تأثيره على نمو نبات ما، بالمقارنة مع شاهد ضابط (against a control).

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يتطلّب هذا الموضوع من الطلبة معرفة التفاصيل والحقائق الأساسية عن عملية هابر وعملية التلامس، ولكنهم قد لا يميّزون بين الظروف الأساسية للعمليتَين. وقد تحتاج منهم معرفة أسباب اختيار الظروف المُستخدَمة إلى تفكير منطقي.
- يُعدّ هذا الموضوع مفيدًا لمراجعة كثير من المجالات الأخرى المتعلّقة به، ومعالجة بعض المفاهيم الخاطئة، مثل معرفة عدد من المُعادَلات، واستكشاف العلاقة والاختلافات بين الاتّزان، ومُعدّل السرعة، والطاقة لتفاعُل ما. ومن الممكن أيضًا مراجعة حسابات كتلة غاز ما وحجمه، وكذلك حالات المادة، والاتّحاد، والتعادُل.

أفكار للواجبات المنزلية

- الأسئلة من ٨–٩ إلى ٨–١٥ (تصنيع الأمونيا)، في كتاب الطالب.
- الأسئلة من ٨–١٦ إلى ٨–٢٢ (تصنيع حمض الكبريتيك)، في كتاب الطالب.
- الأسئلة من ٨–٢٣ إلى ٨–٢٦ (الأسمدة)، في كتاب الطالب.
- تمرين ٨–٢ أهمّية النيتروجين، في كتاب النشاط.
- تمرين ٨–٣ إنتاج حمض الكبريتيك صناعيًّا، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٨–٣ عملية هابر، في كتاب النشاط.
- ورقة العمل ٨–٤ فاعلية الأسمدة، في كتاب النشاط.
- أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣ و٤ و٥، في كتاب الطالب.
- يمكن للطلبة إجراء بحث يتناول استخدام أنواع مختلفة من الأسمدة، والفوائد والمشكلات التي تسبّبها، وإعداد مقال صحفي عن ذلك.
- يمكن للطلبة إجراء بحث يتناول أعمال فريتز هابر Fritz Haber وكتابة سيرة قصيرة عنه.

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ٨-١: قياس تغيُّرات الطاقة

المهارات

- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **يخطّط للتجارب والاستقصاءات.**
- **ينجز التجربة ويسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**
- **يُقيِّم الطرائق، ويقترح التحسينات المُحتملة.**

يستقصي هذا النشاط ما إذا كان هناك امتصاص للحرارة (تفاعُل ماصّ للحرارة) أو انبعاث للحرارة (تفاعُل طارد للحرارة) في خمس تجارب مختلفة، كما يتيح حساب قيمة التغيُّر في الطاقة لكل منها.

المواد والأدوات والأجهزة

- مخبار مدرّج عدد 2 (سعة 10 mL و 25 mL)
- ميزان حرارة
- كوب من البولي ستيرين في كأس زجاجية
- ملعقة كيماويات
- مسحوق حمض الستريك
- مسحوق الماغنيسيوم
- شريط ماغنيسيوم (طوله 3 cm)
- مسحوق كلوريد البوتاسيوم
- محلول كبريتات النحاس (II) (0.4 mol/L)
- حمض الهيدروكلوريك (0.4 mol/L)
- محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.4 mol/L)
- حمض الكبريتيك (0.4 mol/L)
- محلول كربونات الصوديوم الهيدروجينية (0.4 mol/L)
- ماء

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- نظّف أي انسكابات باستخدام الماء.
- أبعد الماغنيسيوم عن أي لهب مكشوف وأي مصادر اشتعال أخرى.

ملاحظات

- تتلاءم أكواب البولي ستيرين الموسّع النموذجية بشكل مريح مع الكؤوس الزجاجية سعة 250 mL. يوفّر ذلك وعاء تفاعُل أكثر ثباتًا ويمنع كذلك الانسكاب في حال تشقّق كوب البولي ستيرين.
- يمكن تزويد الطلبة بكمّيات صغيرة من شريط أو مسحوق الماغنيسيوم في قوارب وزن بلاستيكية أو ما شابه ذلك. قد يفضّل المعلّم إبقاء الماغنيسيوم تحت إشرافه المباشر، وتوزيعه عليهم بشكل فردي.

ملاحظات على النتائج والحسابات

النتائج

يعرض جدول النتائج أدناه مثالًا على البيانات.

درجة الحرارة (°C)	التجربة				
	١	٢	٣	٤	٥
درجة الحرارة قبل التفاعُل، T_1	20	20	20	20	20
درجة الحرارة بعد التفاعُل، T_2	18	22	19	26	30
التغيُّر في درجة الحرارة $\Delta T = T_2 - T_1$	-2	+2	-1	+6	+10

ستختلف قيَم درجات الحرارة، ولكنّ التجربتَين ١ و ٣ ستظهران انخفاضًا في درجات الحرارة، في حين ستظهر التجارب ٢ و ٤ و ٥ ارتفاعًا في درجات الحرارة.

الحسابات

تستند حسابات التغيُّر في الطاقة الحرارية إلى النتائج المبيّنة في الجدول.

التجربة ١: $-4.2 \times 10 \times -2 = 84\ J$

التجربة ٢: $-4.2 \times 20 \times 2 = -168\ J$

التجربة ٣: $-4.2 \times 10 \times -1 = 42\ J$

التجربة ٤: $-4.2 \times 20 \times 6 = -504\ J$

التجربة ٥: $-4.2 \times 10 \times 10 = -420\ J$

إجابات الأسئلة

١ ستعتمد هذه الإجابة على نتائج الطلبة، ولكن بالنسبة للنتائج الموضّحة أعلاه، فإن التجربة ١ هي الأكثر امتصاصًا للحرارة والتجربة ٤ هي الأكثر طردًا للحرارة.

٢ خلال التفاعُل الماصّ للحرارة، يحتاج كسر روابط المواد المُتفاعلة إلى كمّية أكبر من الطاقة مقارنةً بتلك المنبعثة عند تكوين روابط المواد الناتجة، لذا يتمّ امتصاص للطاقة خلال التفاعُل على وجه العموم.

خلال التفاعُل الطارد للحرارة، تنبعث كمّية أكبر من الطاقة خلال تكوين الروابط في المواد الناتجة مقارنة بتلك التي يحتاج إليها كسر روابط المواد المُتفاعلة، لذا يتمّ إطلاق للطاقة خلال التفاعُل على وجه العموم.

٣ باستخدام كوب من البولي ستيرين الذي يُعدّ عازلًا جيّدًا.

٤ يمكن وضع غطاء على كوب البولي ستيرين، أو لفّ صوف قطني حوله.

٥ تتضمّن بعض الاقتراحات إمكانية استخدام:

- ماصّة أو سحاحة لقياس حجم الماء أو المحاليل بدقّة.
- موازين لوزن كتلة المواد الصلبة المُستخدَمة بدقّة.
- ميزان أو مجسّ حرارة يسجّل درجات الحرارة حتى منزلة عشرية واحدة.
- توجد طريقة أخرى لتحسين الدقّة، هي مراقبة درجة الحرارة مع مرور الزمن، قبل إضافة المواد وبعدها. ويمكن إعداد رسم بياني للحصول على دقّة أكبر في قيمة تغيُّر درجة الحرارة. وهذا موضّح في التجربة الإضافية المبيّنة أدناه.

نشاط ٨-١: (تجربة إضافية)

قياس تغيُّرات الطاقة لتفاعُل إزاحة

في هذه التجربة الإضافية، يُضاف مسحوق الخارصين إلى محلول كبريتات النحاس (II) وتُقاس درجة الحرارة في مدة زمنية منتظمة. من خلال رسم مُخطّط بياني لدرجات الحرارة مُقابل الزمن، واستقراء الخطوط قبل وبعد، يمكن تحديد ارتفاع درجة الحرارة الذي يأخذ في الحسبان تأثير فقدان الحرارة مع استمرار المخلوط بالتفاعُل.

المواد والأدوات والأجهزة

- مخبار مدرّج عدد 2 (سعة 25 mL)
- ميزان حرارة (-10 – 100 °C)
- كوب من البولي ستيرين مع غطاء، في كأس زجاجية
- ملعقة كيماويات
- قارب وزن بلاستيكي
- موازين
- ساعة توقيت
- مسحوق الخارصين
- محلول كبريتات النحاس (II) (1 mol/L)

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- نظّف أي انسكابات باستخدام الماء.

الطريقة

١. باستخدام مخبار مدرّج أو ماصّة، ضع 25 mL من محلول كبريتات النحاس (II) في كوب البولي ستيرين (في الكأس الزجاجية لتثبيته).

٢. ضع 6 g تقريبًا من مسحوق الخارصين في قارب الوزن، تكون جاهزة لإضافتها إلى المحلول.

٣. أدخل ميزان الحرارة من خلال الفتحة الموجودة في غطاء كوب البولي ستيرين، وحرّك المخلوط، وسجّل في الجدول درجة الحرارة كل نصف دقيقة، لمدّة دقيقة ونصف ($1\frac{1}{2}$).

٤. بعد دقيقتين (120 s) تمامًا، أضف مسحوق الخارصين إلى الكوب.

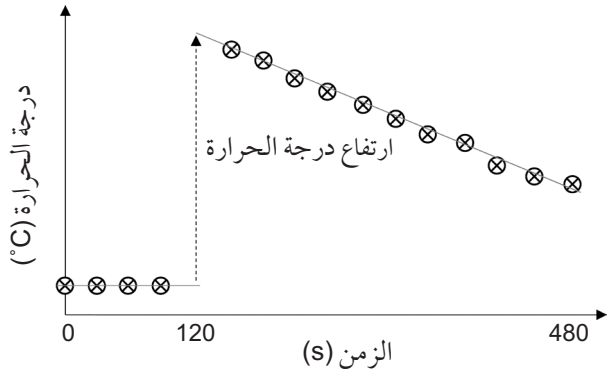
٥. استمر في التحريك، وسجّل في الجدول أدناه درجات الحرارة لمدة 6 دقائق إضافية.

النتائج

الزمن (s)	0	30	60	90	120	150	180	240
درجة الحرارة (˚C)					X			
الزمن (s)	270	300	330	360	390	420	450	480
درجة الحرارة (˚C)								

التحليل

- ارسم تمثيلًا بيانيًّا لدرجات الحرارة مقابل الزمن (انظر المُخطّط).
- ارسم الخطّ الأكثر ملاءمة، الذي يمرّ عبر النقاط جميعها **قبل** إضافة الخارصين، مدّد الخطّ إلى الأمام حتى 120 s واستقرئه. خذ درجة الحرارة **الابتدائية** من التمثيل البياني عند 120 s.
- ارسم الخطّ الأكثر ملاءمة، الذي يمرّ عبر النقاط جميعها **بعد** إضافة الخارصين، مدّد الخطّ رجوعًا حتى 120 s واستقرئه. خذ درجة الحرارة **القصوى** من التمثيل البياني عند 120 s.
- احسب ارتفاع درجة الحرارة (درجة الحرارة القصوى – درجة الحرارة الأولية).



الحسابات

- احسب تغيُّر الطاقة الحرارية لكلّ تجربة باستخدام المُعادَلة الآتية:

تغيُّر الطاقة الحرارية (J) = (˚C) ارتفاع درجة الحرارة × m × Cp–

حيث إنّ: Cp = 4.2 (J//g/˚C) (الحرارة النوعية للماء)

m = 25 g (كتلة المحلول)

- تغيّر الطاقة المتوقع في هذه التجربة يساوي: 5425 J–.

علّق على مدى تطابق نتيجتك مع تغيُّر الطاقة المتوقّع.

نشاط ٨-٢: تفاعُل منعكس يتضمّن كبريتات النحاس (II)

المهارات

- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **يخطّط للتجارب والاستقصاءات.**
- **ينجز التجربة ويسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**

يستقصي النشاط التفكّك الحراري لملح مائي، حيث تتمّ إزالة ماء التبلوُر من كبريتات النحاس (II) المائية بالتسخين. ويسمح تكثيف بخار الماء الناتج في أنبوبة اختبار ثانية بجمع الماء. بعد ذلك، تُميّه كبريتات النحاس (II) اللامائية البيضاء، ليعود اللون الأزرق مرّة أخرى.

المواد والأدوات والأجهزة

- أنبوبة اختبار عدد 2
- موقد بنزن
- أنبوبة توصيل (بزاوية قائمة)
- حامل ومشبك
- كأس زجاجية (250 mL)
- كبريتات النحاس (II) المائية، 5 g

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.

ملاحظات

- تأكّد من أن الطلبة قد ثبّتوا أنبوبة الاختبار عند طرفها بالقرب من السدادة قبل بدء التجربة، وإلّا فسوف يسخن المشبك وأنبوبة الاختبار.
- تأكد من ألّا يكون طرف أنبوبة التوصيل قريبًا جدًّا من قعر أنبوبة الاختبار الثانية. حذّر الطلبة من ذلك، وراقب إمكان حدوث «ارتجاع» للماء.
- وضِّح لهم كيفية رفع كامل الجهاز مع الحامل والمشبك بعد انتهاء التسخين.

النتائج

- تغيّر لون البلّورات عند التسخين: من اللون الأزرق الفاتح إلى الأبيض.
- إضافة الماء إلى المسحوق: يتغيّر اللون من الأبيض إلى الأزرق، ويصبح المزيج دافئًا.

إجابات الأسئلة

١ يُعدّ نزع جُزيئات الماء من البلّورات المائية تفكّكًا حراريًّا؛ إنها عملية ماصّة للحرارة.
تُطلق عملية إعادة دمج البلّورات مع الماء حرارة؛ إنه تفاعُل طارد للحرارة.

٢ ماء + كبريتات النحاس (II) اللامائية ← كبريتات النحاس (II) المائية.

٣ كلوريد الكوبالت (II) المائي: ورديّ اللون؛ كبريتات النحاس (II) المائية: زرقاء اللون؛ كلوريد الكوبالت (II) اللامائي: أزرق اللون؛ كبريتات النحاس (II) اللامائية: بيضاء اللون.

٤ ستكون الطرائق المقترحة مماثلة لتلك الموجودة في النشاط، باستخدام كمّيات وأجهزة مشابهة، لكن تغيُّرات اللون التي تلاحظها ستكون مختلفة (على سبيل المثال: يتغيّر اللون من الأزرق إلى الورديّ والعكس بالعكس). يُعدّ كلوريد الكوبالت (II) خطيرًا، ويجب على الطلبة ألا ينفّذوا الخطّة بأنفسهم.

نشاط ٨-٣: صُنع سماد

المهارات

- **يبيّن بطريقة عملية معرفته المتعلّقة بكيفية الاستخدام الآمن للتقنيات والأجهزة والمواد (بما فيها اتّباع سلسلة من التعليمات المناسبة).**
- **يخطّط للتجارب والاستقصاءات.**
- **ينجز التجربة ويسجِّل الملاحظات والقياسات والتقديرات.**
- **يناقش الملاحظات التجريبية والبيانات ويقيّمها.**

أدّى ظهور عملية هابر وعملية التلامُس إلى نهضة في الزراعة، وذلك بجعل عملية تصنيع الأسمدة الصناعية ممكنة. ومن الأمثلة عليها كبريتات الأمونيوم التي يتمّ تصنيعها عن طريق مُعادَلة حمض الكبريتيك مع محلول أمونيا وفقًا للمُعادَلة الآتية:

$$H_2SO_4(aq) + 2NH_3(aq) \longrightarrow (NH_4)_2SO_4(aq)$$

ويمكن زيادة تركيز محلول كبريتات الأمونيوم بالتسخين. بعد ذلك، يُبرّد المحلول للسماح بتكوّن بلّورات.

المواد والأدوات والأجهزة

- مخبار مدرّج عدد 2 (سعة 10 mL و 25 mL)
- موقد بنزن، وحصيرة عازلة للحرارة
- حوض تبخير
- ملعقة كيماويات
- ساق زجاجية للتحريك
- منشفة ورقية
- ورق تبّاع الشمس الأحمر
- حمض كبريتيك مخفّف (0.75 mol/L)
- محلول أمونيا (1.5 mol/L)

احتياطات الأمن والسلامة

- ضع النظّارة الواقية لحماية عينَيك.
- ارتدِ معطف المُختبَر.
- البس القُفّازَين الواقيَين أثناء إجراء هذه التجربة عند الضرورة.
- توخَّ الحيطة والحذر عند التعامُل مع السوائل حول الأجهزة الكهربائية، وتجنّب إحداث أي انسكابات بالقرب منها.
- نفّذ التجربة في خزانة طرد الغازات أو في مُختبَر جيّد التهوئة.
- حمض الكبريتيك المخفّف مادة ضارة ومُهيّجة؛ لذا تجنّب ملامسته للجلد ولا تستنشق البخار. وإذا انسكب منه على يدَيك، فاغسلهما على الفور.
- محلول الأمونيا المُخفّف من المواد المهيّجة للجلد؛ لذا تجنّب ملامسته للجلد ولا تستنشق البخار. وإذا انسكب منه على يدَيك، فاغسلهما على الفور.

إجابات الأسئلة

١ تحتوي كبريتات الأمونيوم على النيتروجين. وهي تذوب في الماء، لذا يسهل امتصاصها عبر جذور النباتات.

٢ البوتاسيوم والفوسفور (تذكّر NPK).

٣ يمكن مقارنة نمو نبتتَين متشابهتَين في البيئة نفسها. حيث يمكن إضافة كبريتات الأمونيوم إلى تربة النبتة الأولى، ولا تُضاف كبريتات الأمونيوم إلى تربة النبتة الأخرى. يمكن مراقبة النبتتَين مع مرور الزمن لملاحظة الاختلاف في مظهريهما.

٤ سيتغيّر لون ورقة تبّاع الشمس الحمراء الرطبة إلى اللون الأزرق عند وجود فائض من الأمونيا، ما يعني أنه قد تمّت مُعادَلة حمض الكبريتيك.

٥ عدد مولات حمض الكبريتيك = 0.025 L × 0.75 mol/L = 0.01875 mol

وبافتراض إضافة 25 mL من الأمونيا، يكون عدد مولاتها = 0.025 L × 1.5 mol/L = 0.0375 mol

٦ قد تتنوّع إجابات الطلبة، لكن المثال الوارد في الجزء ٥ يُظهر أن حمض الكبريتيك، ومحلول الأمونيا موجودان بنسبة 1 : 2، وهي نسبة تطابق المُعادَلة.

٧ يمكن تنفيذ المعايَرة بين حمض الكبريتيك والأمونيا باستخدام ماصّة لقياس 25 mL من حمض الكبريتيك، وإضافة كاشف إلى حمض الكبريتيك لتوضيح متى يحدث التعادُل، واستخدام سحاحة لقياس حجوم محلول الأمونيا المضافة بكمّيات صغيرة. ثم يمكن تكرار التجربة من دون إضافة الكاشف، فيُضاف حجم الأمونيا اللازم تمامًا إلى حمض الكبريتيك.

٨ يقترح الطلبة طريقة التجربة نفسها أو عملية مُعايرة، لكن الاختلاف الرئيسي هو استخدام حمض النيتريك بدلًا من حمض الكبريتيك. يجب أن تكون تراكيز الأمونيا وحمض النيتريك متشابهة، لأنهما يتفاعلان بنسبة 1 : 1. يجب تخفيف تركيز كلّ من الأمونيا وحمض النيتريك (على سبيل المثال 1 mol/L)، لأن الأحماض والقلويات تُعدّ مواد أكّالة عند تراكيز عالية. يمكن استخدام حجم 25 mL من حمض النيتريك وفقًا لحجم المخبار المدرّج المُستخدَم أو الماصّة المُستخدَمة، ومن المتوقّع أن يتفاعل الحجم نفسه من محلول الأمونيا. ويجب توضيح اختيار المعدّات المُستخدَمة لقياس الحجوم على أساس الدقّة التي يحدّدها الطالب أثناء التجربة. على الطلبة عدم تنفيذ التجربة إلّا بوجود المعلّم، لأن نترات الأمونيوم قد تتفكّك على شكل مُتفجّر عند التسخين.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

٨-١ ماصّ للحرارة.

٨-٢ ماصّة للحرارة.

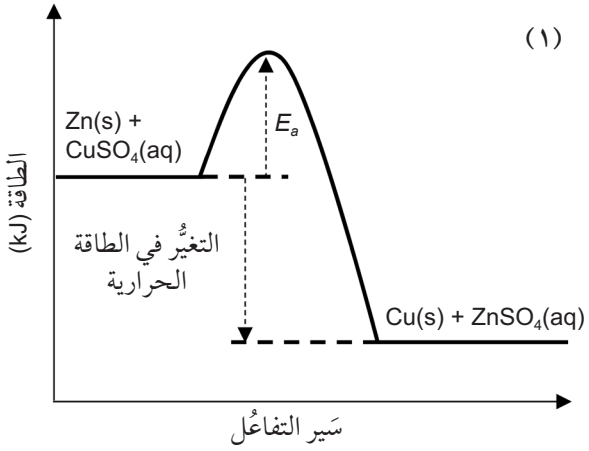
٨-٣ أ. A

ب. B

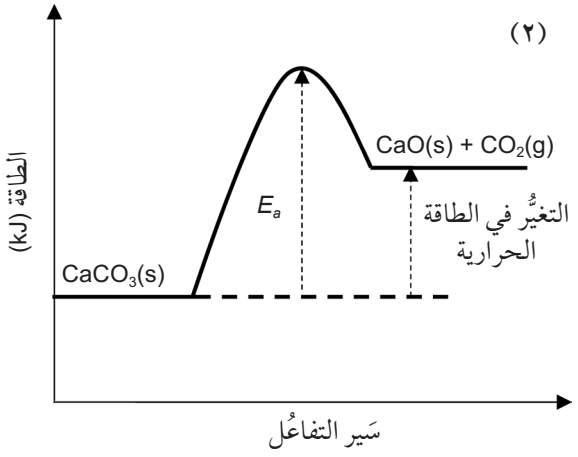
ج. C

٨-٤ أ.

(١)



(٢)



ب. مخطّط التفاعُل 2

٨-٥ أ. يتغيّر اللون من الأزرق إلى الأبيض.

ب. يتغيّر اللون من الأزرق إلى الوردي.

ج. يتغيّر اللون من الأزرق إلى الوردي المحمرّ.

٨-٦ يتفكّك بروميد الأمونيوم عند تسخينه إلى أبخرة غازيّة من الأمونيا والبروم. وعندما تبرد الأبخرة الغازية في الطرف العلوي من أنبوبة التسخين، تتفاعل الغازات بعضها مع بعض لإعادة تكوين بروميد الأمونيوم الأبيض الصلب.

٨-٧ عندما يحدث التفاعُلان: الأمامي، والعكسي في الوقت نفسه، وبمعدّل السرعة (الديناميكي) نفسه، فإن الكمّية الإجمالية للمواد المُتفاعلة والمواد الناتجة تبقى ثابتة لا تتغيّر (الاتّزان).

٨-٨ ستقلّ كمّية الماء في العبوة المفتوحة بسبب تبخّر الماء منها، في حين ستبقى كمّية الماء في العبوة المغلقة ثابتة تقريبًا، لأن بخار الماء لا يستطيع الخروج منها.

٨-٩ الضغط ودرجة الحرارة.

٨-١٠ مصدر الهيدروجين هو التفاعُل بين الميثان وبخار الماء.
مصدر النيتروجين هو الهواء حيث يتمّ التخلُّص من الأكسجين عن طريق تفاعُله مع الهيدروجين.

٨-١١ $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

٨-١٢ الضغط المرتفع.

٨-١٣ درجة الحرارة المنخفضة.

٨-١٤ 200 atm و 450 °C

٨-١٥ استخدام عامل حفّاز لتسريع العملية؛ وكذلك تجميع الأمونيا الناتجة وفصلها لإزاحة الاتّزان في اتّجاه التفاعُل الأمامي والحصول على مردود أكبر من الأمونيا.

٨-١٦ $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$

٨-١٧ $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

٨-١٨ الضغط المرتفع.

٨-١٩ **أ.** ينخفض.

ب. 560 °C

ج. 95%

د. طاردًا للحرارة.

٨-٢٠ لأنه عامل حفّاز يسرّع التفاعُل.

٨-٢١ لأنه يتفاعل بشكل طارد للحرارة بشدّة، وينتج ضبابًا حمضيًّا مُسبّبًا مشكلات بيئية.

٨-٢٢ **أ.** $SO_3(g) + H_2SO_4(l) \rightarrow H_2S_2O_7(l)$

ب. $H_2S_2O_7(l) + H_2O(l) \rightarrow 2H_2SO_4(aq)$

٨-٢٣ مواد تُضاف إلى التربة كمُغذّيات للنباتات والمحاصيل الزراعية، والتي تتضمّن العناصر اللازمة لنموّها.

٨-٢٤ النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم.

٨-٢٥ النيتروجين – لتكوين البروتينات اللازمة لنمو النباتات والجذور؛ الفوسفور – لتخزين الطاقة ونقلها؛ البوتاسيوم – لتعزيز نمو أوراق النباتات وضبط توزيع الماء.

٨-٢٦ يحدث الإثراء الغذائي عند تسرّب الأسمدة إلى الأنهار والبحيرات التي تسبّب نمو الطحالب وتكاثرها، ما يمنع الضوء من الوصول إلى النباتات، وبالتالي يمنع حدوث التمثيل الضوئي، كما يمنع إمداد الكائنات المائية الأخرى بالأكسجين.

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ٨-١: مُخطّطات الطاقة

أ

١. خلال التفاعُلات الطاردة للحرارة، تمتلك **المواد المُتفاعلة** طاقة أكبر من تلك التي تمتلكها **المواد الناتجة**.

ذلك يعني أن التغيُّر الكلّي للطاقة الحرارية لهذه التفاعُلات يكون **سالبًا**.

يَظهر التغيُّر في الطاقة على شكل **انبعاث** للحرارة.

٢. **ترتفع** درجة حرارة محيط التفاعُل.

ب

١. خلال التفاعُلات الماصّة للحرارة، تمتلك **المواد الناتجة** طاقة أكبر من تلك التي تمتلكها **المواد المُتفاعلة**.

ذلك يعني أن التغيُّر الكلّي للطاقة الحرارية لهذه التفاعُلات يكون **موجبًا**.

يَظهر التغيُّر في الطاقة على شكل **امتصاص** للحرارة.

٢. **تنخفض** درجة حرارة محيط التفاعُل.

تمرين ٨-٢: أهمّية النيتروجين

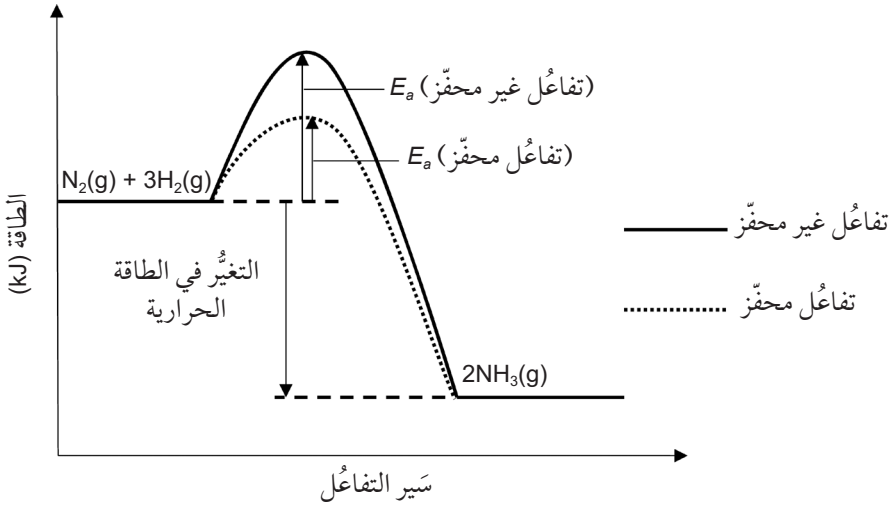
أ يُزال الأكسجين من الهواء عن طريق تفاعُله مع الهيدروجين وتحويله إلى ماء لفصله عن النيتروجين، أو تبريد الهواء وتسييله، ومن ثم فصل النيتروجين عن طريق التقطير التجزيئي.

ب باستخدام تفاعُل بخار الماء مع الميثان المستخرَج من الغاز الطبيعي.

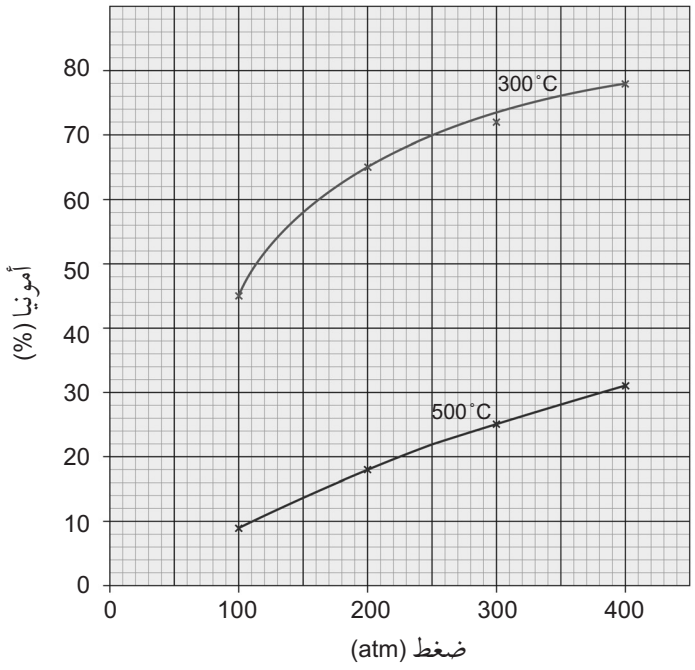
$$CH_4(g) + 2H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + 4H_2(g)$$

ج 450 °C و 200 atm

د



هـ

١. 

٢. 70% أمونيا.

٣. 46% أمونيا (النطاق المحتمل هو بين 42-50%)

٤. العيب الرئيسي في استخدام درجة حرارة منخفضة هو أنه سيتمّ إنتاج الأمونيا بمعدّل سرعة أبطأ، ما يجعل العملية غير مجدية اقتصاديًّا عند درجات الحرارة المنخفضة.

٥. استخدام ضغط مرتفع:

- يعزّز إنتاج الأمونيا / يحرّك الاتّزان في اتجاه التفاعُل الأمامي (نظرًا لوجود عدد أقلّ من مولات الغاز عند طرف المواد الناتجة من المُعادَلة، ما يؤدّي إلى خفض الضغط).
- يزيد معدّل سرعة إنتاج الأمونيا (لأن الجُزيئات المُتفاعلة تكون أقرب بعضها من بعض، لذا تتصادم بوتيرة أكبر).

و

١. نترات الأمونيوم، NH_4NO_3

كتلة الصيغة النسبية = 80

$\%N = (28/80) \times 100 = 35\%$

فوسفات ثنائي الأمونيوم الهيدروجينية، $(NH_4)_2HPO_4$

كتلة الصيغة النسبية = 132

$\%N = (28/132) \times 100 = 21.2\%$

تحتوي نترات الأمونيوم على نسبة أعلى من النيتروجين.

٢. الإثراء الغذائي؛ يؤدّي تراكم الطحالب على سطح الماء إلى توقّف عملية التمثيل الضوئي للنباتات المائية، ما يؤدّي إلى نقص في الأكسجين اللازم للكائنات الحية في الأنهار.

تمرين ٨-٣: إنتاج حمض الكبريتيك صناعيًّا

أ

١. $2ZnS(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s) + 2SO_2(g)$

٢. الأكسجين O_2 هو العامل المؤكسِد.

كبريتيد الخارصين ZnS هو العامل المختزِل.

ب

١. يحتوي طرف المواد الناتجة من المُعادَلة (الطرف الأيمن) على عدد أقلّ من مولات الغاز، لذا فإن الضغط الأعلى سيعزّز التفاعُل الأمامي. مع زيادة الضغط، سيحتوي مخلوط الاتّزان على مزيد من ثلاثي أكسيد الكبريت.

٢. يُعدّ المردود عاليًا عند هذه الظروف، وسيكون من المكلف جدًّا بناء أوعية تفاعُل تتحمل الضغوط العالية.

٣. ستزيد درجات الحرارة المنخفضة من مردود ثلاثي أكسيد الكبريت. ويُعزى هذا إلى أنّ التفاعُل الأمامي طارد للحرارة، وسيطلق حرارة للحفاظ على درجة الحرارة إذا انخفضت.

٤. سيؤدّي استخدام صفائح من العامل الحفّاز إلى زيادة مساحة السطح، وبالتالي التلامُس مع الغازات المُتفاعلة، وهذا يزيد من مُعدّل سرعة التفاعُل.

ج

١. H_2SO_4

٢. $H_2S_2O_7$

٣. H_2O

د

١. $2NH_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow (NH_4)_2SO_4(aq)$

٢. يحتوي على النيتروجين اللازم لنمو النبات، وهو مركّب يذوب في الماء، لذا يمكن امتصاصه عن طريق جذور النبات.

إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ٨-١: تغيُّر الطاقة أثناء الاحتراق

١

أ. طارد للحرارة.

ب. طاقة التنشيط (E_a).

ج. في كسر روابط المواد المُتفاعلة.

٢

أ. تُكسر الروابط الأحادية H–C والثنائية O=O

ب. تُكوَّن الروابط الثنائية O=C والأحادية H–O

ج. الطاقة اللازمة لكسر الروابط:

$(2 \times 497) + (4 \times 435) = 2734$ kJ/mol

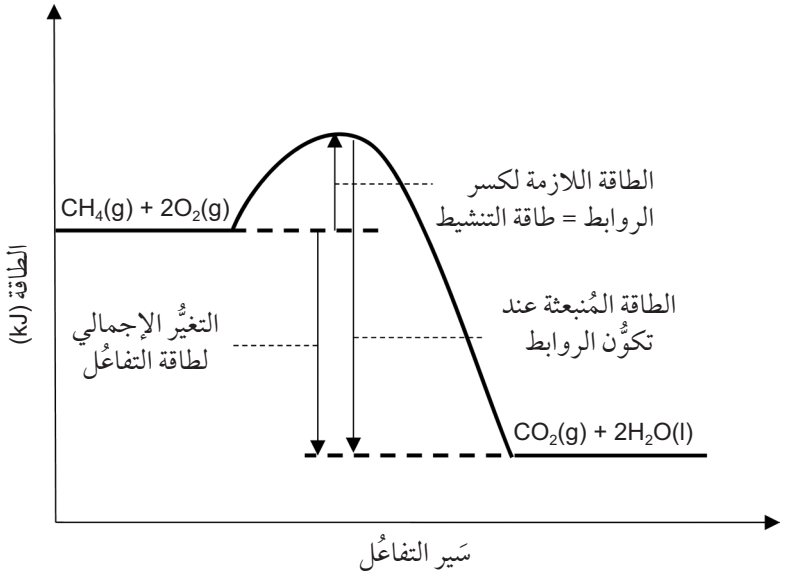
الطاقة المنبعثة من تكوين الروابط:

$(4 \times 464) + (2 \times 803) = 3462$ kJ/mol

التغيّر الإجمالي لحرارة التفاعُل:

$2734 - 3462 = -728$ kJ/mol

د.



٣ في تفاعُل التمثيل الضوئي، سيكون مستوى طاقة المواد المُتفاعلة أدنى من مستوى طاقة المواد الناتجة / سيكون التغيُّر الإجمالي للطاقة موجبًا، أي أن التفاعُل ماصٌّ للحرارة. وستكون طاقة التنشيط أكبر.

ورقة العمل ٨-٢: تسخين بلّورات كبريتات النحاس (II) المائية

١ أ. لتبريد أنبوبة التجميع (B) كي يتكثف بخار الماء.

ب. تحقّق من درجة الغليان للتأكّد من أنها تساوي 100 °C/ تحقّق من درجة التجمُّد للتأكُّد من أنها تساوي 0 °C. (لاحظ أن اختبار ورق كلوريد الكوبالت يثبت فقط وجود الماء، نقيًّا كان أو غير نقي).

٢ أ. $CuSO_4.5H_2O(s) \rightarrow CuSO_4(s) + 5H_2O(l)$

ب. $CuSO_4(s) + 5H_2O(l) \rightarrow CuSO_4.5H_2O(s)$

ج. $CuSO_4.5H_2O(s) \rightarrow CuSO_4(s) + 5H_2O(l)$ (التفاعُل الأمامي)

و

$CuSO_4(s) + 5H_2O(l) \rightarrow CuSO_4.5H_2O(s)$ (التفاعُل العكسي)

تُدمج المُعادَلتان على النحو الآتي:

$CuSO_4.5H_2O(s) \rightleftharpoons CuSO_4(s) + 5H_2O(l)$

يوضّح الرمز ⇌ أن التفاعُل منعكس.

٣ أ. كتلة الماء التي فُقدت خلال التجربة:

$2.5 - 1.6 = 0.9\ g$

ب. النسبة المئوية الكتلية للماء المفقود:

$(0.9/2.5) \times 100 = 36\%$

ورقة العمل ٨-٣: عملية هابر

١ A = الهيدروجين والنيتروجين

B = 450

C = الحديد

D = 200

E = المكثّف

F = الأمونيا السائلة

٢ أ. ١. 15%

٢. 50%

٣. 95%

ب. 1000 atm و 200 °C

ج. يُعدّ بناء الأوعية المطلوبة لتحمّل الضغط العالي مكلفًا جدًّا، ويكون مُعدّل سرعة التفاعُل أقلّ عند 200 °C.

د. ما بين 30% و 40%؛ الظروف المُستخدَمة تنتج كمّية كافية من الأمونيا بمُعدّل سرعة تفاعُل مقبول.

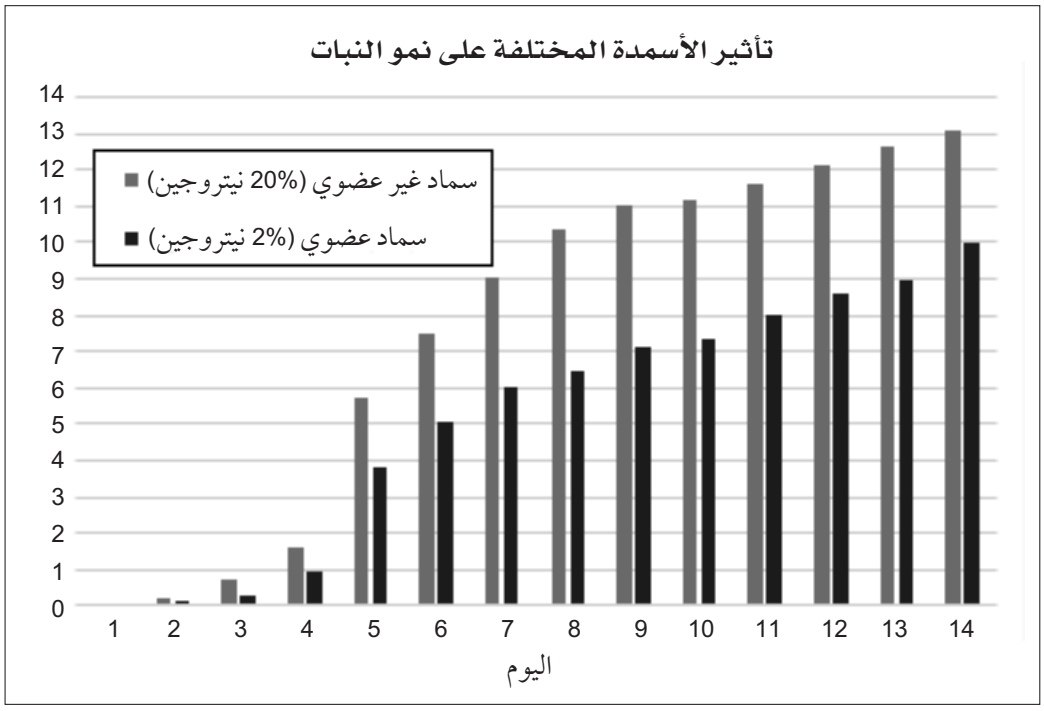
ورقة العمل ٨-٤: فاعلية الأسمدة

سماد عضوي (2% نيتروجين)

	ارتفاع ساق النبتة (cm)			متوسّط الارتفاع (cm)
	البذرة 1	البذرة 2	البذرة 3	
اليوم 1	0	0	0	**0.0**
اليوم 2	0	0.3	0	**0.1**
اليوم 3	0	0.6	0.2	**0.3**
اليوم 4	0.1	1.2	1.6	**1.0**
اليوم 5	0.5	2.5	8.4	**3.8**
اليوم 6	0.9	4.1	10.2	**5.1**
اليوم 7	1.3	6.4	10.4	**6.0**
اليوم 8	1.6	7.3	10.5	**6.5**
اليوم 9	2.3	7.6	11.4	**7.1**
اليوم 10	2.4	7.6	12.1	**7.4**
اليوم 11	2.7	9.1	12.3	**8.0**
اليوم 12	3.8	9.3	12.7	**8.6**
اليوم 13	4.4	9.6	12.8	**8.9**
اليوم 14	6.5	10.1	13.3	**10.0**

سماد غير عضوي (20% نيتروجين)

	ارتفاع ساق النبتة (cm)			متوسّط الارتفاع (cm)
	البذرة 1	البذرة 2	البذرة 3	
اليوم 1	0	0	0	**0.0**
اليوم 2	0.4	0	0.2	**0.2**
اليوم 3	1.2	0.3	0.7	**0.7**
اليوم 4	2.2	1.4	1.3	**1.6**
اليوم 5	7.6	5.2	4.4	**5.7**
اليوم 6	11.2	5.4	6.8	**7.8**
اليوم 7	11.6	8.3	7.2	**9.0**
اليوم 8	12.3	9.8	8.9	**10.3**
اليوم 9	13.3	10.3	9.4	**11.0**
اليوم 10	13.5	10.7	9.4	**11.2**
اليوم 11	13.7	11.1	10.1	**11.6**
اليوم 12	13.8	11.2	11.5	**12.2**
اليوم 13	13.8	11.5	12.7	**12.7**
اليوم 14	13.8	11.6	13.8	**13.1**



- تشير الأعمدة البيانية إلى أن نمو البذور يكون أطول عند استخدام سماد غير عضوي يحتوي على نسبة أكبر من النيتروجين.
- على الرغم من أن السماد غير العضوي يحتوي على نيتروجين أكثر بنحو 10 أضعاف من السماد العضوي، إلا أن الفرق في ارتفاع ساق النبتات ليس أكبر بعشر مرات.
- يُظهر كلا السمادين الزيادة الأكبر في متوسّط الارتفاع في اليوم الخامس، أما في الأيام التالية فإن الزيادة في النمو تكون طفيفة، ما قد يشير إلى أن النبتات قد امتصّت معظم النيتروجين من الأسمدة واستخدمته خلال الأيام الخمسة الأولى.
- العوامل الأخرى التي تؤثّر على نمو النبتات، التي يجب أخذها في الحسبان هي: درجة الحرارة، والضوء، والماء، وثاني أكسيد الكربون، ووجود عنصري البوتاسيوم والفوسفور في السماد.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. ١. تفاعُل يمتصّ حرارة من محيطه.

٢.

وصف تغيُّر الطاقة	الرمز
تغيُّر الطاقة عند تكوّن روابط في المواد الناتجة	B
تغيُّر الطاقة عند كسر روابط في المواد المتفاعلة	A
تغيُّر إجمالي الطاقة الحرارية لهذا التفاعُل	C
طاقة التنشيط	A

ب. ١. كسر الروابط: 2H–H و O=O

الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة:

(2 × 436) + 496 = 1368 kJ

٢. تكوّن الروابط: 2H–O–H

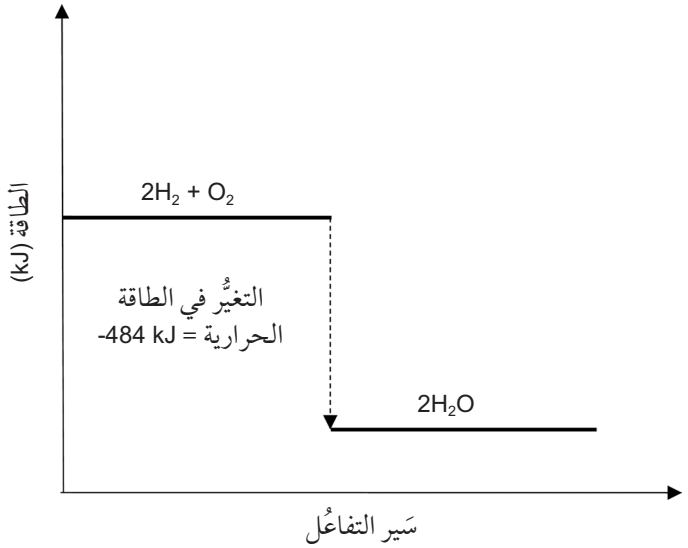
الطاقة المنبعثة عند تكوّن الروابط في المواد الناتجة:

4 × 463 = 1852 kJ

٣. التغيُّر الإجمالي في طاقة التفاعُل: 1368 – 1852 = -484 kJ

٤. التفاعُل طارد للحرارة، لأن قيمة التغيُّر الإجمالي في طاقة التفاعُل ذات إشارة سالبة.

٥.



٢ أ. الماء + كبريتات الحديد (II) اللامائية ← كبريتات الحديد (II) المائية.

ب. ماصّ للحرارة، يحتاج التفاعُل إلى حرارة، لذا يجب أن يمتصّ طاقة حرارية من محيطه.

ج. لونه أبيض.

د. تتفاعل كبريتات الحديد (II) اللامائية مع الماء المضاف، ويتكوّن $FeSO_4.7H_2O(s)$، لونه أخضر. وأثناء ذلك تنبعث حرارة تبخّر بعض الماء، لذا يكون التفاعُل طاردًا للحرارة.

هـ. ١. الأسهم الموضّحة في المُعادَلة تُشير إلى كلا الاتّجاهَين، لذا فإن التفاعُل منعكس.

٢. يمكن استخدام كلوريد الكوبالت (II) اللامائي كاختبار لوجود الماء، سوف يتحوّل من اللون الأزرق إلى اللون الوردي.

٣ أ. ١. مصدر النيتروجين هو الهواء حيث يتمّ التخلُّص من الأكسجين عن طريق تفاعله مع الهيدروجين.

٢. مصدر الهيدروجين هو من التفاعُل بين الميثان وبخار الماء.

ب. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

ج. يحتاج كسر روابط المواد المُتفاعلة إلى طاقة، ويُطلق تكوين روابط المواد الناتجة طاقة؛ ولما كانت الطاقة اللازمة لكسر روابط المواد المُتفاعلة أقلّ من الطاقة المُنبعثة عند تكوين روابط المواد الناتجة، فيحدث عمومًا انبعاث للطاقة ويكون التفاعُل طاردًا للحرارة.

د. عدد جُزيئات المواد الناتجة أقلّ من عدد جُزيئات المواد المُتفاعلة، ما يعني ضغطًا أقلّ. لذا، سوف يستخدم الاتّزان التفاعُل الأمامي لخفض الضغط، عبر تقليل عدد جُزيئات المواد المُتفاعلة.

هـ. تعطي درجات الحرارة المُنخفضة مردودًا أكبر من الأمونيا، في حين تعطي درجات الحرارة المُرتفعة مُعدّل سرعة تفاعُل أكبر. لذا، تُستخدم درجة الحرارة هذه حلًّا وسطًا.

و. يُستخدَم كعامل حفّاز.

ز. يُبرَّد مخلوط التفاعُل الغازي، فتتكثّف الأمونيا على شكل سائل، وتفصل من المخلوط، ويتحرّك الاتّزان في اتّجاه التفاعُل الأمامي لإنتاج الأمونيا بدلًا من التي تمّ فصلها.

٤

أ. **A** = S؛ **B** = SO_2؛ **C** = SO_3؛ **D** = $H_2S_2O_7$

ب. ثنائي أكسيد الكبريت → الأكسجين + الكبريت

ج. ١. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

٢. 450 °C، 1-2 atm

٣. أكسيد الفاناديوم (V)

د. يتفاعل الماء مع C بشكل طارد للحرارة بشدّة، وينتج ضبابًا حمضيًّا ضارًّا للبيئة.

هـ. يمكن صُنع كبريتات الأمونيوم الذي يُستخدَم كسماد يتفاعُل بتفاعل حمض الكبريتيك مع كمّية مُعادَلة صحيحة من محلول الأمونيا. ويبخَّر الماء لتكوين بلّورات.

٥

توفّر الأسمدة NPK النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم للنباتات.

تستخدِم النباتات النيتروجين في إنتاج البروتينات اللازمة لنمو النباتات والجذور.

وتستخدِم الفوسفور لتخزين الطاقة ونقلها.

وتستخدِم البوتاسيوم لتعزيز نمو الأوراق، وضبط (تنظيم) توزيع الماء.

عند رميها في الأنهار والبحيرات، يمكن أن تتسبّب أسمدة NPK في نمو الطحالب وتكاثرها، ما يمنع الضوء من الوصول إلى النباتات المائية، فيتوقّف حدوث التمثيل الضوئي، وتُحرم الحياة المائية من الأكسجين.

تم بحمد الله

الكيمياء

دليل المعلّم ١٠

يُستخدَم دليل المُعلِّم إلى جانب كتاب الطالب وكتاب النشاط، ضمن منهج الكيمياء للصف العاشر من هذه السلسلة.

يوفِّر دليل المُعلِّم الدعم لتخطيط الدروس وللتقييم.

يتضمَّن دليل المُعلِّم:

- أفكارًا للتدريس
- إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية
- إجابات أسئلة كتاب الطالب
- إجابات تمارين كتاب النشاط
- إجابات أوراق العمل
- إجابات أسئلة نهاية الوحدة

يشمل منهج الكيمياء للصف العاشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب
- كتاب النشاط