سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الكيمياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1445 هـ - 2023 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

الصف الحادي عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1445 هـ - 2023 م

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.

الطبعةالتجريبية ٢٠٢٣ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب النشاط – العلوم للصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للعلوم
لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين روجر نوريس ومايك ووستر.

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

تمت مواءمة الكتاب

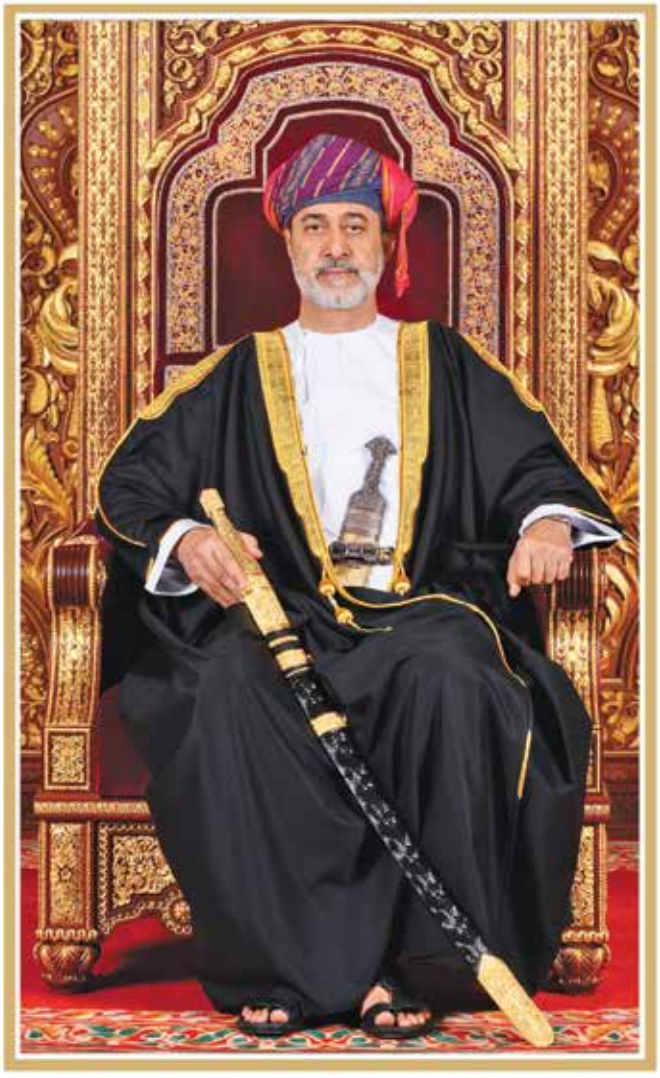
بموجب القرار الوزاري رقم ١٢١ / ٢٠٢٢ واللجان المنبثقة عنه

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 الله ثراه-



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

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)

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 ضياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

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

لقد 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 أساسيًا من مكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقرّرات 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 المتسارع 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.

إن هذا الكتاب، بما يحويه من معارف ومهارات وقيَم واتجاهات، جاء مُحقِّقًا لأهداف التعليم في السلطنة، وموائمًا للبيئة العمانية، والخصوصية الثقافية للبلد، بما يتضمَّنه من أنشطة وصور ورسوم. وهو أحد مصادر المعرفة الداعمة لتعلُّم الطالب، بالإضافة إلى غيره من المصادر المختلفة.

نتمنّى 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 المعظّم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xii
كيف تستخدم هذه السلسلة xiv
كيف تستخدم هذا الكتاب xvi
الأمان والسلامة في مختبر الكيمياء xvii
البحث العلمي والمهارات العملية xviii

الوحدة الأولى: التركيب الذرّي

الأنشطة:

١–١ التركيب الذرّي ٢٤
١–٢ اكتشاف النواة ٢٤
١–٣ مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية ٢٥
١–٤ الإلكترونات في الأفلاك ٢٦
١–٥ طاقات التأيّن والجدول الدوري ٢٧
١–٦ طاقات التأيّن المتتالية ٢٩

الوحدة الثانية: حسابات التناسب الكيميائي

الأنشطة:

٢–١ استنتاج الصيَغ الأولية والجزيئية..... ٣٤
٢–٢ حسابات المول ٣٦
٢–٣ استخدام الحجم المولي للغازات ٣٧
٢–٤ حساب التركيز والتناسب الكيميائي من نتائج المعايرة ٣٨

الاستقصاءات العملية:

٢–١ حساب الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم
باستخدام الحجوم المولية ٤٠
٢–٢ النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم
الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم ٤٦

الوحدة الثالثة: الترابط الكيميائي

الأنشطة:

٣-١ الرابطة التساهمية ٥٣
٣-٢ أشكال الجزيئات ٥٤
٣-٣ الترابط والأفلاك ٥٧
٣-٤ القوى بين-الجزيئية ٥٨
٣-٥ أنواع الروابط ٦٠
٣-٦ البنى (التراكيب) الضخمة ٦٢

الاستقصاءات العملية:

٣-١ الخصائص الفيزيائية لثلاثة أنواع مختلفة من التراكيب الكيميائية ٦٤

الوحدة الرابعة: تفاعلات الأكسدة-اختزال

الأنشطة:

٤-١ أعداد التأكسد ٦٩
٤-٢ تسمية المركّبات ٧١
٤-٣ الأكسدة والاختزال ٧٢
٤-٤ العوامل المؤكسِدة والعوامل المختزِلة ٧٣
٤-٥ معادلات الأكسدة-اختزال ٧٤

الاستقصاءات العملية:

٤-١ فهم الأكسدة-اختزال ٧٦

الوحدة الخامسة: الاتزان الكيميائي

الأنشطة:

٥-١ الاتزان الكيميائي ٨٧
٥-٢ معادلات الاتزان ٩٠
٥-٣ عمليات حسابية باستخدام K_c ٩٢
٥-٤ عمليات حسابية باستخدام K_p ٩٣

الاستقصاءات العملية:

٥-١ تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان ٩٥

المقدمة

خُصّص كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا لمساعدتك على تطوير المهارات التي سوف تحتاج إليها للنجاح في مادة الكيمياء التي تدرسها في صفك الآن، وأهمّها:

الأنشطة

توفر لك الأنشطة الموجودة في هذا الكتاب فرصًا لممارسة المهارات الآتية:

- فهم الظواهر، والنظريات العلمية التي تدرسها.
- حل الأمثلة الحسابية وغيرها من الأمثلة المختلفة.
- التفكير بشكل نقدي في التقنيات والبيانات التجريبية.
- اعتماد التنبّؤات، واستخدام الأسباب العلمية لدعم تنبّؤاتك.

وقد تم تصميم التمارين بدقّة، بحيث تتيح لك المجال لتطوير معرفتك، ومهاراتك، وفهمك، والموضوعات التي تم تناولها وتغطيتها في كتاب الطالب.

تسلّط المقدمة الموجودة في بداية كل تمرين الضوء على المهارات التي ستمارسها وأنت تجيب عن الأسئلة، بحيث يتم ترتيب التمارين وفق الترتيب نفسه للوحدات الموجودة في كتاب الطالب. وفي نهاية كل وحدة، يتم تقديم مجموعة من الأسئلة للحصول على مزيد من الدعم للمهارات التي حقّقتها، كما أنها تؤمّن لك فرصة ثمينة للتعرف على نوع التقييم الذي يُحتمل أن تواجهه في اختباراتك اللاحقة.

الاستقصاءات العملية

تُعدّ الاستقصاءات العملية جزءًا أساسيًّا من مادة الكيمياء المتقدمة، كما تتيح لك الاستقصاءات التجريبية اكتساب خبرة مباشرة في ترتيب الأجهزة والمعدات الكيميائية والتعرف على أسمائها، وكيفية استخدامها للحصول على نتائج تجريبية ذات مغزًى.

لقد تم اختيار الاستقصاءات العملية الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا بعناية؛ وذلك للسماح لك بممارسة مهاراتك العملية وتحسينها. كما يؤكد العمل المخبري العملي المقدم في هذا الكتاب على روح الاستفسار والخبرة المباشرة التي تعزز معرفتك وتساعدك على تطبيق النتائج واستخلاص الاستنتاجات، إضافة إلى أنه يساعدك على اختبار معرفتك وتطبيق العمل النظري.

يتبع ترتيب الاستقصاءات المقدمة في هذا الكتاب، إلى حد كبير، ترتيب الموضوعات الواردة في كتاب الطالب. وهذا لا يعني أن معلمك ملزم باتباعه، إذ تتطلّب بعض وحدات كتاب الطالب استخدام تقنيات كمية، أمّا عند إجراء هذه الاستقصاءات وتنفيذها، فإنك ستحتاج إلى آلة حاسبة، وأدوات لرسم التمثيلات البيانية.

ستساعدك الاستقصاءات المختلفة، والأسئلة المرفقة على اكتساب الثقة في التعامل مع العمل المخبري، وتطوير مجموعة واسعة من المهارات المتعلقة بالكيمياء العملية. ومن المأمول أن تساعدك أيضًا على فهم أهمية العمل المخبري في تطوير الكيمياء النظرية وتقييمها.

ونأمل ألّا تحقّق من هذا الكتاب النجاح في دراستك وفي حياتك المهنية فحسب، بل تحفيز مدى اهتمامك وفضولك المتعلق بالكيمياء أيضًا.

كيف تستخدم هذه السلسلة

تقدّم هذه المكوّنات (أو المصادر) الدعم للطلبة في الصف الحادي عشر في سلطنة عمان لتعلم مادة الكيمياء واستيعابها، حيث تعمل كتب هذه السلسلة جميعها معًا لمساعدة الطلبة على تطوير المعرفة والمهارات العلمية اللازمة لهذه المادة. كما تقدّم الدعم للمعلمين لإيصال هذه المعارف للطلبة وتمكينهم من مهارات الاستقصاء العلمي.

يقدّم «كتاب الطالب» دعمًا شاملًا لمنهج الكيمياء للصف الحادي عشر في سلطنة عمان، ويقدّم شرحًا للحقائق والمفاهيم والتقنيات العلمية بوضوح، كما يستخدم أمثلة من العالم الواقعي للمبادئ العلمية. والأسئلة التي تتضمنها كل وحدة تساعد على تطوير فهم الطلبة للمحتوى، في حين أن الأسئلة الموجودة في نهاية كل وحدة تحقق لهم مزيدًا من التطبيقات العلمية الأساسية.

يحتوي «كتاب التجارب العملية والأنشطة» على أنشطة وأسئلة نهاية الوحدة، والتي تمّ اختيارها بعناية، بهدف مساعدة الطلبة على تطوير المهارات المختلفة التي يحتاجون إليها أثناء تقدمهم في دراسة كتاب الكيمياء. كما تساعد هذه الأسئلة الطلبة على تطوير فهمهم لمعنى الأفعال الإجرائية المستخدمة في الأسئلة، إضافة إلى دعمهم في الإجابة عن الأسئلة بشكل مناسب.

كما يحقّق هذا الكتاب للطلبة الدعم الكامل الذي سوف يساعدهم على تطوير مهارات الاستقصاء العملية الأساسية جميعها. وتشمل هذا المهارات تخطيط الاستقصاءات، واختيار الجهاز وكيفية التعامل معه، وطرح الفرضيات، وتدوين النتائج وعرضها، وتحليل البيانات وتقييمها.

يدعم دليل المعلم «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، ويعزز الأسئلة والمهارات العملية الموجودة فيهما. ويتضمّن هذا الدليل أفكارًا تفصيلية للتدريس وإجابات عن كل سؤال ونشاط وارد في «كتاب الطالب» وفي «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، فضلًا عن الإرشادات التعليمية لكل موضوع، بما في ذلك خطة التدريس المقترحة، وأفكار للتعلم النشط والتقويم التكويني، والمصادر المرتبطة بالموضوع، والأنشطة التمهيدية، والتعليم المتمايز (تفريد التعليم) والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم. كما يتضمن أيضًا دعمًا مفصلًا لإجراء الاستقصاءات العملية وتنفيذها في «كتاب التجارب العملية والأنشطة»، بما في ذلك فقرات «مهم» لجعل الأمور تسير بشكل جيد، إضافة إلى مجموعة من عينات النتائج التي يمكن استخدامها إذا لم يتمكن الطلبة من إجراء التجربة، أو أخفقوا في جمع النتائج النموذجية.

كيف تستخدم هذا الكتاب

خلال دراستك هذا الكتاب، ستلاحظ الكثير من الميزات المختلفة التي ستساعدك في التعلم. هذه الميزات موضحة على النحو الآتي:

الأنشطة

تفيدك التمارين في ممارسة المهارات المهمة لدراسة الكيمياء.

الاستقصاءات العملية

تتوافر الاستقصاءات في جميع أقسام هذا الكتاب، وهي تساعدك على تطوير المهارات العملية التي تُعدّ ضرورية لدراسة الكيمياء. كما تحتوي على مقدمة تحدد الهدف من العمل المخبري العملي، وعلى قائمة بالمواد والأدوات المطلوبة لإجراء الاستقصاء، وعلى نصائح تتعلق باحتياطات السلامة المهمة لضمان بقائك آمنًا أثناء إجرائه، مع متابعة حثيثة للعمل خطوة خطوة، إضافة إلى تخصيص مساحة لتدوين نتائجك التي حصلت عليها؛ ثم تُختتم بأسئلة التحليل والاستنتاج والتقييم التي تساعدك على تفسير نتائجك. وتحتوي الوحدات اللاحقة أيضًا على استقصاءات التخطيط التي تتيح لك ممارسة التخطيط لعملك المخبري الخاص بك، وعلى استقصاءات تحليل البيانات التي تؤمّن لك المزيد من الفرص لتعزيز تفكيرك التحليلي.

مصطلحات علمية

يتم تمييز المصطلحات الأساسية في النص عند تقديمها لأول مرة. ثم يتم تقديم تعريفات في الهامش تشرح معاني هذه المصطلحات.

أفعال إجرائية

لقد تمّ إبراز الأفعال الإجرائية الواردة في المنهج الدراسي بلون غامق في أسئلة نهاية الوحدة، ويمكن استخدامها في الاختبارات، خصوصًا عندما يتم تقديمها للمرة الأولى. وستجد في الهامش تعريفًا لها.

مهم

ستساعدك مربّعات النص هذه على إكمال الأنشطة والاستقصاءات، وستقدم لك الدعم في المجالات التي قد تجدها صعبة.

أسئلة نهاية الوحدة

تقيس هذه الأسئلة مدى تحقّق الأهداف التعليمية في الوحدة، وقد يتطلب بعضها استخدام معارف علمية من وحدات سابقة.

الأمان والسلامة في مختبر الكيمياء

يتضمن العمل المخبري العملي مجموعة من المهارات الخاصة به، إذ يرتبط عدد منها بالعمل بسلامة وأمان، والذي يُعدّ أمرًا ضروريًا للحصول على أقصى استفادة من العمل المخبري العملي الخاص بك. ففي كل استقصاء يتضمن عملًا مخبريًا عمليًا يتوقع منك ما يلي:

- ارتداء ما يحمي العينَين، كالنظارات الواقية أو نظارات الأمان (لاحظ أن النظارات الواقية تؤمّن مزيدًا من الحماية).
- التأكد من أن الملابس مناسبة وغير فضفاضة أو واسعة.
- ارتداء القفازات عند القيام بوزن المواد الكيميائية الخطرة، أو أثناء صبها، أو ترشيحها.

كما يُنصح أيضًا بارتداء معطف المختبر لحماية ملابسك من التلوث بالبقع الكيميائية.

يجب التعامل مع المواد الكيميائية جميعها على أنها مواد خطرة، ففي حال انسكابها على الجلد، يجب غسله فورًا باستخدام الكثير من الماء. وربّما لا تكون على دراية بمخاطر مواد كيميائية معينة، وبالتالي فإن استخدامها بدون الأخذ في الحسبان احتياطات السلامة العامة يمكن أن يؤدي إلى حدوث مشكلات غير متوقعة. وتذكّر أنه يجب عليك أيضًا التفكير في مخاطر المواد جميعها الناتجة من تفاعل كيميائي، وبخاصة عندما ينتج من التفاعل إطلاق غاز، إذ يجب إجراء التفاعلات الكيميائية التي تنتج غازات خطرة داخل خزانة طرد الغازات، أو في غرفة ذات تهوئة جيدة.

وبصفتك أحد الطلبة، يجب عليك أن تتحمل مسؤولية العمل بسلامة وأمان، كما يجب عليك أن تتعلم معاني رموز الأمان والسلامة الموضحة في الجدول أدناه، حيث يوضح الجدول ١ رموز المواد الخطرة الأكثر شيوعًا في مختبرات العلوم المدرسية.

رمز المادة الخطرة	التوصيف	احتياطات الأمان والسلامة
Irritant	هذه المادة مهيجة للجلد، ويمكن أن تؤدي إلى حدوث تقرحات واحمرار إذا لامست بشرتك.	ارتدِ القفازات، وواقيات العينَين عند التعامل مع المواد المهيجة.
Corrosive	هذه المادة أكّالة، وسوف تلحق الضرر ببشرتك وأنسجتك إذا حدث تلامس مباشر معها.	عند استخدام المواد الأكالة ضع النظارات الواقية دائمًا، وارتدِ القفازات أن أمكنك.
Toxic	هذه المادة سامة ويمكن أن تؤدي إلى الموت إذا تم ابتلاعها أو تنشّقها أو امتصّتها بشرتك.	ارتدِ القفازات، وواقيات العينَين عند التعامل مع المواد السامة. احرص على عدم استنشاق أي جزيئات. اغسل يديك بعد استخدام المواد السامة.
flammable	هذه المادة قابلة للاشتعال، وتشتعل فيها النار بكل سهولة.	احتفظ بالمادة بعيدًا عن اللهب المباشر، وإذا أردت تسخين مخاليط التفاعلات، استخدم الماء الساخن من غلاية الماء. استبدل السدادات الموجودة على الزجاجات باستمرار عندما لا تكون قيد الاستخدام.
Oxidizing Agent	هذه المادة عبارة عن عامل مؤكسد، فهي ستحرر الأكسجين عند تسخينها، أو بوجود مادة حفّازة.	احتفظ بالعوامل المؤكسدة بعيدة بشكل كاف عن المواد القابلة للاشتعال.
Environmentally damging	هذه المادة ضارة بالبيئة. سوف تعرّض النباتات والحيوانات للخطر إذا لامستهم.	تخلص من هذه المادة حسب إرشادات معلمك. لا تسكبها في الحوض.
Health hazard	هذه المادة تشكل خطرًا على الصحة. قد تضر بصحتك إذا تم ابتلاعها أو استنشاقها أو لامست جلدك.	ارتدِ القفازات، وواقيات العينين عند التعامل مع المواد التيَ تشكل خطراً على الصحة. لا تستنشق أي أبخرة. اغسل يديك بعد استخدام مواد خطرة على الصحة.

الجدول ١: رموز الأمان والسلامة

البحث العلمي والمهارات العملية

إن تطبيق مهارات البحث العلمي والمهارات العملية من الصفوف السابقة وتطويرها في سياقات جديدة خلال الصفَّين الحادي عشر والثاني عشر مطلب ضروري. وبالإضافة إلى تذكر المعلومات والظواهر والحقائق والقوانين والتعاريف والمفاهيم والنظريات المذكورة في المناهج الدراسية وإلى شرحها وتطبيقها، فمن المتوقع أن يكون الطلبة قادرين على حلّ المسائل في مواقف جديدة أو غير مألوفة باستخدام التفكير المنطقي.

ويُتوقع من الطلبة إظهار استيعابهم للمهارات العملية بما في ذلك القدرة على:

- تخطيط التجارب والاستقصاءات.
- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم أساليب البيانات الناتجة من التجارب وجودتها واقتراح التحسينات الممكنة للتجارب.

أمثلة على المهارات العملية

في القوائم التالية أمثلة محددة على كل مهارة من المهارات العملية. وهذه الأمثلة المحددة توجّه إلى المزيد من البحث العلمي والمهارات العملية التي يتوقع من الطلبة اكتسابها كجزء من تعلمهم.

إلى ذلك، يجب تطوير المهارات العملية الأربع وتوحيدها في كل وحدة دراسية. إلّا أن بعض الأمثلة المحددة في القوائم قد تكون أكثر صلة بالأنشطة العملية الموصى بها في وحدات دراسية معّينة.

تعطي هذه المهارات أمثلة عن محتوى AO3 ويمكن تقييمها في الورقة العملية.

تخطيط التجارب والاستقصاءات

- تحديد المتغيّرات المستقلة والتابعة وضبطها، ووصف كيفية قياسها وضبطها.
- وصف الإجراءات والتقنيات المستخدمة في التجارب، والتي تؤدي إلى جمع بيانات موثوقة ودقيقة. استخدام مخططات واضحة ومصنفة لإظهار ترتيب الجهاز عند الحاجة.
- وصف التجارب الضابطة المناسبة.

- شرح اختيار الجهاز وأداة القياس للوصول إلى دقة مناسبة.
- شرح اختيار المواد المستخدمة في إجراء التجارب.
- وصف المخاطر الموجودة في التجربة وكيفية تقليلها.
- التنبؤ بالنتائج ووضع الفرضيات بناء على المعرفة والمفاهيم العامة.
- وصف كيفية استخدام البيانات للوصول إلى استنتاج، بما في ذلك الكمّيات المشتقة التي سوف تحسب بناءً على البيانات الخام لرسم تمثيل بياني مناسب أو وضع مخطط مناسب.

جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها

- تطبيق الطالب لفهمه معنى الضبط والدقة.
- تحديد قيم عدم اليقين في القياس في صورة قيم عدم يقين مطلق أو نسبة مئوية.
- جمع القياسات والملاحظات وتسجيلها بشكل منهجي، وتقديم البيانات باستخدام العناوين ووحدات القياس والأرقام ونطاق القياسات ودرجات الدقة المناسبة.
- استخدم الأساليب الرياضية أو الإحصائية المناسبة لمعالجة البيانات الخام وتسجيلها حتى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية (يجب أن يكون هذا العدد هو نفسه أو أكثر بواحد من أصغر عدد من الأرقام المعنوية في البيانات المقدمة).

تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها

- معالجة البيانات وتقديمها، بما في ذلك الرسوم والمخططات والتمثيلات البيانية باستخدام الخطوط المستقيمة أو المنحنيات الأكثر ملاءمة. وتحليل التمثيلات البيانية، بما في ذلك ميل المنحنيات.
- ربط التمثيلات البيانية ذات الخط المستقيم بالمعادلات ذات الصيغة $y = mx + c$ واشتقاق التعابير التي تعادل الميل و / أو نقطة التقاطع مع المحور الصادي في التمثيل البياني الخاص بها.
- تحديد نقطة التقاطع مع المحور الصادي للتمثيل البياني ذي الخط المستقيم أو الميل لمماس المنحنى بما في ذلك مكان وجودهما على التمثيلات البيانية بما في ذلك تلك التي لا تمر بنقطة الأصل.
- جمع قيم عدم اليقين عند إضافة الكميّات أو طرحها وجمع النسب المئوية لعدم اليقين عند ضرب الكميات أو قسمتها.

- رسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة من خلال النقاط الموجودة على التمثيل البياني.
- استخدام قيم الانحراف المعياري أو الخطأ المعياري، أوالتمثيلات البيانية ذات أشرطة الخطأ المعيارية، لتحديد ما إذا كانت الاختلافات في القيم المتوسطة ذات دلالة إحصائية.
- تفسير الملاحظات والبيانات الناتجة من التجارب وتقييمها، وتحديد النتائج غير المتوقعة والتعامل معها بشكل مناسب.
- وصف الأنماط في البيانات والتمثيلات البيانية. وإجراء تنبؤات بناءً على الأنماط في البيانات.
- الوصول إلى الاستنتاجات المناسبة وتبريرها بالإشارة إلى البيانات واستخدام التفسيرات المناسبة، ومناقشة مدى دعم النتائج للفرضيات.
- اقترح اختبارات تأكيدية عند الحاجة بما في ذلك الكواشف والملاحظات المتوقعة.

تقييم الأساليب واقتراح التحسينات

- تحديد الأسباب المحتملة لعدم اليقين، في البيانات أو في الاستنتاجات، واقتراح التحسينات المناسبة على الإجراءات وتقنيات إجراء التجارب.
- شرح تأثير الأخطاء النظامية (بما في ذلك الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياسات.
- وصف تعديلات على تجربة ما من شأنها تحسين دقة البيانات أو توسيع نطاق الاستقصاء.

التركيب الذرّي Atomic Structure

أهداف التعلُّم

١-١ يفهم أن الذرات معظمها فراغ وتتركز كتلتها في النواة التي تحتوى على البروتونات، والنيوترونات، وتوجد الإلكترونات في مدارات حولها.

١-٢ يصف توزيع الكتلة والشحنة داخل الذرة.

١-٣ يصف سلوك حزم البروتونات والنيوترونات والإلكترونات عند دخولها مجال كهربائي بنفس السرعة.

١-٤ يحدّد عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات الموجودة في كل من الذرّات والأيونات باستخدام العدد الذري (عدد البروتونات)، والعدد الكتلي (عدد النيوكليونات) والشحنة ويفهم استخدام الترميز ${}^{x}_{y}A$

بالنسبة للأهداف التعليمية ١-٥ إلى ١-٢٣، تعتبر كل ذرة أو أيون في الحالة المستقرة وسيكتفى بدراسة العناصر من الهيدروجين إلى الكريبتون فقط. وسيتم توفير بيانات عن طاقات التأين عند الضرورة.

١-٥ يفهم المصطلحات العلمية الآتية:
- مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية والأفلاك
- عدد الكمّ الرئيسي (n)
- الحالة المستقرة، وفقًا للتوزيع الإلكتروني.

١-٦ يصف عدد الأفلاك المكوّنة لمستويات الطاقة الفرعية s و p و d وعدد الإلكترونات التي يمكن أن تملأ المستويات الفرعية s و p و d.

١-٧ يصف اتّجاه ازدياد الطاقة لمستويات الطاقة الفرعية داخل مستويات الطاقة الثلاثة الأولى ومستويات الطاقة الفرعية 4p و 4s.

١-٨ يصف أشكال الأفلاك s و p ويرسمها.

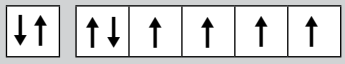
١-٩ يصف التوزيعات الإلكترونية لتشمل عدد الإلكترونات في كلٍّ من مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية والأفلاك.

١-١٠ يشرح التوزيعات الإلكترونية من حيث طاقة الإلكترونات والتنافر بين أزواج الإلكترونات (تنافر زوج الإلكترونات المغزلي).

١-١١ يحدّد التوزيع الإلكتروني للذرّات والأيونات باستخدام العدد الذري (عدد البروتونات) والشحنة، باستخدام أيّ من الاصطلاحات الآتية: على سبيل المثال بالنسبة إلى الحديد $Fe: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$ (التوزيع الإلكتروني الكامل) أو $[Ar]\ 4s^2\ 3d^6$ (التوزيع الإلكتروني المختصر).

١-١٢ يستنتج المجموعة والدورة التي ينتمى لها العنصر من خلال التوزيع الإلكتروني.

١-١٣ يستخدم الإلكترونات في «المربعات» ويفهمها، على سبيل المثال بالنسبة إلى الحديد

Fe: [Ar] 

١-١٤ يصف الجذور الحرّة كنوع من الجسيمات يمتلك واحدًا أو أكثر من الإلكترونات المنفردة (غير المرتبطة).

١-١٥ يذكر التدرج في نصف القطر الذرّي ونصف القطر الأيوني للعناصر عبر الدورة ويشرحها.

١-١٦ يعرّف مصطلح طاقة التأيّن الأولى، IE (IE_1) ويستخدمها.

١-١٧ يكتب معادلات طاقات التأيّن الأولى وطاقات التأيّن المتتالية.

١-١٨ يحدّد التدرّج في طاقة التأيّن في الجدول الدوري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين أو في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل ويشرحها.

١-١٩ يحدّد التغيرّات في طاقات التأيّن المتتالية لعنصر ما ويشرحها.

١-٢٠ يفهم أنّ طاقات التأيّن ناتجة من التجاذب بين النواة والإلكترونات الخارجية.

١-٢١ يشرح العوامل التي تؤثّر على طاقات التأيّن للعناصر من حيث:
- الشحنة النووية.
- نصف القطر الذرّي أو الأيوني.
- الحجب بواسطة الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية الداخلية.
- تنافر زوج الإلكترونات المغزلي (spin-pair repulsion).

١-٢٢ يستنتج التوزيع الإلكتروني للعناصر باستخدام بيانات طاقات التأيّن المتتالية.

١-٢٣ يستنتج موقع عنصر ما في الجدول الدوري بالاعتماد على بيانات طاقات التأيّن المتتالية.

الأنشطة

نشاط ١-١ التركيب الذرّي

ستتعرّف في هذا النشاط على بعض المصطلحات المتعلقة بالتركيب الذرّي.

مهم

من المهمّ أن تتعلّم المعاني الدقيقة للمصطلحات العلمية كالعدد الكتلي والتعريفات الرئيسية. عند تعريف المصطلحات، يجب أن تكون دقيقًا.

١. طابق كلًّا من المصطلحات 1 إلى 4 الواردة في العمود الأيمن مع التعريف المناسب لها من العمود الأيسر.

1. **العدد الذرّي**	**A**	الجزء (الجسيم) المركزي البالغ الصغر من الذرّة
2. **العدد الكتلي**	**B**	مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات في النواة
3. **النيوترونات**	**C**	عدد البروتونات في نواة الذرّة
4. **النواة**	**D**	جُسيمات لا تحمل شحنة وموجودة في النواة

٢. كم عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات التي يمتلكها كلّ من الأنواع (النظائر) الآتية؟

أ. $^{79}_{34}Se$

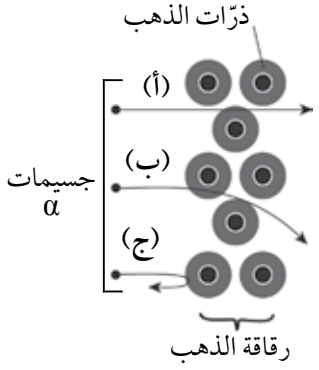
ب. $^{132}_{55}Cs^{+}$

ج. $^{18}_{8}O^{2-}$

نشاط ١-٢ اكتشاف النواة

ستتعرف في هذا النشاط على طريقة اكتشاف النواة، وعلى سلوك الجُسيمات المشحونة.

في عام 1910م، قام باحثون في مدينة مانشستر في المملكة المتحدة بإطلاق جُسيمات ألفا α (أنوية ذرات هيليوم موجبة) على صفيحة رقيقة من الذهب، فعبرت معظم جُسيمات ألفا مباشرة من خلال الرُّقاقة من دون أي انحراف، الشكل ١-١ المسار (أ)، لكن بعضها انحرف قليلًا، المسار (ب)، ونحو 1 من كل 20000 جُسيم ارتدّ وتراجع، المسار (ج).



الشكل ١-١: إطلاق جُسيمات ألفا α على صفيحة رقيقة من الذهب.

١. اكتب الترميز لنواة الهيليوم.

.....

٢. فسّر سبب مرور معظم جُسيمات ألفا مباشرة عبر الرُّقاقة.

.....

٣. اشرح سبب انحراف بعض جُسيمات α قليلًا عن مسارها.

.....

٤. فسّر سبب ارتداد عدد قليل جدًا من جُسيمات α.

.....

٥. تنبّأ بما سيحدث خلال هذه التجربة إذا تمّ إطلاق حزمة من النيوترونات على صفيحة رقيقة من الذهب. اشرح إجابتك.

.....

نشاط ١-٣ مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية

تمّ تصميم هذا النشاط لدعم فهمك **لمستويات الطاقة الرئيسية والفرعية**. وهو أيضًا يعطي تدريبًا على استنتاج **التوزيع الإلكتروني** وتفسيره.

١. يعرض الجدول ١-١ معلومات حول **مستويات طاقة الكمّ الرئيسية** والأفلاك الذرّية. استنتج أعداد الإلكترونات وأعداد **الأفلاك الذرّية** وأنواعها التي تمثّلها الأحرف من **أ** إلى **و**.

مستوى طاقة الكمّ الرئيسي	العدد الأقصى للإلكترونات في مستوى طاقة الكمّ الرئيسي	عدد مستويات الطاقة الفرعية في مستوى طاقة الكمّ الرئيسي	أنواع الأفلاك الموجودة
1	أ	1	ب
2	8	ج	2s ،2p
3	د	هـ	و

الجدول ١-١: مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والأفلاك الذرّية.

٢. يعرض الجدول ١-٢ التوزيع الإلكتروني لبعض الذرّات والأيونات. استنتج المعلومات الناقصة في الجدول.

العدد الذرّي	رمز العنصر/الأيون	التوزيع الإلكتروني
9	F	
14		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
24	Cr	
11	Na^+	
	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
35		$[Ar] 4s^2 3d^{10} 4p^6$
22	Ti^{2+}	

الجدول ١-٢: التوزيع الإلكتروني لبعض الذرّات والأيونات.

مصطلحات علمية

مستويات طاقة الكم الفرعية
Sub shells (subsidiary quantum shells):
مناطق من مستويات طاقة الكم الرئيسية تحتوي على أعداد محددة من الإلكترونات وتمتلك طاقة معينة.

مستويات طاقة الكمّ الرئيسية
Energy level:
مسافات محدّدة من النواة تتوافق مع طاقة الإلكترونات.

التوزيع الإلكتروني
Electronic configuration:
طريقة لتمثيل ترتيب الإلكترونات في الذرّات توضح مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية وعدد الإلكترونات الموجودة، على سبيل المثال $1s^2 2s^2 2p^3$ يمكن أيضًا عرض الإلكترونات في مربّعات.

الأفلاك الذرّية
Atomic orbitals:
مناطق من الحيّز تحيط بالنواة الذرّية ويمكن أن تحتوي على إلكترونَين كحد أقصى.

٣. إلى أيّة مجموعة تنتمي كلّ من الذرّات الموضّحة أدناه والتي تمتلك التوزيع الإلكتروني الآتي؟

أ. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ .....

ب. $1s^2 2s^2 2p^3$ .....

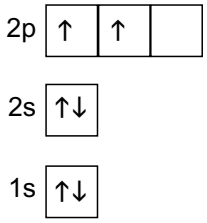
ج. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ .....

د. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .....

نشاط ١-٤ الإلكترونات في الأفلاك

يدرّبك هذا النشاط على استنتاج التوزيع الإلكتروني وتفسير المخطّطات التي توضح اتّجاه دوران الإلكترون.

يوضّح الشكل ١-٢ توزيع الإلكترونات في أفلاك ذرّية واتّجاه دورانها في المربّعات.



الشكل ١-٢: توزيع الإلكترونات في الأفلاك الذرّية لذرّة الكربون.

مهم

عند إضافة الإلكترونات إلى مستويات الطاقة الفرعية:

- يتمّ وضع الإلكترونات الواحد تلو الآخر في أفلاك منفصلة حيث تدور في الاتّجاه نفسه.
- تتمّ مزاوجة الإلكترونات فقط عندما لا يتوافر المزيد من الأفلاك الفارغة في مستويات الطاقة الفرعية.

١. فسّر انطلاقًا من الشكل ١-٢ السابق ما يلي:

أ. في مستوى طاقة الكمّ الثاني، تمتلك الإلكترونات في الأفلاك p طاقة أكبر من الإلكترونات في الفلك s؟

.....

ب. الإلكترونان الموجودان في فلك واحد يدوران في اتّجاهَين متعاكسَين.

.....

٢. ارسم مخطّطات مشابهة لتوضيح توزيع الإلكترونات واتّجاه دورانها في ذرّات كلّ من:

أ. الأكسجين (O)

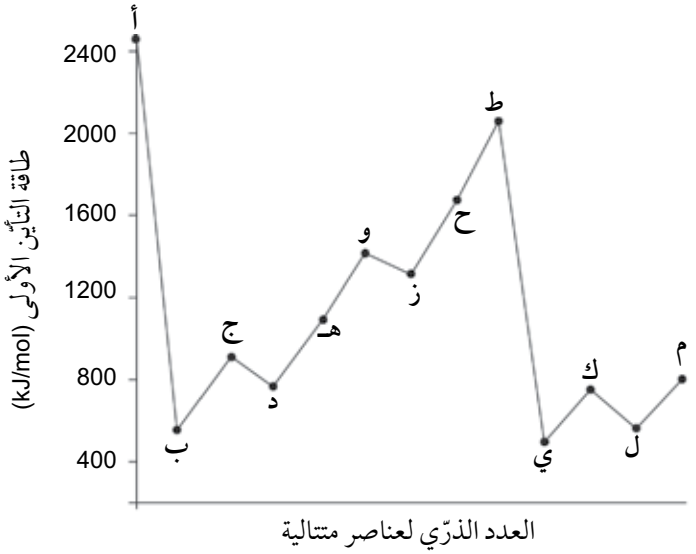
ب. الكلور(Cl)

ج. الفوسفور (P)

نشاط ١-٥ طاقات التأيّن والجدول الدوري

ستتعرّف في هذا النشاط على العوامل التي تؤثر على قيم **طاقة التأيُّن الأولى** (IE_1)، وسيساعدك على تفسير التمثيل البياني.

يوضّح التمثيل البياني أدناه طاقات التأيُّن الأولى IE_1، للعناصر المتتالية من (أ) إلى (م) في الجدول الدوري.



الشكل ١-٣: طاقات التأيُّن الأولى لعناصر متتالية.

مصطلحات علمية

طاقة التأيُّن الأولى First ionisation energy IE_1: الطاقة اللازمة لنزع مول واحد من الإلكترونات من مول واحد من ذرات عنصر ما في حالته الغازية لتكوين مول واحد من الأيونات الغازية التي تحمل شحنة موجبة واحدة.

الحجب Shielding: قدرة الإلكترونات الداخلية على تقليل تأثير الشحنة النووية على الإلكترونات الخارجية.

مهم

العوامل التي تؤثّر على طاقة التأيُّن الأولى هي: حجم الشحنة النووية، وبعد الإلكترونات الخارجية عن النواة، الحجب من الإلكترونات الداخلية وتنافر زوج الإلكترونات المغزلي.

١. أكمل الجمل الآتية باستخدام الكلمات الموجودة في القائمة أدناه.

الجذب	الشحنة	الإلكترونات	تزداد
الداخلية	التأيُّن	النواة	الرئيسي

..... قيم طاقات التأيُّن IE_1 بشكل عام، عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. ويعود ذلك إلى زيادة ..... النووية. تُضاف الإلكترونات إلى مستوى الطاقة الكمّ ..... نفسه، عبر الدورة، لذا تزداد قُوى ..... بين ..... والإلكترونات الخارجية تدريجيًّا. وبالتالي تزداد طاقة ..... الأولى تدريجيًّا. لا يوجد تأثير كبير في قوّة الحجب عبر الدورة، لأن العدد نفسه من ..... موجود في مستويات الطاقة .....

٢. أيّ عنصرَين من (أ) إلى (م) ينتميان إلى مجموعة الغازات النبيلة؟

.....

٣. على أيّ عنصرَين متتاليَين تنطبق العبارات الآتية؟

أ. عندما تبدأ دورة جديدة، يكون هناك انخفاض حادّ في قيمة IE_1. والسبب في ذلك أن الإلكترون التالي المُضاف يكون في مستوى طاقة رئيسي أبعد عن النواة.

.....

ب. عندما يزداد العدد الذرّي بمقدار واحد، يحدث انخفاض في قيمة IE_1 بسبب تنافر زوج الإلكترونات المغزلي.

.....

ج. عندما يزداد العدد الذرّي بمقدار واحد، يحدث انخفاض في قيمة IE_1 لأن الإلكترون التالي يدخل في مستويات الطاقة الفرعية p.

.....

٤. أيّ عنصرَين ينتميان إلى المجموعة II؟ .....

٥. ما العنصر الآخر الموجود في نفس مجموعة العنصر (م)؟ .....

٦. ما العنصر الموجود في المجموعة 17 (VII)؟ .....

٧. ما الدليل الموجود في التمثيل البياني على أن قيمة IE_1 تقلّ في المجموعة عند الانتقال من أعلى إلى أسفل؟ .....

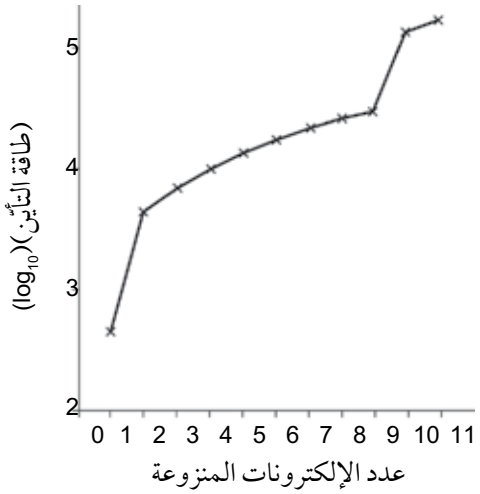
مهم

تنافر زوج الإلكترونات المغزلي: يتنافر زوج الإلكترونات الموجود في الفلك نفسه لأن الإلكترونَين يمتلكان الشحنة نفسها. يؤدّي تزاوج الإلكترونَين، بحيث يدوران في اتّجاهَين متعاكسَين، إلى تقليص التنافر بينهما. ويكون هذا التنافر أكبر من تنافر الإلكترونات المنفردة الموجودة في أفلاك منفصلة. ولهذا السبب فإن الإلكترونات الموجودة في الأفلاك p و d تستقر مفردة أولًا في أفلاك منفصلة قبل أن تتمّ مزاوجتها.

نشاط ١-٦ طاقة التأيّن المتتالية

ستتعرّف في هذا النشاط على مفهوم **طاقات التأيُّن المتتالية**: IE_1، IE_2، إلخ... وعلى طريقة كتابة التوزيع الإلكتروني، ويقدّم لك مزيدًا من التدريب على تفسير الرسوم البيانية.

يوضّح الرسم البياني أدناه طاقات التأيُّن المتتالية للصوديوم (Na) مقابل عدد الإلكترونات المنزوعة.



الشكل ١-٤: اللوغاريتم العشري لطاقات التأيُّن المتتالية للصوديوم.

مصطلحات علمية

طاقات التأيُّن المتتالية Successive ionisation energies: الطاقات اللازمة لنزع الإلكترونات الواحد تلو الأخر من كل ذرة في مول واحد من ذرات عنصر ما في حالته الغازية.

مهم

بشأن مقياس $\log_{10}$ في الرسم البياني: إن استخدام هذا المقياس يساعد فقط على جعل القيم مناسبة للرسم البياني. (تذكّر أن هذا المقياس ليس له وحدة قياس).

١. كيف يوضّح هذا الرسم البياني أن ذرّة الصوديوم تمتلك:

أ. إلكترونًا واحدًا يمكن نزعه بسهولة.

.....

ب. إلكترونَين اثنَين في مستوى طاقة الكمّ الرئيسي الأول.

.....

ج. ثمانية إلكترونات في مستوى طاقة الكمّ الرئيسي الثاني.

.....

٢. تمثّل المعادلة أدناه طاقة التأيُّن الأولى للصوديوم (Na).

$$Na(g) \rightarrow Na^{+}(g) + e^{-}$$

اكتب المعادلة لكلا المعطيَين الآتيَين:

أ. طاقة التأيُّن الرابعة للكالسيوم (Ca). .....

ب. طاقة التأيُّن الثانية للفوسفور (P). .....

مهم

عند كتابة معادلات توضح طاقات التأيُّن المتتالية، تذكّر ما يلي:

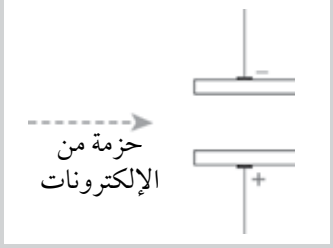
- يتمّ عرض المعادلة بوساطة الشحنة الموجودة على الأيون المتكوّن، على سبيل المثال:
  $Na^{4+}(g) \rightarrow Na^{5+}(g) + e^{-}$
  تمثّل معادلة التأيُّن الخامسة.
- تكون الأيونات المتكوّنة دائمًا موجبة وفي الحالة الغازية.

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. يقع الكوبالت (Co) والنيكل (Ni) أحدهما بجانب الآخر في الجدول الدوري.
في ما يلي رمزان نظيران للكوبالت والنيكل:
$^{58}_{28}Ni$ $^{59}_{27}Co$

١- أيّ من هذَين النظيرَين يمتلك العدد الأكبر من النيوترونات؟ **اشرح** إجابتك.
٢- أيّ من هذَين النظيرَين يمتلك إلكترونات أقلّ؟ اشرح إجابتك.
٣- يمتلك أحد أيونات الكوبالت (Co) 27 بروتونًا و 24 إلكترونًا. اكتب رمز هذا الأيون.

٢. تمّ إطلاق حزمة من الإلكترونات عبر مجال كهربائي بين لوحَين مشحونَين، كما في الشكل أدناه.



صف سلوك حزمة الإلكترونات عندما تمرّ عبر اللوحَين. اشرح إجابتك.

٣. ينتمي البورون (B) (العدد الذرّي 5) والغاليوم (Ga) (العدد الذرّي 31) إلى المجموعة نفسها من الجدول الدوري.

أ. اكتب التوزيع الإلكتروني لما يلي:
١- ذرّة البورون (B)
٢- ذرّة الغاليوم (Ga)
٣- أيون الغاليوم (Ga^{3+})

ب. أيهما أكبر حجمًا ذرّة الغاليوم (Ga) أم أيونه؟ اشرح إجابتك.

ج. أيّ من الذرّتَين، البورون (B) أم الغاليوم (Ga)، تمتلك طاقة التأيّن الأولى الأصغر؟ اشرح إجابتك.

د. ١- **قارن** بين طاقات التأيّن الأولى للبريليوم (Be) والبورون (B) والكربون (C) واشرح سبب امتلاك البورون (B) طاقة التأيّن الأولى الأصغر بين هذه الذرّات الثلاث.
٢- اكتب المعادلة التي تمثّل طاقة التأيّن الأولى للبورون (B).

هـ. يمتلك الغاليوم (Ga) كلا النوعَين من الأفلاك s و p. ارسم شكل كل من هذه الأفلاك.

أفعال إجرائية

اشرح Explain: اعرض الأهداف أو الأسباب أو العلاقة بوضوح، وادعم إجابتك بأدلّة ذات صلة.

أفعال إجرائية

قارن Compare: حدّد أوجه التشابه و / أو الاختلافات معلّقًا عليها.

تابع

٤. يحتوي كلوريد الكروم (III) ($CrCl_3$) على أيونات Cl^- و Cr^{3+}.

أ. اكتب التوزيع الإلكتروني لما يلي:

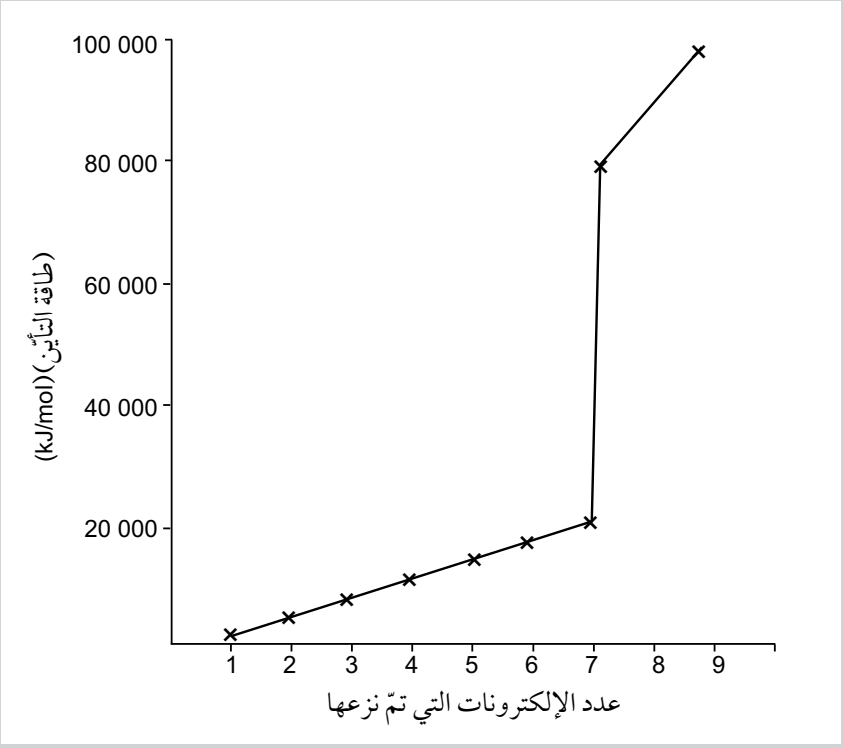
١- أيون الكلوريد (Cl^-)

٢- ذرّة الكروم (Cr)

٣- أيون الكروم (III) (Cr^{3+})

ب. **حدّد** العنصر الذي تمتلك ذرّاته التوزيع الإلكتروني نفسه الذي يمتلكه أيون الكلوريد (Cl^-).

ج. ينتمي الفلور والكلور إلى المجموعة نفسها. يوضّح الشكل أدناه طاقات التأيّن المتتالية مقابل عدد الإلكترونات التي تمّ نزعها من ذرّة الفلور (F).



١- اشرح سبب حدوث ارتفاع تدريجي في طاقات التأيّن المتتالية نتيجة نزع الإلكترونات السبعة الأولى.

٢- اشرح سبب حدوث ارتفاع حادّ في طاقة التأيّن الثامنة.

٣- اكتب المعادلة التي تمثّل طاقة التأيّن الثالثة للفلور.

أفعال إجرائية

حدّد Determine: سمّ / اختر / أجب استنادًا إلى المعلومات المُتاحة.

تابع

٥. يعرض الجدول أدناه طاقات التأيّن المتتالية بوحدة (kJ/mol) لأربعة عناصر فلزية، افتراضية هي **D**، **C**، **B**، **A**:

العنصر	طاقات التأين (kJ/mol)				
	IE_1	IE_2	IE_3	IE_4	IE_5
A	578	1817	2745	11578	14831
B	496	4563	6913	9544	13352
C	419	3051	4412	5877	7975
D	590	1145	4912	6474	8144

أ. **عرّف** مصطلح طاقة التأيّن الأولى.

ب. أيّ عنصرَين ينتميان إلى المجموعة نفسها من الجدول الدوري؟ اشرح إجابتك.

ج. ما العنصر الذي يحتاج إلى طاقة أكبر لتحويل مول واحد من ذرّاته إلى مول واحد من الأيونات له الشحنة +2؟

د. أيّ عنصر يكوّن أيونًا شحنته +3 عندما يتفاعل؟ اشرح إجابتك.

هـ. اقترح قيمة لطاقة التأيّن السادسة للعنصر (C). برّر إجابتك.

و. يُعدّ الفاناديوم (V) فلزًا انتقاليًّا:

١- اكتب التوزيع الإلكتروني للفاناديوم (V).

٢- اكتب المعادلة التي تمثّل طاقة التأيّن الثانية للفاناديوم (V).

ز. تمتلك إحدى الذرّات العدد الذرّي 16. ارسم مخطّطًا للإلكترونات في أفلاكها عند مستويات الطاقة المختلفة (توزيع الإلكترونات في المربّعات) لإظهار ترتيب الإلكترونات في هذه الذرّة. **مبيّنًا** الدوران المغزلي للإلكترونات.

أفعال إجرائية

عرّف Define: أعط معنًى دقيقًا.

بيّن Show: قدم دليلًا يؤدّي إلى نتيجة معينة.

تابع

٦. يظهر كل من نصف القطر الذرّي والأيوني تغيّرًا دوريًّا عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين؛ صف نمط هذا التغير لكل من:

أ. نصف القطر الذرّي التساهمي

ب. نصف القطر الأيوني

ج. ينتمي الكلور (Cl)، والبروم (Br)، واليود (I) إلى الهالوجينات. اشرح سبب ازدياد نصف القطر الذرّي لذرّات الهالوجين عند الانتقال في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل.

د. عندما يتعرّض جُزيء من الكلور (Cl_2) لأشعّة الشمس، فإنه يتفكّك ليكوّن جذورًا حرّة.

١- اشرح المقصود بمصطلح الجذور الحرّة.

٢- **أعطِ** التوزيع الإلكتروني لجذر الكلور الحرّ ($Cl^{\bullet}$)

مصطلحات علمية

نصف القطر الذري التساهمي Atomic radius: هو نصف المسافة بين نواتَي ذرّتَين متماثلتَين مترابطتَين معًا تساهميًّا.

الجذر الحرّ Free radical: هو جسيم يحتوي على إلكترون واحد أو أكثر من الإكترونات غير المتزاوجة.

أفعال إجرائية

أعطِ Give: استخرج إجابة من مصدر معيّن أو من ذاكرتك.

حسابات التناسب الكيميائي
Stoichiometric Calculations

أهداف التعلُّم

٢-١ يعرف المصطلحات الآتية ويستخدمها:
- المول في ضوء ثابت أفوجادرو
- الصيغة الأولية والجزيئية

٢-٢ يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول لإيجاد الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية.

٢-٣ يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن الكتل المتفاعلة (من الصيغ والمعادلات) لتشمل تحديد:
- الكمّيات الفعلية
- النسبة المئوية للمردود
- النسبة المئوية الكتلية

٢-٤ يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن حجوم الغازات.

٢-٥ يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن حجوم المحاليل وتراكيزها.

٢-٦ يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و ٢-٣ و ٢-٤ و ٢-٥

الأنشطة

نشاط ٢-١ استنتاج الصيَغ الأولية والجزيئية

ستستنتج في هذا النشاط الصيَغ الأولية والصيَغ الجزيئية بالإضافة إلى النسبة المئوية الكتلية للتركيب.

١. أ. لماذا لا تُعدّ الصيغة $C_6H_{10}Cl_2$ **صيغة أولية**؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. يمتلك مركّب من الفوسفور (P) له الصيغة الأولية $PNCl_2$، وكتلة مولية تساوي 348 g/mol. استنتج **الصيغة الجزيئية** لهذا المركّب.

.....

.....

مصطلحات علمية

الصيغة الأولية Empirical formula: هي أبسط نسبة عددية صحيحة لذرّات العناصر الموجودة في جُزيء واحد، أو في وحدة صيغة واحدة من المركّب.

الصيغة الجزيئية Molecular formula: تعبّر عن العدد الفعلي لذرات كل عنصر موجود في جُزيء واحد.

٢. عندما يحترق 14.98 g من الزرنيخ (As) بشكل تام، ينتج 19.78 g من أكسيد الزرنيخ. احسب:

أ. كتلة الأكسجين (O) في أكسيد الزرنيخ الناتج. .....

ب. عدد مولات ذرّات الزرنيخ (As) والأكسجين (O) التي تتّحد فيما بينها.
(قيم A_r : As = 74.9 O = 16.0)

.....

ج. الصيغة الأولية لأكسيد الزرنيخ الناتج. .....

د. يمتلك أكسيد الزرنيخ الناتج كتلة مولية تساوي 395.6 g/mol. استنتج صيغته الجزيئية.

.....

.....

هـ. الصيغة الأولية لأكسيد آخر من الزرنيخ هي As_2O_5. احسب النسبة المئوية الكتلية للزرنيخ (As) في As_2O_5. قرِّب إجابتك إلى 3 أرقام معنوية.

.....

.....

مهم

تذكّر أن النسبة المئوية الكتلية لعنصر ما تُحسب باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية الكتلية (\%)} = \frac{\text{الكتلة الذرية} \times \text{عدد مولات عنصر معيّن في مركّب}}{\text{الكتلة المولية لمركّب}} \times 100\%$$

نشاط ٢-٢ حسابات المول

ستُجري في هذا النشاط بعض العمليات الحسابية الأساسية باستخدام مفهوم المول.

مهم

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}$$

١. يتمّ اختزال أكسيد الرصاص Pb_3O_4، بالتسخين مع كمّية فائضة من الكربون (C)، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$Pb_3O_4 + 4C \rightarrow 3Pb + 4CO$$

اتّبع الخطوات أدناه لحساب الكتلة المتكوّنة من الرصاص (Pb) عند اختزال 41.12 g من Pb_3O_4.

احسب:

أ. الكتلة المولية لـ Pb_3O_4 (قيَم A_r : Pb = 207.2, O = 16.0)

.....

.....

ب. عدد مولات Pb_3O_4 (إلى 3 أرقام معنوية). .....

ج. عدد مولات الرصاص (Pb) الناتجة. .....

د. كتلة الرصاص الناتجة (إلى 3 أرقام معنوية). .....

٢. تتفاعل 35.61 g من القصدير (Sn) بشكل تام، مع 42.60 g من الكلور (Cl_2)، لتكوين 78.21 g من كلوريد القصدير (IV) $SnCl_4$.

أ. احسب عدد مولات كل من:

القصدير (Sn) .....

الكلور (Cl_2) .....

كلوريد القصدير ($SnCl_4$) (IV) .....

(قيم A_r: Cl 35.5، Sn = 118.7)

.....

ب. استنتج **التناسب الكيميائي** لهذا التفاعل الكيميائي.

.....

مصطلحات علمية

التناسب الكيميائي
Stoichiometry: تمثيل النسب المولية للمواد المتفاعلة والناتجة.

نشاط ٢-٣ استخدام الحجم المولي للغازات

ستستخدم في هذا النشاط الحجم المولي للغازات لاستنتاج التناسب الكيميائي لتفاعل ما.

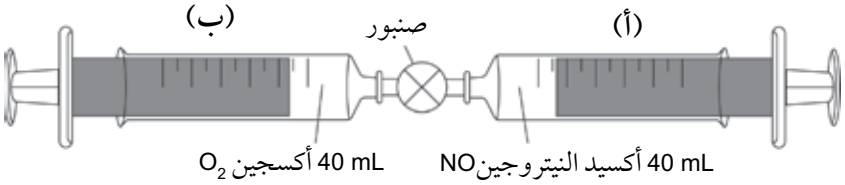
مهم

يبلغ حجم المول الواحد من أيّ غاز عند درجة حرارة وضغط الغرفة (**r.t.p.**) 24 L.

$$\text{عدد مولات الغاز} = \frac{\text{حجم (L)}}{24} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{حجم (mL)}}{24000}$$

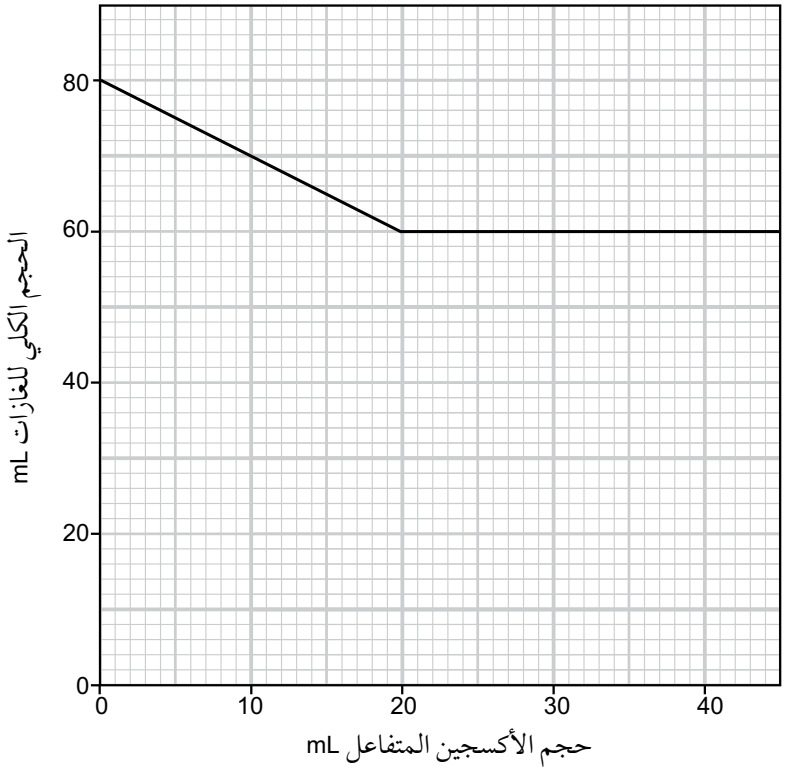
١. يتمّ إعداد محقنَين زجاجيَّين للغاز كما هو موضّح أدناه.

تمّ ضخ كمّيات صغيرة من الأكسجين من المحقن (**ب**) إلى المحقن (**أ**). تكوّنت مادة جديدة هي أكسيد نيتروجين غازي آخر، NO_y.



بعد كل إضافة من الأكسجين، يُغلق الصنبور ويُقاس الحجم الكلّي للغازات.

نتائج هذه التجربة موضّحة في الرسم البياني أدناه.



أ. ما حجم الأكسجين (O_2) الذي يتفاعل مع 40 mL من أحادي أكسيد النيتروجين (NO)؟

.....

ب. ما حجم NO_y الناتج؟ .....

ج. استنتج صيغة NO_y. .....

د. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. .....

نشاط ٢-٤ حساب التركيز والتناسب الكيميائي من نتائج المعايرة

مصطلح علمي

المعايرة Titration:
طريقة لإيجاد كمّية مادة موجودة في محلول عبر تفاعلها مع كمّية معروفة من مادة أخرى. ويُستخدم كاشف لتوضيح انتهاء تفاعل المادتَين معًا بشكل تام (بالكمّيات المتكافئة الصحيحة).

يتألف هذا النشاط من جزأين. ستتدرّب في الجزء الأول على حساب **المعايرة**؛ وتستنتج في الجزء الثاني التناسب الكيميائي للتفاعل من نتائج المعايرة.

الجزء 1

تمت معادلة 25 mL من محلول كربونات الصوديوم ($Na_2CO_3(aq)$) بالضبط باستخدام 22.5 mL من حمض الهيدروكلوريك ($HCl(aq)$) بتركيز 0.200 mol/L.

١. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

.....

٢. احسب عدد مولات الحمض المستخدم.

.....

٣. من خلال التناسب الكيميائي للمعادلة، كم عدد مولات كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) التي تتفاعل مع مول واحد من حمض الهيدروكلوريك (HCl)؟

.....

٤. احسب تركيز محلول كربونات الصوديوم ($Na_2CO_3(aq)$).

.....

٥. كم عدد مولات كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) في 25 mL من المحلول؟

.....

الجزء 2

تمت معادلة 25.0 mL من محلول هيدروكسيد فلز بتركيز 0.200 mol/L تمامًا باستخدام 18.5 mL من حمض النيتريك (HNO_3) بتركيز 0.270 mol/L. ستستخدم فيما يلي نتائج المعايرة لاستنتاج التناسب الكيميائي للتفاعل.

١. كم عدد مولات هيدروكسيد الفلز التي تفاعلت؟

.....

٢. كم عدد مولات حمض النيتريك (HNO_3) التي تفاعلت؟

.....

٣. ما النسبة المولية الأبسط في هذا التفاعل؟

.....

٤. اكتب معادلة للتفاعل مستخدمًا الرمز (X) لتمثيل الفلز.

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٢-١: حساب الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية

الهدف من هذا الاستقصاء إيجاد الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم (Mg) باستخدام تفاعل الماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفّف لإنتاج غاز الهيدروجين (H_2).
وفقًا للمعادلة الآتية:

$$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$$

يمكن إيجاد الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم (Mg) باستخدام $A_r = \frac{m}{n}$
نظرًا لأن كتلة شريط الماغنيسيوم (Mg) ذي الطول القصير تكون صغيرة جدًّا ويصعب قياسها على ميزان إلكتروني، فسوف تقيس شريطًا بطول 10 cm ثم تزنه.
بعدها ستقوم بتقدير الكتل لأشرطة مختلفة ذات أطوال أقل لتستخدمها في تجاربك.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- جهاز لجمع الغاز وقياسه
- ورق سنبادج (صنفرة)
- شريط واحد من الماغنيسيوم بطول 10.0 cm
- مسطرة 30 cm
- قفازات بلاستيكية
- مقصّ
- ميزان إلكتروني بدقة لا تقلّ عن منزلتَين عشريّتَين
- حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتدِ نظّارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- يُعدّ الماغنيسيوم سريع الاشتعال.
- يُعدّ الهيدروجين غازًا قابلًا للاشتعال.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol.L مادة مهيّجة.
- يتناثر ورق السنبادج أحيانًا، لذا ارتدِ القفازات في حال كانت بشرتك حسّاسة.
- إذا كنت تستخدم مخبارًا مدرّجًا زجاجيًّا لتجميع الغاز، أو محقنًا زجاجيًّا للغاز، فاحذر عند تثبيتهما، لأن الشدّ المفرط قد يؤدي إلى تحطّم الزجاج.

الطريقة

١. خذ شريطًا من الماغنيسيوم بطول 10.0 cm ونظّفه برفق باستخدام ورق السنبادج.

٢. قم بوزن شريط الماغنيسيوم النظيف وسجّل كتلته.

كتلة الشريط = g .....

٣. قُصّ الشريط إلى الأطوال الآتية قطعتَين من كل طول:

1.0 cm، 1.5 cm، 2.5 cm

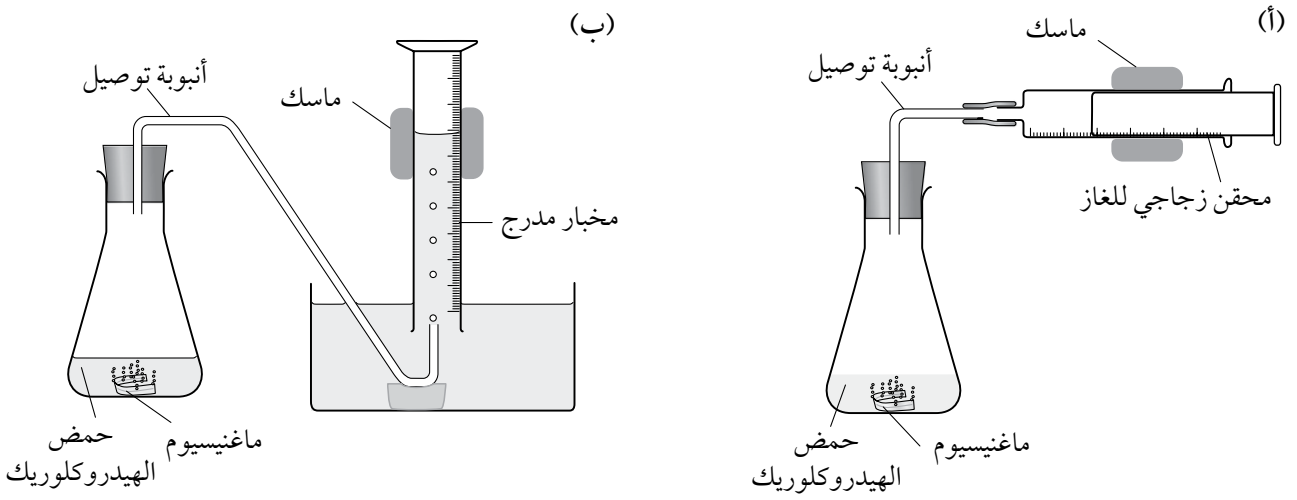
٤. بالاعتماد على كتلة شريط الماغنيسيوم التي يبلغ طولها 10 cm التي وجدتها، قدِّر كتل الأطوال 1.0 cm و 1.5 cm و 2.5 cm.

الكتلة المقدّرة لطول 1.0 cm = g .....

الكتلة المقدّرة لطول 1.5 cm = g .....

الكتلة المقدّرة لطول 2.5 cm = g .....

٥. تبعًا لنظام تجميع الغاز الذي ستستخدمه، قم بإعداد جهازك كما هو موضّح في الشكل ٢-١.



الشكل ٢-١: طريقتان مختلفتان لتجميع الغازات.

٦. ضع 25.0 mL من حمض الهيدروكلوريك ((HCl(aq)) في دورق مخروطي.

أ. قم بإعداد الجهاز لقياس الغاز.

ب. أضِف شريط ماغنيسيوم (Mg) واحد بطول 1 cm إلى الحمض، وأغلق الدورق بسرعة بالسدادة، وابدأ بتجميع الغاز.

ج. حرّك الدورق في شكل دائري باستمرار لأن الماغنيسيوم قد يلتصق بجوانبها.

د. عند انتهاء التفاعل، سجّل حجم الغاز الناتج.

هـ. حجم الغاز الناتج من شريط بطول 1.0 cm = ... mL

٧. كرّر الخطوة ٦ مع جميع الأطوال الأخرى المعروفة لشريط الماغنيسيوم.

حجم الغاز (من 1.0 cm من الشريط) = ... mL

حجم الغاز (من 1.5 cm من الشريط) = ... mL

حجم الغاز (من 1.5 cm من الشريط) = ... mL

حجم الغاز (من 2.5 cm من الشريط) = ... mL

حجم الغاز (من 2.5 cm من الشريط) = ... mL

النتائج

استخدم الجدول ٢–١ لتسجيل كتل الأشرطة المستخدمة والحجوم المقابلة من الهيدروجين الناتج.

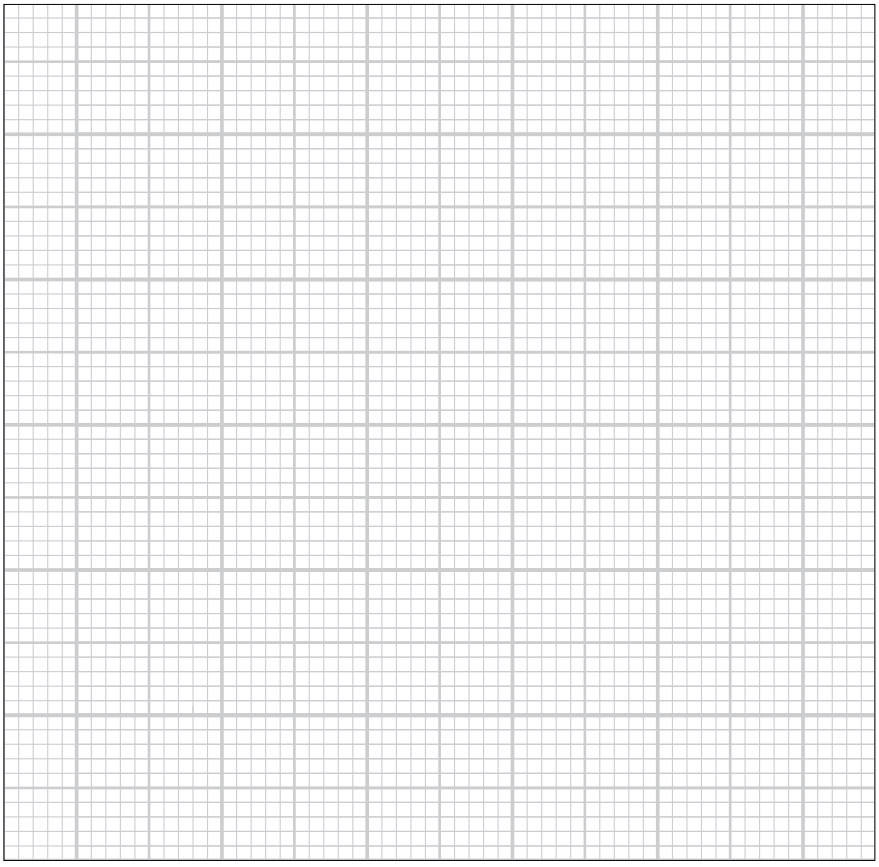
طول الشريط (cm)	كتلة الشريط (g)	حجم الغاز الناتج (mL)		
		التجربة 1	التجربة 2	متوسط التجربتين

الجدول ٢–١: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. مثّل بيانيًّا كتلة الماغنيسيوم على طول المحور الأفقي (المحور *x*) مقابل حجم الغاز على المحور الرأسي (المحور *y*).

- ارسم الخطّ الأفضل ملاءمة لجمع أكبر عدد من النقاط.



٢. من التمثيل البياني، احسب كتلة الماغنيسيوم (Mg) التي تنتج 24.0 mL من غاز الهيدروجين.

.....

.....

.....

٣. أ. اعتمادًا على القيمة التي حصلت عليها، احسب عدد مولات الماغنيسيوم التي تعطي هذا الحجم من الغاز. عند درجة حرارة الغرفة والضغط العادي (r.t.p.)، يشغل 1 moL من أيّ من الغازات حجمًا يساوي 24 L أو 24000 mL).

.....

.....

.....

ب. باستخدم المعادلة: $A_r = \frac{\text{كتلة الماغنيسيوم}}{\text{عدد مولات الماغنيسيوم}}$ احسب الكتلة الذرية للماغنيسيوم.

.....

.....

.....

٤. قارن قيمة A_r مع القيمة الواردة في الجدول الدوري المتوافر لديك. وباستخدام المعادلة الآتية، احسب النسبة المئوية للخطأ في نتيجتك.

$$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{(|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|)}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\%$$

.....

.....

.....

٥. ما الحدّ الأقصى للخطأ بالنسبة إلى الميزان الإلكتروني الذي استخدمته؟

$$\text{النسبة المئوية للخطأ في عمليات الوزن التي قمت بها} = \frac{\text{الحدّ الأقصى للخطأ}}{\text{الكتلة المقاسة}} \times 100\%$$

.....

.....

٦. احسب النسبة المئوية للخطأ في قياساتك لمختلف أطوال شرائط الماغنيسيوم المستخدمة.

.....

.....

مهم

تستطيع، بالمسطرة المستخدمة، قياس حتى 1 mm كحدّ أدنى، والحدّ الأقصى للخطأ هو ± 0.5 mm أو ± 0.05 cm. لذا، فإن طول 2 cm يساوي فعليًّا 2.0 ± 0.05 cm والنسبة المئوية للخطأ = $\frac{0.05}{2.0} \times 100\% = 2.5\%$

٧. باستخدام هذه المعلومات، احسب الخطأ الكلّي لقياسات الطول الخاصة بك. تذكّر أنك قمت بعملية وزن واحدة فقط، ولكن قمت بقياس عدّة حجوم وأطوال، وعليك إضافتها.

أ. الخطأ الناتج من قياسات الطول:

.....

.....

ب. الأخطاء المحتملة الناتجة من قياسات الحجم:

.....

.....

.....

.....

ج. النسبة المئوية للخطأ الكلّي المحتمل الناتجة من قراءات الجهاز:

.....

.....

.....

٨. ما العوامل الأخرى التي يمكن أن تحدّ من **دقّة** نتائجك وتُسهم في حدوث الخطأ؟

.....

.....

.....

استقصاء عملي ٢-٢: النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم

مصطلحات علمية

الدقّة (في القياس) Accuracy: مدى قرب القياس من قيمته الحقيقية.

الهدف من التجربة: استقصاء النسبة المئوية لمكوّنات مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية (Na_2CO_3) وكلوريد الصوديوم (NaCl) باستخدام معايرة حمض–قاعدة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- دورق مخروطي 150 mL
- دورق حجمي 250 mL
- قنينة غسيل
- حامل سحاحة
- ماصة 25 mL
- آجرّة بيضاء
- كأس زجاجية 250 mL
- كأس زجاجية 100 mL
- ساق زجاجية للتقليب
- قطارة صغيرة
- قمع زجاجي صغير للسحاحة وقمع أكبر للدورق الحجمي
- سحاحة 50 mL
- أوراق بلاستيكية للوزن
- ميزان إلكتروني يقرأ حتى منزلتَين عشريّتَين، والأفضل حتى ثلاثة منازل عشرية
- مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) وكلوريد الصوديوم (NaCl)
- حمض الهيدروكلوريك ((HCl(aq)) 0.100 mol/L
- كاشف الميثيل البرتقالي وقطارة
- ماء مقطّر

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتدِ نظّارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك ((HCl(aq)) مادة مهيجة.
- يُعدّ كاشف الميثيل البرتقالي سامًا، إذا لامس بشرتك، فاغسلها على الفور.

الجزء ١: تحضير محلول المخلوط

الطريقة

١. زن 1.90 g - 2.10 من مخلوط كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) وكلوريد الصوديوم (NaCl).

كتلة هذا المخلوط = g .....

٢. ضع المخلوط في الدورق الحجمي سعة 250 mL، ثم أضف الماء المقطر إلى العلامة.

الجزء ٢: المعايرة

الطريقة

١. قم بمعايرة عيّنات بحجم 25 mL من هذا المحلول باستخدام محلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك ((HCl(aq)) بتركيز 0.100 mol/L.

٢. أضف قطرات من الميثيل البرتقالي ككاشف.

النتائج

أكمل الجدول ٢-٢.

	تصميم معايرة تقريبية (mL)	المعايرة الأولى (mL)	المعايرة الثانية (mL)	المعايرة الثالثة (mL)
القراءة النهائية للسحاحة/mL				
القراءة الابتدائية للسحاحة/mL				
المعيار/mL				

الجدول ٢-٢: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. حدّد **المعايير المتوافقة** واحسب متوسط هذه القيم.

المعايير الحجمية المتوافقة = ... mL و ..... mL

متوسط المعايير المتوافقة = ... mL

باستخدام البيانات التي تمّ جمعها، احسب عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) الموجودة في عيّنتك. يمكنك بعد ذلك حساب كتلة هذا المركّب، وحساب مكوّنات المخلوط.

المعادلة التي تمثّل التفاعل بين حمض الهيدروكلوريك وكربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) هي:

$$NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

٢. احسب الآتي:

أ. حجم حمض الهيدروكلوريك 0.100 mol/L اللازم للتفاعل في شكل تام مع

مصطلحات علمية

متوافق Concordant: يصف النتائج التي تتفق بعضها مع بعض (أو قريبة بما فيه الكفاية)، بحيث يمكن استخدامها لمعالجة نتائج العمل المخبري، مثلًا: من قيَم المعايرة 24.0، و24.1، و24.5، و24.0، و24.1، فإن أول قيمتَين وآخر قيمتَين تُعدّ نتائج متوافقة.

المعيار Titre: في عملية المعايرة، هي القراءة النهائية للسحاحة مطروحًا منها القراءة الابتدائية للسحاحة.

كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) الموجودة في 25 mL من المخلوط.

mL ..... =

ب. ١. عدد مولات حمض الهيدروكلوريك (HCl(aq)) المتفاعل = ... × ..... =

٢. عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 25.00 mL من المحلول = mol .....

٣. عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 250 mL من المحلول

ج. كتلة كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) الموجودة (تذكر $m = n \times M_r$)

g = ...

د. الكتلة الكلية للمخلوط = g .....

هـ. كتلة كلوريد الصوديوم الموجودة في المخلوط = g .....

و. النسبة المئوية الكتلية لكربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) الموجودة في المخلوط =

.....

ز. ما النسبة المئوية الكتلية الفعلية لكربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) وكلوريد الصوديوم في المخلوط؟

.....

٣. احسب النسبة المئوية للخطأ في نتائجك.

$$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{\text{القيمة القصوى للخطأ}}{\text{القيمة المقاسة}} \times 100\%$$

.....

.....

٤. حدّد **الأخطاء المنهجية** الناتجة من تجربتك في الجهاز الآتي، واحسبها:
(يمكنك التعرّف على الأخطاء العشوائية والمنهجية في الصفحتَين ٦٤-٦٦ من كتاب الطالب).

أ. الميزان الإلكتروني:

.....

.....

ب. قراءات السحاحة:

.....

.....

٥. حدّد **الأخطاء العشوائية** في تجربتك.

.....

.....

٦. ما العامل الرئيسي (إن وجد) في نسبة الخطأ الخاصة بتجربتك؟

.....

.....

٧. كيف يمكن تفادي ذلك؟

.....

.....

مصطلحات علمية

أخطاء منهجية Systematic errors: أخطاء ناتجة من عدم دقة البيانات بطريقة متّسقة، على سبيل المثال: تكون النتائج جميعها في تجربة قياس حجوم أعلى بمقدار 1 mL ممّا ينبغي. غالبًا ما تحدث الأخطاء المنهجية بسبب أخطاء في طريقة التجربة أو الأدوات.

أخطاء عشوائية Random errors: أخطاء ناتجة من تغيّرات تحدث بالصدفة في التجربة أو بسبب الشخص الذي يجري التجربة، على سبيل المثال: توقف التيار الكهربائي في حوض تسخين المياه لمدّة قصيرة، أو خطأ بشري في قراءة خاطئة لمرّة واحدة. ومن المحتمل أيضًا أن تتسبّب بجعل قيَم البيانات مرتفعة جدًّا أو منخفضة جدًّا.

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. يتفاعل 14 mL من الغاز، (C_xH_y)، بشكل تام مع 84 mL من الأكسجين (O_2). فيتكوّن 56 mL من ثاني أكسيد الكربون. استنتج صيغة الغاز، موضحًا خطوات الحل.

ب. يمتلك مركّب النسب المئوية الكتلية الآتية:

37.25% C، 7.75% H، 55% Cl. استنتج صيغته الأولية.

٢. أ. لا يمتلك الليمونيت صيغة كيميائية محددة. عادة ما تكتب صيغته على أنها $FeO(OH).nH_2O$. احسب النسبة المئوية الكتلية للحديد (Fe) في الليمونيت إذا كانت $n = 1$. (قيم A_r : Fe = 55.8 ,O = 16.0, H = 1.00)

ب. ١- احسب الكتلة القصوى للحديد (Fe) الناتج عند اختزال 798 g من أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 بفائض من أحادي أكسيد الكربون (CO)، وفقًا للمعادلة الآتية:

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

قرّب إجابتك إلى 3 أرقام معنوية.

(قيم A_r : Fe = 55.8, O = 16.0)

٢- احسب حجم ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المتكوّن عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p).

ج. تتكوّن عيّنة من 26.6 g من أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3) عند تسخين 60.0 g من كبريتيد الحديد (FeS_2) بشدة في فائض من الهواء، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$4\ FeS_2\,(s) + 11\ O_2\,(g) \rightarrow 2\ Fe_2O_3\,(s) + 8\ SO_2\,(g)$$

احسب **النسبة المئوية لمردود** إنتاج أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3).

(قيم A_r: Fe = 55.8 ,O = 16.0, S = 32.1)

مهم

بالنسبة إلى الجزئية **٢ ب**، تحتاج إلى حساب عدد الذرّات وليس الجزيئات. تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات على عدد متساوٍ من عدد متساوٍ من المولات.

مهم

تأكّد من كتابة كل خطوات الحل بوضوح.

مصطلحات علمية

النسبة المئوية للمردود %
Percentage yield =

$$\frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

الترابط الكيميائي Chemical Bonding

أهداف التعلُّم

٣-١ يصف الأنواع المختلفة من الروابط الكيميائية (الأيونية والتساهمية والفلزية) وقوى الترابط بين الجزيئات.

٣-٢ يعرف الرابطة الأيونية على أنها قوى جذب كهروستاتيكي بين الأيونات ذات الشحنات المعاكسة (الكاتيونات الموجبة الشحنة والأنيونات السالبة الشحنة).

٣-٣ يستخدم مخطّطات التمثيل النقطي لإظهار ترتيب الإلكترونات في المركّبات ذات الترابط الأيوني والتساهمي (بما فيها الروابط المتعددة) والترابط التناسقي.

٣-٤ يفهم أن بعض العناصر الموجودة في الدورة الثالثة تتجاوز قاعدة الثمانية (إلى أكثر من 8 إلكترونات في مستوى طاقة التكافؤ كما في المركّبات: ثنائي أكسيد الكبريت SO_2، وخماسي كلوريد الفوسفور PCl_5، وسداسي فلوريد الكبريت SF_6)

٣-٥ يصف الرابطة التناسقية (الرابطة التساهمية التناسقية)، كما في:

- التفاعل بين غازي الأمونيا وكلوريد الهيدروجين لتكوين أيون الأمونيوم (NH_4^+)
- جزيء (Al_2Cl_6)
- الأيونات المعقدة $[CuCl_4]^{2-}$ و $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$

٣-٦ يذكر الأشكال الهندسية للجزيئات وزوايا الروابط الموجودة فيها باستخدام نظرية التنافر بين أزواج الإلكترونات VSEPR ويشرحها، بتطبيق هذه النظرية على الأمثلة البسيطة الآتية:

- BF_3 (مثلث مستوي، 120°)
- CO_2 (خطي، 180°)
- CH_4 (رباعي الأوجه، 109.5°)
- NH_3 (هرم ثلاثي، 107°)
- H_2O (منحني، 104.5°)
- SF_6 (ثماني الأوجه، 90°)
- PF_5 (هرم ثلاثي مزدوج، 120° و 90°)

٣-٧ يتنبأ بالأشكال وزوايا الروابط في الجزيئات والأيونات المماثلة لتلك المحددة في ٣-٦

٣-٨ يصف الروابط التساهمية من حيث تداخل الأفلاك ممّا يكون روابط سيجما (σ) و باي (π)

- تتكوّن الروابط σ من خلال التداخل رأس-رأس للأفلاك بين الذرّات المترابطة
- تتكوّن الروابط π من خلال التداخل الجانبي للأفلاك p المتجاورة، في أعلى وأسفل الرابطة σ

٣-٩ يصف كيف تتكوّن الروابط σ و π في جزيئات تتضمّن N_2 و HCN و C_2H_4 و C_2H_6 و H_2

٣-١٠ يستخدم مفهوم التهجين لوصف الأفلاك sp و sp^2 و sp^3

٣-١١ يعرّف المصطلحات الآتية:

- طاقة الرابطة هي الطاقة اللازمة لكسر مول واحد من رابطة تساهمية معيّنة في الحالة الغازية.
- طول الرابطة هي المسافة بين نواتَي ذرّتَين مترابطتَين تساهميًّا.

٣-١٢ يستخدم قيم طاقة الرابطة ومفهوم طول الرابطة لمقارنة النشاط الكيميائي للجزيئات التساهمية.

٣-١٣ يعرّف السالبية الكهربائية بأنها قدرة ذرة معينة مترابطة تساهميًّا بذرة أخرى على جذب زوج إلكترونات الرابطة نحوها.

٣-١٤ يشرح العوامل التي تؤثّر على السالبية الكهربائية للعناصر من حيث الشحنة النووية ونصف القطر الذرّي والحجب بواسطة إلكترونات مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية الداخلية.

تابع

٣-١٥ يذكر تدرج قيم السالبية الكهربائية للعناصر في الجدول الدوري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين أو في المجموعة من الأسفل إلى الأعلى ويشرحها.

٣-١٦ يستخدم الاختلافات في قيم بولينغ (Pauling) للسالبية الكهربائية للتنبّؤ بتكوّن الروابط الأيونية والتساهمية (لن يتمّ التطرّق إلى الطابع التساهمي في بعض المركّبات الأيونية) (ستُعطى قيم بولينغ للسالبية الكهربائية عند الضرورة).

٣-١٧ يستخدم مفهوم السالبية الكهربائية لشرح قطبية الروابط وقيم العزم القطبي بين الذرات وتأثير ذلك على قطبية الجزيء.

٣-١٨ يصف قوى فان دير فال كقوى بين الجزيئات ويميّزها عن الروابط الكيميائية.

٣-١٩ يصف أنواع قوى فان دير فال Van der Waals:

- قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id-id)، والتي تسمى أيضًا قوى لندن للتشتت (London dispersion forces).
- قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd)، والتي تتضمّن الرابطة الهيدروجينية.

٣-٢٠ يشرح أنماط تدرج درجات الغليان أو درجات الانصهار لعناصر أو لمركبات مستندًا على قوى الترابط بين الجزيئات.

٣-٢١ يفهم الرابطة الهيدروجينية كنوع من القوى ثنائي – ثنائي القطب الدائم بين الجُزيئات حيث يرتبط الهيدروجين بذرّة ذات سالبية كهربائية عالية.

٣-٢٢ يصف الرابطة الهيدروجينية، مقتصرًا على الجزيئات التي تحتوي على مجموعات N—H و O—H و F—H، والتي تتضمّن الأمونيا والماء وفلوريد الهيدروجين كأمثلة بسيطة.

٣-٢٣ يستخدم مفهوم الرابطة الهيدروجينية لشرح الخصائص الاستثنائية للماء H_2O (الجليد والماء):

- ارتفاع درجة انصهاره ودرجة غليانه نسبيًّا.
- ارتفاع التوتّر السطحي نسبيًّا.
- كثافة الجليد الصلب مقارنة بكثافة الماء السائل.

٣-٢٤ يذكر أن الروابط الأيونية والتساهمية والفلزية أقوى من القوى بين–الجزيئات.

٣-٢٥ يصف تأثير الأنواع المختلفة من البنى (التراكيب) والروابط على الخصائص الفيزيائية للموادّ، بما في ذلك درجة الانصهار ودرجة الغليان والتوصيل الكهربائي والذوبانية، ويفسرها ويتنبأ بها.

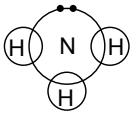
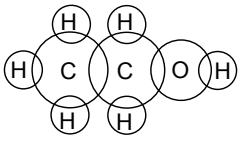
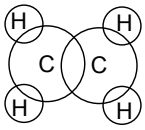
٣-٢٦ يستنتج نوع التركيب البنائي والترابط الموجود في مادّة ما من المعلومات المعطاة.

الأنشطة

نشاط ٣-١ الرابطة التساهمية

سيطور هذا النشاط فهمك للبُنى (للتراكيب) التساهمية ولكيفية رسم مخطّطات التمثيل النقطي.

١. أكمل مخطّطات التمثيل النقطي أدناه لثلاثة مركّبات تساهمية: الأمونيا والإيثانول والإيثين، موضّحًا فقط إلكترونات مستويات الطاقة الخارجية.

المركب التساهمي	مخطط التمثيل النقطي
الأمونيا NH_3 وضّح الإلكترون التابع لـ H على شكل × وضّح الإلكترون التابع لـ N على شكل ●	
الإيثانول C_2H_5OH وضّح الإلكترون التابع لـ H على شكل × وضّح الإلكترون التابع لـ C على شكل ● وضّح الإلكترون التابع لـ O على شكل ○	
الإيثين C_2H_4 وضّح الإلكترون التابع لـ H على شكل × وضّح الإلكترون التابع لـ C على شكل ●	

الجدول ٣-١: مخطّطات لبُنى (تراكيب) الأمونيا والإيثانول والإيثين.

مصطلحات علمية

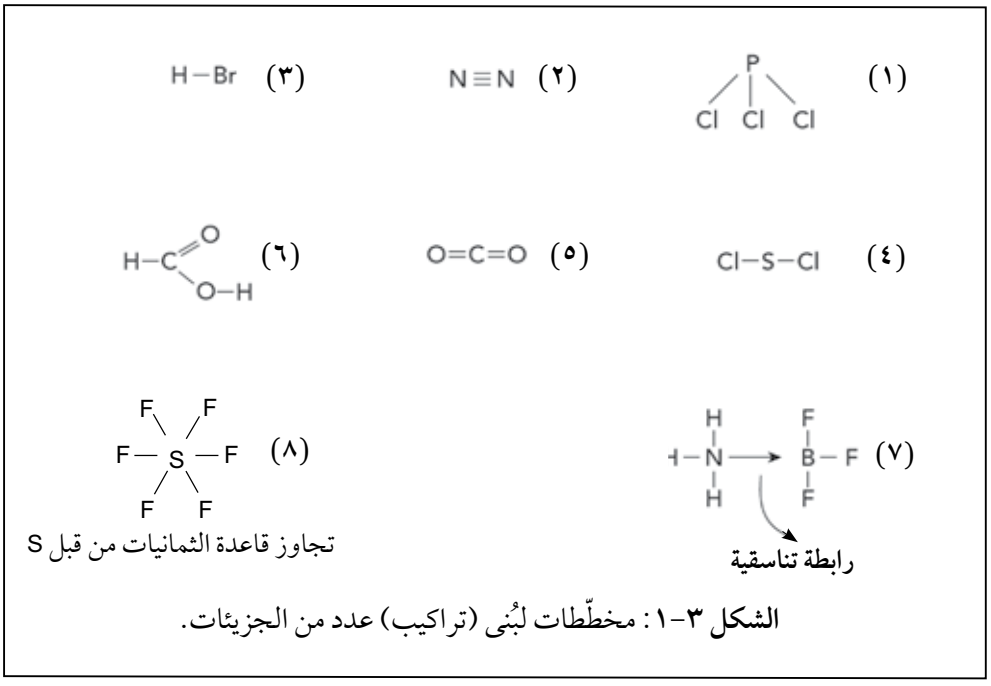
الرابطة التساهمية الأحادية Single covalent bond:
قوة الجذب الكهروستاتيكي التي تنشأ بين نواتَي ذرّتَين وزوج مشترك من الإلكترونات.

أزواج منفردة من الإلكترونات lone pairs of electrons:
أزواج من الإلكترونات موجودة في مستوى الطاقة الخارجي لذرّة ما، لكنها لا تشارك في الترابط.

مهم

عند رسم جزيئات أكثر تعقيدًا كالإيثانول، ابدأ بالكربون والأكسجين.

٢. ارسم مخطّطات التمثيل النقطي للجزيئات الموجودة في الشكل ٣-١ موضّحًا فقط إلكترونات مستويات الطاقة الخارجية. لاحظ أن المخطّطات لا توضّح جميعها الأشكال الصحيحة للجزيئات.



الشكل ٣-١: مخطّطات لبُنى (تراكيب) عدد من الجزيئات.

مصطلحات علمية

الرابطة التناسقية Co-ordinate bond: هي نوع خاص من الروابط التساهمية تحدث بين ذرتَين حيث تقوم إحداهما بمنح زوج (أو أكثر) من الإلكترونات الحرة لذرة أو أيون يمتلك فلكًا فارغًا (أو أكثر).

مهم

عند رسم الرابطة التساهمية التناسقية، يجب أن يتجه السهم بعيدًا عن الذرّة التي تمنح كلا الإلكترونَين نحو الذرّة الأخرى.

نشاط ٣-٢ أشكال الجزيئات

يساعدك هذا النشاط على استنتاج أشكال الجزيئات باستخدام نظرية تنافر أزواج الإلكترونات في مستويات طاقة التكافؤ (VSEPR).

استخدم المعلومة أدناه في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

مهم

نظرية تنافر أزواج الإلكترونات في مستويات طاقة التكافؤ (VSEPR): يكون التنافر بين زوجَين منفردَين من الإلكترونات أقوى من التنافر بين زوج منفرد وزوج مشارك، والذي بدوره يكون أقوى من التنافر بين زوجَين مشاركَين.

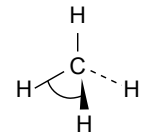
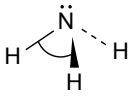
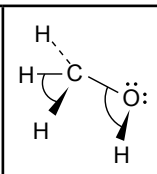
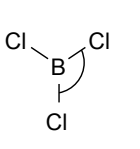
ازدياد التنافر ←

تنافر بين زوجَين منفردَين من الإلكترونات	تنافر بين زوج منفرد وزوج مشارك من الإلكترونات	تنافر بين زوجَين مشاركَين من الإلكترونات

مهم

تذكّر استخدام المصطلح العلمي الصحيح: خطّي، وهرم ثلاثي، ورباعي الأوجه، ومثلث مستوٍ، وثُماني الأوجه، و هرَم ثلاثي مزدوج.

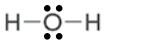
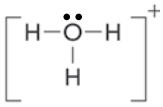
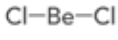
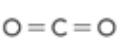
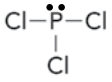
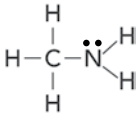
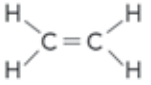
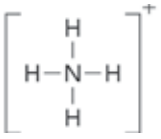
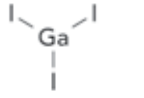
١. استنتج قيم زوايا الروابط المشار إليها في كل من الجزيئات الآتية:

الشكل الهندسي للجزيء					
قيمة زوايا الروابط					

الجدول ٣-٢: زوايا الروابط.

٢. يوضح الجدول ٣-٢ الروابط في عدة جزيئات وأيونات. علمًا أن المخطّطات لا تُوضّح الأشكال الصحيحة للجزيئات ولا تُوضّح الأزواج المنفردة (غير المشاركة) من الإلكترونات.

ارسم أشكال هذه الجزيئات أو الأيونات، ثم حدّد في مخطّطاتك قِيَم زوايا الروابط مع كتابة اسم الشكل الهندسي.

الصيغة البنائية للجزيء أو الأيون	الشكل الهندسي للجزيء أو الأيون	اسم الشكل الهندسي	قيمة الزاوية (أو الزوايا)
			
			
			
			
			
			
			
			
			

الجدول ٣-٣: الصيغ البنائية لعدد من الجزيئات والأيونات.

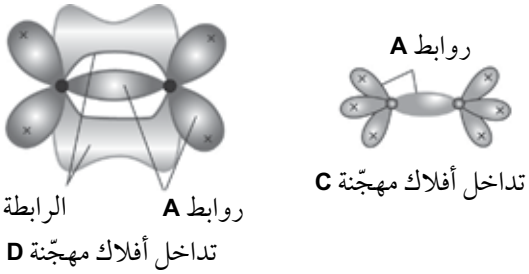
نشاط ٣-٣ الترابط والأفلاك

يركّز هذا النشاط على الترابط التساهمي، وتكوين **الروابط سيجما** (σ) و **باي** (π)، وعلى **تهجين** الأفلاك الذرّية وكيف يؤثّر كلاهما (الترابط والتهجين) على خصائص الجزيئات البسيطة.

١. يوضح الشكل ٣-٢ الأفلاك المهجّنة في الإيثان والإيثين.

أ. أيّ من الرموز الموجودة في القائمة أدناه، تمثّلها الأحرف من **A** إلى **D**؟

sp^2 ..... sp^3 ..... **سيجما** (σ) ..... باي (π)



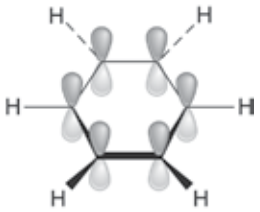
الشكل ٣-٢: الأفلاك الذرّية المهجّنة في جزيئَي الإيثان والإيثين.

ب. استنادًا إلى البنية المهجّنة لجزيء الإيثان اشرح السبب في أن قيَم زوايا الروابط H–C–H تساوي 109.5°.

.....

.....

٢. يوضّح الشكل الآتي الأفلاك الذرّية p غير المهجّنة في البنزين، C_6H_6.



الشكل ٣-٣: الأفلاك الذرّية p غير المهجّنة في البنزين، C_6H_6.

أ. تنبأ بشكل السحابة الإلكترونية الناتجة من الإلكترونات p عند تقريب هذه الإلكترونات بعضها من بعض، وارسمها.

.....

مصطلحات علمية

الرابطة سيجما (σ) (Sigma bond): رابطة تساهمية أحادية تتكوّن نتيجة للتداخل المحوري (axial overlap) «رأس-رأس» «end-on» بين الأفلاك الذرّية المهجنة أو غير المهجنة.

الرابطة باي (Pi bond) (π): رابطة تساهمية تتكوّن نتيجة للتداخل الجانبي (sideways overlap) بين الأفلاك الذرّية p و p.

التهجين Hybridisation: دمج أنواع مختلفة من الأفلاك الذرية. وتكوّن أفلاك ذرية جديدة تسمى أفلاكًا مهجنة تُعطى الرموز sp وsp^2 وsp^3 وغيرها.

ب. اقترح سبب كون بعض الإلكترونات في البنزين غير متمركزة.

.....

ج. لا يوصّل البنزين الكهرباء بالرغم من أنه يمتلك إلكترونات غير متمركزة. برّر ذلك.

.....

.....

د. استخدم الأفكار حول تداخل الأفلاك p لاقتراح سبب توصيل الجرافيت للكهرباء.

.....

.....

٣. عندما تتفاعل الجزيئات، تتكسّر بعض الروابط وتتكوّن روابط جديدة. في ضوء ذلك، فسّر سبب أن الأكسجين أكثر نشاطًا كيميائيًّا من النيتروجين.

.....

٤. يؤثّر نوع الرابطة، سيجما أو باي، على النشاط الكيميائي. فسّر سبب اعتبار الإيثين أكثر نشاطًا كيميائيًّا من الإيثان.

.....

.....

مصطلحات علمية

قوى ثنائي القطب اللحظي- ثنائي القطب المستحث Instantaneous dipole-induced dipole forces (id-id forces): قوى الجذب الأضعف بين-الجزيئات. تنتج من ثنائيات أقطاب لحظية مؤقتة ومستحثة في كلا الجزيئات القطبية وغير القطبية.

قوى ثنائي القطب الدائم- ثنائي القطب الدائم Permanent dipole-permanent dipole forces (pd-pd forces): قوى جذب تنشأ بين الجزيئات القطبية تنتج من ثنائيات أقطاب دائمة في الجزيئات.

الرابطة الهيدروجينية Hydrogen bond: هي رابطة تنشأ بين المركبات التي تحتوي على ذرة هيدروجين متحدة مع ذرة أخرى ذات سالبية كهربائية مرتفعة مثل الفلور أو الأكسجين أو النيتروجين.

نشاط ٣-٤ القوى بين-الجزيئية

ستتعرّف في هذا النشاط على القوة النسبية للقوى بين-الجزيئات، وتميّز بينها بالاستناد إلى التركيب الجزيئي. كما ستفهم العلاقة بين هذه القوى والخصائص الفيزيائية للجزيئات البسيطة.

مهم

تزداد السالبية الكهربائية للعناصر عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

تزداد السالبية الكهربائية للعناصر عبر المجموعة من الأسفل إلى الأعلى.

تختلف القوى بين-الجزيئات في تأثيرها وفق الترتيب الآتي:

قوى ثنائي القطب اللحظي- ثنائي القطب المستحث < قوى ثنائي القطب الدائم-ثنائي القطب الدائم < الرابطة الهيدروجينية

مصطلحات علمية

السالبية الكهربائية Electronegativity: قدرة ذرة مرتبطة تساهميًّا بذرة أخرى على جذب إلكترونات الرابطة نحوها.

جزيء قطبي Polar molecule: جزيء تكون محصلة عزم الثنائيات القطبية لروابطه لا تساوي صفرًا.

سحابة الشحنة الإلكترونية Electron charge cloud: منطقة وجود الإلكترونات سالبة الشحنة في الذرة أو الجزيء.

١. رتّب الذرّات الموجودة في القائمة أدناه وفقًا **لسالبيتها الكهربائية** تنازليًّا.

الكلور الهيدروجين الأكسجين الفلور النيتروجين

٢. أ. يوضّح الشكل الآتي **السحب الإلكترونية** لجزيئَي الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين.

فلوريد الهيدروجين الهيدروجين

الشكل ٣-٤: مخططات السحب الإلكترونية.

ضع على هذه المخطّطات علامة (+) لتوضيح مركز الشحنة الموجبة في كل جُزيء وعلامة (−) لتوضيح مركز الشحنة السالبة.

ب. اشرح سبب اعتبار فلوريد الهيدروجين **جُزيئًا قطبيًّا**.

.....

.....

٣. حدّد نوع وطبيعة قوى الجذب الأقوى بين الجزيئات ضمن كل زوج من الجزيئات أدناه:

أ. CH_3Cl و CH_3Br

ب. CH_3NH_2 و CH_3OH

ج. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ و $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

د. CH_3COCH_3 و $CH_3COCH_2CH_3$

هـ. CH_3Br و CH_3NH_2

٤. ارسم في دفترك مخطّطات لكل من الجزيئات الآتية تبيّن فيها كيفية ترتيب الذرّات. مع توضيح اتجاه ثنائيات الأقطاب على النحو الآتي: $\delta^- \rightarrow \delta^+$. وفي حال عدم وجود ثنائي قطب واضح، اكتب «لا شيء».

أ. CH_2Cl_2

ب. CBr_4

ج. NH_3

د. $ClBr$

٥. في ضوء دراستك للقوى بين-الجزيئات، فسّر:

أ. يمتلك الماء درجة غليان أعلى من درجة غليان البنتان C_5H_{12} على الرغم من أن البنتان يمتلك كتلة مولية أكبر.

.....

.....

ب. يكون البنتان في الحالة السائلة عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.) بينما يكون البيوتان C_4H_{10} في الحالة الغازية عند الظروف نفسها.

.....

.....

ج. يمتلك CH_3NH_2 درجة غليان أعلى من درجة غليان CH_3Cl.

.....

.....

٦. تؤثر **قطبية الرابطة** على النشاط الكيميائي. اقترح سبب اعتبار $CH_3CH_2CH_2Cl$ أكثر نشاطًا كيميائيًّا من $CH_3CH_2CH_3$.

.....

.....

مصطلحات علمية

قطبية الرابطة
Bond polarity: هي التوزيع غير المتجانس للشحنة الناتجة عندما ترتبط ذرّتان مختلفتان في رابطة تساهمية، والذي يؤدي إلى جذب غير متساو لزوج إلكترونات الرابطة.

نشاط ٣-٥ أنواع الروابط

ستتعرف في هذا النشاط على أنواع الروابط الموجودة في مجموعة متنوعة من البُنى، وتقارن قوة هذه الروابط.

١. ما المقصود بالمصطلحات الآتية؟

أ. الرابطة التناسقية .....

ب. السالبية الكهربائية .....

٢. أ. صِف كيف تتغيّر السالبية الكهربائية عبر الدورة في الجدول الدوري، شارحًا إجابتك.

.....

.....

ب. يمتلك مركّب أحادي كلوريد البروم البنية Br–Cl. اشرح سبب اعتبار هذا الجُزيء قطبيًّا.

.....

مهم

في الجزئية **٢ ب**، يجب أن تستخدم مصطلحَي القطبية والسالبية الكهربائية في إجابتك.

٣. يرد في الجدول أدناه قيم السالبية الكهربائية للعناصر الثلاثة الآتية:

العنصر	قيمة بولينج للسالبية الكهربائية
Mg	1.2
Cl	3.0
C	2.5

الجدول ٣–٤: قيم السالبية الكهربائية لبعض العناصر.

استخدم هذه القيم لشرح كيف تعرف أن كلوريد الماغنيسيوم مركّب أيوني، بينما يُعدّ رباعي كلوريد الكربون مركّبًا تساهميًّا.

.....

.....

٤. يرد في الجدول أدناه **أطوال روابط** بعض هاليدات الهيدروجين:

الجزيء	طول الرابطة (nm)
H–Cl	0.127
H–Br	0.141
H–I	0.160

الجدول ٣–٥: أطوال روابط بعض هاليدات الهيدروجين.

مصطلحات علمية

طول الرابطة Bond length: هي المسافة التي تقع بين نواتَي ذرّتَين مرتبطتَين معًا برابطة تساهمية. وحدة قياس طول الرابطة هي nm أو m.

أ. ما المقصود بمصطلح طول الرابطة؟

.....

ب. صف الاختلافات في أطوال روابط هاليدات الهيدروجين، واشرحها.

.....

.....

مهم

في الجزئية **٥ ب**، فكّر في خصائص الصوديوم والحديد.

٥. أ. رتّب قوى الجذب الآتية ترتيبًا تصاعديًّا:

A الرابطة الهيدروجينية

B قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث

C الرابطة الأيونية

D قوى ثنائي القطب الدائم

ب. اقترح سبب صعوبة مقارنة قوة الرابطة التساهمية بقوة الرابطة الفلزية.

.....

.....

نشاط ٣-٦ البنى (التراكيب) الضخمة

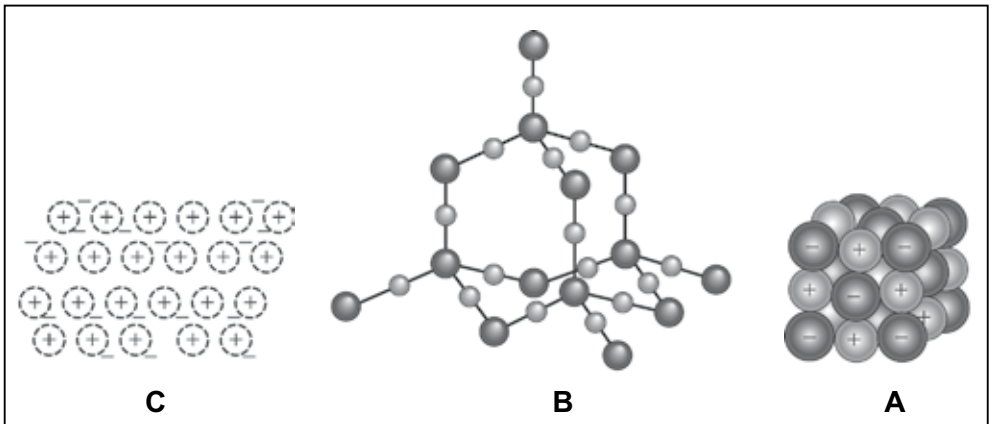
مهم

البنية الأيونية الضخمة: بُنى تمتلك شبكة ثلاثية الأبعاد (بنية شبكية) من الروابط الأيونية.

البنية الفلزية الضخمة: بُنى تمتلك شبكة ثلاثية الأبعاد من الأيونات الموجبة المنجذبة إلى بحر من الإلكترونات غير المتمركزة، والتي تتحرك بين الأيونات (الرابطة الفلزية).

التمييز في هذا النشاط بين ثلاثة أنواع من البُنى الضخمة: الأيونية الضخمة، والجزيئية الضخمة (البُنى التساهمية الضخمة) والفلزية الضخمة. ومعرفة علاقة خصائص هذه المواد بتراكيبها.

يوضّح المخطّط أدناه ثلاثة أنواع مختلفة من البُنى الضخمة، **A** و **B** و **C**.



الشكل ٣–٥: البُنى A و B و C.

١. سمّ كل نوع من الأنواع الثلاثة للبُنى الضخمة الممثلة بالأحرف **A** و **B** و **C**.

.....

٢. أكمل الجدول الآتي لمقارنة بُنى **A** و **B** و **C** وخصائصها.

	البنية A	البنية B	البنية C
نوع الجسيمات الموجودة في المخطط		ذرّات Si و O	
درجة الانصهار	مرتفعة		مرتفعة بشكل عام
التوصيل الكهربائي للمادة الصلبة		لا توصل	
التوصيل الكهربائي للمصهور	توصّل		

الجدول ٣-٦: مقارنة البُنى والخصائص.

٣. طابق خصائص المركبَين A و B مع الشرح الصحيح من (أ) إلى (هـ)، في الجدول أدناه.

الخاصية	الشرح
١. يمتلك المركّب A بلورات ذات شكل منتظم.	**أ.** لأن الأيونات تمتلك حرّية الحركة من مكان إلى آخر.
٢. لا يوصل المركّب B الكهرباء عندما يكون مصهورًا.	**ب.** لأنه توجد قوى جذب شديدة بين عدد كبير من الأيونات الموجبة والسالبة.
٣. المركّب A صلد.	**ج.** لأنه لا توجد أيونات ولا إلكترونات تمتلك حرّية الحركة عبر كامل بنية المركّب.
٤. لا يذوب المركّب B في الماء.	**د.** لأن الجسيمات مرتّبة ضمن **شبكة**.
٥. يوصل المركّب A الكهرباء عندما يكون مصهورًا.	**هـ.** لأن قوى جذب جزيئات B فيما بينها تكون أشدّ من قوى الجذب بين جزيئات B وجزيئات الماء.

٤. صف بنية الفلزات واشرح سبب توصيلها للكهرباء وقابليتها للطَّرق، مضمّنًا إجابتك الكلمات والعبارات الآتية:

- **إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي**
- **إلكترونات غير متمركزة**
- **أيونات فلزية**
- **طبقات من الأيونات الفلزية**
- **قوى الجذب بين الأيونات الفلزية والإلكترونات غير المتمركزة**

مصطلحات علمية

الشبكة Lattice: ترتيب مكرّر بانتظام للذرّات أو الجزيئات أو الأيونات في كامل البنية البلورية ثلاثية الأبعاد.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٣-١: الخصائص الفيزيائية لثلاثة أنواع مختلفة من التراكيب الكيميائية

في هذا الاستقصاء ستُجري بعض الاختبارات البسيطة على مواد تُعدّ أمثلة على أنواع مختلفة من التراكيب الكيميائية.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- موقد بنزن، حامل حديد بثلاث أرجل وشبك سلك حراري
- أنابيب اختبار جافة عدد 12 وحامل أنابيب اختبار
- سدادات تناسب أنابيب الاختبار عدد 8
- قطب جرافيت (عمود)
- حامل حديد كامل
- ملعقة كيماويات عدد 3
- أسلاك توصيل كهربائي بإصبع وفم تمساح عدد 3
- مصدر جهد 12 V
- قنينة غسيل مملوءة بالماء المقطر
- صحن تبخير (جفنة)
- ملقط
- هكسان (Hexane)
- شمع
- ثنائي أكسيد السيليكون (الرمل)
- يوديد البوتاسيوم

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- يجب عليك ارتداء نظارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- الهكسان (Hexane) مادة **قابلة للاشتعال** وعند استخدامه يجب أن يكون بعيدًا عن موقد بنزن.
- يجب التخلّص من الهكسان بسكب المخلوط في زجاجة كبيرة ثم وضعه في خزانة طرد الغازات.
- إذا كانت أنبوبة الاختبار ساخنة جدًّا، فاتركها على حامل أنابيب خشبي لكي تبرد.

مصطلحات علمية

قابل للاشتعال Flammable: يشتعل بسهولة.

الطريقة

المواد الثلاث التي ستختبرها هي الشمع وثنائي أكسيد السيليكون (الرمل) ويوديد البوتاسيوم. اتبع الخطوات الموضّحة في الجدول أدناه، وأكمل **ملاحظاتك** أثناء إجراء الاستقصاء العملي.

مصطلحات علمية

الملاحظات Observations: ما تشاهده يحدث (يتضمّن أيضًا ما تسمعه وتشعر به وتشمّه).

النشاط	الملاحظات		
	الشمع	ثنائي أكسيد السيليكون (الرمل)	يوديد البوتاسيوم
١. ضع عيّنة صغيرة من كل مادة في أنبوبة اختبار جافة، وقم بزيادة الحرارة ببطء حتى تصبح مرتفعة جدًّا. استمر بالتسخين حتى لا تعود العيّنة قابلة لأيّ تغيير.			
٢. ضع كمّية صغيرة من المادة في أنبوبة اختبار جافة. أضف بعض الهكسان إلى المادة الصلبة. أغلق صمام الأنبوبة بإحكام ثم رُجَّها.			
٣. ضع كمّية صغيرة من المادة في أنبوبة اختبار جافة. أضف بعض الماء إلى المادة الصلبة. أغلق صمام الأنبوبة بإحكام ثم رُجَّها.			
٤. ضع كمّية صغيرة من المادة في حوض تبخير، واختبر توصيلها الكهربائي أولًا في الحالة الصلبة، ثم اختبر توصيلها الكهربائي بعد إضافة السائل الذي تذوب فيه.			

الجدول ٣-١: جدول الملاحظات.

لخّص نتائجك في الجدول أدناه، ثم قرّر أيًّا من هذه المواد الثلاث يمتلك تركيبًا تساهميًّا ضخمًا أو جزيئيًّا بسيطًا أو أيونيًّا ضخمًا.

المادة	ملخّص الملاحظات	نوع التركيب الكيميائي

الجدول ٣-٢: جدول التلخيص.

أفعال إجرائية

لخّص Summarise: اكتب النقاط الرئيسية حول شيء ما.

التحليل والاستنتاج والتقويم

اشرح ملاحظاتك حول كلّ من المواد الثلاث.

المادة	التحليل والاستنتاج
الشمع	
ثنائي أكسيد السيليكون (الرمل)	
يوديد البوتاسيوم	

الجدول ٣-٣: جدول التحليل والاستنتاج.

أسئلة نهاية الوحدة

١. يتناول هذا السؤال بنية جزيئات بسيطة والقوة النسبية للقوى بين هذه الجزيئات. يوضح الجدول أدناه درجات غليان بعض مركبات الهيدروجين.

مركبات الهيدروجين	CH_4	SiH_4	GeH_4	SnH_4	NH_3	H_2O	HF
درجة الغليان (K)	112	161	185	221	241	373	293

أ. صف نمط التغيّر في درجات غليان مركبات المجموعة 14 (IV) الآتية: CH_4 و SiH_4 و GeH_4 و SnH_4 واشرحه.

ب. اشرح الاختلافات في مركبات الدورة الثانية الآتية: CH_4 و NH_3 و H_2O و HF من حيث قوى الجذب بين الجزيئات.

ج. ارسم مخطط التمثيل النقطي للماء.

د. ١- يمتلك جُزيء الماء شكلًا منحنيًا (شكل الحرف V) اشرح السبب.

٢- تنبأ بقيمة زاوية الروابط H–O–H في جزيء الماء.

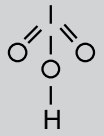
٣- ترتبط جزيئات الماء بعضها مع بعض في روابط هيدروجينية. اشرح معنى مصطلح الرابطة الهيدروجينية، مضمّنًا إجابتك الميزات الأساسية اللازمة لتكوين الرابطة الهيدروجينية.

هـ. يُعدّ CH_3Cl جُزيئًا قطبيًّا. ارسم مخطّطًا لتوضيح البنية ثلاثية الأبعاد لهذا الجُزيء. وضّح في مخطّطك اتجاه ثنائي القطب على النحو الآتي: $\delta^- \rightarrow \delta^+$.

و. فسّر عدم اعتبار CCl_4 جزيئًا قطبيًّا.

٢. يتناول هذا السؤال التركيب والترابط في بعض الهالوجينات ومركّباتها.

أ. يوضح الشكل بنية حمض اليوديك.



١- ارسم مخطط التمثيل النقطي لحمض اليوديك.

٢- اشرح سبب امتلاك حمض اليوديك هذه البنية الهرمية.

٣- تنبأ بقيمة زاوية الروابط O–I–O.

ب. يكون اليود (I_2) في الحالة الصلبة عند درجة حرارة وضغط الغرفة، بينما يكون غاز الكلور (Cl_2) في الحالة الغازية في الظروف نفسها. اشرح هذا الاختلاف من حيث الترابط بوساطة القوى بين-الجزيئات.

مهم

تحتوي الأسئلة غالبًا على موضوعات أخرى من الوحدة.

في الجزئيّتَين **٢ أ ٢** و **٣**، ستحتاج إلى استخدام نظرية تنافر أزواج الإلكترونات (نظرية VSEPR).

في الجزئية **٢ ب** تذكّر أن اليود (I_2) يمتلك سالبية كهربائية ضعيفة.

تابع

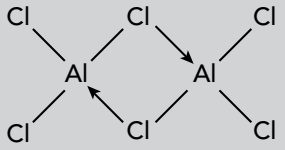
ج. يمتلك يوديد الهيدروجين درجة غليان أقل بكثير من درجة غليان فلوريد الهيدروجين.
اشرح السبب من حيث اختلاف أنواع قوى **فان دير فال**.

د. يرد أدناه الصيغة البنيوية لكل من 2,2–ثنائي ميثيل البروبان (2,2 dimethylpropane–) والبنتان (pentane)، وكلاهما يمتلكان الصيغة الجزيئية نفسها (C_5H_{12}):

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	$CH_3–C(CH_3)_2–CH_3$
البنتان	2,2–ثنائي ميثيل البروبان

اقترح سبب امتلاك المركب 2,2-ثنائي ميثيل البروبان درجة غليان أقل من درجة غليان البنتان.

هـ. عند درجات حرارة منخفضة، يتكوّن كلوريد الألومنيوم Al_2Cl_6 في شكل جزيء يمتلك البنية الموضّحة أدناه:



أعط اسم نوع الرابطة الموضّحة بوساطة الأسهم، مقترحًا سبب ترابط جزيئات $AlCl_3$ فيما بينها بهذه الطريقة.

٣. أ. ترد في ما يلي قيَم طاقات الرابطة للروابط C C الأحادية والثنائية.

C=C 612 kJ/mol ، C–C 347 kJ/mol

١– عرّف مصطلح طاقة الرابطة.
٢– قيمة طاقة الرابطة C=C لا تساوي ضعفَي قيمة طاقة الرابطة C–C. فسر ذلك.
٣– تنبأ بقيمة لطاقة الرابطة الثلاثية C≡C.

ب. ١– ارسم مخطط التمثيل النقطي لـلإيثاين H–C≡C–H.
٢– صف شكل جُزيء الإيثاين، مقترحًا قيمة لزاوية الروابط H–C≡C.

ج. ١– صف الترابط الموجود في الإيثاين من حيث روابط سيجما وروابط باي وترتيبها الفراغي.
٢– اذكر نوع التهجين لذرّتَي الكربون في الإيثاين، ونوع الرابطة بين كل من ذرّتَي الكربون وذرّة الهيدروجين المجاورة لها.

مصطلحات علمية

قوى فان دير فال
Van der Waals' forces:
قوى جذب ضعيفة بين الجزيئات وتتضمّن كلا القوى ثنائية القطب اللحظية (id-id) والدائمة (pd-pd) (بما في ذلك الرابطة الهيدروجينية).

مهم

يعتمد نوع التهجين على عدد الأفلاك p التي تتّحد مع فلك s.

تفاعلات الأكسدة-اختزال
Redox Reactions

أهداف التعلُّم

٤-١ يفهم مصطلح عدد التأكسد وقواعد حساب أعداد التأكسد.

٤-٢ يحسب عدد التأكسد لعنصر ما موجود في مركب أو أيون.

٤-٣ يستخدم الأرقام الرومانية للإشارة إلى قيمة عدد تأكسد عنصر ما في مركبه.

٤-٤ يستنتج الصيغة الكيميائية من اسم المركب الذي يتضمن رقمًا رومانيًّا.

٤-٥ يشرح مصطلحات تفاعلات الأكسدة والأختزال وأكسدة-اختزال وتفاعل الاكسدة والاختزال الذاتي (عدم التناسب) في ضوء انتقال الإلكترونات والتغيّرات في أعداد التأكسد.

٤-٦ يشرح المصطلحين العامل المؤكسد والعامل المختزل ويستخدمهما.

٤-٧ يستخدم التغيّرات في أعداد التأكسد لوزن المعادلات الكيميائية.

الأنشطة

نشاط ٤-١ أعداد التأكسد

ستتعرّف في هذا النشاط على استخدام قواعد تحديد أعداد التأكسد لاستنتاج حالات التأكسد للذرّات أو الأيونات الموجودة في المركّبات.

مهم

تأكّد من معرفتك لعدد التأكسد الثابت (المحدّد) لذرّات أو أيونات معيّنة قبل البدء بهذا النشاط.

١. أكمل الجمل الآتية:

أ. مجموع أعداد التأكسد في مركّب متعادل ما يساوي .....

ب. مجموع أعداد التأكسد في أيون ما يساوي .....

ج. عدد تأكسد الفلور في مركّباته يساوي دائمًا .....

د. عدد تأكسد الأكسجين في مركّباته يساوي ..... وفي فوق الأكاسيد (البيروكسيدات)، يساوي .....

هـ. مجموع أعداد التأكسد للذرات في الأيون SO_4^{2-} يساوي .....

٢. أكمل الخطوات لإيجاد عدد تأكسد الحديد Fe في Fe_2O_3.

أ. مجموع أعداد التأكسد للذرّات جميعها في Fe_2O_3 يساوي .....

ب. عدد التأكسد لكل ذرّة أكسجين O يساوي .....

ج. مجموع أعداد التأكسد لثلاث ذرّات من الأكسجين O يساوي .....

د. مجموع أعداد التأكسد لذرّتَي حديد Fe يساوي .....

هـ. لذا يكون عدد التأكسد لكل ذرّة حديد Fe يساوي .....

٣. أكمل الخطوات لإيجاد عدد تأكسد النيتروجين N في الأيون NO_3^-.

أ. مجموع أعداد التأكسد للذرّات جميعها في الأيون NO_3^- يساوي .....

ب. عدد التأكسد لكل ذرّة أكسجين O يساوي .....

ج. مجموع أعداد التأكسد لثلاث ذرّات من الأكسجين O يساوي .....

د. لذا يكون عدد تأكسد ذرّة النيتروجين N يساوي .....

٤. استنتج أعداد تأكسد الذرّات التي تحتها خط.

أ. $\underline{Cr}_2O_3$ .....

ب. $Sr\underline{Br}_2$ .....

ج. $\underline{S}O_3$ .....

د. $\underline{As}_2O_5$ .....

هـ. $H\underline{Cl}O_4$ .....

و. $\underline{P}O_4^{3-}$ .....

ز. $\underline{S}O_3^{2-}$ .....

نشاط ٤-٢ تسمية المركّبات

ستتعلم في هذا النشاط استخدام **الأرقام الرومانية** لوصف أعداد التأكسد لذرات معيّنة في مركّب ما، وتسمية المركبات، واستنتاج صيغها الكيميائية.

مهم

الأيونات السالبة التي تحتوي على الأكسجين وذرة أخرى تنتهي باللاحقة -آت: -ates-.

عدد التأكسد الذي يظهر في اسم مركّب ما، يكون عادة عدد التأكسد للعنصر الأقل كهروسالبية مثل أكسيد الكلور(IV) ClO_2.

مهم

الأرقام الرومانية: الأرقام المستخدمة للإشارة إلى عدد تأكسد العنصر الأقل كهروسالبية في مركّب ما (I، II، III، IV وهكذا).
التسمية الدولية وفق نظام أيوباك: الطريقة المعتمدة من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) لتسمية المركّبات الكيميائية.

١. سمّ المركّبات الآتية باستخدام التسمية الدولية وفق نظام أيوباك (IUPAC) مضمّنًا الأسماء أعداد التأكسد.

أ. $FeCO_3$ .....

ب. MnO_2 .....

ج. I_2O_5 .....

د. $NaBrO_3$ .....

هـ. $Cr(OH)_3$ .....

و. K_2MnO_4 .....

٢. استنتج صيَغ المركّبات الآتية:

أ. كلورات (VII) البوتاسيوم .....

ب. كلوريد الذهب (III) ثنائي الهيدرات ($2H_2O$) .....

ج. يودات (V) الصوديوم .....

د. كلوريد القصدير (IV) .....

هـ. كلورات (I) البوتاسيوم .....

و. فنادات (V) الأمونيوم .....

نشاط ٤-٣ الأكسدة والاختزال

ستتعرف في هذا النشاط على مفهومَي **الأكسدة والاختزال**، وتتدرّب على كتابة **أنصاف-المعادلات**.

مهم

كلما ازدادت قيمة عدد التأكسد لذرة ما كانت هذه الذرة مؤكسَدة أكثر (تعد عاملًا مختزلًا).
كلما نقصت قيمة عدد التأكسد لذرة ما كانت هذه الذرة مختزَلة أكثر (تعد عاملًا مؤكسدًا).

١. استنتج التغيّر في أعداد التأكسد للذرّات التي تحتها خط. اذكر، في كل حالة، ما إذا كان هذا التغيّر يُعدّ أكسدة أم اختزالًا.

أ. $2\underline{Fe}_2O_3 + 3C \rightarrow 4\underline{Fe} + 3CO_2$ .....

ب. $Cl_2 + 2\underline{Br}^- \rightarrow 2Cl^- + \underline{Br}_2$ .....

ج. $4\underline{P}H_3 + 8O_2 \rightarrow \underline{P}_4O_{10} + 6H_2O$ .....

د. $\underline{S}_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow 2\underline{S}Cl_2$ .....

هـ. $IO^- + \underline{N}O_2^- \rightarrow I^- + \underline{N}O_3^-$ .....

و. $Ca\underline{S}O_4 + 4C \rightarrow Ca\underline{S} + 4CO$ .....

٢. صنّف أنصاف-المعادلات الآتية إلى أكسدة أم اختزال؟

أ. $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$ .....

ب. $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ .....

ج. $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ .....

د. $IO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow I^- + 2OH^-$ .....

هـ. $VO^{2+} + 2H^+ + e^- \rightarrow V^{3+} + H_2O$ .....

٣. زن أنصاف-المعادلات الآتية بإضافة إلكترونات إلى أحد طرفَي المعادلة.

أ. $Ni \rightarrow Ni^{2+}$

.....

ب. $HNO_2 + H_2O \rightarrow NO_3^- + 3H^+$

.....

ج. $Te + 2H_2O \rightarrow TeO_2 + 4H^+$

.....

مصطلحات علمية

الأكسدة Oxidation: عملية فقد إلكترونات من قبل جسيم ما (ذرّة أو أيون أو جُزيء).

الاختزال Reduction: عملية كسب إلكترونات من قبل جسيم ما (ذرّة أو أيون أو جُزيء).

نصف-المعادلة Half-equation: معادلة توضح فقط الأكسدة أو الاختزال. وهي تسمّى أحيانًا معادلة أيون-إلكترون،

د. $Cu^{2+} \rightarrow Cu$

.....

هـ. $MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

.....

نشاط ٤-٤ العوامل المؤكسِدة والعوامل المختزِلة

ستتعرف في هذا النشاط على **العوامل المؤكسِدة** و**العوامل المختزِلة**، وستحصل على مزيد من التدريب على استخدام أعداد التأكسد.

١. أكمل الجدول الآتي لكي تُعرّف العوامل المؤكسدة، والعوامل المختزلة من حيث **انتقال الإلكترونات**، وتحدد كيف تتغير أعداد التأكسد في التفاعل الكيميائي.

	العامل المؤكسِد	العامل المختزِل
التعريف في ضوء انتقال الإلكترونات		
التعريف في ضوء تغيّر أعداد التأكسد		

الجدول ٤-١: العوامل المؤكسِدة والمختزِلة.

٢. حدّد العامل المؤكسِد في كل من المعادلات الآتية. برّر إجابتك بالاستناد إلى التغيّرات في أعداد تأكسد الذرّات ذات الصلة.

أ. $2I^- + Br_2 \rightarrow I_2 + 2Br^-$

.....

ب. $3CuO + 2NH_3 \rightarrow 3Cu + N_2 + 3H_2O$

.....

ج. $H_2SO_4 + 2HI \rightarrow S + I_2 + 4H_2O$

.....

٣. حدّد العامل المختزِل في كل من المعادلات الآتية. برّر إجابتك بالاستناد إلى التغيّرات في أعداد تأكسد الذرّات ذات الصلة.

أ. $H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$

.....

مصطلحات علمية

عامل مؤكسِد
Oxidizing agent: مادّة تسبب الأكسدة عبر إزالة إلكترونات من جسيم آخر.

عامل مختزِل
Reducing agent: مادّة تسبب الاختزال عبر منح إلكترونات إلى جسيم آخر.

انتقال الإلكترونات
Electron transfer: في تفاعلات الأكسدة-الاختزال: فقدان إلكترونات من قبل أحد الجسيمات (أكسدة) وكسب هذه الإلكترونات من قبل جسيم آخر (اختزال)؛ خلال هذه العملية، تنتقل الإلكترونات من المادة المؤكسَدة إلى المادة المختزَلة.

ب. $Cl_2 + 2Br^- \rightarrow 2Cl^- + Br_2$

.....

ج. $H_2S + I_2 \rightarrow 2H^+ + 2I^- + S$

.....

نشاط ٤-٥ معادلات الأكسدة-اختزال

تحدث عمليتا الأكسدة والاختزال عادة في الوقت نفسه، وهي تسمّى تفاعلات أكسدة–اختزال. ستتدرّب في هذا النشاط على استخدام أعداد التأكسد لوزن المعادلات الكيميائية.

١. عرّف مصطلح تفاعل الأكسدة–اختزال، مستخدمًا الكلمات الواردة في الصندوق أدناه في إجابتك.

تفاعل كيميائي	أكسدة	اختزال	متزامن

.....

.....

مهم

عند وزن المعادلات باستخدام طريقة أعداد التأكسد، تذكّر أن عدد التأكسد يكون للذرّة الواحدة.

٢. زن المعادلة الآتية باستخدام أعداد التأكسد وباتباع الخطوات الموضحة أدناه.

$$MnO_4^- + Cr^{2+} + H^+ \rightarrow Mn^{2+} + Cr^{3+} + H_2O$$

أ. اكتب أعداد التأكسد لذرّات أو أيونات المنجنيز Mn والكروم Cr تحت كل صيغة ذات صلة بهما.

ب. استنتج التغيّرات في أعداد التأكسد:

Mn من ..... إلى ..... = ...

Cr من ..... إلى ..... = ...

ج. زن تغيّرات أعداد التأكسد عبر كتابة المعامِلات المتكافئة والمناسبة في المعادلة أمام الجسيمات ذات الصلة.

.....

.....

د. زن الشحنات الكهربائية بكتابة المعامِل المتكافئ الصحيح.

.....

هـ. زن جزيئات الماء.

.....

٣ . استخدم طريقة أعداد التأكسد لوزن المعادلات الآتية في دفترك:

أ. $Cu^{+} \rightarrow Cu + Cu^{2+}$

ب. $I^{-} + Fe^{3+} \rightarrow I_2 + Fe^{2+}$

ج. $Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$

د. $IO_3^{-} + Fe^{2+} + H^{+} \rightarrow I_2 + Fe^{3+} + H_2O$

هـ. $CuO + NH_3 \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$

و. $Fe^{3+} + H_2S \rightarrow Fe^{2+} + 2H^{+} + S$

ز. $MnO_4^{2-} + Cl_2 \rightarrow MnO_4^{-} + 2Cl^{-}$

ح. $MnO_4^{2-} + H^{+} \rightarrow MnO_4^{-} + MnO_2 + H_2O$

٤. أ. ما المقصود بمصطلح **الأكسدة و الاختزال الذاتي؟**

.....

.....

ب. أي المعادلات في الجزئية (٣) أعلاه تمثل تفاعلات أكسدة واختزال ذاتي؟

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٤-١ فهم الأكسدة-اختزال

ينقسم هذا الاستقصاء العملي إلى جزأين.
ستجري اختبارات للأيونات Fe^{2+} و Fe^{3+} وستلاحظ تفاعل أكسدة–اختزال.

الجزء ١:

ستجري ثلاثة اختبارات لتفاعلات الأكسدة والاختزال تتضمّن أيونات الحديد (II) وأيونات الحديد (III) وأيونات المنجنيز (VII).

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنابيب اختبار عدد 3
- حامل أنابيب اختبار
- قطّارات بلاستيكية عدد 3
- محلول منجنات (VII) البوتاسيوم 0.020 mol/L
- محلول كلوريد الحديد (II) 0.010 mol/L
- محلول كلوريد الحديد (III) 0.010 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم 2.00 mol/L

احتياطات الأمان والسلامة

- نفّذ هذا الاستقصاء بوجود المعلّم فقط، بعد شرح إجراءات السلامة العامة.
- يجب عليك ارتداء نظارات واقية للعينَين أثناء إجراء الاستقصاء.
- محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكّالة.
- محلول منجنات (VII) البوتاسيوم مضر ويمكن أن يسبب بقعًا بنّية اللون على الجلد والملابس، لذا فمن المستحسن ارتداء قفازات بلاستيكية.

الطريقة

سوف تحتاج إلى ثلاث أنابيب اختبار نظيفة، وإلى ماصّة خاصة لكل محلول.

١. في أنبوبة الاختبار الأولى، أضف (1 mL) من محلول كلوريد الحديد (II).

٢. باستخدام قطّارة نظيفة، أضف إلى الأنبوبة الأولى، قطرة بعد قطرة، محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أن تشاهد تغيرًا واضحًا، (الشكل ٤-١ أ) ثم سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.

٣. في أنبوبة الاختبار الثانية، أضف (1 mL) من محلول كلوريد الحديد (III).

٤. باستخدام قطّارة نظيفة ثانية، أضف إلى الأنبوبة الثانية، قطرة بعد قطرة، محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أن تشاهد تغيرًا واضحًا، (الشكل ٤-١ ب) ثم سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.

٥. في أنبوبة الاختبار الثالثة، خذ (2 mL) من محلول كلوريد الحديد (II). وباستخدام قطارة نظيفة، أضف إلى الأنبوبة، قطرة بعد قطرة، محلول منجنات (VII) البوتاسيوم إلى أن تشاهد تغيرًا واضحًا في اللون، ثم سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.

٦. أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محتويات أنبوبة الاختبار الثالثة، إلى أن تشاهد تغيرًا إضافيًّا آخر، ثم سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه (الأنبوبة ج).

أنبوبة الاختبار	الملاحظات
أ. محلول كلوريد الحديد (II) + محلول هيدروكسيد الصوديوم (الشكل ٤-١ أ)	
ب. محلول كلوريد الحديد (III) + محلول هيدروكسيد الصوديوم (الشكل ٤-١ ب)	
ج. محلول كلوريد الحديد (II) + محلول منجنات (VII) البوتاسيوم + محلول هيدروكسيد الصوديوم	

الجدول ٤-١: جدول الملاحظات.

التحليل والاستنتاج والتقويم

أ. استخدم نتائجك التي حصلت عليها لمعرفة أن تفاعل أكسدة-اختزال قد حدث.

ب. سمّ العامل المؤكسِد والعامل المختزِل:

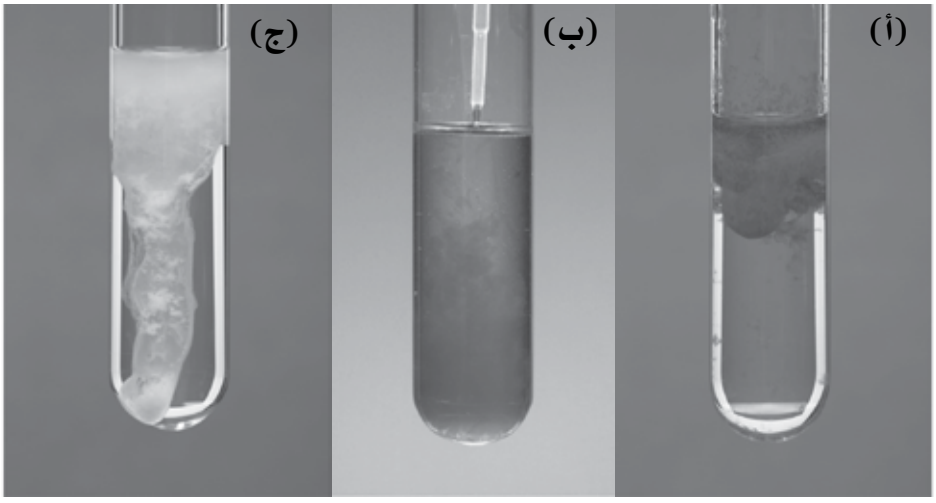
العامل المؤكسِد: .....

العامل المختزِل: .....

الجزء ٢:

استقصاء تفاعلات الإزاحة وسلسلة النشاط الكيميائي.

لقد درست سابقًا تفاعلات **الإزاحة** التي تتضمّن فلزات وأملاحًا فلزية. فمثلًا عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول من أيونات Zn^{2+}، يتكوّن بداية راسب أبيض الشكل ٤–١ (ج)، يذوب عند إضافة **فائض** من محلول هيدروكسيد الصوديوم. في هذا الجزء ستدرس طبيعة التفاعلات بصفتها **تفاعلات أكسدة–اختزال** باستخدام أعداد التأكسد. وستستخدم المعادلات الأيونية لتمثيل التفاعلات.



الشكل ٤–١: يوضح إضافة محلول NaOH إلى (أ). $Fe^{2+}(aq)$ و (ب). $Fe^{3+}(aq)$ و (ج). $Zn^{2+}(aq)$

مصطلحات علمية

الإزاحة (الإحلال أو الاستبدال) Displacement: تفاعل تتم فيه إزاحة فلز من مركّبه ليحلّ محلّه فلز آخر أكثر نشاطًا.

المادة المتفاعلة الفائضة Excess (reactant): مادة متفاعلة تحتوي على عدد مولات أكثر مما هو مطلوب للتفاعل مع كمية محددة من مادة متفاعلة أخرى. وعند اكتمال التفاعل، يبقى بعض من هذه المادة في شكل فائض غير مستخدم (غير متفاعل).

تفاعل أكسدة–اختزال Redox reaction: تفاعل تحدث فيه عمليَّتا الأكسدة والاختزال في الوقت نفسه.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنابيب اختبار عدد 10
- رف لحمل أنابيب الاختبار عدد 2
- قطارات زجاجية عدد 6
- أعواد ثقاب
- ملعقة كيماويات صغيرة
- قمع ترشيح زجاجي صغير وأوراق ترشيح
- محلول نترات النحاس (II) 0.500 mol/L
- حمض الهيدروكلوريك 2.00 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم 2.00 mol/L
- شريط ماغنيسيوم
- مسحوق الخارصين
- محلول منجنات (VII) البوتاسيوم 0.020 mol/L
- محلول كبريتات الحديد (II) 0.100 mol/L
- محلول بيروكسيد الهيدروجين (فوق أكسيد الهيدروجين) "20V" 1.79 mol/L
- حمض الكبريتيك 1.00 mol/L
- محلول كبريتيت الصوديوم (كبريتات (IV) الصوديوم) 0.100 mol/L
- محلول كلوريد الباريوم 0.100 mol/L
- محلول كبريتات (VI) الصوديوم 0.100 mol/L

مصطلحات علمية

مادة مهيّجة Irritant:
مادة تسبب احمرارًا (أو تقرّحات) في البشرة عند ملامستك لها.

مادة أكالة Corrosive:
«تأكل» السطح الذي تقع عليه. ستسبب المادة الأكالة تلفًا في بشرتك عند ملامستك لها.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب عليك ارتداء نظارات واقية للعينَين أثناء إجراء الاستقصاء.
- مساحيق الفلزات وشريط الماغنيسيوم قابلة للاشتعال ويجب إبعادها عن اللهب المكشوف.
- حمض الهيدروكلوريك مادة **مهيّجة** بهذا التركيز.
- نترات النحاس (II) مادة مضرة وخطرة على البيئة.
- محلول هيدروكسيد الصوديوم **مادة أكالة**.
- محلول منجنات (VII) البوتاسيوم مضر ويمكن أن يسبب بقعًا بنّية اللون على الجلد والملابس، لذا فمن المستحسن ارتداء قفازات بلاستيكية.
- محلول فوق أكسيد الهيدروجين مادة مهيّجة ويمكن أن يسبب بقعًا بيضاء على الجلد.

الطريقة

يلخّص الجدول استقصاء عدد من التفاعلات.

رقم التفاعل	المواد المتفاعلة	التعليمات
١	الماغنيسيوم وحمض الهيدروكلوريك	• في أنبوبة اختبار تحتوي (1 mL) من حمض الهيدروكلوريك، ضع شريطًا من الماغنيسيوم بطول 1 cm. • اجمع أي غاز ينتج، واختبره بوساطة عود ثقاب مشتعل. • أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول الناتج من التفاعل أعلاه.
٢	الخارصين ومحلول نترات النحاس (II)	• أضف مقدار ملعقة كيماويات كاملة من مسحوق الخارصين إلى أنبوبة اختبار تحتوي (1 mL) من محلول نترات النحاس (II). • عند اكتمال التفاعل، قم بترشيح المخلوط الناتج. • اختبر الرشاحة بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم قطرة بعد قطرة.
٣	محلول $Fe^{2+}(aq)$ و $MnO_4^-(aq)$ في وسط حمضي	• في أنبوبة اختبار تحتوي (1 mL) من كبريتات الحديد (II)، أضف خمس قطرات من حمض الكبريتيك ثم أضف خمس قطرات من محلول منجنات (VII) البوتاسيوم. • أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول الناتج.
٤	H_2O_2 و $SO_3^{2-}(aq)$	• أضف (1 mL) من محلول كبريتات الصوديوم إلى أنبوبة اختبار. أضف ثلاث قطرات من محلول كلوريد الباريوم. ثم أضف إلى المخلوط الناتج، قطرة بعد قطرة، حمض الهيدروكلوريك حتى يتوقف حدوث أي تغيّر. • أضف (1 mL) من محلول كبريتيت الصوديوم إلى أنبوبة اختبار. أضف ثلاث قطرات من محلول كلوريد الباريوم. ثم أضف إلى المخلوط الناتج، قطرة بعد قطرة، حمض الهيدروكلوريك حتى يتوقف حدوث أي تغيّر. • أضف إلى (1 mL) من محلول كبريتيت الصوديوم في أنبوبة اختبار حجمًا مساويًا من محلول فوق أكسيد الهيدروجين. أضف ثلاث قطرات من محلول كلوريد الباريوم. ثم أضف حمض الهيدروكلوريك قطرة قطرة إلى المخلوط الناتج حتى يتوقّف حدوث أي تغيير.

الجدول ٤–٢: ملخص استقصاء عدد من التفاعلات.

مهم

عندما تسجّل ملاحظة، ينبغي ألّا تتضمّن استنتاجًا. على سبيل المثال، يُعدّ القول «انبعث غاز CO_2» غير صحيح. فما لاحظته كان: «فورانًا، والغاز المتكوّن يعكر ماء الجير».

النتائج

سجّل ملاحظاتك عن كل تفاعل في الجدول أدناه.

رقم التفاعل	الملاحظات
١	....
٢	....
٣	....
٤	....

الجدول ٤-٣: جدول الملاحظات حول الاستقصاءات.

التحليل والاستنتاج والتقويم

للتفاعلَين ١ و ٢ (الجدول الأول):

١. أعطِ أسماء المواد الناتجة من التفاعل، بالرجوع إلى ملاحظاتك.

٢. اكتب **المعادلة الأيونية** للتفاعل الذي يحدث، ولأي اختبار تم استخدامه.

٣. اشرح سبب اعتبار هذا التفاعل تفاعل أكسدة-اختزال.

مصطلحات علمية

المعادلة الأيونية
ionic equation: معادلة موزونة توضح فقط الأيونات أو الذرّات أو الجزيئات التي تشارك في التفاعل؛ ولا توضح الأيونات المتفرجة.

التفاعل ١

أ. .....

.....

ب. .....

.....

ج. .....

.....

التفاعل ٢

أ. .....

.....

ب. .....

.....

ج. .....

.....

التفاعل ٣

أ. بالنسبة إلى التفاعل بين أيونات الحديد (II) وأيونات المنجنات (VII)، اشرح ما حدث في هذا التفاعل.

.....

ب. يتم اختزال أيون المنجنات (VII) وفقًا لـ نصف–المعادلة الآتية:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

اشرح سبب اعتبار هذا التفاعل تفاعل اختزال.

.....

ج. اكتب نصف–معادلة الأكسدة لأيونات $Fe^{2+}(aq)$.

.....

د. اكتب المعادلة الأيونية الموزونة للتفاعل. اشرح، مستخدمًا أعداد التأكسد، سبب اعتبار التفاعل بين أيونات الحديد (II) وأيونات المنجنات (VII) تفاعل أكسدة-اختزال.

.....

.....

.....

.....

التفاعل ٤

أفعال إجرائية

يميّز Distinguish: يصف الاختلاف بين شيئَين أو أكثر.

أ. اشرح، مستخدمًا ملاحظاتك، كيف يمكنك أن **تميّز** بين أيونات الكبريتيت (SO_3^{2-}) وأيونات الكبريتات (SO_4^{2-}). اكتب ثلاث معادلات أيونية موزونة للتفاعلات التي تحدث.

.....

.....

.....

ب. اذكر المواد الناتجة من التفاعل بين أيونات الكبريتيت وفوق أكسيد الهيدروجين؟ اشرح إجابتك واكتب معادلات أيونية موزونة للتفاعلات التي تحدث.

.....

.....

.....

.....

.....

ج. اشرح سبب اعتبار هذا التفاعل تفاعل أكسدة-اختزال.

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يتفاعل الباريوم مع الماء البارد لتكوين هيدروكسيد الباريوم وغاز الهيدروجين.

أ. ما عدد تأكسد الباريوم في كل من:

١- فلز الباريوم.

٢- هيدروكسيد الباريوم.

ب. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.

ج. ١- اكتب نصفَي-المعادلة لهذا التفاعل.

٢- في أي من نصفَي-المعادلة يحدث الاختزال؟ اشرح إجابتك.

د. تتفاعل أيونات الحديد (II) مع فوق أكسيد (بيروكسيد) الهيدروجين وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2Fe^{2+} + 2H^{+} + H_2O_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

١- ما العامل المختزِل في هذا التفاعل؟ اشرح إجابتك.

٢- اكتب نصف-المعادلة لتفاعل الاختزال.

هـ. يتفاعل فوق أكسيد (بيروكسيد) الهيدروجين مع أيونات Mn^{2+} في وجود أيونات OH^- لتكوين MnO_2 والماء.

١- اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

٢- احسب **التغيّر في عدد تأكسد** الأكسجين في التفاعل السابق.

٣- احسب التغيّر في أعداد التأكسد في فوق أكسيد الهيدروجين.

٢. تتفكك نترات الصوديوم $NaNO_3$ عند تسخينها إلى نتريت الصوديوم $NaNO_2$ وأكسجين وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2NaNO_3 \longrightarrow 2NaNO_2 + O_2$$

أ. احسب عدد تأكسد النيتروجين في كل من:

١- $NaNO_3$

٢- $NaNO_2$

٣- اشرح من حيث انتقال الإلكترونات وتغيّرات أعداد التأكسد أن هذا التفاعل تفاعل أكسدة-اختزال.

٤- سم المركب $NaNO_2$ وفقًا لنظام الـ (IUPAC).

مهم

في الجزئيّتَين (د) و (هـ)، لا تنسَ وزن أيونات H^+ أو OH^- في المرحلة الأخيرة.

مصطلحات علمية

التغيّر في عدد التأكسد Oxidation number change: الزيادة أو النقصان في عدد تأكسد ذرّة معيّنة في معادلة، على سبيل المثال في: $Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$، يكون التغيّر في عدد التأكسد لذرّة Fe من $0. \longrightarrow +2$

تابع

ب. تتفاعل أيونات اليوديد مع أيونات النيتريت في وسط حمضي، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2I^- + 2NO_2^- + 4H^+ \rightarrow I_2 + 2NO + 2H_2O$$

١- احسب التغيّر في عدد التأكسد عندما يتحوّل أيون اليوديد إلى ذرّة يود.

٢- احسب التغير في عدد تأكسد النيتروجين عند تحوّل NO_2^- إلى NO.

٣- استخدم إجاباتك في الجزئيّتَين ١ و ٢ لشرح سبب تفاعل مول واحد من أيونات اليوديد مع مول واحد من أيونات النيتريت.

٤- ما العامل المؤكسِد في التفاعل السابق؟ اشرح إجابتك.

ج. يمكن أن تتفاعل أيونات النيتريت مع أيونات المنجنات (VII) MnO_4^- (البرمنجنات)، في وسط حمضي، H^+، لتكوين أيونات المنجنيز (II)، وأيونات النترات والماء.

١- احسب التغير في عدد تأكسد المنجنيز عند التحوّل من MnO_4^- إلى Mn^{2+}.

٢- احسب التغيّر في عدد التأكسد لذرّة نيتروجين واحدة.

٣- اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

٣. يتناول هذا السؤال أعداد التأكسد واستخدامها في وزن المعادلات.
توضح المعادلة غير الموزونة أدناه، تفاعل أكسيد اليود (V) مع كبريتيد الهيدروجين:

$$I_2O_5 + H_2S \rightarrow I_2 + S + H_2O$$

أ. ما عدد تأكسد الكبريت في:

١- H_2S

٢- S

ب. حدّد العامل المختزِل في هذا التفاعل. اشرح إجابتك.

ج. ما التغيّر المطلوب في عدد التأكسد في الكبريت لوزن التغيّر في عدد التأكسد لذرّتَين من اليود؟

د. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

٤. يتفاعل فوق أكسيد الهيدروجين مع أيونات اليوديد، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$$

اكتب نصفَي-المعادلة لهذا التفاعل. حدّد في كل معادلة المواد التي تأكسدت أو اختزلت. ضمّن إجابتك التغيّرات في أعداد التأكسد.

مهم

في الجزئية (ج) لا تنسَ وزن H^+ في المرحلة الأخيرة.

الاتزان الكيميائي Chemical equilibrium

أهداف التعلُّم

٥-١ يفهم المقصود بالتفاعل المنعكس.

٥-٢ يفهم المقصود بالاتزان الديناميكي من حيث تساوي معدّل سرعة التفاعل الأمامي مع معدّل سرعة التفاعل العكسي وثبات تركيز الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.

٥-٣ يفهم أهمية نظام مغلق كشرط أساسي في تحقيق الاتزان الديناميكي.

٥-٤ يعرّف مبدأ لوشاتيلييه بأنه: إذا حدث تغيّر في نظام كيميائي في حالة اتزان ديناميكي، سينزاح الاتزان الكيميائي في الاتّجاه الذي يحدّ من تأثير هذا التغيّر.

٥-٥ يستخدم مبدأ لوشاتيلييه ليستنتج، نوعيًّا، تأثيرات التغيّرات في درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط أو وجود عامل حفّاز على نظام كيميائي في حالة اتزان.

٥-٦ يستنتج علاقة ثابت الاتزان من حيث التراكيز K_c.

٥-٧ يستخدم معادلات K_c لإجراء عمليات حسابية (لن تحتاج إلى مثل هذه الحسابات حلّ معادلات تربيعية، «معادلات من الدرجة الثانية»).

٥-٨ يحسب الكمّيات الموجودة في حالة الاتزان، بالاعتماد على البيانات المعطاة.

٥-٩ يحدّد ما إذا كانت التغيّرات في درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط أو وجود عامل حفّاز تؤثّر على قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ما.

٥-١٠ يفهم المصطلحَين: الكسر المولي والضغط الجزئي ويستخدمهما.

٥-١١ يستنتج علاقة ثابت الاتزان من حيث الضغوط الجزئية، K_p

٥-١٢ يستخدم معادلات K_p لإجراء عمليات حسابية (لن تتطلّب مثل هذه الحسابات حلّ معادلات تربيعية، «معادلات من الدرجة الثانية»).

٥-١٣ يصف الشروط المستخدمة في عملية هابر وعملية التماس، كأمثلة على أهمية فهم الاتزان الديناميكي في الصناعة الكيميائية وتطبيق مبدأ لوشاتيلييه، ويشرحها.

الأنشطة

نشاط ٥-١ الاتزان الكيميائي

ستتعرف في هذا النشاط على بعض المصطلحات المرتبطة بالاتزان، وتتدرّب على استنتاج تأثير الظروف المختلفة على **حالة الاتزان**.

١. طابق كل مصطلح من المصطلحات من العمود الأيمن مع تعريفه أو وصفه من العمود الأيسر.

1 محيط التفاعل	أ. تتحوّل المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة وتتحوّل المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة في شكل مستمر
2 **الاتزان الديناميكي**	ب. ومن الأمثلة على ذلك الهواء، والمذيب، والحاوية التي يحدث فيها التفاعل
3 **التفاعل المنعكس**	ج. ليس هنالك أيّ تبادل (فقدان أو كسب) للمادة مع محيط التفاعل
4 الاتزان الكيميائي	د. يصف مدى إزاحة التفاعل في اتجاه تكوين المواد الناتجة أو المواد المتفاعلة
5 **النظام المغلق**	هـ. حالة التفاعل التي يوجد فيها كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وتكون تراكيزها ثابتة عند ظروف معينة
6 حالة الاتزان	و. تفاعل يمكن فيه إعادة تحويل المواد الناتجة إلى المواد المتفاعلة عن طريق تغيير الظروف

٢. يتمّ تفاعل تحضير الأمونيا وفقًا للمعادلة الآتية:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad \Delta H_r = -92.4 \text{ kJ/mol}$$

وضح تأثير كل ممّا يلي على حالة الاتزان.

أ. زيادة تركيز الهيدروجين

.....

مهم

الظروف: عند الإشارة إلى التفاعلات الكيميائية، يتمّ استخدام أشياء أخرى غير المواد الكيميائية في التفاعل، على سبيل المثال: درجة الحرارة والضغط والرقم الهيدروجيني pH.

مصطلحات علمية

الاتزان الديناميكي Dynamic equilibrium: تفاعل تتحوّل فيه المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة بمعدل السرعة نفسه الذي تتحوّل فيه المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة مرّة أخرى.

التفاعل المنعكس Reversible reaction: تفاعل يمكن خلاله إعادة تحويل المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة عن طريق تغيير الظروف.

نظام مغلق Cosed system: النظام الذي لا تتسرب منه المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة من مخلوط التفاعل.

ب. زيادة تركيز الأمونيا

.....

ج. انخفاض الضغط

.....

د. زيادة درجة الحرارة

.....

هـ. إسالة الأمونيا (تحويلها إلى سائل؛ مع العلم أن الأمونيا تمتلك درجة غليان أكبر من درجة غليان النيتروجين أو الهيدروجين).

.....

٣. عند درجة حرارة 300 °C يتفكّك يوديد الهيدروجين لتكوين الهيدروجين واليود، وفقًا للتفاعل الآتي:

$$2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g) \qquad \Delta H_r = +9.6 \text{ kJ/mol}$$

وضح تأثير كل ممّا يلي على حالة الاتزان.

أ. ارتفاع الضغط

.....

ب . إضافة عامل حفاز

.....

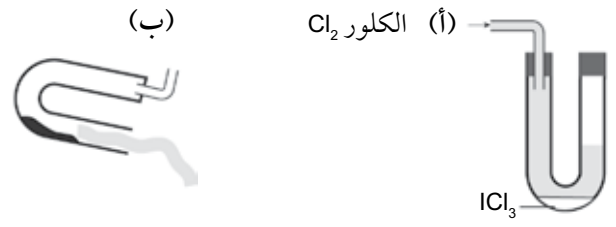
ج. زيادة تركيز الهيدروجين

.....

د. تقليل تركيز يوديد الهيدروجين

.....

٤. الكلور غاز أخضر اللون، وأحادي كلوريد اليود (ICl) سائل بنّي اللون؛ أمّا ثلاثي كلوريد اليود (ICl_3) فهو مادة صلبة صفراء اللون. عندما يتمّ تمرير غاز الكلور عبر أنبوبة تحتوي على أحادي كلوريد اليود، يتكوّن ثلاثي كلوريد اليود كما هو موضّح في الشكل (أ) أدناه.



الشكل ٥-١: تفاعل الكلور مع أحادي كلوريد اليود.

تُوجد حالة اتزان بين المواد المتفاعلة (الكلور وأحادي كلوريد اليود) والمادة الناتجة.

أ. اكتب معادلة كيميائية لتوضيح هذا التفاعل.

.....

ب. اشرح ما يحدث عند إمالة الأنبوبة U إلى أحد طرفيها كما هو موضّح في الشكل ٥-١ (ب).

.....

.....

ج. تنبأ بما يحدث عند تمرير المزيد من الكلور عبر الأنبوبة U.

.....

.....

٥. أكمل الفقرة الآتية التي تصف **مبدأ لوشاتيلييه**، مستخدمًا الكلمات الموجودة في القائمة أدناه.

درجة الحرارة	**يحدّ**	**الاتزان الديناميكي**	**التركيز**

إذا تغيّر أيّ من العوامل المؤثرة على .... لنظام كيميائي ما، على سبيل المثال: الضغط، أو ..... أو ..... ينزاح موضع الاتزان في الاتّجاه الذي ..... من تأثير هذا التغيّر.

مصطلحات علمية

مبدأ لوشاتيلييه
Le Chatelier's principle:
إذا حدثت تغيّرات في التركيز أو الضغط (إذا كانت المواد المتفاعلة أو الناتجة في الحالة الغازية)، أو درجة الحرارة، لنظام في حالة اتزان ديناميكي، ينزاح موضع الاتزان في الاتجاه الذي يحد من تأثير هذا التغيّر.

نشاط ٥-٢ معادلات الاتزان

ستتدرب في هذا النشاط على كتابة **معادلات الاتزان** بما في ذلك تلك التي تستخدم الضغوط الجزئية.

مصطلحات علمية

معادلة الاتزان
Equilibrium expression:
علاقة تربط ثابت الاتزان (K_c) بتراكيز المواد المتفاعلة والناتجة ومعاملات التناسب الكيميائي للمعادلة.

مهم

عند كتابة معادلات الاتزان:

- تُكتب تراكيز المواد الناتجة في الأعلى من المعادلة (البسط).
- يشير القوسان المربّعان إلى تركيز المادة الموجودة بينهما.
- يُرفع تركيز مادة ما إلى قوة يحددها عدد مولاتها في المعادلة الموزونة لتفاعلها، على سبيل المثال: عند كتابة $3H_2$ في معادلة كيميائية، فإنها تُكتب $[H_2]^3$ في معادلة الاتزان.
- بالنسبة إلى الضغوط الجزئية، تُكتب معادلة الاتزان بدون الأقواس المربّعة، على سبيل المثال: $p^3_{H_2}$.

١. أكمل الجمل الآتية باستخدام الكلمات الموجودة في الصندوق أدناه:

ثابت	**الاتزان**	**المواد الناتجة**	**المواد المتفاعلة**	**النسب الكيميائية**

تربط معادلة الاتزان تراكيز ..... وتراكيز .....
مع ..... للمعادلة. في ظل الظروف المذكورة، تسمّى القيمة المحسوبة من معادلة الاتزان ....

مهم

يمكن حساب وحدة K_c بوضع وحدة التركيز (mol/L) بدل التركيز في كل من الأقواس المربّعة، ثم إلغائها مجتمعة. لاحظ في بعض الحالات أن وحدة الحجم كتبت أولًا حتى لو بدا ذلك غير مألوف، على سبيل المثال: L^3/mol^3.

٢. أي العبارتَين من العبارات الآتية المتعلقة بتأثير العوامل المختلفة على قيمة K_c، تُعدّان صحيحتَين؟

أ. تزداد قيمة K_c مع ازدياد الضغط.

ب. تزداد قيمة K_c للتفاعل الطارد للحرارة مع ارتفاع درجة الحرارة.

ج. لا يؤثّر العامل الحفاز على قيمة K_c.

د. تقلّ قيمة K_c للتفاعل الماص للحرارة مع انخفاض درجة الحرارة.

هـ. تقلّ قيمة K_c مع انخفاض تركيز المواد المتفاعلة.

.....

.....

٣. أكمل كتابة معادلات الاتزان ووحدات القياس في الجدول الآتي.
تمّ ملء الصفوف الثلاثة الأولى كليًّا، والرابع جزئيًّا، لكي تتّبع النموذج ذاته.

المعادلة الكيميائية	معادلة الاتزان	وحدات القياس
$Br_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$	$K_c = \frac{[\ __\ ]-}{[\ __\ ][\ __\ ]}$	لا يوجد
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$	$K_c = \frac{[\ __\ ]-}{[\ __\ ][\ __\ ]}$	L^2/mol^2
$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$	$K_c = [\ __\ ]$	mol/L
$2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$	$K_c = \frac{[\ __\ ]-[\ __\ ]}{[\ __\ ]-}$	
$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$		
$Cu(s) + 2Ag^+(aq) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$		
$2CrO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l)$		

الجدول ٥-١: معادلات الاتزان.

٤. يمكن كتابة **ثابت الاتزان**، K_p، من حيث الضغوط الجزئية، P_x.
أكمل كتابة معادلات الاتزان ووحدات القياس في الجدول الآتي:
تمّ ملء الصفَّين الأوّلَين، لكي تتّبع النموذج ذاته.

المعادلة الكيميائية	معادلة الاتزان	وحدات القياس
$2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$	$K_p = \frac{P^2_{NO} \times P_{O_2}}{P^2_{NO_2}}$	Pa (atm)
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$	$K_p = \frac{P^2_{SO_3}}{P^2_{SO_2} \times P_{O_2}}$	$1/Pa\ (Pa^{-1})$ أو $1/atm\ (atm^{-1})$
$2HI(g) \rightleftharpoons I_2(g) + H_2(g)$		
$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$		
$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$		

الجدول ٥-٢: معادلات الاتزان.

مصطلحات علمية

ثابت الاتزان
Equilibrium constant، K_c:
حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسومًا على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة، وكل من هذه التراكيز يكون مرفوعًا لأس يساوي عدد المولات في المعادلة الموزونة.

نشاط ٥-٣ عمليات حسابية باستخدام K_c

ستتدرب في هذا النشاط على حساب قيَم ثابت الاتزان، K_c، من البيانات المتوافرة، وستتعرف أيضًا على عمليات حسابية أكثر تعقيدًا.

مهم

عندما تقوم بحسابات الاتزان:

- اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة.
- اكتب التراكيز الابتدائية المعطاة لك تحت المواد (المتفاعلة والناتجة) المحددة لها.
- احسب تراكيز الاتزان بطرح تركيز مادة ناتجة عند تحقّق الاتزان من التراكيز الابتدائية للمواد المتفاعلة (مع مراعاة النسب المولية في المعادلة).
- إذا كانت معادلة الاتزان تحتوي على عدد التراكيز نفسه في الأعلى والأسفل (البسط والمقام)، يمكنك استخدام عدد المولات بدلًا من التراكيز المولية.

١. عند تسخين أنبوبة مغلقة تحتوي على الهيدروجين واليود، يحدث التفاعل الآتي:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

وتكون تراكيز الاتزان (mol/L) كالآتي:

- $[H_2] = 1.14 \times 10^{-2}$
- $[I_2] = 0.12 \times 10^{-2}$
- $[HI] = 2.52 \times 10^{-2}$

أ. اكتب معادلة الاتزان لهذا التفاعل.

.....

ب. احسب قيمة K_c.

.....

ج. ليس لـ K_c وحدة في هذه المعادلة. برّر إجابتك.

.....

.....

٢. يتفاعل البنتين مع حمض الإيثانويك، ويحدث التفاعل الموضّح في المعادلة الآتية:

$$\underset{\text{البنتين}}{C_5H_{10}(l)} + \underset{\text{حمض الإيثانويك}}{CH_3CO_2H(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{إيثانوات البنتيل}}{CH_3CO_2C_5H_{11}(l)}$$

إذا علمت أن حجم المحلول = 800 mL

والكمية الابتدائية من البنتين = 6.40×10^{-3} mol

والكمية الابتدائية لحمض الإيثانويك = 1.00×10^{-3} mol

وكمية إيثانوات البنتيل عند تحقق الاتزان = 7.84×10^{-4} mol
فاتبع الإجراء الآتي لحساب قيمة K_c لهذا التفاعل.

أ. عدد مولات البنتين عند تحّقق الاتزان = ...

ب. عدد مولات حمض الإيثانويك عند تحقّق الاتزان = ...

ج. تركيز البنتين (mol/L) عند تحقّق الاتزان = ...

د. تركيز حمض الإيثانويك (mol/L) عند تحقّق الاتزان = ...

هـ. اكتب معادلة الاتزان لـ K_c = ...

و. احسب قيمة K_c مضمنًا الوحدة.

.....

نشاط ٥-٤ عمليات حسابية باستخدام K_p

ستتدرب في هذا النشاط على عمليات حسابية تتضمّن **الضغوط الجزئية** و**ثابت الاتزان K_p**.

مهم

بالنسبة إلى حسابات K_p، تذكّر الآتي:

- يُحسب الضغط الجزئي، p، لغاز ما (X) باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{الضغط الجزئي للغاز (X)} = \text{الضغط الكلي} \times \frac{\text{عدد مولات غاز معيّن في المخلوط}}{\text{مجموع عدد مولات الغازات في المخلوط}}$$

$$P_x = \frac{n_x}{n_T} \times P_T$$

- الضغط الكلي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات جميعها الموجودة في مخلوط ما.

مصطلحات علمية

الضغط الجزئي Partial pressure:
الضغط الذي يبذله غاز ما في مخلوط من عدة غازات.

(ثابت الاتزان من حيث الضغوط الجزئية) K_p (equilibrium constant in terms of partial pressures):
ثابت يحسب من طريق معادلة الاتزان باستخدام الضغوط الجزئية بوحدة kPa أو atm.

١. عرّف مصطلح الكسر المولي.

.....

.....

٢. في حاوية مغلقة، تم وضع مخلوط من الغازات يتضمن 1.0 mol من النيتروجين و 3.5 mol من الهيدروجين و 0.5 mol من الأرغون.

أ. ما عدد المولات الكلي الموجودة في الحاوية؟

.....

ب. احسب الضغط الجزئي لكل من غازات المخلوط إذا كان الضغط الكلي يساوي 40 atm.

.....

٣. تمّ وضع 0.6 g من He و 6.4 g من CH_4 و 9.6 g من O_2 في حاوية مغلقة. يساوي الضغط الكلي لهذه الغازات 200 atm.

أ. احسب الكسر المولي للميثان في المخلوط.

.....

ب. احسب الضغط الجزئي للميثان. اكتب إجابتك حتى 3 أرقام معنوية.
قيم Ar: H = 1.0، C = 12.0، He = 4.0، O =16.0

.....

.....

٤. يتفاعل أكسيد النيتروجين (II) مع الأكسجين لتكوين أكسيد النيتروجين (IV) وفق المعادلة الآتية:

$$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

عند تحقق الاتزان يوجد في الحاوية 0.96 mol من NO_2 و 0.04 mol من NO و 0.02 mol من O_2. يساوي الضغط الكلي 2×10^4 Pa.

أ. احسب الضغط الجزئي لكل غاز.

.....

ب. اكتب معادلة الاتزان لهذا التفاعل من حيث K_p.

.....

ج. احسب قيمة K_p مضمّنًا الوحدة.

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٥-١ تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان

سيساعدك هذا الاستقصاء على تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على التفاعل الموضح أدناه:

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CuCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l)$$

أصفر أزرق

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- قطارة زجاجية
- أنابيب اختبار عدد 12
- حامل أنابيب اختبار
- سدادة مطاطية تناسب أنبوبة الاختبار
- كأس زجاجية سعة 100 mL
- قلم تسجيل غير قابل للإزالة
- قنينة غسيل
- كؤوس زجاجية سعة 250 mL عدد 3
- ورقة بيضاء واحدة لتشكّل خلفية
- حمض الهيدروكلوريك المركز تركيزه 2 mol/L
- محلول كبريتات النحاس (II) المائية تركيزه 1 mol/L
- ماء مقطر
- ثلج

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- حمض الهيدروكلوريك المركّز مادة أكّالة.
- كبريتات النحاس (II) مادة ضارّة وتشكّل خطرًا على البيئة.

الجزء ١: تأثير تغيّرات التركيز على حالة الاتزان

الطريقة

١. املأ نصف أنبوبة تسخين بحمض الهيدروكلوريك المركّز (كن حذرًا) ثم أغلقها بسدادة لمنع الأبخرة من التسرّب في أرجاء المختبر.

٢. املأ نصف أنبوبة تسخين أخرى بمحلول كبريتات النحاس (II) المائية.

٣. ضع أنابيب الاختبار العشر في الرف الحامل لأنابيب الاختبار ورمزها من **A** إلى **J**.

٤. استخدم القطارة لإضافة محلول كبريتات النحاس (II) في كل من أنابيب الاختبار كما هو موضّح في الجدول الآتي:

الأنبوبة	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
عدد قطرات محلول $Cu^{2+}(aq)$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

٥. اغسل قطارتك جيدًا بالماء المقطر، ثم اشطفها بحمض الهيدروكلوريك المركّز.

٦. أضف حمض الهيدروكلوريك المركّز بعناية إلى أنابيب الاختبار، كما هو موضّح في الجدول الآتي:

الأنبوبة	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
عدد قطرات محلول كبريتات النحاس (II)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
عدد قطرات حمض الهيدروكلوريك المركز	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

النتائج

سجّل نمط التدرّج في اللون الذي يرافق ازدياد تركيز حمض الهيدروكلوريك (ازدياد تركيز أيونات Cl^-).

.....

.....

.....

مهم

نمط التدرّج (في الكيمياء): ازدياد مستمر أو انخفاض مستمر في قيمة خاصية فيزيائية أو في خصائص كيميائية (غالبًا ما تتعلق بموقع العنصر في الجدول الدوري).

التحليل والاستنتاج والتقويم

اشرح التغيّر في اللون الذي يرافق ازدياد تركيز أيونات Cl^-، مستندًا إلى مبدأ لوشاتيلييه.

.....

.....

.....

.....

الجزء ٢: تأثير درجة الحرارة على حالة الاتزان

مهم

التجربة الضابطة: تجربة يتمّ إجراؤها للتأكد من أن العوامل الأخرى التي قد تؤثر على التجربة، قد أُخذت في الاعتبار، على سبيل المثال: تأثير المذيب على التفاعل.

الطريقة

١. حضّر ثلاث عينات من المخلوط **F** في ثلاث أنابيب اختبار مختلفة.

٢. في الكأس الزجاجية الثانية ضع بعض الماء عند درجة حرارة الغرفة. وضع أنبوبة الاختبار الثانية في الماء واتركها لبضع دقائق. تُعدّ هذه الأنبوبة التجربة الضابطة.

٣. أضف بعض الثلج إلى كميّة قليلة من الماء في الكأس الزجاجية سعة 250 mL. خذ واحدة من أنابيب الاختبار التي تحتوي على مخلوط الاتزان، وضعها في الكأس الزجاجية. انتظر بضع دقائق ريثما تحدث أيّة تغيّرات، ثم قارنها بأنبوبة الضبط. سجّل ملاحظاتك في الجدول الآتي.

٤. في الكأس الزجاجية الثالثة ضع بعض الماء المغلي. (كن حذرًا). ضع أنبوبة الاختبار الثالثة في كأس الماء المغلي. اتركها لبضع دقائق، ثم قارنها مع أنبوبة الضبط. سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.

النتائج

درجة الحرارة	الملاحظات
الماء البارد	.....
الماء عند درجة حرارة الغرفة	**التجربة الضابطة**
الماء المغلي	.....

الجدول ٥-٣: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. صف ما يحدث لتركيز $[CuCl_4]^{2-}(aq)$ الموجود في مخلوط الاتزان عندما:

أ. تنخفض درجة الحرارة.

.....

ب. ترتفع درجة الحرارة.

.....

٢. استنادًا إلى مبدأ لوشاتيلييه حدّد الطبيعة الحرارية الكيميائية للتفاعلَين الأمامي والعكسي (هل هو طارد للحرارة أو ماص للحرارة؟)

.....

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يتفاعل الهيدروجين وأحادي أكسيد الكربون عند درجة حرارة مرتفعة في وجود عامل حفّاز لتكوين الميثانول CH_3OH، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2H_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$$

أ. اقترح طريقتَين يمكنك من خلالهما زيادة مردود الميثانول في مخلوط الاتزان.

ب. يُعدّ هذا التفاعل اتزانًا ديناميكيًّا في نظام مغلق. عرّف المصطلحَين الآتيَين:

١- الاتزان الديناميكي

٢- النظام المغلق

ج. ما تأثير إضافة العامل الحفاز على حالة الاتزان؟

د. من خلال الضغوط الجزئية في مخلوط الاتزان أدناه:

$p_{(CO)} = 3.33 \times 10^4$ Pa

$p_{(H_2)} = 6.67 \times 10^4$ Pa

$p_{(CH_3OH)} = 9.92 \times 10^1$ Pa

١- اكتب معادلة الاتزان من حيث الضغوط الجزئية لهذا التفاعل.

٢- احسب قيمة K_p لهذا التفاعل، مضمّنًا الوحدة الصحيحة.

هـ. في تجربة أخرى، كان عدد مولات المواد المتفاعلة في بداية التفاعل 16.8 mol من H_2 و 7.2 mol من CO. وكان الضغط الكلي 5.00×10^4 Pa، احسب الضغط الجزئي للهيدروجين في هذا المخلوط.

٢. يتفاعل الهيدروجين مع الكبريت الغازي لتكوين كبريتيد الهيدروجين، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2H_2(g) + S_2(g) \rightleftharpoons 2H_2S(g)$$

أ. اشرح تأثير كلّ ممّا يلي على حالة الاتزان:

١- إزالة بعض الكبريت.

٢- خفض درجة الحرارة.

٣- زيادة الضغط.

ب. اكتب معادلة الاتزان لـ K_c لهذا التفاعل.

مهم

في الجزئية ١-ب، تأكّد من أنك تتذكّر كل التعريفات الموجودة في المنهاج.

في الجزئية ١-ج، تمّ إعطاؤك الضغوط الجزئية، حتى لا تضطر إلى حساب الكسور المولية.

في الجزئية ١-هـ، تحتاج إلى إعادة ترتيب معادلة الاتزان.

مهم

يتطلب منك في الجزئية (٢-أ) أن تشرح التأثيرات على حالة الاتزان. للإجابة عن الجزئية (أ-٢)، اقرأ الجزء الأساسي من السؤال بعناية.

تابع

ج. K_c لهذا التفاعل (وحدة) 9.40×10^5.

١- ما وحدة K_c لهذا التفاعل؟

٢- إذا كان تركيز H_2S عند الاتزان 0.442 mol/L.

وتركيز H_2 عند الاتزان 0.234 mol/L.

احسب تركيز S_2 عند الاتزان.

د. يتأكسد ثنائي أكسيد الكبريت إلى ثلاثي أكسيد الكبريت في تفاعل منعكس، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

١- اكتب معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل من حيث الضغوط الجزئية.

٢- عند الاتزان تكون الضغوط الجزئية للغازات كما يلي:

p_{SO2} = 10 100 Pa

p_{O2}= 68 800 Pa

p_{SO3} = 80 100 Pa

احسب قيمة K_p لهذا التفاعل.

هـ. يُعدّ الاتزان الذي يتمّ وفقًا للمعادلة الآتية: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ جزءًا أساسيًّا من عملية التماس لإنتاج حمض الكبريتيك. وهو تفاعل طارد للحرارة.

١- اشرح تأثير ازدياد الضغط على هذا التفاعل.

٢- **اقترح** سبب إجراء العملية عند ضغط أعلى بقليل فقط من الضغط الجوي.

٣- يتمّ إجراء التفاعل عند درجة حرارة تساوي 450 °C تقريبًا. اشرح سبب عدم استخدام:

- درجة حرارة 550 °C.
- درجة حرارة 350 °C.

و. يتمّ تصنيع الأمونيا بعملية هابر، وفقًا للمعادلة الآتية:

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

حدّد الظروف المناسبة لعملية هابر.

أفعال إجرائية

اقترح Suggest: طبّق المعرفة والفهم على المواقف التي تتضمّن مجموعة من الإجابات الصحيحة من أجل تقديم المقترحات.

حدّد: Determine: أجب استنادًا إلى المعلومات المتاحة.

مهم

في الجزئية (و)، ستحتاج إلى معرفة الظروف وسبب استخدامها في هذه العمليات.

رقم الإيداع ٦٣٦٩ / ٢٠٢٣ م

طبع بالمطابع العالمية - سلطنة عُمان - ت : ٢٤٨١٥٧٧١

الكيمياء – كتاب التجارب العملية والأنشطة

صمّم كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا لدعم كتاب الطالب، إذ يتضمّن موضوعات تم اختيارها خصيصًا للاستفادة من المزيد من الفرص لتطبيق المهارات العملية، مثل التطبيق والتحليل والتقييم، إضافة إلى تطوير المعرفة والفهم. كما يتضمن هذا الكتاب أنشطة بنائية، وضعت لتدعم المواضيع والمفاهيم الدراسية في كل وحدة تضمّنها كتاب الطالب. كما أنه يحتوي على أفعال إجرائية في جميع أجزائه لمساعدتك على التعرف على كيفية استخدامها، وأسئلة للتركيز على المهارات التي تمنحك فرصًا لرسم التمثيلات البيانية أو تقديمها.

توفّر الأنشطة والاستقصاءات العملية الموجهة خطوةً خطوة، فرصًا لتطوير المهارات العملية، مثل: التخطيط، وتحديد المواد، والأدوات، والأجهزة، ووضع الفرضيات، وتسجيل النتائج، وتحليل البيانات، وتقييم النتائج. كما تمنح الأسئلة فرصة لاختبار معرفتك والمساعدة في بناء ثقتك في التحضير للاختبارات.

- تحقّق لك الأسئلة ذات الأجزاء المتعددة الموجودة في نهاية كل وحدة تدريبًا مكثفًا ضمن تنسيق مألوف يراعي مكتسباتك.
- يرتفع مستوى الأنشطة بشكل تدريجي، إنّما مع وجود تلميحات ونصائح ضمن فقرة «مهم» في جميع أنحاء الكتاب تمنحك القدرة على بناء المهارات اللازمة.
- أسئلة نهاية الوحدة، والأسئلة الموجودة ضمن الأنشطة تساعدك على تتبع فهمك، كما تكون معينة لك على استخدام الأفعال الإجرائية بفاعلية تحضيرًا لعملية التقييم، حيث تتوافر إجابات هذه الأسئلة في دليل المعلم.

يشمل منهج الكيمياء للصف الحادي عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب
- دليل المعلّم

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

www.moe.gov.om