وزارة التربية والتعليم

رؤية عُمان 2040 OmanVision
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الكيمياء

الصف الثاني عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية ١٤٤٨هـ - ٢٠٢٦م



وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

الصف الثاني عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية ١٤٤٨هـ- ٢٠٢٦م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

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

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 وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢٣ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من كتاب التجارب العملية والأنشطة – الكيمياء للصف الثاني عشر – من سلسلة كامبريدج للعلوم لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلفين روجر نوريس وماسك ووستر.

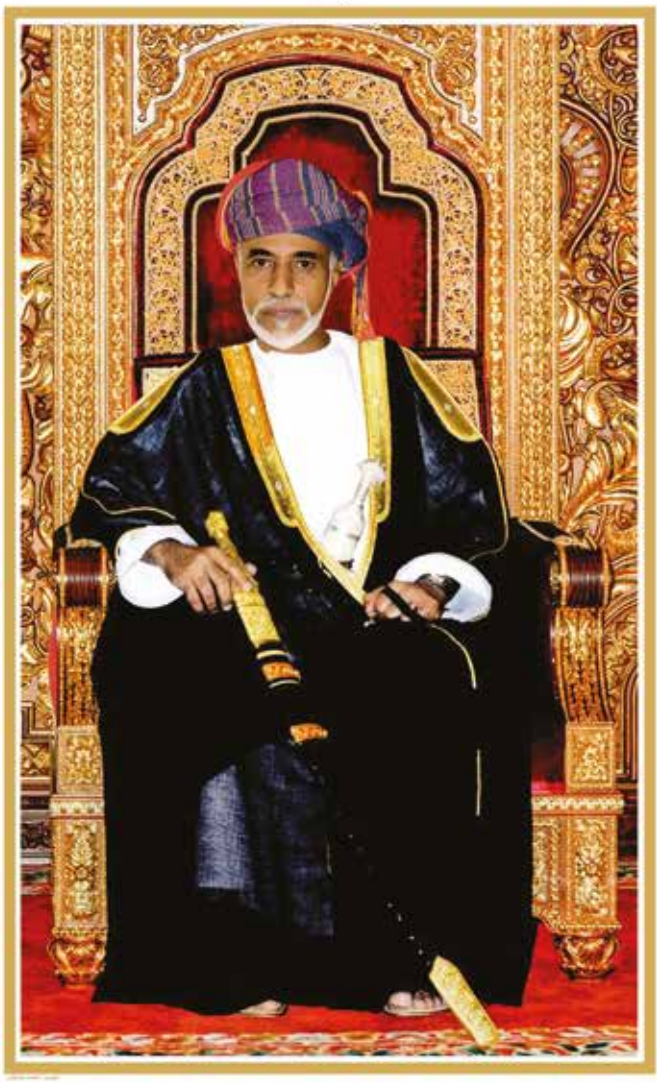
تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة جامعة كامبريدج.

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم ٣٦ / ٢٠٢٣ واللجان المنبثقة عنه



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



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيّب اللّه ثراه-



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

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)





النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

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

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ ضِياء
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: الاتزان في المحاليل المائية

الأنشطة:

١–١ الأحماض والقواعد ٢٤
١–٢ حسابات الرقم الهيدروجيني pH ٢٥
١–٣ أيونات الهيدروجين في معادلات ثابت الاتزان ٢٦
١–٤ الكواشف ومنحنيات المعايرة ٢٨
١–٥ ثابت حاصل الذوبانية ٣١
١–٦ المحاليل المنظمة ٣٢

الاستقصاءات العملية:

١–١ التغيّر في الرقم الهيدروجيني pH أثناء معايرة حمض–قاعدة ٣٥

الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

الأنشطة:

٢–١ الخلايا الكهروكيميائية ٤٤
٢–٢ استخدام جهد الاختزال القياسي ٤٧
٢–٣ قيم فولتية الخلايا الكهروكيميائية ٤٩
٢–٤ أثر تغير التركيز على قيم جهود الاختزال ٥٢
٢–٥ التحليل الكهربائي ٥٤
٢–٦ حسابات التحليل الكهربائي ٥٧

الاستقصاءات العملية:

٢-١ مقارنة فولتية (الجهد الكهربائي) للخلايا الكهروكيميائية (الخلايا الجلفانية) ٥٩
٢-٢ تحديد ثابت فارادي ٦٣
٢-٣ تغيّر تركيز الأيونات في خلية كهروكيميائية ٦٨

الوحدة الثالثة: طاقة الشبكة البلورية

الأنشطة:

٣-١ حلقات بورن-هابر ٧٦
٣-٢ التغير في المحتوى الحراري للمحاليل ٧٨
٣-٣ التغيّرات في المحتوى الحراري وطاقة الشبكة البلورية ٧٩

الاستقصاءات العملية:

٣-١ التغير في المحتوى الحراري لذوبان الكلوريدات ٨٢

الوحدة الرابعة: مشتقات الهيدروكربونات (١)

الأنشطة:

٤-١ تصنيف الكحولات ٩١
٤-٢ مركبات الكربونيل: التحضير والاختزال ٩٢
٤-٣ الأحماض الكربوكسيلية وتحضيرها ٩٣
٤-٤ تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية ٩٤
٤-٥ الإسترات ٩٥
٤-٦ بعض تفاعلات الكحولات ٩٦
٤-٧ تحضير الكحولات ٩٨

الاستقصاءات العملية:

٤-١ تحديد أربعة مركبات عضوية مجهولة ١٠٠

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 الثاني 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 الثاني 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 damaging	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.
- اقتراح 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 المنهجية (بما في ذلك الأخطاء الصفرية) والأخطاء العشوائية على القياسات.
- وصف تعديلات على تجربة ما من شأنها تحسين دقة البيانات أو توسيع نطاق الاستقصاء.

الاتزان في المحاليل المائية
Equilibria in Aqueous Solutions

أهداف التعلُّم

١-١ يصف تعريف أرهينيوس للأحماض والقواعد.

١-٢ يصف نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد.

١-٣ يعرّف المصطلحَين: الحمض المرافق والقاعدة المرافقة، ويستخدمهما.

١-٤ يعرّف أزواج (الحمض - القاعدة المترافقة)، ويحدد هذه الأزواج في التفاعلات الكيميائية.

١-٥ يصف الأحماض القوية والقواعد القوية في ضوء تأينها الكلي، والأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة في ضوء تأينها الجزئي في محاليلها المائية.

١-٦ يعرّف رياضيًّا المصطلحات: pH، K_a، pK_a، K_b، K_w ويستخدمها في الحسابات بما يتضمن استخدام العلاقة: $K_w = K_a \times K_b$

١-٧ يحسب H^+ وقيم pH لكل مما يلى:
(أ) الأحماض القوية
(ب) القواعد القوية
(ج) الأحماض الضعيفة
(د) القواعد الضعيفة

١-٨ يحدّد الكواشف العامّة المناسبة لمعايرة الأحماض والقواعد، بالاعتماد على البيانات المعطاة.

١-٩ يرسم منحنيات pH لمعايرة أحماض قوية أو ضعيفة مع قواعد قوية أو (لا يتضمن قاعدة ضعيفة مع حمض ضعيف).

١-١٠ يعرّف مصطلح ثابت حاصل الذوبانية (K_{sp})، ويستخدمه.

١-١١ يكتب علاقة تمثل ثابت حاصل الذوبانية K_{sp}.

١-١٢ يحسب قيمة K_{sp} من التراكيز، والعكس صحيح.

١-١٣ يفهم تأثير الأيون المشترك لشرح الذوبانية المختلفة لمركب موجود في محلول يحتوي على أيون مشترك ويستخدمه.

١-١٤ يجري حسابات باستخدام قيم K_{sp} وتركيز الأيون المشترك.

١-١٥ يعرّف المحلول المنظّم، ويشرح كيفية تحضيره.

١-١٦ يشرح، باستخدام المعادلات الكيميائية، كيف تتحكم المحاليل المنظمة بقيم pH .

١-١٧ يحسب قيم pH للمحاليل المنظمة، مستخدمًا البيانات المعطاة المناسبة.

١-١٨ يصف استخدامات المحاليل المنظمة ويشرحها، بما فيها دور HCO_3^- في التحكم بقيمة pH في الدم.

الأنشطة

نشاط ١-١ الأحماض والقواعد

مصطلحات علمية

الزوج المترافق (حمض-قاعدة) Conjugate pair: زوج من حمض وقاعدة يرتبط أحدهما بالآخر عن طريق انتقال بروتون واحد.

سوف تراجع في هذا النشاط بعض المصطلحات المستخدمة في تفاعلات الأحماض والقواعد، التي تتضمن فكرة **الأزواج المترافقة (حمض - قاعدة)**.

١. أكمل الجمل الآتية حول الأحماض والقواعد:

أ. حمض برونستد–لوري مادة ..... .

ب. ..... الحمض الضعيف بشكل جزئي في ..... المائي.

ج. تعد الأمونيا قاعدة ..... لأنها ..... بشكل جزئي عندما تذوب في الماء. يعد هيدروكسيد الصوديوم قاعدة ..... لأنه ..... .

٢. في كل من المعادلات الآتية حدّد المادة المتفاعلة التي تعدّ حمضًا والمادة المتفاعلة التي تعدّ قاعدة:

أ. $HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$

.....

ب. $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

.....

ج. $CH_3OH + NH_2^- \rightarrow CH_3O^- + NH_3$

.....

د. $NH_2OH + H_2O \rightleftharpoons NH_3OH^+ + OH^-$

.....

هـ. $H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H_2PO_4^-$

.....

و. $H_2SO_4 + HIO_3 \rightleftharpoons HSO_4^- + H_2IO_3^+$

.....

٣. حدّد الزوجَين المترافقَين حمض–قاعدة في كل من المعادلات الآتية:

أ. $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

.....

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

.....

ج. $CH_3NHCH_2NH_3^+ + H_2O \rightleftharpoons CH_3NHCH_2NH_2 + H_3O^+$

.....

د. $HSiO_3^- + H_2O \rightleftharpoons SiO_3^{2-} + H_3O^+$

.....

هـ. $HCO_2H + H_2O \rightleftharpoons HCO_2^- + H_3O^+$

.....

و. $NH_2OH + H_2O \rightleftharpoons NH_3OH^+ + OH^-$

.....

نشاط ٢-١ حسابات الرقم الهيدروجيني pH

سوف تتدرب في هذا النشاط على حساب قيم pH من تراكيز أيونات الهيدروجين. وستتعرف أيضًا على كيفية استخدام هذه القيم في العمليات الحسابية التي تتضمن قيم K_a للأحماض الضعيفة.

مهم

في السؤال ١ استخدم المعادلة:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

لحساب **ثابت تأين الحمض** K_a. يمكن تبسيط البسط من المعادلة إلى $[H^+]^2$ إذا كان تركيزا $[H^+]$ و $[A^-]$ متساويين، فقد يتعيّن عليك أولًا تحويل pH إلى $[H^+]$.

في السؤال ٢ استخدم المعادلة لحساب قيمة pH من pK_a:

$$pK_a = -\log \frac{[H^+]^2}{[HA]}$$

مصطلحات علمية

ثابت تأين الحمض Acid K_a ionisation constant:
هو ثابت الاتزان لتأين حمض ضعيف.

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

١. احسب قيم K_a للمحاليل المائية الآتية:

أ. حمض الإيثانويك (CH_3COOH) تركيزه 0.10 mol/L، وقيمة pH له 2.9.

.....

ب. أيون السيليكات الهيدروجينية ($HSiO_3^-$) تركيزه 0.002 mol/L، وقيمة pH له 7.29.

.....

ج. أيون الكبريتيت الهيدروجينية (HSO_3^-) تركيزه 0.005 mol/L، وقيمة pH له 4.75.

.....

٢. احسب قيم pH لكل مما يأتي:

أ. محلول مائي من حمض الميثانويك (HCOOH) تركيزه 0.20 mol/L

$K_a = 1.5 \times 10^{-4}$ mol/L

.....

ب. محلول مائي من حمض البروبانويك (C_2H_5COOH) تركيزه 0.010 mol/L

$K_a = 1.3 \times 10^{-5}$ mol/L

.....

ج. محلول مائي من حمض النيتروز (HNO_2) تركيزه 0.015 mol/L

$K_a = 4.7 \times 10^{-4}$ mol/L

.....

مهم

لحساب الرقم الهيدروجيني pH:
١- اكتب معادلة ثابت الاتزان
٢- احسب قيمة $[H^+]$
٣- احسب قيمة pH

نشاط ١-٣ أيونات الهيدروجين في معادلات ثابت الاتزان

سوف تتعرف في هذا النشاط على بعض المصطلحات المستخدمة في تفاعلات الاتزان للأحماض والقواعد. وسوف تتدرب على كتابة معادلات ثابت الاتزان وإجراء حسابات بسيطة للرقم الهيدروجيني pH.

مهم

يمكن حساب pH من تركيز H^+ باستخدام المعادلة $pH = -\log [H^+]$. اضغط أولًا على زر سالب ثم log في الآلة الحاسبة. ثم أدخل التركيز.

لحساب H^+ من الرقم الهيدروجيني pH، اضغط على (SHIFT log) – $[H^+]$. ربما لا تتبع بعض الآلات الحاسبة هذه القواعد. تحقق من كتيّب تعليمات آلتك الحاسبة.

مهم

تذكّر أن A^- تمثل ما يبقى من الحمض HA بعد إزالة H^+.

مصطلحات علمية

الرقم الهيدروجيني pH: هو سالب اللوغاريتم العشري لتركيز أيونات الهيدروجين: $pH = -\log_{10}[H^+]$.

$pK_a = -\log_{10}K_a$ هو سالب اللوغاريتم العشري لـ ثابت تأين الحمض).

١. طابق الأرقام من **1** إلى **4** في العمود الأيسر بمعادلته المناسبة من أ إلى د في العمود الأيمن.

أ.	$\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$	**1.**	K_w
ب.	$-\log_{10}K_a$	**2.**	K_a
ج.	$[H^+][OH^-]$	**3.**	pH
د.	$-\log_{10}[H^+]$	**4.**	pK_a

٢. ماذا يمثل كل من الرمزَين الآتيَين:

K_w .....

K_a .....

٣. احسب قيم pH للمحاليل الآتية:

أ. HCl تركيزه 0.02 mol/L .....

ب. HNO_3 تركيزه 0.125 mol/L .....

ج. HCl تركيزه 6.4×10^{-5} mol/L .....

٤. احسب تراكيز أيونات الهيدروجين الموجودة في المحاليل التي تمتلك قيم pH الآتية:

أ. 10.2 .....

ب. 6.4 .....

ج. 1.9 .....

٥. أ. احسب pH لمحلول من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH تركيزه 6.40×10^{-3} mol/L.

.....

ب. احسب pH لمحلول من هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ تركيزه 1.50×10^{-4} mol/L.

.....

مصطلحات علمية

ثابت تأين الماء
Ionic product of water:
هو ثابت الاتزان لتأيّن الماء، ويتم تمثيله بالمعادلة الآتية: $K_w = [H^+][OH^-]$

مهم

في السؤال ٥، استخدم المعادلة $K_w = [H^+][OH^-]$، حيث يمتلك ثابت تأين الماء القيمة $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ mol²/L².

ج. احسب تركيز أيونات الهيدروكسيد في محلول من هيدروكسيد الصوديوم قيمة pH له تساوي 12.5.

.....

نشاط ١-٤ الكواشف ومنحنيات المعايرة

ستدرس في هذا النشاط كيفية تغير قيمة pH عند إضافة أحماض قوية أو ضعيفة إلى قواعد قوية أو ضعيفة. وسوف تتعرّف على استخدام كواشف محددة لأنواع معيّنة من معايرات الأحماض والقواعد.

١. أكمل الجمل الآتية حول الكواشف، باستخدام الكلمات الآتية:

المتأيّنة	الأيسر	جزيئي	محدّد	يمين
قوي	بنفسجي	ضعيفة	واسع	الأصفر

مصطلحات علمية

كاشف حمض–قاعدة
Acid–base indicator:
حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة يتغير لونهما عبر مدًى محدد من قيم pH.

يتغيّر لون **كاشف حمض–قاعدة** في مدى ..... من قيم pH. تُعدّ هذه الكواشف عادة أحماضًا ..... حيث يمتلك الحمض HIn والأيون In^- لونَين مختلفَين. على سبيل المثال:

$$\underset{\text{أصفر}}{HIn} \rightleftharpoons H^+ + \underset{\text{بنفسجي}}{In^-}$$

تؤدي إضافة قطرات من الكاشف إلى فائض من الحمض إلى انزياح موضع الاتزان نحو الطرف ..... من المعادلة ويتحوّل لون الكاشف إلى ..... يعتمد لون الكاشف على التراكيز النسبية للجسيمات ..... وغير المتأينة.

٢. يوضح التمثيل البياني أدناه **منحنى pH للمعايرة**، حيث تتغيّر قيم pH عند إضافة حمض قوي إلى قاعدة ضعيفة.



الشكل ١–١: التغيرات في الرقم الهيدروجيني pH أثناء المعايرة.

مهم

يمثّل الحجم الذي يتمّ الحصول عليه من الجزء الأكثر انحدارًا من منحنى pH للمعايرة نقطة–نهاية المعايرة.

يمتلك الكاشف المناسب لمعايرة ما مدًى من الألوان يتطابق مع الجزء الأكثر انحدارًا على المنحنى.

أ. صف بالتفصيل شكل هذا المنحنى.

.....

.....

ب. ما حجم الحمض الذي تمّت إضافته بالضبط لمعادلة القاعدة؟

.....

.....

مهم

مدى الكاشف: قيم pH التي تقع بين قيمة pH التي يبدأ عندها تغيّر لون الكاشف وقيمة pH التي يكتمل عندها تغير اللون.

نقطة – نهاية المعايرة: النقطة الموجودة على منحنى المعايرة حيث يكون التفاعل قد اكتمل تمامًا من حيث التناسب الكيميائي ويحدث عندها تغير مفاجئ في اللون.

٣. يوضح الجدول أدناه مدى pH لبعض الكواشف.

الكاشف	مدى pH
أزوليتمين	5.0–8.0
البروموكريزول الأخضر	3.8–5.4
الثايمول الأزرق	1.2–2.8
الثايمول فثالين	8.3–10.6
الميثيل البنفسجي	0.0–1.6

الجدول ١–١: مدى pH.

أ. أيّ من هذه الكواشف يُعدّ الأفضل لاستخدامه لتحديد نقطة-النهاية للتفاعل بين حمض قوي وقاعدة ضعيفة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

ب. اشرح سبب عدم ملاءمة كاشف الميثيل البنفسجي لتحديد نقطة-النهاية في هذه المعايرة.

.....

.....

.....

٤. ارسم التمثيل البياني لتغير قيمة pH في كل من المعايرتَين الآتيتَين موضحًا الكاشف المناسب في كل معايرة، ومستعينًا بالجدول السابق:

أ. معايرة 20 mL من هيدروكسيد البوتاسيوم المائي تركيزه 0.1 mol/L باستخدام 20 mL من حمض الإيثانويك تركيزه 0.2 mol/L.

ب. معايرة 20 mL من هيدروكسيد الصوديوم المائي تركيزه 0.01 mol/L، باستخدام 20 mL من حمض الكبريتيك تركيزه 0.01 mol/L.

نشاط ١-٥ ثابت حاصل الذوبانية

سوف تتدرب في هذا النشاط على حساب ثابت حاصل الذوبانية K_{sp} والتنبؤ بإمكانية تكوّن راسب عند خلط محلولَين مختلفَين.

١. أكمل المعادلات الكيميائية ومعادلات ثابت حاصل الذوبانية K_{sp} مع كتابة وحدات القياس الصحيحة في الجدول أدناه.

المعادلة الكيميائية	معادلة ثابت حاصل الذوبانية	وحدة القياس
$Fe(OH)_2(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$	$K_{sp} = [\text{———}]\,[OH^-]^2$	mol^3/L^3
$SnCO_3(s) \rightleftharpoons Sn^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$	$K_{sp} = [\text{———}]\,[\text{———}]$	mol^2/L^2
$Ag_2CrO_4(s) \rightleftharpoons$ ———	.....	.....
$Ag_3PO_4(s) \rightleftharpoons$ ———	.....	.....
$Cr(OH)_3(s) \rightleftharpoons$ ———	.....	.....
$Ag_2S(s) \rightleftharpoons$ ———	.....	.....

الجدول ١-٢: معادلات ثابت حاصل الذوبانية لبعض المركبات.

مهم

عند حساب ثابت حاصل الذوبانية، تأكد من أنك تأخذ في الحسبان عدد الأيونات الموجودة، على سبيل المثال، في محلول من $PbCl_2$ تركيزه 0.2 mol/L، يكون تركيز أيونات Cl^- يساوي 0.4 mol/L.

مصطلحات علمية

ثابت حاصل الذوبانية K_{sp} Solubility product:
حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة في المحلول المشبع لملح شحيح الذوبان عند درجة حرارة معينة، مرفوعة لأس معاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة.

٢. احسب **ثابت حاصل الذوبانية K_{sp}** للمحاليل المشبعة الآتية مستعينًا بقيم الذوبانية الموضحة أمام كل ملح. ضمّن إجاباتك الوحدات الصحيحة:

أ. كبريتيد الفضة Ag_2S (الذوبانية 5.25×10^{-17} mol/L)

.....

ب. كبريتات الرصاص $PbSO_4$ (الذوبانية 1.48×10^{-4} mol/L)

.....

ج. برومات الباريوم $Ba(BrO_3)_2$ (الذوبانية 9.86×10^{-5} mol/L)

.....

٣. احسب ذوبانية المركبَين الآتيَين بوحدة mol/L مستعينًا بقيم ثابت حاصل الذوبانية الموضحة أمام كل ملح.

أ. كبريتات الباريوم $BaSO_4$ ($K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10}$ mol^2/L^2)

.....

ب. كبريتيد الكادميوم CdS ($K_{sp} = 8.0 \times 10^{-27}$ mol^2/L^2)

.....

٤. تمّ خلط حجمَين متساويَين من محلول من كلوريد السترونشيوم ($SrCl_2$) تركيزه 8.0×10^{-6} mol/L ومحلول من كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) تركيزه 1.0×10^{-4} mol/L. هل سيتكوّن راسب؟ وضّح خطوات الحل.

($K_{sp}(SrCO_3) = 1.1 \times 10^{-10}$ mol²/L²)

.....

.....

.....

٥. تمّ خلط 10 mL من حمض الكبريتيك (H_2SO_4) تركيزه 0.050 mol/L مع 10 mL من محلول من كلوريد السترونشيوم ($SrCl_2$) تركيزه 5.0×10^{-7} mol/L. هل سيتكوّن راسب من كبريتات السترونشيوم؟ وضّح خطوات الحل.

K_{sp} ($SrSO_4$) = 3.77×10^{-7} mol²/L²

.....

.....

.....

نشاط ١-٦ المحاليل المنظمة

سوف تتعرف في هذا النشاط كيف تحافظ المحاليل المنظمة على قيم pH ثابتة نسبيًّا عند إضافة كميات صغيرة من حمض قوي أو قاعدة قوية. وستتدرب أيضًا على عمليات حسابية تتضمن محاليل منظمة.

مهم

يمكن استخدام المعادلة الآتية:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

لحساب قيمة الرقم الهيدروجيني pH لمحلول منظم، يَظهر تركيز الحمض الضعيف HA، وتركيز قاعدته المرافقة A^-، كلاهما في المعادلة لأنه تمّت إضافة كمية إضافية من القاعدة (في هيئة ملح).

١. اشرح المقصود بمصطلح المحلول المنظم.

.....

.....

٢. أكمل الجمل الآتية حول المحلول المنظم الموضح بالمعادلة الآتية:

$$C_3H_7COOH \rightleftharpoons C_3H_7COO^- + H^+$$
$$0.2\ mol/L \qquad 0.2\ mol/L$$

في هذا المحلول المنظم تكون القاعدة المرافقة ..... .
عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي ينزاح موضع الاتزان إلى ..... لأن أيونات ..... التي يمنحها الحمض القوي تتحد مع أيونات ..... من المحلول المنظم. لا ينخفض تركيز ..... بشكل ملحوظ ولا يرتفع تركيز ..... بشكل ملحوظ لأن الحمض والقاعدة (الملح) موجودان كلاهما بتراكيز ..... نسبيًّا. لا تتغير نسبة $[C_3H_7COO^-]$ إلى $[C_3H_7COOH]$ كثيرًا، لذا فإن قيمة pH ..... .

٣. اكتب وصفًا مشابهًا لما يحدث عند إضافة كمية قليلة من مادة قلوية قوية إلى المحلول المنظم المذكور في السؤال ٢.

.....

.....

٤. يحتوي محلول على حمض البروبانويك C_2H_5COOH تركيزه 0.5 mol/L وبروبانوات الصوديوم C_2H_5COONa تركيزها 0.4 mol/L. احسب قيمة pH لهذا المحلول المنظم، إذا علمت أن ($K_a = 1.35 \times 10^{-5}$ mol/L).

.....

.....

٥. ما عدد مولات بروبانوات الصوديوم (C_2H_5COONa) التي يجب إضافتها إلى 1 L من محلول يحتوي على حمض البروبانويك (C_2H_5COOH) بتركيز 1.00 mol/L لتحضير محلول منظم قيمة pH له تساوي 5.2؟ ($K_a = 1.35 \times 10^{-5}$ mol/L)

.....

.....

٦. احسب قيمة pH لمحلول منظم يحتوي على 300 mL من حمض الإيثانويك CH_3COOH تركيزه 0.50 mol/L و 100 mL من إيثانوات الصوديوم CH_3COONa تركيزها 0.80 mol/L، إذا علمت أن ($K_a = 1.70 \times 10^{-5}$ mol/L).

.....

.....

٧. أكمل الجمل الآتية حول التأثير المنظم لأيونات HCO_3^- في الدم باستخدام كلمات من القائمة أدناه.

$$H^+(aq) + HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2O(l)$$

ملاحظة (يمكن استخدام الكلمة أكثر من مرة أو يمكن عدم استخدامها على الإطلاق).

تراكيز	**الاتجاه**	**الذائبَين**	**الفائض**	**الهيدروجين**
الكربونات الهيدروجينية	**pH**	**درجة الحرارة**	**حجوم**	

تُحفظ قيمة pH في الدم ثابتة بوساطة التأثير المنظم لثاني أكسيد الكربون وأيونات ..... الذائبة في الدم. إذا كان الدم حمضيًّا ولو بشكل خفيف، فإن تركيز أيونات ..... يصبح أعلى قليلًا من التركيز المعتاد، فينزاح موضع الاتزان في ..... الذي يزيل ..... من أيونات الهيدروجين. لا يتغير تركيز كل من ..... وثاني أكسيد الكربون ..... في الدم بشكل ملحوظ لأن كلَيهما يمتلكان ..... مرتفعة بشكل كاف لمنع التغيرات الطفيفة في قيم ..... .

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ١-١ التغيّر في الرقم الهيدروجيني pH أثناء معايرة حمض-قاعدة

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم الأساليب واقتراح التحسينات.

مهم

يتأين: يتعرّض للتأين، انقسام المركّبات إلى أيونات.

يتأين حمض الإيثانويك لتكوين أيونات الإيثانوات وأيونات الهيدروجين، وفقًا للمعادلة الآتية:

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

يمكن تحديد تركيز حمض الإيثانويك من نتائج التجربة التي توضح كيف تتغيّر قيم pH عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى الحمض.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- سحاحة زجاج سعة 50 mL
- كأس زجاجية سعة 100 mL
- ماصة سعة 25 mL
- مضخة ماصة
- ساق زجاجية للتقليب أو مخلط مغناطيسي
- جهاز مقياس الحموضة أو مجس الحموضة pH
- حامل حديد كامل
- حامل سحاحة
- قمع زجاجي لملء السحاحة
- حمض الإيثانويك المخفّف بتركيز مجهول (حمض الخليك)
- هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.10 mol/L
- جهاز حاسوب مثبت عليه برنامج لمجس الحموضة.
- عدّاد قطرات

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

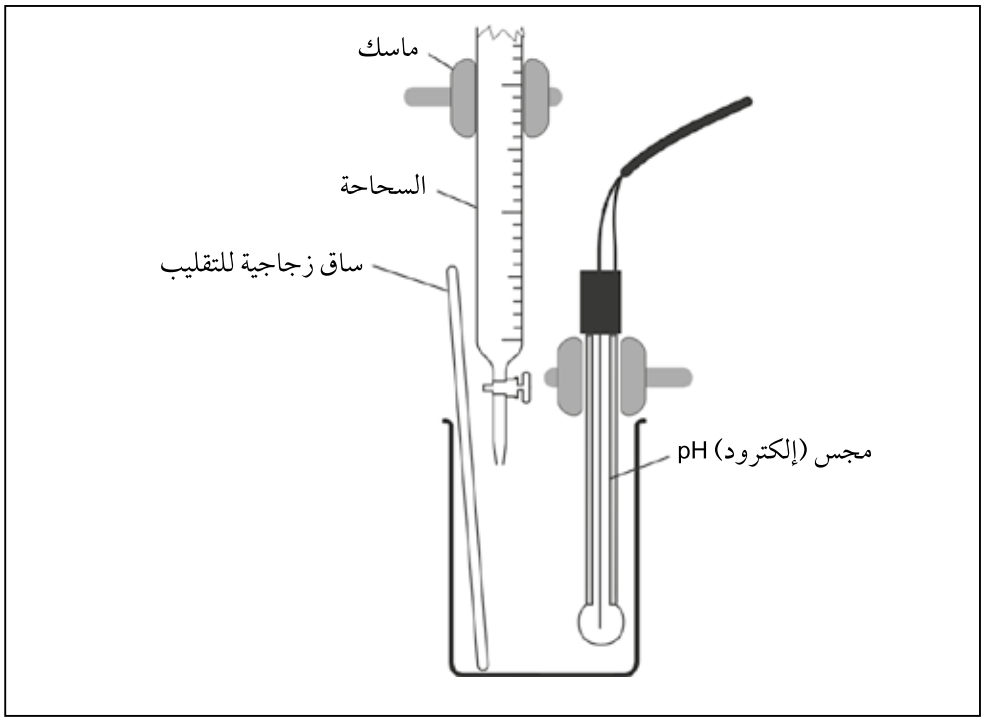
- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتدِ نظارات واقية للعينين في جميع مراحل الاستقصاء.
- تعامل بحذر مع حمض الإيثانويك المستخدم في هذه التجربة.
- يعدّ هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.10 mol/L مادة مهيجة.

الطريقة

١. استخدم ماصة ومضخة ماصة لإضافة 25 mL من محلول حمض الإيثانويك في الكأس الزجاجية سعة 100 mL.

٢. املأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه (0.10 mol/L). سجّل قراءة السحاحة في جدول نتائج.

٣. قم بإعداد الجهاز كما هو موضح في الشكل أدناه. قم بتوصيل مجس pH بجهاز مقياس الحموضة pH وثبّته برفق بحيث يكون الجزء السفلي من مجس pH قريبًا من قاع الكأس. أضف بعض القطرات من الكاشف فينولفثالين.



الشكل ١–٢: قياس pH.

مهم

عندما تبدأ قيم pH بالازدياد بشكل متسارع، أضف هيدروكسيد الصوديوم بمقدار 0.05 mL (أي ما يعادل قطرة واحدة من محتويات السحاحة في كل مرّة) حتى تعود قيم pH للازدياد بمعدل سرعة بطيء.

٤. سجّل قيمة pH الابتدائية.

٥. أضف نحو 2.0 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم من السحاحة إلى الكأس الزجاجية.

٦. حرّك المحلول في الكأس بوساطة ساق التقليب الزجاجية مع الحرص على عدم ملامسة مجس pH (لا ترفع ساق التقليب الزجاجية من الكأس).

٧. سجّل قيمة pH.

٨. أضف 2.0 mL أخرى من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى الكأس.

٩. كرّر الخطوتَين ٦ و ٧.

١٠. استمر في إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بكميّات من 2.0 mL مع التحريك وتسجيل قيم pH (في كل مرّة) حتى يكون حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف قد وصل إلى 34 mL.

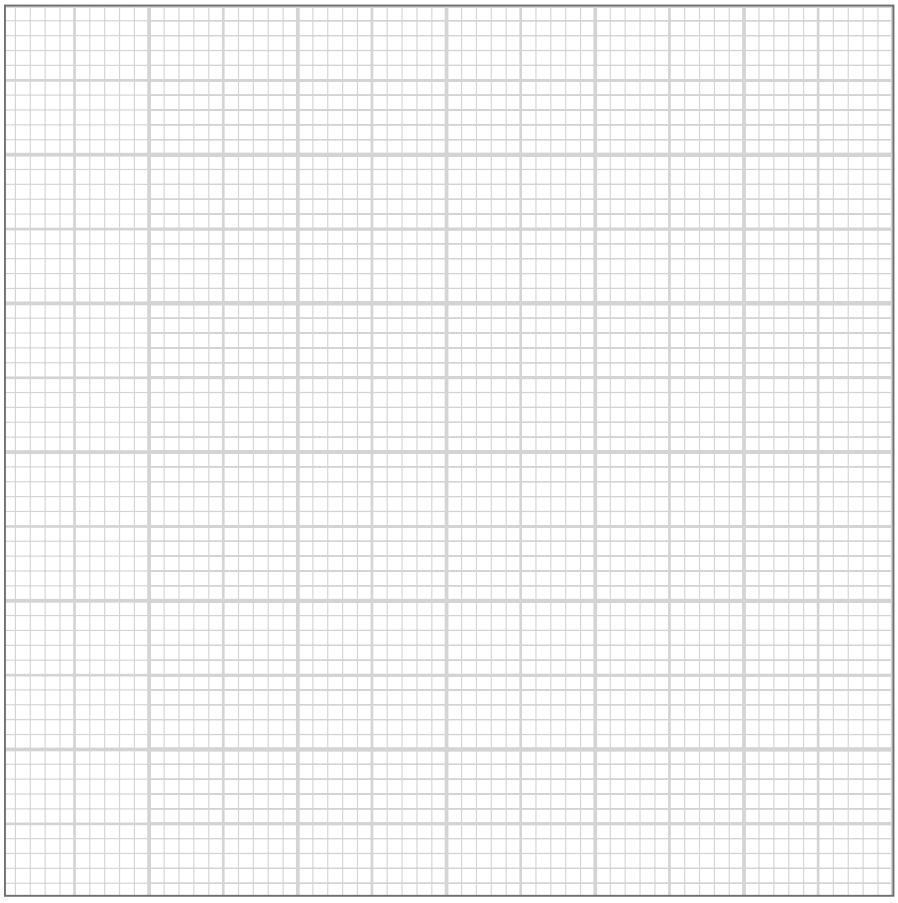
النتائج

أنشئ جدولًا مناسبًا لتسجيل نتائجك.

كمية محلول هيدروكسيد الصوديوم المضافة (mL)	pH
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	
32	
34	

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. استخدم ورق التمثيل البياني لرسم قيم pH مقابل حجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف.



٢. صف شكل المنحنى، واقترح أي جزء منه يوضح نقطة–النهاية للمعايرة.

.....

.....

.....

.....

٣. استنتج من نقطة–النهاية للمعايرة حجم هيدروكسيد الصوديوم اللازم للتعادل.

.....

.....

٤. استخدم المعلومات من التمثيل البياني لتشرح سبب عدم تعادل المحلول الناتج عند نقطة–النهاية لهذه المعايرة.

.....

.....

.....

٥. احسب تركيز محلول حمض الإيثانويك.

.....

.....

.....

٦. ارسم دائرة حول أيّة نقاط خارج منحنى التمثيل البياني الذي رسمته. اقترح سبب كون هذه النقاط خارجة عن المنحنى الذي رسمته، واصفًا كيف ستتعامل معها.

.....

.....

.....

٧. اقترح تحسينًا في النشاط العملي يساعدك على تحديد نقطة–النهاية بدقة أكبر.

.....

.....

.....

٨. لماذا يجب ترك مجس pH والساق الزجاجية في الدورق أثناء المعايرة؟
إلى أي مدى يؤثّر ذلك على النتيجة الإجمالية؟

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. تحتوي المياه الغازية على محلول مائي من حمض الكربونيك H_2CO_3.

$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$ ($K_a = 4.5 \times 10^{-7}$ mol/L)

أ. ١– لماذا يعد H_2CO_3 حمضًا وفق نظرية برونستد – لوري؟ اشرح إجابتك.

٢– حدد الأزواج المترافقة في المعادلة أعلاه.

ب. اكتب علاقة لثابت الاتزان لهذا التفاعل.

ج. ١– احسب قيمة pH لمحلول من حمض الكربونيك تركيزه 0.01 mol/L.

٢– اذكر افتراضَين قدمتهما عند إنشاء معادلة ثابت الاتزان. **برّر** كل من هذين الافتراضين.

٢. يتأيّن كل من حمض الإيثانويك وحمض النيتريك في الماء على النحو الآتي:

المعادلة 1: $CH_3CO_2H(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3CO_2^-(aq) + H_3O^+(aq)$

المعادلة 2: $HNO_3(aq) \rightarrow NO_3^-(aq) + H^+(aq)$

أ. اشرح سبب اعتبار حمض الإيثانويك ضعيفًا، بينما يُعدّ حمض النيتريك قويًّا.

ب. ١– اكتب معادلة ثابت الاتزان K_a للمعادلة الكيميائية (1).

٢– غالبًا ما يُحذف الماء في معادلة الاتزان للمعادلة الكيميائية (1) ويُكتب H^+ بدلًا من H_3O^+. اشرح السبب الذي يجعل حذف الماء ممكنًا.

ج. يتعادل حمض النيتريك مع هيدروكسيد الصوديوم. اكتب أبسط معادلة أيونية لهذا التفاعل.

مهم

في الجزئية ج ١، يجب أن تأخذ في الحسبان درجة تأيّن كل من الحمض والمذيب (الماء).

أفعال إجرائية

برّر Justify: ادعم الموضوع بالأدلة والحجة.

مهم

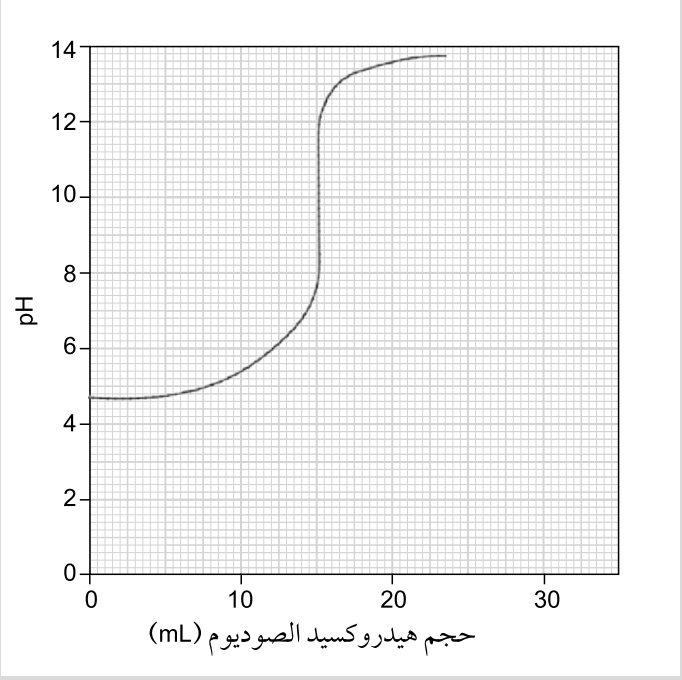
عندما يطلب إليك الشرح في سؤال، عليك تضمين شواهد أو معارف ذات صلة بالمحتوى المطروح. فكّر في تركيز الماء عند الإجابة عن الجزئية (ب ٢).

أسئلة نهاية الوحدة

مهم

تذكّر أن الأسئلة قد تغطّي عدة مواضيع من مجالات مختلفة من الكتاب.

٣. يوضح التمثيل البياني أدناه تغيّر pH عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.02 mo/L إلى محلول من حمض الإيثانويك.



مهم

في الجزئية **٣ ب** و **ج**، عليك حساب التراكيز بعد خلط المحلولين.

في الجزئية **٣ ج**، استخدم قيمة K_w في الحسابات وقم بإعادة ترتيب المعادلة.

أ. استنتج المعادلة الأيونية لهذا التفاعل.

ب. احسب تركيز أيون H^+ في محلول حمض الإيثانويك عند بداية التجربة.

ج. احسب تركيز أيون H^+ في محلول هيدروكسيد الصوديوم عند بداية التجربة. ($K_w = 1.00 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$)

د. صف كيفية استخدام حمض الإيثانويك وإيثانوات الصوديوم لتحضير محلول يعمل كمحلول منظم عند قيمة pH معيّنة.

هـ. ١- اقترح كاشفًا مناسبًا يمكن استخدامه.

٢- يكون لون أزرق البروموفينول أصفر عند pH = 2.8 وأزرق عند pH = 4.6. اشرح سبب عدم استخدام أزرق البروموفينول لتحديد نقطة-النهاية لهذا التفاعل.

تابع

٤. إذا علمت أن قيمة ثابت حاصل الذوبانية (K_{sp}) لكربونات الماغنيسيوم ($MgCO_3$) تساوي $1.0 \times 10^{-5}\ mol^2/L^2$، فأجب عما يأتي:

أ. ١- اكتب علاقة ثابت حاصل الذوبانية لكربونات الماغنيسيوم.

٢- استنتج ذوبانية كربونات الماغنيسيوم.

ب. إذا علمت أن ذوبانية كربونات الفضة (Ag_2CO_3) في الماء تساوي $1.2 \times 10^{-5}\ mol/L$، فأجب عمّا يأتي:

١- اكتب علاقة ثابت حاصل الذوبانية لكربونات الفضة. ضمّن إجابتك الوحدة الصحيحة.

٢- استنتج قيمة ثابت حاصل الذوبانية لكربونات الفضة.

ج. ١- ما تأثير الأيون المشترك على ذوبانية الأملاح؟

٢- تم غسل راسب من كبريتات الباريوم بحمض الكبريتيك المخفف بدلًا من الماء. اشرح سبب القيام بذلك.

د. تم خلط حجمَين متساويين من محلول كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) تركيزه 0.01 mol/L ومحلول كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) تركيزه 0.02 mol/L. **وضّح** بالحسابات ما إذا كان سيتكوّن راسب من كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) أم لا، إذا علمت أن $K_{sp} = 2.0 \times 10^{-5}\ mol^2/L^2$

٥. يكوّن مخلوط من حمض البيوتانويك (C_3H_7COOH) و**بيوتانوات** الصوديوم (C_3H_7COONa) محلولًا منظمًا. ويتم تمثيله بمعادلة الاتزان الآتية:

$$C_3H_7COOH \rightleftharpoons C_3H_7COO^- + H^+$$

أ. صف ما يحدث لقيمة pH لهذا المحلول عند إضافة كمية قليلة من مادة قلوية قوية واشرحه.

ب. احسب قيمة pH لمحلول يحتوي على 50 mL من حمض البيوتانويك (C_3H_7COOH) تركيزه 0.2 mol/L و 150 mL من بيوتانوات الصوديوم (C_3H_7COONa) تركيزها 0.4 mol/L. ($K_a = 1.5 \times 10^{-5}\ mol/L$).

٦. صف دور الأيونات HCO_3^- في التحكم بقيمة pH في الدم. ضمّن إجابتك المعادلة ذات الصلة.

مهم

في الجزئيتين ٤ **ب** و **د**، انتبه للتراكيز. لا تكون التراكيز التي يتم تعويضها في المعادلات دائمًا تلك التي ترد في نص السؤال.

في الجزئية ج ٢ ينبغي أن تأخذ في الحسبان تأثير الأيون المشترك.

أفعال إجرائية

وضّح Demonstrate: اشرح كيف أو أعط مثالًا.

مصطلحات علمية

بيوتانوات Butanoate:
في هذا السياق، هو الأيون السالب $C_3H_7CO_2^-$، الموجود في بيوتانوات الصوديوم. هذا الأيون هو القاعدة المرافقة لحمض البيوتانويك.

مهم

يتضمن السؤال ٥ إعادة ترتيب المعادلات. تأكد من أنك تعرف كيفية القيام بذلك.

الكيمياء الكهربائية
Electrochemistry

أهداف التعلُّم

٢-١ يعرّف المصطلحات الآتية:
(أ) جهد القطب الكهربائي القياسي.
(ب) جهد الاختزال القياسي.
(ج) جهد الخلية القياسي.

٢-٢ يصف قطب الهيدروجين القياسي.

٢-٣ يصف الطرائق المستخدمة لقياس قيم جهود الاختزال القياسية لكل من:
(أ) فلزات مع أيوناتها (فلز/أيون الفلز) في محلول مائي.
(ب) لافلزات مع أيوناتها (لافلز/أيون اللافلز) في محلول مائي.
(ج) أيونات العنصر نفسه (أيون/أيون) الموجودة في حالات تأكسد مختلفة.

٢-٤ يحسب جهد الخلية القياسي باستخدام العلاقة الآتية:
$E_{cell}^{\ominus} = E_r^{\ominus}$ (Cathode) - $E_r^{\ominus}$ (Anode)

٢-٥ يستخدم قيم جهود الخلية الكهربائية القياسية لما يأتي:
(أ) يستنتج إشارة كل قطب كهربائي (+ أو −)، واتجاه تدفق الإلكترونات في الدائرة الكهربائية الخارجية لخلية كهربائية بسيطة.
(ب) يتنبأ بإمكانية حدوث تفاعل ما.

٢-٦ يستنتج، من قيم جهود الاختزال القياسي $E_r^{\ominus}$، النشاط الكيميائي النسبي للعناصر، والمركبات، والأيونات بوصفها عوامل مؤكسِدة أو عوامل مختزِلة.

٢-٧ يُنشئ معادلات أكسدة/اختزال باستخدام أنصاف-المعادلات ذات الصلة.

٢-٨ يتنبأ نوعيًّا بأثر تغيير تراكيز الأيونات في محاليلها المائية على قيمة جهد الاختزال E_r.

٢-٩ يستخدم معادلة نيرنست الآتية:

$$E_r = E_r^{\ominus} - (0.059/z)\log_{10}Q$$

$$Q = \frac{[\text{الجسيمات الناتجة}]^a}{[\text{الجسيمات المتفاعلة}]^b}$$

(حيث a و b تمثل أعداد مولات الجسيمات)، ليتنبأ حسابيًّا، بأثر تغيير تراكيز الأيونات في محاليلها المائية على قيمة جهد الاختزال E_r.

٢-١٠ يتنبأ بالمواد المتكونة خلال عملية التحليل الكهربائي لإلكتروليت ما وفقًا لكل من:
(أ) حالة الإلكتروليت الفيزيائية (مصهورًا أو مائيًّا).
(ب) موقع الأيونات في سلسلة جهود الاختزال القياسية.
(ج) تركيز الأيونات.

٢-١١ يحسب ما يلي:
(أ) كمية الشحنة المنتقلة خلال عملية التحليل الكهربائي، باستخدام العلاقة الرياضية
$Q = I \cdot t$
(ب) كتلة أو حجم المادة الناتجة خلال عملية التحليل الكهربائي.

٢-١٢ يذكر العلاقة الرياضية، $F = N_A.e$ بين ثابت فارادي F، وثابت أفوجادرو N_A، والشحنة الموجودة على الإلكترون e ويطبقها.

٢-١٣ يصف عملية تحديد قيمة ثابت أفوجادرو بوساطة التحليل الكهربائي.

الأنشطة

نشاط ٢-١ الخلايا الكهروكيميائية

مصطلحات علمية

الخلية الكهروكيميائية Electrochemical cell:
خلية مكوّنة من نصفَي – خليتَين متصلتَين بوساطة قنطرة ملحية ودائرة كهربائية خارجية تسمح بتدفق الإلكترونات فيما بينهما.

ستتعرف في هذا النشاط على تركيب **الخلايا الكهروكيميائية** (الخلايا الجلفانية) وتفاعلات الأكسدة–اختزال التي تحدث عند الآنود والكاثود. وستراجع أيضًا تفاعلات إزاحة الفلزات في ضوء قيم جهود الاختزال القياسي (السلسلة الكهروكيميائية) وستفهم كيف يمكن للاختلاف في النشاط الكيميائي أن يكون مرتبطًا بالاختلاف في الفولتية (فرق الجهد الكهربائي) التي يتم الحصول عليها عند جمع مجموعات مختلفة من الفلزات وأيونات الفلزات في الخلايا الكهروكيميائية.

١. يرد أدناه ترتيب بعض المواد من حيث النشاط الكيميائي:

نصف – المعادلة	$E_r^{\ominus}$ / V
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}(aq)$	+2.01
$Cl_2(g) + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-(aq)$	+1.36
$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$	+0.80
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-_{(aq)}$	+0.40
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s)$	+0.34
$H^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}H_2(g)$	0.00
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$	–0.13
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	–0.76
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Mg(s)$	–2.38
$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$	–2.71

ازدياد سهولة الاختزال عند المهبط (الكاثود)

اكتب أنصاف–معادلات الأكسدة – الاختزال لكل من التفاعلات الآتية:

أ. فلز الكوبالت مع أيونات الرصاص (II)

.....

ب. أيونات النحاس (II) مع فلز الخارصين

.....

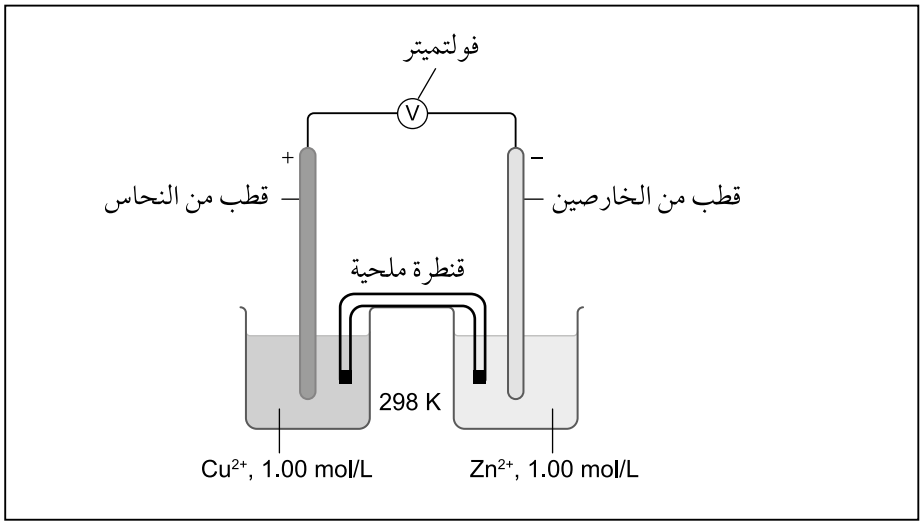
ج. فلز الألومنيوم مع أيونات الفضة

.....

د. أيونات القصدير (II) مع فلز الماغنيسيوم

.....

٢. يوضح الشكل ٢-١ خلية كهروكيميائية (جلفانية).



الشكل ٢-١: خلية جلفانية.

- تتدفق الإلكترونات في السلك الكهربائي من القطب الذي يمتلك جهد الاختزال القياسي الأقل إلى القطب الذي يمتلك جهد الاختزال القياسي الأكبر.
- الفولتية الناتجة هي قياس للفرق في جهد الاختزال القياسي بين الفلزَين.

أ. اكتب نصف-المعادلة للتفاعل الذي يحدث عند:

قطب النحاس .....

قطب الخارصين .....

ب. أي من نصفي-المعادلة السابقَين يمثّل تفاعل اختزال، وأيهما يمثّل تفاعل أكسدة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ج. لماذا قطب الخارصين يمثّل الآنود؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

د. اشرح اتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الكهربائية الخارجية.

.....

.....

هـ. ما أهمية القنطرة الملحية؟

.....

.....

مصطلحات علمية

نصف–الخلية Half-cell: نصف–خلية كهروكيميائية تمنح إلكترونات إلى دائرة كهربائية خارجية أو تستقبل إلكترونات من دائرة كهربائية خارجية عند توصيلها بنصف–خلية أخرى.

٣. يمكن استخدام موقع الفلزات في سلسلة النشاط لمقارنة الفولتية لتوليفات مختلفة من الفلزات وأيونات الفلزات ذات التركيز 1.0 mol/L.
استخدم جدول قيم جهود الاختزال القياسية والشكل ٢–١ لاقتراح ما سيحدث للفولتية (الجهد الكهربائي) عندما:

أ. يتم استبدال نصف–الخلية Cu^{2+}/Cu بنصف–الخلية Ag^{+}/Ag.

.....

ب. يتم استبدال نصف–الخلية Zn^{2+}/Zn بنصف–الخلية Mg^{2+}/Mg.

.....

ج. يتم استبدال نصف–الخلية Zn^{2+}/Zn بنصف–الخلية Sn^{2+}/Sn.

.....

د. يتم استبدال نصف–الخلية Cu^{2+}/Cu بنصف–الخلية Fe^{2+}/Fe.

.....

هـ. يتم استبدال نصف–الخلية Zn^{2+}/Zn بنصف–الخلية Cu^{2+}/Cu.

.....

نشاط ٢-٢ استخدام جهد الاختزال القياسي

ستراجع في هذا النشاط **جهود الأقطاب الكهربائية** و**قطب الهيدروجين القياسي**. وسترى أيضًا كيفية استخدام جهود الأقطاب الكهربائية لوصف مدى سهولة اختزال أو أكسدة جسيمات معيّنة (جزيئات أو أيونات أو فلزات).

تأكّد من أنك تفهم المصطلحات جهد القطب القياسي ونصف-الخلية وقطب الهيدروجين القياسي.

١. أي من الظروف الآتية ينطبق على قطب الهيدروجين القياسي؟

أ. غاز الهيدروجين عند ضغط مقداره 1 kPa، أيونات H^+ بتركيز 0.10 mol/L، درجة حرارة 298 K / القطب الكهربائي: Pt

ب. غاز الهيدروجين عند ضغط مقداره 0.1 kPa، أيونات H^+ بتركيز 1.00 mol/L، درجة حرارة 273 K / القطب الكهربائي: Ag

ج. غاز الهيدروجين عند ضغط مقداره 100 kPa، أيونات H^+ بتركيز 1.00 mol/L، درجة حرارة 298 K / القطب الكهربائي: Pt

د. غاز الهيدروجين عند ضغط مقداره 1 kPa، أيونات H^+ بتركيز 1.00 mol/L، درجة حرارة 298 K / القطب الكهربائي: Fe

٢. أكمل معادلة التفاعل الذي يحدث عند قطب الهيدروجين القياسي.

$$H^+(aq) + \text{.....} \rightleftharpoons \text{.....}$$

٣. أكمل ما يلي باستخدام كلمات من القائمة أدناه:

الصعب	**الأيسر**	**مؤكسِدًا**	
منخفضة	**مختزِلًا**		

في التفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية: $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Fe(s)$ $E_r^\ominus = -0.44$ V

كلما كانت قيمة جهد الاختزال القياسي ..... كان من ..... اختزال الأيونات الموجودة على الطرف ..... من نصف-المعادلة. وبالتالي سيكون الفلز الموجود على الطرف الأيمن من نصف-المعادلة عاملًا ..... قويًّا نسبيًّا. ويكون أيونه الموجود على الطرف الأيسر عاملًا ..... ضعيفًا نسبيًّا.

مهم

يسمى جهد القطب الكهربائي القياسي أيضًا جهد الاختزال القياسي.

مصطلحات علمية

جهد القطب الكهربائي Standard potential, *E*: ميل القطب الكهربائي للاختزال أو الأكسدة في الخلية الكهروكيميائية.

جهد القطب الكهربائي القياسي Standard electrode potential $E^\ominus$: قيمة الفولتية المقاسة (فرق الجهد الكهربائي) لنصف-خلية قياسية عند توصيلها بقطب هيدروجين قياسي في الظروف القياسية.

جهد الاختزال القياسي Standard reduction potential $E_r^\ominus$: هو الفولتية الناتجة من تفاعل الاختزال الذي يحدث في نصف-خلية في الظروف القياسية، بالمقارنة مع قطب الهيدروجين القياسي.

مهم

تشير جهود الأقطاب الكهربائية القياسية إلى نصف-معادلة تفاعل الاختزال.

على سبيل المثال:

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

$E_r^\ominus = +0.34$ V

مهم

بالنسبة إلى السؤال ٤، تذكّر أن جهود الاختزال القياسية لبعض أنصاف-الخلايا تكون موجبة بالنسبة إلى قطب الهيدروجين ويكون بعضها الآخر سالبًا. يجب دائمًا أخذ الإشارة في الحسبان.

٤. ترد في القائمة أدناه بعض قيم جهود الاختزال القياسية. استخدم هذه القيم للإجابة عن الأسئلة التي تليها.

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s)$ $\quad E_r^\ominus = +0.34\ V$

$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Ni(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.25\ V$

$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.13\ V$

$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Sn(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.14\ V$

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.76\ V$

أ. أي فلز يُعدّ العامل المختزل الأقوى؟

.....

ب. ما الأيون الذي لا يمكن اختزاله بوساطة الفلزات الموجودة في السلسلة أعلاه؟

.....

ج. ما الفلز الذي يُعدّ الأضعف كعامل مختزل؟

.....

د. ما الأيون الفلزي الذي يُعدّ اختزاله الأكثر سهولة؟

.....

٥. يمكننا التوسع في هذه الأفكار إلى أنصاف-معادلات التفاعلات التي لا تشمل الفلزات. يُعدّ اختزال الجسيمات الموجودة على الطرف الأيسر أسهل إذا كانت قيمة $E_r^\ominus$ مرتفعة.

تعطي القائمة أدناه بعض قيم جهود الاختزال القياسية. استخدم هذه القيم للإجابة عن الأسئلة التي تليها.

نصف-المعادلة	جهد الاختزال القياسي $E_r^\ominus$(V)
$NO_3^-(aq) + 10H^+(aq) + 8e^- \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + 3H_2O(l)$	+0.87
$I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-(aq)$	+0.54
$Cl_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-(aq)$	+1.36
$Br_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-(aq)$	+1.07
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$	+0.77
$V^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons V^{2+}(aq)$	–0.26

أ. أي الجسيمات الموجودة على الطرف الأيمن من نصف-المعادلة تُعدّ أكسدتها الأكثر سهولة؟

.....

.....

ب. أي الجسيمات الموجودة على الطرف الأيسر من نصف-المعادلة تُعدّ العامل المؤكسِد الأقوى؟

.....

.....

ج. لماذا يمكن للكلور أن يؤكسد محلولًا مائيًّا من أيونات اليوديد؟ اشرح إجابتك باستخدام قيم $E_r^\ominus$.

.....

.....

د. لماذا لا يمكن لمحلول اليود المائي أن يؤكسد محلولًا مائيًا من أيونات البروميد؟ اشرح إجابتك باستخدام قيم $E_r^\ominus$.

.....

.....

نشاط ٢-٣ قيم فولتية الخلايا الكهروكيميائية

مصطلحات علمية

جهد الخلية القياسي $E_{cell}^\ominus$:Standard cell potential
الفرق في قيمتَي جهد الاختزال القياسي لنصفي-خلية.

ستراجع في هذا النشاط **جهد الخلايا الكهروكيميائية القياسي**. كما ستتعرف على كيفية استخدام جهود الأقطاب لوصف مدى سهولة اختزال أو أكسدة جسيمات معيّنة وكيفية تحديد إمكانية حدوث تفاعل ما من عدمه.

تنتج الخلية الكهروكيميائية من توصيل نصفَي-خلية. عند مقارنة نصف-الخلية Cu^{2+}/Cu بقطب الهيدروجين القياسي:

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s) \qquad E_r^\ominus = +0.34\ V$$

$$H^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \tfrac{1}{2}H_2(g) \qquad E_r^\ominus = 0.00\ V$$

نرى أن اختزال الأيونات Cu^{2+} يكون أسهل من اختزال الأيونات H^+ لأنها تمتلك قيمة $E_r^\ominus$ مرتفعة. وبالتالي يحدث التفاعل وفقًا للمعادلة الآتية:

$$Cu^{2+}(aq) + H_2(g) \rightarrow Cu(s) + 2H^+(aq)$$

١. تفحّص نصفَي–المعادلة أدناه، ثم أجب عن الأسئلة التي تلي:

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.76$ V

$H^+(aq) + e^- \rightleftharpoons \frac{1}{2} H_2(g)$ $\quad E_r^\ominus = 0.00$ V

أ. أي جسيم يكون اختزاله أسهل؟ ولماذا؟

.....

.....

ب. أي جسيم يكون الأكثر قابلية لكسب إلكترونات؟

.....

.....

ج. اكتب المعادلة الكلية الموزونة للتفاعل الذي يحدث.

.....

.....

مهم

تذكّر أنه في السؤال ٢ يجب وزن الإلكترونات.

٢. لكل زوج من أنصاف–المعادلات أدناه، اقترح أي جسيم يكون اختزاله أسهل، واكتب المعادلة الموزونة للتفاعل الذي يحدث.

أ. $Cl_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +1.36$ V

$Fe^{3+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +0.77$ V

.....

ب. $MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$ $\quad E_r^\ominus = +1.52$ V

$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +0.77$ V

.....

ج. $Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.13$ V

$Cr^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}(aq)$ $\quad E_r^\ominus = -0.41$ V

.....

د. $I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +0.54$ V

$Br_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +1.07$ V

.....

٣. احسب جهد الخلية القياسي لكل خلية متكوّنة من كل من أزواج أنصاف–المعادلات الآتية:

أ. $Cl_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-(aq)$ $E_r^\ominus = +1.36\ V$

$Ag+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$ $E_r^\ominus = +0.80\ V$

.....

ب. $Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$ $E_r^\ominus = -0.13\ V$

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ $E_r^\ominus = -0.76\ V$

.....

ج. $I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-(aq)$ $E_r^\ominus = +0.54\ V$

$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$ $E_r^\ominus = +0.80\ V$

.....

د. $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Ni(s)$ $E_r^\ominus = -0.25\ V$

$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$ $E_r^\ominus = +1.47\ V$

.....

٤. إذا كانت قيمة $E^\ominus_{cell}$ موجبة، يكون التفاعل تلقائيًّا (قابلًا للحدوث)؛ أما إذا كانت سالبة، فلن يكون التفاعل تلقائيًّا (غير قابل للحدوث).

مهم

لمعرفة ما إذا كان تفاعل ما تلقائيًّا، اكتب نصفَي–المعادلتَين مع جهد الاختزال القياسي لكل منهما.

طبق القانون الآتي:

$$E^\ominus_{cell} = E_r^\ominus\ (Cathode) - E_r^\ominus(Anode)$$

مثال: هل سيؤكسد البروم فلز الفضة إلى أيونات فضة؟

$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$ $E_r^\ominus = +0.80\ V$

$Br_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-(aq)$ $E_r^\ominus = +1.07\ V$

احسب قيمة $E^\ominus_{cell}$: $E^\ominus_{cell} = 1.07 - 0.80 = +0.27\ V$

لذا فإن التفاعل يُعدّ تلقائيًّا (قابلًا للحدوث)

استخدم قيم $E_r^\ominus$ الموجودة في آخر الكتاب لاستنتاج ما إذا كانت التفاعلات الآتية تلقائية أم لا.

أ. تفاعل منجنات (VII) البوتاسيوم في وسط حمضي مع أيونات الفلوريد.

.....

ب. تفاعل الفلز Ni مع أيونات Fe^{3+}.

.....

ج. تفاعل أيونات المنجنيز (II) مع أيونات اليوديد.

.....

نشاط ٢-٤ أثر تغير التركيز على قيم جهود الاختزال

ستتعرف في هذا النشاط كيف يؤثر تركيز مادة متفاعلة في نصف–معادلة ما على قيمة جهد الاختزال. كما ستراجع معادلة نيرنست التي توضح كيف يؤثر التركيز على قيمة جهد الاختزال.

مهم

تأكد من أنك تعرف كيفية تطبيق معادلة نيرنست في الصيغة:

$$E_r = E_r^{\ominus} - \frac{0.059}{z} \log_{10} Q$$

حيث إن z هو عدد مولات الإلكترونات المتبادلة.

١. يمكن تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على معادلات الأكسدة–اختزال. إذا ازداد تركيز أحد الجسيمات على أحد طرفَي نصف–المعادلة، فإن موضع الاتزان سينزاح في الاتجاه المعاكس لهذا التغير.

استخدم مبدأ لوشاتيلييه لاقتراح ما يحدث لقيمة جهد القطب E_r، في أنصاف–المعادلات الآتية.

أ. ازدياد تركيز أيونات Zn^{2+} في:

$$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) \qquad E_r^{\ominus} = -0.76\ V$$

.....

.....

ب. تخفيف مخلوط التفاعل في نصف–المعادلة الموجودة في الجزئية أ.

.....

.....

ج. تركيز أيونات Cr^{2+} يساوي 1.5 mol/L وتركيز أيونات Cr^{3+} يساوي 1.0 mol/L.

$$Cr^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}(aq) \qquad E_r^\ominus = -0.41\ V$$

.....

.....

د. في المعادلة أعلاه، يكون تركيز أيونات Cr^{2+} يساوي 0.75 mol/L وتركيز أيونات Cr^{2+} يساوي 0.75 mol/L.

.....

.....

٢. أكمل المقصود بالرموز الآتية:

R هو ..... = 8.314 J/K mol

E هو ..... في الظروف غير القياسية.

F هو ثابت ..... بوحدة ..... لكل مول (/mol ..... 96500)

$\log_{10}$ هو اللوغاريتم .....

٣. بالنسبة إلى نظام الاتزان فلز–أيون الفلز الذي يتم وفق نصف–المعادلة الآتية،

$$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s) \qquad E_r^\ominus = -0.76\ V$$

أ. استخدم معادلة نيرنست لحساب قيمة E_r عندما يكون تركيز $Zn^{2+}(aq)$ يساوي 2.0 mol/L عند درجة الحرارة 25°C:

.....

.....

ب. ما سبب عدم تضمين المادة الناتجة في هذه المعادلة.

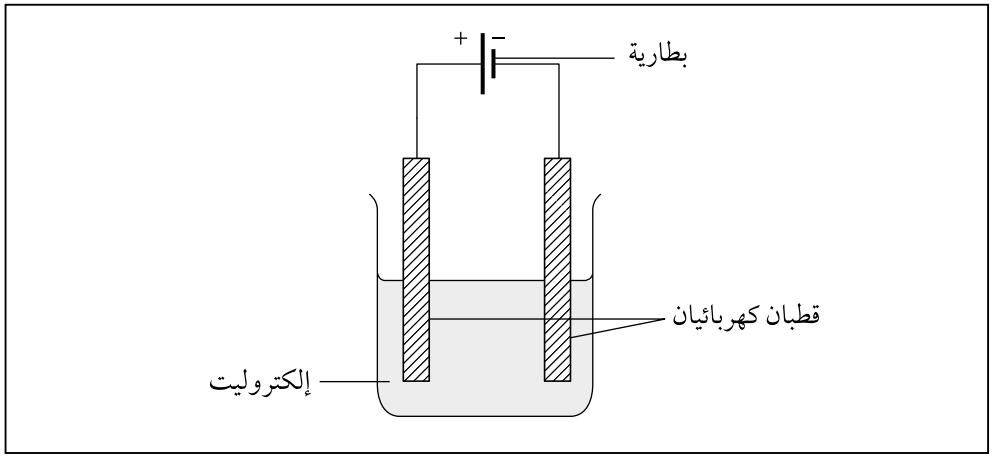
.....

.....

نشاط ٢-٥ التحليل الكهربائي

ستتعرف في هذا النشاط على مكوّنات خلية **التحليل الكهربائي**. كما ستراجع الأفكار السابقة حول التوصيل الكهربائي في الفلزات والمركبات الأيونية. وسوف تنظر أيضًا في تفاعلات الأكسدة–اختزال التي تحدث عند **الأقطاب الكهربائية**، ما يوفر مزيدًا من التدريب على كتابة أنصاف–المعادلات الأيونية.

يتم إجراء التحليل الكهربائي في خلية تحليل كهربائي كتلك الموضحة في الشكل ٢–٢.



الشكل ٢–٢: خلية تحليل كهربائي.

١. استخدم المخطط أعلاه للإجابة عن الأسئلة الآتية:

أ. أي قطب هو **الكاثود**؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. اشرح سبب اتجاه الأنيونات نحو **الآنود** خلال التحليل الكهربائي.

.....

.....

ج. لماذا لا يوصل أكسيد الماغنيسيوم الصلب الكهرباء؟

.....

.....

د. اقترح خاصيَّتَين للأقطاب الكهربائية تجعلانها مناسبة للتحليل الكهربائي.

.....

.....

مصطلحات علمية

التحليل الكهربائي Electrolysis: عملية تفكك إلكتروليت (مصهور أو محلول مائي) بوساطة تيار كهربائي.

القطب الكهربائي Electrode: ساق مصنوعة من فلز أو من الكربون (الجرافيت) والذي يوصل الكهرباء إلى الإلكتروليت أو منه.

الكاثود (المهبط) Cathode: القطب الكهربائي السالب الذي تحدث عنده تفاعلات الاختزال.

الآنود (المصعد) Anode: القطب الكهربائي الموجب الذي تحدث عنده تفاعلات الأكسدة.

مهم

تذكّر أن الأنيونات تحمل شحنة سالبة (وهي تتحرك نحو الآنود) وأن الكاتيونات تحمل شحنة موجبة (وهي تتحرك نحو الكاثود).

هـ. في أي اتجاه تتدفق الإلكترونات في الدائرة الكهربائية الخارجية؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

و. اشرح سبب توصيل الأسلاك الفلزية للكهرباء.

.....

.....

٢. خلال التحليل الكهربائي:

- تتحرك الكاتيونات نحو الكاثود وتكسب إلكترونات (اختزال)، على سبيل المثال:

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$

- تتحرك الأنيونات نحو الآنود وتفقد إلكترونات (أكسدة)، على سبيل المثال:

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

اكتب أنصاف-معادلات مشابهة للتفاعلات التي تحدث عند الآنود والكاثود لمصاهير المركبات الآتية. واذكر في كل حالة، ما إذا كان التفاعل الذي يحدث هو أكسدة أم اختزال:

أ. كلوريد الماغنيسيوم ($MgCl_2$)

.....

.....

ب. أكسيد الخارصين (ZnO)

.....

.....

ج. أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3)

.....

.....

د. بروميد الكالسيوم ($CaBr_2$)

.....

.....

هـ. يوديد الليثيوم (LiI)

.....

.....

٣. عند إجراء تحليل كهربائي لمحاليل أيونية مائية مخفّفة، يمكن أن يتكوّن الهيدروجين والأكسجين على الأقطاب الكهربائية وفقًا لموقع الأيونات في جدول قيم جهود الاختزال القياسية:

ازدياد سهولة نزع الشحنة الكهربائية →					
Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}	H^+	Cu^{2+}	Ag^+
	SO_4^{2-}	Cl^-	Br^-	I^-	OH^-

تنبّأ بالمواد الناتجة خلال التحليل الكهربائي للمحاليل المائية الآتية باستخدام أقطاب كهربائية من الجرافيت. في كل حالة، برّر إجابتك في ضوء قيم جهود الاختزال القياسية.

أ. محلول مائي مركز من كلوريد الصوديوم.

.....

ب. محلول مائي مخفف جدًّا من كلوريد الصوديوم.

.....

ج. حمض الكبريتيك المخفف.

.....

د. محلول مائي من كبريتات النحاس (II).

.....

هـ. حمض الهيدروكلوريك المركز.

.....

و. محلول مائي من نترات الفضة.

.....

نشاط ٢-٦ حسابات التحليل الكهربائي

ستتعرف في هذا النشاط على العمليات الحسابية المستخدمة لإيجاد كتلة المادة المترسبة أو حجم الغاز المتصاعد أثناء إجراء تحليل كهربائي. وستراجع أيضًا كيفية حساب قيم كلّ من ثابت أفوجادرو و**ثابت فارادي**.

١. ما كمية الشحنة الكهربائية اللازمة لترسيب:

أ. 0.200 mol من الفضة؟ .....

ب. 5.00 mol من الألومنيوم؟ .....

ج. 0.400 mol من الرصاص؟ .....

٢. أكمل الجزئية أ، ثم أجب عن الجزئيات **ب**، **ج**، **د**.

أ. احسب كتلة النحاس المترسبة عند الكاثود عند تمرير تيار شدته 3.0 A لمدة 10 min.

A_r : Cu = 63.5 ، F = 96500 C/mol

الخطوة ١: الشحنة المنتقلة:

Q = 3.0 × 10 × ..... = ... C

الخطوة ٢: كمية الشحنة اللازمة لترسيب 1 mol من Cu:

Q = ... × 96500 = ... C

الخطوة ٣: عدد مولات Cu التي ترسبت:

n = $\frac{\text{الخطوة ١}}{\text{الخطوة ٢}}$ = ... mol

الخطوة ٤: كتلة Cu التي ترسبت:

m = ... × 63.5 = ... g

ب. احسب كتلة الفضة التي ترسبت عند الكاثود عند تمرير تيار شدته 0.90 A لمدة 10 دقائق. A_r: Ag = 107.9

.....

.....

ج. احسب كتلة الرصاص التي ترسبت عند الكاثود عند تمرير تيار شدته 0.50 A لمدة 30 دقيقة. A_r: Pb = 207.2

.....

.....

مصطلحات علمية

الفارادي Faraday: كميّة الشحنة الكهربائية (بوحدة الكولوم coulomb) التي يحملها مول واحد من الإلكترونات أو مول واحد من أيونات تحمل شحنة واحدة منفردة.

الكولوم Coulomb C: وحدة الشحنة الكهربائية. (كولوم = أمبير × ثانية، 1 C = 1 A x 1 s).

مهم

الشحنة الكهربائية (بالكولوم) = التيار الكهربائي (بالأمبير) × المدة الزمنية (بالثواني) ($Q = I.t$)

تذكّر أنه عند تحديد الشحنة الكهربائية اللازمة لترسيب 1 mol من Zn، نحتاج إلى 2 mol من الإلكترونات ($2F$) لكل مول واحد من الخارصين المترسب لأن أيون الخارصين يمتلك شحنتَين (Zn^{2+}).

في السؤال ٢ أ تذكّر أن تحوّل الدقائق إلى ثوان.

د. احسب حجم الأكسجين الناتج عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.) عند إجراء تحليل كهربائي لمحلول مائي مركز من حمض الكبريتيك لمدة 20 دقيقة عند تمرير تيار شدته 0.15 A.

.....

.....

٣. يمكننا حساب ثابت أفوجادرو N_A أو قيمة F باستخدام المعادلة الآتية:

$$N_A = \frac{\text{الشحنة الموجودة على مول واحد من الإلكترونات } (F)}{\text{الشحنة الموجودة على إلكترون واحد (e)}}$$

عندما يتدفق تيار كهربائي شدته 0.07600 A عبر محلول من نترات الفضة لمدة 90 دقيقة، تنقص كتلة الآنود بمقدار 0.4600 g. استخدم هذه البيانات وقيمة شحنة الإلكترون الواحد (1.6022×10^{-19} C) لحساب قيمة ثابت أفوجادرو. قرّب إجابتك إلى أربعة أرقام معنوية. Ag = 107.9 : Ar

.....

.....

٤. صف كيفية تحديد قيمة ثابت فارادي F بوساطة تجربة تتضمن التحليل الكهربائي لكبريتات النحاس (II).

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٢-١: مقارنة فولتية (الجهد الكهربائي) للخلايا الكهروكيميائية (الخلايا الجلفانية)

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.

عندما يتفاعل الخارصين مع أيونات النحاس (II)، يتم إطلاق الطاقة على شكل حرارة. تنتقل الإلكترونات من الخارصين إلى أيونات النحاس (II). في حال أبقيت ذرات الخارصين بعيدةً عن أيونات النحاس (II) عن طريق إنشاء خلية جلفانية، يمكن جعل الإلكترونات تتدفق عبر سلك فينتج من ذلك فولتية (جهد كهربائي). تسمى هذه الفولتية الجهد الكهربائي للخلية E_{cell}. ستقوم أولًا باستقصاء التفاعلات بين الخارصين وأيونات النحاس (II) والخارصين وأيونات الحديد (II) والحديد وأيونات النحاس (II).

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- كؤوس زجاجية سعة 100 mL عدد 3
- أسلاك توصيل عدد 2
- مشبك أسنان تمساح عدد 2
- ورقتا ترشيح قطر 10 cm، مغموستان في محلول مشبع من نترات البوتاسيوم KNO_3 (قنطرة ملحية)
- ورق الصنفرة
- قطب حديد
- قطب خارصين عدد 2
- قطب نحاس عدد 2
- 50 mL من محلول كبريتات النحاس (II) بتركيز 1.0 mol/L
- 50 mL من محلول كبريتات الخارصين بتركيز 1.0 mol/L
- 50 mL من محلول كبريتات الحديد (II) بتركيز 1.0 mol/L في وسط حمضي
- قفازات
- ماء مقطر في زجاجة غسيل
- فولتميتر (مقياس الفولتية)

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- كبريتات النحاس (II) بتركيز 1.0 mol/L وكبريتات الخارصين بتركيز 1.0 mol/L وكبريتات الحديد (II) بتركيز 1.0 mol/L هي مواد ضارة في حال ابتلاعها. وهي تعد أيضًا مواد مهيجة.
- احرص على عدم إثارة غبار فلزي عند تنظيف الأقطاب الكهربائية.
- يُعدّ المحلول المائي لنترات البوتاسيوم منخفض الخطورة ولكن يمكن للمادة الصلبة منه أن تكون عاملًا مؤكسِدًا.

الطريقة

١. نظف أقطاب الخارصين والنحاس والحديد بورق الصنفرة.

٢. أضف 50 mL من محلول كبريتات الخارصين إلى الكأس التي تحتوي قطب الخارصين و 50 mL من محلول كبريتات النحاس (II) إلى الكأس التي تحتوي قطب النحاس.

٣. قم بتوصيل نصفَي-الخليتَين بوساطة قنطرة ملحية مصنوعة من شريط من ورق الترشيح المغموس في محلول مشبع من نترات البوتاسيوم كما هو موضح في الشكل ٢-٢.

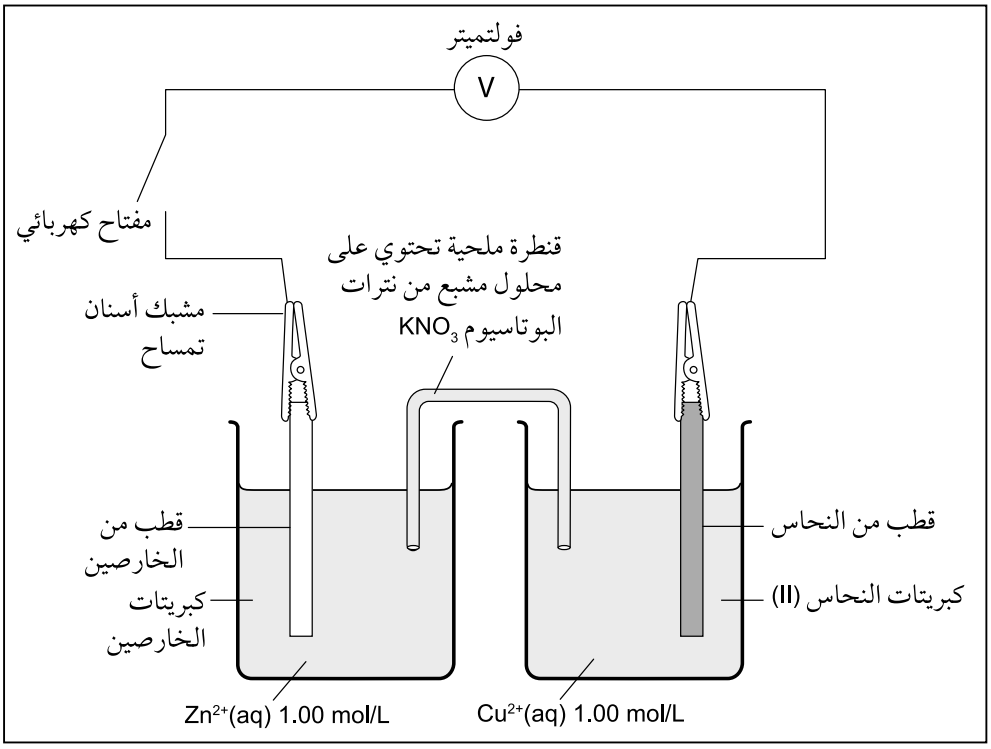
٤. قم بتوصيل قطبَي النحاس والخارصين بالدائرة الخارجية كما هو موضح في الشكل ٢-٢ (الخلية أ).

٥. سجّل قيمة الفولتية الثابتة (الجهد الكهربائي) التي يعطيها الفولتميتر.

٦. أزل قطبَي الخارصين والنحاس واغسلهما بالماء المقطر ثم جفّفهما بمنديل ورقي.

٧. كرّر التجربة مع غمر أحد طرفَي قطب الخارصين في محلول كبريتات الخارصين، وغمر أحد طرفَي قطب الحديد في كبريتات الحديد (II). استخدم قنطرة ملحية تمّ تجهيزها حديثًا (الخلية ب).

٨. كرّر التجربة مع غمر أحد طرفَي قطب النحاس في محلول كبريتات النحاس (II)، وغمر أحد طرفَي قطب الحديد في محلول كبريتات الحديد (II). استخدم قنطرة ملحية تمّ تجهيزها حديثًا (الخلية ج).



الشكل ٢-٢: دائرة كهربائية نموذجية لخلية كهروكيميائية.

النتائج

	الخلية الكهروكيميائية	قيم E_{cell} (V)
النظرية	خارصين/نحاس	+1.10
	خارصين/حديد	+0.32
	حديد/نحاس	+0.78
التجريبية	خارصين/نحاس	
	خارصين/حديد	
	حديد/نحاس	

التحليل والاستنتاج والتقويم

مهم

نصف–الخلية التي تمثل القطب السالب تمتلك الفلز الذي يفقد الإلكترونات بسهولة أكبر.

١. استخدم قيم الفولتية للخليتَين أ و ب لحساب قيمة فولتية الخلية ج.

.....

٢. تنبأ بإشارة الأقطاب لكل نصف–خلية في:

الخلية أ: .....

الخلية ب: .....

الخلية ج: .....

٣. أي فلز يُعدّ العامل المختزِل الأقوى؟ اشرح إجابتك.

.....

٤. لماذا تمّ تنظيف شرائح الفلزات بورق الصنفرة أو ورق الزجاج؟

.....

٥. لماذا تمّ استخدام قنطرة ملحية جديدة لكل من الخلايا أ، ب، ج؟

.....

٦. قارن القيمة المتوقعة لفولتية الخلية ج مع القيمة التجريبية التي حصلت عليها؟ اقترح أسبابًا لأي اختلاف تلاحظه.

.....

.....

.....

٧. جهد الخلية القياسي $E^{\ominus}_{cell}$، للخلية ج يساوي +0.73 V.

اشرح ما يلي: القيمة التي تمّ قياسها في تجربتك (E_{cell})، ليست هي الجهد القياسي لهذه الخلية.

.....

.....

استقصاء عملي ٢-٢: تحديد ثابت فارادي

أهداف الاستقصاء العملي

- 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.

تسمى كمية الشحنة الكهربائية التي يحملها مول واحد من الإلكترونات بثابت فارادي. يمكن تحديد هذه القيمة عن طريق قياس الزيادة في كتلة كاثود من النحاس عند تمرير تيار كهربائي لفترة زمنية معلومة أثناء التحليل الكهربائي لمحلول مائي من كبريتات النحاس (II).

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أميتر أو مقياس شدة التيار الكهربائي (1 – 0 A)
- مقاومة كهربائية متغيرة، 100 (أوم)
- مصدر جهد أو بطارية
- مفتاح تشغيل وإيقاف كهربائي
- أسلاك توصيل عدد 5
- كأس زجاجية سعة 150 mL
- حامل حديد كامل
- قطب نحاس عدد 2 (2 × 6 cm)
- مشبك أسنان تمساح عدد 2
- ساعة إيقاف إلكترونية
- قفازات بلاستيكية
- ملقط نظيف
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل
- ماء مقطر في زجاجة غسيل
- محلول حمض النيتريك تركيزه 2.00 mol/L
- إيثانول
- 100 mL من محلول كبريتات النحاس (II) تركيزه 0.500 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- تُعدّ كبريتات النحاس (II) مادة ضارة.
- يُعدّ حمض النيتريك المخفف مادة مهيجة.
- يُعدّ الإيثانول سريع الاشتعال.
- تُعدّ حواف الرقائق الفلزية حادة – تعامل معها بحذر.

الطريقة

١. باستخدام ملقط، اغمس كل قطب نحاسي في حمض النيتريك تركيزه 2.00 mol/L لمدة 20 s تقريبًا.

٢. اشطف كل قطب كهربائي بالماء المقطر.

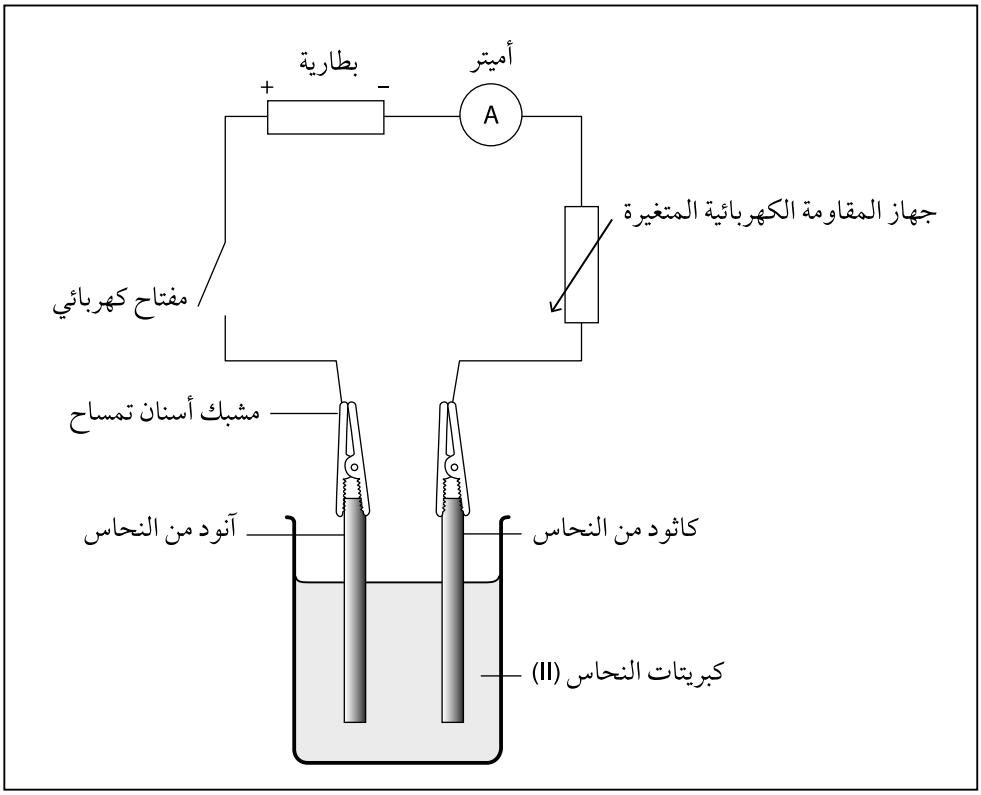
٣. اشطف كل قطب كهربائي بالإيثانول.

٤. جفّف كل قطب.

٥. زن بدقة القطب الذي سيكوّن الكاثود (حتى منزلتَين عشريتَين).

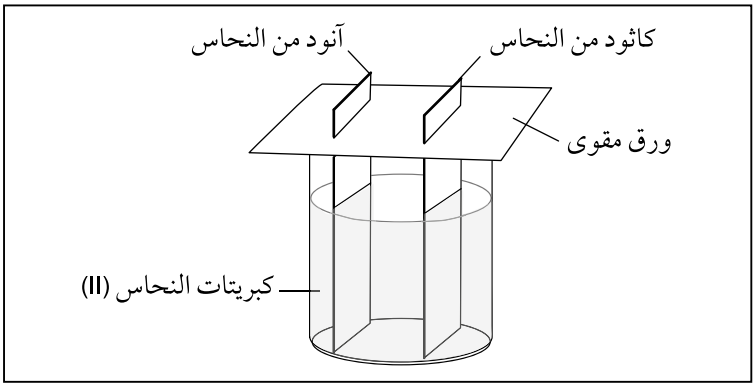
سجّل هذه الكتلة في قسم النتائج.

٦. قم بإعداد الجهاز كما هو موضح في الشكل ٢-١-أ، اترك مفتاح التشغيل مفتوحًا والمقاومة الكهربائية المتغيرة عند المقاومة القصوى.



الشكل ٢-١-أ: جهاز مستخدم لحساب ثابت فارادي.

٧. أضف 100 mL من كبريتات النحاس (II) المائية في الكأس الزجاجية وقم بإعداد القطبَين الكهربائيَّين النحاسيَّين كما هو موضح في الشكل ٢-١-ب. تأكد من أنك تعرف القطب الذي يشكل الكاثود.



الشكل ٢-١-ب: طريقة مستخدمة لتثبيت الأقطاب الكهربائية في مكانها بوساطة فتحات موجودة في بطاقة من الورق المقوّى.

مهم

قد تتضمن الملاحظات أية تغيرات في اللون أو التغيرات التي قد تحدث حول الأقطاب الكهربائية.

٨. عندما يصبح كل شيء جاهزًا، سجّل الوقت بدقة وأغلق المفتاح الكهربائي واضبط بسرعة جهاز المقاومة الكهربائية المتغيرة بحيث تكون القراءة على الأميتر 0.2 A.

٩. حافظ على التيار الكهربائي عند 0.2 A طوال التجربة عن طريق ضبط جهاز المقاومة الكهربائية المتغيرة.

١٠. سجل أي ملاحظات في قسم النتائج.

١١. بعد 45 دقيقة بالضبط، أوقف التيار الكهربائي.

١٢. أخرج الكاثود بعناية واشطفه بالماء المقطر ثم بالإيثانول.

١٣. جفف الكاثود كما فعلت سابقًا. ثم أعد وزنه. سجل نتائجك.

النتائج

كتلة الكاثود عند البدء بالتجربة g .....

كتلة الكاثود عند الانتهاء من التجربة g .....

الزيادة في كتلة الكاثود g .....

شدة التيار الكهربائي الذي تدفق A .....

المدة الزمنية s .....

ملاحظات أخرى

.....

.....

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. استخدم المعادلة $Q = I.t$ لحساب الشحنة التي تمر عبر المحلول أثناء التجربة. (حيث Q هي الشحنة بوحدة الكولوم C، I هي شدة التيار الكهربائي بوحدة الأمبير A، و t هي المدة الزمنية بوحدة الثواني s)

C .....

٢. احسب عدد مولات النحاس المترسبة (A_r: Cu = 63.5).

= ..... mol

٣. المعادلة التي تمثل التفاعل عند الكاثود هي: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s)$

كم عدد مولات الإلكترونات اللازمة لترسيب مول واحد من النحاس؟

= ..... mol

٤. احسب الشحنة التي يحملها مول واحد من الإلكترونات (ثابت فارادي).

= C

٥. ما الملاحظات التي سجّلتها حول القطبَين الكهربائيَّين؟

.....

.....

٦. قارن النتيجة التي حصلت عليها بالقيمة الفعلية لثابت فارادي (96500 C/mol). غالبًا ما تكون هذه القيمة أعلى من القيمة الفعلية. بعيدًا عن الأخطاء العشوائية، اقترح سببًا يجعل هذه القيمة أعلى من القيمة الفعلية.

.....

.....

.....

٧. لنفترض حدوث خطأ خلال عملية الوزن- حيث تكون قيمة كتلة الكاثود المقاسة عند البدء بالتجربة أكبر من كتلته الفعلية. ما تأثير ذلك على قيمة ثابت فارادي؟ برّر ذلك.

.....

.....

.....

٨. يفضّل غسل الأقطاب الكهربائية بحمض النيتريك ثم بالإيثانول. اشرح السبب.

.....

.....

٩. اقترح ثلاثة أخطاء أخرى غير الخطأ المذكور في السؤال ٧، يمكن أن تسهم في الحصول على قيمة غير صحيحة لثابت فارادي خلال هذه التجربة. اذكر مثالًا واحدًا لمتغير آخر ينبغي التحكّم به.

.....

.....

.....

١٠. لماذا يُعدّ من الأفضل قياس فقدان الكتلة من الآنود، بدلًا من قياس الزيادة في كتلة الكاثود؟ اقترح الأسباب.

.....

.....

استقصاء عملي ٢-٣: تغيّر تركيز الأيونات في خلية كهروكيميائية

أهداف الاستقصاء العملي

- تخطيط التجارب والاستقصاءات.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.

يؤثر تركيز الأيونات في نصف–الخلية الكهروكيميائية على قيمة فولتية الخلية E_{cell}. سوف تخطط لتجربة توضّح كيف تتغير قيمة فولتية الخلية E_{cell} في الخلية المكوّنة من نصف–خلية Zn^{2+}/Zn ونصف–خلية Cu^{2+}/Cu.

المواد والأدوات

يتم تزويدك بمحاليل مائية من كبريتات النحاس (II) بتركيز 1.0 mol/L وكبريتات الخارصين بتركيز 1.0 mol/L.

١. ضع قائمة بالمواد والأدوات التي ستحتاج إليها.

- ..... • .....
- ..... • .....
- ..... • .....
- ..... • .....
- ..... • .....
- ..... • .....
- ..... • .....
- ..... • .....

٢. الطريقة

صف كيف ستقوم بإجراء التجربة.

أ. .....

ب. .....

ج. .....

د. .....

هـ. .....

و. .....

ز. .....

ح. .....

٣. النتائج

يتم وصف تأثير التركيز على جهد الاختزال القياسي لنصف-خلية فلز/ أيون الفلز بوساطة المعادلة الآتية:

$$E_r = E_r^{\ominus} - \frac{0.059}{z} \log_{10} Q$$

E_r هو جهد الاختزال بوجود تراكيز غير قياسية، $E_r^{\ominus}$ هو جهد الاختزال القياسي و z هو عدد مولات الإلكترونات المتبادلة.

ارسم جدول نتائج بحيث يتضمن تركيز الأيون وقيم $\log_{10}[Cu^{2+}]$ و $E_r\, Cu^{2+}/Cu$ و E_{cell}.

E_{cell} (V)	$E_r Cu^{+2}/Cu$ (V)	$\log_{10}[Cu^{2+}]$	(mol/L) $[Cu^{2+}]$
1.10	+0.34	0.00	1.0
			0.5
			0.1
			0.01
			0.001

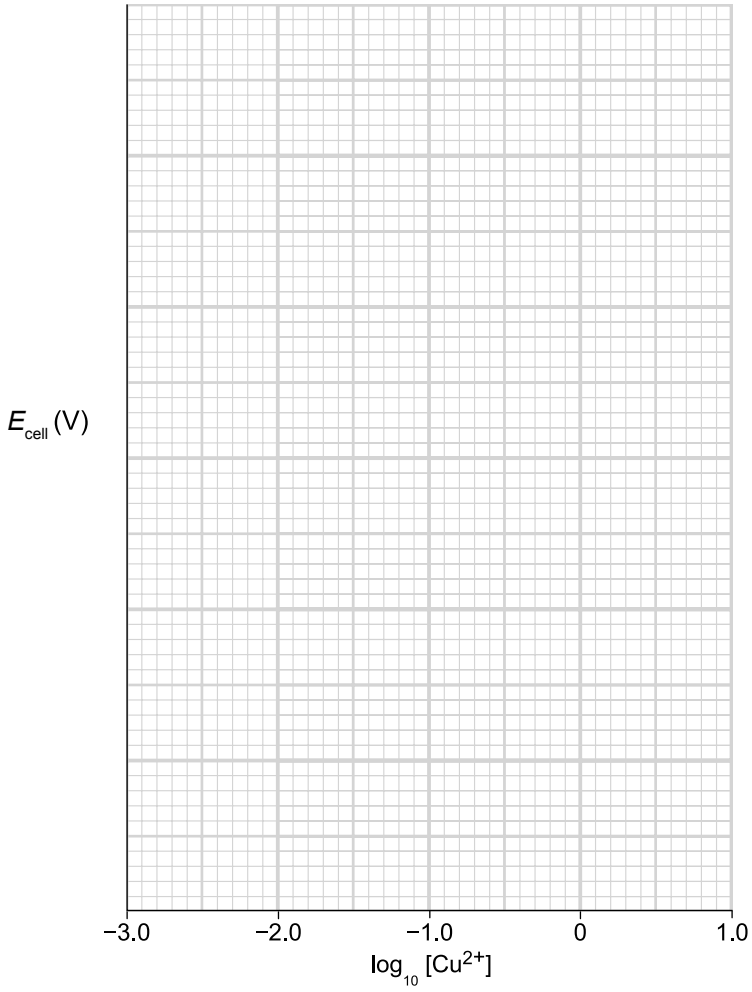
٤. التحليل والاستنتاج والتقويم

سمِّ المتغير التابع والمتغير المستقل.

المتغير التابع: .....

المتغير المستقل: .....

٥. استخدم النتائج التي حصلت عليها، أو البيانات المعطاة، لرسم تمثيل بياني لـ E_{cell} مقابل $\log_{10}[Cu^{2+}]$ باستخدام شبكة التمثيل البياني الآتية (الشكل ٢–١):



الشكل ٢–١: تمثيل بياني لـ E_{cell} مقابل $\log_{10}[Cu^{2+}]$.

٦. ما العلاقة بين E_{cell} و $\log_{10}[Cu^{2+}]$.

.....

.....

٧. استخدم تمثيلك البياني لاقتراح قيمة لـ E_{cell} عندما يكون تركيز الأيون Cu^{2+} يساوي 0.05 mol/L. وضّح على التمثيل البياني في السؤال ٢ كيف توصلت إلى إجابتك.

.....

.....

٨. هل يجب استخدام سحاحة أم مخبار مدرج سعة 50 mL عند تخفيف محلول كبريتات النحاس (II)؟ برر إجابتك.

.....

.....

٩. يمكن تحضير محلول من كبريتات النحاس (II) بتركيز 0.001 mol/L عن طريق تخفيف محلول بتركيز 1.0 mol/L عشر مرات باستخدام ماصة مدرجة، ثم تخفيف هذا المحلول عشر مرات مرة أخرى للحصول على محلول بتركيز 0.01 mol/L، ثم القيام بذلك مرة ثالثة لتحضير المحلول المطلوب. ما رأيك بدقة هذه الطريقة؟

.....

.....

.....

١٠. اقترح طريقة بديلة لتحضير محلول مخفّف جدًّا من كبريتات النحاس (II)، والتي لا تتضمن التخفيف المتسلسل الموصوف في السؤال ٦.

.....

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. تمّ إجراء تحليل كهربائي لمصهور أكسيد الألومنيوم Al_2O_3. بلغ حجم الأكسجين الذي تمّ جمعه عند الآنود 56 mL عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.).

أ. اكتب نصف–المعادلة للتفاعل الذي يحدث عند الآنود.

ب. احسب كمية الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم اللازمة لإنتاج 56 mL من الأكسجين.

$$F = 96500\ C/mol$$

ج. في تجربة أخرى، تمّ تمرير تيار كهربائي شدته 2.6 A عبر مصهور أكسيد الألومنيوم لمدة 10 دقائق. احسب كتلة الألومنيوم الناتجة. قرّب إجابتك إلى رقمَين معنويَّين.

(قيم A_r: O = 16.0، Al = 27.0)

د. لماذا لا يوصل كلوريد الخارصين الصلب الكهرباء؟ اشرح إجابتك.

هـ. تمّ إجراء تحليل كهربائي لمحلول مائي مخفَّف من كلوريد الخارصين باستخدام قطبَين من الجرافيت.

١– سمّ المادة الناتجة عند الكاثود. اشرح إجابتك.

٢– عند الآنود يتكوّن مخلوط من الأكسجين والكلور. اشرح السبب.

٢. يتم قياس جهد الاختزال القياسي لنصف–الخلية Zn^{2+}/Zn عن طريق توصيلها بقطب الهيدروجين القياسي بوساطة قنطرة ملحية.

أ. عرّف جهد الاختزال القياسي.

ب. ما أهمية القنطرة الملحية؟

ج. اذكر الظروف الواجب مراعاتها لجعل نصف–الخلية Zn^{2+}/Zn **قياسية**.

د. صف كيفية تحضير قطب الهيدروجين القياسي.

هـ. اكتب معادلة التفاعل الكلي في هذه الخلية، مع ذكر الحالة الفيزيائية.

مهم

تأكّد من أنك تعرف الصيغ ذات الصلة التي تربط الشحنة الكهربائية بالتيار الكهربائي والمدة الزمنية وكيفية تحويل المولات إلى كتلة.

مهم

عليك أن تفكّر في الجزئيتَين ٢ ب و ج في ضوء عدد الإلكترونات المتبادلة.

تابع

و. تمّ توصيل نصف-الخلية Zn^{2+}/Zn بنصف-خلية تحتوي على منجنات (VII) البوتاسيوم.

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ $\quad E_r^\ominus = -0.76\ V$

$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$ $\quad E_r^\ominus = +1.52\ V$

١- احسب قيمة $E_{cell}^\ominus$.

٢- اقترح كيف ستتغيّر فولتية الخلية إذا ازداد تركيز أيونات الخارصين مع ثبات تراكيز أيونات MnO_4^- و H^+. اشرح إجابتك.

٣. تمّ تحضير خلية جلفانية من نصفَي-المعادلتَين الآتيتَين:

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s)$ $\quad E_r^\ominus = +0.34\ V$

$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$ $\quad E_r^\ominus = +0.77\ V$

أ. ارسم مخططًا معنونًا لتوضيح هذه الخلية. موضحًا ما يلي:

- القطب السالب والقطب الموجب.
- تركيز كل محلول.

ب. استنتج اتجاه تدفق الإلكترونات. اشرح ذلك.

ج. احسب قيمة $E_{cell}^\ominus$.

د. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل الذي يحدث في الخلية.

هـ. استخدم المعادلة الرياضية أدناه:

$$E_r = E_r^\ominus - \frac{0.059}{z}\log_{10}K$$

لحساب قيمة E_r لنصف-الخلية Cu^{2+}/Cu عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.)، وعندما يكون تركيز أيونات النحاس يساوي 0.15 mol. وضّح خطوات الحل.

مهم

يجب أن تكون قادرًا على كتابة المعادلات لتفاعل الخلية الكامل وشرح كيف يتغير جهد القطب الكهربائي عندما يتغير التركيز.

تأكّد من رسم مخططات كبيرة بشكل كاف (نحو ربع الصفحة A4). عنونها بالكامل.

مهم

عليك أن تجيب عن الجزئية ٣ ب في ضوء القدرة على اختزال المواد المؤكسَدة في أنصاف-المعادلات. في الجزئية ٣ هـ تأكد من استخدام $\log_{10}$ وليس ln.

تابع

و. ١- ما المقصود بالمصطلح تلقائي «قابل للحدوث» عند تطبيقه على التفاعلات الكيميائية؟

٢- اقترح أحد الطلبة أن التفاعل الآتي يُعدّ تلقائيًّا (قابلًا للحدوث).

$$I_2 + Pb^{2+} + 2H_2O \rightarrow 2I^- + PbO_2 + 4H^+$$

بالاعتماد على نصفَي-المعادلة الآتيَين، اشرح ما إذا كان الطالب على صواب أم لا.

$$I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-(aq) \qquad E_r^\ominus = +0.54\ V$$

$$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l) \qquad E_r^\ominus = +1.47\ V$$

ادعم إجابتك بحساب قيمة $E_{cell}^\ominus$.

طاقة الشبكة البلورية
Lattice Energy

أهداف التعلُّم

٣-١ يعرّف المصطلحَين الآتيَين، ويستخدمهما:
(أ) التغير في المحتوى الحراري للتذرير (التفكك)، ΔH_{at}.
(ب) طاقة الشبكة البلورية ΔH_{latt}، (التغير من أيونات في الحالة الغازية إلى شبكة بلورية صلبة).

٣-٢ يعرّف المصطلح الألفة الإلكترونية الأولى EA_1 ويستخدمه.

٣-٣ يشرح العوامل المؤثرة في الألفة الإلكترونية للعناصر.

٣-٤ يكتب المعادلات التي تمثل الألفة الإلكترونية ويستخدمها.

٣-٥ يصف نمط التدرج في قيم الألفة الإلكترونية (الأولى) لعناصر المجموعتين 16 (VI) و 17 (VII) ويشرحه.

٣-٦ يرسم حلقة طاقة بسيطة أو حلقة بورن-هابر للمواد الصلبة الأيونية (والتي تقتصر على الكاتيونات 1+ و 2+، والأنيونات 1- و 2-) ويستخدمها.

٣-٧ يجري حسابات تتضمن حلقات الطاقة الواردة في الهدف ٣-٦.

٣-٨ يشرح نوعيًّا، تأثير نصف القطر الأيوني والشحنة الأيونية على مقدار طاقة الشبكة البلورية والمحتوى الحراري للتميّه.

٣-٩ يعرّف المصطلحين الآتيين ويستخدمهما:
(أ) التغير في المحتوى الحراري للتميّه ΔH_{hyd}.
(ب) التغير في المحتوى الحراري للذوبان $\Delta H^{\ominus}_{sol}$.

٣-١٠ يرسم حلقة طاقة بسيطة أو حلقة بورن-هابر تتضمّن تغيرًا في المحتوى الحراري للذوبان وطاقة شبكة بلورية وتغيرًا في المحتوى الحراري للتميّه، ويستخدمها.

٣-١١ يجري حسابات تتضمن حلقات الطاقة الواردة في الهدف ٣-١٠.

الأنشطة

نشاط ٣-١ حلقات بورن-هابر

سوف تتدرب في هذا النشاط على إنشاء حلقات **بورن-هابر** لحساب طاقة الشبكة البلورية لمركب أيوني. وسوف تتدرب أيضًا على حساب طاقة الشبكة البلورية استنادًا إلى معلومات معطاة، وعبر ربط قيمة طاقة الشبكة البلورية بنصف القطر الأيوني.

مصطلحات علمية

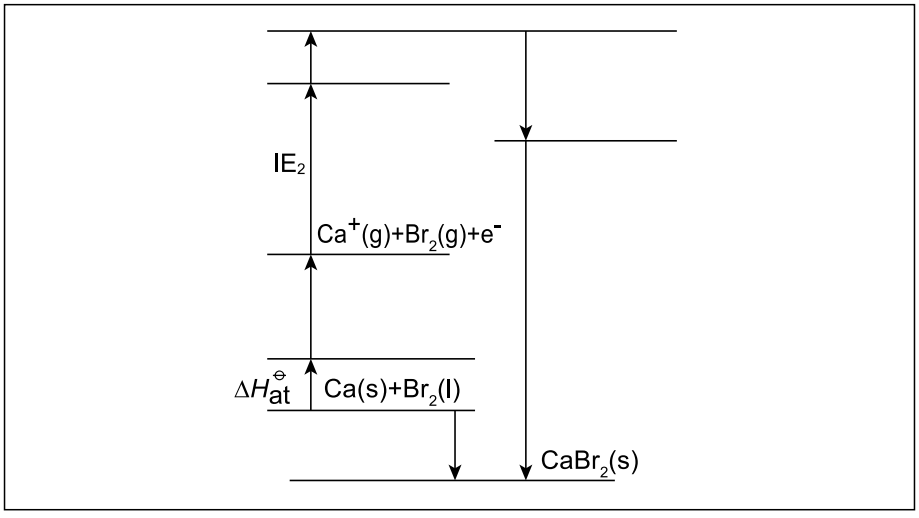
حلقة بورن-هابر
Born–Haber cycle: حلقة محتوى حراري تُستخدم لحساب طاقة شبكة بلورية.

مهم

يجب أن تأخذ في الحسبان عدد مولات الأيونات عند إنشاء حلقة بورن-هابر.

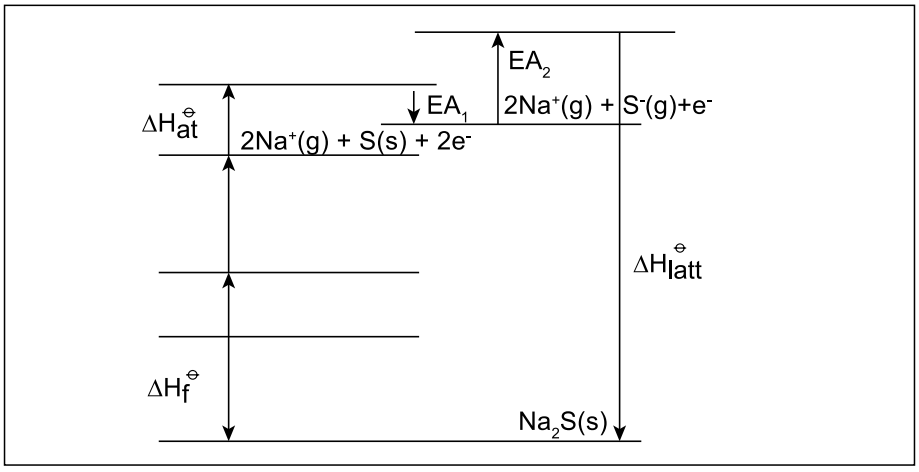
انتبه لإشارات التغيرات في المحتوى الحراري!

١. أكمل حلقة بورن-هابر في الشكل ٣-١ لحساب طاقة الشبكة البلورية لبروميد الكالسيوم $CaBr_2$.



الشكل ٣-١: حلقة بورن-هابر لبروميد الكالسيوم.

٢. أكمل حلقة بورن- هابر في الشكل ٣-٢ لحساب طاقة الشبكة البلورية لكبريتيد الصوديوم Na_2S.



الشكل ٣-٢: حلقة بورن-هابر لكبريتيد الصوديوم.

٣. احسب طاقة الشبكة البلورية لكبريتيد الصوديوم باستخدام البيانات الآتية:

$\Delta H_f^{\ominus}[Na_2S(s)] = -364.8$ kJ/mol

$\Delta H_{at}^{\ominus}[Na] = +107.3$ kJ/mol

$\Delta H_{at}^{\ominus}[S] = +278.5$ kJ/mol

$IE_1[Na] = +496.0$ kJ/mol

$EA_1[S] = -200.4$ kJ/mol

$EA_2[S] = +640.0$ kJ/mol

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٤. يوضح الجدول أدناه قيم طاقات الشبكة البلورية التي تمّ حسابها نظريًّا لبعض أكاسيد وكبريتيدات عناصر المجموعة 1.

الأكسيد	طاقة الشبكة البلورية للأكسيد kJ/mol	الكبريتيد	طاقة الشبكة البلورية للكبريتيد kJ/mol
أكسيد الليثيوم Li_2O	−2799	كبريتيد الليثيوم Li_2S	−2376
أكسيد الصوديوم Na_2O	−2481	كبريتيد الصوديوم Na_2S	−2134
أكسيد البوتاسيوم K_2O	−2238	كبريتيد البوتاسيوم K_2S	−1933
أكسيد الروبيديوم Rb_2O	−2163	كبريتيد الروبيديوم Rb_2S	−1904

الجدول ٣-١: قيم طاقات الشبكة البلورية المحسوبة لبعض أكاسيد وكبريتيدات عناصر المجموعة 1.

استخدم المعلومات الواردة في الجدول أعلاه لوصف كيفية تغيّر طاقات الشبكة البلورية مع تغيّر نصف القطر الأيوني للكاتيون والأنيون.

.....

.....

.....

.....

نشاط ٣-٢ التغير في المحتوى الحراري للمحاليل

سوف تتعرف في هذا النشاط على الحسابات التي تتضمن تغيرات في المحتوى الحراري للذوبان وللتميّه.

١. أكمل الجمل الآتية التي تعرّف التغير في المحتوى الحراري للتميّه والتغير في المحتوى الحراري للذوبان.

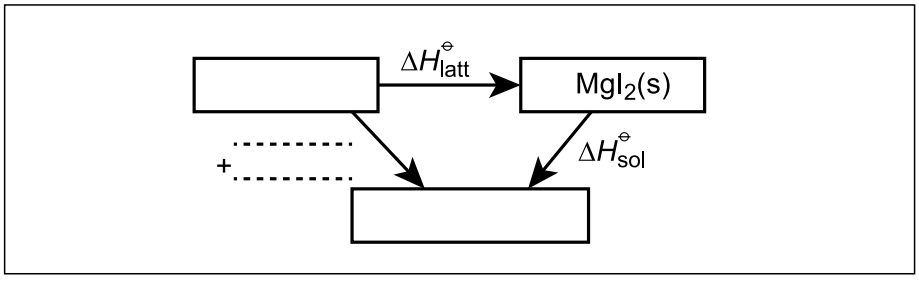
التغير في المحتوى الحراري للذوبان هو الطاقة ..... أو المنطلقة عند إذابة مول ..... من ..... صلب في كمية كافية من الماء لتكوين محلول ..... جدًّا.

التغير في المحتوى الحراري للتميّه هو التغير في المحتوى عند إذابة ..... واحد من أيون ..... معيّن في كمية كافية من الماء لتكوين محلول ..... جدًّا.

مهم

إذا كان حجم الأنيون كبيرًا جدًا مقارنة بحجم الكاتيون، يكون تأثير الأنيون على طاقة الشبكة البلورية أكبر من تأثير الكاتيون.

٢. أكمل حلقة الطاقة لحساب التغير في المحتوى الحراري لذوبان يوديد الماغنيسيوم MgI_2.



الشكل ٣-٣: حلقة الطاقة.

٣. يُعدّ التغير في المحتوى الحراري لذوبان يوديد الماغنيسيوم طاردًا للحرارة.

ارسم مخطط مستوى طاقة لحلقة الطاقة هذه لتوضيح العلاقة بين $\Delta H^{\ominus}_{latt}$ و $\Delta H^{\ominus}_{sol}$ و $\Delta H^{\ominus}_{hyd}$ في حلقة الطاقة التي أكملتها في السؤال ٢.

نشاط ٣-٣ التغيّرات في المحتوى الحراري وطاقة الشبكة البلورية

سوف تراجع في هذا النشاط بعض المصطلحات المستخدمة في إنشاء حلقات الطاقة بما في ذلك حلقات بورن–هابر.

مهم

عند تعريف تغيّرات معيّنة في المحتوى الحراري، غالبًا ما تعطي الكلمة الرئيسية (المفتاحية) دليلًا. على سبيل المثال، ترتبط **الألفة الإلكترونية** (**EA**) بكسب إلكترون، وتشير **طاقة الشبكة البلورية** إلى القوى الموجودة بين الأيونات في الشبكة.

تُعدّ الحالة الفيزيائية مهمة أيضًا في تعريف التغيرات في المحتوى الحراري. على سبيل المثال، تشير الألفة الإلكترونية الأولى إلى ذرات وأيونات في الحالة الغازية.

مصطلحات علمية

الألفة الإلكترونية الأولى First electron affinity (EA_1): التغير في المحتوى الحراري عند إضافة مول واحد من الإلكترونات إلى مول واحد من الذرات الغازية لعنصر ما لتكوين مول واحد من الأيونات الغازية التي تحمل شحنة سالبة واحدة في الظروف القياسية.

طاقة الشبكة البلورية Lattice energy ($\Delta H^{\ominus}_{latt}$): هي الطاقة المنطلقة عندما يتكوّن مول واحد من مركب أيوني صلب من أيوناته الغازية في الظروف القياسية.

١. أكمل التعريف الآتي للتغيّر في المحتوى الحراري للتذرير.

التغيّر في المحتوى الحراري القياسي للتذرير ($\Delta H^{\ominus}_{at}$)، هو التغير في المحتوى الحراري عند تكوين ..... واحد من الذرات ..... من ..... في الظروف ..... .

٢. أكمل تعريف كل من طاقة الشبكة البلورية والألفة الإلكترونية الأولى باستخدام كلمات من القائمة أدناه.

الذرات	**شحنة**	**الإلكترونات**	**المحتوى الحراري**	
الغازية	**أيوني**	**مول**	**واحد**	**القياسية**

طاقة الشبكة البلورية هي التغير في ..... عندما يتكوّن ..... واحد من مركب ..... صلب من أيوناته ..... في الظروف القياسية.

الألفة الإلكترونية الأولى هي التغيّر في المحتوى الحراري عند إضافة مول واحد من ..... إلى مول ..... من ..... الغازية لتكوين مول واحد من الأيونات الغازية التي تحمل ..... قيمتها 1- في الظروف ..... .

٣. أكمل الجمل في السؤال أ والسؤال ب الآتيين حول الألفة الإلكترونية باستخدام كلمات من القائمتَين أدناه.

أ.

تزداد تقل الأول

قيم الألفة الإلكترونية الأولى لذرات اللافلزات ..... عبر الدورة الواحدة من اليسار إلى اليمين وتبلغ حدها الأقصى في المجموعة 17. في المجموعتَين 16 و 17، فإن قيم الألفة الإلكترونية الأولى ..... من الأعلى إلى الأسفل في كل مجموعة، باستثناء العنصر ..... في المجموعة.

ب.

التجاذب شحنة تقل الإلكترون طاقة قوة الموجبة نصف القطر

تعتمد قيمة الألفة الإلكترونية الأولى على قوة ..... بين الإلكترون المضاف والنواة ذات الشحنة ..... فكلما كانت قوة التجاذب أقوى، كانت كمية الطاقة المنطلقة أكبر. وكلما كانت ..... النواة أكبر، كانت قوة التجاذب بين النواة والإلكترونات الخارجية أكبر. يمتلك الكلور شحنة نووية أكبر من شحنة الأكسجين، لذا فهو يجذب ..... نحوه بسهولة أكثر، وبالتالي يتم إطلاق كمية ..... أكبر عندما تكسب ذرة الكلور إلكترونًا واحدًا. وكلما كانت الإلكترونات الخارجية أكثر بُعدًا عن النواة، كانت ..... التجاذب بين النواة والإلكترونات الخارجية أقل. ولأن قيمة ..... الذري تزداد من الأعلى إلى الأسفل عبر المجموعتَين 16 و 17، فسوف ..... قيمة الألفة الإلكترونية الأولى عندما ننتقل من الكلور (Cl) إلى البروم (Br) إلى اليود (I).

٤. اكتب المعادلات التي تمثل ما يلي:

أ. طاقة التأيّن الثانية IE_2 للألومنيوم (Al).

.....

ب. الألفة الإلكترونية الثالثة EA_3 للنيتروجين (N).

.....

ج. التغيّر في المحتوى الحراري لتكوين كبريتات الماغنيسيوم $[MgSO_4]$ $\Delta H_f^\ominus$.

.....

د. طاقة الشبكة البلورية لأكسيد البوتاسيوم $[K_2O]$ $\Delta H_{latt}^\ominus$.

.....

٥. طابق المصطلحات العلمية من 1 إلى 5 على اليمين مع المعادلات المناسبة على اليسار من أ إلى هـ.

1. التغيّر في المحتوى الحراري للتذرير	أ. $S^-(g) + e^- \rightarrow S^{2-}(g)$
2. الألفة الإلكترونية الثانية	ب. $Mg^{2+}(g) \xrightarrow{H_2O} Mg^{2+}(aq)$
3. طاقة الشبكة البلورية	ج. $K(s) \rightarrow K(g)$
4. التغيّر في المحتوى الحراري للتكوين	د. $Li(s) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \rightarrow LiCl(s)$
5. التغيّر في المحتوى الحراري للذوبان	هـ. $Mg^{2+}(g) + O^{2-}(g) \rightarrow MgO(s)$
6. التغيّر في المحتوى الحراري للتميّه	و. $NaCl(s) \xrightarrow{H_2O} NaCl(aq)$

مصطلحات علمية

التغير في المحتوى الحراري القياسي للذوبان Standard enthalpy change of solution ($\Delta H_{sol}^\ominus$): التغير في المحتوى الحراري عندما يذوب مول واحد من مركب أيوني صلب في كميّة كافية من الماء لتكوين محلول مخفف جدًّا في الظروف القياسية.

التغير في المحتوى الحراري القياسي للتميّه Standard enthalpy change of hydration ($\Delta H_{hyd}^\ominus$): هو التغير في المحتوى الحراري عندما يذوب مول واحد من أيون غازي معيّن في كمية كافية من الماء لتكوين محلول مخفّف جدًّا في الظروف القياسية.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٣-١: التغير في المحتوى الحراري لذوبان الكلوريدات

أهداف الاستقصاء العملي

- 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.

التغيّر في المحتوى الحراري للذوبان: هو الطاقة الممتصة أو المنطلقة عند إذابة مول واحد من مركب أيوني صلب في كمية كافية من الماء لتكوين محلول مخفّف جدًّا. يمكن تحديد هذه القيمة عن طريق قياس التغير في درجة الحرارة عند إضافة كمية معلومة من المذاب إلى كمية ثابتة من الماء.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- كوب من البوليسترين وكأس زجاجية سعة 250 mL
- غطاء يناسب كوب البوليسترين، مع فتحة لوضع ميزان الحرارة
- مخبار مدرج سعة 20 mL (أو 10 mL)
- ميزان حرارة، 10– 100– °C (يفضل أن يكون التدرّج فيه 0.1 °C)
- ماء مقطر
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلة عشرية واحدة على الأقل
- ساق التقليب
- قوارب للوزن
- كلوريد الليثيوم اللامائي (LiCl)
- كلوريد الصوديوم اللامائي (NaCl)
- كلوريد البوتاسيوم اللامائي (KCl)
- كلوريد الماغنيسيوم اللامائي ($MgCl_2$)
- كلوريد الكالسيوم اللامائي ($CaCl_2$) (يجب أن تكون هذه المواد في حاويات منفصلة ومغلقة (مقفلة) مع ملعقة كيماويات)
- ساعة إيقاف

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

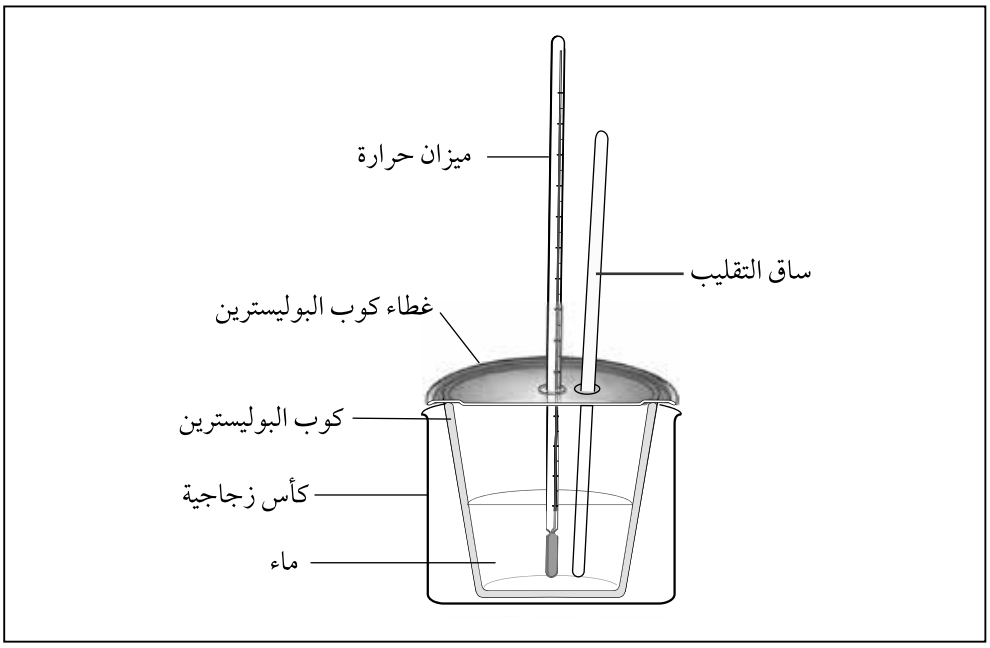
- يجب ارتداء نظارات واقية.
- استخدم ساق التقليب وليس ميزان الحرارة لتحريك المحاليل.
- يُعدّ كلوريد الكالسيوم اللامائي مادة مهيّجة.

الطريقة

١. زن 1.7 g من كلوريد الليثيوم بأكبر قدر ممكن من الدقة.

٢. استخدم المخبار المدرج لإضافة 20 mL من الماء المقطر في كوب البوليسترين (راجع الشكل ٣-١).

٣. سجّل درجة حرارة الماء في كوب البوليسترين كل 30 ثانية وذلك لمدة دقيقتين.



الشكل ٣-١: قياس التغير في المحتوى الحراري للمحلول.

٤. بعد دقيقتَين ونصف، أضف كلوريد الليثيوم إلى الماء وحرّك المحلول بوساطة ساق التقليب.

٥. سجّل درجة حرارة المحلول في كوب البوليسترين كل 30 ثانية، مع التحريك المستمر وذلك لمدة دقيقتين أخريَين على الأقل.

٦. اغسل كوب البوليسترين بالماء المقطّر ثم جفّفه.

٧. كرّر الخطوات من 1 إلى 6، ولكن هذه المرة باستخدام 2.3 g من كلوريد الصوديوم.

٨. كرّر الخطوات من 1 إلى 6، لكن هذه المرة باستخدام 3.0 g من كلوريد البوتاسيوم.

٩. كرر الخطوات من 1 إلى 6، لكن هذه المرة استخدم 3.8 g من كلوريد الماغنيسيوم.

١٠. كرر الخطوات من 1 إلى 6، ولكن هذه المرة باستخدام 4.4 g من كلوريد الكالسيوم.

النتائج

سجّل ملاحظاتك في الجدول ٣-١.

الزمن (s)	درجة الحرارة (°C)				
	LiCl	NaCl	KCl	$MgCl_2$	$CaCl_2$
0					
30					
60					
90					
120					
150					
180					
210					
240					
270					

الجدول ٣-١: درجات الحرارة المسجلة خلال ذوبان الكلوريدات في المحاليل.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. لكل كلوريد، حدّد التغير الأقصى في درجة الحرارة التي سجّلتها عندما يذوب في الماء وسجّل نتائجك في الجدول ٣-٢ أدناه.

الكلوريد	التغير في درجة الحرارة
LiCl	
NaCl	
KCl	
$MgCl_2$	
$CaCl_2$	

الجدول ٣-٢: جدول النتائج.

٢. بالنسبة إلى كلوريد البوتاسيوم فقط، ارسم تمثيلًا بيانيًّا لدرجة الحرارة مقابل المدة الزمنية، وقم باستقراء الجزء المستقيم من الخط في التمثيل البياني لتحديد التغير المصحّح في درجة الحرارة.

مهم

راجع المهارة العملية ٣-١ الواردة في كتاب الطالب حول طريقة تحديد التغير المصحّح في درجة الحرارة.

٣. بالنسبة إلى كلوريد البوتاسيوم، احسب كمية الحرارة المتبادلة بوحدة الجول (J) مع ذكر أي افتراضات قمت بها.
(ملاحظة: السعة الحرارية النوعية للماء = 4.18 J/g.˚C)

.....

.....

مهم

يمكنك معرفة كيفية حساب التغير في الطاقة في المهارة العملية ٣-١ الواردة في كتاب الطالب.

٤. تمّ استخدام عدد المولات نفسه من كل كلوريد (0.04 mol).
احسب التغير في المحتوى الحراري لذوبان كلوريد البوتاسيوم بوحدة J/mol.

.....

.....

٥. ما العلاقة التي تستنتجها بين التغير في المحتوى الحراري للذوبان وموقع كلوريدات عناصر المجموعة 1؟

.....

.....

٦. قارن التغير في المحتوى الحراري لذوبان الكلوريدات في الدورتَين 3 و 4، وموقع هذه الكلوريدات في هاتين الدورتَين. اشرح إجابتك.

.....

.....

٧. لماذا تمّ أخذ سلسلة من قراءات درجة الحرارة في أوقات مختلفة، بدلًا من قراءتَين فقط – درجة الحرارة الابتدائية للماء ودرجة الحرارة النهائية (عند اكتمال الذوبان)؟

.....

.....

٨. ارجع إلى المواد والأدوات المستخدمة لاقتراح كيفية تحسين دقّة التجربة.

.....

.....

.....

٩. اقترح كيفية تحسين الطريقة للأخذ في الحسبان درجة الحرارة الابتدائية للمادة الصلبة.

.....

.....

١٠. ارجع إلى تعريف «التغير في المحتوى الحراري للذوبان» في بداية هذه التجربة لاقتراح سبب احتمال أن تكون القيمة التي حصلت عليها خلال التجربة أقل من القيمة الفعلية.

.....

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف طاقة الشبكة البلورية.

ب. صف كيف يؤثر حجم الكاتيون وشحنته على قيم طاقة الشبكة البلورية للمركبات التي تمتلك الأنيون نفسه واشرحه.

ج. قم بإنشاء حلقة طاقة بسيطة لحساب طاقة الشبكة البلورية ليوديد البوتاسيوم (KI).

د. احسب طاقة الشبكة البلورية ليوديد البوتاسيوم باستخدام البيانات الآتية:

$\Delta H_f^{\ominus}$ [KI] = −327.9 kJ/mol

$\Delta H_{at}^{\ominus}$ [K] = +89.20 kJ/mol

$\Delta H_{at}^{\ominus}$ [½I_2] = +106.8 kJ/mol

IE_1[K] = +419.0 kJ/mol

EA_1[I] = −295.4 kJ/mol

اكتب إجابتك حتى أربعة أرقام معنوية.

هـ. لماذا تكون **الألفة الإلكترونية الثانية** للأكسجين ماصة للحرارة؟ اشرح إجابتك.

٢. عندما تذوب مادة صلبة أيونية في الماء، تنفصل الأيونات بعضها عن بعض وتصبح مميّهة.

أ. ارسم جزيء ماء لتوضيح شكله. على مخططك، وضّح قيمة زاوية الروابط H–O–H واتجاه ثنائي القطب.

ب. ١- ارسم مخططًا يوضح أيون صوديوم مميّه بخمسة جزيئات من الماء.

٢- اذكر اسم نوع الترابط الموجود بين جزيئات الماء وأيونات الصوديوم.

ج. بروميد الصوديوم (NaBr) يذوب في الماء.

١- كيف تختلف تغيرات الطاقة عندما تتكسّر الروابط بين الأيونات في تركيب أيوني ضخم، وعندما تتميّه أيونات الصوديوم وأيونات البروميد؟

٢- صف التغيّر الإجمالي في الطاقة.

مهم

يتضمّن الجزء الرئيسي من هذا السؤال حساب طاقة الشبكة البلورية.

تأكد من أنك تعرف كيفية إنشاء حلقة طاقة لذلك.

مصطلحات علمية

الألفة الإلكترونية الثانية Second electron affinity (EA_2): هي التغير في المحتوى الحراري عند إضافة مول واحد من الإلكترونات إلى مول واحد من الأيونات الغازية التي تحمل شحنة سالبة قيمتها(1−) لتكوين مول واحد من الأيونات الغازية التي تحمل شحنة سالبة قيمتها (2−) في الظروف القياسية.

مهم

تشير الجزئية ج إلى أفكار حول تكوين الروابط وتكسير الروابط.

تابع

د. ١- ارسم حلقة طاقة بسيطة توضح التغير في المحتوى الحراري لذوبان بروميد الصوديوم والتغير في المحتوى الحراري للتميّه وطاقة الشبكة البلورية.

٢- احسب قيمة التغير في المحتوى الحراري لذوبان بروميد الصوديوم باستخدام البيانات الآتية:

$\Delta H^{\ominus}_{hyd}\ [Na^+] = -390\ kJ/mol$

$\Delta H^{\ominus}_{hyd}\ [Br^-] = -337\ kJ/mol$

$\Delta H^{\ominus}_{latt}\ [NaBr] = -742\ kJ/mol$

هـ. يُعدّ هيدروكسيد الباريوم ($Ba(OH)_2$) أكثر ذوبانية من هيدروكسيد الماغنيسيوم ($Mg(OH)_2$).

اشرح هذا الاختلاف في الذوبانية وفق القيم النسبية للتغير في المحتوى الحراري للتميّه وطاقة الشبكة البلورية الواردة أدناه.

$\Delta H^{\ominus}_{hyd}\ [Mg^{2+}] = -1920\ kJ/mol$

$\Delta H^{\ominus}_{hyd}\ [Ba^{2+}] = -1360\ kJ/mol$

$\Delta H^{\ominus}_{hyd}\ [OH^-] = -510\ kJ/mol$

$\Delta H^{\ominus}_{latt}\ [Mg(OH)_2] = -3006\ kJ/mol$

$\Delta H^{\ominus}_{latt}\ [Ba(OH)_2] = -2339\ kJ/mol$

مشتقات الهيدروكربونات (١)

Hydrocarbon Derivatives(1)

أهداف التعلُّم

٤-١ يفهم قواعد التسمية النظامية (IUPAC) للمركبات العضوية الأليفاتية للسلاسل المتجانسة المدرجة في الجدول ٤-١ (حتى عشر ذرات كربون في السلسلة) ويستخدمها.

٤-٢ يصنف الكحولات إلى كحولات أولية وثانوية وثالثية وإلى كحولات أحادية الهيدروكسيل وثنائية الهيدروكسيل وثلاثية الهيدروكسيل وعديدة الهيدروكسيل.

٤-٣ يفهم أن مجموعة الهيدروكسيل تحدد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكحولات.

٤-٤ يصف اختبار ثلاثي يودوميثان للكشف عن وجود مجموعة $-CH_3CH(OH)$ في كحول ما.

٤-٥ يميز بين الألدهيد والكيتون بوساطة نتائج اختبارات بسيطة (كاشف فهلينج Fehling وكاشف تولن Tollens).

٤-٦ يصف تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية مع:

(أ) القواعد لإنتاج ملح و $H_2O(l)$ (تفاعل تعادل)

(ب) الفلزات النشطة كيميائيًّا لإنتاج ملح وغاز الهيدروجين $H_2O(g)$ (تفاعل أكسدة-اختزال)

(ج) الكربونات لإنتاج ملح و $H_2O(l)$ و $CO_2(g)$ (تفاعل حمض-قاعدة)

(د) الكحولات في وجود H_2SO_4 مركز كعامل حفّاز لإنتاج إسترات (تفاعل أسترة).

(هـ) عوامل مختزلة مثل $LiAlH_4$ لتكوين كحول أولي (تفاعل اختزال).

٤-٧ يصف التفاعلات الآتية للكحولات:

(أ) الاحتراق بوجود الأكسجين.

(ب) الاستبدال إلى هالوجينوألكان، عن طريق التفاعل مع HX أو التفاعل مع PCl_3 والتسخين.

(ج) التفاعل مع فلز الصوديوم ($Na(s)$).

(د) إزالة الماء من الكحول وتحويله إلى ألكين، وذلك باستخدام عامل حفّاز ساخن، مثل Al_2O_3 أو حمض مركّز.

(هـ) تكوين إسترات عن طريق تفاعل التكثيف مع أحماض كربوكسيلية باستخدام H_2SO_4 المركز أو H_3PO_4 المركز كعامل حفّاز (الهدف ٤-٦ د).

(و) الأكسدة بوساطة $K_2Cr_2O_7$ أو $KMnO_4$ في وسط حمضي إلى:

١- مركبات كربونيلية باستخدام التقطير.

٢- أحماض كربوكسيلية بوساطة التقطير المرتدّ لكحولات أولية لتكوين ألدهيدات يمكن أن تتأكسد أكثر إلى أحماض كربوكسيلية (الهدف ٤-١٠ أ).

٤-٨ يصف كيف يمكن استخدام محلول حمضي من ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم للتمييز بين الكحولات الثالثية والكحولات الأولية والثانوية.

٤-٩ يذكر تفاعلات تحضير الكحولات (المواد المتفاعلة وظروف التفاعل)، وهي:

(أ) الإضافة الإلكتروفيلية لبخار الماء $H_2O(g)$ إلى ألكين، بوجود وجود العامل الحفاز H_3PO_4 المركّز.

(ب) الاستبدال النيوكليوفيلي (الإحلال) في هالوجينوألكان باستخدام $NaOH(aq)$ مع التسخين.

(ج) أكسدة الألكينات باستخدام محلول منجنات (VII) البوتاسيوم البارد والمخفّف في وسط حمضي (محمّض) لتكوين دايول (كحول ثنائي).

(د) التحلل المائي لإستر باستخدام حمض مخفف أو مادة قلوية مخففة مع التسخين (الهدف ٤-١٠ب).

(هـ) اختزال ألدهيد أو كيتون باستخدام $NaBH_4$ أو $LiAlH_4$.

(و) اختزال حمض كربوكسيلي باستخدام $NaBH_4$. (الهدف ٤-٦ هـ).

٤-١٠ يذكر التفاعلات التي يمكن بوساطتها تحضير أحماض كربوكسيلية، وهي:

(أ) أكسدة الكحولات الأولية، والألدهيدات باستخدام $K_2Cr_2O_7$ أو $KMnO_4$، في وسط حمضي، بوساطة التقطير المرتدّ.

(ب) التحلل المائي للإسترات بوجود حمض مخفف، أو مادة قلوية مخففة مع التسخين، يتبعه إضافة حمض.

٤-١١ يذكر التفاعلات التي يمكن بوساطتها إنتاج ألدهيدات وكيتونات، وهي:

(أ) أكسدة كحولات أولية باستخدام $K_2Cr_2O_7$ أو $KMnO_4$، في وسط حمضي والتقطير لإنتاج الألدهيدات.

(ب) أكسدة كحولات ثانوية باستخدام $K_2Cr_2O_7$ أو $KMnO_4$، في وسط حمضي لإنتاج كيتونات.

الأنشطة

نشاط ٤-١ تصنيف الكحولات

سوف تتعرّف في هذا النشاط على كيفية التمييز بين **الكحولات الأولية والثانوية والثالثية** في ضوء تركيبها وباستخدام ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم في وسط حمضي. وسوف تتدرّب على كتابة معادلات تفاعلات الأكسدة للكحولات والألدهيدات.

مهم

تأكّد من أنك تعرف الفرق بين الكحولات الأولية والثانوية والثالثية في ضوء تركيبها وتفاعلها مع ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم في وسط حمضي.

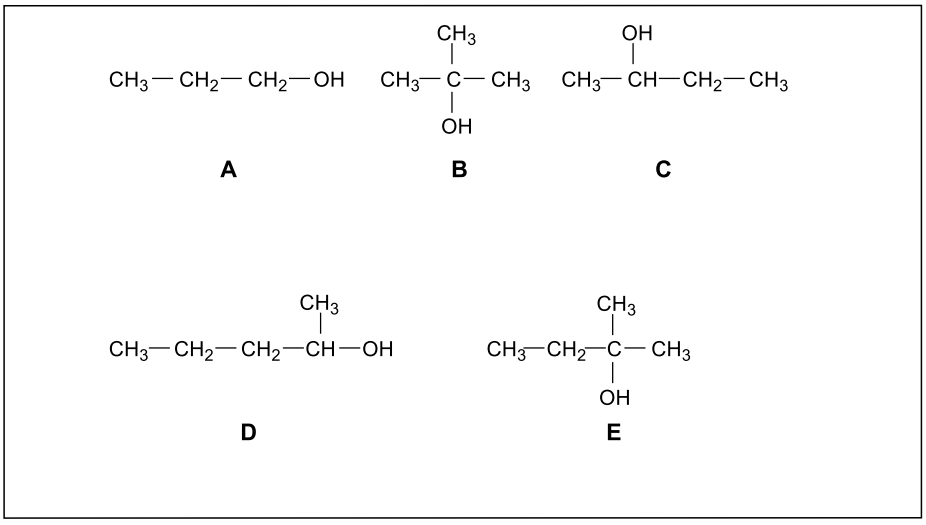
مصطلحات علمية

كحول أولي Primary alcohol: كحول تكون فيه ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة (OH–) مرتبطة بذرة كربون واحدة أخرى (أو مجموعة ألكيل واحدة) أو غير مرتبطة بأي مجموعة ألكيل.

كحول ثانوي Secondary alcohol: كحول تكون فيه ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة (OH–) مرتبطة بذرتَي كربون أخريَين (أو مجموعتَي ألكيل).

كحول ثالثي Tertiary alcohol: كحول تكون فيه ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة (OH–) مرتبطة بثلاث ذرات كربون أخرى (أو ثلاث مجموعات ألكيل).

١. صنف كلًا من الكحولات الآتية كأولي أو ثانوي أو ثالثي.



٢. سمّ الكحولات الواردة في السؤال ١.

.....

.....

.....

.....

نشاط ٤-٢ مركبات الكربونيل: التحضير والاختزال

سوف تتعرف في هذا النشاط على صيغ الألدهيدات مع مراجعة الإجراء العملي لتحضير هذه المركّبات. وسوف تراجع أيضًا استخدام $LiAlH_4$ و $NaBH_4$ في اختزال **مركبات الكربونيل**.

مصطلحات علمية

مركب الكربونيل Carbonyl compound: مركب يحتوي على مجموعة C=O مرتبطة بمجموعة ألكيل واحدة وذرة هيدروجين أو بمجموعتَي ألكيل.

١. سمّ مركبات الكربونيل الآتية:

أ. $HCHO$ .....

ب. $CH_3CH_2COCH_2CH_2CH_3$ .....

ج. $CH_3CH_2CH_2CHO$ .....

٢. اكتب الصيغ البنائية لـ:

أ. 2–بيوتانون .....

ب. بنتانال .....

مهم

عند تسمية الكيتونات، تذكّر أن مجموعة CO تُعطى الرقم الأصغر بترقيم السلسلة الكربونية للجزيء من أحد طرفَيها.

٣. اقرأ الفقرة أدناه حول تحضير مركبات الكربونيل ثم أجب عن الأسئلة التي تليها.

لتحضير البروبانال، يتم تسخين 1–بروبانول بلطف مع محلول حمضي من ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$. يضاف المحلول الحمضي لثنائي الكرومات قطرة قطرة إلى الكحول، ويتم تقطير البروبانال على الفور، ويبقى 1–بروبانول الذي لم يتفاعل في الدورق. يتحوّل لون المخلوط إلى الأخضر مع اختزال أيونات ثنائي الكرومات البرتقالية إلى أيونات الكروم (III). يؤدي التسخين الإضافي إلى أكسدة الكحول الموجود في الدورق إلى حمض البروبانويك. ويمكن أكسدة 2–بروبانول بطريقة مماثلة ولكن لا يلزم تقطير المادة الناتجة بشكل فوري.

أ. حدّد العامل المؤكسِد في هذه التفاعلات.

.....

ب. اكتب صيغة كل من أيون ثنائي الكرومات وأيون الكروم (III).

.....

ج. استنادًا إلى المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه كيف تعرف أن درجة غليان البروبانال أقل من درجة غليان 1–بروبانول؟

.....

.....

د. لماذا يُقطّر البروبانال على الفور ولا يتم تعريضه للتقطير المرتد؟

.....

.....

هـ. سمِّ المادة العضوية الناتجة التي تتكوّن عند أكسدة 2-بروبانول.

.....

و. لماذا لا تحتاج المادة الناتجة من أكسدة 2-بروبانول إلى التقطير الفوري؟

.....

.....

نشاط ٤-٣ الأحماض الكربوكسيلية وتحضيرها

ستتدرب في هذا النشاط على صيغ الأحماض الكربوكسيلية. وسوف تتعرف على كيفية تحضيرها من الكحولات.

١. اكتب الصيغة البنائية لكل من الأحماض الآتية:

أ. حمض الهكسانويك .....

ب. حمض الميثانويك .....

٢. يمكن تحضير الأحماض الكربوكسيلية عن طريق أكسدة الكحولات الأولية.

أ. اذكر اسم العامل المؤكسِد والظروف المستخدمة.

.....

ب. اكتب معادلة توضح الصيغ البنائية للمواد العضوية خلال عملية تحضير حمض البيوتانويك من الكحول المناسب.

.....

ج. لماذا لا يمكن أكسدة الكحولات الثانوية إلى أحماض كربوكسيلية؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

نشاط ٤-٤ تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية

سوف تتعرف في هذا النشاط على تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية مع فلزات نشطة كيميائيًّا ومواد قلوية وكربونات واختزالها بوساطة $LiAlH_4$.

١. اكتب معادلة توضح تفاعل حمض البروبانويك مع الماء.

.....

٢. أكمل المعادلات الآتية:

أ. $CH_3COOH + KOH \rightarrow$ ..... + ...

ب. $CH_3CH_2CH_2COOH + Mg \rightarrow$ ..... + ...

ج. $C_6H_5COOH + Na_2CO_3 \rightarrow$ ..... + ... + ...

٣. سمِّ الملحَين المتكوّنَين في الجزئيتَين ٢ أ و ب.

.....

.....

٤. يتم اختزال الأحماض الكربوكسيلية إلى كحولات بوساطة رباعي هيدريدو ألومينات الليثيوم $LiAlH_4$ في الإيثر منزوع الماء.

أكمل المعادلات الآتية. استخدم الرمز [H] لتمثيل الهيدروجين الممنوح من العامل المختزِل.

أ. $CH_3COOH +$ ..... $\rightarrow CH_3CH_2OH + H_2O$

ب. $CH_3CH_2COOH +$ ..... $\rightarrow$ ..... + ...

نشاط ٤-٥ الإسترات

سوف تتعرف في هذا النشاط على صيغ الإسترات، وعلى تفاعل **الأسترة** بوساطة الأحماض الكربوكسيلية والكحولات، وعلى التحلل المائي للإسترات، المحفز بحمض أو بوجود قاعدة.

مصطلحات علمية

الأسترة Esterification: تفاعل حمض كربوكسيلي مع كحول لتحضير إستر وجزيء ماء.

مهم

تتكوّن الإسترات خلال التقطير المرتد لحمض كربوكسيلي مع كحول بوجود حمض الكبريتيك المركّز كعامل حفاز.

يأتي الجزء الأول من اسم الإستر من الحمض الكربوكسيلي، ويأتي الجزء الثاني من الكحول. لذلك فإن اسم الإستر $CH_3COOC_3H_7$ هو إيثانوات البروبيل.

١. سمِّ الإسترات المتكوّنة عندما يتفاعل:

أ. الإيثانول مع حمض البيوتانويك.

.....

ب. البروبانول مع حمض الهكسانويك.

.....

ج. الميثانول مع حمض البنتانويك.

.....

٢. سمِّ الإسترات الآتية:

أ. $HCOOC_4H_9$ .....

ب. $CH_3COOC_5H_{11}$ .....

ج. $C_3H_7COOC_3H_7$ .....

٣. يرد فيما يلي معادلتان للتحلل المائي لإيثانوات الإيثيل.

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \overset{H^+(aq)}{\rightleftharpoons} CH_3COOH + C_2H_5OH$$

$$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COO^-Na^+ + C_2H_5OH$$

يمكن للإسترات أن تتعرّض للتحلل المائي عن طريق التقطير المرتد مع حمض الكبريتيك.

أ. ما وظيفة حمض الكبريتيك؟

.....

ب. اكتب معادلة التحلل المائي في وسط حمضي لإيثانوات البروبيل.

.....

ويمكن للإسترات أن تتعرّض أيضًا للتحلل المائي عن طريق التقطير المرتد مع محلول مائي مركز من هيدروكسيد الصوديوم. اكتب معادلات التحلل المائي في وسط قلوي للإسترات الآتية:

ج. ميثانوات البروبيل.

.....

د. إيثانوات الميثيل.

.....

هـ. بروبانوات البيوتيل.

.....

نشاط ٤-٦ بعض تفاعلات الكحولات

سوف تتعرّف في هذا النشاط على بعض تفاعلات الكحولات (الاحتراق، الاستبدال، التفاعل مع الصوديوم، الأكسدة وإزالة الماء) والظروف المستخدمة. وسوف تراجع كتابة معادلات لتفاعلات الكحولات.

١. طابق المواد المتفاعلة والظروف من ١ إلى ٦ على اليمين مع المواد الناتجة من أ إلى و على اليسار.

1. احتراق الإيثانول بوجود فائض من الهواء	أ. إيثانوات الإيثيل
2. التقطير المرتد للإيثانول مع ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم الحمضي	ب. إيثين
3. التقطير المرتد للإيثانول مع حمض الإيثانويك وحمض الكبريتيك كعامل حفاز	ج. كلوروإيثان
4. تمرير بخار الإيثانول فوق أكسيد الألومنيوم الساخن	د. حمض الإيثانويك
5. التقطير المرتد للإيثانول مع كلوريد الصوديوم وحمض الكبريتيك المركّز	هـ. إيثوكسيد الصوديوم
6. إضافة الصوديوم إلى الإيثانول	و. ثاني أكسيد الكربون والماء

مهم

عند كتابة معادلات احتراق الكحولات، لا تنسَ الأكسجين الموجود في جزيء الكحول!

٢. أكمل المعادلات أدناه.

أ. ..... + ... $\rightarrow$ ..... + ... C_3H_7OH

ب. ..... + ... $\rightarrow$ ..... + ... CH_3OH

ج. ..... + ... $\xrightarrow{Al_2O_3\text{، تسخين}}$ $CH_3CH(OH)CH_3$

د. ..... + ... $\xrightarrow{Al_2O_3\text{، تسخين}}$ $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$

٣. اكتب المعادلات الموزونة لكل ممّا يلي:

أ. الاحتراق الكامل للبروبانول.

.....

ب. الاحتراق غير الكامل للبيوتانول.

.....

ج. الاحتراق الكامل للهكسانول.

.....

مهم

في صيغة بنائية مبسطة مثل $CH_3C(CH_3)_2CH_2OH$، لاحظ أن $C(CH_3)_2$ يوضح أن هنالك مجموعتَي ميثيل مرتبطتَين بذرة الكربون الثانية من اليسار.

٤. أي من الكحولات الآتية سيتفاعل مع محلول قلوي من اليود؟ اشرح إجابتك.

أ. $CH_3CH_2CH(OH)CH_2CH_3$

ب. $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

ج. $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

د. $CH_3C(CH_3)_2CH_2CH_2OH$

٥. أكمل الجمل الآتية لوصف ما يحدث، في حال حدوثه، عند تسخين أنواع مختلفة من الكحولات مع ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم في وسط حمضي.

الكحولات الأولية: يتحوّل لون ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم من ..... إلى ..... . وتكون المادة المقطّرة الناتجة ..... . تؤدي الأكسدة الإضافية لهذه المادة إلى تكوين ..... .

الكحولات الثانوية: يتحوّل لون ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم من ..... إلى ..... . وتكون المادة الناتجة ..... . ولا يمكن ..... هذه المادة أكثر.

الكحولات الثالثية: لا ..... لون ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم؛ لا يحدث أي تفاعل.

٦. تستخدم في التفاعلات العضوية عوامل مؤكسدة مثل ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم.

أ. سمّ عاملًا مؤكسِدًا آخر غير ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم الحمضي يمكنه أن يؤكسد الكحولات الأولية.

.....

ب. اذكر التغيّر في لون هذا العامل المؤكسِد عندما يتفاعل مع فائض من كحول أولي.

.....

٧. أكمل المعادلات أدناه لأكسدة بعض الكحولات والألدهيدات.

أ. $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{[o]} CH_3CH_2CHO + H_2O$

ب. $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{[o]} \ldots\ldots + \ldots\ldots$

ج. $CH_3CH_2CHO \xrightarrow{[o]} \ldots\ldots$

د. $CH_3CH(OH)CH_2CH(OH)CH_2CH_3 + \xrightarrow{2[o]} \ldots\ldots + \ldots\ldots$

مهم

تذكّر عند تسمية الكحولات، أن ترقيم السلسلة لتحديد موقع المجموعة OH– ينبغي أن يبدأ من طرف الجزيء الذي يعطي للمجموعة OH– العدد الأصغر.

نشاط ٤-٧ تحضير الكحولات

سوف تراجع في هذا النشاط مجموعة متنوعة من التفاعلات التي تؤدي إلى تكوين كحولات.

تذكّر أنه يجب عليك أيضًا معرفة ظروف التفاعل وطبيعة المذيب المستخدم، على سبيل المثال، الحرارة واستخدام عوامل حفازة.

١. أكمل المعادلات الآتية حول تكوين الكحولات.

أ. $CH_2{=}CH_2(g) + H_2O(g) \xrightarrow{\ldots\ldots} \ldots\ldots$

ب. $CH_3CH_2CH_2COOCH_3 + NaOH \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$

ج. $CH_3CH_2Cl + \ldots\ldots \rightarrow CH_3CH_2OH + NaCl$

د. $CH_3CH_2COOH + 4[H] \longrightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$

هـ. $CH_3COCH_3 + \ldots\ldots \rightarrow CH_3CH(OH)CH_3$

و. $CH_3CH_2COOCH_2CH_3 + H_2O \overset{\ldots\ldots}{\rightleftharpoons} \ldots\ldots + CH_3CH_2OH$

مهم

في التفاعلات العضوية، يمكن تبسيط كتابة المعادلة باستخدام الرمز [H] لتوضيح أن الهيدروجين الذي يأتي من عامل مختزِل مثل رباعي هيدريدوبورات الصوديوم قد تمّ انتقاله أثناء التفاعل في حال عدم استخدام غاز الهيدروجين.

٢. صف نوع التفاعل الذي يحدث في كل من التفاعلات الواردة في السؤال ١.

أ. .....

ب. .....

ج. .....

د. .....

هـ. .....

و. .....

٣. اكتب المعادلات التي تمثل:

أ. تفاعل محلول منجنات (VII) البوتاسيوم المخفّف والبارد مع الإيثين.

.....

ب. تفاعل البروبانال مع رباعي هيدريدوبورات الصوديوم.

.....

ج. تفاعل إيثانوات البروبيل مع هيدروكسيد الصوديوم المائي.

.....

د. تفاعل حمض البروبانويك مع رباعي هيدريدوألومينات الليثيوم لتكوين كحول.

.....

٤. اكتب المعادلات التي تمثل التفاعلات الآتية باستخدام الصيغ البنائية.

أ. اختزال 2-بيوتانون بوساطة $LiAlH_4$ .....

ب. اختزال البروبانال بوساطة $NaBH_4$ .....

٥. سمِّ المواد الناتجة من التفاعلَين الواردَين في السؤال ٤.

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٤-١: تحديد أربعة مركبات عضوية مجهولة

أهداف الاستقصاء العملي

– جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.

في هذا الاستقصاء العملي، سوف تحدد **المجموعات الوظيفية** في أربعة مركبات عضوية مجهولة، P و Q و R و S، تحتوي على أكسجين. المركّبات هي: كحول (إيثانول، CH_3CH_2OH)، وألدهيد (ميثانال HCHO)، وكيتون (بروبانون CH_3COCH_3) وحمض كربوكسيلي (حمض الإيثانويك CH_3COOH). يحتوي كل من المركّبين Q و S على مجموعة هيدروكسيل (OH).

مصطلحات علمية

المجموعة الوظيفية Functional group: ذرة أو مجموعة ذرات في جزيء عضوي تحدد تفاعلاته المميزة.

الجزء ١: استقصاء المركّبات التي تحتوي على مجموعة هيدروكسيل

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنابيب اختبار عدد 6
- حامل أنابيب اختبار
- موقد بنزن وحصيرة عازلة للحرارة
- أعواد ثقاب
- ملعقة كيماويات
- صحن تبخير عدد 2
- قطارات زجاجية مدرجة
- كأس زجاجية سعة 250 mL
- عيّنة من كل من المركّبَين المجهولَين Q و S
- كربونات الصوديوم الهيدروجينية
- محلول كربونات الصوديوم 0.1 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 2.00 mol/L
- محلول ماء الجير
- قنينة غسيل
- ماء مقطر
- زجاجة بقطارة لحمض الكبريتيك
- محلول اليود

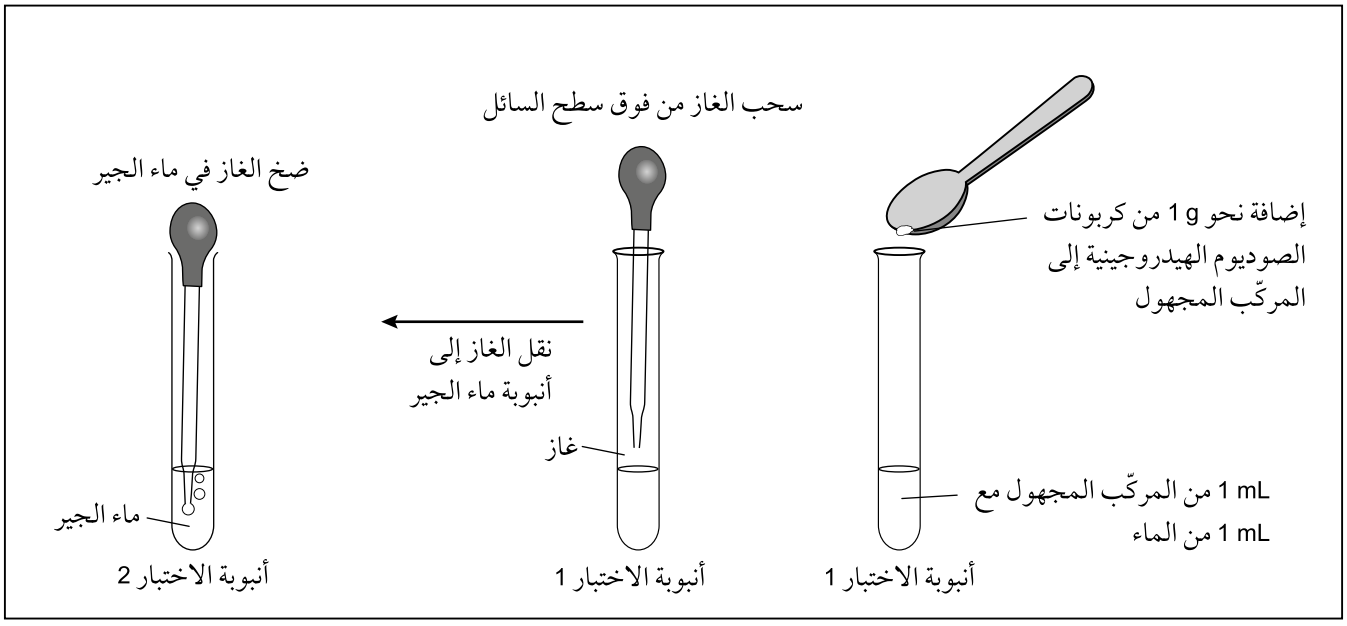
⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يُعدّ ماء الجير مادة قلوية ويجب التعامل معه على أنه مادة أكالة.
- يُعدّ محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكالة.
- تُعدّ المركّبات العضوية قابلة للاشتعال ويجب إبعادها عن أي مصدر لهب.
- يجب أيضًا اعتبار المركّبات العضوية ضارة. يجب ارتداء القفازات البلاستيكية لتقليل التلامس. لا تتنشق (أو تستنشق) الأبخرة.
- يُعدّ حمض الكبريتيك المركّز مادة أكالة. قم دائمًا بإضافة الحمض إلى الماء، وليس العكس. في حال لامس الحمض جلدك، فاغسله على الفور باستخدام كميّات وافرة من الماء البارد.
- ينبغي توفير الماء الساخن بوساطة غلّاية.
- تُعدّ المادة الناتجة من التفاعل في الجزء ١-ب مادة مهيجة جدًّا للعيون. عند الانتهاء من تسجيل ملاحظاتك، اغسل مخلوط التفاعل في الحوض مع الكثير من الماء.
- يسبب محلول اليود بقعًا جلدية، لذا تعامل معه بحذر.

الجزء ١–أ: اختبار مجموعة الكربوكسيل COOH–

الطريقة

١. لكل مركب غير معروف يحتوي على مجموعة هيدروكسيل، أكمل الإجراءات الموضحة في الشكل ٤–١. سوف تحتاج إلى إعداد أنبوبتَي اختبار لكل مركب يتم اختباره، كما هو موضح.



الشكل ٤–١: اختبار مجموعة الكربوكسيل COOH–

النتائج

٢. أعدّ جدولًا وسجّل ملاحظاتك.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. أي من المركّبات المجهولة يحتوي على مجموعة الكربوكسيل؟

.....

٢. اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٣. حدّد هذا المركّب واكتب معادلة التفاعل الذي يحدث.

.....

.....

.....

الجزء ١-ب: تفاعل اليودوفورم: اختبار المجموعة $-CH_3CH(OH)$

يستخدم تفاعل اليودوفورم لتحديد وجود المجموعة $-CH_3CH(OH)$. تتفاعل هذه المجموعة مع محلول اليود القلوي لتكوين راسب أصفر من اليودوفورم (CHI_3). سيمكنك استخدام هذا الاختبار من تحديد المركّب الذي تمّ اختباره في الجزء ١-أ (المركّب الذي أعطى اختبارًا سلبيًّا مع كربونات الصوديوم الهيدروجينية).

الطريقة

١. أضف خمس قطرات من المركّب المجهول إلى أنبوبة اختبار.
٢. أضف خمس قطرات من محلول اليود.
٣. أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم قطرة قطرة حتى يختفي اللون البنّي لليود.

النتائج

صِف ملاحظاتك.

.....

.....

التحليل والاستنتاج والتقويم

حدّد المركّب العضوي واشرح إجابتك.

.....

.....

.....

.....

مهم

تذكّر أن المركّب العضوي الذي تقوم بتحليله يحتوي على ذرتَي كربون.

الجزء ٢: تحديد المركّبات التي تحتوي على مجموعة كربونيل

ستحتاج إلى

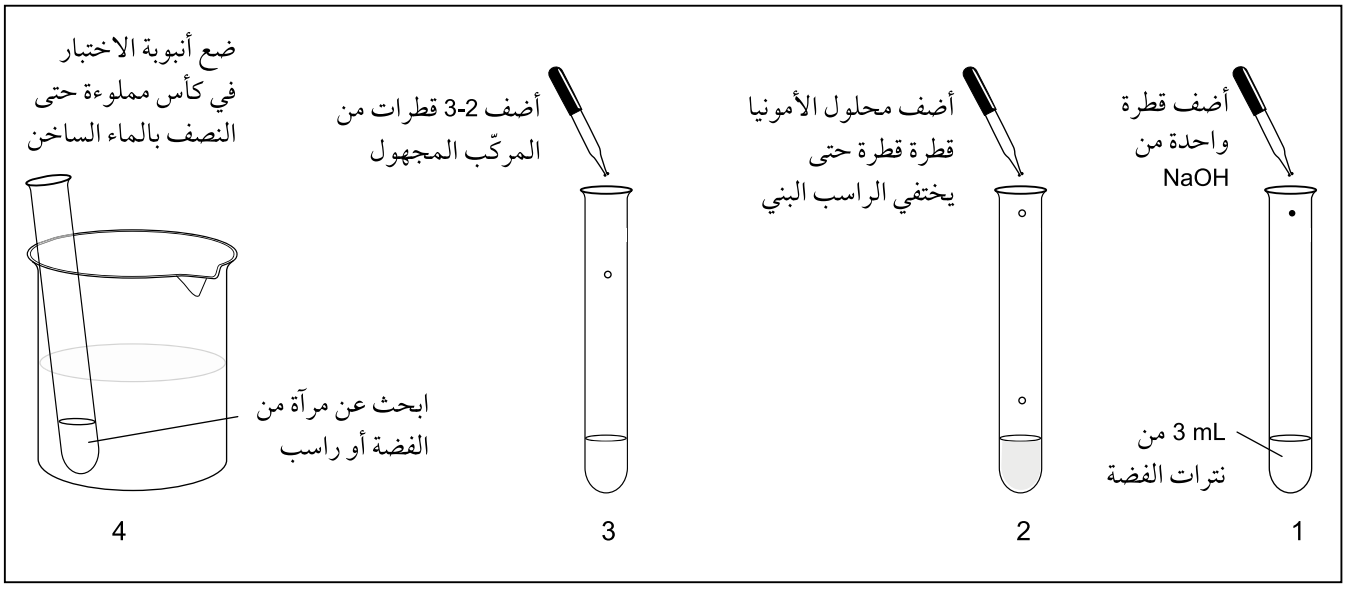
الموادّ والأدوات:

- أنبوبة اختبار عدد 2
- قطارات زجاجية مدرجة عدد 3
- قلم حبر ثابت
- أنبوبة اختبار نظيفة لاختبار تولن
- كأس زجاجية سعة 250 mL
- محلول نترات الفضة تركيزه 0.10 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 2.0 mol/L
- محلول أمونيا تمّ تحضيره حديثًا تركيزه 2 mol/L
- ماء ساخن أو غلّاية

الجزء ٢-أ: التفاعل مع كاشف تولن

الطريقة

١. أكمل الإجراءات الموضحة في الشكل ٤-٣ لكلا المركّبَين المجهولَين.



الشكل ٤-٣: اختبار كاشف تولن للمجموعة CHO–

النتائج

سجّل ملاحظاتك.

.....

.....

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. باستخدام النتائج التي حصلت عليها، حدد المركّبَين المجهولَين، واشرح إجاباتك.

.....

.....

.....

٢. المركّبات الأربعة المجهولة هي:

P = ...

Q = ...

R = ...

S = ...

أسئلة نهاية الوحدة

١. يُعدّ 1- بروبانول كحولًا أوليًّا. ويُعدّ حمض البروبانويك حمضًا كربوكسيليًّا.

أ. صِف كيف يمكنك التمييز بين 1- بروبانول و 2- ميثيل -2- بروبانول من خلال اختبار كيميائي.

ب. يمكن أكسدة 1- بروبانول إلى حمض البروبانويك. اذكر المواد المتفاعلة والظروف المستخدمة في هذه الأكسدة.

ج. ارسم الصيغة البنائية الموسعة لحمض البروبانويك.

د. يتفاعل حمض البروبانويك مع الميثانول لتكوين إستر.

١- صِف كيف ستجري هذا التفاعل لتحضير عيّنة نقية من الإستر.

٢- اكتب معادلة التفاعل.

٣- سمِّ الإستر الناتج.

٢. يحتوي جزيء كل من الإيثانول وحمض الإيثانويك على ذرتَي كربون.

أ. ١- اكتب المعادلة التي تمثل تفاعل الصوديوم مع كل من الإيثانول وحمض الإيثانويك.

٢- صِف الملاحظات التي سجلتها أثناء التفاعل في كل حالة.

ب. تُختزل الأحماض الكربوكسيلية إلى كحولات بوساطة $LiAlH_4$. اكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع $LiAlH_4$. استخدم الرمز [H] لتمثيل الهيدروجين الذي يأتي من $LiAlH_4$.

٣. يمكن تحضير حمض الإيثانويك من الإيثين في سلسلة من التفاعلات التي تتم وفق سلسلة المعادلات اللفظية الآتية:

$$\text{إيثين} \xrightarrow{\text{الخطوة ١}} \text{إيثانول} \xrightarrow{\text{الخطوة ٢}} \text{حمض الإيثانويك}$$

أ. اقترح المواد المتفاعلة والظروف المناسبة لكل خطوة من خطوات التفاعل.

ب. تتفاعل الكحولات مع هاليدات الهيدروجين لتكوين هالوجينوألكانات.

١- اكتب معادلة التفاعل بين 1- بروبانول وكلوريد الهيدروجين.

٢- توضح المعادلة أدناه آلية حدوث الخطوة الأولى لهذا التفاعل.

$$R-OH + HCl \rightleftharpoons R-\overset{+}{O}(H)-H + Cl^-$$

اشرح كيف يسلك الكحول كقاعدة.

مهم

عليك أن تذكر المواد المتفاعلة والظروف جميعها عند الإجابة عن هذه الأسئلة.

مهم

تأكّد في الجزئية ٢-أ-٢ من أنك تكتب ملاحظاتك الخاصة فقط.

مهم

بعد الانتهاء من دراسة المجموعات الوظيفية المختلفة، قد تُطرح عليك أسئلة حول عمليات التحضير التي تتضمن عدة خطوات. يُعدّ مهمًا أن تبني معارفك حول هذه الخطوات، مع الإضافة إليها كلما تقدمت في الدراسة.

يُعدّ تغيير المجموعات الوظيفية جزءًا مهمًا من هذه العملية.

تابع

ج. يمكن إزالة الماء من 1–بيوتانول لتكوين 1–بيوتين. صف كيف يمكن إجراء هذه التجربة.

د. ١– أعطِ الصيغة البنائية لكحول متشاكل (في موقع المجموعة الوظيفية) لـ 1–بيوتانول.

٢– صِف الملاحظات التي يمكن تسجيلها عندما يتفاعل هذا المتشاكل مع محلول قلوي دافئ من اليود. اشرح إجابتك في ضوء بنية هذا المتشاكل.

٤. يمكن أكسدة 1–بيوتانول عن طريق إضافة محلول حمضي من ثنائي كرومات (VI) البوتاسيوم وتقطير المادة الناتجة العضوية على الفور.

أ. ١– اكتب معادلة لهذا التفاعل توضح الصيغ البنائية للمواد العضوية المتفاعلة والناتجة. استخدم الرمز [O] لتمثيل الأكسجين الذي يأتي من العامل المؤكسِد.

٢– سمِّ المادة الناتجة التي تكوّنت.

٣– اذكر التغيّر الملاحظ في لون مخلوط التفاعل.

٤– اشرح سبب التقطير الفوري للمادة الناتجة.

ب. ١– صِف اختبارًا باستخدام كاشف تولن يمكنك من تمييز ألدهيد من كيتون. أعطِ نتائج الاختبار الإيجابي.

٢– سمِّ المواد الموجودة في كاشف تولن.

٣– اكتب نصف–المعادلة التي توضح أن أيون الفلز في كاشف تولن يسلك كعامل مؤكسِد.

ج. يمكن اختزال البيوتانون باستخدام محلول قلوي من $NaBH_4$.

١– اكتب معادلة لهذا التفاعل. استخدم الرمز [H] لتمثيل الهيدروجين الذي يأتي من العامل المختزِل.

٢– سمِّ المادة الناتجة العضوية التي تتكوّن خلال هذا التفاعل.

مهم

سيتم إخبارك عادة متى تستخدم الرمز [O] لتمثيل الأكسجين الذي يأتي من العامل المؤكسِد والرمز [H] لتمثيل الهيدروجين الذي يأتي من العامل المختزِل.



رقم الإيداع: ٢٠٢٣/٦٥٥٩

Printed by
alanan
PRINTING PRESS
مطبعة العنان ش.م.م
Al-Anan Printing Press
www.alananprinting.com

الكيمياء – كتاب التجارب العملية والأنشطة

صمّم كتاب التجارب العملية والأنشطة هذا لدعم كتاب الطالب؛ الأمر الذي يساعد المعلّم على الربط بين التدريس النظري والتطبيق العملي 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 لمساعدتك على التعرف على كيفية استخدامها، وأسئلة للتركيز على المهارات التي تمنحك فرصًا لرسم التمثيلات البيانية أو تقديمها.

توفر الاستقصاءات العملية الموجهة خطوةً بخطوة، 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 للامتحانات.

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

يشمل منهج الكيمياء للصف الثاني عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب
- دليل المعلّم

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS