سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
تتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الكيمياء

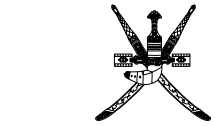
الصف الثاني عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الثاني

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1445 هـ - 2023 م



الكيمياء

الصف الثاني عشر

كتاب التجارب العملية والأنشطة

الفصل الدراسي الثاني

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1445 هـ - 2023 م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

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

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

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

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

الطبعة التجريبية ٢٠٢٣ م، طُبعت في سلطنة عُمان

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

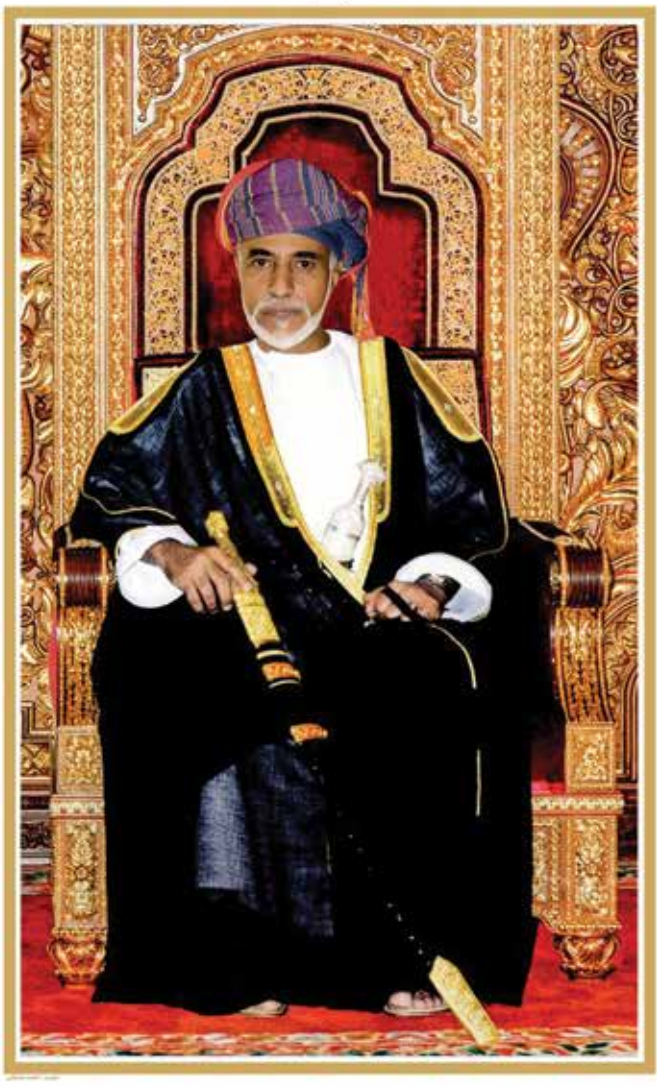
تمت مواءمة هذا الكتاب بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة جامعة كامبريدج.
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه المواقع الإلكترونية المستخدمة في هذا الكتاب أو دقّتها، ولا تؤكد أن
المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

تمت مواءمة الكتاب

بموجب القرار الوزاري رقم 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.

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



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيّب اللّه ثراه-

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يـا رَبَّنـا احْفَـظْ لنـا جَـلالَـةَ الـسُّـلْـطـان
وَالشَّعْـبَ فـي الأَوْطـان بِـالْـعِـزِّ والأَمـان
وَلْـيَـدُمْ مـؤَيَّـدًا عـاهِـلاً مُـمَـجَّـدًا
بِالنُّفـوسِ يُفْتَـدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فـارْتَقـي هـامَ السَّمـاء وَامْلَئي الْكَـوْنَ ضيـاء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخـاء

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 xix

الوحدة الخامسة: العناصر الانتقالية

الأنشطة:
٥–١ خصائص العناصر الانتقالية ٢٥
٥–٢ الليجندات والمعقدات ٢٧

الاستقصاءات العملية:
٥–١ المعقدات واستبدال الليجندات ٣١

الوحدة السادسة: الكيمياء الحركية

الأنشطة:
٦–١ مدخل إلى الكيمياء الحركية ٣٧
٦–٢ معادلات معدل سرعة التفاعل ورتبة التفاعل ٤١
٦–٣ استنتاج رتبة التفاعل ٤٤
٦–٤ التحفيز الكيميائي ٤٩

الاستقصاءات العملية:
٦–١ تأثير التركيز على معدل سرعة التفاعل الكيميائي ٥٠

الوحدة السابعة: الإنتروبي

الأنشطة:

٧-١ الإنتروبي في الحالات الفيزيائية المختلفة ٦١
٧-٢ التغيرات في الإنتروبي ٦٣
٧-٣ طاقة جبس الحرة ΔG ٦٦
٧-٤ تلقائية التفاعل (قابلية التفاعل للحدوث) ٦٨

الوحدة الثامنة: مشتقات الهيدروكربونات (٢)

الأنشطة:

٨-١ الهيدروكربونات الأروماتية ٧٥
٨-٢ هلجنة ونترتة البنزين ٧٨
٨-٣ بعض التفاعلات الأخرى للمركبات الأروماتية ٨١
٨-٤ الفينول ٨٤
٨-٥ الأمينات ٨٦

الاستقصاءات العملية:

٨-١ استقصاء نظري: التخطيط: نترتة البنزين ٨٨

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.

العناصر الانتقالية
Transition Elements

أهداف التعلُّم

٥-١ يعرّف مصطلح العنصر الانتقالي بأنه عنصر في الفئة d وهو يكوّن أيونًا واحدًا مستقرًا أو أكثر، ويكون الفلك d له ممتلئًا جزئيًا.

٥-٢ يكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الانتقالية الموجودة في الصف الأول للعناصر الانتقالية (الدورة الرابعة) ولأيوناتها.

٥-٣ يصف خصائص العناصر الانتقالية في ضوء:

(أ) امتلاكها حالات تأكسد متعددة.

(ب) سلوكها كعوامل حفّازة.

(ج) تكوينها لأيونات معقدة (معقدات أيونية).

(د) تكوينها لمركبات ملوّنة.

٥-٤ يشرح أسباب امتلاك العناصر الانتقالية لحالات تأكسد متعددة في ضوء التقارب في طاقات الأفلاك الذرية 3d و 4s.

٥-٥ يشرح أسباب سلوك العناصر الانتقالية كعوامل حفّازة في ضوء امتلاكها لأكثر من حالة تأكسد مستقرة.

٥-٦ يعرّف مصطلح الليجند كجسيم يحتوي على زوج منفرد أو أكثر من الإلكترونات والذي يكوّن رابطة تساهمية تناسقية أو أكثر نحو أيون أو فلز انتقالي مركزي.

٥-٧ يعرّف المصطلحات الآتية، ويستخدمها:

(أ) ليجند أحادي المخلب (monodentate)، مثل H_2O وNH_3 و Cl^- و CN^-.

(ب) ليجند ثنائي المخلب (bidentate)، مثل 1،2-ثنائي أمينو إيثان (en)، $H_2NCH_2CH_2NH_2$، والأيون إيثان دايوات (ethanedioate)، ثنائي الكربوكسيلات، الأوكسالات (ox) $C_2O_4^{2-}$.

(ج) ليجند متعدد المخالب (polydentate)، مثل $EDTA^{4-}$.

٥-٨ يعرّف المصطلحين الآتيين:

(أ) المعقّد بأنه جزيء أو أيون يتكون من ذرة أو أيون فلز انتقالي مركزي محاط بليجند واحد أو أكثر.

(ب) عدد التناسق بأنه عدد الروابط التناسقية التي تكونها الليجندات مع ذرة أو أيون عنصر انتقالي في معقد ما.

٥-٩ يشرح أسباب تكوين العناصر الانتقالية لأيونات معقدة (معقدات أيونية) في ضوء الأفلاك d الشاغرة، والتي يسهل الوصول إليها.

أهداف التعلُّم

٥–١٠ يتنبأ بصيغة الأيون المعقد وشحنته، إذا ما أُعطي:

(أ) أيون الفلز وشحنته أو حالة التأكسد له

(ب) الليجند

(ج) عدد التناسق للمعقد أو شكله الهندسي.

٥–١١ يصف تفاعلات العناصر الانتقالية مع الليجندات لتكوين المعقدات ويشرحها، والتي تتضمن معقدات أيونات النحاس (II) وأيونات الكوبالت (II) مع جزيئات الماء وجزيئات الأمونيا، وأيونات الهيدروكسيد وأيونات الكلوريد.

٥–١٢ يصف الشكل الهندسي وزوايا الراوبط لمعقدات العناصر الانتقالية والتي تكون خطية أو مربعة مسطحة أو رباعية الأوجه أو ثمانية الأوجه.

٥–١٣ يشرح أن تبادل الليجندات ممكن حدوثه كما في معقدات أيونات النحاس (II) وأيونات الكوبالت (II) مع جزيئات الماء وجزيئات الأمونيا، وأيونات الهيدروكسيد وأيونات الكلوريد.

٥–١٤ يستخدم معقدات أيونات النحاس (II) وأيونات الكوبالت (II) مع جزيئات الماء وجزيئات الأمونيا، وأيونات الهيدروكسيد وأيونات الكلوريد كأمثلة على تأثير عملية تبادل الليجندات على لون المعقد الذي تتم رؤيته.

٥–١٥ يرسم شكل الفلكَين الذرّيَين $3d_{xy}$ و $3d_{z^2}$.

٥–١٦ يعرّف المصطلحَين أفلاك d المتساوية في الطاقة، وأفلاك d غير المتساوية في الطاقة، ويستخدمهما.

٥–١٧ يصف عملية انقسام أفلاك d المتساوية في الطاقة إلى مجموعتَين من أفلاك d غير المتساوية في الطاقة وتمتلك طاقات مختلفة، ويستخدم ΔE في:

(أ) المعقدات ثمانية الأوجه، وهي تنتج من الانقسام إلى فلكَي d طاقتهما أعلى، وثلاثة أفلاك d طاقتها أدنى.

(ب) المعقدات رباعية الأوجه، وهي تنتج من الانقسام إلى ثلاثة أفلاك d طاقتها أعلى، وفلكَي d طاقتهما أدنى.

٥–١٨ يشرح أسباب تكوين العناصر الانتقالية لمركبات ملوّنة في ضوء تردد الضوء الممتص عند انتقال إلكترون بين فلكَي d غير متساويَين في الطاقة.

٥–١٩ يصف نوعيًا، تأثير الليجندات المختلفة على قيم ΔE وتردد الضوء الممتصّ، وظهور اللون المتمم (المكمّل) الذي تتم رؤيته.

الأنشطة

٥-١ خصائص العناصر الانتقالية

سوف تتعرّف في هذا النشاط على خصائص **العناصر الانتقالية** بالإضافة إلى التوزيع الإلكتروني لذرات هذه العناصر وأيوناتها في ضوء الأفلاك الذرية s و p و d. وسوف تتعرف أيضًا على فهم السبب في أن مركبات العناصر الانتقالية تكون ملوّنة.

مصطلحات علمية

العنصر الانتقالي
Transition element: هو أحد عناصر الفئة d الذي يكوّن أيونًا واحدًا مستقرًا أو أكثر، ويكون الفلك (d) له ممتلئًا جزئيًا.

مهم

ستجد أنه من المفيد مراجعة التوزيع الإلكتروني (الصف الحادي عشر، وحدة التركيب الذري) قبل القيام بهذا النشاط.

١. تمتلك معظم العناصر الانتقالية درجات انصهار مرتفعة وقيم كثافة عالية. أعطِ أربع خصائص أخرى تميز العناصر الانتقالية أو أيوناتها ولا تمتلكها مجموعات الفلزات الأخرى.

.....

.....

٢. تختلف الخصائص الفيزيائية للعناصر الانتقالية عن تلك الخاصة بعناصر المجموعة الثانية (II). يحتوي الجدول أدناه بعض الخصائص الفيزيائية للكالسيوم (Ca) والحديد (Fe).

درجة الانصهار: 1112 K ؛ 1808 K	درجة الغليان: 3023 K؛ 1380 K
الكثافة: 1.54 g/mL؛ 7.86 g/mL	نصف–القطر الأيوني (للأيون X^{2+}): 0.100 nm؛ 0.061 nm
نصف–القطر الفلزي: 0.126 nm؛ 0.197 nm	طاقة التأين الأولى (IE_1): 590 kJ/mol؛ 759 kJ/mol

اكتب في الجدول الآتي القيم الخاصة بالكالسيوم والقيم الخاصة بالحديد.

العنصر	الكالسيوم (Ca)	الحديد (Fe)
درجة الانصهار (K)		
درجة الغليان (K)		
الكثافة (g/mL)		
نصف–القطر الفلزي (nm)		
نصف–القطر الأيوني (للأيون X^{2+}) (nm)		
طاقة التأين الأولى IE_1 (kJ/mol)		

الجدول ٥-١

٣. يرد أدناه التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر الانتقالية.

$_{23}V = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$

$_{24}Cr = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$

$_{25}Mn = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$

$_{26}Fe = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

أ. استنتج التوزيع الإلكتروني للعناصر الثلاثة التي تلي هذه العناصر الأربعة: Co، Ni، Cu.

ب. ارسم مخطط مستوى الطاقة لذرة الكروم Cr باستخدام ترميز الإلكترونات في المربعات. وضّح فقط مستويَي طاقة الكم الرئيسيَّين الثالث والرابع.

ج. اقترح سبب عدم امتلاك ذرة Cr التوزيع الإلكتروني $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^4$.

.....

.....

د. لماذا لم يتم تصنيف Sc (Z = 21) و Zn (Z = 30) كعناصر انتقالية؟

.....

.....

٤. استنتج التوزيع الإلكتروني للأيونات الآتية:

أ. Fe^{2+} .....

ب. Cr^{3+} .....

ج. Co^{2+} .....

د. Cu^{+} .....

نشاط ٥-٢ الليجندات والمعقدات

سوف تتعرف في هذا النشاط على بعض المصطلحات المستخدمة في كيمياء العناصر الانتقالية، وسوف تتدرب أيضًا على استنتاج الأشكال الهندسية **للأيونات المعقّدة**.

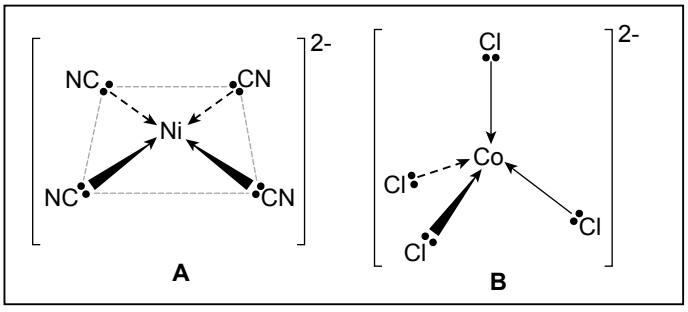
١. أكمل الجمل الآتية باختيار إحدى الكلمات التي تحتها خط.

أ. الجزيء أو الأيون / البوليمر الذي يمتلك زوجًا واحدًا أو أكثر من الإلكترونات المنفردة / المرتبطة التي يمكن منحها لأيون عنصر انتقالي، يسمّى "ليجند" / "معقّد".

ب. يتكوّن أيون معقد / بسيط عندما يرتبط أيون عنصر انتقالي/ من الفئة s بواحد أو أكثر من الليجندات / الإلكترونات.

ج. عدد الروابط التساهمية التناسقية / الأيونية المتكوّنة بين عدد من الليجندات وأيون عنصر انتقالي واحد في معقد ما يسمّى عدد التناسق / عدد الليجندات.

٢. يوضح الشكل ٥-١ أدناه الأيونَين المعقدَين **A** و **B**.



الشكل ٥-١

أكمل الجدول الآتي حول الأيونَين المعقدَين:

الأيون المعقد	A	B
اسم الليجندات		
عدد التناسق		
الشكل الهندسي للأيون المعقد		
عدد التأكسد للفلز الانتقالي		
الصيغة الكيميائية للمعقد		
قيم زوايا الروابط في الأيون المعقد		

الجدول ٥-٢

مصطلحات علمية

المعقد Complex: جزيء أو أيون ترتبط فيه الليجندات بالذرة المركزية أو الأيون المركزي لفلز انتقالي بوساطة روابط تساهمية تناسقية.

عدد التناسق Co-ordination number: عدد الروابط التناسقية التي تكوّنها الليجندات مع ذرة أو أيون عنصر انتقالي في معقد ما.

الليجند Ligand: جزيء أو أيون يحتوي على زوج منفرد (غير مرتبط) واحد أو أكثر من الإلكترونات، والتي تكوّن روابط تساهمية تناسقية مع ذرة أو أيون عنصر انتقالي مركزي.

٣. أكمل الجدول الآتي حول بعض الأيونات المعقدة.

الأيون المعقد	الفلز وأيون الفلز	عدد التأكسد
$[Fe(CN)_6]^{4-}$		
$[Ag(NH_3)_2]^+$		
$[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$		
$[CrO_3Cl]^-$		
$[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$		

الجدول ٥–٣

مهم

عند وصف الأشكال الهندسية للأيونات، يمكنك استخدام المصطلحات نفسها التي استخدمتها لوصف الأشكال الهندسية للجزيئات في الصف الحادي عشر، وحدة الترابط الكيميائي.

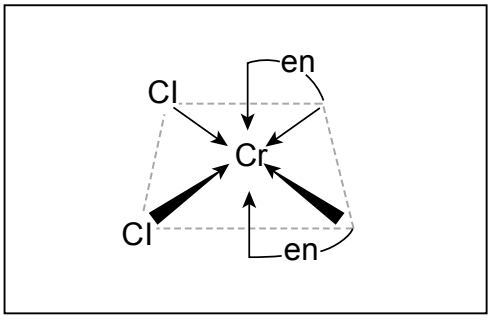
٤. ارسم التراكيب ثلاثية الأبعاد للأيونات المعقدة الآتية:

$[Fe(CN)_6]^{4-}$	$[Ag(NH_3)_2]^+$	$[PtCl_4]^{2-}$

مهم

تذكّر أن الليجندات عادة ما تحيط بأيون الفلز بشكل يسمح بتقليل التنافر بين الروابط التناسقية.

٥. يوضح الشكل ٥–٢ أدناه تركيبًا لمعقد يمتلك الصيغة الآتية $[Cr(en)_2Cl_2]$، حيث يرمز "en" إلى الجزيء $H_2NCH_2CH_2NH_2$.



الشكل ٥–٢: تركيب أحد متشاكلات $[Cr(en)_2Cl_2]$.

صنّف "en" كليجند **أحادي المخلب** أم **ثنائي المخلب** أم **متعدد المخالب**، واشرح إجابتك.

.....

.....

مصطلحات علمية

ليجند أحادي المخلب Monodentate ligand: ليجند يكوّن رابطة تناسقية واحدة مع فلز أو أيون فلز انتقالي مركزي موجود في معقد.

ليجند ثنائي المخلب Bidentate ligand: ليجند يكوّن رابطتَين تناسقيتَين مع فلز أو أيون فلز انتقالي مركزي موجود في معقد.

ليجند متعدد المخالب Polydentate ligand: جزيء منفرد أو أيون منفرد يمكنه تكوين أكثر من رابطتَين تساهميتَين تناسقيتَين مع فلز أو أيون فلز مركزي في معقد.

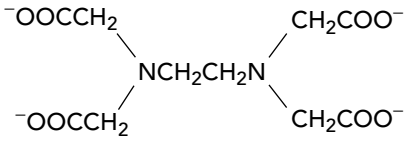
٦. عند تحديد ما إذا كان الليجند أحادي المخلب أو ثنائي المخلب أو متعدد المخالب، ابدأ بالنظر إلى موقع الأزواج المنفردة من الإلكترونات.

هل تُعدّ الأيونات الواردة أدناه أحادية المخلب أم ثنائية المخلب أم متعددة المخالب؟ برّر إجاباتك.

أ. $^{-}OOCCH_2CH_2COO^{-}$

ب. $HOCH_2CH_2COO^{-}$

ج.



.....

.....

.....

.....

٧. أ. يصف المقطع الآتي السبب في أن أيونات العناصر الانتقالية ملوّنة. ترد بدايات العبارات من ١ إلى ٨ على اليمين بالترتيب الصحيح؛ أمّا نهايات العبارات من أ إلى ح على اليسار فترد مبعثرة. طابق كل بداية عبارة من ١ إلى ٨ مع النهاية المناسبة لها من أ إلى ح.

1. الأفلاك الذرية d في أيون عنصر انتقالي (غير مرتبط)	**أ.** انقسام الأفلاك الذرية d.
2. بوجود ليجندات	**ب.** تسبب تنافر إلكترونات الأفلاك d.
3. الأزواج المنفردة (غير المرتبطة) الموجودة على الليجند	**ج.** يحدث امتصاص للطاقة.
4. يؤدي هذا التنافر إلى	**د.** يقفز إلى المستوى الأعلى للأفلاك d المنقسمة.
5. تكون إحدى مجموعتَي الأفلاك الذرية غير المتساوية في الطاقة	**هـ.** يحذف (يزيل) ضوءًا بلون معيّن من الطيف ما يعطي للمعقد لونًا محددًا (اللون المكمّل).
6. عندما يُسلَّط ضوء أبيض على أيون معقد	**و.** يتكوّن معقد.
7. تؤدي الطاقة الممتصة إلى أن إلكترونًا في المستوى الأدنى من الأفلاك الذرية d المنقسمة	**ز.** في مستوى طاقة أعلى قليلًا من المجموعة الأخرى.
8. تردد الضوء الذي تم امتصاصه	**ح.** تكون متساوية في الطاقة.

ب. اقترح، في ضوء التوزيع الإلكتروني، السبب الذي يؤدّي إلى عدم تكوين الخارصين (Zn) والسكانديوم (Sc) مركبات ملوّنة.

.....

.....

مصطلحات علمية

أفلاك ذرية غير متساوية في الطاقة Non-Degenerate orbitals: أفلاك ذرية موجودة في مستوى الطاقة الفرعي نفسه، وانقسمت ضمن هذا المستوى الفرعي إلى مستويين يمتلكان كميات من الطاقة مختلفة قليلًا فيما بينها.

أفلاك ذرية متساوية في الطاقة Degenerate orbitals: مجموعة من الأفلاك الذرية الموجودة في مستوى الطاقة الفرعي نفسه وتمتلك كمية الطاقة نفسها.

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٥-١: المعقدات واستبدال الليجندات

أهداف الاستقصاء العملي

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

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنابيب اختبار
- حاملة أنابيب
- قطارات مدرجة
- نظارات لحماية للعينين
- محلول كبريتات النحاس (II) 0.1 mol/L
- خلفية بيضاء
- محلول هيدروكسيد الصوديوم 1.0 mol/L
- محلول مركّز من الأمونيا 15 mol/L
- محلول مركّز من حمض الهيدركلوريك 10 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يعدّ محلول هيدروكسيد الصوديوم 1.0 mol/L مادة أكالة.
- محلول كبريتات النحاس (II) 0.1 (mol/L) مضر حال الابتلاع وهو مهيج للعينين والجلد.
- يعد حمض الهيدروكلوريك مادة أكالة ومهيجة للجهاز التنفسي.
- يعدّ محلول الأمونيا مادة أكالة. وفي حال أثر المحلول أو البخار على العينين فيجب غسلهما بلطف بالمياه الجارية من الصنبور. يمكن أن يسبب البخار ضيقًا في التنفس لدى بعض الأشخاص.
- يجب أن تكون هناك تهوئة جيدة في المختبر.
- في حال حدوث انسكاب في المختبر، افتح جميع النوافذ والأبواب الخارجية إن أمكن، وفكر في الإخلاء في حال إصابة بعض الأشخاص بشدة. يجب ارتداء النظارات الواقية للعينين والقفازات عند التعامل مع الانسكاب.

المعقدات وتبادل الليجندات

الطريقة

١. ضع 1 mL من محلول كبريتات النحاس (II) في كل واحدة من أربع أنابيب اختبار. استخدم الأنبوبة الأولى كأنبوبة ضبط. قارن الأنابيب الأخرى معها.
٢. أضف إلى الأنبوبة الثانية محلول حمض الهيدروكلوريك قطرة قطرة إلى أن يتوقف التغير في اللون.
٣. أضف إلى الأنبوبة الثالثة محلول هيدروكسيد الصوديوم قطرة قطرة إلى أن يتوقف التغير في اللون.
٤. أضف إلى الأنبوبة الرابعة محلول الأمونيا المركز قطرة قطرة إلى أن يتوقف التغير في اللون.
٥. سجل ملاحظاتك في الجدول ٥–١.

النتائج

التجربة	المواد المتفاعلة	الملاحظات
1	$CuSO_4(aq)$	أنبوبة الضبط
2	$CuSO_4(aq)$ و $HCl(aq)$	
3	$CuSO_4(aq)$ و $NaOH(aq)$	
4	$CuSO_4(aq)$ و $NH_3(aq)$	

الجدول ٥–١

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. لكل من الأنابيب الثاني والثالث والرابع، أعط الصيغة الكيميائية للمعقد المتكوّن.

الأنبوبة الثانية: .....

الأنبوبة الثالثة: .....

الأنبوبة الرابعة: .....

٢. اكتب المعادلة الكيميائية لتكوُّن كل من هذه المعقدات واشرح كيف أن كلا منها هو مثال على استبدال الليجندات.

الأنبوبة الثانية: .....

.....

الأنبوبة الثالثة: .....

.....

الأنبوبة الرابعة: .....

.....

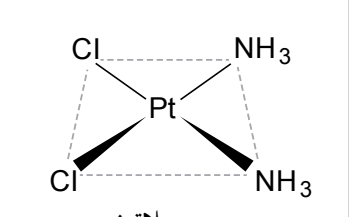
أسئلة نهاية الوحدة

١. يُعدّ البلاتين عنصرًا انتقاليًا.

أ. حدد ثلاثة اختلافات بين الخصائص الفيزيائية للبلاتين وتلك الخاصة بعناصر المجموعة الثانية (II) مثل الباريوم.

ب. التوزيع الإلكتروني لمستويات الطاقة الخارجية للبلاتين هو: $5s^2 5p^6 6s^1 5d^9$. اشرح كيف يُوضح هذا التوزيع أن البلاتين عنصر انتقالي.

ج. يكوّن البلاتين أيونات معقدة مثل سيسبلاتين.



سيسبلاتين

١- اذكر نوع الترابط بين ذرات Pt و Cl.

٢- أعطِ الميزة الخاصة بذرة Cl التي تُعدّ مسؤولة عن هذا الترابط.

٣- اقترح قيمة لزاوية الرابطة Cl–Pt–Cl. برّر إجابتك.

٢. أ. استنتج التوزيع الإلكتروني لـ:

١- ذرة كوبالت Co

٢- أيون Co^{3+}

ب. ١- صِف ملاحظاتك عند إضافة محلول مائي مركّز من الأمونيا إلى $[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq)$. اشرح إجابتك.

٢- اكتب معادلة للتفاعل الذي يحدث في الجزئية ١.

٣- يُعدّ الليجند EDTA متعدد المخالب. اشرح المقصود بمتعدد المخالب.

ج. يكوّن الكوبالت مركبًا رباعي الأوجه، صيغته $[CoCl_4]^{2-}(aq)$.

ارسم التركيب ثلاثي الأبعاد لهذا المعقد وحدد زاوية الرابطة Cl–Co–Cl.

تابع

د. يمتلك أيون معقد الكوبالت مع الكلور تركيبًا رباعي الأوجه، ويمتلك أيون معقد الكوبالت مع الماء تركيبًا ثماني الأوجه. ويمتلك هذان المعقدان لونَين مختلفَين.

ينشأ اللون نتيجة انقسام الأفلاك الذرية d المتساوية في الطاقة.

١- اشرح المقصود بمصطلح متساوية في الطاقة.

٢- ارسم شكل أحد الأفلاك d.

٣- يتسبّب وجود الليجندات بتنافر الإلكترونات في الأفلاك d، وتنقسم الأفلاك d لتكوّن أفلاكًا غير متساوية في الطاقة. صف الاختلاف في نمط الانقسام بين المعقدات رباعية الأوجه والمعقدات ثمانية الأوجه.

٤- لماذا تمتلك المعقدات المختلفة ألوانًا مختلفة؟ اشرح إجابتك.

الكيمياء الحركية
Reaction Kinetics

أهداف التعلُّم

٦-١ يشرح المصطلحات الآتية ويستخدمها: معادلة معدل سرعة التفاعل، ورتبة التفاعل الجزئية، رتبة التفاعل الكلية، ثابت معدل سرعة التفاعل، وعمر النصف.

٦-٢ يكتب معادلة معدل سرعة التفاعل $\text{Rate} = k\,[A]^m[B]^n$ ويستخدمها، بحيث تكون قيمة كل من m و n تساوي 0 أو 1 أو 2.

٦-٣ يستنتج رتبة تفاعل ما من التمثيلات البيانية للتركيز مقابل الزمن، أو من البيانات التجريبية المتعلقة بمعدلات سرعة التفاعل الابتدائية، أو من خلال عمر النصف.

٦-٤ يفسّر البيانات التجريبية في هيئة تمثيلات بيانية، بحيث تتضمن التركيز مقابل الزمن ومعدل سرعة التفاعل مقابل التركيز.

٦-٥ يحسب معدل سرعة التفاعل الابتدائية باستخدام بيانات التركيز.

٦-٦ يُنشئ معادلة لمعدل سرعة التفاعل.

٦-٧ يطبق مبدأ أن عمر النصف لتفاعل من الرتبة الأولى يكون مستقلاً عن التركيز.

٦-٨ يستخدم عمر النصف لتفاعل من الرتبة الأولى في الحسابات.

٦-٩ يحسب القيمة العددية لثابت معدل سرعة التفاعل، عن طريق:

(أ) استخدام معدلات السرعة الابتدائية ومعادلة معدل سرعة التفاعل الآتية:

$$\text{Rate} = k\,[A]^m\,[B]^n$$

(ب) استخدام علاقة عمر النصف $t_{½}$ الآتية:

$$k = \frac{0.693}{t_{½}}$$

٦-١٠ يصف نوعيًا أثر التغير في درجة الحرارة على ثابت معدل السرعة ومن ثم على معدل سرعة تفاعل ما.

٦-١١ يشرح بأن العوامل الحفّازة يمكن أن تكون متجانسة أو غير متجانسة.

٦-١٢ يصف طريقة عمل العامل الحفّاز غير المتجانس بما في ذلك امتزاز المواد المتفاعلة (ادمصاصها)، وإضعاف الروابط، وانتزاز المواد الناتجة (تحريرها)، على سبيل المثال:

(أ) الحديد في عملية هابر لتصنيع الأمونيا

(ب) البالاديوم والبلاتين والروديوم في عملية الإزالة المحفّزة لأكاسيد النيتروجين من غازات عوادم محركات السيارات.

الأنشطة

نشاط ٦-١ مدخل إلى الكيمياء الحركية

سيقدم لك هذا النشاط معلومات إثرائية للتذكير بما درسته سابقًا في الصفين التاسع والعاشر. وسوف تتعرف على مفهوم معدل سرعة التفاعل، كما سوف تطور مهاراتك في تحديد معدلات سرعة التفاعل من خلال رسم المماس عند نقاط متنوعة على منحنى التمثيل البياني، وسوف تتعرّف على مفهوم رتبة التفاعل.

مهم

معدل سرعة التفاعل = $\frac{\text{التركيز}}{\text{الزمن}}$.

وحدة قياس التركيز هي (mol/L)، ووحدة قياس الزمن عادة هي الثانية (s). وحدة قياس معدل سرعة التفاعل هي (mol/L.s).

مهم

في الجزئية ١ تذكّر أنه عند درجة حرارة وضغط الغرفة r.t.p. يشغل مول واحد من الغاز حجمًا يساوي 24 L (24000 mL).

الجزء ١: إثرائي

١. احسب معدلات سرعة التفاعل الآتية بوحدة mol/L.s.

أ. في مخلوط تفاعل حجمه 200 mL، يتم استهلاك 0.004 mol من Br_2 في فترة زمنية مقدارها 30 دقيقة.

.....

.....

ب. من مخلوط تفاعل يحتوي على 50 mL من محلول، ينطلق 80 mL من غاز ثاني أكسيد الكربون في فترة زمنية مقدارها دقيقتين.

.....

.....

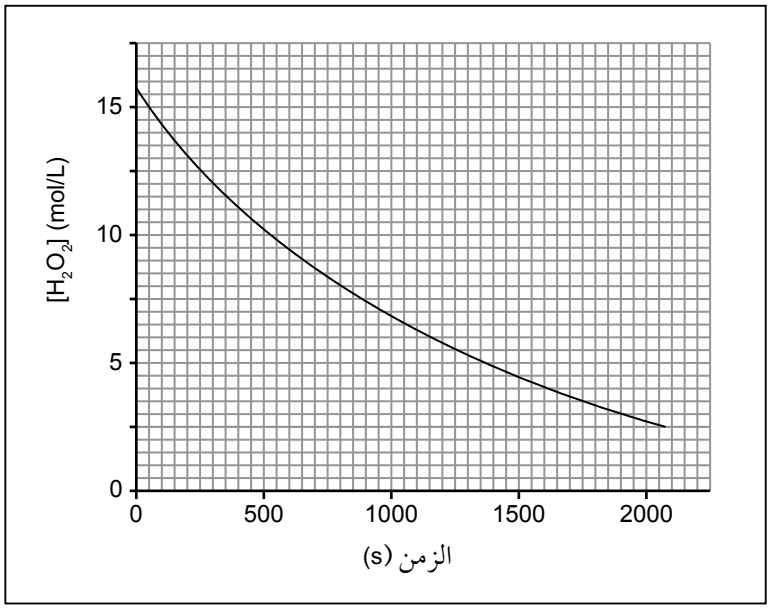
ج. في مخلوط تفاعل حجمه 250 mL، يتم استهلاك 3 g من البروبانول C_3H_7OH في فترة زمنية مقدارها 15 دقيقة.

.....

.....

الجزء ٢:

٢. يوضح الشكل ٦–١ كيف يتغير تركيز فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) مع مرور الزمن عندما يتفكك بوجود عامل حفاز مناسب.



الشكل ٦–١: التغيّر في تركيز فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) مع مرور الزمن.

أ. استخدم مسطرة لمساعدتك في حساب قيمة الميل:

- عند 0 s
- عند 500 s
- عند 1000 s

ب. تعطي قيم الميل التي حسبتها معدلات سرعة التفاعل عند تراكيز مختلفة من H_2O_2. صف كيف يتغير معدل سرعة التفاعل مع تغير التركيز.

.....

.....

.....

٣. يمكن حساب **رتبة التفاعل** من النتائج في الجزئية ٢–أ.

أ. عرّف رتبة التفاعل.

.....

.....

مهم

يمكن حساب معدل السرعة من المنحنى في التمثيل البياني للتركيز مقابل الزمن عبر:

- اختيار نقطة على التمثيل البياني تتوافق مع زمن معيّن.
- رسم المماس على المنحنى بحيث تبدو الزاويتان بين المماس والمنحنى متماثلتَين. وللحصول على أقصى قدر من الدقة، قم بتمديد المماس ليلتقي مع محورَي التمثيل البياني.

مصطلحات علمية

رتبة التفاعل الجزئية Order of reaction: هي الأسّ المرفوع إليه تركيز المادة المتفاعلة في معادلة معدل سرعة التفاعل.

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا لمعدل سرعة التفاعل مقابل تركيز فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2).

ج. حدّد رتبة التفاعل من شكل التمثيل البياني الخاص بك. اشرح سبب اختيارك لهذه الرتبة وقم بتقييم البيانات.

.....

.....

د. اشرح كيفية تحديد رتبة التفاعل في الجزئية ٢-أ باستخدام طريقة عمر النصف $t_{1/2}$.

.....

.....

هـ. استنتج قيمة عمر النصف $t_{1/2}$ باستخدام الطريقة التي اقترحتها في الجزئية **د**.

.....

.....

مصطلحات علمية

ثابت معدل سرعة التفاعل Rate constant: هو ثابت التناسب k، الموجود في معادلة معدل سرعة التفاعل.

و. استخدم العلاقة $t_{½} = \frac{0.693}{k}$ لحساب قيمة **ثابت معدل سرعة التفاعل** (k).

.....

.....

٤. أ. اذكر المقصود بالمصطلح: معادلة معدل سرعة التفاعل.

.....

.....

ب. اكتب معادلة معدل سرعة التفاعل في الجزئية ٣-ج.

.....

.....

نشاط ٦-٢ معادلات معدل سرعة التفاعل ورتبة التفاعل

مصطلحات علمية

عمر النصف $t_{½}$، Half-life: هو الزمن التي يستغرقه تركيز مادة متفاعلة في تفاعل ما لينخفض إلى نصف قيمته الابتدائية.

سوف تتعرف في هذا النشاط على كتابة معادلات معدل سرعة التفاعل وتتدرب على تحديد رتبة التفاعل عبر تحليل التمثيلات البيانية، وسوف تراجع أيضًا فكرة **عمر النصف** وكيفية استخدامه لتحديد رتبة التفاعل.

١. أكمل الجمل الآتية حول معادلة معدل سرعة التفاعل:

معادلة معدل سرعة التفاعل توضح العلاقة بين ..... التفاعل ومعدل سرعة التفاعل. ثابت التناسب k هو .... تأخذ معادلة معدل سرعة التفاعل الشكل الآتي:

$$\text{Rate} = k[A]^m[B]^n$$

في هذه المعادلة يمثل [A] و [B] ..... المواد المتفاعلة التي تؤثر في معدل سرعة التفاعل ويمثل m و n الرتبة الجزئية نسبة إلى كل من المادتَين المتفاعلتَين A و B على التوالي. تذكّر أن الأقواس المربعة تمثل .....

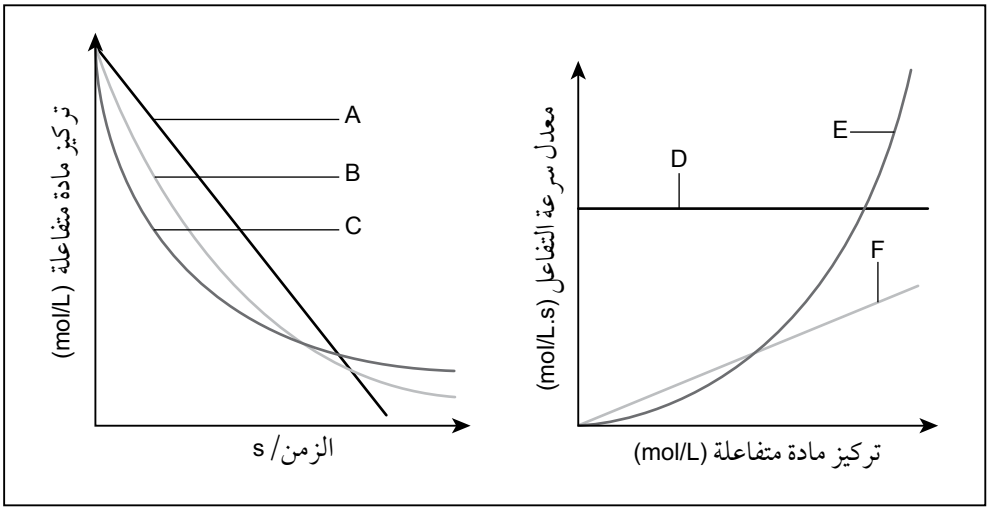
٢. راجع التمثيلَين البيانيَّين في الشكل ٦-٢ أدناه.

مصطلحات علمية

تفاعل من الرتبة الصفرية Zero order reaction: تفاعل لا يتغير فيه معدل السرعة بتغير تركيز مادة متفاعلة معيّنة.

تفاعل من الرتبة الأولى First order reaction: تفاعل يتناسب فيه معدل السرعة طرديًا مع تركيز مادة متفاعلة معيّنة.

تفاعل من الرتبة الثانية Second order reaction: تفاعل يتناسب فيه معدل السرعة طرديًا مع مربع تركيز مادة متفاعلة ما، أو طرديًا مع حاصل ضرب تركيزَي مادتَين متفاعلتَين.



الشكل ٦-٢: التمثيلان البيانيان للتفاعل.

أ. أيّ الخطوط من A إلى F تمثل ما يلي:

- **تفاعلات من الرتبة الصفرية؟** .....
- **تفاعلات من الرتبة الأولى؟** .....
- **تفاعلات من الرتبة الثانية؟** .....

٣. أكمل الجدول أدناه لتوضيح معادلة معدل سرعة التفاعل و**الرتبة الكلية للتفاعل**. تم إعطاء المثال الأول لمساعدتك.

وصف تفاصيل التفاعل	معادلة معدل سرعة التفاعل	الرتبة الكلية للتفاعل
يتناسب معدل سرعة التفاعل طرديًا مع تركيز كل من I_2 و H_2	$rate = k[H_2][I_2]$	الرتبة الثانية
يتناسب معدل سرعة التفاعل طرديًا مع مربع تركيز NO_2		
يتناسب معدل سرعة التفاعل طرديًا مع تركيز I_2 ومع مربع تركيز O_2		
يتناسب معدل سرعة التفاعل طرديًا مع تركيز كل من HI و H_2O_2		
يكون معدل سرعة التفاعل مستقلًا عن تركيز أي من المواد المتفاعلة		

الجدول ٦-١: معادلات معدل سرعة التفاعل والرتبة الكلية للتفاعل.

٤. أ. أكمل العبارات الآتية حول أعمار النصف.

- في **التفاعل من الرتبة الصفرية** ..... قيم عمر النصف المتتالية مع الزمن.
- في **التفاعل من الرتبة الأولى** يكون عمر النصف .....
- في **التفاعل من الرتبة الثانية** ..... قيم عمر النصف المتتالية مع الزمن.

ب. استخدم فكرة عمر النصف لشرح كيف توضح البيانات الواردة في جدول البيانات أدناه أن التفاعل يكون من الرتبة الأولى بالنسبة إلى A ومن الرتبة الصفرية بالنسبة إلى B.

الزمن (s)	0	5	10	15	20	30	40
تركيز A	6.4	4.8	3.2	2.4	1.6	0.8	0.4
تركيز B	6.4	5.8	5.3	4.8	4.2	2.0	0

الجدول ٦-٢: جدول البيانات.

مصطلحات علمية

الرتبة الكلية للتفاعل
Overall order of reaction:
هي مجموع الأسس المرفوع إليها تركيز كل مادة متفاعلة في معادلة معدل سرعة التفاعل.

مهم

عند إجراء حسابات تتضمن عمر النصف في الجزئية ٤-أ، ستحتاج فقط إلى التفكير في التفاعلات من الرتبة الأولى حيث يكون عمر النصف ثابتًا.

٥. **أ.** صِف كيف يؤثر ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 10°C على معدل سرعة التفاعل.

.....

.....

ب. صِف كيف يؤثر انخفاض درجة الحرارة على قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل.

.....

.....

نشاط ٦-٣ استنتاج رتبة التفاعل

سوف تتعرف في هذا النشاط على كيفية كتابة معادلات معدل سرعة التفاعل وتتدرب على استنتاج وحدات ثابت معدل سرعة التفاعل *k*، وسوف تتدرب أيضًا على تحديد رتبة التفاعل عبر تحليل جداول البيانات وإنشاء التمثيلات البيانية، وسوف تتعرف كذلك على استخدام عمر النصف لتحديد رتبة التفاعل.

مهم

يتم حساب وحدات ثابت معدل سرعة التفاعل *k*، باستخدام معادلة معدل سرعة التفاعل على الشكل الآتي:

$$k = \frac{rate}{[A]^m\,[B]^n}$$

يمكن إيجاد وحدات *k* بتعويض الوحدات ذات الصلة بمعدل سرعة التفاعل ورتبة التفاعل في معادلة معدل سرعة التفاعل، على سبيل المثال:

$$k = \text{mol/L.s/mol/L} \times \text{mol/L} = s^{-1}/mol.L^{-1} = L/mol.s$$

لاحظ أنه عند إعادة الترتيب نكتب القيمة الموجبة أولًا.

مهم

عند استنتاج رتبة التفاعل من الجداول التي توضح معدلات سرعة التفاعل والتراكيز الابتدائية للمواد المتفاعلة، انظر إلى كيفية تغير معدل سرعة التفاعل عندما يتغير تركيز إحدى المواد المتفاعلة مع الحفاظ على تركيز المادة (تراكيز المواد) المتفاعلة الأخرى ثابتة.

١. أكمل الجدول أدناه لحساب رتبة التفاعل ووحدة *k* في كل من الحالات الآتية:

معادلة معدل سرعة التفاعل	الرتبة الكلية للتفاعل	وحدة *k*
$rate = k[HCOOCH_3][H^+]$		
$rate = k[H_2O_2]^0$		
$rate = k[NH_3]$		
$rate = k[N_2O]$		
$rate = k[BrO_3^-][Br^-][H^+]^2$		
$rate = k[NO_2]^2$		

الجدول ٦-٣: استنتاج رتبة التفاعل.

٢. يوضح الجدول ٦-٤ أدناه كيف يتغير معدل السرعة الابتدائية لتفاعل الهيدروجين مع أكسيد النيتروجين (II) مع تغيّر التراكيز الابتدائية لهما.

معدل سرعة التفاعل (mol/L.s)	[NO] (mol/L)	$[H_2]$ (mol/L)
2.4×10^{-6}	1.25×10^{-2}	1.0×10^{-2}
0.6×10^{-6}	0.25×10^{-2}	1.0×10^{-2}
9.6×10^{-6}	2.50×10^{-2}	1.0×10^{-2}
0.3×10^{-6}	0.25×10^{-2}	0.5×10^{-2}
4.8×10^{-6}	1.25×10^{-2}	2.0×10^{-2}

الجدول ٦-٤: قيم معدل السرعة الابتدائية.

أ. استنتج رتبة التفاعل بالنسبة إلى:

- الهيدروجين
- أكسيد النيتروجين (II)

ب. اكتب معادلة معدل سرعة التفاعل لهذا التفاعل.

.....

.....

ج. احسب قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل مضمنًا إجابتك الوحدة الصحيحة.

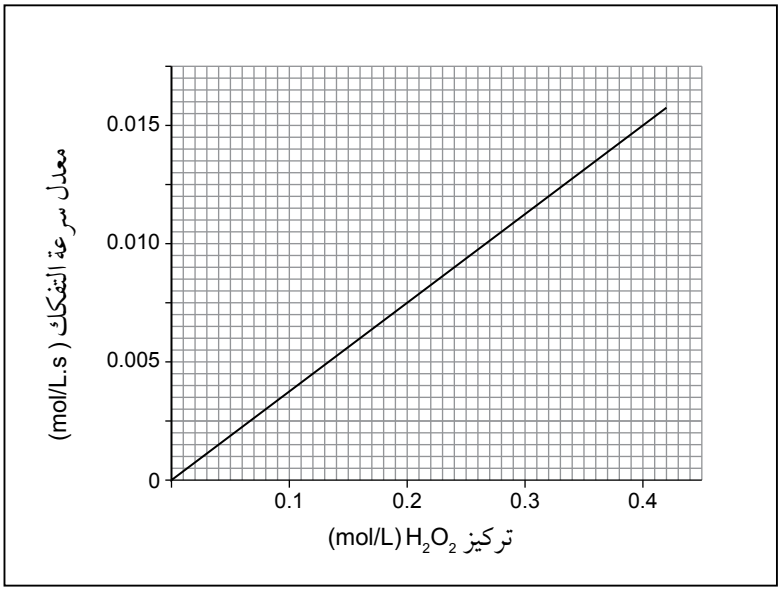
.....

.....

مهم

يتم استنتاج عمر النصف بمقارنة الأزمنة التي تنخفض فيها معدلات سرعة التفاعل إلى النصف.

٣. يوضح الشكل ٦-٣ كيف يتغير معدل سرعة تفكك فوق أكسيد الهيدروجين مقابل تركيزه، مع وجود فائض من العامل الحفاز.



الشكل ٦-٣: معدل سرعة تفكك فوق أكسيد الهيدروجين مقابل تركيزه.

أ. استنتج رتبة التفاعل بالنسبة إلى فوق أكسيد الهيدروجين. اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. احسب قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل من المعلومات الموجودة في التمثيل البياني.

.....

.....

ج. اكتب معادلة معدل السرعة لهذا التفاعل.

.....

.....

د. ارسم تمثيلًا بيانيًا يوضح كيف يتغير تركيز فوق أكسيد الهيدروجين مع الزمن. عنون المحاور، من دون إضافة أي أرقام.

٤. توضح البيانات الواردة في الجدول أدناه النسبة المئوية للبروبان الحلقي في مخلوط التفاعل عندما يتحوّل البروبان الحلقي إلى بروبين.

الزمن (s)	0	15×10^3	36×10^3	56×10^3	84×10^3	110×10^3
البروبان الحلقي (%)	100	82	62	49	32	23

الجدول ٦-٥: جدول البيانات.

أ. ارسم تمثيلًا بيانيًا للنسبة المئوية للبروبان الحلقي مقابل الزمن.

ب. استخدم التمثيل البياني الذي رسمته لتحديد قيم عمر النصف ذات الصلة، وحدد رتبة التفاعل.

ج. استنتج قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل باستخدام الصيغة $k = \frac{0.693}{t_{½}}$.

.....

.....

د. لماذا أُدرجت القيم الواردة في الجدول على شكل نسب مئوية للبروبان الحلقي بدلًا من وحدة mol/L؟

.....

.....

نشاط ٦-٤ التحفيز الكيميائي

مهم

يوفر العامل الحفاز آلية بديلة لحدوث التفاعل حيث يمتلك فيها التفاعل المحفّز طاقة تنشيط أقل مقارنةً بالتفاعل غير المحفّز.

سوف تتعرف في هذا النشاط على الفرق بين التحفيز المتجانس والتحفيز غير المتجانس، وكيف تعمل العوامل الحفازة غير المتجانسة، وسوف تعتمد على العمل الذي قمت به بالفعل حول المحوّلات المحفّزة.

يتم استخدام عامل حفاز من البلاتين والروديوم في المحوّل المحفز لتقليل تراكيز CO و NO_x المنبعثة من عوادم محركات السيارات التي تعمل على البنزين.

١. ما المقصود بـ NO_x؟

.....

.....

٢. لماذا يُعدّ مهمًا عدم دخول الغازات CO و NO_x في الغلاف الجوي؟

.....

.....

٣. تصف الجمل أدناه كيفية عمل العامل الحفاز. رتب الخطوات من ١ إلى ٥ بالترتيب الصحيح:

١. تبدأ جزيئات NO_x و CO في تكوين روابط فيما بينها وروابط مع سطح العامل الحفاز.

٢. تنتشر جزيئات N_2 و CO_2 بعيدًا عن العامل الحفاز.

٣. تتكوّن جزيئات N_2 و CO_2 على سطح العامل الحفاز.

٤. تنتشر جزيئات NO_x و CO على سطح العامل الحفاز.

٥. تضعف الروابط بين المواد الناتجة وذرات سطح العامل الحفاز.

٤. تنبّأ بما سيحدث إذا كان الامتزاز قويًا جدًا.

.....

.....

٥. تنبّأ بما سيحدث إذا كان الامتزاز ضعيفًا جدًا.

.....

.....

٦. ما اسم العملية للخطوتَين ٢ و ٥ معًا؟

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٦-١: تأثير التركيز على معدل سرعة التفاعل الكيميائي

أهداف الاستقصاء العملي

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

– تنبيه يتم تنفيذ الاستقصاء في مجموعات بحيث تعمل كل مجموعة على تركيز معيّن.

ينتج التفاعل بين حمض الهيدروكلوريك المخفف وكربونات الكالسيوم غاز ثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة الآتية:

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

يمكن تحديد **معدل سرعة التفاعل** هذا من خلال متابعة معدل سرعة إنتاج ثاني أكسيد الكربون.

مصطلحات علمية

معدل سرعة التفاعل Rate of reaction: التغيّر في كميّة أو تركيز مادة متفاعلة محددة أو مادة ناتجة محددة لكل وحدة زمنية.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- محقن زجاجي للغازات
- أنبوبة توصيل من المطاط
- دورق مخروطي سعة 100 mL أو 250 mL عدد 3 أو أنبوبة تسخين سعة 40 mL عدد 3
- أوراق بلاستيكية للوزن
- ماصة مدرجة سعة 10 mL لقياس دقيق لحمض الهيدروكلوريك
- قنينة غسيل
- ماء مقطر
- قطارة زجاجية
- ساعة إيقاف إلكترونية
- حمض الهيدروكلوريك في ثلاثة تراكيز مختلفة: 0.500 mol/L، 0.750 mol/L، 1.00 mol/L
- قطع رخام
- ميزان رقمي يقرأ على الأقل إلى منزلتَين عشريتَين

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك المركز مادة مهيجة عند التراكيز المستخدمة في هذا الاستقصاء.
- تعامل بحذر مع حمض الهيدروكلوريك (ارتدِ القفازات).

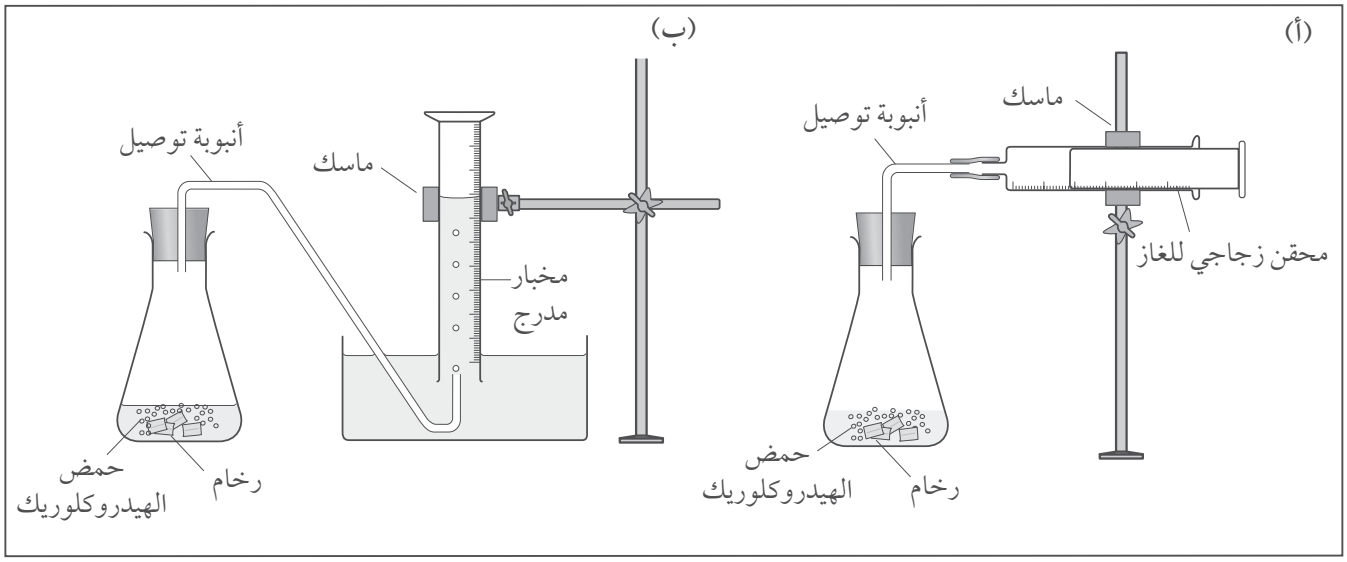
مهم

عند اختيار الرقاقات، حاول أن تكون جميعها بالحجم نفسه بحيث تكون مساحة السطح في كل تجربة متطابقة قدر الإمكان.

الطريقة

١. زن ثلاث عيّنات، من 1.00 g لكل منها، من كربونات الكالسيوم على شكل رقاقات من الرخام.

٢. استعن بجهاز تجميع الغاز كما هو موضح في الشكل أدناه.



الشكل ٦-١: طريقتان مختلفتان لتجميع الغازات.

٣. عندما يتم إدخال السدادة في القارورة فإن هذه السدادة تشغل حجمًا معيّنًا. فإذا لم يكن الحجم عند البداية 0.00 mL، توجد طريقتان للتعامل مع هذه الحالة:

- قس الحجم عند البداية، وعند رسم التمثيل البياني اطرح القيمة الابتدائية من القراءات اللاحقة.
- اضغط على السدادة نحو الداخل ثم افصل الأنبوبة عن محقنة الغاز، وادفع المكبس حتى علامة الصفر ثم أعد الأنبوبة.

٤. في التجربة الأولى، قس 16.0 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.500 mol/L وأضفه إلى وعاء التفاعل.
٥. أضف إحدى عيّنات رقاقات الرخام إلى الحمض، وأعد السدادة إلى مكانها على الفور وابدأ التوقيت.
٦. خذ قراءات لحجم الغاز كل 15 s، ثم بعد ذلك كل 30 ثانية حتى اكتمال التفاعل لمدة تصل إلى تسع دقائق ونصف.
٧. سجّل نتائجك في الجدول ٦–١ أدناه.
٨. كرّر الخطوات ٤–٦ باستخدام 10.70 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.750 mol/L وسجّل نتائجك في الجدول ٦–٢.
٩. كرّر الخطوات ٤–٦ باستخدام 8.00 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1.00 mol/L وسجّل نتائجك في الجدول ٦–٣.

النتائج

التجربة ١

الزمن (s)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
حجم الغاز (mL)										
الزمن (s)	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285
حجم الغاز (mL)										
الزمن (s)	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570
حجم الغاز (mL)										

الجدول ٦–١: جدول النتائج.

التجربة ٢

الزمن (s)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
حجم الغاز (mL)										
الزمن (s)	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285
حجم الغاز (mL)										
الزمن (s)	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570
حجم الغاز (mL)										

الجدول ٦-٢: جدول النتائج.

التجربة ٣

الزمن (s)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
حجم الغاز (mL)										
الزمن (s)	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285
حجم الغاز (mL)										
الزمن (s)	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570
حجم الغاز (mL)										

الجدول ٦-٣: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. ارسم نتائج التجارب ١-٣. يجب رسم كل خط باستخدام لون مختلف أو رموز مختلفة لتمييزها.

٢. استخدم التمثيلات البيانية لشرح ما يلي:

أ. تأثير ازدياد تركيز حمض الهيدروكلوريك على معدل سرعة التفاعل.

.....

.....

.....

ب. الحجم النهائي للغاز الناتج.

.....

.....

.....

٣. ارسم **المماس** عند $t = 0$ لكل منحنى. ماذا توضح قيم **ميل** هذه المماسات؟

.....

.....

٤. للتجارب ١-٣ احسب ما يلي:

أ. **معدل سرعة التفاعل الابتدائية** في ضوء الحجم الناتج بوحدة mL من غاز ثاني أكسيد الكربون لكل دقيقة.

ب. معدل سرعة التفاعل الابتدائية في ضوء الحجم الناتج بوحدة mL من غاز ثاني أكسيد الكربون لكل ثانية.

ج. معدل سرعة التفاعل الابتدائية في ضوء عدد المولات الناتجة من غاز ثاني أكسيد الكربون لكل ثانية (مع افترض أن المول الواحد من الغاز يشغل حجمًا يساوي 24000 mL).

د. معدل سرعة التفاعل الابتدائية في ضوء التغير في عدد مولات حمض الهيدروكلوريك لكل ثانية.

سجّل إجاباتك في الجدول ٦-٤.

[HCl] (mol/L)	معدل سرعة إنتاج CO_2 (mL/min)	معدل سرعة إنتاج CO_2 (mL/s)	معدل سرعة إنتاج CO_2 (mol/s)	معدل سرعة استهلاك HCl (mol/s)
0.500				
0.750				
1.00				

الجدول ٦-٤: جدول النتائج.

مصطلحات علمية

المماس Tangent: خط مرسوم بزاوية قائمة على المنحنى عند نقطة معيّنة.

معدل السرعة الابتدائية للتفاعل Initial rate of reaction: معدل سرعة التفاعل عند ابتداء التجربة والذي يتم حسابه من المماس المرسوم على المنحنى عند الزمن (اللحظة) صفر.

٥. ارسم تمثيلًا بيانيًا لتركيز HCl (المحور السيني) مقابل معدل سرعة التفاعل في ضوء التغير في عدد مولات HCl لكل ثانية.

٦. اشرح ما يوضحه التمثيل البياني.

.....

.....

٧. اقترح إجراءً عمليًا يؤكد صحة استنتاجك. اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

٨. سجّل في الجدول الآتي كلًا من:

- **متغيرات الضبط (التحكم)** التي بقيت ثابتة.
- كيفية إبقاء كل متغير ثابتًا.

متغيرات الضبط	كيفية إبقائها ثابتة

الجدول ٦-٥

مصطلحات علمية

متغيرات الضبط (التحكم) Control variables: المتغيرات (بخلاف المتغيرات التابعة والمتغيرات المستقلة) التي يجب أن تبقى ثابتة أثناء إجراء تجربة ما.

أسئلة نهاية الوحدة

١. تتفاعل أيونات الأكسالات مع كلوريد الزئبق (II) وفق المعادلة الآتية:

$$C_2O_4^{2-}(aq) + 2HgCl_2(aq) \rightarrow 2CO_2(g) + 2Cl^-(aq) + Hg_2Cl_2(s)$$

أ. تم إجراء التفاعل باستخدام تراكيز مختلفة من أيونات الأكسالات وكلوريد الزئبق (II). النتائج موضحة في الجدول أدناه.

$[C_2O_4^{2-}]$ (mol/L)	$[HgCl_2]$ (mol/L)	معدل سرعة التفاعل (mol/L. s)
0.11	0.0418	4.3×10^{-4}
0.22	0.0418	17.2×10^{-4}
0.11	0.0209	2.1×10^{-4}

١- حدد رتبة التفاعل بالنسبة إلى كل مادة متفاعلة.

٢- اكتب معادلة معدل السرعة لهذا التفاعل.

٣- احسب قيمة ثابت معدل سرعة التفاعل وأعطِ الوحدة.

٢. يتحلل إيثانوات الميثيل بوساطة الماء الذي يحتوي على بعض حمض الهيدروكلوريك، وفق المعادلة الآتية:

$$CH_3COOCH_3(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + CH_3OH(aq)$$

تم إجراء التفاعل في حوض مائي عند درجة حرارة ثابتة.

يوضح الجدول أدناه كيف يتغير تركيز إيثانوات الميثيل بمرور الزمن.

الزمن (s)	$[CH_3COOCH_3]$ (mol/L)
0	0.230
180	0.156
360	0.104
540	0.068
720	0.045

مهم

في الجزئية أ، انظر بعناية إلى المعلومات الموجودة في المعادلة لمساعدتك وفكّر في عوامل مثل الذوبانية والحالة الفيزيائية للمواد الأخرى الموجودة في مخلوط التفاعل وشحناتها.

تابع

أ. اشرح الهدف من وجود حمض الهيدروكلوريك.

ب. اشرح سبب استخدام حوض مائي مع درجة حرارة ثابتة.

ج. ارسم تمثيلًا بيانيًا لتركيز إيثانوات الميثيل مقابل الزمن.

د. ارسم مماسات على التمثيل البياني عند 0 s و 180 s و 360 s و 540 s، واحسب معدل سرعة التفاعل عند كل من هذه الأزمنة.

هـ. استخدم إجابتك في الجزئية د لاستنتاج رتبة التفاعل. اشرح إجابتك.

و. اشرح: لماذا لا تساوي هذه القيمة بالضرورة الرتبة الكلية للتفاعل؟

٣. تتفاعل أيونات البرومات (V) مع أيونات البروميد في محلول حمضي، وفق المعادلة الآتية:

$$BrO_3^-(aq) + 5Br^-(aq) + 6H^+(aq) \rightarrow 3Br_2(aq) + 3H_2O(l)$$

يرد في ما يلي معادلة معدل السرعة لهذا التفاعل:

$$\text{rate} = k[BrO_3^-][Br^-][H^+]^2$$

أ. ١- اذكر رتبة التفاعل بالنسبة إلى أيونات الهيدروجين.

٢- استنتج الرتبة الكلية للتفاعل.

ب. استنتج وحدة ثابت معدل السرعة.

ج. تتفاعل أيونات الهيدروكسيد مع 2- برومو-2- ميثيل بروبان، وفق المعادلة الآتية:

$$(CH_3)_3CBr(l) + OH^-(aq) \rightarrow (CH_3)_3COH(aq) + Br^-(aq)$$

يُعدّ التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة إلى $(CH_3)_3CBr$ ومن الرتبة الصفرية بالنسبة إلى أيونات OH^-.

١- اكتب معادلة معدل السرعة لهذا التفاعل.

٢- استنتج الرتبة الكلية للتفاعل.

٣- استنتج وحدة ثابت معدل سرعة التفاعل.

مهم

في الجزئية ٢-د، تأكد من رسم كل ظل بعناية بحيث يشكل زاوية مقدارها 90° على المنحنى، وقم بتمديد الظل ليلتقي بمحاور التمثيل البياني بحيث يمكن إجراء حساب دقيق لقيمة الميل.

مهم

بالنسبة إلى الجزئية ٢- و ارجع إلى المعادلة الكيميائية.

الإنتروبي
Entropy

أهداف التعلُّم

٧-١ يعرّف مصطلح الإنتروبي S، بأنه عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات، وطاقاتها في نظام معلوم.

٧-٢ يتنبأ بإشارة التغيرات في الإنتروبي ΔS ويشرحها أثناء:

(أ) التغير في الحالة الفيزيائية

(ب) التغير في درجة الحرارة

(ج) التفاعل الذي يحدث فيه تغير في عدد الجزيئات الغازية.

٧-٣ يحسب التغير في الإنتروبي $\Delta S^{\ominus}$ لتفاعل ما، باستخدام قيم الإنتروبي القياسية $S^{\ominus}$، المعطاة للمواد المتفاعلة والناتجة باستخدام العلاقة الآتية:

$$\Delta S^{\ominus}_{\text{system}} = \Sigma n S^{\ominus}_{\text{(مواد ناتجة)}} - \Sigma n S^{\ominus}_{\text{(مواد متفاعلة)}}$$

٧-٤ يكتب معادلة جبس: $\Delta G^{\ominus} = \Delta H_r^{\ominus} - T\Delta S^{\ominus}_{\text{system}}$ ويستخدمها.

٧-٥ يذكر قابلية حدوث تفاعل ما أو عملية ما من خلال إشارة قيمة ΔG.

٧-٦ يتنبأ بتأثير التغير في درجة الحرارة على إمكانية حدوث تفاعل ما في ضوء قيم التغيرات القياسية في المحتوى الحراري والإنتروبي.

الأنشطة

نشاط ٧-١ الإنتروبي في الحالات الفيزيائية المختلفة

سوف تتعرف في هذا النشاط على مفهوم **الإنتروبي**، وسوف تفهم كيف تتغيّر قيم الإنتروبي وفقًا للحالة الفيزيائية لمادة ما وتعقيد التركيب البنائي لهذه المادة.

مصطلحات علمية

الإنتروبي Entropy S: هي عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات وطاقاتها في نظام معيّن.

١. أكمل الجمل الآتية باستخدام كلمات من القائمة أدناه.

الفوضى	**طاقاتها**	**ازدادت**	**تزداد**	**احتمالات**	**الصوديوم**
الإحصاءات	**التلقائي**	**مستقر**	**المحيط**	**النظام**	**طرق**

التغير ..... هو التغير الذي، بمجرد أن يبدأ، سوف يستمر حتى ينتهي. ومن الأمثلة على ذلك الانتشار، أو تفاعل ..... مع الماء، وتحدث التفاعلات **التلقائية** لأن ..... تخبرنا أن هنالك احتمالات أكبر لجسيمات تمتلك احتمالات أكثر لترتيب ..... . في تفاعل تلقائي ما، تزداد الإنتروبي. والإنتروبي هي مقياس العشوائية أو .....؛ فكلما ..... العشوائية، ازدادت الإنتروبي.

مهم

بشكل عام، تمتلك المواد الصلبة إنتروبي منخفضة (إذ إنها تكون منتظمة)، وتمتلك المواد السائلة إنتروبي متوسطة (تمتلك بعض الانتظام)، وتمتلك المواد الغازية إنتروبي مرتفعة (إذ إنها تكون غير منتظمة).

٢. طابق المواد من ١ إلى ٥ بقيم الإنتروبي (بوحدة J/K.mol) الخاصة بها من أ إلى هـ.

١. C(di)	أ. 126.0
٢. CaO(s)	ب. 213.6
٣. He(g)	ج. 69.9
٤. $CO_2(g)$	د. 39.7
٥. $H_2O(l)$	هـ. 2.4

٣. اشرح الفرق في قيم الإنتروبي في كل من أزواج المواد الآتية من **أ–د**.

	المادة	الإنتروبي J/K.mol	المادة	الإنتروبي J/K.mol
أ	$H_2O(l)$	69.9	$C_2H_5OH(l)$	160.7
ب	$NaCl(s)$	72.1	$NaClO_3(s)$	123.4
ج	$Br_2(g)$	245.4	$Br_2(l)$	174.9
د	$CH_4(g)$	186.2	$C_3H_8(g)$	269.9

الجدول ٧–١: الاختلافات في قيم الإنتروبي.

نشاط ٢-٧ التغيرات في الإنتروبي

سوف تتدرب في هذا النشاط على التنبؤ بما إذا كانت الإنتروبي تزداد أو تنقص وذلك بالعودة إلى الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة وتعقيد التركيب البنائي لهذه المواد، وسوف تتعرّف على عمليات حسابية تتضمن قيم الإنتروبي القياسية.

مهم

عند الإجابة عن أسئلة حول التغيرات في الإنتروبي في التفاعلات الكيميائية من دون معرفة قيم الإنتروبي، فكّر في درجة الفوضى في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، حيث إن رموز الحالة الفيزيائية لكل جسيم وتعقيد تركيبه البنائي تساعدك على الإجابة.
فكلما ازداد عدد الإلكترونات أو ازداد تنوّع الذرات أو عددها في الجزيء، ازدادت الإنتروبي.
يحسب **التغيّر في الإنتروبي القياسية** لنظام ما باستخدام المعادلة الآتية:

$$\Delta S^{\ominus}_{system} = \Sigma nS^{\ominus}_{(\text{مواد ناتجة})} - \Sigma nS^{\ominus}_{(\text{مواد متفاعلة})}$$

مصطلحات علمية

التغير في الإنتروبي القياسية (Standard entropy ($\Delta S^{\ominus}$) change: هو التغير في الإنتروبي عندما تتحوّل المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة عند 298 K و 100 kPa.

تكون التفاعلات الكيميائية قابلة للحدوث إذا ازدادت قيم الإنتروبي الخاصة بها، لذلك إذا كانت المواد الناتجة أكثر فوضوية من المواد المتفاعلة، فمن المحتمل أن يحدث التفاعل، حيث يكون هنالك ازدياد في قيم الإنتروبي.

١. تمثل المعادلة أدناه تفاعل تحضير الأمونيا.

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

خذ قطعة من الورق وارسم عليها مربّعَين (4 cm × 4 cm) جنبًا إلى جنب.

ضع نقطة (•) لتمثيل جزيء N_2 في أي مكان عشوائيًا في المربع الموجود على الطرف الأيسر.

ضع 3 دوائر (o) لتمثيل 3 جزيئات H_2 عشوائيًا في المربع الموجود على الطرف الأيسر.

ضع إشارتَي تقاطع (×) لتمثيل جزيئَي NH_3 بشكل عشوائي في المربع الموجود على الطرف الأيمن.

كرّر هذه العمليات ثلاث مرات.

أ. أي مربع: الأيسر (المواد المتفاعلة)، أم الأيمن (المادة الناتجة) يمتلك قدرًا أكبر من الفوضى؟

.....

ب. أي مربع يحتوي على العدد الأكبر من الجزيئات؟

.....

ج. هل من المحتمل أن تمتلك الأمونيا إنتروبي أكبر أو أقل من النيتروجين أو الهيدروجين؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

د. هل من المحتمل أن تمتلك المواد المتفاعلة إنتروبي أكبر أو أقل من المادة الناتجة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

هـ. هل من المحتمل أن تزداد إنتروبي هذا التفاعل أم تنقص؟

.....

و. أيها أكثر استقرارًا عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.) المواد المتفاعلة أم المادة الناتجة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

٢. لكل من التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية، هل تزداد إنتروبي النظام أم تقل أم من الصعب تحديد ذلك؟ اشرح إجاباتك.

أ. $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$

.....

ب. $FeCl_2(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s) + 2NaCl(aq)$

.....

ج. $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$

.....

د. $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

.....

هـ. $2FeSO_4(s) \rightarrow Fe_2O_3(s) + SO_2(g) + SO_3(g)$

.....

٣. صف التغيرات التي تحدث في قيم الإنتروبي واشرحها عند:

أ. تسخين الثلج لتكوين الماء السائل.

.....

.....

ب. تسخين الماء السائل لتكوين بخار الماء.

.....

.....

مصطلحات علمية

الإنتروبي المولية القياسية Standard molar entropy: $S^\ominus$
هي الإنتروبي المقاسة لمول واحد من جسيم ما في الظروف القياسية 100 kPa و 298 K.

مهم

في السؤال ٤ لا تنسَ أن تأخذ في الحسبان عدد المولات، وانتبه للحالة الفيزيائية للماء في التفاعلات.

٤. احسب التغيرات في الإنتروبي القياسية في التفاعلات الممثلة بالمعادلات من أ إلى هـ الآتية باستخدام قيم **الإنتروبي المولية القياسية** $S^\ominus$ المعطاة في الجدول أدناه.

المادة	$S^\ominus$ (J/K.mol)	المادة	$S^\ominus$ (J/K.mol)
B(s)	5.9	$Mg(NO_3)_2(s)$	164.0
$B_2O_3(s)$	54.0	MgO(s)	26.9
C(gr)	5.7	$NO_2(g)$	240.0
CO(g)	197.6	$O_2(g)$	205.0
$H_2(g)$	130.6	$SiF_4(g)$	282.4
HF(g)	173.7	$SiO_2(s)$	41.8
$H_2O(g)$	188.7	$SO_2(g)$	248.1
$H_2O(l)$	69.9	$SO_3(g)$	256.8
Mg(s)	32.7		

الجدول ٧-٢

أ. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

.....

ب. $H_2O(g) + C(gr) \rightarrow H_2(g) + CO(g)$

.....

ج. $B_2O_3(s) + 3Mg(s) \rightarrow 2B(s) + 3MgO(s)$

.....

د. $SiO_2(s) + 4HF(g) \rightarrow SiF_4(g) + 2H_2O(l)$

.....

هـ. $Mg(NO_3)_2(s) \rightarrow MgO(s) + 2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

.....

نشاط ٧-٣ طاقة جبس الحرة ΔG

سوف تتعرف في هذا النشاط على مفهوم **طاقة جبس الحرة** وعلاقتها بالتغير في الإنتروبي والتغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.

مهم

يرتبط التغير في طاقة جبس الحرة لنظام ما بالتغير في إنتروبي هذا النظام، عن طريق المعادلة الآتية:

$$\Delta G^{\ominus} = \Delta H_r^{\ominus} - T\Delta S^{\ominus}_{system}$$

في المعادلة $\Delta G^{\ominus} = \Delta H_r^{\ominus} - T\Delta S^{\ominus}_{system}$، يجب ضرب $\Delta H_r^{\ominus}$ (بوحدة kJ/mol) في 1000 لجعل الوحدة متسقة مع وحدة الإنتروبي.

مصطلحات علمية

طاقة جبس الحرة Gibbs free energy: هي التغير في الطاقة الذي يربط بين التغير في الإنتروبي والتغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما (لنظام ما).

معادلة جبس Gibbs equation: هي المعادلة التي توضح العلاقة بين التغير في طاقة جبس الحرة $\Delta G^{\ominus}$ والتغير في المحتوى الحراري للنظام $\Delta H_r^{\ominus}$ والتغير في إنتروبي النظام $\Delta S^{\ominus}$:

$$\Delta G^{\ominus} = \Delta H_r^{\ominus} - T\Delta S^{\ominus}_{system}$$

١. احسب التغير في طاقة جبس الحرة للتفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية عند 298 K واذكر ما إذا كانت تلقائية (قابلة للحدوث) أم لا (استخدم قيم الإنتروبي المولية $S^{\ominus}$ المعطاة في الجدول أدناه).

المادة	$S^{\ominus}$ (J/K.mol)	المادة	$S^{\ominus}$ (J/K.mol)
$C_2H_5OH(l)$	160.7	Mg(s)	32.7
$CO_2(g)$	213.6	MgO(s)	26.9
Fe(s)	27.3	$O_2(g)$	205
$Fe_2O_3(s)$	87.4	$SrCO_3(s)$	97.1
$H_2O(l)$	69.9	SrO(s)	54.4

الجدول ٧-٣

أ. $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ $\quad \Delta H_r^{\ominus} = -1367.3$ kJ/mol

.....

.....

.....

ب. $SrCO_3(s) \rightarrow SrO(s) + CO_2(g)$ $\quad \Delta H_r^{\ominus} = +1418.6$ kJ/mol

.....

.....

.....

ج. $3Mg(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 3MgO(s) + 2Fe(s) \quad \Delta H_r^{\ominus} = -980.9\ kJ/mol$

.....

.....

.....

نشاط ٧-٤ تلقائية التفاعل (قابلية التفاعل للحدوث)

مصطلحات علمية

تلقائية (قابلية الحدوث) Feasibility: احتمال حدوث تفاعل ما.

سوف تتعرف في هذا النشاط إلى أي حد يُسهم كل من التغير في إنتروبي النظام $\Delta S^{\ominus}_{system}$ والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل $\Delta H_r^{\ominus}$ في تلقائية (قابلية حدوث) تفاعل ما، وسوف تراجع تأثير التغير في درجة الحرارة على **تلقائية (قابلية حدوث)** تفاعل ما.

١. استخدم معادلة جبس والجدولين ٧-٤ و ٧-٥ أدناه، لحساب قيم $\Delta G^{\ominus}$ عند 298 K للتفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية.

يوضح الجدول أدناه قيم $S^{\ominus}$ للمواد التي تتضمنها التفاعلات الآتية:

المادة	$S^{\ominus}$ (J/K.mol)	المادة	$S^{\ominus}$ (J/K.mol)
Al(s)	28.3	Mg(s)	32.7
$Al_2O_3(s)$	50.9	MgO(s)	26.91
C(gr)	5.7	$O_2(g)$	205.0
$CaCO_3(s)$	92.9	$SO_2(g)$	248.1
CaO(s)	39.7	$SO_3(l)$	95.6
CO(g)	197.6	Zn(s)	41.6
$CO_2(g)$	213.6	ZnO(s)	43.6

الجدول ٧-٤

يوضح الجدول أدناه قيم $\Delta H_f^{\ominus}$ للمركبات التي تتضمنها التفاعلات الآتية:

المركب	$\Delta H^{\ominus}_f$ (kJ/mol)	المركب	$\Delta H^{\ominus}_f$ (kJ/mol)
$Al_2O_3(s)$	–1675.7	MgO(s)	–601.7
$CaCO_3(s)$	–1206.9	$SO_2(g)$	–296.8
CaO(s)	–635.1	$SO_3(l)$	–441.0
CO(g)	–110.5	ZnO(s)	–348.3
$CO_2(g)$	–393.5		

الجدول ٧-٥

أ. $ZnO(s) + C(gr) \rightarrow Zn(s) + CO(g)$

.....

.....

.....

ب. $MgO(s) + CO(g) \rightarrow Mg(s) + CO_2(g)$

.....

.....

.....

ج. $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

.....

.....

.....

د. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(l)$

.....

.....

.....

هـ. $Al_2O_3(s) + 3C(gr) \rightarrow 2Al(s) + 3CO(g)$

.....

.....

.....

٢. حدد في السؤال ١ التفاعلات التي تُعدّ تلقائية (قابلة للحدوث) عند 298 K. اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

.....

٣. ارجع إلى معادلة جبس لاقتراح ما إذا كانت التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية تُعدّ تلقائية (قابلة للحدوث) أم لا. اشرح إجاباتك.

أ. تفاعل ماص للحرارة قليلًا وتتحوّل خلاله المادة الصلبة إلى غاز وسائل عند درجة حرارة مرتفعة.

.....

.....

ب. تفاعل طارد للحرارة بشدة مع حدوث انخفاض طفيف في إنتروبي النظام عند درجة حرارة الغرفة.

.....

.....

ج. تفاعل ماص للحرارة بشدة وتتحوّل خلاله المادة الصلبة إلى غاز وسائل عند درجة حرارة مرتفعة.

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف مصطلح الإنتروبي.

ب. يتفاعل الصوديوم Na بشدة مع الماء وفق المعادلة الآتية:

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

اشرح في ضوء إنتروبي المواد المتفاعلة والمواد الناتجة سبب كون المواد الناتجة أكثر **استقرارًا** من حيث الطاقة مقارنة بالمواد المتفاعلة.

ج. ترد أدناه معادلة تفاعل أكسيد النحاس (II) CuO مع أحادي أكسيد الكربون CO.

$$CuO(s) + CO(g) \rightarrow Cu(s) + CO_2(g)$$

١- احسب التغير في إنتروبي النظام في هذا التفاعل.

قيم $S^{\ominus}$ (بوحدة J/K.mol) للمواد التي يتضمنها هذا التفاعل هي كالآتي:

$CO_2(g) = 213.6$ ؛ $CO(g) = 197.6$ ؛ $Cu(s) = 33.2$ ؛ $CuO(s) = 42.6$

٢- استخدم معادلة جبس لحساب طاقة جبس الحرة للتفاعل عند 200 °C.

٣- اذكر ما إذا كان التفاعل يُعدّ تلقائيًا (قابلًا للحدوث) أم لا عند 200 °C. اشرح إجابتك.

٢. يتفاعل الروبيديوم Rb مع الكبريت S لتكوين كبريتيد الروبيديوم Rb_2S عند 298 K، وفق المعادلة الآتية:

$$2Rb(s) + S(s) \rightarrow Rb_2S(s) \qquad \Delta H_r^{\ominus} = +360.7 \text{ kJ/mol}$$

أ. احسب التغيّر في إنتروبي النظام.

قيم $S^{\ominus}$ (بوحدة J/K.mol) للمواد التي يتضمنها هذا التفاعل هي كالآتي:

$Rb(s) = 76.8$ ؛ $S(s) = 32.6$ ؛ $Rb_2S(s) = 134.0$

مهم

ينبغي لرموز الحالة الفيزيائية في المعادلة أن تساعدك في الإجابة عن الجزئية ١-ب.

تتطلب الجزئية ١-ج التفكير في إشارة تغيّر الإنتروبي.

مصطلحات علمية

مستقر (نظام) Stable (system): نظام يمتلك طاقة أقل من نظام آخر. وكلما ازدادت إنتروبي النظام، كان أكثر استقرارًا.

تابع

ب. تمّت إذابة 1.0 mol من كلوريد الروبيديوم RbCl في 1.00 L من الماء عند 25 °C.

١- احسب التغيّر في إنتروبي النظام (مع إهمال قيمة إنتروبي الماء الذي تذيب كلوريد الروبيديوم فيه).

قيم $S^{\ominus}$ (بوحدة J/K.mol) للمواد التي يتضمنها هذا التفاعل هي كالآتي:

$RbCl(s) = 95.9$ ؛ $Rb^{+}(aq) = 121.5$ ؛ $Cl^{-}(aq) = 56.5$

٢- احسب التغير في طاقة جبس الحرة لهذه العملية علما بأن التغيّر في المحتوى الحراري للذوبان يساوي +9.5 kJ/mol.

٣- اشرح في ضوء التغيرات في الإنتروبي والتغيرات في طاقة جبس الحرة، سبب ذوبان كلوريد الروبيديوم في الماء على الرغم من أن العملية تُعدّ ماصة للحرارة.

مهم

في الجزئية **ب-٣**، فكر في الجزأين الموجودَين على الطرف الأيمن من معادلة جبس بالإضافة إلى أسباب التغيّر في الإنتروبي.

مشتقات الهيدروكربونات (٢)

Hydrocarbons Derivatives (2)

أهداف التعلُّم

٨-١ يصف الأشكال الهندسية لجزيء البنزين ويشرحها في ضوء التهجين sp^2 والروابط σ ونظام الروابط π غير المتمركزة.

٨-٢ يفهم قواعد التسمية النظامية (IUPAC) لمركبات الأرينات المدرجة في الجدول ٨-١ (حتى ثلاثة تفرعات في حلقة البنزين) ويستخدمها.

٨-٣ يصف التفاعلات الآتية لكل من البنزين وميثيل البنزين (التولوين):

(أ) تفاعل الاستبدال الإلكتروفيلي مع Br_2 أو Cl_2 بوجود عامل حفّاز مثل $AlBr_3$ أو $AlCl_3$ أو لتكوين هالوجينوأرينات (هاليدات الأريل).

(ب) تفاعل النترتة مع مخلوط من الحمضَين HNO_3 المركز و H_2SO_4 المركز عند درجة حرارة بين 25°C و 60°C.

(ج) تفاعل ألكَلة فريدل-كرافت باستخدام مخلوط RCl (حيث R مجموعة ألكيل) و $AlCl_3$ مع التسخين.

(د) تفاعل أسيَلة فريدل-كرافت باستخدام مخلوط من RCOCl (حيث R مجموعة ألكيل) و $AlCl_3$ مع التسخين.

(هـ) تفاعل هدرجة حلقة البنزين باستخدام H_2 والعامل الحفّاز Pt/Ni والتسخين لتكوين هكسان حلقي.

(و) تفاعل الأكسدة التامة لسلسلة جانبية باستخدام محلول منجنات البوتاسيوم (VII) في وسط قلوي ساخن، يليه استخدام حمض الكبريتيك المخفف لإنتاج حمض البنزويك.

٨-٤ يصف آلية حدوث تفاعل الاستبدال الإلكتروفيلي في تفاعلي تكوين البروموبنزين والنيتروبنزين فقط.

٨-٥ يتنبأ بما إذا كان تفاعل الهلجنة سيحدث على السلسلة الجانبية أو على الحلقة الأروماتية في الأرينات، وذلك وفقًا لظروف التفاعل.

٨-٦ يشرح الاختلاف في النشاط الكيميائي بين هالوجينوألكان وهالوجينوأرين كما يتم توضيحه بوساطة الكلوروإيثان والكلوروبنزين.

٨-٧ يصف تفاعل تحضير الفينول عن طريق تفاعل الفينيل أمين مع HNO_2 أو $NaNO_2$ وحمض مخفف عند درجة حرارة أقل من 10°C لإنتاج ملح ثنائي الأزونيوم (الديازونيوم)؛ والذي يؤدي تسخينه بعد ذلك مع الماء إلى تكوين الفينول.

أهداف التعلُّم

٨-٨ يشرح حمضية الفينول.

٨-٩ يقارن الحمضية النسبية لكل من الماء والفينول والإيثانول ويشرحها.

٨-١٠ يذكر تفاعلات الفينول مع:

(أ) القواعد، مثل NaOH(aq) لإنتاج فينوكسيد الصوديوم (أو فينولات الصوديوم).

(ب) فلز الصوديوم Na(s) لإنتاج فينوكسيد الصوديوم وغاز $H_2(g)$.

٨-١١ يصنف الأمينات إلى أولية وثانوية وثالثية.

٨-١٢ يفهم قواعد التسمية النظامية (IUPAC) للأمينات ويستخدمها.

٨-١٣ يصف قاعدية المحاليل المائية للأمينات ويشرحها، ويطبقها على القاعدية النسبية لكل من الأمونيا والإيثيل أمين والفينيل أمين.

٨-١٤ يذكر المواد المتفاعلة وظروف التفاعل لتحضير أمينات أولية وثانوية، وفقًا للآتي:

(أ) تفاعل الهالوجينوألكانات مع NH_3 في الإيثانول والتسخين في أنبوبة محكمة الإغلاق تحت الضغط.

(ب) تفاعل هالوجينوألكانات مع أمينات أولية في الإيثانول والتسخين في أنبوبة محكمة الإغلاق تحت الضغط.

٨-١٥ يصف تفاعل الفينيل أمين مع ماء البروم $Br_2(aq)$ عند درجة حرارة الغرفة.

الأنشطة

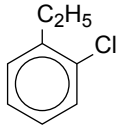
نشاط ٨-١ الهيدروكربونات الأروماتية

سوف تتعرف في هذا النشاط على تركيب البنزين في ضوء الأفلاك الذرية، وسوف تراجع أيضًا كيفية رسم الصيغ الجزيئية والموسعة للمركبات الأروماتية وكيفية تسمية هذه المركبات.

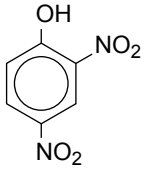
مهم

لفهم تركيب البنزين، تحتاج إلى معرفة كيفية تهجين الأفلاك الذرية والأشكال الهندسية للأفلاك الذرية. إذا لم تكن متأكدًا من هذه الأمور، فارجع إلى الوحدة الأولى في كتاب الطالب للصف الحادي عشر.

يتم رسم تراكيب **الأرينات** (المركبات الأروماتية)، مع دائرة في وسط حلقة البنزين لتمثيل الإلكترونات غير المتمركزة في الحلقة. وتسمى مركبات البنزين وفقًا لعدد المجموعات المستبدلة في حلقة البنزين (راجع كتاب الطالب).



1-كلورو-2-إيثيل بنزين



1-هيدروكسي- 4,2-ثنائي نيتروبنزين
أو 4,2- ثنائي نيتروفينول

الشكل ٨-١: تراكيب لمركّبَين أروماتيَّين.

مصطلحات علمية

الأرين Arene: هو هيدروكربون عضوي يحتوي على حلقة بنزين واحدة أو أكثر.

١. تتعلق الفقرة الآتية بالروابط الموجودة في البنزين، اختر الكلمة الصحيحة من الخيارات التي تحتها خط بشكل متناوب:

تكوّن كل ذرة كربون في حلقة البنزين أفلاكًا ذرية مهجّنة من نوع $\underline{sp^3}$ / $\underline{sp^2}$ / $\underline{sp}$، وتتشارك بزوج واحد من الإلكترونات مع كل من ذرّتَي الكربون / الهيدروجين المجاورتَين، كما تتشارك بزوج واحد مع ذرة كربون / هيدروجين، وتكون هذه الروابط من نوع سيجما ($\underline{\sigma}$) / باي ($\underline{\pi}$). ويُسهم الإلكترون $\underline{p/s/d}$ الباقي في كل ذرة كربون في رابطة سيجما ($\underline{\sigma}$) / باي ($\underline{\pi}$) بوساطة التداخل الجانبي / الرأسي للأفلاك الذرية من النوع $\underline{p/s/d}$، فتكوّن حلقتَين / ست حلقات من الإلكترونات غير المتمركزة / المتمركزة فوق مستوى حلقة البنزين وتحته. ولتحقيق الحد الأقصى من تداخل الأفلاك الذرية، يجب أن يكون الشكل الهندسي لحلقة البنزين مستويًا / متعرّجًا. وتكون قيمة كل من زوايا الروابط حول كل ذرة كربون تساوي $\underline{90^\circ}$/$\underline{109.5^\circ}$/$\underline{120^\circ}$.

٢. اذكر اثنَين من الأدلة التجريبية التي تشير إلى أن حلقة البنزين لا تمتلك روابط ثنائية وروابط أحادية بشكل متناوب.

.....

.....

٣. ارسم الصيغ الهيكلية للمركبات الآتية، موضّحًا الحلقة الأروماتية بشكل سداسي الزوايا مع دائرة في داخله.

أ. 4- نيتروفينول

ب. 2،1 – ثنائي ميثيل بنزين

ج. 1- ميثيل-3- نيتروبنزين

د. 6،4،2-ثلاثي بروموفينول

هـ. 1-برومو-4-إيثيل بنزين

٤. ارسم الصيغ الموسعة للمركبات الآتية:

أ. إيثيل بنزين

ب. 2 – أمينوفينول

ج. 3- ميثيل حمض البنزويك

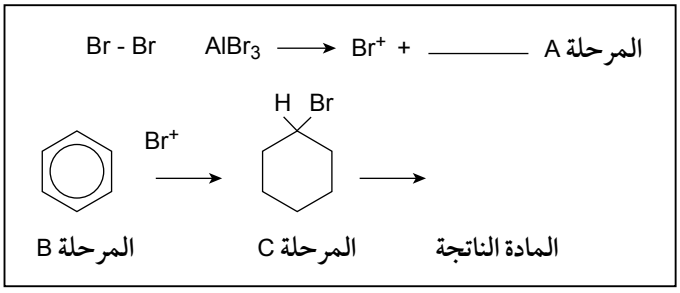
نشاط ٨-٢ هلجنة ونترتة البنزين

مهم

تكون الكثافة الإلكترونية في حلقة البنزين عرضة للهجوم من قبل جسيمات إلكتروفيلية بسبب وجود إلكترونات غير متمركزة فوق مستوى حلقة البنزين وتحته.

سوف تراجع في هذا النشاط آلية حدوث تفاعل الاستبدال الإلكتروفيلي بذرات هالوجين أو مجموعات NO_2 في حلقة بنزين، وسوف تتعرف أيضًا على بعض المصطلحات المستخدمة عند مناقشة آليات حدوث التفاعل.

١. يوضح الشكل ٨–٢ المراحل التي تتضمنها بروَمة البنزين (الاستبدال الإلكتروفيلي بالبروم).



الشكل ٨–٢: المراحل التي تتضمنها بروَمة البنزين.

مصطلحات علمية

الاستقطاب Polarisation: قابلية أيون أو جزيء على سحب إلكترونات من رابطة تساهمية موجودة في جزيء مجاور نحوه فيؤدي بالتالي إلى أن يصبح هذا الجزيء المجاور قطبيًا.

أ. أكمل المرحلة **A** لتوضيح:

- **استقطاب** جزيء البروم بوساطة $AlBr_3$
- حركة أزواج الإلكترونات (استخدم سهمًا منحنيًا)
- صيغة المادة الناتجة الأيونية الأخرى.

.....

.....

.....

ب. اشرح سبب قابلية $AlBr_3$ على استقطاب جزيء البروم.

.....

.....

ج. أكمل المرحلتَين **B** و **C** باستخدام أسهم منحنية وإضافة رمز مناسب لحلقة البنزين في المرحلة **C**.

د. أكمل مخططك عن طريق رسم تركيب المادة الناتجة.

هـ. لماذا توصف هذه الآلية بأنها إلكتروفيلية؟ اكتب صيغة الإلكتروفيل.

.....

.....

و. اقترح مادة مختلفة حاملة لهالوجين يمكن استخدامها لتحضير كلوروبنزين من مخلوط من البنزين والكلور، واشرح كيف تتم مهاجمة حلقة البنزين.

.....

.....

ز. اذكر أسماء المواد الناتجة العضوية المتكوّنة عندما تتفاعل المادة الحاملة للهالوجين في الجزئية (و) مع مخلوط من ميثيل البنزين والكلور.

.....

.....

٢. عندما يتم خلط حمضَي النيتريك والكبريتيك المركّزَين تتكوّن أيونات NO_2^+ وفق المعادلة الآتية:

$$HNO_3 + 2H_2SO_4 \rightarrow NO_2^+ + 2HSO_4^- + H_3O^+$$

أ. أيّ من الحمضَين يُعدّ الأقوى؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. اشرح سبب اعتبار NO_2^+ إلكتروفيلًا عندما يتفاعل مع البنزين.

.....

.....

ج. ارسم تركيب المادة الوسيطة المتكوّنة عندما تتفاعل أيونات NO_2^+ مع البنزين.

د. صف كيف تكوّن المادة الوسيطة النيتروبنزين.

.....

.....

نشاط ٨-٣ بعض التفاعلات الأخرى للمركبات الأروماتية

سوف تراجع في هذا النشاط تفاعلات ألكَلة وأسيَلة فريدل-كرافت. وسوف تراجع أيضًا تفاعلات هدرجة وأكسدة بعض مشتقات البنزين وكذلك كيفية إدخال ذرة Cl في سلسلة ألكيل جانبية مرتبطة بحلقة بنزين.

١. تتضمن **تفاعلات فريدل-كرافت** الاستبدال بمجموعة ألكيل أو أسيل في حلقة البنزين. ارسم تركيب:

أ. مجموعة ألكيل.

.....

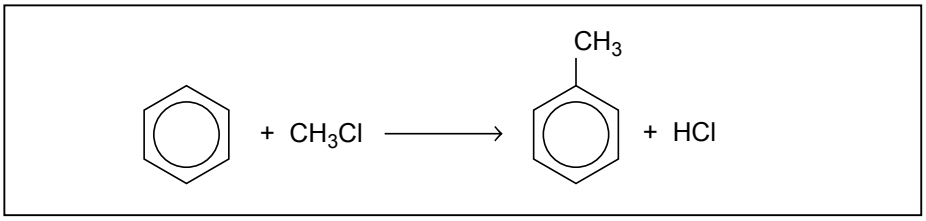
.....

ب. مجموعة أسيل.

.....

.....

٢. تمثل المعادلة أدناه تفاعل ألكلة البنزين.



أ. سمّ المادة الناتجة العضوية.

.....

.....

ب. اذكر الظروف اللازمة لهذا التفاعل.

.....

.....

٣. سمّ المادة الناتجة العضوية من التفاعل بين الكلوروإيثان والبنزين.

.....

.....

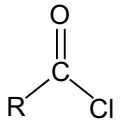
مهم

في السؤال ١، يتم إحلال مجموعة ألكيل، على سبيل المثال C_2H_5، أو مجموعة أسيل، على سبيل المثال CH_3CO في حلقة أروماتية.

مصطلحات علمية

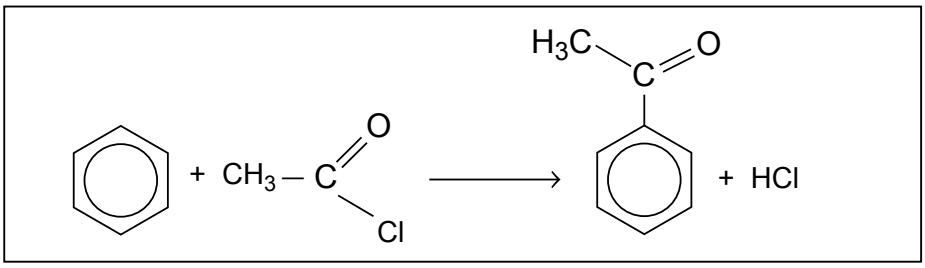
الأسيَلة Acylation: تفاعل كيميائي للاستبدال بمجموعة أسيل R–C(=O)– على حلقة بنزين.

مجموعة الأسيل Acyl group: تحتوي على مجموعة كربونيل مرتبطة بمجموعة ألكيل.



تفاعل فريدل-كرافت Friedel-Crafts reaction: هو الاستبدال الإلكتروفيلي بمجموعة ألكيل أو مجموعة أسيل على حلقة بنزين.

٤. تمثل المعادلة أدناه تفاعل أسيَلة البنزين.



أ. اذكر الظروف اللازمة لهذا التفاعل.

.....

.....

ب. اكتب الصيغة الجزيئية للمادة الناتجة العضوية.

.....

.....

ج. اكتب الصيغة الجزيئية لكلوريد الأسيل اللازم لإنتاج $C_6H_5COC_3H_7$؟

.....

.....

٥. أ. اذكر نوع التفاعل الذي يحدث عندما يتم ضخ غاز الكلور عبر ميثيل البنزين مع التسخين لبضع دقائق بوجود أشعة UV.

.....

.....

ب. ما الذي يحدث عندما يتم ضخ فائض من غاز الكلور عبر ميثيل البنزين الساخن؟

.....

.....

٦. أ. أكمل المعادلة الآتية التي تمثل أكسدة ميثيل البنزين لتكوين حمض.

$C_6H_5-CH_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots \rightarrow C_6H_5- \ldots\ldots\ldots\ldots$

ب. اذكر اسم المادة الناتجة العضوية.

.....

ج. اذكر اسم عامل مؤكسد مناسب.

.....

د. ما الظروف اللازمة لهذا التفاعل؟

.....

٧. أ. أكمل معادلة هدرجة ميثيل البنزين باستخدام فائض من العامل المختزل.

$$C_6H_5-CH_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots \xrightarrow{Ni} \ldots\ldots\ldots\ldots$$

ب. اذكر اسم المادة الناتجة.

.....

ج. ما الغرض من استخدام Ni؟

.....

د. ما الظروف اللازمة لهذا التفاعل؟

.....

نشاط ٨-٤ الفينول

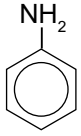
١. أ. ارسم الصيغة الهيكلية للفينول.

ب. يتم تحضير الفينول من خلال تفاعل الفينيل أمين مع حمض النيتريك (III) (HNO_2). أكمل المعادلات الآتية لتوضيح الخطوات الثلاث لهذا التحضير:

الخطوة ١: تحضير حمض النيتريك (III)

..... + ... $\rightarrow$ $NaNO_2$ + HCl

الخطوة ٢: إضافة الفينيل أمين



..... $\rightarrow$ + $NaNO_2$ + HCl

الخطوة ٣: تفكك ملح الديازونيوم

..... + H_2O $\rightarrow$ ..... + HCl + N_2

٢. أ. أي مما يلي يوضح نمط الازدياد في الحمضية:

- $C_6H_5OH > C_2H_5OH > H_2O$
- $C_2H_5OH > H_2O > C_6H_5OH$
- $C_6H_5OH > H_2O > C_2H_5OH$
- $H_2O > C_6H_5OH > C_2H_5OH$

ب. ١- ما تأثير منح الإلكترونات لمجموعة الإيثيل في الإيثانول على حمضية الإيثانول؟

.....

.....

٢- كيف يؤثر عدم تمركز الإلكترونات في نظام الروابط باي (π) لأيون الفينوكسيد على حمضية الفينول؟

.....

.....

٣. **أ.** ١- يتفاعل الفينول مع القواعد لتكوين ملح وماء. اكتب معادلة توضّح تفاعل الفينول مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم.

.....

.....

٢- سم المادة الناتجة العضوية.

.....

ب. ١- يتفاعل الفينول أيضًا مع الفلزات النشطة (كيميائيًا) لتكوين ملح وماء. اكتب معادلة توضح تفاعل الفينول مع فلز الصوديوم.

.....

.....

٢- سم المادة الناتجة العضوية.

.....

.....

نشاط ٨-٥ الأمينات

سوف تتعرف في هذا النشاط على تراكيب وتفاعلات الأمينات، وسوف تراجع أيضًا أفكارًا متعلقة بمقارنة قاعدية الأمونيا والأمينات باستخدام مفهوم القابلية النسبية على منح الإلكترونات لمجموعات الألكيل والأريل.

مهم

تتم تسمية الأمينات الثانوية أو الثالثية التي تمتلك مجموعات الألكيل نفسها عن طريق وضع البادئة ثنائي أو ثلاثي قبل مجموعة الألكيل، على سبيل المثال، ثنائي ميثيل أمين.

مصطلحات علمية

الأمينات الأولية
Primary amines: هي مركبات تنتج من استبدال ذرة هيدروجين واحدة في جزيء الأمونيا بمجموعة ألكيل.

١. صنف الأمينات الآتية كـ **أولية** أو ثانوية أو ثالثية:

أ. $CH_3NHCH_2CH_3$

.....

ب. $CH_3CH_2NH_2$

.....

ج. $(CH_3)_3N$

.....

د. $C_6H_5NHCH_2CH_2CH_3$

.....

هـ. $(CH_3)_2NCH_2CH_2CHC_6H_5NHCH_2CH_2CH_3$

.....

مهم

عند مقارنة الخاصية القاعدية للأمينات، تذكّر أن مجموعات الألكيل هي مجموعات مانحة للإلكترونات، وأن الفلك الذري p في ذرة N في الفينيل أمين يتداخل مع أفلاك الإلكترونات غير المتمركزة في حلقة البنزين.

٢. سمّ الأمينات أو أملاح الأمونيوم (هيدروكلوريدات الأمين) الآتية:

أ. $CH_3CH_2CH_2NH_2$

.....

ب. $C_3H_7NH_3^+Cl^-$

.....

ج. $C_6H_5NH_3^+Cl^-$

.....

د. $(C_2H_5)_2NH$

.....

هـ. $(CH_3)_3N$

.....

و. $CH_3CH_2CH(NH_2)CH_3$

.....

٣. اشرح: لماذا يُعدّ الإيثيل أمين أكثر قاعدية من الأمونيا، بينما يُعدّ الفينيل أمين أقل قاعدية منها؟

.....

.....

٤. اكتب معادلة التفاعل الآتي:

تكوين بروبيل أمين من بروموألكان.

.....

٥. يتفاعل البروم المائي مع الفينيل أمين.

ارسم تركيب المادة الناتجة المتكوّنة.

مهم

يمكن تكوين الأمينات من هاليدات الألكيل؛ عليك أن تتذكر المواد المتفاعلة والظروف.

ب. ما الظروف اللازمة لهذا التفاعل؟

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء نظري ٨-١: التخطيط: نترتة البنزين

مصطلحات علمية

عامل النترتة
Nitrating agent: مركب أو مجموعة من المركبات مسؤولة عن إضافة مجموعة NO_2 إلى جزيء آخر.

يتم تحضير النيتروبنزين عن طريق تسخين البنزين مع مخلوط من حمض النيتريك وحمض الكبريتيك المركزَين. **عامل النترتة** هو أيون النيترونيوم NO_2^+، الذي يتكوّن عند خلط حمض النيتريك المركّز مع حمض الكبريتيك المركّز. وتتم النترتة وفقًا للمعادلة الآتية:

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$$

سوف تقوم بما يلي:

- تخطيط تجربة لتحضير عيّنة صغيرة من النيتروبنزين.
- اقتراح كيفية فصل المادة العضوية الناتجة من باقي مخلوط التفاعل.
- الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بهذه العملية.

استخدم المعلومات الآتية لمساعدتك على التخطيط للاستقصاء:

- تبلغ كثافة حمض الكبريتيك المركّز (مادة أكالة) 1.42 g/mL.
- تبلغ كثافة حمض النيتريك المركّز (مادة أكالة) 1.51 g/mL.
- تبلغ كثافة البنزين (مادة مسببة للسرطان) 0.88 g/mL؛ يجب استخدام نحو 0.08 mol من البنزين.
- يُعدّ تفاعل البنزين مع مخلوط من حمض النيتريك المركز (16 mol/L) وحمض الكبريتيك المركز (10 mol/L) تفاعلًا طاردًا للحرارة بشدة؛ ويُعدّ التفاعل بين حمض النيتريك وحمض الكبريتيك تفاعلًا طاردًا للحرارة بشدة أيضًا.
- يجب تسخين مخلوط التفاعل عند درجة حرارة 60 °C لمدة 30 دقيقة.
- النيتروبنزين غير قابل للذوبان في الماء حيث تبلغ كثافته 1.2 g/mL؛ وتبلغ درجة غليانه 210 °C.
- يمكن نزع الماء من مادة عضوية ما عن طريق رجّها مع كبريتات الصوديوم الصلبة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

اقترح كميّة مناسبة لكل من المواد المتفاعلة التي ينبغي استخدامها.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الطريقة

صف كيفية إجراء تجربة لتحضير عيّنة من النيتروبنزين النقي.

ينبغي أن تفكّر في كيفية الحصول على عيّنة من النيتروبنزين الجاف (منزوع الماء) النقي من مخلوط التفاعل، ويجب أن تكون العيّنة خالية من الحمض.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

كيف يمكنك تنفيذ التفاعل بأمان للحصول على المادة الناتجة؟

.....

.....

.....

.....

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. لماذا يجب استخدام فائض من مخلوط حمض الكبريتيك مع حمض النيتريك؟

.....

٢. اقترح أسباب عدم إمكانية إجراء التفاعل في كأس زجاجية.

.....

.....

.....

٣. تتكوّن أبخرة أكالة خلال هذه التجربة. فضلًا عن استخدام خزانة أبخرة، ما هي ميزات تجربتك التي تساعد على تقليل إنتاج هذه الأبخرة؟

.....

.....

.....

.....

٤. تبلغ **النسبة المئوية لمردود** التفاعل من النيتروبنزين النقي أقل من 70%. اقترح السبب الذي يمنع أن يكون العائد أعلى.

.....

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

النسبة المئوية لمردود التفاعل Percentage yield:

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

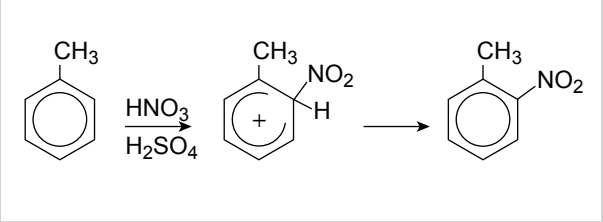
٥. كيف يمكنك التحقق من أن عيّنتك من النيتروبنزين نقية؟

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يمكن نترتة ميثيل البنزين باستخدام مخلوط من حمض النيتريك وحمض الكبريتيك.



أ. اكتب صيغة الإلكتروفيل في هذا التفاعل؟

ب. اذكر نوع التفاعل.

ج. اشرح كيف تتغير المادة الوسيطة إلى المادة الناتجة.

د. يمكن هلجنة مجموعة الميثيل في ميثيل البنزين بوساطة غاز الكلور.

١- اذكر الظروف اللازمة لهذا التفاعل؟

٢- اكتب معادلة هذا التفاعل.

٢. أ. يتأين الفينول في الماء ليكوّن محلولًا حمضيًا ضعيفًا.

١- اكتب معادلة تفاعل الفينول مع الماء لتكوين أيونات الفينوكسيد $C_6H_5O^-$.

٢- تنتشر الشحنة السالبة لأيون الفينوكسيد على الأيون بأكمله إذ إن أحد أزواج الإلكترونات الحرة على ذرة الأكسجين يتداخل مع أفلاك الإلكترونات غير المتمركزة في الحلقة؛ اشرح كيف يؤدي ذلك إلى جعل الفينول أكثر حمضية من الإيثانول.

٣- اكتب معادلة لتفاعل الفينول مع الصوديوم.

ب. ١- سمّ المواد المتفاعلة اللازمة لتفاعل البنزين مع البروم.

٢- أعط صيغة الإلكتروفيل الذي يهاجم البنزين واشرح كيف يعمل كإلكتروفيل.

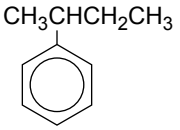
تابع

٣. يمكن للبنزين أن يخضع للألكلة باستخدام تفاعل فريدل-كرافت.

أ. عرّف مصطلح الألكلة.

ب. اذكر نوع التفاعل.

ج. اذكر أسماء المواد المتفاعلة والظروف اللازمة لتحضير المركب **A** من البنزين.



المركب A

د. استنتج الصيغة الجزيئية للمركب **A**.

هـ. يمكن استخدام تفاعل فريدل-كرافت لإدخال مجموعة أسيل في حلقة البنزين؛ اكتب صيغة المركب العضوي اللازم لتكوين $C_6H_5COCH_2CH_3$ من البنزين.

٤. أ. يُعدّ الفينيل أمين قاعدة أضعف من الأمونيا. اشرح ذلك.

ب. يمكن تحضير البروبيل أمين عن طريق غليان 1-بروموبروبان مع فائض من الأمونيا الإيثانولية الساخنة.

١- اكتب معادلة لهذا التفاعل.

٢- اشرح سبب استخدام فائض من الأمونيا.

٥. أ. يُعدّ الإيثيل أمين $C_2H_5NH_2$ أمينًا أوليًا.

١- اشرح: يُعدّ الإيثيل أمين قاعدة أقوى من الأمونيا.

٢- يتفاعل الإيثيل أمين مع 1-كلوروإيثان لتكوين أمين ثانوي $(C_2H_5)_2NH$؛ اذكر الظروف اللازمة لهذا التفاعل.

ب. الفينيل أمين $C_6H_5NH_2$ هو أريل أمين.

يمكن أن يحدث تفاعل الاستبدال بالبروم في الحلقة الأروماتية في كلا الفينيل أمين والبنزين؛ قارن تفاعل كل من الفينيل أمين والبنزين مع البروم، مع توضيح أي اختلافات.

مهم

تأكد من أنك تعرف الظروف والمواد المتفاعلة اللازمة للألكلة والاختزال.

راجع نشاط ٨-٣ لمراجعة الألكلة.

مهم

في الجزئية ٤-أ تحتاج إلى التفكير في التأثير الحثّي

مهم

في الجزئية ٥-أ استخدم أفكارًا حول التأثير الحثّي.

في الجزئية ب، تحتاج إلى التفكير في عدم تمركز إلكترونات حلقة الأريل في الفينيل أمين.

رقم الإيداع : ٧٢١٥ / ٢٠٢٣م

Printed by: Mazoon Printing, Publishing & Packaging L.L.C - 24815693

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

ISBN 978-99992-56-11-7
9 789999 256117 >

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS