سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الكيمياء

الصف الحادي عشر

دليل المعلم

الفصل الدراسي الثاني

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1445 هـ - 2023 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

الصف الحادي عشر

دليل المعلّم

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 دليل المعلم – الكيمياء للصف الحادي عشر – من سلسلة كامبريدج للكيمياء
لمستوى الدبلوم العام والمستوى المتقدم AS & A Level للمؤلف مايك 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 ٢٠٢٢/١٢١ واللجان المنبثقة عنه

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

**ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملًا أو مجزّأ أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلّا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حال الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**

المغفور له

السلطان قابوس بن سعيد

-طيّب اللّه ثراه-

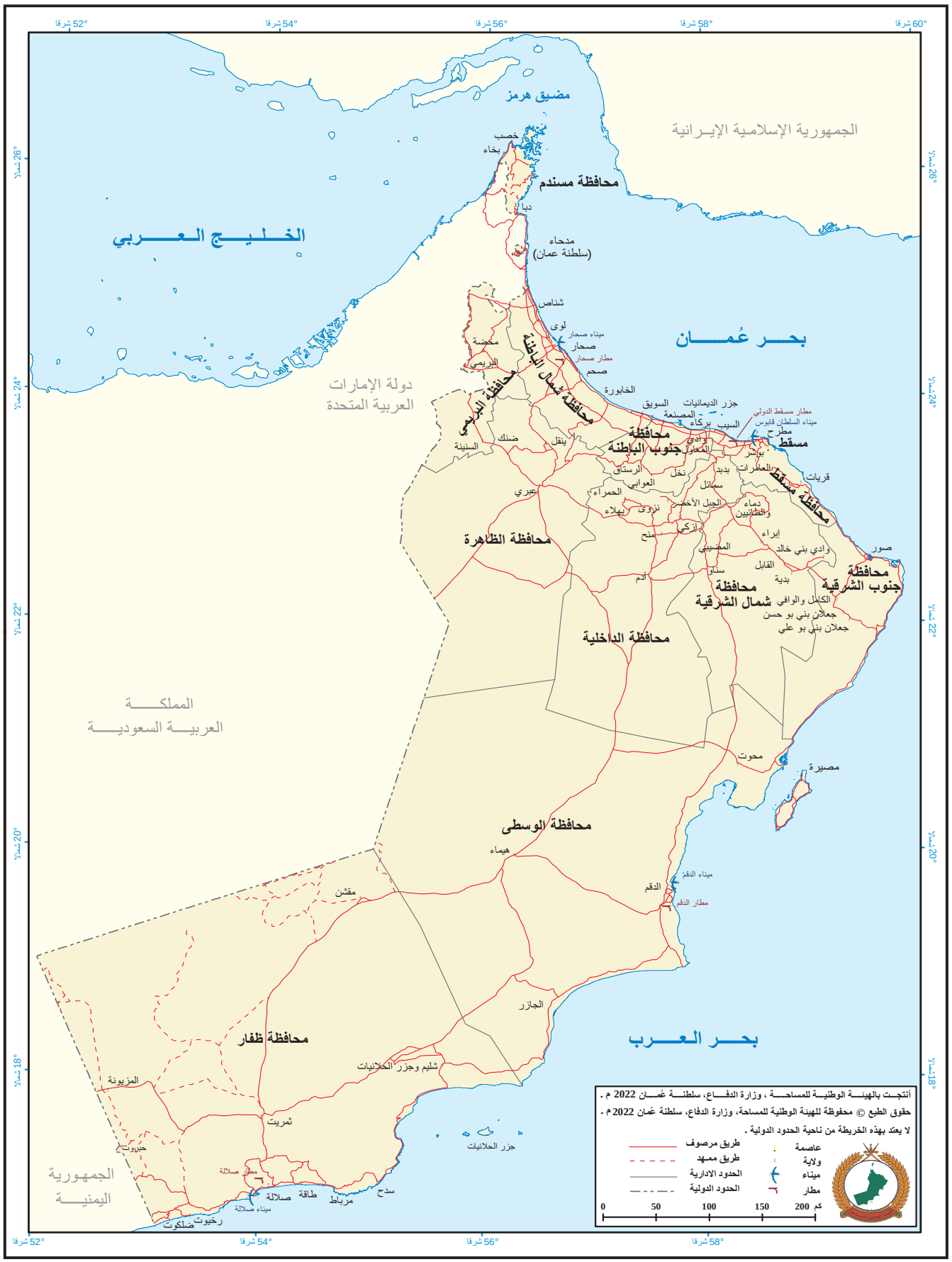
حضرة صاحب الجلالة

السلطان هيثم بن طارق المعظم

-حفظه اللّه ورعاه-

سلطنـــــة عُمـــــان

(المحافظات والولايات)



»æ`dÉ`f`dG ÓjôîdG

جَـــلالَـــةَ الـسُّـــلْـطـان É`æ`d ÒÑ`©`dG É`æ`HQ É`j

¿É`eÓh õ`©`dÉ`Hp ¿É`Wƒ`°`SCG »`a Ö`©`°ûdGh

وَلْـيَـــــــدُمْ مـــؤَيَّـــــدًا عـــاهِـــلاً مُـــمَـــجَّـــدًا

i ó`à`ÑbÉ/ Ø`dÉHp

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِـيـاءُ مِـنْ كِـرامِ الْعَرَبِ

فـارْتَقــي هـــامَ السَّمـاء وَامْلَئي الْكَــوْنَ ضيــاء

AÉ`NôdÉHp »`a ©fCh ..ó©°SCh

تقديم

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

وبعد:

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

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا 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 الدليل xvi

طرائق للتدريس والتعلم xvii

التعلم النشط xviii

التقويم من أجل التعلم xix

استخدام الأسئلة لتحسين التعلم xxi

التفكير ما وراء المعرفة
(توسيع التفكير) xxiv

التعليم المتمايز (تفريد التعليم) xxvi

مهارات من أجل الحياة xxix

تقنيات التدريس xxxii

احتياطات الأمان والسلامة xxxix

الأهداف التعليمية xli

الوحدة السادسة: الدورية في خصائص العناصر

العلوم ضمن سياقها: اكتشاف وترتيب العناصر .. ٤٧

نظرة عامة ٤٨

مخطط التدريس ٤٨

الموضوع ٦-١: دورية الخصائص الفيزيائية ٤٩

الموضوع ٦-٢: دورية الخصائص الكيميائية ٥٣

الموضوع ٦-٣: أكاسيد عناصر الدورة الثالثة ٥٧

الموضوع ٦-٤: كلوريدات عناصر الدورة الثالثة . ٦١

الموضوع ٦-٥: التنبؤ بخصائص العناصر واستنتاج
موقع عنصر ما في الجدول الدوري ٦٦

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٧٠

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ٧٢

الوحدة السابعة: التغيرات في المحتوى الحراري

العلوم ضمن سياقها: الطاقة في عالمنا
(وقود المستقبل) ٨١

نظرة عامة ٨٢

مخطط التدريس ٨٢

الموضوع ٧-١: التغير في المحتوى
الحراري (ΔH) ٨٣

الموضوع ٧-٢: التغيرات في المحتوى
الحراري القياسي ٨٨

الموضوع ٧-٣: قياس التغيرات في
المحتوى الحراري ٩٤

الموضوع ٧-٤: قانون هس ١٠١

الموضوع ٧-٥: طاقات الروابط
والتغيرات في المحتوى الحراريّ ١٠٩

إجابات أسئلة كتاب الطالب ١٢٠

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ١٢٤

الوحدة الثامنة: مبادئ الكيمياء العضوية

العلوم ضمن سياقها: جزيئات الحياة ١٤١
نظرة عامة ١٤٢
مخطط التدريس ١٤٢
الموضوع ٨-١: تمثيل الجزيئات العضوية ١٤٣
الموضوع ٨-٢: تسمية المركبات العضوية ١٤٧
الموضوع ٨-٣: الترابط في الجزيئات العضوية ١٥١
الموضوع ٨-٤: التشاكل في المركبات العضوية
أ. التشاكل البنائي ١٦٠
الموضوع ٨-٤: التشاكل في المركبات العضوية
ب. التشاكل الفراغي ١٦٧
الموضوع ٨-٥: أنواع تفاعلات المركبات العضوية وآلية حدوثها ١٧٧
إجابات أسئلة كتاب الطالب ١٨٦
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ١٩٣

الوحدة التاسعة: الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات

العلوم ضمن سياقها: الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات المستخدمة ٢٠٨
نظرة عامة ٢٠٩
مخطط التدريس ٢١٠
الموضوع ٩-١: الألكانات وتفاعلاتها - الاحتراق ٢١١
الموضوع ٩-١: الألكانات وتفاعلاتها - الاستبدال بالجذر الحر ٢١٧
الموضوع ٩-٢: الألكينات وتفاعلاتها ٢٢٤
الموضوع ٩-٣: الهالوجينوألكانات - تصنيف الهالوجينوألكانات ٢٣٦
الموضوع ٩-٣: الهالوجينوألكانات - تحضير الهالوجينوألكانات ٢٤١
الموضوع ٩-٣: الهالوجينوألكانات- تفاعلات الاستبدال النيوكليوفيلي وآلية حدوث تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوألكانات ٢٤٨
الموضوع ٩-٣: الهالوجينو ألكانات - تفاعلات الإزالة (الحذف) ٢٥٥
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٢٦٣
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ٢٦٩

المقدمة

مرحبا بك في كتاب الكيمياء للصف الحادي عشر.

يأتي دليل المعلم لكتاب الكيمياء للصف الحادي عشر هذا ليحقق أفضل الممارسات في التدريس، إذ يتضمن ميزات مثل أسئلة وأنشطة «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة»، لتذكير الطلبة بما تعلموه سابقًا، ولمساعدتك أنت المعلم في تقييم عملية التعلم؛ كما يتضمّن «أسئلة نهاية الوحدة» لقياس مدى استفادة الطلبة من دراسة الوحدة، وتقييم تطوير تعلمهم.

تم إعداد هذا الدليل ليكون مفيدًا ولمساعدتك ما أمكن في إيجاد احتياجاتك اليومية في التدريس، من خلال الأنشطة والتقويم والتكامل مع المناهج، والمفاهيم الخاطئة وسوء الفهم في كل موضوع، والدعم بالاستقصاءات العمليّة، آملين أن يلهمك ويدعمك، ويختصر وقتًا أنت في أمس الحاجة إليه.

نرجو أن تستمتع بهذا الدليل، وأن يؤمّن لك موردًا تنهل منه ما يساعدك على الاستمرار في إلهام طلبتك وتشويقهم إلى دراسة هذا الموضوع الحيوي.

مقدمة إلى الاستقصاءات العملية

النشاط العملي جزء أساسي من كتاب الكيمياء للصف الحادي عشر.

وقد أختيرت الاستقصاءات العملية بدقّة في هذا الكتاب بهدف:

- تحقيق متطلبات جميع الأهداف التعليمية التي تستلزم من الطلبة إجراء أنشطة عمليّة معيّنة.
- توفير توجيه وممارسة متدرّجَين في المهارات العمليّة.

يتوفر دعم إضافي في قسم التعليم المتمايز (تفريد التعليم) للطلبة الذي يواجهون صعوبة في إجراء الاستقصاء.

تم اختيار المواد الكيميائية المطلوبة لإجراء الاستقصاءات الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة بحيث تكون متاحة قدر الإمكان، كما أن جميع الأدوات والأجهزة المطلوبة هي تلك المدرجة في الإرشادات العملية. ومع ذلك، فقد قدمنا مجموعة من عينات النتائج لكل استقصاء عملي، والتي تستطيع تقديمها للطلبة الذين لم يتمكنوا من الحصول على مجموعة كاملة من النتائج بأنفسهم، حتى يتمكنوا من الاستمرار في الإجابة على جميع أسئلة التحليل والاستنتاج والتقييم المطروحة في الاستقصاء.

يستغرق النشاط العملي وقتًا طويلًا، لكنه جزء أساسي من دراسة الطلبة العلميّة. فالطلبة يستفيدون من الممارسة العمليّة أكثر بكثير مما يستفيدونه من التعلم النظري فقط. لهذا السبب يكون اكتساب التفاصيل في التعلم النظري أسهل. فخبرات التعلم المهمة عند تنفيذ الأنشطة العمليّة هي مجموعة المهارات التي يجري استخدامها أو تطويرها في إطار عمليات التخطيط، والتنفيذ، والملاحظة، والتسجيل، والتحليل، وما إلى ذلك. ويوفر كتاب التجارب العملية والأنشطة التجارب اللازمة لتطوير هذه المهارات.

توفر فقرات التوسع والتحدي التي ترد في قسم التعليم المتمايز (تفريد التعليم) مهارات إضافية لتعزيز قدرات الطلبة.

كيف تستخدم هذه السلسلة

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

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

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

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

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

كيف تستخدم هذا الدليل

يحتوي دليل المعلم هذا على إرشادات عامة وملاحظات تعلّمية تساعدك في عمليّة تدريس محتوى هذا الكتاب.

توجد **أفكار للتدريس** لكل وحدة من وحدات «كتاب الطالب». وتحتوي كل مجموعة من أفكار التدريس على الميزات الآتية لتساعدك في كيفية تدريس الوحدة.

توجد في بداية كل وحدة فقرة **نظرة عامة**، تقدم مخططًا موجزًا للمحتوى والمهارات العمليّة والفرص، لتغطي أهداف التقويم التي يعرضها الموضوع. كما تتوافر روابط مع الموضوعات ذات الصلة في موضوعات أخرى من الوحدة.

يتبع النظرة العامة **مخطط التدريس**، والتي تلخص الموضوعات الواردة في الوحدة، بما في ذلك عدد الحصص، والمصادر في «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العملية والأنشطة» التي يمكن استخدامها لتدريس الوحدة.

توجد غالبًا **مفاهيم خاطئة وسوء فهم** مرتبطة بموضوعات تعلّمية معيّنة. وهي ترد مع اقتراحات لاستنباط أدلة عليها مع الطلبة واقتراحات لتفنيدها.

توجد مجموعة مختارة من **أنشطة تمهيدية**، **والأنشطة الرئيسية**، **وتلخيص الأفكار والتأمّل فيها**، لكل موضوع. يمكنك اختيار ما يناسبك منها وملاءمتها بما يناسب احتياجات الطلبة والواقع. تشمل الأنشطة اقتراحات حول كيفيّة تمايزها حسب مستويات التحصيل لدى الطلبة، واستخدامها في توفير فرص للتقويم والتفكير.

ترد فقرة **سؤال مفصلي** لمساعدتك على تقييم مدى استعداد الطلبة للانتقال إلى المرحلة التالية من التعلم، تم تصميم السؤال المفصلي لطرحه على الطلبة أثناء الدرس، لتقرر في ضوء إجابات الطلبة على هذا السؤال ما إذا كانوا قد فهموا المفهوم أو النظرية جيدًا أم يحتاجون إلى مزيد من الوقت قبل متابعة شرح الدرس.

توجد أفكار **للتعليم المتمايز (تفريد التعليم)** في تدريس كل موضوع، مع أفكار وأنشطة «التوسّع والتحدي» لتوسّع فرص التعلم، وأنشطة «الدعم»، وأفكار وتعديلات للطلبة الذين يحتاجون إلى ممارسة إضافيّة أو مساعدة.

توفر **التكامل مع المناهج** اقتراحات للربط بين مجالات مختلفة في المنهج.

تتوافر **إجابات** لأسئلة «كتاب الطالب» و «كتاب التجارب العمليّة والأنشطة» في نهاية كل وحدة من دليل المعلم هذا.

طرائق للتدريس والتعلم

في ما يلي موجز لطرائق التدريس الرئيسيّة التي تشكل جزءًا من أساس كتاب الكيمياء، وتعريفها واستخدامها في دليل المعلم هذا، وسيتم لاحقًا شرح هذه الطرائق بتوسع. تؤمّن أفكار الأنشطة الواردة في كتاب الطالب ودليل المعلم إمكانيّة الاستفادة من هذه الطرائق وتضمينها في مخطط الدرس.

التعلم النشط

التعلم النشط ممارسة تربويّة تركز على الطالب، حيث تشدّد على كيفيّة تعلمه وليس على ما يتعلمه فقط. يجب حثّ الطلبة على «التفكير» بدل تلقي المعلومات بشكل سلبي. وبالتالي، فإن التعلم النشط يحفز الطلبة على تحمل مسؤوليّة تعلمهم، ويوفر الدعم لهم ليكونوا متعلمين مستقلين وواثقين بأنفسهم داخل المدرسة وخارجها.

التقويم من أجل التعلم

التقويم من أجل التعلم نهج تعلمي يؤمّن تغذية راجعة يمكن الاستفادة منها في تحسين تعلم الطلبة. ومن خلاله، يصبح الطلبة أكثر اندماجًا في عمليّة التعلم، فيكتسبون بالتالي الثقة في ما يتوقع منهم تعلمه وبأي معيار. وهو يفيد المعلم في تكوين صورة عن مستوى الطلبة في فهم مصطلح أو موضوع معيّن، الأمر الذي يساعده في تحديد الدعم الذي سيقدمه لهم.

التفكير ما وراء المعرفة (توسيع التفكير)

يصف التفكير ما وراء المعرفة أو توسيع التفكير ما يقوم به الطلبة من تخطيط ومراقبة وتغيير ذات صلة بأنماط سلوك تعلمهم، بما يساعدهم على التفكير في تعلمهم بشكل أكثر وضوحًا، والتأكد من قدرتهم على تحقيق هدف التعلم الذي حدّدوه بأنفسهم، أو حدّده المعلم لهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

يتطلع المعلم إلى توفير أقصى فائدة ممكنة للطلبة وتنظيم تعلمهم، بحيث يعيش كل منهم تجربة تعلم تحقق المشاركة والنجاح. يجب المزج بين ما ندرّسه وكيف ندرّسه، وبين ما يحتاج إليه الطالب وما هو قادر على تعلمه. لا يكفي التأكد من حصول الطالب على التعلم المستهدف، بل التأكد أيضًا من تلقي كل طالب للدعم والاهتمام المناسبَين له، بما يعطي معنى للتعلم.

مهارات للحياة

كيف نُعدّ الطلبة للنجاح في عالم سريع التغيّر، وللتعاون مع الآخرين من جميع أنحاء العالم، وفي استخدام مهارات تفكير متطورة للتعامل مع تحديات أكثر تعقيدًا؟ يساعد هذا الدليل المعلّمين على فهم كيفيّة دمج هذه الطرائق المرتبطة بالمهارات الحياتيّة وتطوير القدرات في طرائق تدريسهم. ترد هذه المهارات في الدليل في ستة مجالات متخصصة يمكن دمجها في عمليّة التعليم والتعلم، وبما يناسب كل مرحلة فيها.

التعلم النشط

ما هو التعلم النشط؟

التعلم النشط ممارسة تربويّة تهدف إلى تعلم الطلبة، إذ تركز على كيفيّة تعلمهم وليس فقط على ما يتعلمونه. من المهم تشجيع الطلبة على «التفكير الجيد» بدلًا من تلقي المعلومات بشكل سلبي. يحفز التعلم النشط الطلبة على تحمل مسؤوليّة تعلمهم، ويدعمهم ليكونوا متعلمين مستقلين وواثقين بأنفسهم في المدرسة وخارجها.

تشير الدراسات إلى أنه من غير الممكن نقل الفهم إلى الطلبة بمجرد إخبارهم بما يحتاجون إلى معرفته. بدلًا من ذلك، من المهم العمل على تحدي تفكير الطلبة ودعمهم لتكوين فهمهم الخاص. يشجع التعلم النشط على عمليات التفكير الأكثر تعقيدًا، مثل التقييم والتحليل والتركيب، بما يعزز تكوين عدد أكبر من التشابكات العصبيّة بين خلايا الدماغ. وعلى الرغم من قدرة بعض الطلبة على تكوين معانيهم الخاصة من المعلومات التي يتلقونها بشكل سلبي، فإن الطلبة الآخرين لا يستطيعون ذلك. إلّا أن التعلم النشط يمكّن جميع الطلبة من تكوين المعرفة والفهم استجابة للفرص التي تتوافر لهم.

لماذا نتبنّى نهج التعلم النشط؟

يمكن إثراء جميع مجالات المنهاج، في جميع المراحل، من خلال تبنّي نهج التعلم النشط.

يجري في التعلم النشط التفكير في عمليّة التعلم وليس في المحتوى فقط. إذ يؤمّن هذا التعلم للطلبة مزيدًا من المشاركة في تعلمهم والتحكم فيه، بما يشجع جميع الطلبة على الاستمرار في التركيز على تعلمهم، ويجعلهم في معظم الأحيان أكثر اهتمامًا به. فالتعلم النشط محفز فكري، ويشجع تبنّيه على الاهتمام أكثر بالمناقشة الأكاديميّة مع الطلبة، بما يحقق المتعة للمعلم أيضًا. وتعني المناقشة الصحيّة تشارك الطلبة مع المعلم في عمليّة تعلمهم.

سيكون الطلبة أكثر قدرة على القيام بالمراجعة للاختبار، أي ستكون المراجعة أشبه بـ «إعادة رؤية» للأفكار التي يفهمونها فعلًا.

يطوّر التعلم النشط مهارت التحليل لدى الطلبة، ويدعم قدرتهم على حل المشكلات بشكل أفضل، وعلى تطبيق المعرفة بشكل أكثر فاعليّة. وسيكون الطلبة على استعداد لمواجهة التحديات والتعامل مع المواقف غير المتوقعة. ونتيجة لذلك، سيكونون أكثر ثقة بقدرتهم على مواصلة تعلمهم بعد التخرّج في المدرسة، وسيكونون مستعدين بشكل أفضل للانتقال إلى مرحلة التعليم العالي، وسوق العمل.

ما هي تحديات التعلم النشط؟

عندما يبدأ المعلم بالتفكير في ممارسة التعلم النشط، فإنه غالبًا ما يخطئ عندما يميل نحو الأنشطة التي يريد تصميمها أكثر من التفكير في التعلم بحد ذاته. أهم ما عليه الاهتمام به هو وجود الطالب والتعليم في مركز التخطيط. يمكن أن تكون المهمة بسيطة جدًا، لكنها لا تزال تحفز الطلبة على التفكير بشكل ناقد ومستقل. لا تساعد المهمة المعقدة في بعض الأحيان على تطوير التفكير والفهم لدى الطلبة مطلقًا. ولذلك يحتاج المعلم إلى التفكير بعناية في ما يريد أن يعلمه أو يُفهمه للطلبة، ليكمل بالتالي المهمة التي تحقق المرتجى.

التقويم من أجل التعلم

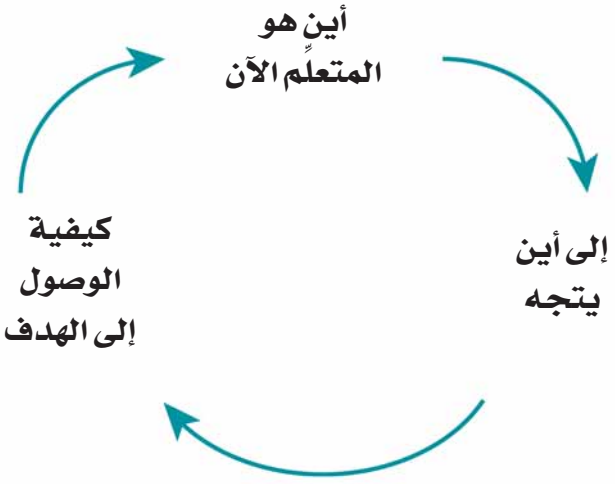
ما هو التقويم من أجل التعلم؟

التقويم من أجل التعلم نهج تعلمي يؤمّن تغذية راجعة يمكن الاستفادة منها في تحسين تعلم الطلبة. ومن خلاله، يصبح الطلبة أكثر اندماجا في عمليّة التعلم، فيكتسبون بالتالي الثقة في ما يتوقع منهم تعلمه على كافة المستويات. وهو يفيد المعلم في تكوين صورة عن مستوى الطلبة في فهم مفهوم أو موضوع معيّن، الأمر الذي يساعده على تحديد الدعم الذي سيقدمه لهم.

يحتاج المعلم إلى فهم معنى الملاحظات وطريقة إعطائها بشكل يهدف إلى تحسين عملية التعلم. يمكن أن تكون التغذية الراجعة غير رسميّة كالملاحظات الشفويّة لمساعدة الطلبة على التفكير في المسائل، أو رسميّة كاستخدام سلالم التقدير للمساعدة في توضيح أهداف التعلم والتقويم.

لماذا نستخدم التقويم من أجل التعلم؟

إن اتّباع نهوج جيدة التصميم للتقويم من أجل التعلم قد يحقق فهمًا أفضل لكيفيّة تعلم الطلبة، بما يفيد في التخطيط للتعليم على مستوى الصف ككل أو على مستوى كل طالب بشكل منفرد (انظر الرسم التخطيطي الآتي). ومساعدة الطلبة لمعرفة ما يهدفون إليه، وفهم ما عليهم عمله لتحقيق ذلك أمر مشروع. فالتقويم من أجل التعلم يجعل التعلم أكثر وضوحًا، بما يساعد الطلبة على فهم طبيعة المادة التي يتعلمونها، بشكل أكثر دقة، وفهم أنفسهم كمتعلمين. كما تصبح جودة التفاعلات والتغذية الراجعة بين الطلبة والمعلمين بالغة الأهميّة لدعم عمليّة التعلم.



يمكن استخدام التقويم من أجل التعلم لمساعدة الطلبة على التركيز على جوانب محددة في تعلمهم، وتحمل المزيد من المسؤوليّة عن كيفيّة متابعة التعلم. إذ يكوّن التقويم من أجل التعلم ارتباطا قيمًا بين التقويم وأنشطة التعلم، حيث سيكون لتوضيح الأهداف تأثير مباشر على كيفيّة تصميم استراتيجيات التعليم والتعلم. ويمكن أن تدعم تقنيات التقويم من أجل التعلم الطلبة ليصبحوا أكثر ثقة بما يتعلمونه، وللتفكير في الطريقة التي يتعلمون بها. ومن المرجح أن يجربوا نهوجًا جديدة، ويكونوا أكثر انخراطًا بما يطلب إليهم تعلمه.

ما صعوبات استخدام التقويم من أجل التعلم؟

لا يعني استخدام التقويم من أجل التعلم الحاجة إلى اختبار الطلبة بشكل متكرر. سيكون من السهل فقط زيادة مقدار التقويم النهائي، واستخدام هذا التقويم كطريقة منظمة للمساعدة في تحديد ما يجب عمله في عمليّة التعليم. يمكن الحكم على مقدار ما تحقق من تعلم بوسائل أخرى غير الاختبار، بما في ذلك، وقبل كل شيء، التواصل مع الطلبة بطرائق متنوّعة، ومعرفتهم بشكل أفضل كأفراد.

استخدام الأسئلة لتحسين التعلم

لا يتطوّر التفكير من خلال الإجابات بل بالأسئلة. ويحقق الطلبة تعلمًا أفضل عندما تتوافر لهم الفرص الكافية للتعامل مع الأسئلة وإجابتها. يمكن استخدام الأسئلة بفاعليّة في غرفة الصف لما يأتي:

- مراجعة التعلم.
- حفز تفكير الطلبة.
- حفز اهتمام الطلبة ودافعيتهم للمشاركة بنشاط في الدرس.
- تنمية مهارات التفكير الناقد.
- حفز الطلبة على طرح الأسئلة.

تتوافر عدة طرائق يمكن من خلالها تحقيق ذلك.

ومن المحتمل أنك، اعتمادًا على محتوى الدرس وأهدافه، ستستخدم أنواعًا مختلفة من الأسئلة. في ما يأتي ثلاثة أنواع من الأسئلة مع الأمثلة.

مساعدة

يجب أن تعدّ الأسئلة مسبقًا لضمان مناسبتها لجميع الطلبة. سيكون هذا مهمًا بشكل خاص في السياقات التي لا تكون فيها لغة التدريس هي اللغة السائدة للطلبة في صفك.

أسئلة المناقشة

وهي أسئلة سابرة تسهّل المناقشة وتؤمّن فهمًا أفضل لتفكير الطلبة (وفي بعض المواقف قدرتهم على التخيل).

مثال: لماذا تعتقد ذلك؟

نشاط: يمكن تطبيقه على مستوى مجموعات من اثنين، أو مجموعات صغيرة، أو على مستوى الصف ككل. لا تتطلب أسئلة المناقشة «إجابة صحيحة»، إذ تكمن أهميتها في مساعدة الطلبة على التفكير، والمشاركة والمناقشة.

أسئلة تشخيصية

تؤمّن هذه الأسئلة نظرة ثاقبة سريعة عن مدى تعلم الطلبة لما درّسته إيّاهم. قد تحدّد الإجابات أجزاء من المحتوى تتطلب إعادة التدريس لتوضيح المفاهيم الخاطئة أو ملء الثغرات. ويمكنها تحديد ثغرات معينة في فهم الطلبة من دون التأثير على سير الحصة.

مثال: صح أم خطأ.

نشاط: يمكن أن يكون في بداية الدرس (باستخدام ألواح الكتابة الصغيرة أو أوراق الملاحظات اللاصقة)، أو كجزء من اختبار قصير، أو أي شكل آخر للتقويم.

يجب أن يكون لجميع أسئلة التشخيص هدف محدّد. يجب استخدام المعلومات المجمّعة للمساعدة في توجيه التدريس. في ما يأتي اقتراحات حول كيفيّة استخدام نتائج التشخيص في التغذية الراجعة.

الأسئلة المفصليّة

«المفصل» هو النقطة التي تنتقل عندها من فكرة أو نشاط أو نقطة مفتاحيّة إلى أخرى. والأسئلة المفصليّة نوع معيّن من الأسئلة التشخيصيّة التي قد تكون مفيدة بعد التعلم، للمساعدة في اتخاذ قرار للاستمرار في التدريس أو التلخيص أو إعادة التدريس. عادة ما يكون فهم المحتوى قبل نقطة المفصل شرطًا أساسيًا للجزء التالي من التعلم. وهذا أمر مهم، لأن الانتقال هنا أمر خطر إذا لم تكن المفاهيم المفتاحيّة مكتسبة تمامًا. بالمقابل، إذا أخطأت وأعدت التدريس بدون جدوى، ستكون المشاركة معدومة

مثال: ماذا تعلمنا اليوم؟ وما أهميته؟

نشاط: قائمة بالأفكار (محدّدة الوقت)، في إطار عمل فردي أو ضمن ثنائيات، ويمكن كتابتها على ورق لاصق أو تشاركها شفويًا.

لكي تكون الأسئلة المفصليّة مفيدة، يجب أن تكون قادرًا على استنباط المعلومات من الطلبة بشكل فوري، وأن تكون قادرًا على فهمها، والتصرّف بناء عليها بسرعة. ويفترض أحد المقترحات أنه يجب على الطلبة الإجابة في غضون دقيقة واحدة، وأن يكون المعلم قادرًا على عرض الإجابات وتفسيرها في غضون ١٥ ثانية. تهدف الأسئلة المفصليّة للحصول على إجابة على شكل لقطة سريعة وليس مقالة.

يفترض استخدام مجموعة متنوّعة من الأسئلة في ضوء الممارسات المهنيّة، وبما يتناسب مع الصف والموضوع ومستوى الطلبة.

استخدام التغذية الراجعة لتحسين التدريس والتعلم

تعمل الأسئلة على تطوير فهم الطلبة لموضوع معيّن وتساعد في استكشاف أهدافه، كما تساعدهم في تحديد المجالات التي لا يكونون واثقين من فهمها، بما يمثل جزءًا مهمًا في عمليّة التعلم. فالتغذية الراجعة تدعم الطلبة في تجاوز حالة عدم الثقة هذه، وتعزز من كفاءتهم.

يجب أن تكون التغذية الراجعة:

- شفوية أو كتابة.
- مناسبة للطلبة.
- تتضمن معلومات توجه الطالب إلى المصدر الذي يفيده (على سبيل المثال، صفحات في كتاب الطالب).

بمجرد أن يتضح لهم ما عليهم عمله لتجاوز حدود تعلمهم الحاليّة، فإنهم سيكونون قادرين على تحقيق تقدم أكبر، يمكنك تسهيل هذا التقدم من خلال التغذية الراجعة والمساعدة في إغلاق ثغرة االتعلم.

التغذية الراجعة فعالة: لتحسين التدريس والتعلم يجب تأمين بيئة تحفز الطلبة على التفكير في خبرات تعلمهم وتحديد مسيرتهم التعلمية. قد تأخذ هذه الخطوات شكل أسئلة إضافيّة عن الموضوع يرغب الطلبة في البحث عن إجابات لها، أو تكون مرتبطة بمعرفتهم من كتاب الطالب (لمزيد من المعلومات حول التفكير ما وراء المعرفة، ارجع إلى النصوص ذات العلاقة في هذه المقدمة).

التقييم الذاتي/ تقييم الأقران

يمكن للطلبة تقييم مدى تقدمهم أو تقدم زملائهم في المجموعة، بثقة، بدلًا من الاعتماد دائمًا على تقييم المعلم. يمكن للطلبة الذين تتاح لهم إمكانيّة الإطلاع على عملهم، وعلى سلم العلامات الذي يعكس أهدافًا ومعايير واضحة، تقييم مدى جودة عملهم. سيساعدهم ذلك في المشاركة في عمليّة تعلمهم ويحسّن من استقلاليتهم ودافعيتهم.

مراجع إضافيّة

Gaunt, A. and Stott, A. (2019) Transform teaching and learning through talk: the oracy imperative, Rowman and Littlefield Education, Lanham, MD.

Gershon, M. (2013) How to use questioning in the classroom: the complete guide, Amazon Media.

Paul, R.W. and Elder, L. (2000), Critical thinking: basic theory and instructional structures handbook, Foundation for Critical Thinking, Tomales, CA.

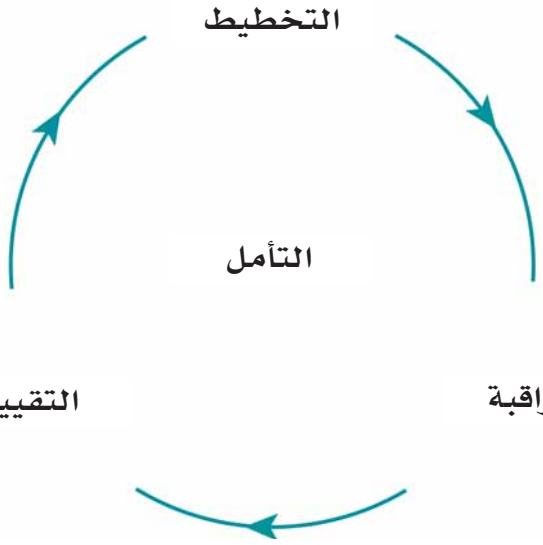
Wiliam, D. (2011), Embedded Formative Assessment, Solution Tree Press, Bloomington, IN.

التفكير ما وراء المعرفة (توسيع التفكير)

ما هو التفكير ما وراء المعرفة أو توسيع التفكير ؟

يصف مصطلح التفكير ما وراء المعرفة العمليات التي يقوم بها الطلبة المتمثلة بالتخطيط والتتبع والتقييم وتغيير سلوكيات التعلم. وهي تجعل تفكير الطلبة في تعلمهم أكثر وضوحًا، كما تجعلهم متأكدين من قدرتهم على تحقيق هدف التعلم الذي حدّدوه لأنفسهم وحدّده المعلم لهم.

يتعرّف الطلبة في التفكير ما وراء المعرفة على الموضوعات التي يجدونها سهلة أو صعبة. ويدركون متطلبات المهمات التعلميّة المختلفة، ويكونون قادرين على تحديد النهوج المختلفة التي يمكنهم استخدامها للتعامل مع المشكلات. كما يمكنهم إجراء تعديلات على تعلمهم، وهم يتابعون تقدمهم نحو تحقيق هدف معيّن. يوضح الرسم التخطيطي التالي طريقة مفيدة للتفكير في المراحل المتضمنة في التفكير ما وراء المعرفة.



يفكر الطلبة أثناء مرحلة التخطيط في هدف التعلم الواضح المحدّد لهم، ومتطلبات تنفيذه. ومن المهم التوضيح للطلبة كيف تكون المهمة ناجحة قبل القيام بها . ويبني الطلبة على معارفهم السابقة، ويفكرون في الاستراتيجيات التي استخدموها سابقًا، وكيف سيتعاملون مع المهمة الجديدة.

يتابع الطلبة باستمرار أثناء تنفيذ خطتهم مدى تقدمهم تجاه تحقيق هدف التعلم. وفي حالة عدم نجاح الاستراتيجيات المستخدمة، يمكنهم تجربة استراتيجيات أخرى.

يحدّد الطلبة مدى نجاح الاستراتيجية المستخدمة لتحقيق هدف التعلم بمجرد الانتهاء من المهمة. ويفكرون أثناء تقييمهم في الأمور التي سارت بشكل جيد وتلك التي لم تحقق المطلوب، بما يساعدهم في العمل بشكل مختلف في المرة القادمة. قد يفكرون أيضًا في أنواع المشكلات الأخرى التي يمكن حلها باستخدام الاستراتيجية نفسها .

التفكير جزء أساسي في عمليّة التخطيط – تتبع التقييم، وتوجد عدة طرائق لدعم تفكير الطلبة في عمليّة تعلمهم. والطلبة في تطبيق نهج التفكير ما وراء المعرفة يحتاجون إلى تعرّف مجموعة من الاستراتيجيات التي يمكنهم استخدامها، وتعرّف بيئة الصف التي تحفزهم على استكشاف مهارات التفكير ما وراء المعرفة وتطويرها .

لماذا نعلم مهارات التفكير ما وراء المعرفة؟

تشير الأبحاث أن استخدام مهارات التفكير ما وراء المعرفة يؤدّي دورًا مهمًا في التعلم الناجح. تساعد مهارات التفكير ما وراء المعرفة الطلبة على تتبع تقدمهم والتحكم في تعلمهم. ويفكر الطلبة الذين يمارسون هذه المهارات في أخطائهم، ويتعلمون منها، ويعدلون استراتيجيات تعلمهم تبعًا لذلك. يجد الطلبة الذين يستخدمون مهارات التفكير ما وراء المعرفة أنها تحسّن من تحصيلهم في الموضوعات المختلفة، حيث تساعدهم على نقل ما تعلموه من سياق إلى سياق آخر، أو من مهمة سابقة إلى مهمة جديدة.

ما الصعوبات التي تواجه تطوير مهارات التفكير ما وراء المعرفة؟

من المهم حفز الطلبة على تخصيص وقت للتفكير في مهارات التفكير ما وراء المعرفة والتعلم من أخطائهم، لتكون هذه المهارات شائعة في غرفة الصف. يخشى العديد من الطلبة ارتكاب الأخطاء، بما يعني أنهم أقل احتمالاً للتعرّض للمخاطر واستكشاف طرائق جديدة في التفكير أو معالجة مشكلات غير مألوفة. وحيث إن المعلم يسهم في تشكيل ثقافة التعلم في غرفة الصف، ولكي تنشط ممارسات التفكير ما وراء المعرفة، يحتاج الطلبة إلى الشعور بالثقة الكافية أثناء ارتكاب الأخطاء، ومناقشتها، وعرضها في النهاية كونها فرصًا تعلميّة قيمة، وفي كثير من الأحيان ضروريّة. التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

ما هو التعليم المتمايز؟

يقدم التعليم المتمايز عادة كممارسة تعليميّة ينظر فيها المعلم إلى الطلبة كأفراد، وإلى التعلم كعمليّة شخصيّة. وعلى الرغم من أن التعريفات الدقيقة يمكن أن تختلف، إلّا أنه ينظر عادة إلى الهدف الرئيسي للتعليم المتمايز باعتباره ضمان إحراز جميع الطلبة، بغض النظر عن قدراتهم واهتماماتهم، تقدمًا نحو تحقيق نتاجات التعلم.

يتعلق الأمر باتباع نهوج مختلفة وإدراك الاختلافات بين الطلبة لمساعدتهم على تحقيق التقدم. لذا يحتاج المعلم إلى أن يكون مستجيبًا وراغبًا وقادرًا على تكييف تدريسه بما يلبي متطلبات الطلبة.

لا يوجد نهج واحد على المعلم اتباعه، ولا يفترض بالمعلم مراعاة ما يميّز كل طالب كل يوم. لكن عليه تحديد اللحظات المناسبة أثناء الدرس لتعرّف ما يميّز الطالب. بكلمات أخرى، تمثل مراعاة التعليم المتمايز الفاعل جزءًا من خطة الدرس اليوميّة للمعلم المتمرس. من المهم أن يكون المعلم قادرًا على الاستجابة لمتطلبات الطلبة، واستخدام التقنيات التي يراها أكثر مناسبة.

قد يصعب تنفيذ جميع محتوى المنهاج ودعم جميع الطلبة وضمان مشاركتهم المستمرة في عمليّة التعلم، وهو ما يمثل تحديًا يواجهه جميع المعلمين في العالم.

وعلى الرغم من عدم وجود صيغة واحدة لتفريد التعليم بين جميع الطلبة، إلّا أن محاولة مراعاته ستؤمّن فرصًا للابتكار والتفكير تعزّز التعليم والتعلم بما لا يمكن تحقيقه في درس يكون فيه الطلبة «على مقاس واحد».

من الواضح مدى التداخل بين مراعاة تفريد التعليم ونهج التقويم من أجل التعلم. فكلاهما يهدف إلى تحسين التعلم باستخدام تقنيات متماثلة مثل طرح الأسئلة وتوفير التغذية الراجعة والتركيز على الطالب. التقويم المستمر في الصف أساسي في مراعاة الفروق الفرديّة. إذ يحتاج المعلم إلى معرفة ما يعرفه الطالب حاليًا، وما يمكنه معرفته، ليصبح قادرًا على تحديد ما يحتاج إليه وعلى كيفية تحقيق ذلك. إنه نهج يتضمن مجموعة من الاستراتيجيات، ويعتمد كثيرًا على ثقافة المدرسة والصف لتوجيه النشاط العملي بما يحقق النتاجات.

تعتمد المراعاة الفاعلة للتعليم المتمايز بشكل كبير على مقدرة المعلم على الاستجابة لكل طالب، وعلى الفهم التام لاحتياجاته، لتوفير الدعم اللازم له على أفضل وجه ممكن. ويعتمد كل ذلك على قدرات المعلم، ودافعيته، والصعوبات التي يجب التغلب عليها، والتدريب.

دور الطالب

من المهم لنجاح مراعاة التعليم المتمايز التعرّف إلى كل طالب على حدة. ولتكون هذا الأمر فاعلًا، يجب معرفة ما يعرفه الطالب وما يمكنه القيام به.

ومع ذلك، فإن التعرّف إلى الطالب، يعني أكثر من مجرد اسكتشاف ما يعرفه، فهو يعني فهمًا أوسع لما يجعله مختلفًا عن غيره. يمكن أن يرجع اختلاف الطلبة واختلاف تعلمهم عن غيرهم إلى عدة أسباب: قد يختلف مستوى اهتمامهم بالموضوع، وقد يختلف مستوى تحفيزهم، وتختلف قدرتهم على تذكر المعلومات، وتختلف ثقتهم بأنفسهم، ويختلفون في دقة كتابتهم وتعبيرهم، وفي المفردات التي يمتلكونها.

إن تعرّف المعلم إلى الطالب سيساعده على التخطيط للتعلم بدلًا من التخطيط للتدريس، ويضمن أن يدعم دائمًا تقدم الطلبة. يتصف الصف الدراسي الذي تراعي فيه تفريد التعليم بتعاون المعلم مع الطلبة في عمليّة التعلم، وامتلاك الطلبة للشعور بالملكيّة والمسؤوليّة. ويمكن لتوفير حرية الاختيار أن تشجع حق الملكيّة في العمل الفردي والتعلم، وإيجاد بيئة تعلميّة «لا يخشى فيها» الطالب، بل يبذل جهدًا ليحقق الهدف. مهارات من أجل الحياة.

التقنيات

نواتج التعلم

نظرًا لأن مراعاة الفروق الفرديّة تهدف إلى دعم جميع الطلبة باتجاه تحقيق نتاجات تعلم معيّنة، فمن المهم التفكير جيدًا في ماهيّة نتاجات التعلم والتركيز باستمرار على الهدف العام للتعلم وعلى معايير النجاح. يمكن للمعلم بعد ذلك إجراء تقييم تكويني واكتشاف احتياجات الطالب.

يُعدّ مفهوم الجودة المشترك بين الطالب والمعلم عاملًا حيويًا في تقدم الطالب. وهذا يشمل وضوح نتاجات التعلم واستخدام أمثلة العمل الجيد. سيكون الطلبة أكثر قدرة على التقييم الذاتي وتقييم الأقران إذا كانوا يدركون ماهيّة العمل الجيد.

دعم التعلم

يهدف دعم التعلم إلى تمكين الطلبة من تجاوز ما هم قادرون على القيام به، ويمكن أن يكون بالتالي عنصرًا رئيسيًا في عمليّة مراعاة تفريد التعلم الناجحة.

تتضمن هذه الاقتراحات نمذجة العمل والمهمات، واستخدام إطارات الاستماع والكتابة، وتأمين كلمات أو جمل استهلاليّة، وموجز للمحتوى، والاستخدام الداعم للأسئلة، وتشجيع العمل في مجموعات أو ثنائيات.

التغذية الراجعة

وهي أداة أساسيّة في مساعدة جميع الطلبة لإحراز تقدم في تعلمهم. يمكن أن تساعد التغذية الراجعة الجيدة الطلبة في تحقيق نتاجات تعلم خاصة بهم، شرط أن يفهموها ويعملوا وفقًا لمقتضياتها ويتعلموا منها. يجب أن تعالج التغذية الراجعة أية مفاهيم خاطئة تكشف عنها أنشطة الطالب.

العمل في مجموعات (العمل الجماعي)

يجب أن يستخدم المعلم أساليب متنوّعة في غرفة الصف، وذلك باستخدام مزيج من تعليم الصف بأكمله، والعمل الفردي، والعمل في مجموعات صغيرة، وتعليم الأقران. يمكن أن يكون العمل في مجموعات وسيلة جيدة لمراعاة الفروق الفرديّة، إذ يؤمّن للطلبة المعرفة من زملائهم، ويساعدهم على التعلم بعضهم من بعض، ويستخدم المناقشة، ويؤمّن توزيعًا للمهمات اعتمادًا على قدرات الطلبة المختلفة.

يجب تحقيق التوازن بين تقنية العمل في مجموعات وتعليم المعلم. ويرى بعض الباحثين أن تعليم المعلم المباشر بالشكل الصحيح له تأثير أكبر على التعلم ضمن مجموعات يتم فيها العمل بشكل غير صحيح أو غير مناسب.

دعم التعليم المتمايز (تفريد التعليم) في موارد التعلم

تحتوي موارد التعلم على فرص كثيرة للتقييم المستمر في غرفة الصف بهدف مساعدة المعلم على معرفة ما يفهمه الطلبة، أو ما يمكنهم عمله حاليًا للتوصل إلى ما يحتاجون إلى معرفته أو عمله. سيساعد ذلك في تحديد المفاهيم الخاطئة أو سوء الفهم وتوجيه الإجراءات.

من خلال مسار الأنشطة في موارد التعلم هذه، ستتم مراعاة تفريد التعليم بالدرجة الأولى بالطرائق الآتية:

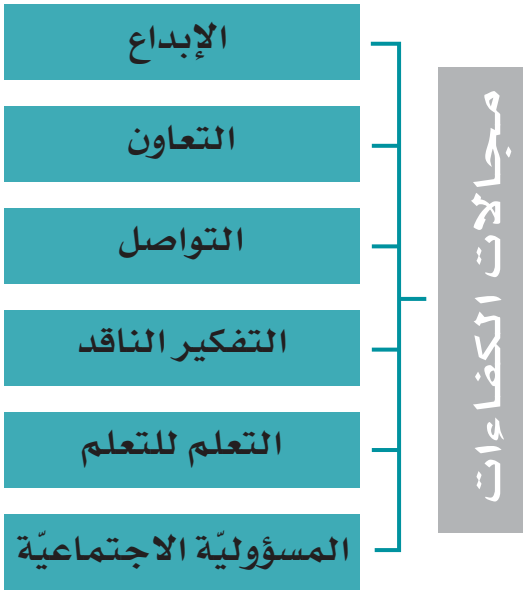
- مراعاة تفريد التعليم من خلال طرح الأسئلة (تضمين استراتيجيات طرح الأسئلة لتحقيق الأفضل لاحقًا).
- مراعاة تفريد التعليم من خلال المجموعات (استخدام مجموعات القدرات المختلطة).
- مراعاة تفريد التعليم حسب النتاجات (أنماط متعددة من نتاجات التعلم أو كيف يظهر الطلبة تعلمهم).
- مراعاة تفريد التعليم حسب المهمات (أوراق عمل إضافيّة).

لا توجد طريقة واحدة مثلى لتعليم يراعي تفريد التعليم، ومع ذلك يمكن تقديم مجموعة مختارة من الاستراتيجيات لمساعدة المعلم على أن يكون أكثر ثقة بممارساته التدريسيّة.

مهارات من أجل الحياة

كيف نُعدّ الطالب للنجاح في عالم سريع التغيّر؟ وللتعاون مع الآخرين في مختلف أنحاء العالم؟ وللابتكار مع تزايد الاعتماد على التكنولوجيا في الأعمال الروتينيّة؟ ولاستخدام التكنولوجيا في مواجهة تحديات أكثر تعقيدًا؟ وللقدرة على التكيف مع التغيّرات المستمرة؟ سيحاول هذا الدليل تسليط الضوء على الإجابة عن هذه الإشكاليات.

إطار كامبريدج للمهارات الحياتيّة



توجد عدة أطر تهدف إلى التعامل مع المهارات والكفاءات التي يحتاج إليها الطلبة في مستويات الدراسة المختلفة لدخول عالم العمل في القرن الحادي والعشرين.

يؤمّن هذا الدليل ما يحتاج إليه المعلم لفهم الطرائق المختلفة لمهارات الحياة والكفاءة المرتبطة بتعليم الطلبة في مختلف المستويات، ودعم تطوير سمات الطالب الدارس لهذا المنهاج، وكيف يمكن ترسيخ مهارات الطلبة من خلال تعلمهم.

يؤمّن الدليل تحليلًا للمكوّنات الأساسيّة لهذه الكفاءات العالميّة، وتفسيرًا للطرائق والمبادرات المختلفة لتكوين إطار مشترك لمهارات الحياة وكفاءاتها التي يمكن للطلبة في جميع المستويات من دارسي هذا المنهاج تعلمها وامتلاكها.

تأتي هذه المهارات في ستة مجالات رئيسيّة من الكفاءات، يمكن دمجها في عمليّة التدريس، والتعامل معها في مراحل التعليم المختلفة، بأشكالها المتنوعة والمرتبطة بكل مرحلة.

وفي كل مجال من هذه المجالات، تأتي مهارات الجانب العملي مصنفة بشكل يساعد على فهم ما تتضمنه كل كفاءة.

مجالات الكفاءات الستة الرئيسيّة

في ما يأتي توضيح لمجالات المهارات الستة الرئيسيّة التي تؤمّنها موارد المعلم وكتاب الطالب في هذا المنهاج.

١. الإبداع

القدرة على توليد أفكار أو بدائل أصليّة ومبتكرة ذات قيمة وجدوى. ومن صفات الإبداع: التفكير الحر (المتشعب)، التخيل، المرونة المعرفيّة، رحابة الصدر تجاه الغموض أو التقلب والدوافع الذاتيّة.

وفي ما يأتي ثلاث كفاءات رئيسيّة في مجال الإبداع ترد في السياق التعليمي:

- المهارات اللازمة للمشاركة في الأنشطة الإبداعيّة.
- إنشاء محتوى جديد من الأفكار أو الموارد.
- اكتشاف الهويّة الشخصيّة والمشاعر والتعبير عنها من خلال الأنشطة الإبداعيّة.

٢. التعاون

يوصف التعاون غالبًا بأنه مهارة أساسيّة في تعليم القرن ٢١. ويمتاز التعاون إضافة إلى حل المشكلات على المستوى الفردي، بالتقسيم الفعال للعمل، وباستخدام المعلومات من مصادر ووجهات نظر وخبرات متنوّعة، وبمستوى عال من الإبداع وجودة الحلول. عندما يتشارك الناس في التفاعل اللفظي، فإنهم لا يتشاركون المعلومات ببساطة، وإنما يدعمون بعضهم بعضًا في التفكير الجماعي. ويتيح هذا النهج التعاوني للمشاركين تحقيق أهدافهم أكثر ممّا يستطيعونه بمفردهم. في ما يأتي ثلاث كفاءات رئيسيّة في مجال التعاون:

- تحمل المسؤوليّة الشخصيّة عن مساهمة الفرد في مهمة جماعيّة.
- الاستماع باحترام والاستجابة البناءة لإسهامات الآخرين.
- إدارة توزيع المهام في المشروع.

٣. التواصل

التواصل مهارة مهنيّة ومهارة حياتيّة تتضمن تشارك الناس للمعلومات والأفكار والمعرفة. وهي عمليّة نشطة تتضمن عناصر مثل السلوك غير اللفظي، والتأثير الكبير للأنماط الشخصيّة في تفسير الأحداث وإسنادها إلى الأحداث. إن إتقان التواصل الفعال مهارة يحتاجها الطلبة للتشارك الفعال والمجدي للمعلومات أو الأفكار أو المعرفة في البيئات التعليميّة وبيئة العمل، والتي يمكن تطويرها وشحذها على جميع المستويات والمراحل. في ما يأتي سبع كفاءات رئيسيّة في مجال التواصل:

- استخدام اللغة المناسبة للسياق.
- إدارة المحادثات.
- التغلب على المعوّقات الشخصيّة في اللغة.
- المشاركة بثقة ووضوح مناسبَين.
- دعم الآخرين للتواصل بنجاح.
- تنظيم المحتوى.
- استخدام اللغة للتأثير.

٤. التفكير الناقد

المستويات العليا من التفكير التي يحتاج الطلبة إلى تطويرها تمكنهم من التفكير بشكل فعال وعقلاني (منطقي) حول ما يريدون عمله وما يعتقدون أنه أفضل عمل. وهو يتكوّن من روابط محددة بين الأفكار وتحليل وجهات النظر وتقييم الحجج والأدلة الداعمة والاستدلال والاستنتاجات. في ما يأتي ست كفاءات للتفكير الناقد:

- التحليل لفهم النقاط المفتاحيّة والروابط بين الأفكار.
- تقويم النصوص والأفكار والحجج.
- توليف الأفكار والمعلومات.
- تحديد المشكلات وترتيبها بحسب أهميتها.
- تقييم الخيارات.
- طرح أسئلة فعالة.

٥. التعلم للتعلم

من الضروري الاستمرار في تعلم مهارات ومعارف جديدة طوال الحياة العمليّة. يتمثل هدف التعلم في التركيز على مهارات التعلم بقدر التركيز على مخرجات التعلم. في ما يأتي ست كفاءات رئيسيّة في مجال التعلم للتعلم:

- تنمية مهارات التشارك في التعلم.
- اتخاذ القرار بشأن التعلم الشخصي.
- التفكير في التعلم الشخصي وتقييمه.
- تحديد تقنيات التعلم الفعال واستراتيجياته واستخدامها.
- تدوين الملاحظات وحفظها واسترجاعها.
- إدارة الاستعداد للامتحان.

٦. المسؤوليّات الاجتماعيّة

يؤمّن العالم «المعولم» سريع التغيّر ومتعدّد الثقافات فرصًا واضحة للشباب للتفاعل مع الآخرين وللوصول إلى المعلومات عبر الزمان والمكان. لكنه مع ذلك يجلب تحديات لم يواجهها أي جيل آخر. فالتغيّر المناخي، والحروب والنزاعات، واللاجئون، والفقر، والجندرة، وعدم المساواة، تتطلب إجراءات عالميّة وممارسات وخطابات جديدة في تعلم الشباب. تشير المسؤوليّة الاجتماعيّة إلى الحقوق والواجبات التي ترتبط بكون الفرد مواطنًا في بلد معيّن، وبكونه كيانًا على المستوى العالمي. في ما يأتي ست كفاءات رئيسيّة في مجال المسؤوليّة الاجتماعيّة:

- فهم المسؤوليات الشخصيّة والاجتماعيّة للفرد كمواطن عالمي.
- التصرّف بشكل متسق مع المسؤوليات الشخصيّة والاجتماعيّة للفرد.
- إظهار مهارات القيادة.
- فهم الثقافة الشخصيّة وثقافات الآخرين.
- فهم القضايا العالميّة ومناقشتها.
- فهم خيارات التطور الوظيفي وتقنياته وإدارة هذه الخيارات.

تقنيات التدريس

تصف هذه المقدمة التمهيدية الموجزة بعض استراتيجيات التدريس المفيدة وطرائقها في تطوير الأنشطة، والتي عُرض العديد منها في دليل المعلم هذا. وهي ترتبط بالتقويم، والعمل ضمن مجموعات، واستراتيجيات مثل الخرائط المفاهيمية والخرائط الذهنية وإعداد أسئلة الاختبار وأنشطة تشخيصية مثل «إشارات المرور».

التقويم

يستغرق التقويم في موضوع العلوم الكثير من وقت المعلم، بما في ذلك تصحيح الواجبات. ويصعب معرفة الوقت الذي يستغرقه الطلبة في قراءة ما يكتبه المعلم على أوراق إجاباتهم من ملاحظات ذات صلة بالإجابات الخاطئة، على الرغم من أن الدلائل تشير إلى أنهم نادرًا ما يقرأونها، ويكتفون بملاحظة العلامة فقط. يتضمن «دليل المعلم» هذا طرائق مختلفة للتقويم يمكن أن تؤمّن الوقت للمعلم وتكون أكثر فاعليّة من الطرائق المستخدمة حاليًا. قد يكون الطلبة مع بدء هذا الفصل الدراسي، على دراية بطرائق التقويم المختلفة والعمل في مجموعات، فإن لم يكونوا كذلك، فهذا هو الوقت المناسب في حياتهم الأكاديميّة لتعرّف طرائق جديدة في التعلم لأنهم يتوقعون شيئًا مختلفًا.

تقييم الأقران

تقييم الأقران فاعل جدًّا، ويمكن إجراؤه بطرائق مختلفة: على سبيل المثال ضمن مجموعات، على أساس تقييم الطالب لزميله، أو من خلال تقييم طلبة الصف ككل عندما تقدم المجموعة عرضًا تقديميًا.

يمكن إجراء التقويم نفسه وفقًا لسلم الدرجات المحدّد، أو باستخدام مقياس عام جدًا للمستوى المنخفض ← المرتفع. في حال سلم الدرجات يمكن للطلبة المشاركة باقتراح ما يمكن تضمينه، وتخصيص بعض الوقت لتفسير محتوى السلم. ربّما لا يتوافر وقت كاف في بعض الأحيان لوضع معايير للدرجات، لذا يمكن الطلب إلى الطلبة تقييم جزء من العمل، وتحديد نقاط قوته، واقتراح تحسينات عليه. على سبيل المثال، قد يُطلب إليهم تكوين خريطة ذهنيّة ترتبط بالمفاهيم التي تم تعلمها في الوحدة وتصفها. ويمكن تقسيم الطلبة إلى مجموعتَين، تحدّد المجموعة الأولى نقاط القوة في الخريطة الذهنيّة، وتقترح الأخرى التحسينات. يمكن أيضا استخدام أوراق الملاحظات اللاصقة لكتابة عبارات/ اقتراحات موجزة يمكن أن تلصق على الخريطة الذهنيّة من دون الإضرار بها.

التقييم الذاتي

يمكن أن يعتمد التقييم الذاتي على سلم الدرجات، ويكون أكثر فائدة للطالب من إرشاد المعلم أو علامة يدوّنها على الورقة. عندما يضع الطالب علامة على إجابته، فإنه يقيّم مدى تقدمه منذ آخر مرة أجرى فيها تقييمًا، كما يمكنه تعرّف مدى فهمه للموضوع. وبالطبع، يمكن للمعلم التحقق من أن الطالب كان صادقًا مع نفسه ومع المعلم.

التقييم النهائي أو الختامي

التقييم النهائيّ الوارد في نهاية الوحدة يمكن أن يشرك الطلبة أيضًا في عملية التقييم. على سبيل المثال، يمكن توزيع أوراق الاختبار بعد تسليمها، ليصحح كل طالب ورقة طالب آخر. كما يمكن توزيع سلم العلامات أو عرضه على شاشة بحيث يعمد

جميع الطلبة إلى تصحيح السؤال. الطريقة الأخيرة جيدة، لأنها تمكّن المعلم من معرفة ما إذا كانت بعض الإجابات مقبولة أم لا . ويمكن أن يصحح الطلبة الأوراق من دون كشف أسمائهم بما يسمح بذكر الملاحظات.

العمل ضمن مجموعات (العمل الجماعي)

يمكن أن يكون للعمل ضمن مجموعات قيمة كبيرة في مناقشة الموضوعات المختلفة. إذ في مجموعات الطلبة ذوي القدرات المختلطة، تمكّن الطلبة ذوي القدرات العالية من توضيح ما يفهمونه للطلبة ذوي القدرات المحدودة. من أهم جوانب العمل ضمن مجموعات تشجيع الطلبة على شرح ما يفهمونه، وتعلم الأسباب الكامنة وراء فهمهم، إضافة إلى قدرتهم على إدراك متى لا يفهمون.

التعاون في النشاط العملي ضروري لبعض التجارب. توجد عدة فرص عمليّة في «دليل المعلم»، والكثير منها يمكن تحسينها عند تجربتها إذا سبقها مناقشة لما يجب عمله، أو الترتيب الذي يجب القيام به، ومن سيقوم بذلك.

العمل ضمن مجموعات يساعد الطلبة على التفكير في النشاط الذي يقومون بتنفيذه. وللفِرق المكوّنة من طالبَين (ثنائيات) حرّية اختبار أحدهما الآخر، أو التعاون عن طريق تدوين نقاط الدرس/ الدروس الرئيسيّة، وتقييم مدى تقدمهم. من الطبيعي أن تكون بعض المجموعات أكثر ثقة وتعاونًا من مجموعات أخرى، الأمر الذي يولّد قناعة لدى بعض الطلبة بأنهم نفذوا العمل أفضل ممّا كانوا يعتقدون، وذلك من خلال سرد نقاط القوة.

مهمات القدرات المختلطة

يمكن مراعاة الفروق الفردية في القدرات من خلال العمل ضمن مجموعات. تعمل هذه الاستراتيجيّة بشكل عام على النحو الآتي:

- يقسّم الصف في مجموعات من ثلاثة أو أربعة طلبة بقدرات مختلطة، اعتمادًا على حجم الصف.
- يُخصص لكل طالب في المجموعة رقم من 1 إلى 4 (أو 3) اعتمادًا على قدراته.

1 (الأقل قدرة) ⟵ 4 (الأكثر قدرة).

- يتم تكوين مجموعة من الطلبة الأقل قدرة الذين يحملون الرقم 1، وتخصص لها 3 إلى 4 مهمات بسيطة. ويكرر الأمر نفسه مع الطلبة الذين يحملون الرقم 2، ليكلفوا بمهمات أكثر صعوبة، وهكذا مع المجموعتَين 3 و 4.
- تعطى في نهاية الوقت المخصص إجابات الأسئلة المختلفة إلى الطلبة الآخرين. يجب عند الضرورة الطلب إلى الطلبة شرح الإجابات لفظيًا لزملائهم في المجموعة.

قد يجد المعلم صعوبة في إعداد هذا النشاط، وقد يتمثل البديل بالطلب إلى الطلبة تدوين ملاحظاتهم عن ٣- ٤ أسئلة أو مراجعتها مع زملائهم. وقد يجد بعض الطلبة صعوبة أيضًا في تدوين الملاحظات، وقد يجدون الأمر مملًّا. يمكن تخفيف العبء، لكن مع محاولة منح الطلبة ميزة تعلمهم بأنفسهم.

تخمين الكلمة

زوّد كل طالب بورقة A4 واطلب إليه طيها طوليًا أربع مرات بحيث تتكون أربعة مستطيلات على الورقة، ثم اطلب إليه الضغط على الحواف لتصبح حادة يسهل قطعها. كلّف كل طالب كتابة ١٦ كلمة أو عبارة ذات صلة بالموضوع الذي يدرسه، مع الحرص أن لا يرى أي من الطلبة الآخرين ما كتبه. اطلب إلى الطلبة قطع أوراقهم على امتداد حواف الطيات ليحصلوا على ١٦ قطعة من الورق، على كل منها كلمة أو عبارة واحدة، ثم طي الأوراق لإخفاء ما كُتب عليها من كلمات. اطلب إليهم وضع الأوراق في قبعة أو طبق أو أي وعاء مناسب، ليصار إلى خلطها جيدًا. واطلب إلى كل مجموعة اختيار طالب ليلتقط ورقة ويصف الكلمة المكتوبة عليها من دون ذكرها. على سبيل المثال، قد يكون الموضوع عن الجدول الدوري، والكلمة المكتوبة هي «أرغون». فعلى الطالب عندها وصف الكلمة بما يناسب ما درسه عن الجدول الدوري. وإذا قال إن الكلمة تصف غازًا، فإن ما يقوله ربما لا يكون كافيًا لأن تخمّن المجموعة الكلمة المقصودة. وعندها، عليه اقتراح وصف آخر يساعد المجموعة على التخمين. قد يقول مثلًا إنها تعبّر عن غاز في مجموعة الغازات النبيلة يبدأ اسمه بحرف «أ». فإذا خمنت المجموعة الكلمة، توضع الورقة ضمن «مجموعة التخمين»، وإذا لم تخمنها، توضع الورقة ضمن مجموعة أخرى. والفرق بين عدد الأوراق في المجموعتَين بعد دقيقة أو دقيقتَين يمثل علامة المجموعة. والمجموعة التي تحقق فرقًا أكبر تكون الرابحة.

تمرينات تشخيصية

اختبار الإجابات السريعة

تحتوي هذه الأسئلة على جملة واحدة تتطلب إجابة قصيرة.

على سبيل المثال، قد يحتاج المعلم إلى تكوين فكرة عن مدى إنجاز الطلبة «واجب القراءة المنزلي»، وهي مهمة قد تكون أساسية لفهم الدرس التالي. للأسف، يرى الطلبة غالبًا أن واجب القراءة المنزلي غير ضروري، لأنه لا يمكن التحقق منه. يمكن الاستفادة هنا من اختبار الإجابات السريعة للتحقق ما إذا كانوا قد نفذوا الواجب فعلًا أم لا. إنه ليس اختبار «إتقان»، لكنه يتمثل بأسئلة قصيرة ذات صلة مباشرة بالقراءة.

يمكن استخدام اختبار الإجابات السريعة في أي وقت من الدرس، لكن بداية الدرس ونهايته هما الوقتان المناسبان.

استخدام سبورة المسح الجاف

يمكن شراء سبورة المسح الجاف، إلّا أن ورقة الرقائق (المغلفة) قد يفيد أيضًا. قد تستخدم هذه السبورة لاختبارات الإجابة السريعة في بداية الدرس أو نهايته. وقد تعتمد الاختبار «كبوابة خروج» حيث تسمح الإجابة الصحيحة للطالب بمغادرة الحصة مبكرًا عن غيره. يتمثل السبب الرئيسي في استخدام هذه السبورة أنه يمكن للطالب كتابة إجابته عليها وتقديمها للمعلم، وتبقى إجابته مخفية عن الآخرين. ويمكن عند الانتهاء من التمرين، مسح سبورة الطلبة بسهولة باستخدام قطعة قماش جافة، وإعادة استخدامها.

إشارات المرور

إشارات المرور طريقة يمكن بها للمعلم تقييم مدى فاعليّة تدريسه وتزويده بفكرة عما يجب عليه تعزيزه أو مراجعته أو إعادة النظر فيه مستقبلًا. في هذه الطريقة، يعطى الطلبة مجموعة من الأسئلة ذات صلة بموضوع يمكن كتابته على ورقة أو عرضه أمامهم. ويعطى كل طالب سبورة مسح جاف أو ثلاث قطع ورقية عليها بقعة حمراء أو صفراء أو خضراء. يقرأ المعلم الأسئلة أو العبارات، ويجيب الطلبة برفع الورقة ذات البقعة الخضراء دلالة على الفهم التام، أو الصفراء دلالة على الفهم الناقص، أو الحمراء دلالة على عدم الفهم. يمكن للمعلم تصنيف الأسئلة أو العبارات التي أعطيت البقعة الخضراء باعتبارها مفهومة جيدًا من الصف. وإذا وُجدت أوراق ذات بقع صفراء أو حمراء كثيرة، فهذا يعني حاجة المفهوم أو الموضوع إلى التوضيح لاحقًا.

طريقة الإكمال (CLOZE)

تتمثل طريقة الإكمال بفقرة ينقصها كلمات ذات صلة بالموضوع، يمكن تطبيقها في غرفة الصف بعدة أشكال. ويمكن للطلبة مثلًا العثور على الكلمات الناقصة من خلال البحث، أو الاختيار من قائمة كلمات تعرض في أعلى الفقرة لا يكون لبعضها صلة بالموضوع، أو الاختيار من بدائل تكتب داخل الفراغات في الفقرة. طريقة الإكمال من الطرائق الجيدة جدًا لبدء تدريس الموضوع أو لمعرفة مستوى معرفة الطلبة عنه. وتشمل طريقة الإكمال تمرينات فهم أو تذكر.

فيما يلي مثال بسيط على التركيب الذري:

يوجد في مركز الذرة _____(١)_____ ذات شحنة _____(٢)_____. وتتكون نواة الذرة من نوعين من الجسيمات هي _____(٤/٣)_____ و _____(٣/٤)_____. و _____(٣)_____ جسيمات ذات شحنة موجبة، أما جسيمات _____(٤)_____ فلا تحمل شحنة.

تتحرك _____(٥)_____ حول نواة الذرة في مدارات، وهي جسيمات ذات شحنة _____(٦)_____.

إجابات ممكنة: نواة (١)، موجبة (٢)، البروتونات (٣)، النيوترونات (٤)، الإلكترونات (٥)، سالبة (٦).

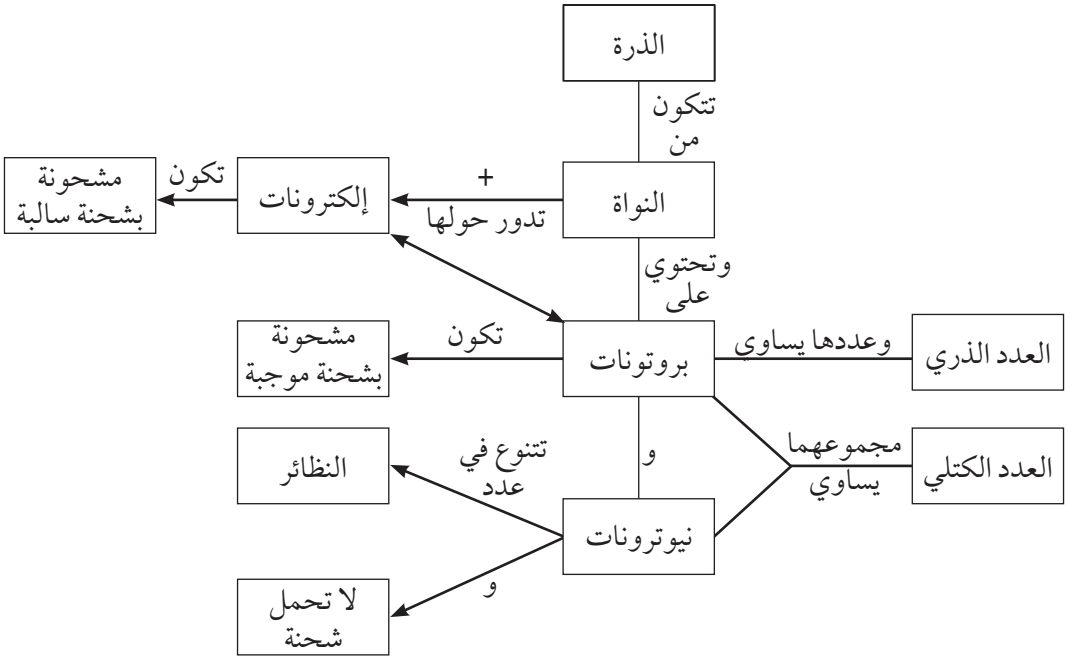
اجعل الأسطر الفارغة متساوية القياس حتى لا يستخدمها الطالب لتخمين الإجابة التي سيملأ بها الفراغ.

الخريطة المفاهيمية

يفيد هذا النشاط في تنشيط فهم الطلبة للمفاهيم والمفردات من طريق تكوين روابط ذات معنى بين المفاهيم باستخدام كلمات/ عبارات بسيطة. وهي تعطي المعلم فكرة عن مدى جودة فهم الطلبة لمجموعة من المفاهيم.

- تُعطى كل مجموعة من الطلبة ورقة A3 ومستطيلات صغيرة مكتوب عليها الكلمات المستخدمة في الدرس/ الدروس (لعمل مستطيلات صغيرة يمكن للطلبة طي ورقة A4 مرة واحدة طوليًا ثم مرتَين أو ثلاث مرات عرضيًا، وقص المستطيلات الناتجة).
- يُعطى الطلبة أيضًا مقصّات وأقلام تعليم وبعض الصمغ.
- يمكن عرض الكلمات المطلوبة على الشاشة أو يقترح طلبة الصف الكلمات في مناقشة قبل النشاط.
- يمكن للطلبة، إن رغبوا، إضافة المزيد من الكلمات، لكن لا يفترض بالمعلم كتابتها.
- تكون الكلمات مرتبة على ورقة كبيرة، ويربط الطلبة بينها بعبارات أو كلمات.

تتعلق خريطة المفاهيم هذه بالتركيب الذري، وذلك باستخدام أسماء الجسيمات دون الذرية، والمفاهيم المرتبطة بها مثل العدد الذري، والشحنة الموجبة والسالبة، والعدد الكتلي. ويوضح الشكل ١ خريطة مفاهيم محتملة باستخدام هذه المصطلحات، وبعض المصطلحات الأخرى.



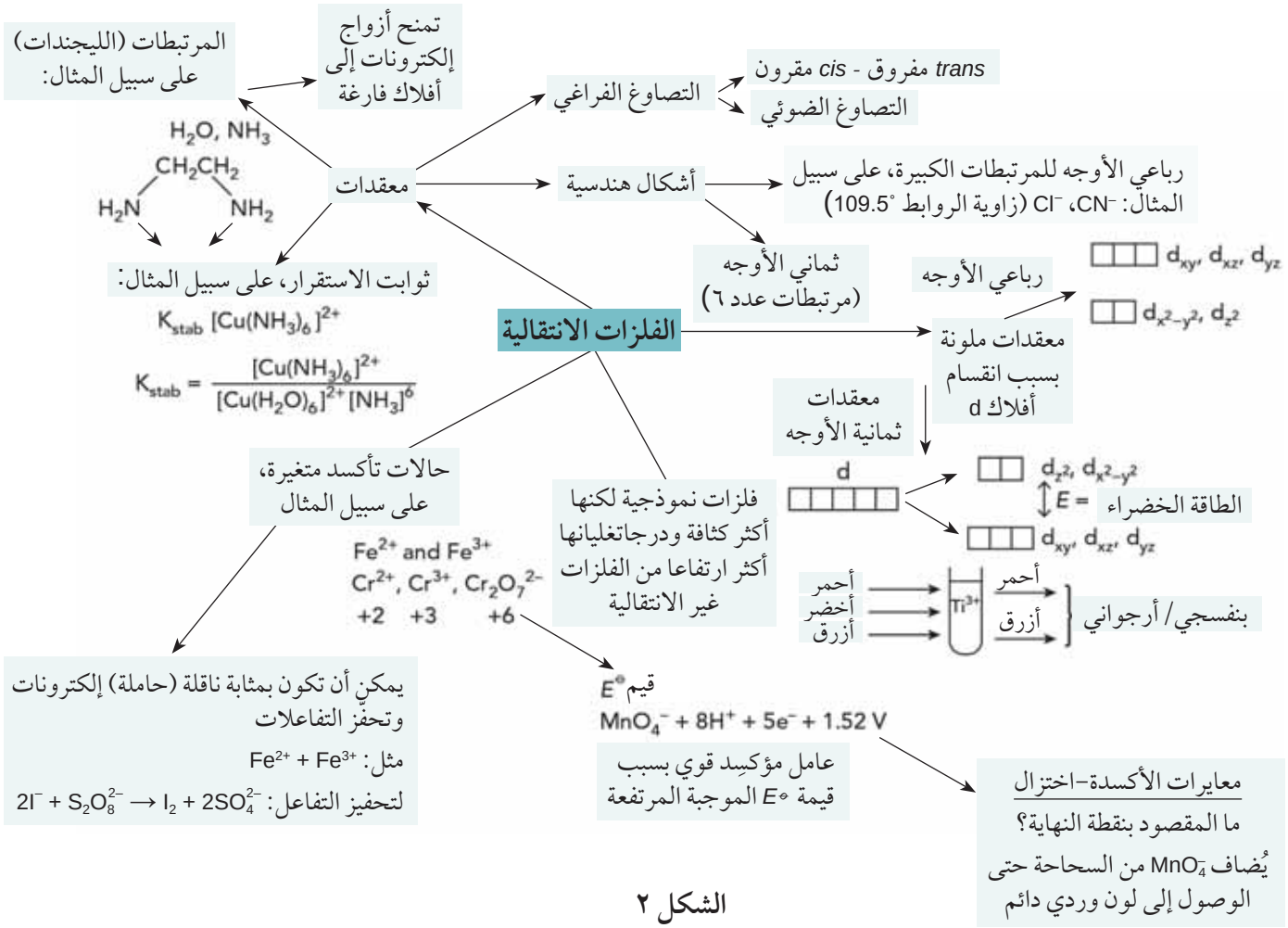
الشكل ١

الخرائط الذهنية

تختلف الخريطة الذهنيّة عن المخطط العنكبوتي. فكلاهما مثال على التفكير الإشعاعي، لكن المخطط العنكبوتي أكثر فائدة عند إجراء جلسة عصف ذهني للتأكّد من مستوى معرفة الطلبة بالمصطلحات وفهمهم لها.

شاعت الخريطة الذهنيّة على يد طوني بوزان (Tony Buzan)، وكانت جزءًا من الممارسة التعليميّة المقبولة لبضع سنوات. وقد ثبت أنها تساعد الطلبة على تنظيم معرفتهم وفهمهم في تركيب بصري يكوّنه الطالب، بما يكسبه ميزة تعلّمه بنفسه. والشيء الجيد في الخرائط المفاهيميّة والخرائط الذهنيّة عدم وجود إجابة صحيحة أو إجابة خاطئة أو طريقة مثاليّة أو غير كاملة في إعدادها. يمثل تجميع المعلومات في أشكال كبيرة طريقة جيدة لمعالجة تلك المعلومات. لا توجد قيود عند رسم خريطة ذهنيّة أو توضيحها، وبالتالي فهي تحفز الإبداع. وهي توفر أيضًا وقتًا مناسبًا للحديث أو لتدوين الملاحظات، وتمثل طريقة ممتازة للتخطيط للمهمات ولتحضيرها.

يجب التأكيد هنا على أنه من الأفضل إعداد الخرائط المفاهيميّة والخرائط الذهنيّة بالتعاون بين الطلبة. من الضروري تكوين مجموعات تضم الواحدة منها ثلاثة طلبة على الأقل لبناء هذه الخرائط بغرض تحقيق الاستفادة القصوى من التمرين.



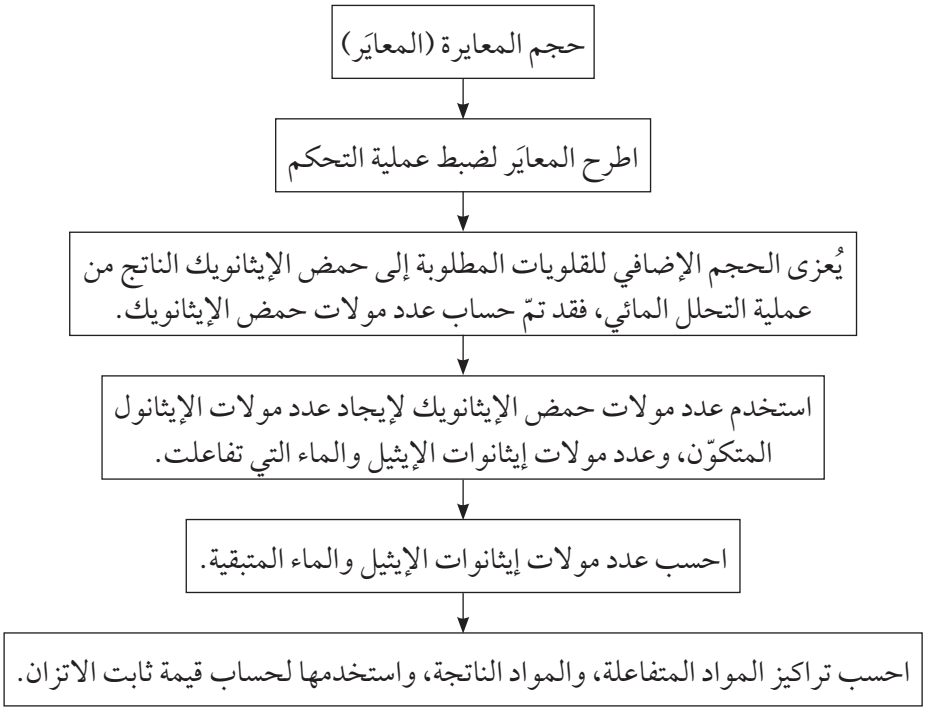
الشكل ٢

مفتاح الخريطة والمخططات الانسيابية

أحد المجالات المهمة في المنهاج هو مفتاح الخريطة، والذي يُعدّ أداة حيوية لمساعدة الطلبة على تنظيم معارفهم وهيكلتها من حيث اختبار المركبات العضوية والتمييز في ما بينها. وكما هي الحال في الخرائط المفاهيمية والذهنية، لا توجد طريقة صحيحة أو غير صحيحة لإنشاء مفتاح لها. ما القصد بالضمير هنا؟ المركبات العضوية؟ إذًا يجب أن نقول «مفتاح للمركبات العضوية»، فلا يجوز أن يعود للخرائط!!!

من المحتمل أن تكون المخططات الانسيابية الطريقة الوحيدة لفهم العلاقات بين السلاسل المتجانسة في الكيمياء العضوية. فكما المفاتيح، تُعدّ المخططات الانسيابية أدوات مرئية يمكن للطلبة استخدامها عند الإجابة عن الأسئلة التي تتعلق بالمسارات التركيبية، إضافة إلى أنها تمكّنهم من رؤية الكيمياء العضوية على هيئة سلسلة من المفاهيم العلمية المترابطة عوضًا من حلقات مفككة ليس من علاقة فيما بينها. لذا، نقترح أن يُطلب إلى الطلبة إنشاء «قائمة» بأسماء السلاسل المتجانسة، وسلسلة من الأسهم المعنونة، بحيث يمكنهم العودة إليها في أي وقت، وربطها معًا من دون الحاجة إلى إنشاء رسم، أو كتابة أي شيء.

تُعدّ المخططات الانسيابية مفيدة أيضًا في تلخيص المراحل المختلفة التي تشتمل على تدريبات عملية، أو أي تدريب رياضي يتضمن عمليات حسابية. ثم إن التحديد العملي لثابت الاتزان للتحليل المائي المحفّز بالحمض لإيثانوات الإيثيل يتطلب الكثير من عمليات معالجة البيانات. وتتم عملية المعايرة بالتحكم بالحمض فقط، وبمخاليط الاتزان، كما يمكن أن يساعد المخطط الانسيابي، كما في الشكل ٣ الطلبة على فهم هذا الأمر.



الشكل ٣

كتابة أسئلة نهاية الوحدة

تُعدّ عملية كتابة سؤال لنهاية الوحدة طريقة أخرى للطلبة لإثبات معرفتهم وفهمهم للمفاهيم والأفكار المرتبطة بالموضوع بشكل عملي. فالطلبة سيواجهون أوراق الامتحان في هذه المرحلة، وقد أدركوا ما يتطلبه حل السؤال. إن عملية كتابة سؤال لنهاية الوحدة تتطلب إنشاء مخطط للعلامات، وطرح سؤال كهذا يُعدّ أمرًا ممتعًا للطلبة، خصوصًا في نهاية الموضوع، بحيث يمكنهم تعلم الكثير من هذا التدريب.

احتياطات الأمان والسلامة

تمثل سلامة الطلبة والمعلمين والفنّيين أمرًا بالغ الأهميّة عند تخطيط استقصاءات الكيمياء وتنفيذها. تحتوي معظم هذه الاستقصاءات على مستوى مخاطر منخفض نسبيًا، لكن مع ذلك، لا يمكن تجاهل أي مستوى من المخاطر المحتملة.

تقع على عاتق معلم الكيمياء مسؤولية إجراء تقييم شامل للمخاطر قبل كل استقصاء. ويجب أن يفي الاستقصاء بالمعايير التي تضعها وزارة التربية والتعليم، لضمان عدم تعرض الطلبة والفنّيين لأية مخاطر يمكن تفاديها.

يلخص الجدول الوارد في قسم احتياطات الأمان والسلامة في كتاب التجارب العمليّة والأنشطة الأنواع الرئيسيّة من المخاطر المرتبطة باستقصاءات الكيمياء.

يوصى بشدة بالرجوع إلى موقع الإنترنت http://science.cleapss.org.uk/ للحصول على معلومات حول المخاطر المرتبطة بكل مادة كيميائيّة تستخدم في المختبر، ونسخ من CLEAPSS Hazcards لكل منها. تتضمن هذه أنواع المخاطر المرتبطة بكل مادة كيميائيّة، وإرشادات حول التعامل مع المادة الكيميائيّة والانسكابات أوالتلوث. يجب أن تتاح هذه المعلومات للطلبة أثناء عملهم في المختبر، بحيث يكون الجميع على علم بالمخاطر وكيفيّة التعامل معها.

قد ترغب أيضًا بتنزيل أوراق سلامة الطالب المجانيّة من موقع CLEAPSS، والتي يمكن طباعتها وتزويد الطلبة بها. تتوافر إصدارات وورد يمكن تعديلها بما يناسب واقع المختبر.

يؤمّن موقع Cambridge Assessment International Education إرشادات ممتازة حول جميع جوانب تصميم مختبرات العلوم واستخدامها، بما في ذلك السلامة، ضمن وثيقة **دليل التخطيط العملي للعلوم** Guide to Planning Practical Science. يمكنك العثور على هذا المستند كمستند pdf قابل للتنزيل على موقع الإنترنت Cambridgeinternational.org website.

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

الجدول ١: رموز الأمان والسلامة

الأهداف التعليمية

الأهداف التعليمية	
الوحدة السادسة: الدورية في خصائص العناصر	
٦-١ دورية الخصائص الفيزيائية	
٦-١	يصف دورية الخصائص في كل من نصف القطر الذري، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي للعناصر الموجودة في الدورة الثالثة في الجدول الدوري، ويشرحها.
٦-٢	يشرح التغير في درجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي في ضوء البنى (التراكيب) والروابط الكيميائية للعناصر الموجودة في الدورة الثالثة.
٦-٢ دورية الخصائص الكيميائية	
٦-٣	يصف تفاعلات بعض العناصر مع الأكسجين لتكوين: Na_2O ، MgO ، Al_2O_3 ، P_4O_{10} ، SO_2 ، ومع الكلور لتكوين: $NaCl$ ، $MgCl_2$ ، $AlCl_3$ ، $SiCl_4$ ، PCl_5 ، ومع الماء لتكوين : $Mg(OH)_2$ ، $NaOH$ ، ويكتب معادلاتها.
٦-٣ أكاسيد عناصر الدورة الثالثة	
٦-٤	يذكر التغيرات في أعداد التأكسد لكل من العناصر المكونة للأكاسيد الآتية: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والكلوريدات $NaCl$، $MgCl_2$، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 من حيث إلكترونات المستوى الخارجي لها (مستوى إلكترونات التكافؤ) ويشرحها.
٦-٥	يصف تفاعلات الأكاسيد: Na_2O، MgO، Al_2O_3، SiO_2، P_4O_{10}، SO_2، SO_3 مع الماء، إن وُجدت، ويكتب معادلاتها متضمنة قيم pH التقريبية للمحاليل التي يتم الحصول عليها.
٦-٦	يصف السلوك الحمضي أو القاعدي للأكاسيد: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والهيدروكسيدات: $NaOH$، $Mg(OH)_2$، $Al(OH)_3$، موضحا السلوك المتذبذب (المتردد) في تفاعلاتها مع الأحماض والقواعد (هيدروكسيد الصوديوم فقط) ويشرحه ويكتب معادلاته.
٦-٨	يشرح التغيرات وأنماط التدرج في كل من ٦-٥ و ٦-٦ و ٦-٧ في ضوء التركيب، والروابط الكيميائية والسالبية الكهربائية.
٦-٩	يقترح أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في الكلوريدات والأكاسيد، من خلال ملاحظة خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

الأهداف التعليمية

٦-٤ كلوريدات عناصر الدورة الثالثة

٦-٤	يذكر التغيرات في أعداد التأكسد لكل من العناصر المكونة للأكاسيد الآتية: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والكلوريدات $NaCl$، $MgCl_2$، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 من حيث إلكترونات المستوى الخارجي لها (مستوى إلكترونات التكافؤ) ويشرحها.
٦-٧	يصف تفاعلات الكلوريدات: $NaCl$، $MgCl_2$، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 مع الماء، متضمنة قيم pH التقريبية للمحاليل التي يتم الحصول عليها ويكتب معادلاتها.
٦-٨	يشرح التغيرات وأنماط التدرج في كل من ٦-٥ و ٦-٦ و ٦-٧ في ضوء التركيب، والروابط الكيميائية والسالبية الكهربائية.
٦-٩	يقترح أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في الكلوريدات والأكاسيد، من خلال ملاحظة خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

٦-٥ التنبؤ بخصائص العناصر واستنتاج موقع عنصر ما في الجدول الدوري

٦-١٠	يتنبأ بالخصائص الكيميائية والفيزيائية لعنصر ما بمعلومية موقعه في الجدول الدوري وبناءً على معرفته بدورية خصائص العناصر.
٦-١١	يتنبأ بطبيعة عناصر غير معروفة وموقعها المحتمل في الجدول الدوري وهويتها بناءً على الخصائص الكيميائية والفيزيائية المعطاة.

الوحدة السابعة: التغيرات في المحتوى الحراري

٧-١ التغير في المحتوى الحراري (ΔH)

٧-١	يُعرّف مصطلح التغير في المحتوى الحراري (ΔH) ويطبقه على التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة (ΔH سالبة)، والتفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة (ΔH موجبة).
٧-٢	يرسم مخططات لمسار التفاعل، ويفسرها من حيث التغيرات في المحتوى الحراري وطاقة التنشيط.

٧-٢ التغيرات في المحتوى الحراري القياسي

٧-٣	يُعرّف مصطلح الظروف القياسية الموضحة بالرمز $^{\ominus}$، ويستخدمها. (الظروف القياسية هي 298 K و 100 kPa).
٧-٤	يُعرّف مصطلح التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH_{rxn})، وللتكوين (ΔH_f)، وللاحتراق (ΔH_c)، وللتعادل (ΔH_{neut}).

الأهداف التعليمية

٧-٣ قياس التغيرات في المحتوى الحراريّ

٧-٥	٧-٥ يحسب التغيرات في المحتوى الحراري من البيانات ونتائج التجارب، بما في ذلك استخدام المعادلتَين: $q = mc\Delta T$ $\Delta H = -\frac{mc\Delta T}{n}$

٧-٤ قانون هس

٧-٦	يستخدم قانون هس لرسم دورات الطاقة البسيطة، ويحدد التغيرات في المحتوى الحراري التي لا يمكن إيجادها بالتجربة المباشرة.

٧-٥ طاقات الروابط والتغيرات في المحتوى الحراريّ

٧-٧	يجري عمليات حسابية باستخدام بيانات متوسط طاقات الروابط.

الوحدة الثامنة: مبادئ الكيمياء العضوية

٨-١ تمثيل الجزيئات العضوية

٨-١	يستنتج الصيغة الجزيئية والصيغة الأولية للمركب، استنادًا إلى صيغته البنائية والبنائية الموسّعة أو الهيكلية والتي تقتصر على السلاسل المتجانسة الموضحة في الجدول ٨-١.
٨-٢	يفهم تمثيل المركبات العضوية ويستخدمه، بما في ذلك التمثيل ثنائي الأبعاد 2D، وثلاثي الأبعاد 3D، ودمج التمثيلين معًا للسلاسل المتجانسة الموضحة في الجدول ٨-١.

٨-٢ تسمية المركبات العضوية

٨-٣	يستخدم الصيغة الكيميائية العامة للسلاسل المتجانسة المدرجة في الجدول ٨-١.
٨-٤	يفهم طريقة التسمية النظامية الايوباك (IUPAC) للمركبات العضوية الأليفاتية البسيطة ذات المجموعات الوظيفية الموضحة في الجدول ٨-١ حتى عشر ذرات كربون في السلسلة، ويستخدمها.

٨-٣ الترابط في الجزيئات العضوية

٨-٥	يصف زوايا الروابط وأشكال الجزيئات العضوية من حيث أفلاكها الذرية المهجنة sp، و sp^2، و sp^3 وروابط سيجما (σ) وروابط باي (π) التي توجد بين ذراتها ويشرحها.

الأهداف التعليمية

٨-٤ التشاكل في المركبات العضوية – التشاكل البنائي

٨-٦	يصف التشاكل (التصاوغ) البنائي وتقسيماته إلى • تشاكل موقع المجموعة الوظيفية. • تشاكل نوع المجموعة الوظيفية. • تشاكل السلسة الكربونية.

٨-٤ التشاكل في المركبات العضوية – التشاكل الفراغي

٨-٧	يصف التشاكل (التصاوغ) الفراغي stereoisomerism وتقسيماته إلى: • تشاكل هندسي: (سيس cis) و(ترانس trans)، (E) و (Z) للمركّبات غير المشبعة. • التشاكل الضوئي (البصري) enantiomers للمركّبات التي تحتوي على مركز كيرالي (chiral) (غير متناظر).

٨-٥ أنواع تفاعلات المركبات العضوية وآلية حدوثها

٨-٨	يعرّف المصطلحات الآتية المرتبطة في التفاعلات العضوية وآلياتها ويستخدمها: • الانشطار (التكسر أو التفكك) المتجانس وغير المتجانس. • الجذور الحرة، الابتداء، الانتشار، الإيقاف. • النيوكليوفيل (محبّ النواة أو الشحنات الموجبة)، والإلكتروفيل (محبّ الإلكترونات أو الشحنات السالبة) • الإضافة، الاستبدال (الإحلال)، الإزالة (الحذف) التحلل المائي، الأكسدة، الاختزال.

الوحدة التاسعة: الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات

٩-١ الألكانات وتفاعلاتها

٩-١	يشرح ضعف النشاط الكيميائي للألكانات، من حيث قطبيتها، ويصف احتراقها الكامل وغير الكامل.
٩-٢	يصف الآثار البيئية لأحادي أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والهيدروكربونات غير المحترقة الناتجة من احتراق الألكانات في محركات المركبات، وكيفية تحويل هذه الملوّثات بوساطة محولات مجهزة بعوامل حفّازة.
٩-٣	يشرح تفاعل الاستبدال (الإحلال) بوساطة الجذور الحرة في الألكانات مع الكلور (Cl_2) والبروم (Br_2) بوجود أشعة فوق بنفسجية، موضحا آلية التفاعل في خطواته الثلاث (استخدام الأسهم المنحنية غير مطلوب).

الأهداف التعليمية

٩-٢ الألكينات وتفاعلاتها

٩-٤	يصف تفاعلات الإضافة للألكينات مع كل من: (أ) الهيدروجين $H_2(g)$ في تفاعل الهدرجة، بوجود العامل الحفّاز Pt/Ni، والحرارة. (ب) الهالوجين X_2 عند درجة حرارة الغرفة. (ج) هاليد الهيدروجين HX(g) عند درجة حرارة الغرفة. (د) بخار الماء $H_2O(g)$ بوجود العامل الحفّاز H_3PO_4.
٩-٥	يشرح آلية تفاعلات الإضافة الإلكتروفيلية التي تحدث للألكينات مع الهالوجينات وهاليدات الهيدروجين، متضمنة التأثيرات الحثية لمجموعات الألكيل على استقرار الكاتيونات الكربونية المتكونة.
٩-٦	يصف عملية أكسدة الألكينات باستخدام محلول حمضي مخفف وبارد من $KMnO_4$ لتكوين الدايول (مركب عضوي يحتوي على مجموعتَي OH).

٩-٣ الهالوجينوألكانات – تحضير الهالوجينوألكانات

٩-٧	يتذكّر المواد الكيميائية والظروف التي يمكن عن طريقها إنتاج الهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) من التفاعلات الآتية: (أ) تفاعل الاستبدال في الألكانات بوساطة الجذور الحرة باستخدام Cl_2 أو Br_2. (ب) تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية لألكين ما مع هالوجين X_2 أو هاليد الهيدروجين HX. (ج) تفاعل الاستبدال للكحولات مع: (١) HX (٢) KBr و H_2SO_4 (٣) PCl_5 أو $SOCl_2$
٩-٨	يصنّف الهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) إلى أولية وثانوية وثالثية.
٩-٩	يصف تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي للهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) مع: (أ) محلول NaOH(aq) بالتسخين لإنتاج كحول. (ب) محلول نترات الفضة المائي في الإيثانول كطريقة لتحديد نوع الهالوجين الموجود.
٩-١٠	يصف تفاعل الإزالة للهالوجينوألكانات مع NaOH في الإيثانول بالتسخين لإنتاج الألكين كما هو موضّح مع البروموإيثان.
٩-١١	يشرح آلية الاستبدال النيوكليوفيلي للهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) الأولية مع كل من محلول NaOH المائي، والماء.
٩-١٢	يصف النشاط الكيميائي للهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) ويشرحها.

الوحدة السادسة

الدورية في خصائص العناصر

العلوم ضمن سياقها: اكتشاف وترتيب العناصر

يوضح هذا النشاط كيف تطورت فكرة دورية الخصائص الكيميائية على مدى فترة من الزمن، وكيف يبني العلماء عملهم على أفكار علماء آخرين. يرد أدناه موجز للتسلسل الزمني:

- 1810-1801 م: طور جون دالتون (John Dalton) نظرية ذرية. وهي تستند إلى الأفكار الآتية:
  - تتكوّن العناصر من جسيمات صغيرة جدًا تسمى الذرات.
  - تمتلك ذرات العنصر الواحد الحجم والكتلة والخصائص نفسها.
  - الذرات غير قابلة للانقسام إلى جسيمات أصغر حجمًا.
  - تتّحد ذرات العناصر المختلفة بنسب عددية صحيحة وبسيطة لتكوين مركبات.
  - تحدث عملية إعادة ترتيب للذرات خلال التفاعلات الكيميائية.
- 1829-1817 م: يُعدّ يوهان دوبرينر (Johann Döbereiner) أول من جمع العناصر المتشابهة معًا وربطها بالأوزان الذرية (الكتل الذرية). فعلى سبيل المثال: يمتلك الكالسيوم والسترونشيوم والباريوم خصائص متشابهة، ويمتلك السترونشيوم وزنًا ذرّيًا يساوي متوسط الوزن الذري لكل من الكالسيوم والباريوم.
- 1860 م: طور كانيزارو (Cannizzaro) وستاس (Stas) طرائق دقيقة لتحديد الأوزان الذرية.
- وفي ستينيات القرن التاسع عشر حاول دي تشانكورتوا (de Chancourtois) ربط الخصائص الكيميائية بـ الأوزان الذرية. لقد رسم أوزانًا ذرية على لولب بزاوية 45° على سطح أسطوانة عمودية. وكانت الدورة الواحدة حول الأسطوانة تمثل 16 وحدة وزن ذري. وكذلك رسم لوثار ماير (Lothar Meyer) الحجم الذري مقابل العدد الذري ووجد تغيّرًا دوريًا في خصائص العناصر.
- 1866-1863 م: رتّب جون نيولاندز (John Newlands) العناصر ضمن مجموعات ثمانية (أوكتافات) ولاحظ أن العناصر ذات الخصائص المتشابهة تفصل فيما بينها 8 عناصر.
- 1869 م: نشر مندليف (Mendeleev) جدوله الدوري الأول على شكل قائمة من 6 أعمدة، يحتوي العمود الأول على H و Li، والعمود الثاني على Be و B و C و N و O و F و Na والثالث من Mg إلى In؛ أمّا بقية الأعمدة فكان محتواها غير واضح تمامًا.
- 1872 م: نشر مندليف جدوله الدوري المنقح في 7 مجموعات والذي يمتلك أوجه تشابه مع الجدول الدوري الحديث.

ينتهي النص بسؤال حول العنصر ذي العدد الذري 117. التينيسين هو عنصر ينتمي إلى المجموعة 17. ينتهي اسم هذا العنصر باللاحقة ine باللغة الإنجليزية ليتوافق مع أسماء الهالوجينات الأخرى. لم يُلاحظ سوى عدد قليل من ذرات هذا العنصر المشع وهي تضمحل بسرعة كبيرة.

نظرة عامة

تتناول هذه الوحدة جميع المواضيع التي تمّت دراستها في الوحدة السادسة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة.

- تغطي هذه الوحدة الخصائص الدورية الآتية: نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني ودرجة الانصهار والتوصيل الكهربائي وأسباب تكرّر الأنماط الموضحة. ويؤخذ في الاعتبار أيضًا الدورية في الخصائص الكيميائية للعناصر، وبشكل خاص تفاعلاتها مع الأكسجين والكلور. سيكون هناك أيضًا استقصاء لخصائص أكاسيد وكلوريدات عناصر الدورة الثالثة وكيف تشير هذه الخصائص إلى بُنى هذه المركبات.
- يوفر هذا الموضوع فرص تقويم موضوعية لاختبار المعرفة والفهم، ولمعالجة المعلومات وتطبيقها وتقييمها. في هذا الموضوع تتوافر بعض الفرص المحدودة لتقويم مهارات تجريبية وأنشطة استقصائية.
- يمكن استخدام بعض المهارات الحسابية الواردة في المنهج الدراسي في جميع أقسام الوحدة، حيث يُطلب إلى الطلبة حساب أعداد التأكسد وتفسير التمثيلات والمخططات البيانية للخصائص المختلفة.
- تُعدّ هذه الوحدة ذات طابع شامل لأنها تتناول نواحي مختلفة للإلكترونات في الذرات (الوحدة الأولى: التركيب الذري) والترابط والتراكيب الكيميائية (الوحدة الثالثة: الترابط الكيميائي). وتتناول أيضًا جوانب أخرى تمّت تغطيتها كمفهوم عدد التأكسد الذي تمّ تناوله في الوحدة الرابعة والسلوك الحمضي أو القاعدي الذي تمّ تناوله في الوحدة الخامسة عند استقصاء خصائص أكاسيد وكلوريدات عناصر الدورة الثالثة.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٦-١، ٦-٢	٦-١ دورية الخصائص الفيزيائية	٢	السؤالان ١، ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١، ٢	نشاط ٦-١ تدرّج الأنماط الدورية في الخصائص الفيزيائية والبنى نشاط ٦-٣ القيام بالتنبؤات (٣) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ)، ٣(أ)
٦-٣	٦-٢ دورية الخصائص الكيميائية	٣	مهارات عملية ٦-١ تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين مهارات عملية ٦-٢ تفاعلات الصوديوم والماغنيسيوم مع الماء السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ب)	نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة (٤(هـ، ح، ط)) أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٢(ب (١))، ٣(ب (٣))

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٦-٤، ٦-٥، ٦-٦، ٦-٨ و٦-٩	٦-٣ أكاسيد عناصر الدورة الثالثة	٣	السؤال ٤ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (أ)(٣،٢))	نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة (١)، (٤)(ب، ج، د، و))، (٥)، (٦) استقصاء عملي ٦-١ خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة الجزء ١ أسئلة نهاية الوحدة: ١، ٢(ب (٢، ٣)، ٢(ج)
٦-٤، ٦-٧، ٦-٨ و ٦-٩	٦-٤ كلوريدات عناصر الدورة الثالثة	٣	السؤال ٥ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (أ)(٤،١))،٣(ج)	نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة (٢)، (٣)، (٤)(أ، ز)) استقصاء عملي ٦-١ خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة الجزء ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ب (٢،١))، ٣(ج)
٦-١٠، ٦-١١	٦-٥ التنبؤ بخصائص العناصر واستنتاج موقع عنصر ما في الجدول الدوري	٢	السؤال ٦	نشاط ٦-٣ القيام بالتنبؤات (١)، (٢)، (٤) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ج)

الموضوع ٦-١ دورية الخصائص الفيزيائية

الأهداف التعليمية

٦-١ يصف دورية الخصائص في كل من نصف القطر الذري، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي للعناصر الموجودة في الدورة الثالثة في الجدول الدوري، ويشرحها.

٦-٢ يشرح التغير في درجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي في ضوء البنى (التراكيب) والروابط الكيميائية للعناصر الموجودة في الدورة الثالثة.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-١ دورية الخصائص الفيزيائية – الأنماط الدورية لأنصاف الأقطار الذرية – الأنماط الدورية لأنصاف الأقطار الأيونية – الأنماط الدورية لدرجات الانصهار، والتوصيل الكهربائي السؤالان ١، ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١، ٢	• يراجع مفاهيم الدورات والمجموعات في الجدول الدوري • نصف القطر الذري والأيوني كخصائص دورية • أنواع التراكيب المختلفة وخصائصها • درجة الانصهار والتوصيل الكهربائي كخصائص دورية
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-١ تدرّج الأنماط الدورية في الخصائص الفيزيائية والبنى نشاط ٦-٣ القيام بالتنبؤات (٣) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ)، ٣(أ)	• نصف القطر الذري والأيوني كخصائص دورية • أنواع التراكيب المختلفة وخصائصها • درجة الانصهار والتوصيل الكهربائي كخصائص دورية

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

غالبًا ما ينسى الطلبة أنه عندما تفقد ذرة عنصر فلزي إلكتروناتها الخارجية، فإن الكاتيون المتكوّن يكون أصغر من ذرته الأصلية، لأنه يمتلك عددًا أقل من إلكترونات الحجب.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط على الموارد المتاحة، وعلى الوقت المتاح، وعلى مدى تقدّم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٢٠ دقيقة)

وزّع الطلبة في مجموعات وكلفهم البحث عن مندليف وجدوله الدوري في مقاطع الفيديو المتوفرة عبر الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت).

› **أفكار للتقويم:** كلف الطلبة كتابة ملخص حول كيفية بناء مندليف نسخته من الجدول الدوري. يجب أن يذكروا الجوانب الآتية:

- تمّ ترتيب العناصر وفقًا لكتلها الذرية النسبية.
- تمّ ترتيب العناصر ذات الخصائص المتشابهة في مجموعات.
- ترك مندليف فجوات في جدوله لعناصر اعتُبر أنها لم تكتشف بعد.
- تنبّأ مندليف بخصائص هذه العناصر.

٢ فكرة ب (٢٠ دقيقة)

ترد العديد من أسئلة المناقشة في فقرة قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة الواردة في كتاب الطالب، يمكنك الاختيار منها، ولكن يمكنك تخطي موضوع نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني حيث سيتم البحث فيه بمزيد من التفاصيل لاحقًا خلال الدرس.

الأنشطة الرئيسية

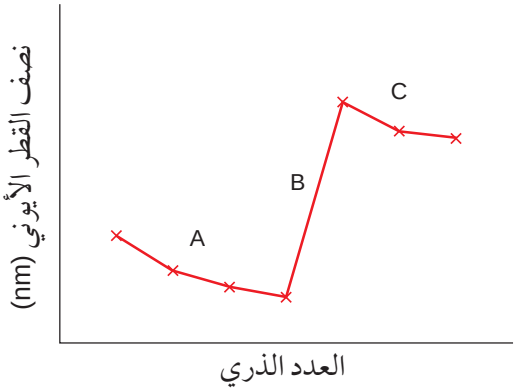
في ما يلي، يرد نوعان من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسبك منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كخصائص دورية (٣٠ دقيقة)

- يعرّف الخاصية الدورية.
- يوضح التمثيلات البيانية لتغير نصف القطر الذري مع العدد الذري لعناصر الدورتَين الثانية والثالثة.

› أفكار للتقويم:

- كلف الطلبة شرح سبب اعتبار نصف القطر الذري خاصية دورية، وشرح سبب تغيره عبر الدورة.
- قدم للمجموعات تمثيلًا بيانيًا يوضح تغيّر نصف القطر الأيوني مقابل العدد الذري لعناصر الدورة الثالثة (الشكل ٦-١).



الشكل ٦-١

- كلف الطلبة كتابة صيغ الأيونات المناسبة لكل نقطة (x) على التمثيل البياني السابق.
- حفز الطلبة على شرح أجزاء التمثيل البياني A و B و C.
- وبعد ذلك كلفهم الإجابة عن السؤال ١ الوارد في كتاب الطالب.

٢ درجات الانصهار والتوصيل الكهربائي كخصائص دورية (٣٥ دقيقة)

حفّز الطلبة أن يكتبوا ضمن مجموعات أنواع التراكيب الثلاثة الممكنة للعناصر جميعها (الفلزية الضخمة والجزيئية الضخمة والجزيئية البسيطة). ثم كتابة ملاحظات موجزة عن درجات الانصهار (مرتفعة أو منخفضة) والتوصيل الكهربائي المرتبط بكل نوع من هذه التراكيب. يجب أن تتضمن ملاحظاتهم شرحًا لكل خاصية.

› أفكار للتقويم:

- على الطلبة نسخ الشكل (٦-٥) من كتاب الطالب، ثم كتابة نوع التركيب لعناصر الدورة الثالثة الواردة في التمثيل البياني. كما عليهم أن يشرحوا سبب ارتفاع درجة الانصهار عند الانتقال من الصوديوم إلى الألومنيوم؛ والسبب الذي

يجعل درجة انصهار السيليكون أعلى بكثير من العناصر الأخرى؛ والانخفاض الكبير في درجة الانصهار عند الانتقال من السيليكون إلى الفوسفور.

- عليهم أيضًا إعطاء أمثلة لصيغ جزيئات الفوسفور والكبريت والكلور، وشرح سبب انخفاض درجات انصهار هذه العناصر مقارنةً بالعناصر السابقة.
- ويمكنك الاستعانة بالسؤال ٢(أ) من أسئلة نهاية الوحدة الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة: قيم التوصيل الكهربائي للعناصر من الصوديوم إلى السيليكون والكبريت.
- بالاعتماد على معلوماتهم حول الرابطة الفلزية، كلّف الطلبة شرح سبب ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي عند الانتقال من الصوديوم إلى الألومنيوم، ثم شرح سبب الانخفاض الهائل وصولًا إلى قيم التوصيل الكهربائي المنخفضة للسيليكون والكبريت، واقتراح قيمة تقديرية للتوصيل الكهربائي للفوسفور.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

وجّه الطلبة إلى قراءة مقالة العلوم ضمن سياقها «اكتشاف وترتيب العناصر» ومناقشتها مع طلبة آخرين.

الدعم

بشكل عام، تكون قيم درجات انصهار العناصر ذات التراكيب الجزيئية (التساهمية) الضخمة أعلى من العناصر ذات التراكيب الفلزية الضخمة، والتي بدورها تكون أعلى بكثير من درجات انصهار العناصر الجزيئية البسيطة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

ينبغي حثّ الطلبة على ترتيب مستويات ثقتهم لمدى فهمهم للطبيعة الدورية للخصائص الفيزيائية التي تمّ تناولها في الدرس. هل أدت العودة إلى هذه المفاهيم إلى تحسن فهمهم للموضوع؟

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يحتاج الطلبة إلى مراجعة المفاهيم التي تمت دراستها سابقًا، إلى جانب المصطلحات التقنية والمفردات والصياغة المرتبطة بهذه المفاهيم. فعلى سبيل المثال، يُعدّ مفهوم الحجب بالأهمية نفسها لمصطلح الشحنة النووية.

المهارة الحسابية

- يجب أن يكون الطلبة قادرين على تحليل وتفسير المعلومات الرقمية التي تتضمّنها التمثيلات البيانية والجداول.

الموضوع ٦-٢ دورية الخصائص الكيميائية

الأهداف التعليمية

٦-٣ يصف تفاعلات بعض العناصر مع الأكسجين لتكوين: Na_2O ، MgO ، Al_2O_3 ، P_4O_{10} ، SO_2 ، ومع الكلور لتكوين: NaCl ، $MgCl_2$ ، $AlCl_3$ ، $SiCl_4$ ، PCl_5 ، ومع الماء لتكوين : $Mg(OH)_2$ ، NaOH ، ويكتب معادلاتها .

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-٢ دورية الخصائص الكيميائية مهارات عملية ٦-١ تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين – تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الكلور – تفاعلات الصوديوم والماغنيسيوم مع الماء مهارات عملية ٦-٢ تفاعلات الصوديوم والماغنيسيوم مع الماء السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ب)	• تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين والكلور والماء • تقديم عرض توضيحي لهذه التفاعلات والأخذ في الاعتبار التغيرات التي تتضمنها
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة (٤(هـ، ح، ط)) أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٢(ب (١))، ٣(ب (٣))	• تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين والكلور والماء

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يشير عدم نشاط ثنائي أكسيد السيليكون مع الماء إلى أن هذا الأكسيد قد يكون متعادلًا، ولكن السبب في ذلك هو أنه لا يذوب في الماء.
- يمتلك حمض الفوسفوروز (حمض الفوسفوريك (III)) الصيغة H_3PO_3 وحمض الفوسفوريك (V) الصيغة H_3PO_4. تعد هاتان الصيغتان مضللتَين إلى حدّ ما، إذ إن بعض الطلبة قد يعتقدون أنه يوجد ثلاث ذرات هيدروجين مرتبطة مباشرة بالفوسفور (ربما يفكرون في حمض الهيدروكلوريك كنموذج). أكد على أن هذه الأحماض هي أحماض هيدروكسي، hydroxy-acids، أي أن ذرة الفوسفور مرتبطة بمجموعات هيدروكسيل، وأن فَقْد الهيدروجين من هذه المجموعات هو الذي يمنح هذَين المركبَين خصائصهما الحمضية في الماء.
- إن نمط التدرج في النشاط الكيميائي لفلزات الدورة الثالثة قد يوحي للطلبة بأنه يجب أن تظهر اللافلزات سلوكًا مماثلًا، ولكن توجد بعض الخصائص كالتركيب وطاقة الروابط والحالة الفيزيائية التي تجعل ذلك السلوك مختلفًا.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط على الموارد المتاحة، وعلى الوقت المتاح، وعلى مدى تقدّم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

ناقش الطلبة حول النشاط الكيميائي للفلزات مع الأكسجين والماء والأحماض، مع التركيز على الفلزات الثلاثة في الدورة الثالثة. هل يوجد نمط تدرج معيّن عند الانتقال من الصوديوم إلى الألومنيوم؟ وما الذي يفسر هذا التدرج في النشاط الكيميائي؟ هل من المتوقع أن يستمرّ هذا التدرج عبر هذه الدورة؟ هل من المتوقع وجود تدرج مختلف بالنسبة إلى لافلزات الدورة الثالثة؟

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

يُعطى الطلبة عنصرًا من عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين أو الكلور أو الماء، ويطلب إليهم التنبؤ بصيغة المركب أو كتابة معادلة كيميائية للتفاعل الذي يحدث.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الصف.

١ تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين (٣٠ دقيقة)

يمكن تقديم عرض عملي توضيحي حول تفاعلات أكبر عدد ممكن من عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين (كما هو موضح في المهارة العملية ٦-١). يجب أن يتم تنفيذ هذه التفاعلات في خزانة طرد الأبخرة لأن المواد الناتجة ستكون في شكل مسحوق وغاز سام يجب عدم استنشاقه. تُملأ أنابيب الغاز بالأكسجين من أسطوانة غاز. يتم وضع كمية من كل عنصر بدوره في ملعقة إحراق، ثم تسخينه بلطف في شعلة موقد بنزن ومن ثم إدخاله في أنبوبة غاز خاصة به تحتوي على الأكسجين. يجب تشجيع الطلبة على تسجيل ملاحظاتهم حول المظهر الخارجي للعنصر، وحول ما تتم ملاحظته أثناء التفاعل والمظهر الخارجي للأكسيد الناتج. وإذا لم يتم تقديم عرض عملي توضيحي لأي من التفاعلات، فيمكن عرض مقاطع فيديو أو يمكن للطلبة البحث على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقاطع فيديو لتفاعل عناصر متنوعة في الدورة الثالثة مع الأكسجين، ثم عرض النتائج التي حصلوا عليها أمام زملائهم في الصف.

أفكار للتقويم:

- يكتب الطلبة ملاحظاتهم حول التفاعلات، سواء أتى ذلك من عرض توضيحي لهذه التفاعلات أو من عرض مقاطع فيديو عنها أو كجزء من عرض لعمل مجموعة.
- تعد بعض التفاعلات شديدة مقارنة بغيرها، كلف الطلبة تحديد أنماط التدرج بالاستفادة من معرفتهم السابقة حول النشاط الكيميائي ونوع الروابط الكيميائية لهذه العناصر.
- يناقش الطلبة في المظهر الخارجي لعناصر الدورة الثالثة وأكاسيدها لتحديد رموز الحالة الفيزيائية، ثم يكلَّفون كتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتلك التفاعلات.

٢ تقديم عرض توضيحي: تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الكلور (٣٠ دقيقة)

يمكنك إجراء تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الكلور بالطريقة نفسها كما في المهارة العملية (٦-١)، ولكنها بشكل عام تكون أقل شدة وأبطأ مقارنةً بالتفاعلات مع الأكسجين. يجب تحضير عبوات غاز الكلور في خزانة الأبخرة. يمكن تحضير الكلور عن طريق إضافة حمض الهيدروكلوريك المركز بوساطة قمع تنقيط إلى محلول منجنات (VII) البوتاسيوم (برمنجنات البوتاسيوم) موجود في دورق مخروطي، حيث يتصاعد غاز الكلور عبر أنبوبة توصيل. ويتم وضع كمية من كل عنصر في ملعقة إحراق، وتسخينه بلطف في شعلة موقد بنزن ومن ثم إدخاله في أنبوبة غاز خاصة به تحتوي على الكلور. يجب تشجيع الطلبة على تسجيل ملاحظاتهم حول مظهر العنصر، وحول ما تتم ملاحظته أثناء التفاعل ومظهر الكلوريد الناتج. وإذا لم يتم تقديم عرض توضيحي لأي من التفاعلات، فيمكن عرض مقاطع فيديو أو يمكن للطلبة البحث على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن مقاطع فيديو لتفاعل عناصر متنوعة في الدورة الثالثة مع الكلور، ثم عرض النتائج التي حصلوا عليها أمام زملائهم في الصف.

› أفكار للتقويم:

- يكتب الطلبة ملاحظاتهم حول التفاعلات، سواء أتى ذلك من عرض توضيحي لهذه التفاعلات أو من عرض مقاطع فيديو عنها أو كجزء من عرض لعمل مجموعة.
- يناقش الطلبة في المظهر الخارجي لعناصر الدورة الثالثة وأكاسيدها لتحديد رموز الحالة الفيزيائية، ثم يكلَّفون كتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتلك التفاعلات.

٣ تفاعلات الصوديوم والماغنيسيوم مع الماء (٣٠ دقيقة)

يمكن تقديم عرض عملي توضيحي عن تفاعلات الصوديوم والماغنيسيوم مع الماء أو عرض مقاطع فيديو تعرض هذه التفاعلات. إذا اخترت تقديم العرض العملي التوضيحي فإن بعض التخطيط المسبق يكون مطلوبًا في حالة تفاعل الماغنيسيوم. ونظرًا إلى كونه بطيئًا جدًا، يجب إعداد هذا التفاعل مسبقًا والبدء به قبل ثلاثة أيام على الأقل، بحيث يكون هناك ما يكفي من الهيدروجين الذي تمّ جمعه لاختباره، ولكي يكون المحلول قلويًا بشكل كاف ليعطي اللون الأزرق عند إضافة الكاشف العام.

ومن الخيارات المتاحة تقديم عرض لتفاعل الماغنيسيوم مع بخار الماء لتوضيح أن الماغنيسيوم يتفاعل بقوة مع الماء إذا ارتفعت درجة الحرارة. وقد يتم إجراء هذا العرض عن طريق وضع صوف معدني في قاع أنبوبة تسخين، وإضافة كمية صغيرة من الماء، بعد ذلك تثبت أنبوبة التسخين أفقيًا مع وضع قطعة من الماغنيسيوم عند منتصف الأنبوبة، ثم يتم تسخين الماغنيسيوم بوساطة موقد بنزن، ومن حين إلى آخر يسخن الصوف لتوليد بخار الماء. لا تتفاعل باقي العناصر في الدورة الثالثة مع الماء؛ وسيتم لاحقًا توضيح الأمر بإضافة ما يتوافر من هذه العناصر إلى الماء.

› أفكار للتقويم:

- يكتب الطلبة ملاحظاتهم حول كلا التفاعلَين، مع التركيز على السرعة النسبية لكل منهما، وتصاعد الهيدروجين وقلوية المحلول الناتج.
- لماذا يُعدّ كلّ من التفاعلَين تفاعل أكسدة-اختزال؟

الإجابة: قبل التفاعل، يمتلك كل من عنصري الماغنيسيوم والصوديوم عدد تأكسد يساوي صفرًا. بعد التفاعل، يتأكسد كلّ من الصوديوم والماغنيسيوم، فيصبح عدد التأكسد لهما: Na (+1) و Mg (+2).

- اشرح البطء النسبي لتفاعل الماغنيسيوم مع الماء مقارنة بتفاعل الصوديوم.

الإجابة: تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا واحدًا فقط؛ وهذا الإلكترون يكون أقل ارتباطًا (قوة جذب النواة) بنواة ذرة الصوديوم من ارتباط (قوة جذب النواة) إلكترونَي ذرة الماغنيسيوم بنواته. لذا، يفقد الصوديوم إلكترونه بسهولة أكثر ويتفاعل بشكل أسرع.

- يقترب الرقم الهيدروجيني pH لهيدروكسيد الصوديوم من 14 لأن تركيز أيونات الهيدروكسيد يكون مرتفعًا بسبب الذوبانية العالية لهيدروكسيد الصوديوم في الماء. يذوب هيدروكسيد الماغنيسيوم في الماء بشكل محدود جدًا، وبالتالي يكون تركيز أيونات الهيدروكسيد قليلًا جدًا في المحلول وتكون قيمة pH له بين 10 و11.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

- تنبأ كيف ستتفاعل عناصر الدورة الثانية مع الأكسجين والكلور والماء بالمقارنة مع تفاعل عناصر الدورة الثالثة بالمواد نفسها. اكتب معادلات كيميائية موزونة للتفاعلات التي ستحدث.
- بالإضافة إلى العناصر التي تنتمي إلى المجموعة نفسها والتي تمتلك خصائص كيميائية متشابهة، هناك أيضًا تشابه قطري diagonal بين عنصر ما والعنصر الموجود في الدورة والمجموعة السابقتَين له (على سبيل المثال Al و Be). قم بإجراء بحث لإيجاد أيّة أمثلة حول هذه العلاقة.

الدعم

يُعطى الطلبة القاعدة العامة الآتية: تميل فلزات الدورة الثالثة إلى تكوين مركبات أيونية بيضاء صلبة خلال تفاعلاتها، بينما تكوّن العناصر اللافلزية في هذه الدورة مركبات تساهمية ذات درجات انصهار أو غليان منخفضة.

يمثل السيليكون نقطة الانتقال بين الفلزات واللافلزات ويظهر النشاط الكيميائي الأقل بين الفئتَين.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يجيب الطلبة عن الأسئلة التالية:

السؤال ٣ و أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ب) الواردة في كتاب الطالب.

نشاط ٦-٢ ٤(هـ، ح، ط) وأسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٢(ب (١))، ٣(ب (٣)) الواردان في كتاب التجارب العملية والأنشطة. أعط الطلبة مخططات توزيع الدرجات حتى يتمكنوا من إجراء تقويم ذاتي لعملهم أثناء تنقلك بينهم، مع تقديم الدعم لهم عند الضرورة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

تتطلب هذه الأنشطة من الطلبة وصف ملاحظاتهم وتبرير استنتاجاتهم كتابةً.

المهارة الحسابية

يجب أن يكون الطلبة قادرين على حساب أعداد تأكسد العناصر الموجودة في الأكاسيد ووزن معادلات تفاعلات عناصر الدورة الثالثة مع الأكسجين والكلور والماء.

الموضوع ٦-٣ أكاسيد عناصر الدورة الثالثة

الأهداف التعليمية

٦-٤ يذكر التغيرات في أعداد التأكسد لكل من العناصر المكونة للأكاسيد الآتية: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والكلوريدات NaCl، $MgCl_2$، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 من حيث إلكترونات المستوى الخارجي لها (مستوى إلكترونات التكافؤ) ويشرحها.

٦-٥ يصف تفاعلات الأكاسيد: Na_2O، MgO، Al_2O_3، SiO_2، P_4O_{10}، SO_2، SO_3 مع الماء، إن وُجدت، ويكتب معادلاتها متضمنة قيم pH التقريبية للمحاليل التي يتم الحصول عليها.

٦-٦ يصف السلوك الحمضي أو القاعدي للأكاسيد: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والهيدروكسيدات: NaOH، $Mg(OH)_2$، $Al(OH)_3$، موضحًا السلوك المتذبذب (المتردد) في تفاعلاتها مع الأحماض والقواعد (هيدروكسيد الصوديوم فقط) ويشرحه ويكتب معادلاته.

٦-٨ يشرح التغيرات وأنماط التدرج في كل من ٦-٥ و ٦-٦ و ٦-٧ في ضوء التركيب، والروابط الكيميائية والسالبية الكهربائية.

٦-٩ يقترح أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في الكلوريدات والأكاسيد، من خلال ملاحظة خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-٣ أكاسيد عناصر الدورة الثالثة - أعداد التأكسد – تأثير الماء على أكاسيد وهيدروكسيدات عناصر الدورة الثالثة – تأثير السالبية الكهربائية على الترابط والسلوك الحمضي أو القاعدي لأكاسيد عناصر الدورة الثالثة السؤال ٤ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (أ)(٣،٢))	• صيغ أكاسيد الدورة الثالثة وأعداد تأكسدها • تفاعلات الأكاسيد والهيدروكسيدات مع الماء • تقديم عرض عملي توضيحي لهذه التفاعلات والنظر في التغيرات التي تنطوي عليها • خصائص الأكاسيد وبُناها، والعلاقة بين التراكيب والسلوك الحمضي أو القاعدي للأكاسيد
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة (١)، ٤(ب، ج، د، و)، ٥، ٦) استقصاء عملي ٦-١ خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة الجزء ١ أسئلة نهاية الوحدة: ١، ٢(ب (٢، ٣)، ٢(ج)	• الاستقصاء العملي لتفاعلات الأكاسيد مع الماء وسلوكها الحمضي أو القاعدي • تفاعلات Na_2O و MgO مع الماء • خصائص الأكاسيد وتراكيبها

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

وزّع الطلبة ضمن مجموعات، وكلف كل مجموعة كتابة صيغ أكاسيد عناصر الدورة الثالثة، ثم كتابة عدد تأكسد العنصر الموجود في الأكسيد وتحديد نمط التدرج الذي يتوضح لديهم.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

أعط الطلبة صيغ الأكاسيد Na_2O، MgO، Al_2O_3، SiO_2، P_4O_{10}، SO_3، Cl_2O_7، واطلب إليهم كتابة أعداد تأكسد العنصر الموجود في الأكسيد ويحددون نمط التدرج الذي يتوضح لديهم. أعطهم صيغًا أخرى مثل P_4O_6، SO_2، Cl_2O للتوسع في العمل واطلب إليهم شرح وجود هذه الأكاسيد الأخرى.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد عدة أنشطة تعليمية يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ استقصاء عملي ٦-١: خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة. (٢ × ٣٥ دقيقة)

- وزّع الطلبة ضمن مجموعات لإجراء الاستقصاء العملي. تمّ وصف التفاصيل العملية لأكاسيد الفلزات في دليل المعلم في هذا المصدر تحت عنوان استقصاء عملي ٦-١. وبالإضافة إلى استقصاء الخصائص الكيميائية للأكاسيد، ينبغي للطلبة تحديد عدد تأكسد العنصر الموجود في الأكسيد. يستخدم الكاشف العام للحصول على قيمة تقريبية للرقم الهيدروجيني pH لمخاليط التفاعل، ولكن إذا توافرت مقاييس pH (pH meters)، فيفضل استخدامها. قدّم عرضًا توضيحيًا لتفاعل كلّ من أكسيد الفوسفور (V) وثنائي أكسيد الكبريت. يُعدّ ثنائي أكسيد السيليكون متعادلًا لأنه لا يذوب في الماء.
- يوفر المصدر احتياطات الأمان والسلامة التي يجب الالتزام بها أثناء الاستقصاء.
- يمكن أن تشكل أيونات أكسيد وهيدروكسيد الألومنيوم أساسًا لاستقصاء عملي منفصل بسبب طبيعتها المتذبذبة. يمكنك تقديم عرض توضيحي يبيّن أن Al_2O_3 يتفاعل مع حمض الكبريتيك المخفف (2 mol/L) ومع هيدروكسيد الصوديوم المركّز الساخن. تُعدّ معادلات التفاعل الرمزية والأيونية مع الحمض بسيطة وواضحة جدًا، في حين أن معادلات التفاعل مع المادة القلوية تكون أكثر تعقيدًا. يكون نمط التدرج من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الثالثة: قلويًا ← متذبذبًا ← حمضيًا.
- أعط الطلبة الصيغ الصحيحة لمركبات الألومنيوم ذات الصلة، وكلفهم كتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات أكسيد الألومنيوم مع الحمض ومع القاعدة.

$$Al_2O_3(s) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow 3H_2O(l) + Al_2(SO_4)_3(aq)$$

أو

$$Al_2O_3(s) + 6H^+(aq) \rightarrow 3H_2O(l) + 2Al^{3+}(aq)$$

$$Al_2O_3(s) + 2NaOH(aq) + 3H_2O(l) \rightarrow 2NaAl(OH)_4(aq)$$

أو

$$Al_2O_3(s) + 2OH^-(aq) + 3H_2O(l) \rightarrow 2Al(OH)_4^-(aq)$$

يتم إعطاء معادلة تفاعل ثنائي أكسيد السيليكون مع هيدروكسيد الصوديوم:

$$SiO_2(s) + 2NaOH\ (aq) \longrightarrow Na_2SiO_3(aq) + H_2O(l)$$

› **أفكار للتقويم:** زوّد الطلبة بالإجراءات المناسبة لإرشادهم خلال قيامهم بعملهم؛ على سبيل المثال:

- يجب وضع درجات لتقييم دقة ملاحظاتهم واستنتاجاتهم فيما يتعلق بطبيعة الأكاسيد وقيامهم بوزن المعادلات.
- يجب أن يحصلوا على درجات إضافية عند كتابتهم المعادلات الكيميائية الموزونة.
- عليهم بناء جداول النتائج الخاصة بهم وكتابة صيغ الأكاسيد.
- عليهم تسجيل نتائجهم والتوصل إلى تحديد التدرج عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

بعد أن ينتهوا من إجاباتهم، على كل مجموعة أن تجتمع مع مجموعة أخرى لمناقشة ما يعتقدون أنه أفضل أو أسوأ السمات الموجودة في عملهم. تنظر المجموعة الأولى في هذه الأمور وتعلق على الأحكام المطروحة، ثم تقوم المجموعة الأخرى بالمثل عبر مناقشة أفضل أو أسوأ أجزاء من عملها، ثم يتمّ إصدار أحكام مماثلة من قبل المجموعة الأولى. يمكن أن يشكل هذا نشاطًا قيمًا لأنه يجعل الطلبة يقوّمون عملهم ويمكّنهم من رؤية عمل الآخرين وتقييم ذلك أيضًا.

٢ تراكيب الأكاسيد وربطها بسلوكها الحمضي أو القاعدي (٣٥ دقيقة)

يعمل الطلبة ضمن مجموعات خلال هذا النشاط. أعطهم الجدول (٦-٨) الوارد في كتاب الطالب.

› **أفكار للتقويم:** حفّز كل مجموعة على استنتاج نوع التركيب لكل من الأكاسيد. تبلغ قيمة السالبية الكهربائية للأكسجين 3.44. ترد قيم السالبية الكهربائية لعناصر الدورة الثالثة في الجدول (٦-٧) الوارد في كتاب الطالب. ويجب على الطلبة استخدام هذه القيم لاستنتاج نوع التركيب لكل أكسيد. قد يحتاج الطلبة إلى تذكيرهم بأن الاختلافات الكبيرة في قيم السالبية الكهربائية تؤدي إلى تكوين مركبات أيونية، أما إذا كان الفرق بسيطًا فيكون التركيب تساهميًا. يبلغ الفرق بين قيم السالبية الكهربائية للألمنيوم والأكسجين (1.94 = 1.5 – 3.44)، الأمر الذي يضع أكسيد الألومنيوم عند الحد الفاصل؛ فهو يحتوي على أيونات ولكنه يظهر بعضًا من الطابع التساهمي.

بالنسبة إلى التراكيب الأيونية الضخمة، على الطلبة ذكر الأيونات الموجودة؛ وبالنسبة إلى أكاسيد السيليكون والكبريت، عليهم أن يرسموا تراكيب الجزيئات (الضخمة والبسيطة)؛ أمّا بالنسبة إلى الجزيئات البسيطة SO_2 و SO_3، فيجب أيضًا إعطاء قيم زوايا الروابط.

ثم عليهم إعطاء نمط التدرج من حيث التركيب عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. تُعدّ الأكاسيد الفلزية الأيونية أكاسيدَ قاعدية وقلوية لأن أيونات الأكسيد تتفاعل مع الماء وفق الآتي: $O^{2-}(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2OH^-(aq)$.

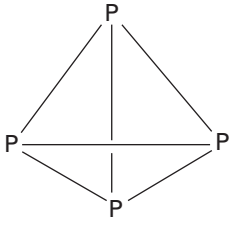
ويتفاعل أكسيد الألومنيوم المتعادل مع الأحماض والقلويات لأنه متذبذب؛ وهو يمتلك بعضًا من الطابع التساهمي. وتُعدّ كلّ من أكاسيد الفوسفور وأكاسيد الكبريت أكاسيد جزيئية بسيطة تسلك سلوكًا حمضيًا، يمكن كتابة معادلات تفاعلاتهما مع الماء. على سبيل المثال، يتفاعل SO_2 على النحو الآتي:

$$SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H^+(aq) + HSO_3^-(aq)$$

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

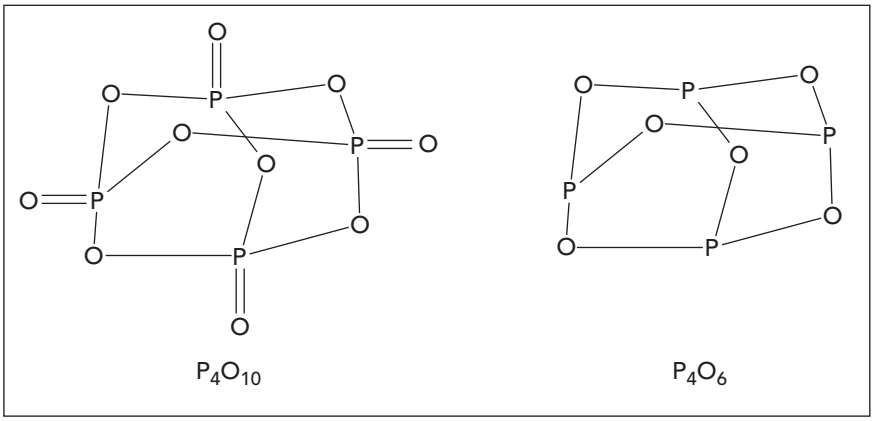
التوسّع والتحدّي

يوجد الفوسفور كجزيء P_4، كما هو موضح في الشكل ٦-٢.



الشكل ٦-٢

اشرح كيف يمكن أن تتكوّن الجزيئات P_4O_6 و P_4O_{10} من هذا الجزيء. يتكون P_4O_6 بعد كسر الرابطة P–P ومن ثم بناء جسر بوساطة ذرات الأكسجين. توجد ستّ روابط P–P، الأمر الذي يتطلب ستّ ذرات أكسجين لبناء الجسور. يتكون P_4O_{10} عندما تكوّن ذرات الفوسفور روابط ثنائية مع أربع ذرات أكسجين إضافية. يوضح الشكل (٦-٣) هاتَين البنيتَين الجزيئيتَين.



الشكل ٦-٣

الدعم

القاعدة البسيطة تتمثّل في أن تعطي الأكاسيد الأيونية محاليل قلوية وتعطي الأكاسيد الجزيئية (التساهمية) محاليل حمضية. فأكسيد الألومنيوم يمتلك قدرًا معيّنًا من الطابع التساهمي، وهو ما يفسر طابعه المتذبذب.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يجيب الطلبة عن الأسئلة الآتية:

- السؤال ٤ وأسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (أ(٣،٢)) الواردة في كتاب الطالب.
- نشاط ٦-٢ (١)، (٤(ب، ج، د، و))، (٥)، (٦) وأسئلة نهاية الوحدة: ١، ٢(ب (٢، ٣)، ٢(ج) الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

أعط الطلبة مخططات توزيع الدرجات حتى يتمكنوا من إجراء تقويم ذاتي لعملهم أثناء تنقلك بينهم، وقدّم الدعم لهم عند الضرورة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

تتطلب هذه الأنشطة من الطلبة وصف ملاحظاتهم وتبرير استنتاجاتهم كتابةً.

المهارة الحسابية

يجب أن يكون الطلبة قادرين على حساب أعداد تأكسد العناصر الموجودة في الأكاسيد ووزن معادلات تفاعلات الأكاسيد مع الماء.

الموضوع ٦-٤ كلوريدات عناصر الدورة الثالثة

الأهداف التعليمية

٦-٤ يذكر التغيرات في أعداد التأكسد لكل من العناصر المكونة للأكاسيد الآتية: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والكلوريدات NaCl، $MgCl_2$، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 من حيث إلكترونات المستوى الخارجي لها (مستوى إلكترونات التكافؤ) ويشرحها.

٦-٧ يصف تفاعلات الكلوريدات: NaCl، $MgCl_2$، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 مع الماء، متضمنة قيم pH التقريبية للمحاليل التي يتم الحصول عليها ويكتب معادلاتها.

٦-٨ يشرح التغيرات وأنماط التدرج في كل من ٦-٥ و ٦-٦ و ٦-٧ في ضوء التركيب، والروابط الكيميائية والسالبية الكهربائية.

٦-٩ يقترح أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في الكلوريدات والأكاسيد، من خلال ملاحظة خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-٤ كلوريدات عناصر الدورة الثالثة – أعداد التأكسد – تأثير الماء على كلوريدات عناصر الدورة الثالثة السؤال ٥ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (أ(٤،١))، ٣(ج)	• صيغ كلوريدات عناصر الدورة الثالثة وأعداد تأكسدها • تفاعل الكلوريدات مع الماء
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة (٢)، (٣)، (٤(أ، ز)) استقصاء عملي ٦-١ خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة الجزء ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ب (٢،١))، ٣(ج)	• تفاعل الكلوريدات مع الماء • استقصاء تفاعلات NaCl، $MgCl_2$، $AlCl_3$ مع الماء • تركيب وروابط كلوريدات عناصر الدورة الثالثة

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يتوقع الطلبة أن كلوريد الألومنيوم مركب أيوني، ويُعدّ ذلك صحيحًا فقط عندما يكون في حالته المميّهة. أكّد على أن كلوريد الألومنيوم يمتلك طابعًا تساهميًا من حيث خصائصه الفيزيائية والكيميائية، معطيًا أمثلة على ذلك.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان؛ سيعتمد اختيار أحدهما على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

وزّع الطلبة ضمن مجموعات، وكلف كل مجموعة كتابة صيغ كلوريدات عناصر الدورة الثالثة، ثم كتابة أعداد تأكسد العنصر الموجود في الكلوريد وتحديد نمط التدرج الذي يتوضح لديهم.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

أعط الطلبة صيغ الكلوريدات NaCl، $MgCl_2$، $AlCl_3$ (Al_2Cl_6)، $SiCl_4$ PCl_5، واطلب إليهم كتابة أعداد تأكسد العنصر الموجود في الكلوريد وتحديد نمط التدرج الذي يتوضح لديهم. أعط صيغ كلوريدات أخرى مثل PCl_3، SCl_2، S_2Cl_2 للتوسع في العمل، واطلب إلى الطلبة شرح وجود هذه الكلوريدات الأخرى.

الأنشطة الرئيسية

فيما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ تفاعلات الكلوريدات مع الماء (٢ × ٣٥ دقيقة)

- وزّع الطلبة ضمن مجموعات لإجراء الاستقصاء العملي. تمّ وصف التفاصيل العملية لكلوريدات الفلزات في دليل المعلم في هذا المصدر تحت عنوان استقصاء عملي (٦-١). وبالإضافة إلى استقصاء الخصائص الكيميائية للكلوريدات، ينبغي للطلبة تحديد عدد تأكسد العنصر الموجود في الكلوريد. في جزأَي الاستقصاء، يستخدم الكاشف العام للحصول على قيمة تقريبية للرقم الهيدروجيني pH لمخاليط التفاعل، ولكن إذا توافرت مقاييس pH، فيفضل استخدامها.
- يوفر المصدر احتياطات الأمان والسلامة التي يجب الالتزام بها أثناء الاستقصاء.
- قدم عرضًا عمليًا توضيحيًا لتفاعلات كل من الكلوريدات اللامائية الجافة للعناصر اللافلزية في الدورة الثالثة مع الماء. يفضل القيام بذلك في خزانة طرد الأبخرة. ويمكنك اختبار أي أبخرة باستخدام ورق الكاشف العام الرطب.
- بدلًا من ذلك، توجد مقاطع فيديو متاحة على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) توضح التحلل المائي لجزيئات PCl_5 و $SiCl_4$، في حال لم تكن المواد الكيميائية متاحة لتقديم العرض العملي التوضيحي.
- ينشئ الطلبة جدول نتائج ويسجلون ملاحظاتهم.
- يمكن للطلبة استخدام الجدول (٦-١١) الوارد في كتاب الطالب للتحقق من نتائجهم.

أفكار للتقويم: زوّد الطلبة بالمعايير المناسبة لإرشادهم خلال قيامهم بعملهم. على سبيل المثال:

- يجب وضع درجات لتقييم دقة ملاحظاتهم واستنتاجاتهم فيما يتعلق بطبيعة الأكاسيد وقيامهم بوزن المعادلات.
- يجب أن يحصلوا على درجات إضافية عند كتابتهم المعادلات الأيونية الصحيحة.
- عليهم إنشاء جداول النتائج الخاصة بهم وكتابة صيغ الأكاسيد.
- عليهم تسجيل نتائجهم والتوصل إلى تحديد التدرج عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

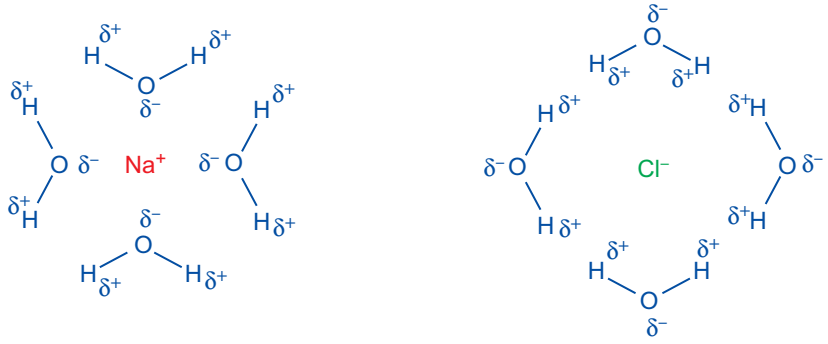
٢ تراكيب الكلوريدات وربطها بتفاعلها مع الماء (٣٥ دقيقة).

- اشرح المصطلحات العلمية التميّه والتحلل المائي.

درس الطلبة في الصف العاشر، أن التميّه هو المصطلح الذي يطلق على العملية التي تحدث عند إضافة الماء إلى مركب أيوني بحيث يصبح جزءًا من تركيبه. وكمثال على ذلك، التفاعل الموضح في المعادلة الآتية:

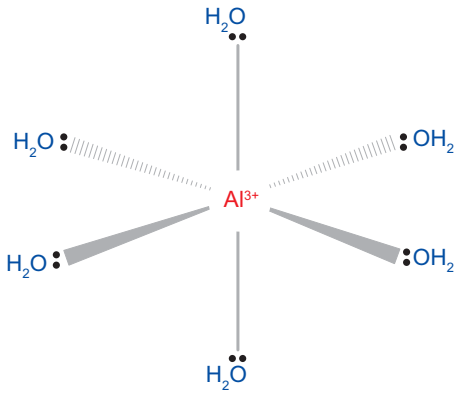
$$CuSO_4(s) + 5H_2O\ (l) \longrightarrow CuSO_4.5H_2O\ (s)$$

وعلى الرغم من أن جزيئات الماء قد ارتبطت بالأيونات الموجودة في التركيب، إلا أنها لم تتفاعل معها. في هذه المرحلة، تم التوسع في هذا التعريف للإشارة إلى كيفية إحاطة جزيئات الماء بالأيونات وانجذابها إليها عند إذابة مركب أيوني في محلول مائي. ومن الأمثلة التي تمت دراستها في الوحدة السادسة نذكر إذابة كلوريد الصوديوم الصلب (NaCl) في الماء لتكوين الأيونات المميهة $Na^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$. يوضح الشكل (٦-٤) كيف تترتب جزيئات الماء حول الأيونات. فإذا كان الأيون موجبًا، ينجذب إليه الطرف السالب في جزيء الماء؛ أي ذرة الأكسجين δ-، وإذا كان الأيون سالبًا، ينجذب إليه الطرف الموجب في جزيء الماء؛ أي ذرة الهيدروجين δ+.



الشكل ٦-٤ تميه أيوني Na^+ و Cl^-.

يُكتب أيون الألومنيوم المميّه، $Al^{3+}(aq)$، أحيانًا على الشكل $[Al(H_2O)_6]^{3+}(aq)$، وذلك لأن التجاذب بين الأيون وجزيئات الماء قوي جدًا بحيث تتكوّن روابط تساهمية تناسقية (dative)، فيؤدي إلى تكوين أيون معقد (الشكل ٦-٥). مرة أخرى، لا يوجد تفاعل بين الأيونات والماء.



الشكل ٦-٥ تميه أيون Al^{3+}.

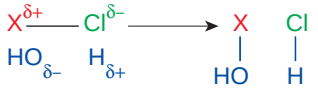
يختلف التحلل المائي عن التميه في أن الماء في هذه الحالة يتفاعل مع الجزيئات أو الأيونات التي يتجاذب معها. فعندما يتفاعل كلوريد تساهمي لعنصر في الدورة الثالثة مع الماء، تتكسر الروابط في كلا الجزيئين. على سبيل المثال، يتفاعل رباعي كلوريد السيليكون مع الماء وفقًا للمعادلة الآتية:

$$SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 4HCl(g)/(aq)$$

يكون المحلول المتكوّن حمضيًا، لأنه عندما تكسّر جزيئات الماء الجزيئات $SiCl_4$، يتكوّن غاز HCl الذي يذوب بعضه في المحلول.

- يوضح الشكل (٦-٦) ما يحدث عندما يتفاعل الماء مع كلوريد تساهمي لإنتاج كلوريد الهيدروجين. إذ يتّحد الهيدروجين الموجود في جزيء الماء مع الكلور الموجود في رابطة X—Cl لإنتاج غاز كلوريد الهيدروجين، بينما تتّحد مجموعة الهيدروكسيل مع ذرة العنصر. بهذه الطريقة يتحلل (ينقسم) جزيء الماء. فعلى سبيل المثال، يتفاعل PCl_3 لإنتاج HCl و H_3PO_3 (والذي يمكن كتابته أيضًا كـ $P(OH)_3$).

$$PCl_3(l) + 3H_2O(l) \longrightarrow P(OH)_3(aq) + 3HCl(g)$$



الشكل ٦-٦ التحلل المائي لكلوريد تساهمي.

- وزّع الطلبة ضمن ثنائيات أو مجموعات صغيرة لمناقشة تراكيب كلوريدات عناصر الدورة الثالثة والروابط الموجودة فيها، على ضوء النتائج التي حصلوا عليها خلال الاستقصاء حول تأثير الماء على هذه الكلوريدات.

› **أفكار للتقويم:** حفّز ثنائيات الطلبة على استنتاج نوع التركيب لكل كلوريد في ضوء الملاحظات التي تمّ تسجيلها خلال تفاعله مع الماء، وبالاستعانة بقيم السالبية الكهربائية لعناصر الدورة الثالثة في الجدول (٦-٧) الوارد في كتاب الطالب. على الطلبة استخدام هذه القيم لاستنتاج نوع التركيب لكل كلوريد. قد يحتاج الطلبة إلى تذكيرهم بأن الاختلافات الكبيرة (2.0 <) في قيم السالبية الكهربائية تؤدي إلى تكوين مركبات أيونية؛ أمّا إذا كان الفرق أقل من ذلك فإنه يعني ازدياد الطابع التساهمي. يبلغ الفرق بين قيم السالبية الكهربائية للألومنيوم والكلور 1.50 = 1.50 – 3.00، الأمر الذي يضعه أسفل الحد الفاصل. وهذا يظهر تباينًا قويًا مع الألومنيوم والأكسجين اللذَين كانا على الحد الفاصل.

بالنسبة إلى التراكيب الأيونية الضخمة، يجب على الطلبة ذكر الأيونات الموجودة؛ وبالنسبة إلى كلوريدات الألومنيوم والسيليكون والفوسفور والكبريت، يجب أن يرسموا تراكيب الجزيئات (الضخمة والبسيطة)؛ أمّا بالنسبة إلى الجزيئات البسيطة، فيجب عليهم أيضًا إعطاء قيم زوايا الروابط واستخدام قيم السالبية الكهربائية لإضافة ثنائيات الأقطاب إلى الروابط.

ثم يُطلب إليهم تحديد نمط تدرج التركيب عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. فكلوريد الصوديوم مركب أيوني وهو يذوب في الماء ليعطي أيونات مميّهة ومحلولًا متعادلًا. هذه هي الحال أيضًا بالنسبة إلى كلوريد الماغنيسيوم، على الرغم من احتمال ملاحظة أن محلوله حمضي بشكل ضعيف جدًا. ونظرًا لأن الطابع التساهمي بين الألومنيوم والكلور أكبر، فهذا يؤدي إلى تفاعله مع الماء وإنتاج محلول أكثر حمضية بكثير. تُعدّ الكلوريدات اللافلزية جميعها تساهمية وتتحلل بالماء، فتنتج محاليل حمضية قوية وتطلق غاز كلوريد الهيدروجين.

يتم إعطاء الطلبة المواد الناتجة الأخرى من تفاعلات التحلل المائي الرئيسية لكلوريدات الألومنيوم والسيليكون والفوسفور (أي $Al(OH)_3$ و SiO_2 و H_3PO_4) فيكتبون المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعلات.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

اقترح معادلات كيميائية للتحلل المائي لـ $BeCl_2$ و BCl_3 لإنتاج كلوريد الهيدروجين ومادة ناتجة أخرى. لا يتحلل رباعي كلورو ميثان (CCl_4) عند إضافة الماء إليه، بينما يتفاعل رباعي كلوريد السيليكون $SiCl_4$، على الفور لإنتاج SiO_2 و HCl. يمكن للطلبة البحث عن سبب ذلك. تلميح (مساعدة): قارن مدى توافر أفلاك d في السيليكون بتلك الموجودة في الكربون. اقترح معادلة كيميائية للتحليل المائي لـ SCl_2 لإنتاج كلوريد الهيدروجين والكبريت ومادة ناتجة أخرى. اشرح سبب إمكانية تصنيف هذا التفاعل أيضًا كتفاعل أكسدة–اختزال.

الدعم

وضّح للطلبة السبب في الحصول على H_3PO_4 وليس $P(OH)_5$؟ الجواب هو أن $P(OH)_5$ مركب غير مستقر ويفقد جزيء ماء ليعطي $(HO)_3P=O$، وهو حمض الفوسفوريك.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يجد بعض الطلبة صعوبة في فهم وربط الموضوعات التي تمّت دراستها. لذا يجب تحديد نوع الروابط والتركيب وتأثير التغير في السالبية الكهربائية بوضوح للطلبة، وعلى الطلبة التفكير في هذه الروابط ورسم مخططات للتعبير عنها.

السؤال ٥

يرد في الجدول ٦-٢ إجابات ممكنة وتعليقات.

الإجابة	التعليق
أ	غير صحيحة. يعتقد بعض الطلبة أن أكاسيد الفلزات جميعها تتفاعل لتكوين محلول قلوي قيمة pH له تساوي 13 - 14.
ب	غير صحيحة. كلوريد الصوديوم مادة صلبة أيونية تذوب في الماء وتنتج محلولاً متعادلاً بدلاً من محلول حمضي.
ج	صحيحة. خماسي كلوريد الفوسفور هو كلوريد تساهمي وبالتالي يتحلل في الماء ليعطي كلوريد الهيدروجين ومحلولاً ذا pH منخفض (محلول حمضي).
د	غير صحيحة. يعتقد بعض الطلبة أن التفاعل تام، وبالتالي فإن المحلول يكون قلويًا جدًا. في الواقع، هيدروكسيد الماغنيسيوم المتكوّن على سطح الفلز لا يذوب عمليًا في الماء (ذوبانية هيدروكسيد الماغنيسيوم في الماء ضعيفة جدًا)، الأمر الذي يمنع التفاعل من الاستمرار، وبالتالي فإن pH يساوي 9 - 11. ومن جهة أخرى، تؤدي الذوبانية الضعيفة لهيدروكسيد الماغنيسيوم، إلى تركيز منخفض من أيونات الهيدروكسيد، وبالتالي إلى محلول منخفض القلوية.

الجدول ٦-٢

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

تتوافر العديد من الأمثلة في هذا الدرس حيث يتعين على الطلبة ربط النتائج والاستنتاجات بالنظرية، على سبيل المثال:

فرق بسيط في السالبية الكهربائية ← روابط تساهمية ← الذي يشير إلى تراكيب جزيئية بسيطة ← تحلل بالماء ← محاليل حمضية

المهارة الحسابية

- يوجد في هذا الدرس عدة معادلات صعبة تحتاج إلى وزنها.
- أيضًا، تتطلّب الاختلافات في السالبية الكهربائية بين العناصر والكلور تقييمًا، وكذلك الاختلافات المستخدمة لشرح الروابط وتراكيب الكلوريدات.

الموضوع ٦-٥ التنبؤ بخصائص العناصر واستنتاج موقع عنصر ما في الجدول الدوري

الأهداف التعليمية

٦-١٠ يتنبأ بالخصائص الكيميائية والفيزيائية لعنصر ما بمعلومية موقعه في الجدول الدوري وبناءً على معرفته بدورية خصائص العناصر.

٦-١١ يتنبأ بطبيعة عناصر غير معروفة وموقعها المحتمل في الجدول الدوري وهويتها بناءً على الخصائص الكيميائية والفيزيائية المعطاة.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٦-٥ التنبؤ بخصائص العناصر واستنتاج موقع عنصر ما في الجدول الدوري السؤال ٦	• يتنبأ بخصائص عنصر باستخدام موقعه في الجدول الدوري • يستنتج موقع عنصر في الجدول الدوري باستخدام خصائصه
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٦-٣ القيام بالتنبؤات (١)، (٢)، (٤) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ج)	• يتنبأ بخصائص عنصر باستخدام موقعه في الجدول الدوري • يستنتج موقع عنصر في الجدول الدوري باستخدام خصائصه

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يتوقع الطلبة أن جميع التمثيلات البيانية لعناصر دورات الجدول الدوري تمتلك نمط التكرار. لكن ذلك غير صحيح، إذ يوجد بعض الاستثناءات في الكيمياء غير العضوية، حيث لا تكون التمثيلات البيانية جميعها قابلة للتكرّر تمامًا. على سبيل المثال، تمتلك العناصر في الدورة الثانية خصائص شاذة، ولكنها قابلة للشرح.
- قد يعتقد بعض الطلبة أن الأكاسيد التي لا تذوب في الماء يكون وسطها المتعادل ناتجًا من الأكسيد نفسه، ولكنه في الحقيقة هو ناتج من الماء.
- قد يعتقد بعض الطلبة أن مركبات الكلوريد الذائبة في الماء تعطي وسطًا حمضيًا دائمًا، وهذا ليس صحيحًا حيث إن بعضها يكون محاليل متعادلة.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان؛ وسيعتمد اختيار أحدهما على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٢٠ دقيقة)

عد الى عمل مندليف لمراجعة تنبؤاته حول الجيرمانيوم والجاليوم. كيف توصل إلى هذه التنبؤات؟ حفّز الطلبة على أن يناقشوا ضمن مجموعات ما سيفعلونه إذا اكتشفوا عنصرًا جديدًا. كيف سيساعدهم ذلك في العمل الذي أنجز سابقًا حول الدورية؟

› **فكرة للتقويم:** تقوم المجموعات بتدوين التجارب والقياسات التي قد يقومون بها لتحديد موقع العنصر الجديد في الجدول الدوري. على سبيل المثال، بالنسبة إلى الجاليوم، ماذا سيتوقعون في تجاربهم؟

٢ فكرة ب (٢٠ دقيقة)

ابحث على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن اكتشاف الغازات النبيلة. اكتشف السير وليام رامزي Sir William Ramsay الأرغون لكنه واصل اكتشاف المزيد من الغازات النبيلة. ما الذي دفعه إلى الاستمرار في البحث عن غازات جديدة بعد اكتشاف الغاز الأول؟

› **فكرة للتقويم:** يبحث الطلبة ضمن مجموعات على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) حول هذا الموضوع. يجب أن يشرحوا التفاعلات التي استخدمها رامزي لإزالة الأكسجين (النحاس الساخن) والنيتروجين (الماغنيسيوم الساخن) وأن يكتبوا معادلات هذه التفاعلات. ما الذي دفعه إلى الاستمرار في البحث عن غازات جديدة بعد اكتشاف الغاز الأول؟

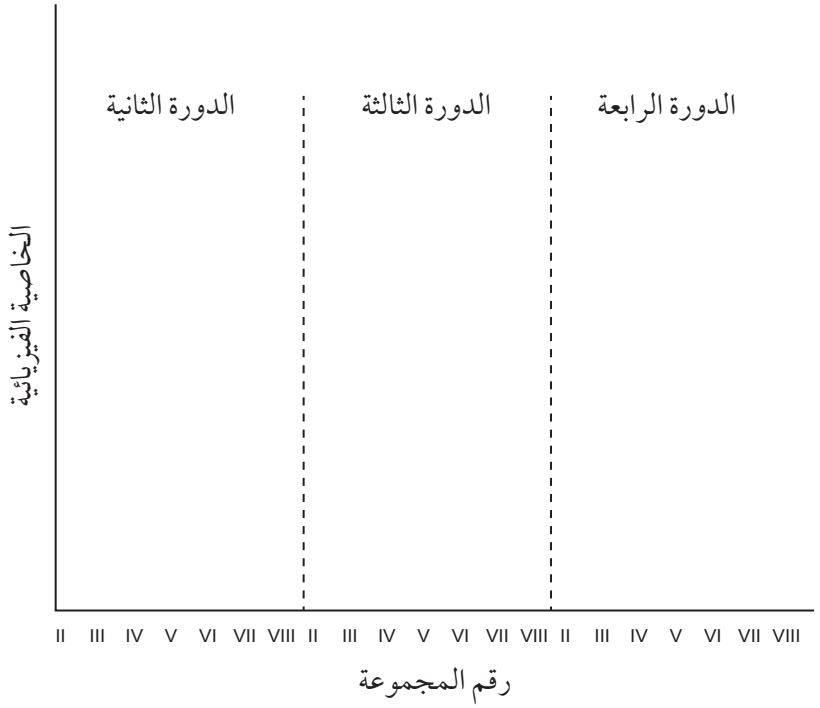
الإجابة: بمجرد أن اكتشف الأرغون، طبّق رامزي مفاهيم مندليف حول المجموعات في الجدول الدوري والدورية. وبما أن الأرغون كان مختلفًا جدًا عن باقي العناصر المعروفة، يجب إذًا أن يكون ضمن مجموعة جديدة من الجدول الدوري، ما يعني أيضًا وجود عناصر أخرى تنتمي إلى هذه المجموعة.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ التنبؤ بخصائص العناصر في دورات أخرى (٢٥ دقيقة)

- أعط المجموعات ورقة رُسم عليها محور أفقي وكُتبت عليها أرقام المجموعات VIII، VII، VI، IV، V، III، II ثلاث مرات (الشكل ٦-٧). يجب أن تتوافر مساحة لثلاث دورات (الثانية والثالثة والرابعة). يمكنهم بعد ذلك رسم التغير الحاصل في خاصية فيزيائية ما للدورات الثلاث جميعها.



الشكل ٦-٧

- يجب تقاسم العمل مع مجموعات مختلفة للقيام برسم تغير نصف القطر الذري، ونصف القطر الأيوني، ودرجات الانصهار. يحتمل أن يكون رسم تغيّر نصف القطر الأيوني هو الأصعب، لذا يجب إعطاؤه للمجموعة الأكثر تمكنًا. وفي حال كانت المجموعات ذات قدرات مختلفة، يمكنك الاختيار عبر السحب بالقرعة.

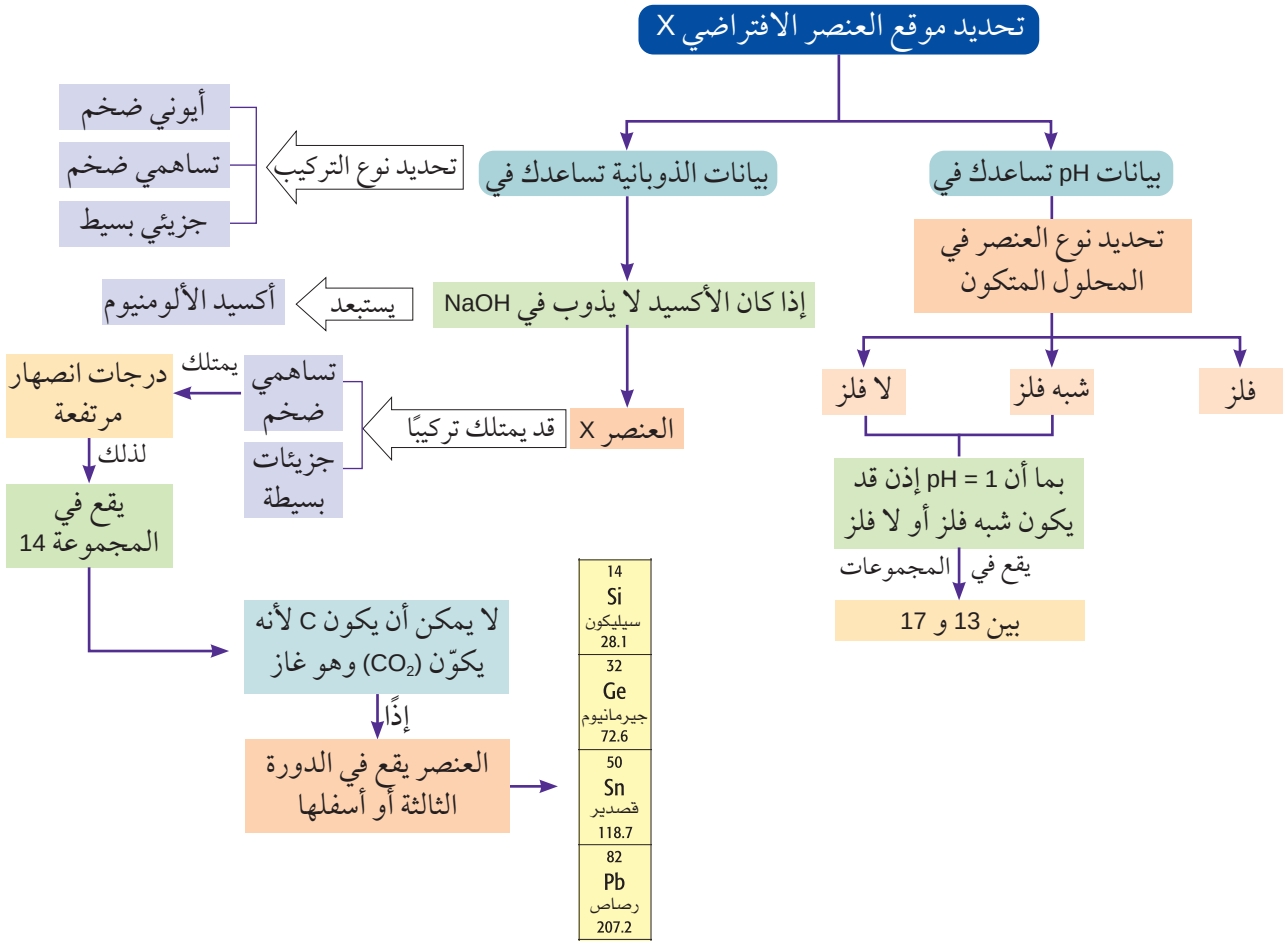
› **فكرة للتقويم:** عند نهاية مدة العشر دقائق، تقدم كل مجموعة مخططاتها، وإذا وافق الفصل بأكمله على توقعات المجموعات، يمكن للطلبة نسخ النتائج.

٢ أسئلة عن التنبؤ بالخصائص وتحديد مواقع العناصر (١٠ دقائق).

استخدم أمثلة من الأمثلة الواردة في كتاب الطالب والتي سبق العمل عليها مع الطلبة، واطلب استنتاجاتهم من المعلومات.

يمكن استخدام خريطة المفاهيم الآتية لمساعدة الطلبة على تفسير المعلومات الواردة في المثال ١.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة الإجابة عن السؤال ٦ الوارد في كتاب الطالب.



التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

تظهر عناصر الدورة الثانية بعض الاستثناءات في الخصائص. كلف الطلبة كتابة هذه الخصائص على سبيل المثال، تتفكك كربونات الليثيوم عند التسخين على عكس كربونات عناصر المجموعة الأولى. أيضًا، تكون الذرات N و O و F روابط هيدروجينية بين الجزيئات. لا تحتوي عناصر الدورة الثانية على أفلاك d، الأمر الذي يعني أنها لا تظهر حالات تأكسد متعددة وأن كلوريداتها لا تتحلل بالماء (راجع التوسع والتحدي من الموضوع السابق).

الدعم

عند رسم خصائص الدورتَين الثانية والرابعة، هل تزداد قيم الخصائص أم تنقص؟

يمكنك حثهم عن طريق سؤالهم عن تأثير الشحنة النووية والحجب على هذه القيم.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

دوّن جميع الموضوعات الرئيسية والموضوعات الفرعية التي تمّت تغطيتها في هذا القسم. وبناءً على ذلك، اكتب ثلاث مهارات / معلومات مهمة استخلصها الطلبة أو مفاهيم لم يكونوا متأكدين من فهمها وقد تم توضيحها. على سبيل المثال، الاختلافات في الخصائص الفيزيائية، وأعداد تأكسد العناصر في المركبات، والسالبية الكهربائية ونوع الروابط، وتراكيب العناصر ومركباتها، وتفاعلات العناصر مع الماء والأكسجين، وتراكيب أكاسيد وكلوريدات عناصر الدورة الثالثة وتفاعلاتها مع الماء.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يحتاج الطلبة إلى أن يكونوا قادرين على تنظيم أفكارهم حول مفهوم الدورية وتدوين هذه الأفكار.

المهارة الحسابية

يجب أن يكونوا قادرين على توضيح الأنماط الدورية من خلال رسم التمثيلات البيانية.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. **أ.** نصف قطر ذرة الليثيوم أكبر من نصف قطر ذرة الفلور. تحتوي ذرة الفلور على ستة إلكترونات أكثر من ذرة الليثيوم، وهي تشغل مستوى الطاقة الرئيسي نفسه مثل الإلكترون الخارجي الوحيد لليثيوم. وهذا يعني أن تأثير الحجب يكون متقاربًا في كلتا الذرتَين، لكن الشحنة النووية لذرة الفلور (+9) أكبر من تلك الموجودة في ذرة الليثيوم (+3)، وهي بالتالي تجذب إلكترونات الفلور الخارجية لتكون أقرب إلى نواتها من الليثيوم.

ب. حجم ذرة الليثيوم أكبر من حجم أيون Li^+. لقد تكوّن الأيون Li^+ ذو الشحنة الموجبة عندما فقدت ذرة Li الإلكترون الموجود في مستوى الطاقة الخارجي (ما يعني فعليًا فَقْد مستوى الطاقة الرئيسي الثاني) من ذرة Li، لذلك تكون أيونات Li^+ أصغر بكثير من ذرات Li.

ج. حجم ذرة الأكسجين أصغر من حجم أيون O^{2-}. يكتسب أيون O^{2-} إلكترونَين إضافيَّين في مستوى الطاقة الرئيسي الثاني مع الاحتفاظ بالشحنة النووية نفسها. يحتوي مستوى الطاقة الثاني في ذرة الأكسجين على ستة إلكترونات وهي تتنافر فيما بينها. في الأيون O^{2-}، يحتوي مستوى الطاقة الثاني على ثمانية إلكترونات، ما يعني ازدياد التنافر، الذي يؤدي إلى ازدياد نصف القطر. لذلك فإن حجم أيونات O^{2-} تكون أكبر من حجم ذرات O.

د. حجم أيون النيتريد N^{3-}، أكبر من حجم أيون الفلوريد F^-. يمتلك الأيون N^{3-} شحنة نووية موجبة (+7) أصغر من شحنة الأيون F^- والتي تساوي (+9). ونظرًا إلى وجود الإلكترونات الخارجية (العدد نفسه من الإلكترونات، 10) في مستوى الطاقة الرئيسي نفسه في كلا الأنيونَين، فإن هذه الإلكترونات لا تجذبها النواة بالقوة نفسها في حالة الأيون N^{3-}، ما يجعل هذا الأخير أكبر من الأيون F^-.

٢. **أ.** يمتلك الكبريت تركيبًا جزيئيًا بسيطًا مع قوى فان دير فال ضعيفة نسبيًا بين جزيئات S_8، بينما يمتلك السيليكون تركيبًا جزيئيًا ضخمًا مع شبكة ضخمة من ذرات السيليكون المترابطة فيما بينها عبر كامل هذا التركيب بروابط تساهمية قوية. لذلك فإن التغلب على قوى فان دير فال بين جزيئات الكبريت يتطلب طاقة أقل بكثير ممّا يتطلبه كسر الروابط التساهمية بين ذرات السيليكون.

ب. تحتوي جزيئات S_8 على إلكترونات أكثر من جزيئات Cl_2، لذلك فان قوى فان دير فال الموجودة بين جزيئات S_8 تكون أكبر من تلك الموجودة بين جزيئات Cl_2.

ج. يمتلك الماغنيسيوم إلكترونات غير متمركزة حرة الحركة، يمكنها نقل شحنة كهربائية عبر بنيتها الفلزية الضخمة. ويمتلك الفوسفور تركيبًا جزيئيًا بسيطًا؛ ولا يمتلك أي جزيء شحنة كهربائية إجمالية (لا يمتلك إلكترونات حرة الحركة) فلا تستطيع الإلكترونات بالتالي الانتقال من جزيء إلى آخر.

تمنح كل ذرة ماغنيسيوم إلكترونَين لـ بحر الإلكترونات غير المتمركزة، في حين تمنح كل ذرة صوديوم إلكترونًا واحدًا فقط، ما يوفر عدد إلكترونات أكبر لنقل الشحنة عبر الفلز في الماغنيسيوم.

٣. **أ.** **١.** $4Li(s) + O_2(g) \longrightarrow 2Li_2O(s)$

٢. $2Li(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2LiCl(s)$

ب. **١.** $Ca(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g)$

٢. يُعدّ هيدروكسيد الكالسيوم أكثر ذوبانية في الماء من هيدروكسيد الماغنيسيوم، لذلك

يوجد عدد أكبر من أيونات الهيدروكسيد لكل وحدة حجم من المحلول المتكون من تفاعل الكالسيوم مع الماء.

٤. أ. ١. روابط تساهمية وتركيب جزيئي (تساهمي) ضخم.

٢. $GeO_2(s) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2GeO_3(aq) + H_2O(l)$

٣. لا يحدث أي تفاعل/لا يحدث أي تغير / لا يذوب

ب. ١. $K_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2KOH(aq)$

٢. $K_2O(s) + 2HNO_3(aq) \longrightarrow 2KNO_3(aq) + H_2O(l)$

٣. الروابط أيونية والتركيب أيوني ضخم

٥. ج

٦. أ. ١. المجموعة 15 (V)

٢. غاز كلوريد الهيدروجين

ب. المجموعة 1

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. أي أنها تُظهر نمطًا متكررًا عبر كل دورة.

ب. ١. يمتلك السيليكون تركيبًا تساهميًا ضخمًا. والروابط جميعها روابط تساهمية قوية. يمتلك الفوسفور تركيبًا جزيئيًا بسيطًا. والجزيئات مترابطة فيما بينها بوساطة قوى بين-جزيئية ضعيفة (قوى فان دير فال).

٢. التركيب والروابط في الصوديوم والألمنيوم فلزية ضخمة؛ وشحنة الأيونات الفلزية في الألومنيوم أكبر منها في الصوديوم. تمنح كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات لـ بحر الإلكترونات غير المتمركزة، بينما تمنح كل ذرة صوديوم إلكترونًا واحدًا فقط؛ لذلك، يوجد في الألومنيوم قوة جذب أكبر بين الأيونات الموجبة والإلكترونات غير المتمركزة؛ وبالتالي، تكون هنالك حاجة إلى طاقة أكبر لفصل الأيونات وصهر الألومنيوم.

٢. أ. ١. ينقص عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

٢. عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين، يمتلئ مستوى الطاقة الخارجي تدريجيًا، وتشغل الإلكترونات مستوى الطاقة نفسه فلا تنتقل إلى مستوى طاقة جديد؛ وفي الوقت نفسه، تزداد الشحنة النووية، فتزداد قوة الجذب النووية على كل إلكترون موجود في مستوى الطاقة الخارجي؛ وتنجذب الإلكترونات أكثر نحو النواة، فيصبح نصف القطر الذري أصغر.

ب. يزداد التوصيل الكهربائي عبر الفلزات في الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين، من الصوديوم (المجموعة 1) إلى الألومنيوم (المجموعة 13) لأنها تمتلك إلكترونات حرة الحركة. ثم ينخفض التوصيل الكهربائي بشكل حاد عند الوصول إلى عنصر السيليكون، الذي يوصف بأنه شبه فلز (شبه موصل)، ثم ينخفض بشكل حاد أكثر عند الوصول إلى المواد اللافلزية العازلة مثل الفوسفور والكبريت التي لا تمتلك إلكترونات حرة الحركة.

٣. أ. ١. متعادل

$NaCl(s) \xrightarrow{\text{ماء}} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$

٢. حمضي

$SO_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(aq)$

٣. قاعدي/قلوي

$Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)$

٤. حمضي

$PCl_5(l) + 4H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_4(aq) + 5HCl(g)$

ب. ١. $Mg(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Mg(OH)_2(s) + H_2(g)$

٢. 11-10

قلوي ضعيف، لأن ذوبانية هيدروكسيد الماغنيسيوم في الماء ضئيلة جدًا.

ج. ١. $PCl_3(l) + 3H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_3(aq) + 3HCl(g)$

٢. 2-1

٣. انبعاث أبخرة بيضاء من HCl

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٦-١

١. يزداد عدد **البروتونات** (الشحنات الموجبة) عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. لذلك تزداد الشحنة **النووية** أيضًا.

يزداد عدد الإلكترونات (الشحنات **السالبة**) أيضًا عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. ينتقل كل إلكترون إضافي في الذرات المتتالية إلى مستوى الطاقة الرئيسي نفسه. لذلك لا يزداد كثيرًا تأثير **الحجب** من **إلكترونات** مستويات الطاقة الداخلية على إلكترونات **مستوى الطاقة** الخارجي. وبالتالي، عبر دورة ما، يؤدي ازدياد قوة **الجذب** بين النواة والإلكترونات **الخارجية** إلى جذب هذه الإلكترونات أكثر نحو **النواة**.

٢. عند الانتقال من الصوديوم إلى **السيليكون**، تقل قيم نصف القطر الأيوني لأسباب مماثلة لتلك المفصّلة في حالة نصف القطر الذري (الجزئية ١). إذ توجد الإلكترونات الخارجية في مستوى الطاقة الرئيسي الثاني لأن الأيونات تكوّنت عبر فقدان الإلكترونات الخارجية من مستوى الطاقة الرئيسي الثالث، وبالتالي فإن نصف القطر الأيوني لكل عنصر يكون أصغر من نصف القطر الذري له. وتكون قيم نصف القطر الأيوني من الفوسفيد إلى الكلوريد أكبر بكثير لأن الإلكترونات الخارجية موجودة في مستوى الطاقة الثالث. أي أن هذه الإلكترونات الخارجية تكون أبعد عن النواة وتكون قوة جذب النواة لها أضعف بكثير. تنخفض هذه القيم من الفوسفيد إلى الكلوريد لأسباب مماثلة لتلك المفصّلة في حالة نصف القطر الذري (الجزئية ١).

٣.
أ. تزداد لتبلغ الحد الأقصى (عند Si) ثم تقل لتبلغ قيمًا منخفضة جدًا.

ب. يمكن لكل ذرة ألومنيوم أن تمنح ثلاثة إلكترونات لـ بحر الإلكترونات غير المتمركزة في بنيته الفلزية. بينما يمكن لذرة الصوديوم أن توفر إلكترونًا واحدًا فقط. إن وجود عدد أكبر من الإلكترونات غير المتمركزة وشحنة أيونية أكبر (+3 لـ Al) يعني أنه توجد قوى جذب أكبر بين الأيونات والإلكترونات، ما يجعل التغلب عليها (كسرها) أكثر صعوبة.

ج. يمتلك السيليكون تركيبًا تساهميًا ضخمًا (تركيب جزيئي ضخم)، لذا يتطلب طاقة حرارية مرتفعة جدًا لكسر الروابط جميعها الموجودة في الشبكة.

د. تمتلك هذه العناصر تراكيب جزيئية بسيطة مع قوى جذب ضعيفة فقط (قوى فان دير فال) بين الجزيئات.

هـ. عنصر النيون Ne: يقع هذا العنصر قبل Na وفوق الأرغون مباشرة (في مجموعته نفسها؛ المجموعة 18).
تقبل القيمة بين: 5–100 K (القيمة الفعلية 25 K).
عنصر البوتاسيوم K: هو العنصر التالي بعد Ar يجب أن تكون القيمة أقرب إلى Na ولكن أقل قليلًا.
تقبل القيمة بين: 250 - 400 K (القيمة الفعلية 336 K)
عنصر الكالسيوم Ca: العنصر التالي بعد K لذلك يجب أن تكون القيمة أعلى من البوتاسيوم.

تقبل القيمة بين: 900 - 1300 K (القيمة الفعلية 1112 K).

و. هي فلزات لذلك تحتوي على إلكترونات غير متمركزة مسؤولة عن نقل الشحنة عبر كامل التركيب.

ز. يمكن لكل ذرة ألومنيوم أن تمنح ثلاثة إلكترونات لـ بحر الإلكترونات غير المتمركزة في التركيب الفلزي. بينما يمكن لذرة الصوديوم أن توفر إلكترونًا واحدًا فقط.

ح. يمتلك تركيبًا جزيئيًا (تساهميًا) بسيطًا لذلك لا توجد إلكترونات غير متمركزة (أو أيونات متحركة).

نشاط ٦-٢

١.

1	ج
2	و
3	أ
4	د
5	ب
6	هـ

٢. أ. تزداد نسبة الكلور في كل من العناصر الأخرى لتبلغ الحد الأقصى في المجموعة 14 أو المجموعة 15 ثم تنخفض بعد ذلك.

ب. CCl_4، $SiCl_4$، NCl_3، PCl_5

ج. S = +4، P = +5

٣. أ. إذا كان الفرق في السالبية الكهربائية بين الذرات كبيرًا نسبيًا، على سبيل المثال 2.0، يكون التركيب أيونيًا وهذا ينطبق على كلوريد الماغنيسيوم. وإذا كان الفرق في السالبية الكهربائية بين الذرات صغيرًا نسبيًا، على سبيل المثال 1.0، فإن التركيب يكون تساهميًا وهذا ينطبق على كلوريد الفوسفور حيث إن الفرق في السالبية صغير نسبيًا (على الرغم من وجود بعض الطابع الأيوني في PCl_5).

ب. تكون أيونات الماغنيسيوم والكلوريد مستقرة بفضل جزيئات الماء التي تحيط بها (قوة جذب أيون-ثنائي القطب) في المحلول فلا تتفاعل. في PCl_5، ذرة Cl أكثر سالبية كهربائية من ذرة P فتكون الرابطة قطبية وتكتب: $P^{\delta+} - Cl^{\delta-}$. لذا يمكن لجزيء الماء عالي القطبية ($O^{\delta-}$) أن يهاجم P ($\delta+$) فيتحلل الجزيء.

٤. أ. $PCl_5 + 4H_2O \longrightarrow H_3PO_4 + 5HCl$

ب. $SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$

ج. $Mg(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

د. $SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$

هـ. $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$

و. $Al_2O_3 + 3H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

ز. $SiCl_4 + 2H_2O \longrightarrow SiO_2 + 4HCl$

ح. $2P + 5Cl_2 \longrightarrow 2PCl_5$

ط. $4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$

٥. أ. أكسيد الصوديوم pH 13–14؛ أكسيد الماغنيسيوم pH 11–10.

ب. يتفاعل أكسيد الصوديوم مع الماء لتكوين هيدروكسيد الصوديوم ذي الذوبانية المرتفعة، لذا يكون تركيز أيونات OH^- مرتفعًا في المحلول. ويتفاعل أكسيد الماغنيسيوم مع الماء لتكوين هيدروكسيد الماغنيسيوم ذي الذوبانية المنخفضة جدًا (يكاد لا يذوب في الماء) لذا يكون تركيز أيونات OH^- أقل.

ج. $MgO(s) + H_2O(l) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$

٦. أ. يمتلك ثنائي أكسيد السيليكون تركيبًا جزيئيًا ضخمًا وروابط تساهمية. ويحتاج إلى طاقة عالية لكسر جميع الروابط في الشبكة ليذوب في الماء (أو ليتفاعل معه).

ب. ثنائي أكسيد الكبريت 2–1 pH؛ أكسيد الفوسفور (V) درجة 2 pH.

ج. يتفاعل ثنائي أكسيد الكبريت مع الماء لتكوين H_2SO_3 وهو حمض ويطلق أيونات H^+ في محلوله المائي. يتفاعل أكسيد الفوسفور (V) مع الماء لتكوين H_3PO_4 وهو أيضًا حمض ويطلق أيونات H^+ في محلوله المائي.

د. $SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$

هـ. $P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow 4H_3PO_4(aq)$

أو

$P_2O_5(s) + 3H_2O(l) \longrightarrow 2H_3PO_4(aq)$

نشاط ٦-٣

١. أ. يوجد نمط تدرج منتظم في درجات الانصهار، على سبيل المثال: بالنسبة إلى عناصر الفئة d، ترتفع درجات الانصهار لتصل إلى قيم عالية ثم تنخفض مرة أخرى، ويوجد ذروة لعناصر المجموعة 14.

ب. يمتلك العنصران تراكيب جزيئية (تساهمية) ضخمة وروابط تساهمية. يتطلب الأمر طاقة حرارية عالية لكسر جميع هذه الروابط.

ج. العنصر ذو العدد الذري 15 موجود في المجموعة 15 ويمتلك تركيبًا جزيئيًا بسيطًا. ولا يوجد سوى قوى جذب ضعيفة بين الجزيئات (فان دير فال)، لذا فهي لا تتطلب طاقة عالية (تحتاج فقط إلى درجة حرارة منخفضة نسبيًا) للتغلب على هذه القوى.

د. مع ازدياد العدد الذري نلاحظ تذبذبًا في القيم بين ازدياد كبير وانخفاض.

هـ. هما من الغازات النبيلة / المجموعة 18. لا يوجد سوى قوى جذب ضعيفة جدًا بين ذراتها (قوى فان دير فال فقط بين ذرات منفردة). لذلك لا تحتاج إلى طاقة عالية للتغلب على هذه القوى.

٢. أ. تقبل القيمة بين: 500 و1200°C (القيمة الفعلية 931°C)

ب. موصل (تصبح العناصر أكثر فلزية عند الانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة).

ج. 1.8

د. حمضي (بشكل ضعيف).

هـ. سوف تزداد الخاصية الفلزية الأمر الذي يعني أن التوصيل الكهربائي سيزداد وأن أكاسيد هذه العناصر ستصبح أقل حمضية.

٣. أ. تزداد قيمة طاقة التأين من اليسار (الصوديوم) إلى اليمين (الأرغون).

ب. يمتلك شحنة نووية أكبر من ذرات العناصر التي تسبقه. لذلك يتطلب طاقة عالية لإزالة الإلكترون من مستوى الطاقة الإلكتروني الخارجي نفسه.

ج. كلما اتجهنا إلى أسفل المجموعة تصبح إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي أبعد عن النواة، لذا فإن قوى الجذب بين الشحنة النووية الموجبة وإلكترونات مستوى الطاقة الإلكتروني الخارجي تكون أضعف.

٤. درجة انصهار مرتفعة ← تركيب ضخم.

أكسيد قلوي ← المجموعة 1 أو 2.

محلول متعادل من الكلوريد ← المجموعة 1 أو 2.

كلوريد XCl_2 ← المجموعة 2.

ثالث أعلى طاقة تأين في المجموعة ← الدورة 4 (بما أن العنصر الأول في المجموعة ينتمي إلى الدورة الثانية وبما أن طاقات التأين الأولى تقل عند الانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة).

لذا فإن X هو Ca.

إجابات الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٦-١: خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة

المقدمة

تمّ تصميم هذا الاستقصاء العملي لدعم العمل النظري فيما يتعلق بالدورية. يمكن التوسع في هذا المفهوم ليشمل الدورة بأكملها، واستقصاء أكاسيد وكلوريدات اللافلزات.

المدة

ينقسم هذا الاستقصاء العملي إلى جزأَين وسيستغرق كل جزء ٣٠ دقيقة لتنفيذه.

التحضير للاستقصاء

- سيكون مثاليًا إجراء هذا الاستقصاء بالتزامن مع تغطية موضوع الدورية، بحيث تكون المفاهيم الواردة فيها حاضرة جدًا في أذهانهم.
- يجب أن يدرك الطلبة المقصود بالتحليل المائي، وأن الروابط التساهمية القطبية يمكن أن تتأثر به.
- نظرًا إلى خطورة استخدام أكسيد الصوديوم، فإن استخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم يُعدّ مقبولًا، أو بديلًا مناسبًا.

المواد والأدوات	
• أنابيب اختبار عدد 6	• محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 mol/L
• رف حامل لأنابيب الاختبار	• أكسيد الماغنيسيوم
• ماصة قطارة سعة 1-2 mL	• أكسيد الألومنيوم
• ملعقة كيماويات صغيرة	• كلوريد الماغنيسيوم المميّه
• قنينة غسيل وماء مقطر	• كلوريد الألومنيوم المميّه
• زجاجة بنية بقطارة تحتوي على محلول الكاشف العام (يمكن استخدام أوراق الكاشف العام أو مجس pH)	• كلوريد الصوديوم

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- يجب عليك ارتداء نظارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- خلال بعض التفاعلات قد تنتج كمية معينة من الحرارة. يجب أن يؤخذ هذا في الاعتبار.
- يعد محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكّالة.
- يعد كلوريد الألومنيوم المميّه مادة مهيجة.
- يجب التخلّص من المواد الصلبة والسوائل المتبقية جميعها في الحوض مع سكب الكثير من الماء.
- الكاشف العام ذائب في الإيثانول وهو قابل للاشتعال.

توجيهات حول الاستقصاء

- يمكن أن تعرض للطلبة تفاعل أكاسيد عناصر الدورة الثالثة اللافلزية مع الماء لتوسيع الاستقصاء. أكاسيد الكبريت عبارة عن غازات حمضية ولا يمكن عرضها إلا في خزانة طاردة للدخان، تتفاعل أكاسيد الفوسفور والكبريت بشدة مع الماء لتكوين محاليل حمضية شديدة لذلك يجب الالتزام باحتياطات الأمان والسلامة.
- يمكن أن يكون التفاعل بين كلوريد الألومنيوم اللامائي أو الكلوريدات اللافلزية والماء عنيفًا جدًا وبالتالي يجب توخي الحذر عند إجراء هذا النوع من التفاعل.

المخططات الخاصة بالروابط فلز–كلور ذات الشحنات الجزئية وعمليات جذب شقَّي جزيء الماء للطرفَين المتقابلَين للرابطة ستساعد في معرفة ما يحدث عندما تنقسم الرابطة H–OH.

حفّز الطلبة على تطبيق ما تعلموه في هذا النشاط على الدورة الرابعة والتنبؤ بما يحدث عند إضافة الماء إلى أكاسيد وكلوريدات البوتاسيوم والكالسيوم والجاليوم. وبدلًا من ذلك، يمكنهم التنبؤ بخصائص الأكاسيد والكلوريدات اللافلزية لباقي العناصر في الدورة الثالثة. ويمكن بعد ذلك اختبار تنبؤاتهم.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يجد العديد من الطلبة صعوبة في فهم فكرة التحليل المائي. قد يطبق الطلبة القاعدة (أن مجموعة OH– ترتبط بذرة عندها نقص في الإلكترونات والهيدروجين يرتبط بذرة ذات سالبية كهربائية عالية) على كل كلوريدات الفلز. لذلك، وعلى سبيل المثال، يتفاعل كلوريد الصوديوم مع الماء ليعطي هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الهيدروجين. وعليه ينبغي تذكيرهم بأن التحليل المائي يحدث فقط عندما يوجد بعض الطابع التساهمي في الرابطة فلز–كلور.

تقويم المخاطر

من المتوقع أن تكون تدابير الوقاية من المخاطر التي اقترحها الطلبة كالآتي:

المادة الخطرة	المخاطر	تدابير الوقاية
محلول هيدروكسيد الصوديوم	• مادة مهيجة قد تسبب الضرر إذا انسكبت على الجلد أو لامست العين.	تجنّب الاحتكاك المباشر مع المواد المهيجة واحرص على عدم ملامستها، واغسل أي انسكاب منها بالماء جيّدًا. استخدم القفازات وواقيات العينين.
كلوريد الألومنيوم المائي		تجنّب الاحتكاك المباشر مع المواد المهيجة واحرص على عدم ملامستها، واغسل أي انسكاب منها بالماء جيّدًا. استخدم القفازات وواقيات العينين.
حمض الهيدروكلوريك (مادة ناتجة)		تجنّب الاحتكاك المباشر مع المواد المهيجة واحرص على عدم ملامستها، واغسل أي انسكاب منها بالماء جيّدًا. استخدم القفازات وواقيات العينين.
الكاشف العام	• سريعة الاشتعال.	احرص على إطفاء اللهب في مكان إجراء الاختبار. احتفظ بسدادة الزجاجة.

النتائج

الجزء ١: اختبار أكاسيد الفلزات

ارجع إلى الجدول ٦-١

أنبوبة الاختبار	الملاحظات	الاستنتاجات
Na_2O	يتحوّل لون الكاشف العام إلى الأرجواني (البنفسجي).	أكسيد الصوديوم مادة مرتفعة القلوية (قاعدة قوية)
MgO	يتحوّل لون الكاشف العام إلى الأزرق.	أكسيد الماغنيسيوم أقل قلوية من Na_2O
Al_2O_3	لا تغيير	لا ينتج أكسيد الألومنيوم أيونات OH^- في الماء

الجدول ٦-١

الجزء ٢ : اختبار كلوريدات الفلزات

ارجع إلى الجدول ٦-٢

أنبوبة الاختبار	الملاحظات	الاستنتاجات
NaCl	يتحوّل لون الكاشف العام إلى الأخضر، ويمكن أن يصبح المحلول دافئًا (ساخنًا).	NaCl هو كلوريد متعادل ويذوب في الماء فقط ليعطي محلولًا متعادلًا.
$MgCl_2$	• يتحوّل لون الكاشف العام إلى الأخضر، ويمكن أن يصبح المحلول دافئًا. • بدلًا من ذلك، إذا كان $MgCl_2$ جافًا فعليًا، يحدث ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة المحلول المتكوّن، ويتحوّل لون الكاشف العام الى أخضر مصفر.	• يذوب $MgCl_2$ في الماء ليعطي محلولًا متعادلًا. يرجع تغير الحرارة إلى تميه الأيون Mg^{2+}. • بدلًا من ذلك، يحدث تحليل مائي جزئي ويتكوّن HCl لينتج محلولًا حمضيًا مخففًا جدًا.
$AlCl_3$	يتحوّل الكاشف العام إلى اللون الأحمر ويحدث ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة المحلول المتكوّن.	يكون المحلول حمضيًا بسبب تكوُّن حمض الهيدروكلوريك. سبب ارتفاع الحرارة هو التحليل المائي لكلوريد الألومنيوم وتميه أيونات Al^{3+}.

الجدول ٦-٢

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

الجزء ١

١. تصبح أكاسيد الفلزات أقل قلوية عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين، إذ تبدأ كقلويات قوية ثم تصبح أضعف بشكل مطرد.

٢. أ. أكسيد الصوديوم: $Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)$

أو باختصار المعادلة إلى: $O^{2-}(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2OH^-(aq)$

ب. أكسيد الماغنيسيوم: $MgO(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$

ج. أكسيد الألومنيوم: لا يحدث أي تفاعل

الجزء ٢

١. عندما ننتقل من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري، تتغير الروابط في الكلوريدات من أيونية إلى تساهمية. يتضح هذا من خلال تفاعلات الكلوريدات مع الماء، إذ تذوب الكلوريدات الأيونية مثل NaCl في الماء، بينما يمتلك كلوريد الماغنيسيوم طابعًا تساهميًا جزئيًا بسبب الكثافة المرتفعة لشحنة الأيون Mg^{2+} .

يؤدي هذا إلى حدوث بعض التحليل المائي ويتم إطلاق أيونات H^+ من جزيئات الماء. يمتلك $AlCl_3$ طابعًا تساهميًا كبيرًا، بالإضافة إلى أن الأيون Al^{3+} يمتلك كثافة أكبر للشحنة الموجبة. فيتميّه الأيون بقوة أكبر، فيؤدي إلى المزيد من التحليل المائي وبالتالي إلى تركيز أكبر من أيونات H^+ الموجودة في المحلول.

٢. أ. كلوريد الصوديوم: $NaCl(s) \xrightarrow{\text{ماء}} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$

ب. كلوريد الماغنيسيوم: $MgCl_2(s) \xrightarrow{\text{ماء}} Mg^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$

أو: $[Mg(H_2O)_6]^{2+}(aq) \rightleftharpoons [Mg(H_2O)_5OH]^+(aq) + H^+(aq)$

ج. كلوريد الألومنيوم: $AlCl_3(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow [Al(H_2O)_6]^{3+}(aq) + 3Cl^-(aq)$

$[Al(H_2O)_6]^{3+}(aq) \longrightarrow [Al(H_2O)_5OH]^{2+}(aq) + H^+(aq)$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ. أي إجابة ممّا يلي تعتبر صحيحة:

- درجات انصهار أكاسيد الصوديوم والماغنيسيوم والألومنيوم مرتفعة لأنها تمتلك تركيبًا أيونيًا ضخمًا. هناك ارتفاع في درجة الانصهار من الصوديوم إلى الألومنيوم الأمر الذي يعكس ازدياد القوى الكهروستاتيكية بين الأيونات بسبب ازدياد الشحنات التي تحملها الأيونات.
- يمتلك ثنائي أكسيد السيليكون درجة انصهار مرتفعة لأنه يمتلك تركيبًا تساهميًا ضخمًا. يحتاج الكثير من الطاقة/درجات حرارة مرتفعة لكسر القوى الكهروستاتيكية أو الروابط التساهمية الموجودة في التركيب الضخم.
- تمتلك أكاسيد الفوسفور والكبريت درجات انصهار منخفضة لأنها مكوّنة من جزيئات بسيطة. تمتلك قوى بين-الجزيئات ضعيفة/قوى فان دير فال. وتحتاج إلى طاقة حرارية بسيطة للتغلب على قوى الجذب هذه.

ب. ١. $Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)$

٢. متذبذب

٣. $Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \longrightarrow 2NaAl(OH)_4$

ج. ١. في الدورة الثانية، يزداد عدد مولات ذرات الأكسجين تدريجيًا مع ازدياد العدد الذري حتى المجموعة 15 ثم ينخفض عند أكسيد الفلور.

في الدورة الثالثة، يزداد عدد مولات ذرات الأكسجين تدريجيًا من المجموعة 1 إلى المجموعة 17.

٢. النيتروجين: N_2O_5

السيليكون: SiO_2

الكلور: Cl_2O_7

٣. يزداد عدد التأكسد الأقصى عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي/عدد إلكترونات التكافؤ التي تكوّن روابط يساوي عدد التأكسد (الأقصى).

على سبيل المثال: Al^{3+} عدد تأكسد، Al = +3

SO_3 عدد تأكسد S = +6.

السؤال ٢

أ. ١. أربع نقاط رئيسية:

الصوديوم والماغنيسيوم والألومنيوم هي فلزات وبالتالي تمتلك إلكترونات غير متمركزة تتدفق عبر التركيب عند تطبيق فرق جهد كهربائي.

تزداد قيم التوصيل الكهربائي من الصوديوم إلى الألومنيوم بسبب وجود عدد أكبر من الإلكترونات التي توصل التيار الكهربائي.

لا يوصل السليكون بشكل جيد جدًا/يُعدّ شبه موصل لأنه يمتلك تركيبًا تساهميًا ضخمًا ولا يحتوي على إلكترونات غير متمركزة/يمكن لبعض الإلكترونات أن تنتقل (تتحرك) من مكان إلى آخر.

الفوسفور والكبريت لا يوصّلان الكهرباء لأنهما مكوّنان من جزيئات ولا يحتويان على إلكترونات غير متمركزة.

٢. تقبل أيّة قيمة بين 10^{-11} و10^{-22} (القيمة الفعلية هي $10^{-17}\ S.m^{-1}$)

ب. ١. $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$

٢. الفرق في السالبية الكهربائية كبير بين Mg وO، لذلك يكون تركيب MgO أيونيًا.

الفرق في السالبية الكهربائية صغير بين S وO، لذلك يكون تركيب SO_2 تساهميًا بسيطًا.

٣. خمس نقاط رئيسية:

يتفاعل MgO مع الماء ليكوّن $Mg(OH)_2$

يسلك الأيون O^{2-} كقاعدة (O^{2-} أيون يستقبل أيون H^+ من جزيء الماء).

يتفاعل SO_3 مع الماء لتكوين H_2SO_4

في SO_3، يمتلك الأكسجين سالبية كهربائية أكبر من الكبريت، لذا فإن S يحمل شحنة جزئية موجبة $\delta+$.

يتحلل SO_3/يهاجم جزيء الماء القطبي (حيث توجد ذرة $O^{\delta-}$) ذرة $S^{\delta+}$ في SO_3.

ج. ١. رابطة تساهمية.

٢. As_4O_{10} وتقبل الصيغة: As_2O_5

٣. يتحلل بالماء (يكوّن حمض الزرنيخيك).

السؤال ٣

أ. ١. تزداد الشحنة النووية عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

يشغل كل إلكترون مضاف إلى ذرات العناصر المتتالية مستوى الطاقة الرئيسي (الخارجي) نفسه.

لذا فإن حجب مستوى الطاقة الخارجي بوساطة إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية لا يزداد بشكل ملحوظ.

وعبر الدورة، كلما كانت قوة الجذب بين النواة والإلكترونات الخارجية أكبر اقتربت هذه الإلكترونات أكثر نحو النواة، وبالتالي يقل نصف القطر الذري.

٢. توجد الإلكترونات الخارجية في أيونات الماغنيسيوم في مستوى الطاقة الرئيسي الثاني (بسبب فقدان الإلكترونَين الخارجيَّين لذرة الماغنيسيوم).

يمتلك أيون الكبريتيد نصف قطر أيوني أكبر لأن الإلكترونات الخارجية موجودة في مستوى الطاقة الرئيسي الثالث.

لذا تكون قوة جذب النواة للإلكترونات الخارجية أقل بكثير مقارنةً بالماغنيسيوم.

ب. ١. تزداد سهولة التحلل المائي للكلوريدات عبر الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين.

٢. $SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 4HCl(g)$

٣. $2Al + 3Cl_2 \longrightarrow Al_2Cl_6$

ج. ١. خمس نقاط رئيسية:

- درجة انصهار كل من كلوريد الصوديوم وكلوريد الماغنيسيوم مرتفعة لأنهما يمتلكان تراكيب أيونية ضخمة.
- تحتاج هذه التراكيب إلى درجات حرارة مرتفعة (الكثير من الطاقة لكسر قوى الجذب القوية).
- يعكس الانخفاض في درجات الانصهار عند الانتقال من كلوريد الصوديوم إلى كلوريد الألومنيوم انخفاضًا في الطابع الأيوني للروابط (ازدياد نسبة الطابع التساهمي في كلوريد الألومنيوم) كلوريد الألومنيوم اللامائي يمتلك روابط تساهمية.
- درجات انصهار كلوريدات السيليكون والفوسفور والكبريت منخفضة لأنها مكوّنة من جزيئات بسيطة مع قوى بين-جزيئية ضعيفة (قوى فان دير فال).
- لا تحتاج إلى الكثير من الطاقة (تحتاج فقط إلى درجات حرارة منخفضة) للتغلب على قوى الجذب بينها.

٢. تكون بعض درجات الانصهار أقل من درجة حرارة الغرفة، وبالتالي لا يتم تحديد الظروف التي تقاس فيها درجات الانصهار هذه.

٣. كلوريد الصوديوم يذوب في الماء ولا يتحلل، لذا فإن pH لمحلول كلوريد الصوديوم يساوي pH للماء.

يتحلل كلوريد الماغنيسيوم بنسبة بسيطة في الماء، لذلك تتكوّن كمية صغيرة من أيونات الهيدروجين H^+ تكفي لخفض قيمة pH المحلول.

الوحدة السابعة

التغيرات في المحتوى الحراري

العلوم ضمن سياقها: الطاقة في عالمنا (وقود المستقبل)

يعد الطلب العالمي على الطاقة من أكبر المشكلات التي تواجه البشرية. وقد شكل الوقود الأحفوري الحل لسنوات عديدة، ولكن هذا المورد غير متجدد ويتسبب بعواقب بيئية. سيكون الكيميائيون في الطليعة في مجال التطورات المبتكرة في مجال إنتاج الطاقة في القرن الحادي والعشرين.

إن الاعتبارات الرئيسية في استخدام المواد الكيميائية كوقود هي:

- ما مقدار الطاقة التي يتم الحصول عليها من هذه المواد عند الاحتراق لكل وحدة كتلة أو وحدة حجم؟
- ما هي كلفة الوقود لكل وحدة كتلة أو وحدة حجم؟
- هل يعد هذا الوقود متوافرًا بكميات كبيرة فنحصل عليه بسهولة؟ (على سبيل المثال، هل هو متجدد أم غير متجدد)؟
- هل يسبب الوقود ضررًا للإنسان أو الحيوان أو النبات أو البيئة؟
- هل يطلق الوقود أي مواد سامة أو ضارة عند احتراقه؟

يمكن تحسين فاعلية أنواع الوقود الحالية من خلال:

- ضمان خلط فائض من الهواء أو الأكسجين مع الوقود.
- تأمين احتراق المواد الناتجة من الاحتراق غير الكامل للوقود.
- ضمان تحويل الطاقة الناتجة بشكل مفيد يقترب من 100%/الطاقة الناتجة لا تضيع.
- استخدام العوامل الحفازة لخفض طاقة التنشيط.
- ضمان الحفاظ على نقاوة الأكسجين.

تتضمن الطرائق التي يمكن من خلالها استخدام المواد الكيميائية لامتصاص الطاقة وتخزينها ما يلي:

- الأقطاب الكهربائية الفلزية والإلكتروليتات في البطاريات.
- الخلايا الضوئية الشمسية التي تستخدم أشباه الموصلات.
- يعد الهيدروجين والهيدروكربونات الغازية خزّانات طاقة كيميائية في خلايا الوقود.
- تعد مياه السدود خزّان الطاقة الكامنة لتأمين الطاقة الكهرومائية.
- الأملاح المتبلورة من المحاليل المشبعة في الكمادات الحرارية يمكن أن تنتج طاقة حرارية.
- التفاعلات بين الفلزات المسحوقة بشكل ناعم أو أكاسيد الفلزات والماء في الكمادات الحرارية يمكن أن تنتج طاقة حرارية.

نظرة عامة

تغطي هذه الوحدة جميع الموضوعات التي تم تناولها في الوحدة السابعة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة.

- تعد هذه الوحدة مهمة لأن المفاهيم والمهارات والتقنيات التي يتم تعلمها هنا قد استُخدمت وستستخدم في دراسة وحدات أخرى وفي فهم المفاهيم الجديدة الواردة في هذه الوحدات. على سبيل المثال، تعتمد الوحدتان الثالثة (الترابط الكيميائي) والتاسعة (الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات) على الفهم الجيد للتغيرات في المحتوى الحراري.
- توفر هذه الوحدة من المنهج الدراسي للطلبة الفرصة لمراجعة العمل المنجز في الكيمياء الحرارية واستخدام المولات لحساب الكميات. سيتعلم الطلبة استخدام مصطلح المحتوى الحراري لوصف التغيرات في الطاقة وللتمييز بين التغيرات الطاردة وتلك الماصة للحرارة، ومعرفة المقصود بالظروف القياسية. سيمثلون أيضًا هذه التغيرات بوساطة مخططات الطاقة (المحتوى الحراري) ومخططات مسار التفاعل.
- سيتعلم الطلبة تعريفات أنواع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات والمعادلات الرمزية لهذه التفاعلات التي تمثل هذه التغيرات.
- سيتوفر لهم فرص عملية لاستخدام المسعرية لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري واستخدام تقنيات لتقليل الأخطاء غير المنهجية في هذه المحددات.
- سوف يأخذ الطلبة في الاعتبار قانون هس ويتعلمون كيفية استخدامه لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري التي لا يمكن إيجادها مباشرةً بوساطة المسعرية. سوف يتعلمون العلاقات بين التغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلات باستخدام التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين والاحتراق. كما سيتم استخدام طاقات الروابط لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتفاعلات، وسيتعلم الطلبة التمييز بين متوسط طاقات الروابط وطاقات الروابط.
- يوفر هذا الموضوع فرصًا موضوعية للتقويم لاختبار المعرفة والفهم والتعامل مع المعلومات وتطبيقها وتقييمها. يتوفر أيضًا العديد من الفرص لتقويم المهارات التجريبية والأنشطة الاستقصائية.
- يمكن استخدام بعض المهارات الرياضية والحسابية المدرجة في المنهج الدراسي في مختلف أقسام الوحدة حيث يُطلب إلى الطلبة حساب التغيرات في المحتوى الحراري باستخدام كمية الحرارة ($q = m \times c \times \Delta T$) وحساب الكميات من حيث عدد المولات؛ واستخدام الكميات التجريبية والنظرية في العمليات الحسابية التي تتضمن قانون هس.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٧-١، ٧-٢	٧-١ التغير في المحتوى الحراري (ΔH)	٢	السؤالان ١ و ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(أ)	نشاط ٧-١ التغير في المحتوى الحراري ومخططات مسار التفاعل أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ب، هـ (٢))
٧-٣، ٧-٤	٧-٢ التغيرات في المحتوى الحراري القياسي	٢	السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ج)، ٤(أ)، ٥(أ)	نشاط ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(أ)

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٥-٧	٣-٧ قياس التغيرات في المحتوى الحراري	٦	الأسئلة من ٤ إلى ٧ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(د)، ٣(أ، ب، ج، هـ)، ٨	نشاط ٧-٣ حساب التغير في المحتوى الحراري في تجربة استقصاء عملي ٧-١ حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل بالتجربة استقصاء عملي ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣(ب، ج)
٦-٧	٤-٧ قانون هس	٤	الأسئلة من ٨ إلى ١٠ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب، ج)، ٣(د)، ٤(ب)، ٥(ب)، ٧	نشاط ٧-٤ استخدام قانون هس استقصاء عملي ٧-٣ التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ج، د، هـ(١))، ٣(د)
٧-٧	٥-٧ طاقات الروابط والتغيرات في المحتوى الحراري	٣	الأسئلة من ١١ إلى ١٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ، ب)، ٥(ج)، ٦	نشاط ٧-٥ طاقة الرابطة والتغير في المحتوى الحراري أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢

الموضوع ٧-١ التغير في المحتوى الحراري (ΔH)

الأهداف التعليمية

٧-١ يُعرّف مصطلح التغير في المحتوى الحراري (ΔH) ويطبقه على التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة (ΔH سالبة)، والتفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة (ΔH موجبة).

٧-٢ يرسم مخططات لمسار التفاعل، ويفسرها من حيث التغيرات في المحتوى الحراري وطاقة التنشيط.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة العلوم ضمن سياقها الطاقة في عالمنا (وقود المستقبل) ٧-١ التغير في المحتوى الحراري (ΔH) – التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة – التغيرات في المحتوى الحراري، ومخططات مسار التفاعل السؤالان ١ و ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(أ)	• مراجعة الكيمياء الحرارية • تغيرات الطاقة المرافقة للتفاعلات الطاردة والماصة للحرارة • لماذا تكون بعض أنواع التفاعلات دائمًا طاردة للحرارة، وبعضها الآخر ماصًا للحرارة؟ • مخططات مسار التفاعل للتفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-١ التغير في المحتوى الحراري ومخططات مسار التفاعل أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ب، هـ (٢))	• التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة. • مخططات مسار التفاعل.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- تشكل الإشارة غير الصحيحة الواردة قبل قيمة التغير في المحتوى الحراري مشكلة في بداية دراسة هذا الموضوع.
- غالبًا ما ترسم أسهم ΔH في التمثيل البياني للتغير في المحتوى الحراري خلال سير التفاعل بطريقة خاطئة. يجب أن تشير الأسهم إلى اتجاه التغير في المحتوى الحراري الصحيح.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

قدّم ملخصًا للطلبة عن الموضوعات التي سوف يتم التطرق إليها في هذه الوحدة ثم قم بعصف ذهني حول المحتوى الذي يمكنهم تذكره من الدروس السابقة.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

كلف الطلبة الإجابة عن أول سؤالَين من فقرة **قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة** الواردة في بداية الوحدة السابعة من كتاب الطالب. يمكنك القيام بذلك في شكل نقاش أو نشاط مكتوب، تتم مراجعته من قبل الصف بأكمله. عند مراجعتك لإجاباتهم، عالج أي مفاهيم خاطئة أو أي سهو قد يحدث.

٣ فكرة ج (١٠ دقائق)

أحضر كمية بسيطة من البنزين أو الكحول واطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- هل تُعدّ هذه المادة في وضعها الحالي مادة خطرة؟
- متى يمكن أن تكون أكثر خطورة؟
- ماذا نسمي الطاقة الكامنة داخل هذه المادة؟

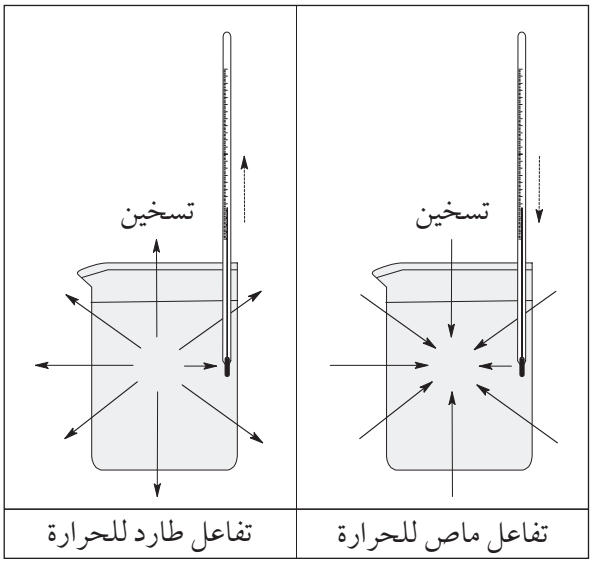
الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ التغير في المحتوى الحراري والإشارات (+ أو −) المرتبطة بالتفاعلات الطاردة والماصة للحرارة (٢٠ دقيقة)

وضّح معنى التغير في المحتوى الحراري كتغير في الحرارة (الطاقة الحرارية) عند ضغط ثابت واشرح الرمز ΔH. اسأل الطلبة عما يعتقدون أنها وحدات قياس المحتوى الحراري.

› **فكرة للتقويم:** قدّم للطلبة المخططَين الواردَين في الشكل (٧-١). اطلب إليهم شرح سبب ارتفاع درجة الحرارة خلال التفاعل الطارد للحرارة (أي يكون التغير في درجة الحرارة للتفاعل موجبًا)، ومع ذلك فإن إشارة ΔH تكون سالبة. وبصورة مماثلة، اطلب إليهم شرح السبب في أن التغير في درجة الحرارة للتفاعل الماص للحرارة يكون سالبًا بينما تكون إشارة ΔH موجبة.



الشكل ٧-١

يجب أن يتحدث الطلبة عن التغير في المحتوى الحراري في ضوء ما يحدث في التفاعل وليس في محيطه.

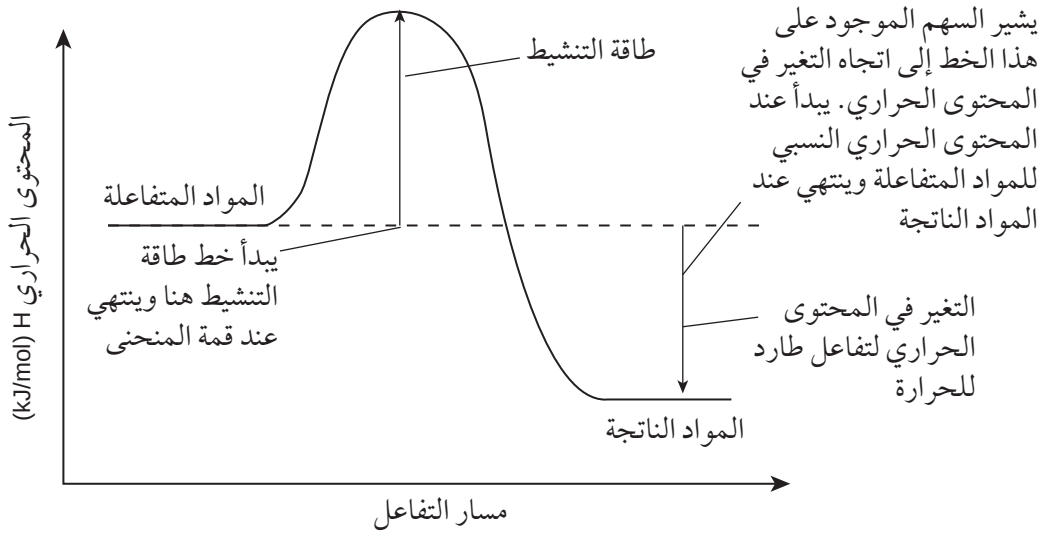
يمكن تقويم إجابات الطلبة بوساطة أقرانهم. يجب أن تكون معايير وضع الدرجات مختصرة جدًا. على سبيل المثال، ينتج من التفاعل الطارد للحرارة طاقة، الأمر الذي يرفع من درجة حرارة محيط التفاعل. يقيس ميزان الحرارة درجة حرارة المحيط وليس التفاعل. يكون التغير في المحتوى الحراري ΔH سالبًا لأن التفاعل قد فقد الطاقة أو أعطاها، لذلك ينقص المحتوى الحراري الخاص به. ويكون العكس صحيحًا بالنسبة إلى التفاعلات الماصّة للحرارة.

من الآن فصاعدًا، يجب أن يدرك الطلبة هذه الحقيقة.

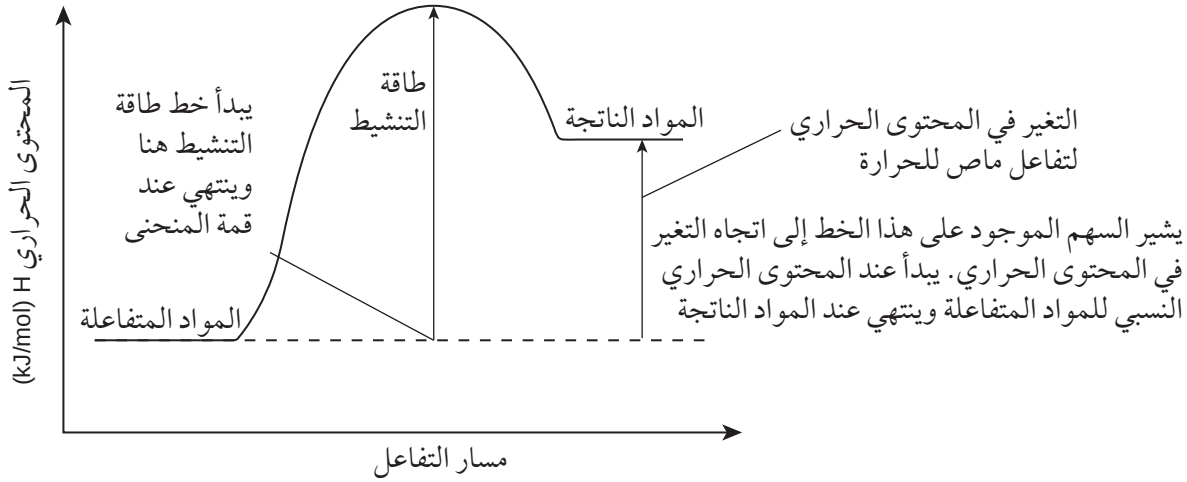
يجب أن يدركوا أيضًا أن بعض التفاعلات، مثل الاحتراق، تكون دائمًا طاردة للحرارة، بينما تكون تفاعلات التفكك الحراري دائمًا ماصة للحرارة. إذا ناقش الطلبة هذه الحقائق، فقد يحفظونها بسهولة أكثر لأنهم يكونون قد فكروا في سبب صحتها.

٢ مخططات مسار التفاعل (٢٠ دقيقة)

اعرض الأشكال العامة والمعنونة لمسارات التفاعل للتفاعلات الطاردة والماصة للحرارة (الشكلان ٧-٢ و ٧-٣).



الشكل ٧-٢



الشكل ٧-٣

يمكن للطلبة العمل ضمن ثنائيات أو الاستمرار في العمل بشكل فردي. ولتوضيح ما يظهره المخطط، اجمع غاز الهيدروجين في أنبوبة. أدخل الآن عود ثقاب مشتعلًا في الأنبوبة ولاحظ النتائج (فرقعة). بعد ذلك، قدّم عرضًا توضيحيًا للتفكك الحراري لمادة مثل كربونات الصوديوم الهيدروجينية، التي تتفكك وفق المعادلة الآتية:

$$2NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

اطلب إلى الطلبة أن يرسموا مخطط مسار لهذا التفاعل.

› **فكرة للتقويم:** يرسم الطلبة المخططات النوعية لمسار التفاعل لهذَين التفاعلَين.

يمكنك إعطاء الطلبة مخططات توزيع الدرجات أو مجموعات من المعايير لوضع درجات لعملهم أو عمل زملائهم. وعليهم اختيار البديل الصحيح، طارد للحرارة أو ماص للحرارة؛ يجب أن يكون الشكل دقيقًا؛ ويجب تسمية طاقة التنشيط E_a والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH بشكل صحيح، إضافة إلى رسمهما بدقة مع توجيه أسهمهما في الاتجاهات الصحيحة.

يجب كتابة المواد المتفاعلة ($2NaHCO_3(s)$) والمواد الناتجة ($Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$) في موقعها المناسب. كما يجب تشجيع الطلبة على أن يكونوا دقيقين عند رسم مخططات مسار التفاعل.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يُعدّ التفاعل $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$ تفاعلًا منعكسًا ويظهر تغيرًا في المحتوى الحراري بمقدار +92 kJ. تساوي طاقة التنشيط للتفاعل +335 kJ/mol. ارسم مخطط مسار التفاعل واحسب طاقة التنشيط للتفاعل في الاتجاه الآخر: التفاعل العكسي.

الدعم

زوّد الطلبة بمخططات مسار تفاعل غير معنونة، على أن يعنونوها ويكملوها.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

إذا لم يتم شرح الأهداف في بداية الدرس، فاطلب إلى الطلبة أن يتوزّعوا في مجموعات ويناقشوا الدرس. على الطلبة أن يتوصلوا إلى ما يعتقدون أنه أهداف الدرس وما إذا كانت قد تحققت أم لا.

إذا كانت الأهداف قد تحددت في البداية، عندها يمكن للطلبة مناقشة ما إذا كانت قد تحققت.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يتوجّب على الطلبة تقديم الشروح بأسلوبهم الخاص، على أن يستخدموا المفردات المطلوبة؛ على سبيل المثال: طارد للحرارة، محتوى حراري، (يُطلق ويَمتص).

المهارة الحسابية

- تُعدّ مخططات مسار التفاعل توضيحًا للتغيرات الموجبة والسالبة في المحتوى الحراري. لذا ينبغي للطلبة نقل معارفهم حول التغيرات إلى المخططات.

الموضوع ٧-٢ التغيرات في المحتوى الحراري القياسي

الأهداف التعليمية

٧-٣ يُعرّف مصطلح الظروف القياسية الموضحة بالرمز $^{\ominus}$، ويستخدمها. (الظروف القياسية هي 298 K و 100 kPa).

٧-٤ يُعرّف مصطلح التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH_{rxn})، وللتكوين (ΔH_f)، وللاحتراق (ΔH_c)، وللتعادل (ΔH_{neut}).

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧-٢ التغيرات في المحتوى الحراري القياسي – الظروف القياسية – التغيرات في المحتوى الحراري لأنواع التفاعلات الكيميائية السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ج)، ٤(أ)، ٥(أ)	• يُعرّف الظروف القياسية وأهمية استخدامها • يُعرّف التغيرات في المحتوى الحراري القياسي ويستنتج المعادلات الرمزية المرتبطة بها
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(أ)	• يُعرّف الظروف القياسية وأهمية استخدامها • يُعرّف التغيرات في المحتوى الحراري القياسية ويستنتج المعادلات الرمزية المرتبطة بها

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

اطرح السؤال: «لماذا نحتاج إلى إيجاد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل لا يحدث؟»

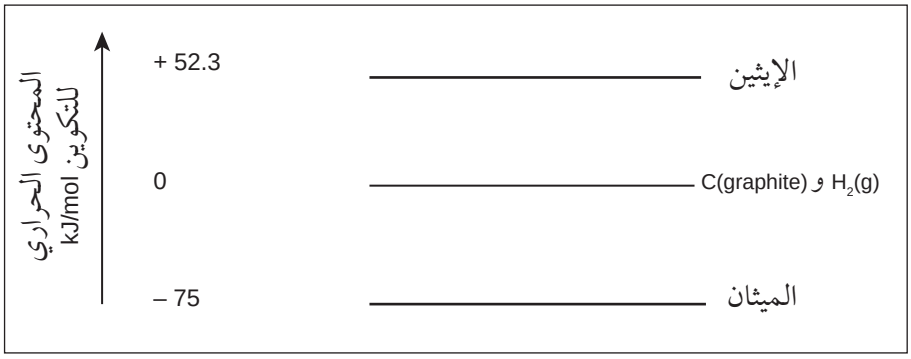
أعطِ الطلبة المعادلة التي تمثل التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين مركبَين متشابهَين، مثل الميثان والإيثين:

$$C(graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$$

$$2C(graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow C_2H_4(g)$$

هذان التفاعلان لا يحدثان، إذ لا يتفاعل الكربون مع الهيدروجين لتكوين أي من هذَين المركبَين.

قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين الميثان تساوي 75- kJ/mol وقيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين الإيثين 52.3+ kJ/mol. يمكن توضيح هاتَين الطاقتَين النسبيتَين على مخطط مستوى المحتوى الحراري (الشكل ٧-٤).



الشكل ٧-٤

يوضح الشكل (٧-٤) أن الإيثين يمتلك طاقة كيميائية كامنة أكبر من تلك التي يمتلكها الميثان، وبالتالي فهو أكثر نشاطًا كيميائيًا من الميثان.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

ارجع إلى بعض التفاعلات التي تحدث. على سبيل المثال، قدّم عرضًا توضيحيًا حول احتراق الماغنيسيوم وتفاعل الهيدروجين مع الأكسجين. هل يمكننا تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل؟ نعم! هذه هي التغيرات في المحتوى الحراري لاحتراق كل من الماغنيسيوم والهيدروجين.

وهي تُعدّ أيضًا التغير في المحتوى الحراري لتكوين أكسيد الماغنيسيوم والماء، على التوالي، وكذلك التغيرات في المحتوى الحراري للتفاعل بين الماغنيسيوم والأكسجين، وبين الهيدروجين والأكسجين.

هذا يقودنا إلى حقيقة أن هنالك أنواعًا مختلفة من المحتويات الحرارية وهي جميعها تؤدّي دورًا في الكيمياء.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ الظروف القياسية (٢٥ دقيقة)

قُم بإدارة مناقشة مع الطلبة حول ما إذا كان قياس التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما سيعطي دائمًا القيمة نفسها بغض النظر عمن يجري التجربة أو مكان إجراء التفاعل. هذا الأمر سوف يسلط الضوء على الحاجة إلى أن يكون كل من الضغط ودرجة الحرارة والكميات قابلة للمقارنة. وجّه الطلبة إلى اقتراح مجموعة ظروف قياسية يمكن تطبيقها خلال دراسة الكيمياء الحرارية حول العالم وتبرير ذلك.

الظروف القياسية هي:

- درجة حرارة تساوي 298 K (25 °C)
- ضغط يساوي 100 kPa (1 atm)

ويجب أن يكون ذلك بالنسبة إلى مول واحد من المادة المتفاعلة أو المادة الناتجة التي تتم دراستها.

أكد على أن استخدام الظروف القياسية يعني أن نظام التفاعل الذي تتم دراسته ينبغي أن يبدأ عند 298 K و 100 kPa، وينتهي عند هذه الظروف، لتحديد أن التغير في المحتوى الحراري يتم عند الظروف القياسية. ناقش ما يجب مراعاته من أجل الحفاظ على الظروف القياسية أثناء إجراء تجربة ما.

الإجابة: يجب أن يُحفظ النظام عند درجة حرارة 298 K، حيث يمكن التحكم حراريًّا في درجة حرارة الغرفة أو يمكن استخدام حوض مائي. عندما يتم إطلاق الحرارة أو امتصاصها، يجب السماح لنظام التفاعل بالعودة إلى درجة الحرارة 298 K.

وسيحتاج النظام إلى أن يبقى عند الضغط 100 kPa وهو الضغط الجوي العادي، وما يمكن أن يشكل مصدر قلق هو حدوث امتصاص غاز أو إطلاقه، الأمر الذي قد يخفض أو يزيد الضغط. والحل هنا يكون بتزويد وعاء التفاعل بمحقنة بحيث لا يحدث تسرب أو دخول لأي مادة، ولكن يسمح للحجم بالتغير بحيث يبقى الضغط ثابتًا عند 100 kPa.

فكرة للتقويم: وجّه الطلبة إلى كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لتكوين الماء عند الظروف القياسية. يجب الحكم على الدقة في كتابة المعادلة في ضوء ذكر الصيغ ورموز الحالة الفيزيائية والتناسب الكيميائي.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$$

هل التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ يجب على الطلبة شرح إجاباتهم وتبريرها كجزء من المناقشة.

قدّم قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل: $\Delta H^{\ominus}_{rxn} = -286\ kJ/mol$ وناقش في ضوء المعادلة المواد التي تعود إليها هذه القيمة من التغير في المحتوى الحراري.

اعرض مضاعفات المعادلة، مثل:

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

و

$$3H_2(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow 3H_2O(l)$$

واسأل عن التغيرات في المحتوى الحراري.

ناقش ما إذا كان ممكنًا إجراء التفاعل الآتي:

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$$

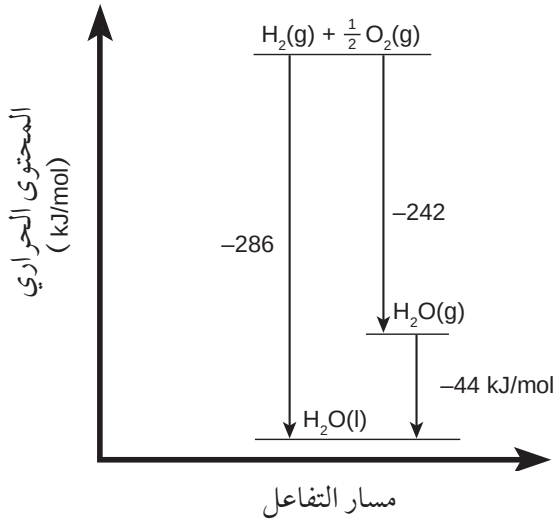
عند الظروف القياسية، بالنظر إلى أن الحالة الغازية لا تمثل حالة الماء القياسية عند 298 K و 100 kPa.

هل من المتوقع أن يكون التفاعل طاردًا للحرارة أكثر أو أقل من تفاعل تكوين الماء السائل؟ لماذا؟

قدم قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل: $\Delta H^{\ominus}_{rxn} = -242\ kJ/mol$.

كلف الطلبة رسم مخطط مسار التفاعل لتوضيح مستويات الطاقة لتكوين $H_2O\ (g)$ و $H_2O(l)$ على المحاور نفسها، ثم اطلب إليهم حساب التغير في المحتوى الحراري لتكثيف بخار الماء إلى ماء سائل:

$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(l)$$



٢ أنواع مختلفة من التغير في المحتوى الحراري (٣٥ دقيقة)

زوّد الطلبة بتعريفات $\Delta H^{\ominus}_{rxn}$، $\Delta H^{\ominus}_{f}$، $\Delta H^{\ominus}_{c}$ و $\Delta H^{\ominus}_{neut}$ من كتاب الطالب الموضوع ٧-٢. يُعدّ التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين مثالاً جيدًا ينطلق منه الطلبة لتوضيح أهمية هذه التعريفات.

التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين مركب ما هو التغير في المحتوى الحراري عند تكوّن 1 mol من المركب من عناصره الأولية عند الظروف القياسية.

شدد على أنه يشير إلى تكوين:

- 1 mol
- لمركب وليس لمادة أو عنصر
- من عناصره الأولية عند الظروف القياسية (298 K و 100 kPa).

هذا التعريف يفيد الطلبة بالمعادلات المستخدمة لتمثيل المحتوى الحراري لتكوين المركبات.

يؤدي هذا التعريف إلى أن العناصر في حالاتها القياسية تمتلك $\Delta H^{\ominus}_{f}$= 0 kJ/mol

على سبيل المثال في معادلة تفاعل تكوين الميثانول، كما هو موضح فيما يلي:

$$2C(graphite) + 3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow C_2H_5OH(l)$$

يمكن التفكير بشكل مماثل لـ $\Delta H^{\ominus}_{c}$. إذ يمكن تعريفه على أنه التغير في المحتوى الحراري عند احتراق 1 mol من مادة ما في فائض من الأكسجين عند الظروف القياسية، على سبيل المثال:

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$$

› **فكرة للتقويم ١:** اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا المعادلات المناسبة التي تمثل التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين البنزين ($C_6H_6(l)$) وثنائي كبريتيد الكربون ($CS_2(l)$) وغاز الأمونيا ($NH_3(g)$) من العناصر المكونة لها في حالاتها القياسية. الأمونيا، وعلى الرغم من أنها الأبسط بين المركبات الثلاثة، إلّا أنه من المحتمل أن تكون معادلتها هي الأكثر صعوبة. المفتاح هنا هو 1 mol ولكن يجب على الطلبة أيضًا الانتباه إلى رموز الحالة:

$$\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$$

وجّه الطلبة إلى كتابة المعادلات المناسبة التي تمثل التغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق الماغنيسيوم ($Mg(s)$) والصوديوم ($Na(s)$) والإيثان ($C_2H_6(g)$). مرة أخرى، من المهم أن يدرك الطلبة أنه يجب أن يكون 1 mol من المادة المعطاة.

وجّه الطلبة إلى كتابة المعادلات المناسبة التي تمثل التغير في المحتوى الحراري القياسي لتعادل هيدروكسيد الصوديوم ($NaOH(aq)$) مع كل من حمض النيتريك ($HNO_3(aq)$) وحمض الكبريتيك ($H_2SO_4(aq)$) وحمض الفوسفوريك ($H_3PO_4(aq)$). قد يشكل هذا صعوبة أكبر لهم في تحديد المادة التي يجب أن تكون 1 mol، ولكن يجب تذكيرهم بأن المعادلة الأيونية $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ توضح تكوين 1 mol من الماء، لذلك يجب أن تكون المعادلات الكيميائية موزونة.

يمكنهم أيضًا إكمال السؤال ٣ من الوحدة السابعة في كتاب الطالب.

› **فكرة للتقويم ٢:** اسأل الطلبة: لماذا توضح كل من المعادلتَين الآتيتَين:

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$$

و $C(graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

تفاعلًا يمكن أن يمثل في الوقت نفسه تغيّرَين في المحتوى الحراري بالقيمة نفسها لكل منهما.

الإجابة: بالنسبة إلى تفاعل $H_2(g)$، يمكن أن يكون التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الهيدروجين أو التغير في المحتوى الحراري لتكوين الماء؛ أما بالنسبة إلى تفاعل C(graphite)، فيمكن أن يكون التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكربون أو التغير في المحتوى الحراري لتكوين ثاني أكسيد الكربون.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

اطلب إلى الطلبة كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الكربون عند الظروف القياسية. يجب الحكم على الدقة في كتابة المعادلة في ضوء ذكر الصيغ ورموز الحالة الفيزيائية والتناسب الكيميائي.

$$C(graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

يوجد العديد من الأشكال المختلفة للكربون عند الظروف القياسية – ما الشكل الأكثر شيوعًا، الجرافيت أم الماس؟ يجب على الطلبة شرح الأسباب وتبرير إجابتهم – يمكن أن تكون هذه الأسباب على غرار: وفرة الكربون في شكل الجرافيت ودرجات الحرارة والضغط المرتفعَين اللازمَين لتكوين الماس.

هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟ يجب على الطلبة شرح الأسباب وتبرير إجابتهم كجزء من المناقشة، ولكن يجب أن يدركوا أن الاحتراق دائمًا يكون طاردًا للحرارة.

قدم قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:

$\Delta H^{\ominus} = -394$ kJ/mol، عندما يكون الكربون جرافيت، $C(graphite) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

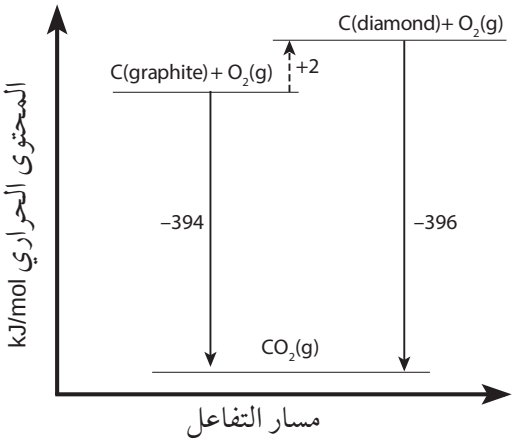
$\Delta H^{\ominus} = -396$ kJ/mol، عندما يكون الكربون ماس، $C(diamond) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

تُعدّ هذه القيم طاردةً للحرارة، لكن من الصعب حرق الماس مقارنةً بحرق الجرافيت – فما السبب؟ يمكن للشرح أن يتضمن الإشارة إلى الرابطة الإضافية لكل ذرة كربون وطاقة التنشيط المرتفعة.

اطلب إلى الطلبة رسم مخطط مسار التفاعل لاحتراق الجرافيت والماس على المحاور نفسها، ثم اطلب إليهم حساب التغير في المحتوى الحراري لتغير الجرافيت إلى الماس.

$$C(graphite) \longrightarrow C(diamond)$$

معلومة مهمة للطلبة وهي أن كلا مخططَي مستوى الطاقة يجب أن ينتهي إلى المادة الناتجة نفسها $CO_2(g)$.



الدعم

لقد تعوّد الطلبة على وزن المعادلات الكيميائية المتناسبة باستخدام أعداد صحيحة، لذلك سيحتاجون إلى بعض التوجيه (الإرشاد) حول آلية استخدام الكسور وكيفية التعرف على المادة التي يجب تثبيتها على مول واحد. يجب قراءة الأسئلة التي تتطلب كتابة معادلات كيميائية حرارية بعناية للتعرف على نوع التفاعل المطلوب كتابته.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

سيكون التعرف على التغيرات في المحتوى الحراري القياسي وتطبيقها، خصوصًا بالنسبة إلى التكوين والاحتراق، أمرًا مهمًا مع تقدم الطلبة أكثر في هذا الموضوع. قم بوزن المعادلات بحيث تكون كمية المادة المتفاعلة أو المادة الناتجة التي تتم دراستها تساوي 1 mol، ويجب أن يصبح الطلبة واثقين من قدرتهم على القيام بذلك.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- سيحتاج الطلبة إلى تحديد التغيرات في المحتوى الحراري القياسي بوضوح ودقة، وإعطاء أسباب منطقية عند تصنيف التفاعلات.

المهارة الحسابية

- سيكتب الطلبة معادلات كيميائية حرارية وسيقومون بوزنها، وبحساب التغيرات في المحتوى الحراري في ضوء عدد المولات الموضحة في المعادلة.

الموضوع ٧-٣ قياس التغيرات في المحتوى الحراري

الأهداف التعليمية

٧-٥ يحسب التغيرات في المحتوى الحراري من البيانات ونتائج التجارب، بما في ذلك استخدام المعادلتَين:

$$q = mc\Delta T$$

$$\Delta H = - \frac{mc\Delta T}{n}$$

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ست حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧-٣ قياس التغيرات في المحتوى الحراري الأسئلة من ٤ إلى ٧ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(د)، ٣(أ، ب، ج، هـ)، ٨	• يحسب التغير في المحتوى الحراري لكمية معروفة من المادة (المواد) المتفاعلة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-٣ حساب التغير في المحتوى الحراري في تجربة استقصاء عملي ٧-١ حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل بالتجربة استقصاء عملي ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣(ب، ج)	• التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات • يحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام المسعرية

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

ينسى بعض الطلبة تحويل J إلى kJ عن طريق القسمة على 1000 (أو الضرب في 10^{-3}).

الأخطاء المنهجية هي أخطاء لا يمكن تغييرها عند استخدام جهاز القياس المتوافر. الأخطاء غير المنهجية أو العشوائية هي على سبيل المثال فقدان الحرارة ومستويات (درجات) الاحتراق غير الكامل. وبشكل عام تُجمع هذه التصنيفات معًا وتوصف كأخطاء.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

راجع ما يعرفه الطلبة بالفعل عن الاحتراق.

- ما المادة اللازمة دائمًا للاحتراق؟
- هل الاحتراق ماص أم طارد للحرارة (أو يمكن أن يكون كلَيهما)؟
- ما المواد الناتجة من الاحتراق إذا تمّ حرق هيدروكربون؟
- ما المعادلة الحرارية الكيميائية للتغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق C_4H_{10}؟

ناقش ما إذا كان احتراق الألكانات (مثل C_3H_8، C_2H_6، CH_4) يصبح طاردًا للحرارة بنسبة كبيرة أو قليلة مع ازدياد عدد ذرات الكربون.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

التفاعل الذي سيستقصيه الطلبة في الأنشطة الرئيسية هو التفاعل بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول هيدروكسيد الصوديوم وفقًا للمعادلة الآتية:

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

أخبرهم أنهم سيستخدمون 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.00 mol/L و 50 mL من حمض الهيدروكلوريك تركيزه نحو 2 mol/L

› **فكرة للتقويم:** وزّع الطلبة ضمن ثنائيات لإنجاز الأنشطة العملية، واطلب إليهم كتابة ما يعرفونه حول المواد المتفاعلة المحددة والفائضة في التفاعل الكيميائي.

- ما ميزة استخدام فائض من مادة متفاعلة؟
- ما المادة المتفاعلة الفائضة؟ ولماذا؟

يمكنك عرض الإجابات عن هذه الأسئلة أمام الصف بأكمله عند نهاية الوقت المخصص للنشاط.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ استقصاء عملي: حساب التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات (٣٥ دقيقة)

أعطِ الطلبة تعريف التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (راجع الموضوع ٧-٢ من كتاب الطالب) وأبلغهم أنهم سيجرون استقصاءً عمليًا لتحديد ذلك لكحولات مختلفة.

يقوم الطلبة بإجراء الاستقصاء العملي ضمن مجموعات ثنائية، ولكن إذا لم يسمح الوقت بذلك، فيمكن تكليف كل مجموعة تنفيذ النشاط بنوع مختلف من الكحولات والتشارك في النتائج. يمكن الاطلاع على تفاصيل الاستقصاء العملي في كتاب التجارب العملية والأنشطة وقسم إجابات الاستقصاءات العملية الوارد في هذا الدليل (الاستقصاء العملي ٧-٢).

› **فكرة للتقويم:** يمكن تقويم الطلبة على ما يلي:

- الدقة في الوزن والقياسات
- التعامل الآمن مع المواد الكيميائية والالتزام باحتياطات الأمان والسلامة.
- تسجيلهم النتائج والمعالجة.

٢ مناقشة الاستقصاء العملي (٣٥ دقيقة)

ناقش كيف أجريت التجربة مع الإشارة إلى الأدوات والمواد والكميات.

يجب على الطلبة الآن حساب التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق لكل كحول، والأخذ في الحسبان أخطاء هذا الاستقصاء الناتجة من أجهزة القياس ومن فقدان الحرارة والاحتراق غير الكامل للكحول.

› **فكرة للتقويم:** يجب أن يقوم الطلبة بحساب التغير في المحتوى الحراري القياسي لكل تفاعل باستخدام:

$$q = -[(m_{\text{الماء}} \times c_{\text{الماء}} \times \Delta T) + (m_{\text{المسعر}} \times c_{\text{المسعر}} \times \Delta T)]$$

في هذه المعادلة:

- q = الطاقة الحرارية (J)
- $m_{\text{الماء}}$ = كتلة الماء (g)
- $m_{\text{المسعر}}$ = كتلة المسعر (g)
- $C_{\text{الماء}}$ السعة الحرارية النوعية للماء (4.18 J/g.˚C)
- $C_{\text{المسعر}}$ السعة الحرارية النوعية للمسعر (0.385 J/g.˚C إذا كان المسعر مصنوعًا من النحاس، 0.840 J/g.˚C إذا كان مصنوعًا من الزجاج)
- ΔT = التغير في درجة الحرارة.

يجب أن يذكر الطلبة فرضياتهم خلال إجراء الحسابات.

ثم يقومون بحساب التغير في المحتوى الحراري للاحتراق لكل 1 mol من كل كحول ($\Delta H_c^{\ominus}$) عن طريق حساب عدد مولات الكحول المحترقة (n):

$$n\ (\text{mol}) = \frac{\text{كتلة الكحول المحترقة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g/mol)}}$$

ثم يقومون بقسمة الطاقة الحرارية المنطلقة على عدد المولات:

$$\Delta H_c^{\ominus} = -\frac{q}{n} \times 10^{-3}\ \text{kJ/mol}$$

يمكن أن يُطلب إلى الطلبة تحديد أي تدرج أو نمط يظهر في التغير في المحتوى الحراري القياسي لكل كحول.

يمكن استخدام ورقة العمل الموجودة في الاستقصاء العملي ٧-٢ في كتاب التجارب العملية والأنشطة لجعل الطلبة يحسبون النسب المئوية للأخطاء في نتائجهم وفي الأجهزة التي استخدموها.

قبل أن يحسب الطلبة النسب المئوية للأخطاء، يمكنك أيضًا إعطاؤهم العمود الأيمن من الجدول (٧-١) طالبًا إليهم إكمال العمود الأيسر لمناقشة الأخطاء المنهجية وغير المنهجية الموجودة في هذا الاستقصاء.

الأسئلة	الإجابات
ما هي العوامل التي يجب أن تبقى ثابتة إذا تم استقصاء أكثر من كحول واحد؟	يجب أن يكون التغير في درجة الحرارة هو نفسه للكحولات جميعها التي يتم اختبارها، لأن استخدام الجهاز نفسه يعني أن فقدان الحرارة سيكون بالمقدار نفسه. وكذلك يجب أن تكون كمية الماء هي نفسها. ويجب أن تكون المسافة من الشعلة إلى المسعر هي نفسها، وبالتالي تكون مستويات الاحتراق غير الكامل هي نفسها.
ما الأخطاء المنهجية في الاستقصاء العملي؟	تنتج هذه الأخطاء من الأدوات المستخدمة – قراءات درجة الحرارة باستخدام ميزان الحرارة، عمليات وزن كتلة المسعر وكتلة الموقد الكحولي (قبل الاستخدام وبعده).
أيّ من المعدات يسبب أكبر نسبة مئوية من الخطأ؟	سيكون ميزان الحرارة.
ما الأخطاء غير المنهجية في الاستقصاء العملي؟	فقدان الحرارة والاحتراق غير الكامل للكحول.
كيف يمكن التقليل (الحد) من الأخطاء غير المنهجية؟	حواجب عازلة للحرارة حول الجهاز، وعازل حول المسعر، وغطاء للمسعر.

الجدول ٧-١

تؤدي المناقشة المتعلقة بالأخطاء إلى تحسينات يمكن إجراؤها. المسعر المثالي هو وعاء الغازات المضغوطة الذي يمكن التعرف عليه في مقطع فيديو نعثر عليه عبر الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت).

٣ استقصاء عملي: حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل بالتجربة (٣٥ دقيقة)

أعطِ الطلبة تعريف التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل $\Delta H^{\ominus}_{neut}$ (الموضوع ٧-٢ من كتاب الطالب) وأخبرهم أنهم سيجرون استقصاءً عمليًا لتحديد ذلك.

يقوم الطلبة بتنفيذ الاستقصاء العملي ضمن مجموعات ثنائية. يمكن الاطلاع على تفاصيل الاستقصاء العملي في كتاب التجارب العملية والأنشطة وقسم إجابات الاستقصاءات العملية الوارد في هذا الدليل (الاستقصاء العملي ٧-١).

› **فكرة للتقويم:** يمكن تقويم الطلبة حول ما يلي:

- القياسات الدقيقة للحجم ودرجة الحرارة.
- التعامل الآمن مع المواد الكيميائية والتزام احتياطات الأمان والسلامة.
- تسجيلهم النتائج والرسم الدقيق للتمثيل البياني.

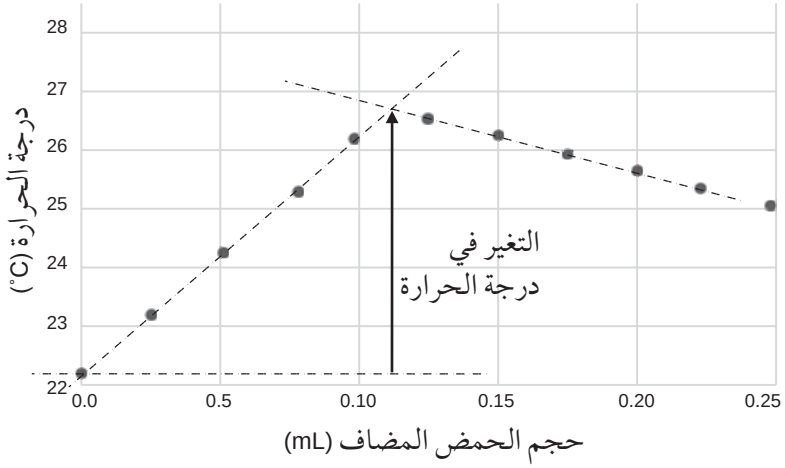
ملاحظة: يجب أن يشغل التمثيل البياني للطلبة مساحة لا تقل عن ثلاثة أرباع ورقة التمثيل البياني A4 وأن يمتلك مقاييس منتظمة. يجب أن يكون المحور الصادي (درجة الحرارة / °C) أعلى من درجة الحرارة القصوى المسجلة بحيث يكون هناك مجال للاستقراء.

٤ مناقشة الاستقصاء العملي (٣٥ دقيقة)

ناقش كيف تمّ إجراء التجربة مع الإشارة إلى الأدوات وكميات المواد.

اعرض التمثيل البياني الذي تتوقع أن يرسمه الطلبة (انظر إلى الشكل (٧-٥)) ولكن لا تشرح شكل التمثيل البياني.

يجب على الطلبة الآن رسم الخطَّين الأفضل تلاؤمًا في تمثيلاتهم البيانية (كما هو موضح في الشكل ٧-٥) واستقراء كلا الخطَّين بحيث يتقاطعان.



الشكل ٧-٥

فكرة للتقويم: اطلب إلى الطلبة شرح التمثيل البياني. يمكنك إعطاؤهم العمود الأيمن من الجدول (٧-٢) على أن يُترك لهم إتمام (إكمال) العمود الأيسر.

الأسئلة	الإجابات
صف الاتجاه السائد في النقاط المرسومة.	ترتفع درجة الحرارة لتصل إلى قيمة قصوى ثم تنخفض.
هل التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ لماذا؟	طارد للحرارة، لأن درجة الحرارة ترتفع إلى أكثر من درجة الحرارة الابتدائية، الأمر الذي يشير إلى إطلاق طاقة حرارية.
لماذا يعد الخط الأول الأفضل توافقًا للنمط التصاعدي؟	يؤدي التفاعل بين الحمض والمادة القلوية إلى إطلاق حرارة لأنه تفاعل طارد للحرارة وبالتالي تزداد درجة الحرارة.
لماذا يعد الخط الثاني الأفضل توافقًا للنمط التنازلي؟	انتهى التفاعل حيث تمّ استهلاك المادة القلوية تمامًا. تؤدي إضافة فائض من الحمض إلى تبريد المخلوط وفقدان الحرارة من خلال الحمل والتوصيل الحراريَّين.
لماذا يكون استقراء الخطَّين الأفضل تلاؤمًا فوق درجة الحرارة القصوى المسجلة تجريبيًا؟	يعوض هذا الأمر فقدان الحرارة الذي يحدث أثناء التفاعل. وقد تكون تراكيز أو حجوم المحاليل المستخدمة غير دقيقة، لذلك، ربما لا نصل عمليًا إلى درجة الحرارة القصوى عندما يتساوى حجم الحمض مع حجم المادة القلوية.

الجدول ٧-٢

تناقش المجموعات الأسئلة وتكتب الإجابات. وإذا سمح الوقت، يمكن فتح مناقشة مع الصف بأكمله. من المهم أن يكون الطلبة قد فهموا جيدًا التجربة وكيف تعمل.

يجب أن يقوم الطلبة بحساب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل باستخدام المعادلة:

$$q = m \times c \times \Delta T$$

في هذه المعادلة:

- q = الطاقة الحرارية (وبالتالي فإن إشارة ΔH ستكون سالبة لهذا التفاعل).
- m = كتلة الماء (مع افتراض أن كثافة المحلول المتعادل، الذي يحتوي على كلوريد الصوديوم، تساوي كثافة الماء النقي (1 g/mL)).
- c هي السعة الحرارية النوعية للمحلول المتعادل الذي يتبقى ويفترض أنها تساوي السعة الحرارية النوعية للماء النقي، أي 4.18 J/g.°C.
- ΔT = التغير في درجة حرارة المحلول ويستنتج من التمثيل البياني.

يجب أن يحصلوا على قيمة التغير في المحتوى الحراري للتعادل ($\Delta H^{\ominus}_{neut}$) لمول واحد من هيدروكسيد الصوديوم وذلك بقسمة قيمة q على 0.05 mol.

يجب أن يذكروا الافتراضات التي اقترحوها خلال الحسابات.

٥ تخطيط للاستقصاء العملي لتحديد التغير في المحتوى الحراري (٣٥ دقيقة)

يتمتع الطلبة ببعض الخبرة في استخدام الأجهزة لجمع البيانات لحساب التغير في المحتوى الحراري القياسي، ويمكن تكليفهم التخطيط للاستقصاء العملي الخاص بهم.

› **فكرة للتقويم:** باستطاعة الطلبة التخطيط لاستقصاء عملي لتحديد التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل لسلسلة من تفاعلات الإزاحة للماغنيسيوم والخارصين والحديد مع محلول كبريتات النحاس (II).

سوف يحتاجون إلى الأخذ في الحسبان وتبرير ما يلي:

- الأدوات والمواد التي سيحتاجون إليها (على سبيل المثال، أكواب البوليسترين مع أغطية للعزل، وميزان حرارة يقرأ حتى 100 °C).
- حجوم محلول كبريتات النحاس (II) وتركيزه (على سبيل المثال، 25 mL من محلول تركيزه 1 mol/L كمادة متفاعلة محدّدة).
- كميات الفلزات التي سيتم استخدامها (على سبيل المثال، 2 g من مسحوق الفلز، بحيث يكون فائضًا).
- القياسات التي سيقومون بها (على سبيل المثال، قراءة درجة حرارة المحلول كل دقيقة قبل وبعد إضافة كمية معلومة من مسحوق المعدن).
- كيف سيتم الحد من تسرب الحرارة وضمان دقة القراءات؟ (على سبيل المثال، تؤخذ درجة حرارة المحلول كل دقيقة قبل إضافة الفلز، وفي الدقيقة الثالثة يضاف الفلز، ثم يتم أخذ القراءات كل دقيقة في الدقائق الخمس التالية. يُرسم تمثيل بياني ويتم استقراء الخطَّين لتحديد أقصى تغير في درجة الحرارة من أجل الحد من تأثير فقدان الحرارة).
- كيف سيعالجون نتائجهم لتحديد التغير في المحتوى الحراري القياسي بوحدة kJ/mol لكل تفاعل؟ (على سبيل المثال، استخدام المعادلة: $\Delta H = -q = -\frac{mc\Delta T}{n}$، حيث m = كتلة المحلول، c = 4.18، ΔT = التغير في درجة الحرارة وn = عدد مولات كبريتات النحاس، والتحويل من J/mol إلى kJ/mol).

٦ التدرب على حساب التغيرات في المحتوى الحراري (٣٥ دقيقة)

بالإضافة إلى النشاط العملي، يجب أن يحصل الطلبة على وقت كاف (فرص كافية) لحساب مجموعة واسعة من التغيرات في المحتوى الحراري.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة إكمال المثال ١ في الموضوع ٧-٣ والأسئلة ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الواردة في الوحدة السابعة من كتاب الطالب.

يمكنهم أيضًا إكمال النشاط (٧-٣) من كتاب التجارب العملية والأنشطة.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

استقصاء الاحتراق:

- أي من الكحولات الأربعة المستخدمة في الاستقصاء يحترق مخلفًا أكبر قدر من الدخان؟ اشرح هذه الملاحظة.

(سوف يحترق 1-بنتانول مخلفًا أكبر قدر من الدخان، بسبب الاحتراق غير الكامل. وذلك لأنه يحتوي على النسبة المئوية الكتلية الأكبر من الكربون ويمتلك عددًا أكبر من الروابط كربون-كربون التي يجب كسرها).

- 2–بنتانول و 3–بنتانول يمتلكان أيضًا الصيغة الجزيئية $C_5H_{11}OH$. هل تتوقع أن يكون لهذه الأنواع قيم مختلفة للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق مقارنةً بـ 1–بنتانول؟ اشرح إجابتك.

(يمتلك هذان الكحولان عدد ذرات الكربون والهيدروجين ونوع الروابط التي ستُكسر نفسها، بالإضافة إلى إنتاج الكميات نفسها من ثاني أكسيد الكربون والماء، لذلك من المتوقع أن تكون التغيرات في المحتوى الحراري متقاربة).

استقصاء التعادل:

- يوضح الجدول (٧-٣) بيانات من تجربة تعادل مماثلة حيث تمّ استخدام 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.00 mol/L مع إضافة حمض الإيثانويك (تركيزه نحو 2 mol/L). اطلب إلى الطلبة رسم تمثيل بياني باستخدام البيانات المتوافرة واستقراء الخطَّين لتحديد أقصى تغير في درجة الحرارة وحساب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل لهذا التفاعل.

حجم الحمض (mL)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
درجة الحرارة (°C)	22.0	23.6	25.3	26.9	28.2	29.7	29.6	29.0	28.5	28.0	27.5

الجدول ٧-٣

- يجب أن يساوي التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل 57.1– kJ/mol. اشرح سبب كون القيمة التي حُسبت من التمثيل البياني أقل من هذه القيمة، ولا تساوي القيمة التي حددتها عندما تمّت معادلة هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك.

الإجابة: كما حدث في النشاط العملي التي قام به الطلبة، سيكون هناك فقدان للحرارة عن طريق التوصيل والحمل الحراريَّين. ومع ذلك، فإن الاختلاف الرئيسي في هذه الحال هو أن التفاعل يحدث بين المادة القلوية نفسها وحمض ضعيف. سيحتاج الحمض الضعيف إلى بعض الطاقة ليتفكك إلى أيونات H^+، وبالتالي فإن الطاقة الحرارية الإجمالية المنطلقة تكون أقل من الطاقة الحرارية المنطلقة في حالة التفاعل بين الحمض القوي HCl و NaOH.

الدعم

بسبب ضرورة إجراء العديد من العمليات الحسابية، توجد حاجة إلى دعم بعض الطلبة وتوجيههم خلال العملية. ثمّة وسيلة لحل هذه المشكلة وهي جمع الطلبة الأكثر قدرة مع أولئك الأقل قدرة ضمن ثنائيات والطلب إليهم شرح سبب استخدامهم لقراءات أو قياسات مختلفة أثناء إجراء الحسابات، بما في ذلك ما يتعيّن عليهم القيام به عند البدء والعملية الواجب اتباعها. بالنسبة إلى حسابات النسب المئوية للخطأ، قد يحتاج بعض الطلبة إلى إرشادات خاصة حول الطرائق المختلفة التي يمكن من خلالها حساب النسب المئوية للخطأ الناتجة من استخدام الأجهزة ومقارنتها مع القيم المتوافرة في الأدبيات الكيميائية (المرجعية)، وقد يحتاج الطلبة إلى المساعدة للقيام بالحسابات. يصل بعضهم إلى حد حساب التغير في المحتوى الحراري لـ 0.05 mol من هيدروكسيد الصوديوم ولكن لا يمكنهم القيام بالخطوة النهائية. يمكن للإستراتيجية الآتية أن تساعد في بعض الأحيان:

$$0.05\ \text{mol}\ \text{تطلق الطاقة الحرارية} \longleftarrow q\ \text{J}$$

اقسم طرفَي العلاقة على 0.05:

$$\frac{0.05}{0.05} = 1\ \text{mol} \longrightarrow \frac{q}{0.05}\ \text{J/mol} = \frac{q}{0.05} \times 10^{-3}\ \text{kJ/mol}$$

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يحتاج الطلبة إلى النظر في العمليات الحسابية التي قاموا بها وكتابة العملية التي استخدموها بأسلوبهم الخاص. يمكن أن يتحقق ذلك في شكل مخطط انسيابي أو ببساطة من خلال كتابة بعض الجمل. إذا شعرت أن الطلبة غير قادرين على القيام بذلك، يمكنك إعطائهم عبارات عن المراحل المختلفة التي يجب اتباعها بالترتيب غير الصحيح بالإضافة إلى بعض العمليات غير الصحيحة التي يحتاجون إلى تحديدها.

على سبيل المثال، يمكنهم كتابة عبارة مماثلة لما يلي:

نعرف قيم كتلة الماء والتغير في درجة الحرارة لذلك حسبنا التغير في المحتوى الحراري باستخدام

$$q = (m \times c \times \Delta T)$$

يمكن حساب عدد مولات الكحول باستخدام

$$n = \frac{\text{كتلة الكحول المحترقة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

نأخذ هذه القيمة ونقوم بقسمة $q-$ على n لأن هذا يعطينا التغير في المحتوى الحراري لكل مول من الكحول. وجود الإشارة السالبة يدل على أن التفاعل طارد للحرارة.

ثم نقسم على 1000 قيمة الطاقة الحرارية التي حصلنا عليها بوحدة J/mol لنحصل على الإجابة بوحدة kJ/mol.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

الاهتمام بالتفاصيل الضرورية لتفسير التعاريف هي مهارات مطلوبة للقراءة الموجهة لكثير من النصوص العلمية. إن شرحهم للتمثيل البياني يحتاج إلى لغة مقتضبة وواضحة.

المهارة الحسابية

يوجد العديد من العمليات الحسابية التي يجب إجراؤها والعديد منها يتضمن مهارة استخدام الآلة الحاسبة واستخدام مفتاح PXE أو مفتاح 10x والشكل القياسي.

الموضوع ٧-٤ قانون هس

الأهداف التعليمية

٧-٦ يستخدم قانون هس لرسم دورات الطاقة البسيطة، ويحدد التغيرات في المحتوى الحراري التي لا يمكن إيجادها بالتجربة المباشرة.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

أربع حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٤-٧ قانون هس – حفظ الطاقة – حلقات المحتوى الحراري (حلقات الطاقة) – حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام التغيرات في المحتوى الحراري للتكوين – حساب التغير في المحتوى الحراري للتكوين باستخدام التغيرات في المحتوى الحراري للاحتراق الأسئلة من ٨ إلى ١٠ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب، ج)، ٣(د)، ٤(ب)، ٥(ب)، ٧	• يعرّف قانون هس لإنشاء حلقات الطاقة التي تتضمن التغيرات في المحتوى الحراري التي لا يمكن قياسها مباشرة • يستخدم التغيرات في المحتوى الحراري للتكوين والاحتراق لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما • يحلل حلقات الطاقة ويستخدم الكميات الصحيحة في الحسابات ذات الصلة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٤-٧ استخدام قانون هس استقصاء عملي ٣-٧ التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ج، د، هـ(١))، ٣(د)	• تجربة لإيجاد التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية. • استخدام المسعرية لقياس التغيرات في المحتوى الحراري • استخدام حلقة هس. • يستخدم التغيرات في المحتوى الحراري للتكوين والاحتراق لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يرسم بعض الطلبة الأسهم بطريقة تشير إلى الاتجاه الخاطئ عند إنشائهم حلقة هس. على سبيل المثال، المواد الناتجة من الاحتراق ⟵ الهيدروكربون. يُعدّ هذا خطأ ويجب عدم التغاضي عنه، ولكن طالما أنهم يجدون الإشارة الصحيحة للتغير في المحتوى الحراري، فسيحصلون دائمًا على الإجابة الصحيحة.
- نظرًا لوجود قيم سالبة في المعادلات المستخدمة لإيجاد التغير في المحتوى الحراري المطلوب، فسوف يحتاجون إلى تذكر قواعد مثل: (− × + = −) و (− × − = +).
- في الاستقصاء العملي ٣-٧، يكون أحد التفاعلات (حمض + $KHCO_3$) ماصًا للحرارة ويكون التفاعل الآخر (حمض + K_2CO_3) طاردًا للحرارة. وعلى الرغم من أنه ينبغي للطلبة أن يدركوا إشارة ΔH الصحيحة، فإنهم أحيانًا يضعون الإشارات بشكل خاطئ. على سبيل المثال، تغير في درجة الحرارة مقداره 4+ °C يمكن أن يقود إلى النتيجة الخاطئة: ΔH = + xkJ/mol.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٥ دقيقة)

اطلب إلى الطلبة التفكير في أنواع مختلفة من التفاعلات التي لا يمكن قياس تغيرات الحرارة فيها بشكل مباشر.

على سبيل المثال، يتم تمثيل التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين الميثان بالمعادلة الآتية:

$$C(graphite) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$$

لماذا لا يحدث هذا؟

أولًا، لا يحدث هذا التفاعل لأنه يمتلك طاقة تنشيط مرتفعة جدًّا، وحتى الآن لم يتم اكتشاف أي عامل حفاز لتحقيق ذلك عند الظروف القياسية.

ثانيًا، في حال حدث التفاعل بالفعل، فلا يمكن التحكم به لتكوين غاز الميثان فقط. إذ يمكن (نظريًّا) أيضًا تكوين هيدروكربونات أخرى في هذا التفاعل.

يوجد نوع آخر من التفاعل وهو التفكك الحراري لمواد مختلفة. على سبيل المثال، التفكك الحراري لـ $CaCO_3$، الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

يحتاج هذا التفكك الحراري إلى قدر كبير من الطاقة الحرارية، ومن المستحيل عمليًا قياس الطاقة المطلوبة.

بالإضافة إلى ذلك، يُعدّ التفاعل منعكسًا، والتفاعل العكسي ممكنًا أيضًا. وبالتالي، لن تتفكك كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ تمامًا.

› **فكرة للتقويم:** يُطلب إلى الطلبة التفكير في سبب عدم إمكانية تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الآتية بشكل مباشر بوساطة المسعرية. يمكن القيام بذلك ضمن مجموعات أو بشكل فردي.

$$Ca(s) + S(s) + 2O_2(g) \longrightarrow CaSO_4(s) \qquad \Delta H = -1432.4\ kJ/mol$$

$$6C(graphite) + 7H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow C_6H_{13}OH(l) \qquad \Delta H = -393.5\ kJ/mol$$

$$C_6H_6(l) \longrightarrow 3C_2H_2(g) \qquad \Delta H = +631.4\ kJ$$

٢ فكرة ب (١٥ دقيقة)

تتوافر تفاصيل حول نشاط عملي لدعم قانون هس في الاستقصاء العملي ٧-٣ من كتاب التجارب العملية والأنشطة. يُوضح هذا النشاط جهاز القياس للطلبة. ناقش دقة القياس. على سبيل المثال، بالنسبة إلى الميزان الرقمي الذي يقرأ حتى 0.01 g ، تساوي الدقة نصف هذه القيمة، أي 0.005 g ±. عند وزن مادة صلبة، يتم تصفير الميزان ثم تُوزن المادة الصلبة. وبما أن هناك قراءتَين، تكون النسبة المئوية للخطأ في الميزان الرقمي $= \frac{0.005 \times 2}{\text{الكتلة}} \times 100$. يمكنك مناقشة الأخطاء الناتجة من كل جهاز مستخدم للقياس.

الأنشطة الرئيسية

يرد في ما يلي أنشطة تعليمية يمكنك اختيار ما يناسبك منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ قانون هس واستخداماته (٢ × ٣٥ دقيقة)

عرّف قانون هس.

يمكن تخصيص حصتَّين حول نوعَين رئيسيَّين من حلقات الطاقة:

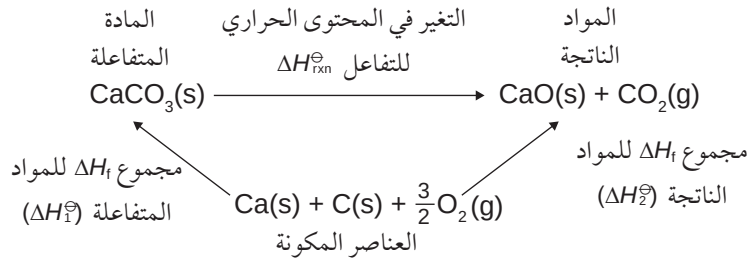
١. يتضمن الأول استخدام التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين والتي يمكن قياسها مباشرة لحساب التغير في المحتوى الحراري الذي لا يمكن قياسه مباشرة.

٢. يتضمن الثاني استخدام التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق والتي يمكن قياسها مباشرة لحساب التغير في المحتوى الحراري الذي لا يمكن قياسه مباشرة.

(يوجد نوع ثالث يتضمن استخدام حلقة تدمج تغيرات في المحتوى الحراري يمكن إيجادها مباشرة ولكنها لا تتناسب مع النوعَين السابقَين).

ابدأ بحلقة طاقة بسيطة نسبيًّا لتفاعل يعرفه الطلبة جيدًا، مثل التفكك الحراري لكربونات الكالسيوم. يوجد أكثر من طريقة واحدة لتوضيح هذه الحلقات.

يمكن استخدام الحلقة في الشكل (٦-٧) لهذا التغير. تُكتب معادلة التغير في المحتوى الحراري الذي لا يمكن تحديده في الأعلى والعناصر في الأسفل.



الشكل ٦-٧

› **فكرة للتقويم ١:** وزّع الطلبة في مجموعات واطلب إليهم كتابة العلاقة بين التغيرات في المحتوى الحراري (ΔH_1 و ΔH_2 و ΔH_{rxn}) وبناء معادلة تدمج العلاقة بين جمع التغيرات في المحتوى الحراري لتكوين المواد الناتجة والمواد المتفاعلة والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل، أي:

$$\Delta H_{rxn} = \Sigma\Delta H_f \text{ (المواد الناتجة)} - \Sigma\Delta H_f \text{ (المواد المتفاعلة)}$$

[Σ يعني جمع].

ثم أعطهم قيم ΔH_f ذات الصلة بوحدة (kJ/mol)

لـ $CaCO_3$ (–1207) و CaO (–636) و CO_2 (–394).

الإجابة = +177 kJ/mol

استنادًا إلى الشكل (٦-٧) الوارد في كتاب الطالب، يُجري الطلبة نشاطًا مماثلًا حول التفكك الحراري لكربونات الصوديوم الهيدروجينية وتفاعلات أخرى، باستخدام التغيرات في المحتوى الحراري للتكوين في الموضوع ٧-٤، أمثلة من كتاب الطالب.

يوفر السؤال ٨ وأسئلة نهاية الوحدة ١(ج) و٣ (د) الواردة في كتاب الطالب تدريبًا على استخدام التغيرات في المحتوى الحراري للتكوين لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلات. يمكن للطلبة مناقشة إجاباتهم ضمن ثنائيات قبل إعطائهم الإجابات ومخطط توزيع الدرجات. ويمكنهم تسليم عملهم الذي تمّ تصحيحه مع تعليقاتهم التي كتبت إلى جانب الأسئلة حيث لم يحصلوا على الدرجات كاملة.

› **فكرة للتقويم ٢:** ناقش مع الطلبة أنه على الرغم من أن التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين تُعدّ مفيدة في تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات التي لا يمكن إجراؤها، إلّا أن قيم ΔH_f لا يمكن قياسها غالبًا بشكل مباشر. بالمقابل، يمكن حرق معظم المواد وبالتالي يسهل تحديد التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق عن طريق التجربة المباشرة. يمكن للطلبة أن يجروا أنشطة لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري للتكوين من التغيرات في المحتوى الحراري للاحتراق باستخدام أمثلة من الموضوع ٧-٤ الوارد في كتاب الطالب، والسؤال ٩ وأسئلة نهاية الوحدة ٤ (ب) و٥ (ب) الواردة في كتاب الطالب. يمكن للطلبة مناقشة إجاباتهم ضمن ثنائيات قبل إعطائهم الإجابات ومخطط توزيع الدرجات. ويمكنهم تسليم عملهم الذي تمّ تصحيحه مع تعليقاتهم التي كتبت إلى جانب الأسئلة حيث لم يحصلوا على الدرجات كاملة.

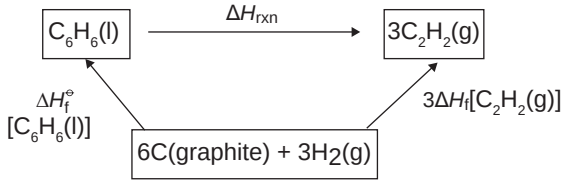
التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

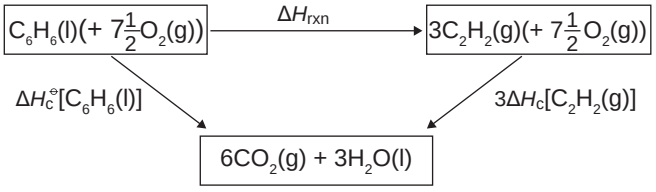
الانحلال الحراري (The pyrolysis، التفكك بالتسخين في غياب الهواء) للبنزين (C_6H_6) لإنتاج الإيثاين (C_2H_2) يتم وفق المعادلة الآتية: $C_6H_6(l) \longrightarrow 3C_2H_2(g)$. يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل باستخدام التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين والتغيرات في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق. ارسم حلقتَي هس منفصلتَين (مختلفتَين) تستخدمان نوعَي التغير في المحتوى الحراري أعلاه لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

الدعم

في هذا الموضوع، تتطوّر مهارات الطلبة كلما ازدادت الأمثلة المعطاة لهم. بالنسبة إلى الانحلال الحراري للبنزين، يمكن رسم حلقة طاقة ليستخدمها الطلبة أو يمكن البدء بحلقة غير مكتملة بحيث يعمل الطلبة على تحديد الجزء الناقص فيها (على سبيل المثال: تحديد العناصر في حال استخدام بيانات عن التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين $\Delta H_f^\ominus$). انظر أمثلة الانحلال الحراري للبنزين في الشكل (٧-٧) والشكل (٧-٨) أدناه.



الشكل ٧-٧ حلقة هس باستخدام التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين



الشكل ٧-٨ حلقة هس باستخدام التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

السؤال ١٠ الوارد في الكتاب الطالب (ضمن فرق ثنائية)

لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل: $3Mg(s) + Fe_2O_3(s) \longrightarrow 2Fe(s) + 3MgO(s)$

يمكن للطلبة حل هذا السؤال بسرعة كبيرة، ولكن يجب أن يقرروا كيف يمكنهم إيجاد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل وأي تغيرات في المحتوى الحراري يمكن اعتبارها تساوي صفرًا، وأيّها يجب مضاعفتها بعدد ما (في هذه الحالة ٣) وتبيان السبب.

يمكنك إعطاء الطلبة الإجابات (الواردة في الجدول (٧-٤)) بعد أن يتوصلوا إلى حلولهم الخاصة.

الإجابة	التعليق على الإجابة
أ	تطبيق غير صحيح لقانون هس: لقد استخدموا المواد المتفاعلة – المواد الناتجة بدلًا من المواد الناتجة – المواد المتفاعلة.
ب	غير صحيح، لأنهم لم يأخذوا في الاعتبار تكوين 3 mol من MgO.
ج	غير صحيح. لم يمثلوا العناصر في حالاتها القياسية. Fe و Mg مادتان صلبتان وليستا في الحالة الغازية.
د	صحيح. $3\Delta H_f^\ominus[MgO(s)] - \Delta H_f^\ominus[Fe_2O_3(s)]$ توضح الإجابة: المواد الناتجة – المواد المتفاعلة ووجود 3 mol من MgO كما في المعادلة.

الجدول ٧-٤

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- تتطلب مناقشة الأسئلة مع الطلبة استخدام المصطلحات العلمية المرتبطة بالموضوع.

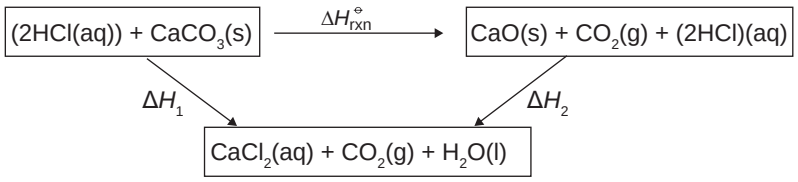
المهارة الحسابية

- من حيث المهارة الحسابية، تُعدّ الأسئلة حول حلقات هس أنشطة في الجبر والنسب، وعمليات حسابية مع أعداد سالبة.

٢ استقصاء عملي: التغير في المحتوى الحراري لتفكك حراري (٢ × ٣٥ دقيقة)

أعط الطلبة مثالًا قبل إنشاء حلقة هس ذات الصلة بالاستقصاء العملي. يوضح الشكل (٧-٩) حلقة هس لتحديد التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري لكربونات الكالسيوم:

$CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO(s) \quad \Delta H_{rxn}^\ominus$



الشكل ٧-٩

تتفاعل المادة المتفاعلة ومادة ناتجة مع حمض الهيدروكلوريك كما هو موضح فيما يلي:

$$2HCl(aq) + CaCO_3(s) \longrightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H_1$$

$$2HCl(aq) + CaO(s) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) \qquad \Delta H_2$$

يوجد مفهومان صعبان هنا: أولًا، فكرة أن HCl موجود في المعادلة ولكن لا يتم استخدامه؛ وثانيًا، يتم إنتاج CO_2 ولكنه لا يشارك في التفاعل بين HCl و CaO.

ملاحظة: يعتمد المساران المختلفان على نقاط التقاء الأسهم ونقاط انطلاقها.

تطبيق قانون هس يعني أن: $\Delta H_1 = \Delta H^{\ominus}_{rxn} + \Delta H_2$ ومن ثم $\Delta H^{\ominus}_{rxn} = \Delta H_1 - \Delta H_2$

التفاعل الذي تمّت دراسته في الاستقصاء العملي:

$$2KHCO_3(s) \longrightarrow K_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H^{\ominus}_{rxn} = + \text{ xkJ/mol}$$

وزّع الطلبة في ثنائيات للعمل معًا في هذا الجزء من الدرس وفي النشاط العملي لاحقًا.

تتوافر تفاصيل النشاط العملي في كتاب التجارب العملية والأنشطة وقسم إجابات الاستقصاءات العملية الوارد في هذا الدليل (الاستقصاء العملي ٧-٣). يُعدّ الاستقصاء سهل التنفيذ، ولكن يجب تخصيص وقت لوزن كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية وكربونات البوتاسيوم الصلبتَين.

› **فكرة للتقويم ١:** يمكن تقويم الطلبة على عملهم الآمن، والتسجيل ومعالجة نتائجهم بشكل دقيق لإيجاد التغيرات في درجات الحرارة.

يمكن تخصيص حصة ثانية للطلبة لاستخدام التغيرات في درجات الحرارة التي حسبوها لحساب التغيرات في المحتوى الحراري ضمن قسم التحليل والاستنتاج والتقويم من ورقة عمل الاستقصاء العملي.

› **فكرة للتقويم ٢:** اطلب إلى الطلبة حساب التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$) باستخدام قيم $\Delta H^{\ominus}_f$. أثناء قيامك بالتنقل بين الطلبة، الفت انتباههم إلى التناسب الكيميائي للمعادلة. يمكن للطلبة استخدام القيمة التي توصلوا إليها لمقارنتها مع القيمة التي حددوها في نتائجهم خلال الاستقصاء العملي ٧-٣.

اسأل الطلبة عن سبب عدم استطاعتهم تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بشكل مباشر.

› **فكرة للتقويم ٣:** أعطِ الطلبة المعادلتَين الآتيتَين لتفاعلَين يتضمنهما الاستقصاء العملي ٧-٣.

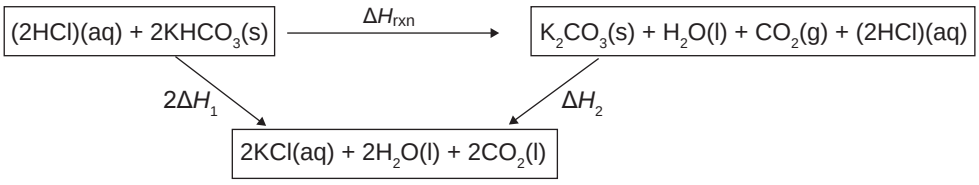
ملاحظة: يمكن تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لهذَين التفاعلَين مباشرة باستخدام المسعرية.

1 $HCl(aq) + KHCO_3(s) \longrightarrow KCl(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H_1$

2 $2HCl(aq) + K_2CO_3(s) \longrightarrow 2KCl(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta H_2$

اطلب إلى المجموعات إنشاء حلقة هس تتضمن هذَين التفاعلَين وتعطيهم المعادلة لإيجاد التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية.

يعد هذا صعبًا، لكن المثال المعطى يوفر بعض المؤشرات للمساعدة على الحل. يجب أن تكون حلقة هس كما هو موضح في الشكل (٧-١٠).



الشكل ٧-١٠

النقطة المهمة هنا هي أنه في الحلقة، يتم ضرب التغير في المحتوى الحراري ΔH_1 في 2 ويعطي تطبيق قانون هس: $\Delta H_{rxn} + \Delta H_2 = 2\Delta H_1$ وبالتالي $\Delta H_1 = 2\Delta H_1 - \Delta H_2$

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

كيف يمكن تقليل مستوى الأخطاء المنهجية؟ على سبيل المثال، ماذا سيكون التأثير إذا تمّ تغيير الميزان الرقمي من القراءة حتى 0.01 g ± إلى القراءة حتى 0.001 g ±، أو استخدام كمية أكبر من الحمض أو كتلة أكبر من المواد المتفاعلة الصلبة.

اطلب إلى الطلبة رسم مخطط مسار لهذا التفاعل.

الدعم

بالنسبة إلى الأسهم في حلقة هس، يحتاج الطلبة إلى معرفة مكان انطلاقة هذه الأسهم ومكان التقائها. يمكنهم بعد ذلك استخدام هذه الحقائق لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري التي يجب جمعها بعضها مع بعض. أيضًا، قد يحتاج بعض الطلبة إلى توضيح سبب وجود حمض الهيدروكلوريك على طرفَي المعادلة، عند رسم الحلقة. وقد يحتاجون أيضًا إلى المساعدة في حسابات المولات.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

لتقويم الطريقة، يقارن الطلبة نتائجهم حول التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل باستخدام المسعرية مع القيمة التي قاموا بحسابها باستخدام قيم $\Delta H^{\ominus}_{rxn}$ (التي تسمى القيمة النظرية). لهذا يستخدمون المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{|\text{النتيجة التجريبية} - \text{القيمة النظرية}|}{\text{القيمة النظرية}} \times 100\ \%$$

إذا كان الطلبة قادرين على حساب النسبة المئوية للخطأ المنهجي الناتج من الأجهزة، فيمكنهم مقارنة ذلك مع النسبة المئوية للخطأ الناتج من التجربة لتكوين فكرة عن دقة التجربة. إذا كانت النسبة المئوية للخطأ الناتج من التجربة أقل من الخطأ المنهجي، يكون هذا مؤشرًا على كيفية عمل الطريقة التجريبية ومدى نجاحها.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- على الطلبة اتباع التعليمات وفهم المصطلحات النظرية (ما يجب أن يحصلوا عليه) والتجريبية (ما حصلوا عليه بالفعل خلال التجربة).

المهارة الحسابية

- يوجد العديد من العمليات الحسابية التي تتضمن معالجة المعادلات: $q = mc\Delta T$ ، $n = \frac{m}{M}$ وتحويل J إلى kJ. ذكّرهم أيضًا أن إشارة q تكون + أو − وفقًا لما إذا كان التفاعل ماصًّا للحرارة (إشارة +) أو طاردًا للحرارة (إشارة −).

الموضوع ٧-٥ طاقات الروابط والتغيرات في المحتوى الحراريّ

الأهداف التعليمية

٧-٧ يجري عمليات حسابية باستخدام بيانات متوسط طاقات الروابط.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٧-٥ طاقات الروابط والتغيرات في المحتوى الحراري – كسر الروابط وتكوينها – طاقة الرابطة – متوسط طاقة الرابطة – حساب التغير في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط الأسئلة من ١١ إلى ١٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ، ب)، ٥(ج)، ٦	• تعريف طاقة الرابطة ومتوسط طاقة الرابطة • التغيرات في المحتوى الحراري عند تكوين الروابط وعند كسرها • حساب التغيرات في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٧-٥ طاقة الرابطة والتغير في المحتوى الحراري أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	• حساب التغيرات في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- تشير طاقات الروابط إلى الروابط التساهمية وليس إلى الروابط الأيونية، لذلك يجب تعزيز هذا المفهوم بشكل منتظم لتذكير الطلبة به لأنهم معرّضون لنسيانه.
- عدد الروابط الموجودة في جزيء متعدد الذرات مثل الماء يمثل مشكلة لبعض الطلبة. على سبيل المثال، غالبًا ما يُنسب أن جزيئين من الماء يحتويان على رابطتي O–H فقط، في حين يوجد في الواقع أربع روابط. وبشكل مماثل، يمتلك ثاني أكسيد الكربون رابطتَي C=O، لذا فإن جزيئَين من ثاني أكسيد الكربون يمتلكان أربعًا من هذه الروابط.
- في حين أن معادلات طاقة تفكك الرابطة للجزيئات ثنائية الذرة، مثل الهيدروجين، تكتب على النحو الآتي:

$H_2(g) \longrightarrow 2H(g)$ أو $H–H(g) \longrightarrow 2H(g)$، فإن التغير في المحتوى الحراري لتذرير الجزيئات ثنائية الذرة تكتب دائمًا على النحو الآتي: $\frac{1}{2}X_2(g) \longrightarrow X(g)$.

- يفشل الطلبة في بعض الأحيان في تقدير أن طاقة الرابطة تشير إلى الطاقة اللازمة لكسر مول واحد من الروابط بينما يشير التغير في المحتوى الحراري للتذرير إلى تكوين مول واحد من الذرات.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

يناقش الطلبة ما يعتقدون أنه طاقة الرابطة (التساهمية). ما الذي يحافظ على ترابط الذرات فيما بينها؟ وما هي العوامل التي تؤثر على قوة الرابطة؟

يهدف هذا فقط إلى جعل الطلبة يفكرون في الموضوع بشكل عام، وستتوافر فرص للتقويم في الجزء الرئيسي من الدرس.

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

تتوافر على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) مقاطع فيديو عن استخدام الهيدرازين كوقود. يمتلك جزيء الهيدرازين ($H_2N–NH_2$) رابطة أحادية مقارنة بالرابطة الثلاثية الموجودة في جزيء النيتروجين ($N\equiv N$) ما يوضح جزئيًا سبب كون النيتروجين أقل نشاطًا كيميائيًا من الهيدرازين.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ طاقات الرابطة (٣٥ دقيقة)

اعرض على الطلبة معادلات تمثل التغيرات التي تتضمنها عملية كسر الروابط.

ذكّر الطلبة بأن كسر الرابطة (أو تفكك الرابطة) يحتاج إلى طاقة، وبالتالي فهي عملية ماصة للحرارة. يجب مناقشة أسباب ذلك في ضوء التجاذب الكهروستاتيكي بين الأنوية والإلكترونات المشتركة في الرابطة التساهمية (لاحظ أنه عند النظر في الترابط الأيوني، يجب أن يوضح الطلبة أن التجاذب الكهروستاتيكي يحدث بين أيونات ذات شحنات متعاكسة).

أعطِ الطلبة بعض قيم طاقات الروابط للمقارنة (انظر الجدول ٧-٥):

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة/(kJ/ mol)
C–C	347
C=C	612
C–O	360
C=O	805
H–Cl	431
H–Br	366
H–I	299

الجدول ٧-٥

يمكن أن تكون بعض النقاط حافزًا للمناقشة:

- ما التدرج في طاقة الرابطة عند الانتقال ضمن المجموعة من أعلى إلى أسفل (على سبيل المثال المجموعة 7)؟ ولماذا؟
- لماذا لا تساوي طاقات الروابط للروابط الثنائية مثل C=C ضعف قيمة الرابطة الأحادية (على سبيل المثال C–C)؟

اسأل الطلبة عما يعتقدون أنه الفرق بين متوسط طاقة الرابطة (المحتوى الحراري للرابطة) وطاقة الرابطة. استخدم مثال الميثان لتوضيح الفرق. يمكن أن يُطلب إلى الطلبة إيجاد القيمة والمعادلة التي تمثل متوسط طاقة الرابطة (أي من المعادلة الأخيرة الموضحة أدناه).

$$CH_4(g) \longrightarrow CH_3(g) + H(g) \quad +435\ kJ/mol$$

$$CH_3(g) \longrightarrow CH_2(g) + H(g) \quad +444\ kJ/mol$$

$$CH_2(g) \longrightarrow CH(g) + H(g) \quad +440\ kJ/mol$$

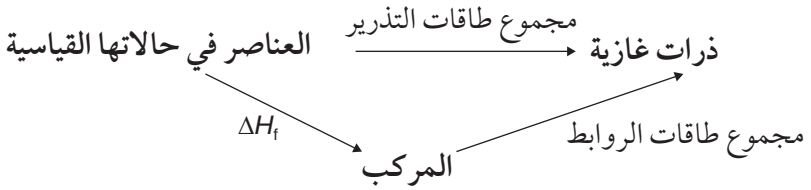
$$CH(g) \longrightarrow C(g) + H(g) \quad +343\ kJ/mol$$

$$CH_4(g) \longrightarrow C(g) + 4H(g) \quad +416\ kJ/mol$$

يجب التأكيد على أن جميع المواد في المعادلات التي تظهر طاقة تفكك رابطة يجب أن تكون في الحالة الغازية.

وكما هي الحال مع التغيرات الأخرى في المحتوى الحراري، يصعب قياس طاقات الروابط بشكل مباشر. يوضح السؤال ١١ من الوحدة السابعة الواردة في كتاب الطالب كيف يمكن استخدام طاقات التذرير في حلقة هس لحساب المحتوى الحراري للروابط. قد يؤدي استخدام $\frac{1}{2}$ في معادلة تذرير الهيدروجين إلى إرباك بعض الطلبة. علمًا أن هذا الاستخدام يرتبط بالتعريف الذي يشير إلى تكوين 1 mol واحد من الذرات، حيث يلزم $\frac{1}{2}\ H_2$ لتكوينه.

يوضح الشكل (٧-١١) أدناه المخطط العام:



الشكل ٧-١١

فكرة للتقويم ١: باستخدام القيم الواردة في السؤال ١١ حول الميثان في الوحدة السابعة من كتاب الطالب، اطلب إلى الطلبة حساب طاقة تذرير الهيدروجين.

الإجابة: باستخدام قانون هس:

مجموع طاقات التذرير = $(218 \times 4) + 716.7 = 1588.7$ kJ/mol

المحتوى الحراري للتكوين $\Delta H_f[CH_4]$ = –74.8 kJ/mol

مجموع طاقات التذرير = مجموع طاقات الروابط في (CH_4) + $\Delta H_f[CH_4]$

مجموع طاقات الروابط في (CH_4) = مجموع طاقات التذرير – $\Delta H_f [CH_4]$

= 1588 .7 – (–74.8) = 1663.5 kJ/mol

فيكون متوسط طاقة الرابطة (C-H): $\frac{1663.5}{4}$ = 415.9 kJ/mol

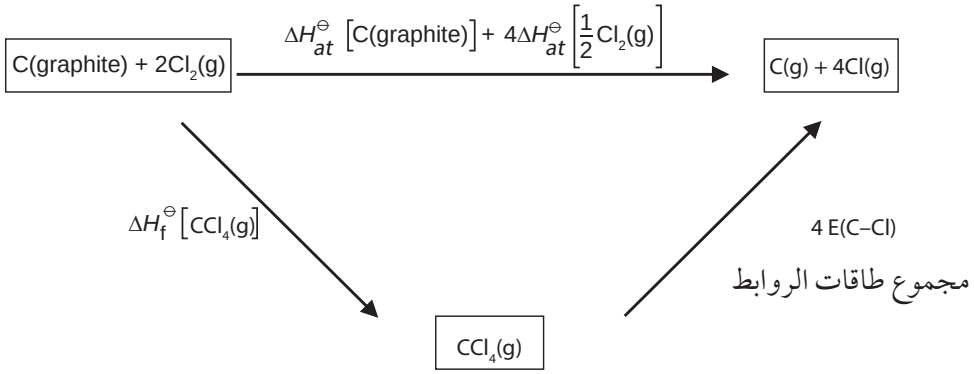
فكرة للتقويم ٢: اطلب إلى الطلبة استخدام حلقة هس الواردة في الشكل (٧-١٠) لحساب قيمة طاقة التذرير للكلور باستخدام البيانات الآتية:

متوسط طاقة الرابطة لـ C–Cl في $CCl_4(g)$ = 338 kJ/mol

طاقة التذرير لـ C = 716 kJ/mol

المحتوى الحراري لتكوين $CCl_4(g)$: $\Delta H_f [CCl_4]$ = –107 kJ/mol

الإجابة: يجب على الطلبة رسم حلقة الطاقة (الشكل ٧-١٢) واستخدام قانون هس.



الشكل ٧-١٢

بالنسبة إلى المعادلة: $CCl_4(g) \longrightarrow C(g) + 4Cl(g)$، يكون مجموع طاقات الروابط

$4E(C–Cl) = (4 \times 338) = 1352$ kJ/mol

باستخدام قانون هس:

$$4\Delta H^{\ominus}_{at}\left[\frac{1}{2}Cl_2(g)\right] = \Delta H^{\ominus}_f + 4E(C-Cl) - \Delta H^{\ominus}_{at}[C(graphite)]$$

$$= -107 + 1352 - 716.7 = 528.3$$

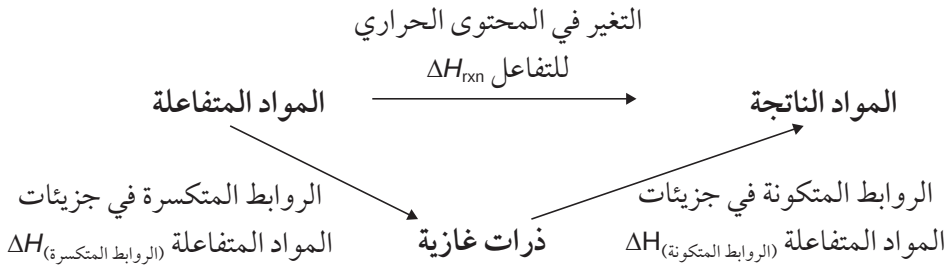
$$\Delta H^{\ominus}_{at}\left[\frac{1}{2}Cl_2(g)\right] = \frac{528.3}{4} = 132.1 \text{ kJ/mol}$$

تساوي طاقة التذرير الفعلية للكلور 121.7 kJ/mol. لماذا تختلف القيمة المحسوبة كثيرًا عن القيمة الفعلية؟

الإجابة: قيم طاقة الرابطة التي تمّ استخدامها في الحساب هي متوسط لقيم عدد من الروابط المختلفة من النوع نفسه موجودة في مجموعة متنوعة من جزيئات مختلفة. ونظرًا إلى أن هذه القيم ليست طاقات الروابط الموجودة في CCl_4، فمن المتوقع أن تكون القيمة المحسوبة لطاقة تذرير الكلور مختلفة عن القيمة الفعلية.

٢ استخدام طاقات الروابط لحساب التغيرات في المحتوى الحراري للتفاعل (٣٥ دقيقة)

يوضح الشكل (٧-١٣) المخطط الذي يجب استخدامه هنا.



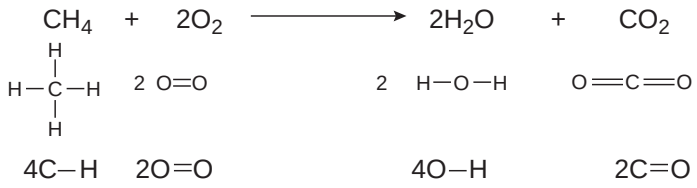
الشكل ٧-١٣

من المهم أن يتذكر الطلبة أن كسر الرابطة هو ماص للحرارة (ΔH موجب) حيث يتم امتصاص الطاقة؛ أما تكوين الروابط فهو طارد للحرارة (ΔH سالب) حيث يتم إطلاق الطاقة الحرارية.

اطلب إلى الطلبة استخدام قانون هس لإيجاد العلاقة بين الروابط المتكسرة ΔH و الروابط المتكونة ΔH و ΔH_{rxn}.

يعدّ تكوين الأمونيا مثالًا جيدًا (راجع الشكل (٧-١٣) من القسم ٧-٥ في كتاب الطالب).

› **فكرة للتقويم ١:** يُعدّ السؤال ١٣ الوارد في كتاب الطالب مثالًا جيدًا ليحاول الطلبة حله لأن عدد الروابط المتكسرة والمتكونة أكثر تعقيدًا. يوضح الشكل (٧-١٤) عملية عد الروابط.



الشكل ٧-١٤

من هنا، يمكن للطلبة بعد ذلك الإجابة عن السؤال ١٣ ضمن مجموعات المناقشة التي يتواجدون فيها. يوضح الجدول (٧-٦) الإجابات.

الإجابة	التعليق
أ	غير صحيح. كسر الروابط ماص للحرارة وتكوين الروابط طارد للحرارة.
ب	صحيح.
ج	غير صحيح. الروابط في الأكسجين هي O=O وفي CO_2 هي C=O.
د	غير صحيح. إما أن الطالب لم يأخذ في الحسبان وجود مولَين من الماء أو وجود رابطتَي O—H في كل جزيء من الماء.

الجدول ٧-٦

يمكن للطلبة بعد ذلك حساب قيمة التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الميثان باستخدام بيانات متوسط طاقة الرابطة الآتية:

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة/(kJ/ mol)
C–H	413
O=O	496
C=O	805
O–H	463

الجدول ٧-٧

يمكن للطلبة أيضًا رسم مخطط مسار لهذا التفاعل. يمكنهم حساب طاقة التنشيط E_a عن طريق جمع المحتوى الحراري للروابط التي تم كسرها.

› **فكرة للتقويم ٢:** يمكن للطلبة التوسع في الحسابات في السؤال ١١ أو السؤال ٢ من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب الطالب.

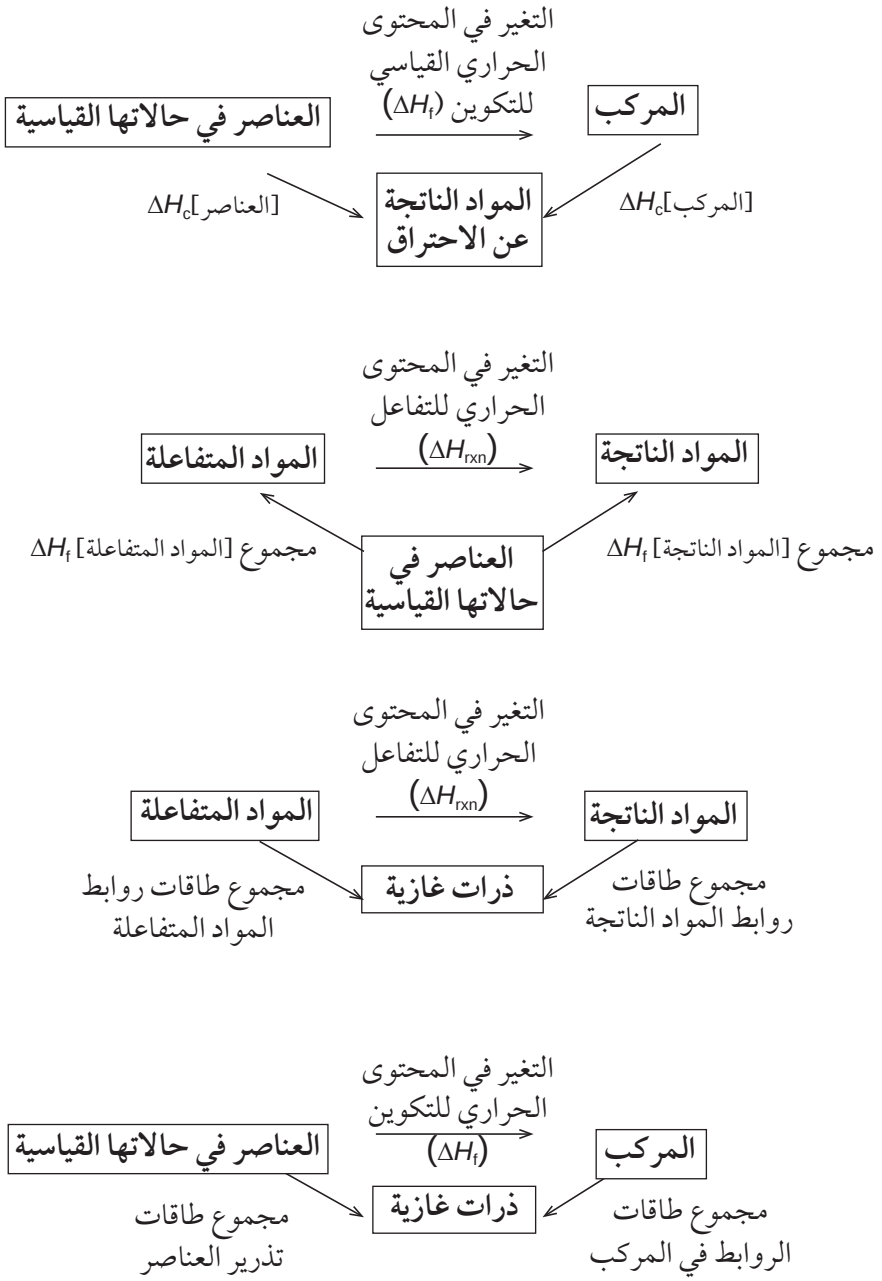
٣ ملخص في التغيرات في المحتوى الحراري (٣٥ دقيقة)

وزّع الطلبة في مجموعات من ثلاثة أو أربعة طلبة. تعطى كل مجموعة ورقة تتضمن الكلمات والتغيرات في المحتوى الحراري كما هو موضح في الجدول (٧-٨). اطلب إليهم قص الورقة وترتيب الكلمات لإنشاء أربع حلقات هس للطاقة كانوا قد استخدموها في مرحلة ما خلال دروس الوحدة السابعة. يرسم الطلبة أربع مجموعات من الأسهم ويضعون هذه الكلمات حول الأسهم لإنشاء حلقات هس للطاقة.

مكونات الحلقة (عند زوايا الحلقة)	التغير في المحتوى الحراري (توضع على الأسهم)
العناصر في حالاتها القياسية	مجموع التغيرات في المحتوى الحراري لتكوين المواد الناتجة $\Delta H_{f[\text{المواد الناتجة}]}$
المركب	مجموع التغيرات في المحتوى الحراري لتكوين المواد المتفاعلة $\Delta H_{f[\text{المواد المتفاعلة}]}$
المواد الناتجة من الاحتراق	مجموع التغيرات في المحتوى الحراري لاحتراق المواد الناتجة $\Delta H_{c[\text{المواد الناتجة}]}$
المادة أو المواد المتفاعلة	مجموع التغيرات في المحتوى الحراري لاحتراق المواد المتفاعلة $\Delta H_{c[\text{المواد المتفاعلة}]}$
طاقات الروابط لمركب	مجموع طاقات الروابط في المركب
المادة أو المواد الناتجة	مجموع طاقات تذرير العناصر
ذرات غازية	التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH_{rxn})
	مجموع طاقات الروابط في المركب
	التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين المركب $\Delta H_{f[\text{المركب}]}$

الجدول ٧-٨

بمجرد أن تقرر مجموعة من الطلبة الإجابات الصحيحة، يقوم الطلبة بتدوينها، وتعمد مجموعات أخرى إلى تقويم الإجابات. يوضح الشكل (٧-١٥) المجموعات الصحيحة، ويمكنك عرضها أمام الصف.

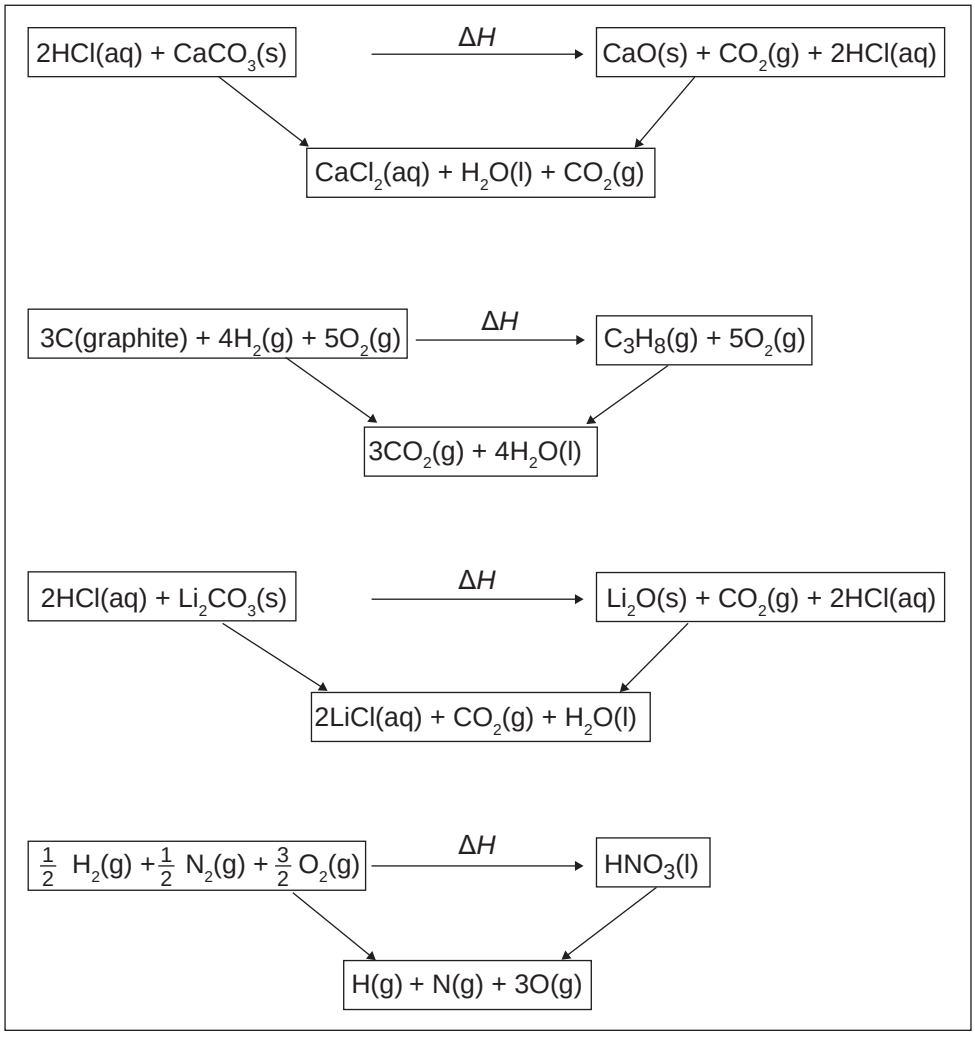


الشكل ٧-١٥

يأخذ الطلبة المجموعات التالية من المواد ويرتبونها ضمن حلقات هس للطاقة التي تحتوي على تغير واحد فقط في المحتوى الحراري (ΔH) لا يمكن تحديده مباشرة. يجب أن تكون المعادلات موزونة.

$CaCO_3(s)$	$HCl(aq)$	$CaCl_2(aq)$	$H_2O(l)$	$CaO(s)$	$CO_2(g)$	
$C(graphite)$	$H_2(g)$	$C_3H_8(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(l)$	$O_2(g)$	
$Li_2CO_3(s)$	$LiCl(aq)$	$CO_2(g)$	$Li_2O(s)$	$HCl(aq)$	$H_2O(l)$	
$HNO_3(g)$	$H_2(g)$	$N_2(g)$	$O_2(g)$	$H(g)$	$N(g)$	$O(g)$

الشكل ٧-١٦ أدناه يعطي الإجابات.



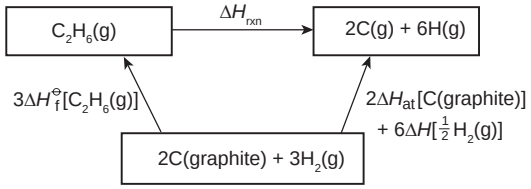
الشكل ٧-١٦

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

حدد لهم السؤال لإيجاد المحتوى الحراري للرابطة C—C. للقيام بذلك، يمكن إعطاؤهم قيمة التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين الإيثان (84− kJ/mol)، وقيم المحتوى الحراري للتذرير (بوحدة kJ/mol) للكربون (717+) والهيدروجين (218+) ومتوسط طاقة الرابطة لـ C—H (413) . يمكن إعطاء الطلبة ما يلي: $2C(g)+6H(g)$; $C_2H_6(g)$; $2C(graphite) + 3H_2(g)$ مع الطلب إليهم بترتيبها في حلقة هس.

الإجابة:



$\Delta H_{rxn} = -\Delta H_f [C_2H_6(g)] + 2\Delta H_{at} [C(graphite)] + 6\Delta H_{at} [\frac{1}{2}H_2(g)] = -(-84) + (2 \times 717) + (6 \times 218) = 2826$ kJ

$\Delta H_{rxn} = E(C\text{-}C) + 6E(C\text{-}H)$

$E(C\text{-}C) = \Delta H_{rxn} - 6E(C\text{-}H) = 2826 - (6 \times 413) = 348$ kJ kJ/mol

الدعم

قد يحتاج الطلبة الذين واجهوا صعوبات في الدروس السابقة إلى بعض المساعدة عند إنشاء حلقات هس للطاقة. ستوفر لهم الأنشطة في هذا الدرس تدريبًا على القيام بذلك.

يمكن حث الطلبة على استخدام حلقة هس للطاقة العامة المناسبة (من الأمثلة المعطاة سابقًا) عند حساب التغيرات في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط.

قد يحتاج بعض الطلبة إلى المساعدة في تحديد المضاعفات (multiples) المستخدمة عند الحاجة إلى أكثر من مول واحد من طاقات الروابط في حلقة هس للطاقة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

تمّ ذكر مركب الهيدرازين في أحد الأنشطة التمهيدية مسبقًا. توضح المعادلة الآتية احتراق الهيدرازين في الأكسجين:

$$H_2N{-}NH_2 + O_2 \longrightarrow N_2 + 2H_2O$$

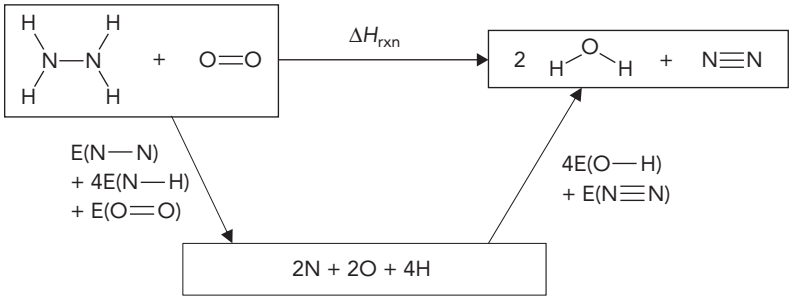
اطلب إلى الطلبة إنشاء حلقة هس التي تمكنهم من إيجاد التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل باستخدام طاقات الروابط. طاقات الروابط المناسبة (بوحدة kJ/mol) هي:

نوع الرابطة	متوسط طاقة الرابطة/(kJ/ mol)
N–N	163
N≡N	944
N–H	388
O=O	496
O–H	463

الجدول ٧-٩

عندما يحسبون قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل، يقومون بعد ذلك برسم مخطط مسار التفاعل وإدراج قيم طاقة التنشيط والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

إذا توافر متسع من الوقت، يمكن للطلبة شرح سبب اعتقادهم أن الهيدرازين يشكل وقودًا جيدًا.



$$\Delta H_{rxn} = E(N\text{-}N) + 4E(N\text{-}H) + E(O{=}O) - [4E(O\text{-}H) + E(N{\equiv}N)]$$

$$\Delta H_{rxn} = 163 + (4 \times 388) + 496 - [(4 \times 463) + 944] = -585\ kJ/mol$$

بعد أن يحسب الطلبة قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل، يرسمون مخطط مسار التفاعل ويدخلون قيم طاقة التنشيط والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

إذا توافر متسع من الوقت، يمكن للطلبة شرح سبب اعتقادهم أن الهيدرازين يُعدّ وقودًا جيدًا.

هذا الدرس هو توليف لما تعلمه الطلبة عبر جمع محتويات المواضيع بعضها مع بعض ثم تحليلها. يمكنهم مقارنة ما ذكروه في النشاط التمهيدي حول نقاط ضعفهم أو ردودهم "الحمراء" في نشاط إشارات المرور وما يشعرون به الآن بعد نشاط المراجعة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- المصطلحات المستخدمة في هذه الوحدة، مثل التذرير (أو التفكيك)، وطارد للحرارة، وماص للحرارة، وحلقة الطاقة، والمحتوى الحراري تمّ استخدامها في وحدات أخرى، على سبيل المثال، الوحدة الخامسة (الاتزان الكيميائي)، وقد تمّ توضيح استخدامها ومعناها. على الرغم من أن الجزء الرئيسي من الدرس يتضمن مهارات عددية، إلّا أن الاستخدام الصحيح للبيانات يفرض على الطلبة أن يفهموا هذه البيانات، على سبيل المثال، endo بادئة لكلمة endothermic تعني داخل، ونظرًا إلى أن الطاقة يتم امتصاصها لكسر الروابط، يكون التغير ماصًا للحرارة وبالتالي يكون ΔH موجبًا.

المهارة الحسابية

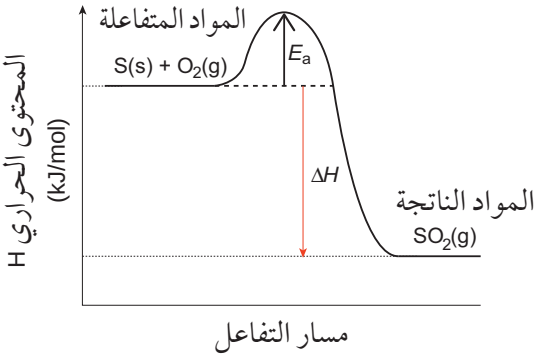
- يجب على الطلبة أن يتذكروا استخدام الإشارة الصحيحة (+ أو −) لكسر الروابط وتكوينها. ويجب عليهم أيضًا الرجوع إلى المعادلات التي تمثل التغيرات الكيميائية وإحصاء عدد الروابط المنكسرة والمتكوّنة.
- تتطلب العلاقة بين التغيرات المتنوعة في الطاقة مهارات جبرية أساسية، مثل سالب × سالب = موجب.
- ترتبط الأسهم الموجودة في الحلقات بتغيرات مختلفة في المحتوى الحراري وسيحتاج الطلبة إلى تقييم ما إذا كانت هذه التغيرات موجبة أم سالبة.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

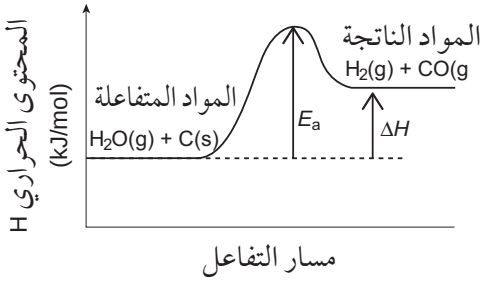
إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. طارد للحرارة.
ب. طارد للحرارة.
ج. ماص للحرارة.
د. طارد للحرارة.
هـ. ماص للحرارة.

٢. أ.



ب.



٣. أ. $\Delta H^{\ominus}_{rxn}$
ب. $\Delta H^{\ominus}_{f}$ [CO_2(g)] or $\Delta H^{\ominus}_{c}$ [C(graphite)]
ج. $\Delta H^{\ominus}_{rxn}$
د. $\Delta H^{\ominus}_{f}$ [H_2O(l)] or $\Delta H^{\ominus}_{c}$ [H_2(g)]
هـ. $\Delta H^{\ominus}_{neut}$

٤. أ. $q = mc\Delta T$

$q = 75 \times 4.18 \times (54 - 23)$

$q = 75 \times 4.18 \times 31 = 9718.5$ J

(9720 J حتى 3 أرقام معنوية).

ب. كتلة المحلول يجب أن تكون 48 g،

$q = 48 \times 4.18 \times -1.5 = -300.96$ J

(301 J حتى 3 أرقام معنوية)

الطاقة الممتصة عند ذوبان كلوريد الصوديوم

$\Delta H = +300.96$

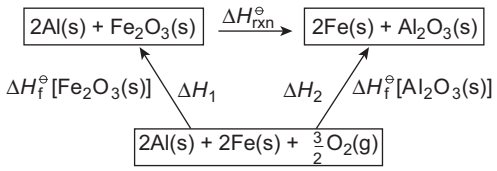
ج. $q = 100 \times 4.18 \times 15 = 6270$ J

٥. يتفاعل مول واحد من حمض الكبريتيك مع مولَين من هيدروكسيد الصوديوم لتكوين مولَين من الماء. يتحدد التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل بتكوّن مول واحد فقط من الماء. لذا فإن التغير في المحتوى الحراري لتعادل حمض الكبريتيك يساوي ضعفَي التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل.

٦. الوقت الذي يستغرقه هيدروكسيد الصوديوم في الذوبان / تسرّب (فقدان) الطاقة المنطلقة نحو ميزان الحرارة أو الهواء أو المسعر الحراري؛ افتراض أن السعة الحرارية النوعية للمحلول هي نفسها السعة الحرارية النوعية للماء.

٧. في التجربة قد يكون هناك: تسرّب الحرارة المنطلقة نحو محيط التفاعل: من الشعلة وفي المسعر الحراري وميزان الحرارة والهواء؛ الاحتراق غير الكامل للإيثانول؛ تبخر الإيثانول بحيث لا يكون فقدان وزن (كتلة) الإيثانول كله بسبب الاحتراق.

٨. أ.

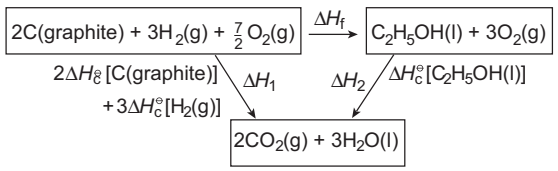


ب. $\Delta H^{\ominus}_{rxn} + \Delta H^{\ominus}_{1} = \Delta H^{\ominus}_{2}$

$\Delta H^{\ominus}_{rxn} + (-824.2) = -1675.7$

$\Delta H^{\ominus}_{rxn} = -851.5$ kJ

٩. أ.



ب. $\Delta H^{\ominus}_{f} + \Delta H^{\ominus}_{2} = \Delta H^{\ominus}_{1}$

$\Delta H^{\ominus}_{f} + (-1367.3) = 2(-393.5) + 3(-285.8)$

$\Delta H^{\ominus}_{f} = -277.1$ kJ/mol

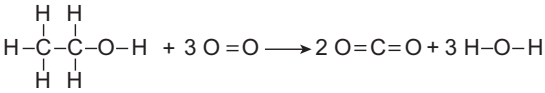
١٠. د $\Delta H_{rxn}^{\ominus} = 3\Delta H_f^{\ominus}[MgO(s)] - \Delta H_f^{\ominus}[Fe_2O_3(s)]$

١١. $\Delta H_{rxn}^{\ominus} = +1663.5$ kJ

توجد 4 روابط C–H في الميثان لذا فإن متوسط طاقة الرابطة لـ C–H هو:

$$\frac{1663.5}{4} = +415.9 \text{ kJ/mol}$$

١٢. أ.



ب. $(C—C) + 5(C—H) + (C—O) + (O—H)$

$+ 3(O═O) \xrightarrow{\Delta H_c^{\ominus}} 4(C═O) + 6(O—H)$

$347 + 5(413) + (336) + (463) +$

$3(496) \longrightarrow 4(805) + 6(463)$

$4699 \text{ kJ} \longrightarrow -5998 \text{ kJ}$

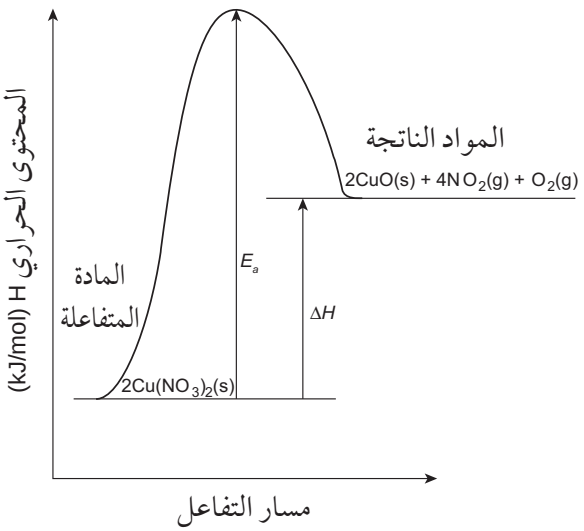
$\Delta H_c^{\ominus} = -1299$ kJ

ج. طاقات الروابط المستخدمة هي متوسط طاقات الروابط. تُحدد طاقات الروابط على بيانات للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة تكون جميعها في الحالة الغازية، في حين أن نتائج الاحتراق التجريبي تكون للإيثانول السائل فقط.

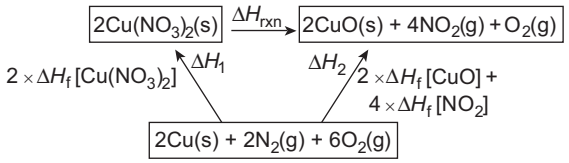
١٣. ب

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ.



ب.



ج. $\Delta H_{rxn} + \Delta H_1 = \Delta H_2$

$\Delta H_{rxn} + 2(-302.9) = 2(-157.3) + 4(+33.2)$

$\Delta H_{rxn} + (-605.8) = -181.8$

$\Delta H_{rxn} = +424$ kJ

د. ١. الطاقة الممتصة (تفاعل ماص للحرارة؛ انخفاض في الحرارة)

$q = 125 \times 4.18 \times (-2.9)$

$= -1515.25$ J

(كتلة المحلول هي 125 g)

−1515.25 J لكل 25 g من كبريتات النحاس (II) المميّه، لذا لـ 1 mol

$$\Delta H_{rxn} = -(-1515.25) \times \frac{249.6}{25.0}$$

$= 15128.256$ J/mol أو 15.1 kJ/mol

(حتى 3 أرقام معنوية)

٢.
- الوقت الذي تستغرقه إذابة كبريتات النحاس.
- امتصاص الطاقة من المحيط وليس فقط من المحلول (ميزان الحرارة أو الهواء أو المسعر الحراري).
- عدم أخذ كتلة كبريتات النحاس بالاعتبار.

وبالتالي فإن كمية الحرارة التي حُسبت هي أقل من الكمية التي تمّ امتصاصها فعليًا.

أو

- افتراض أن السعة الحرارية النوعية للمحلول تساوي السعة الحرارية النوعية للماء (يمكن أن تكون السعة الحرارية أكبر أو أصغر).
- عدم حساب الطاقة التي تمّ امتصاصها من المسعر والمكوّنات الأخرى، لذا فإن القيمة التي تمّ حسابها للطاقة الممتصة تكون منخفضة جدًا.

٢. أ. $CH_3COCH_3(l) + 4O_2(g) \longrightarrow 3CO_2 + 3H_2O$

$2(C–C) + 6(C–H) + (C=O) + 4(O=O) \longrightarrow 6(C=O) + 6(O–H)$

$2(347) + 6(413) + (805) + 4(496)$

$\longrightarrow 6(805) + 6(463)$

+5961 kJ لكسر الروابط؛ –7608 kJ لتكوين الروابط ؛ وبما أن كسر الروابط هو + وتكوين الروابط هو –؛

الإجابة = –1647 kJ

ب. أي اثنين ممّا يلي:

متوسط طاقات الروابط يمثل طاقات الروابط بشكل عام / يتم الحصول عليها من:

- عدد من الروابط من النوع نفسه والموجودة في مركبات مختلفة.
- نوع الروابط نفسه في مركبات مختلفة؛ على سبيل المثال روابط C=O في ثاني أكسيد الكربون والبروبانون.

ج. ١. هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكوّن مول واحد من مركب ما من عناصره الأولية في الظروف القياسية.

٢. $3C(graphite) + 3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CH_3COCH_3(l)$ +248 kJ/mol

٣. لا يتفاعل الكربون بشكل مباشر مع الهيدروجين والأكسجين عند الظروف القياسية.

٣. أ. $\frac{240}{24\,000} = 0.01$ mol

ب. $q = 100 \times 4.18 \times 33.5$

$= 14\,003$ J $= 14.0$ kJ

(حتى 3 أرقام معنوية)

ج. $\Delta H_c = \frac{-14.0}{0.01}$

$= -1400$ kJ/mol

د. $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

هذه هي المعادلة لـ $\Delta H_c^{\ominus}[C_2H_6(g)]$

$\Delta H_{rxn}^{\ominus} = \sum n\Delta H_f^{\ominus}$ [المواد الناتجة] $- \sum n\Delta H_f^{\ominus}$ [المواد المتفاعلة]

$\Delta H_c^{\ominus}[C_2H_6(g)] =$

$2\Delta H_f^{\ominus}[CO_2(g)] + 3\Delta H_f^{\ominus}[H_2O(l)] - \Delta H_f^{\ominus}[C_2H_6(g)]$

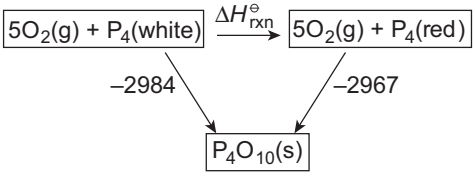
$\Delta H_c^{\ominus} = 2(-394) + 3(-286) - (-85)$

$= -1561$ kJ/mol

هـ.
- احتراق غير كامل
- تسرب الحرارة من جوانب المسعر الحراري، إلخ.

٤. أ. كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق 1 mol من مادة ما بشكل كامل وفقًا للتناسب الكيميائي في المعادلة عند الظروف القياسية.

ب. ١.

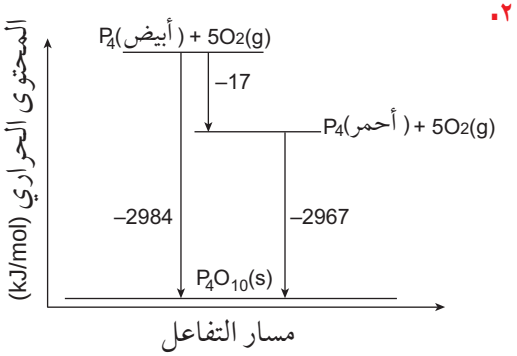


وباستخدام قانون هس،

$\Delta H_{rxn}^{\ominus} - 2967 = -2984$

$\Delta H_{rxn}^{\ominus} = -2984 + 2967 = -17$ kJ/mol

٢.



٥. أ. كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من مادة ما في الظروف القياسية.

ب.

$\Delta H_f^{\ominus}[CH_4(g)] =$

$\sum \Delta H_c^{\ominus}$ [المواد المتفاعلة] $- \sum \Delta H_c^{\ominus}$ [المواد الناتجة]

$\Delta H_c^{\ominus}[C(graphite)] + 2\Delta H_c^{\ominus}[H_2(g)] - \Delta H_c^{\ominus}[CH_4(g)]$

$\Delta H_f^{\ominus}[CH_4(g)] =$

$= 2(-286) - 394 - (-891)$

$= -572 - 394 + 891$

$= -75$ kJ/mol

ج.

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

4(C—H) 2(O=O) 2(C=O) 4(O—H)

4×413 2×496 2×805 4×463

$\Delta H_c^{\ominus} = 1652 + 992 - 1610 - 1852$

$= -818$ kJ/mol

٦. أ. المحتوى الحراري للروابط في $H_2 + I_2$

$= 436 + 151$

$= +587$ KJ/mol

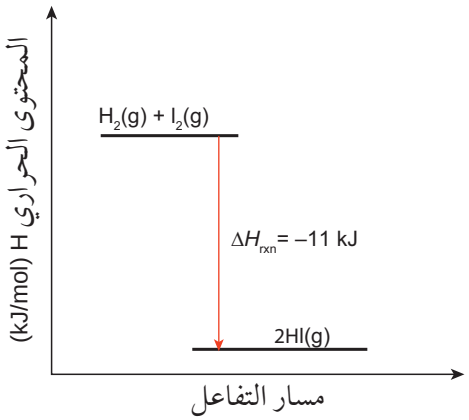
المحتوى الحراري للروابط في 2HI

$= 2 \times -299$

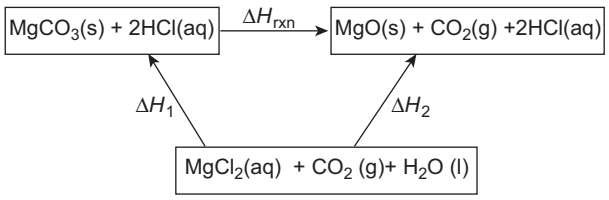
$= -598$ KJ/mol

$\Delta H_{rxn} = 587 + (-598) = -11$ kJ

ب.



٧.



٨. أ. $q = mc\Delta T$

$q = 250 \times 4.18 \times 23.0$

$q = 24000$ J $= 24.0$ kJ (حتى 3 أرقام معنوية)

ب. $M_r = 32.0$؛ كتلة الميثانول المحترق $= 2.9$ g

$\frac{2.9}{32.0} = 0.0906$ mol

ج. $\frac{-24.0}{0.0906} = -265$ kJ/mol

د. تسرب الحرارة؛

احتراق غير كامل؛

ظروف غير قياسية.

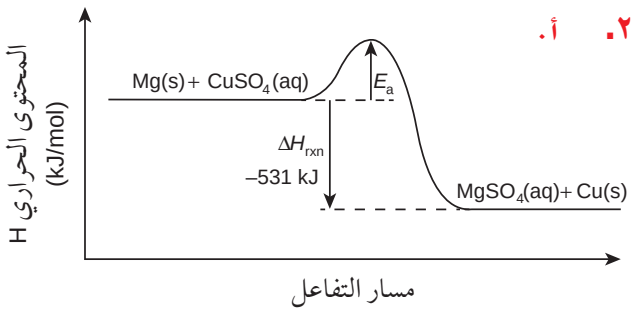
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٧-١

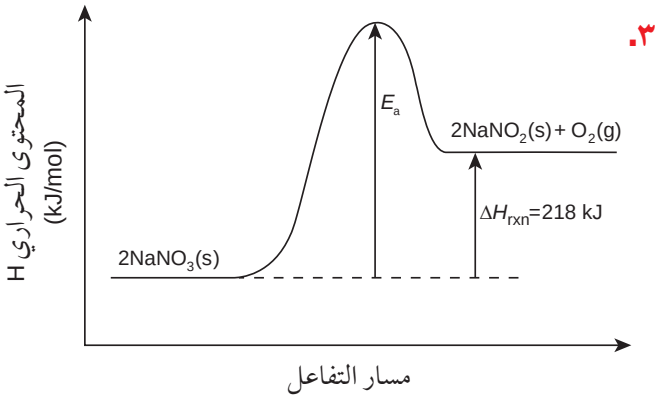
١. التغير في المحتوى الحراري هو تبادل الطاقة **الحرارية** بين مخلوط التفاعل **الكيميائي** و **محيطه** عند ضغط ثابت. والرمز المستخدم للتغير في المحتوى الحراري هو ΔH. فإذا تمّ **امتصاص** الحرارة من محيط التفاعل يكون التفاعل **ماصًّا** للحرارة. وإذا **انطلقت** الحرارة نحو محيط التفاعل يكون التفاعل **طاردًا** للحرارة. عند إجراء مقارنة بين التغيرات في المحتوى الحراري نستخدم الظروف **القياسية** وهذه الظروف تحدد على النحو الآتي: ضغط قيمته 100 **كيلو باسكال** ودرجة حرارة مقدارها 298 **كلفن** وحيث تكون المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في حالتها **الفيزيائية** العادية عند هذه الظروف.

٢. أ.



ب. طارد للحرارة لأن المواد المتفاعلة تملك طاقة أكبر من المواد الناتجة / التغير في المحتوى الحراري بإشارة سالبة.

٣.



نشاط ٧-٢

١. أ. التغير في المحتوى الحراري القياسي **للتكوين** هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكون مول واحد من **المركب** من عناصره **الأولية** عند الظروف القياسية.

ب. التغير في المحتوى الحراري القياسي **للاحتراق** هو كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول **واحد** من مادة ما عند الظروف القياسية.

ج. التغير في المحتوى الحراري القياسي **للتفاعل** هو التغير في المحتوى الحراري عندما تتفاعل كميات المواد المتفاعلة وفقًا للتناسب الكيميائي الموضح في **المعادلة الكيميائية** لتكوين المواد **الناتجة** عند **الظروف القياسية**.

٢. ١ مع د، ٢ مع ب، ٣ مع أ، ٤ مع ج

٣. أ. $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$ $\Delta H_c^{\ominus}$ $[(C_3H_8(g)]$

ب. $OH^-(aq) + H^+(aq) \longrightarrow H_2O(l)$ $\Delta H_{neut}^{\ominus}[OH^-(aq)]$

ج. $MgCO_3(s) \longrightarrow MgO(s) + CO_2(g)$ $\Delta H^{\ominus}_{rxn}[MgCO_3(s)]$

د. $2Na(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow Na_2O(s)$ $\Delta H_f^{\ominus}[Na_2O(s)]$

٤. التفاعل ٣. ج. : تفكك كربونات الماغنيسيوم

٥. التفاعل ٣. **أ.**: احتراق البروبان

التفاعل ٣. **ب.**: تفاعل التعادل بين (NaOH) و(H_2SO_4)

التفاعل ٣. **د.**: تفاعل تكوين أكسيد الصوديوم

نشاط ٧-٣

١. **أ.** التغير في درجة حرارة الماء والمسعر الفلزي

$(\Delta T) = 35.2 - 20.5 = 14.7\ °C$

ب. الطاقة التي امتصها الماء = كتلة الماء × السعة الحرارية النوعية للماء × الارتفاع في درجة الحرارة

$q_1 = m \times c \times \Delta T = 70 \times 4.18 \times 14.7 = 4301\ J$

الطاقة التي امتصها المسعر = كتلة المسعر × السعة الحرارية النوعية للمسعر النحاسي × الارتفاع في درجة الحرارة

$q_2 = m \times c \times \Delta T = 200 \times 0.385 \times 14.7 = 1132\ J$

الطاقة الحرارية الكلية الممتصة:

$4301 + 1132 = 5433\ J$

ج. كتلة الكحول المحترقة: $92.33 - 92.19 = 0.14\ g$

$C_6H_{13}OH = (6 \times 12) + (14 \times 1) + 16 = 102\ g/mol$

د. $-5433 \times \frac{102}{0.14} = -3958328.6\ J$

$-3958\ kJ/mol$

٢. تسرب الحرارة من جدران الكوب / من سطح الماء / من الشعلة / العمل في ظروف غير قياسية

٣. $C_6H_{13}OH(l) + 9O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 7H_2O(l)$

$\Delta H_c^{\ominus}[C_6H_{13}OH(l)] = -3958\ kJ/mol$

٤. **أ.**

$Mg(NO_3)_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \longrightarrow MgCO_3(s) + 2NaNO_3(aq)$

ب. قم بعزل الكأس / ضع غطاء على الكأس / قلّب (حرّك) المخلوط بميزان الحرارة (بحيث لا توجد «نقاط ساخنة» ويحدث التفاعل بأسرع ما يمكن).

ج. حجم المحلول = $20\ mL + 20\ mL = 40\ mL$

الارتفاع في درجة الحرارة = $23.2 - 18.9 = 4.3\ °C$

الحرارة = كتلة المحلول × السعة الحرارية النوعية × الارتفاع في درجة الحرارة

$q = 40 \times 4.18 \times 4.3 = 718.96\ J$

د. السعة الحرارية النوعية للمحلول تساوي السعة الحرارية النوعية للماء.

هـ. عدد مولات نترات الماغنيسيوم.

$n = M.V$

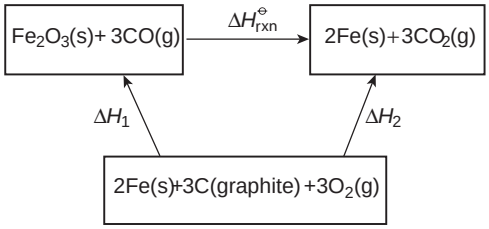
$1.0 \times \frac{20.0}{1000} = 0.02\ mol$

$\Delta H = -q = -\frac{718.96}{0.02}$

$= -35\,948\ J = -36.0\ kJ/mol$

نشاط ٧-٤

١. **أ.**



ب. $\Delta H_1^{\ominus} = \Delta H_f^{\ominus}[Fe_2O_3(s)] + 3 \times \Delta H_f^{\ominus}$

$[CO(g)] = (-824.2) + 3 \times (-110.5)$

$= -1155.7\ kJ$

$\Delta H_2^{\ominus} = 3 \times \Delta H_f^{\ominus}[CO_2(g)] = 3 \times (-393.5)$

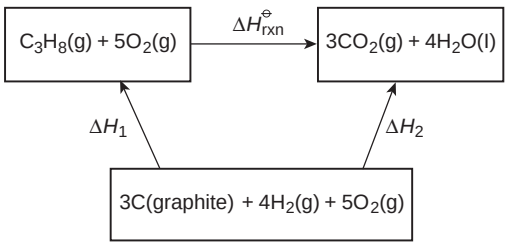
$= -1188.5\ kJ$

$\Delta H_1^{\ominus} + \Delta H_{rxn}^{\ominus} = \Delta H_2^{\ominus}$

$\Delta H_{rxn}^{\ominus} = \Delta H_2^{\ominus} - \Delta H_1^{\ominus}$

$= (-1180.5) - (-1155.7) = -24.8\ kJ$

٢.



$\Delta H_1^\ominus = \Delta H_f^\ominus [C_3H_2(g)] = -104.5$ kJ

$\Delta H_2^\ominus = 3 \times \Delta H_f^\ominus [CO_2(g)] + 4 \times \Delta H_f^\ominus [H_2O_2(l)]$

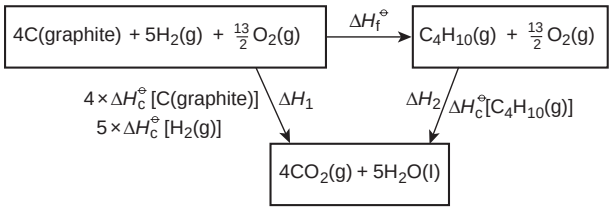
$= (3 \times -393.5) + (4 \times -285.84) = -2323.7$ kJ

$\Delta H_1^\ominus + \Delta H_{rxn}^\ominus = \Delta H_2^\ominus$

$\Delta H_{rxn}^\ominus = \Delta H_2^\ominus - \Delta H_1^\ominus$

$= (-2323.7) - (-104.5) = -2219.2$ kJ/mol

٣. أ.



ب.

$\Delta H_1 = 4 \times \Delta H_c^\ominus [C(graphite)] + 5 \times \Delta H_c^\ominus [H_2(g)]$

$= (4 \times -393.5) + (5 \times -285.8) = -3003.0$ kJ

$\Delta H_2 = \Delta H_c^\ominus [C_4H_{10}(g)] = -2876.5$ kJ

$\Delta H_1 = \Delta H_f^\ominus [C_4H_{10}(g)] + \Delta H_2$

$\Delta H_f^\ominus [C_4H_{10}(g)] = \Delta H_1 - \Delta H_2$

$= -3003.0 - (-2876.5) = -126.5$ kJ/mol

ج. إنه التفاعل نفسه، حيث إن كمية الكربون المحترق هي نفسها كمية ثاني أكسيد الكربون المتكوّنة.

نشاط ٧-٥

١. طاقة الرابطة هي كمية الطاقة اللازمة لكسر رابطة معينة، في حين أن متوسط طاقة الرابطة هو كمية الطاقة اللازمة لكسر نوع معين من الروابط، وهي تُحسب كمتوسط للعديد من الروابط من هذا النوع الموجودة في جزيئات مختلفة.

في المثال حول طاقة تفكك الروابط في الميثان، تكون طاقات الروابط على التوالي ΔH_1 و ΔH_2 و ΔH_3 و ΔH_4 لكل رابطة من الروابط C-H الأربع (تنتمي هذه الروابط إلى النوع نفسه ولكن نظرًا إلى أنه يتم كسرها واحدة تلو الأخرى، فهي يتم كسرها فعليًا في جزيئات (جسيمات) مختلفة).

ويكون متوسط طاقة الرابطة C-H في الميثان هو:

$$\frac{\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4}{4}$$

٢. أ. تكون الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط في المواد الناتجة أكبر من الطاقة الممتصة عندما تتكسر الروابط في المواد المتفاعلة.

ب.

الروابط المتكسرة (kJ)	الروابط المتكونة (kJ)
4 × (C–H) = 4 × 413 = 1652 kJ 2 × (O=O) = 2 × 496 = 992 kJ	2 × (C=O) = 2 × 805 = 1610 kJ 4 × (O–H) = 4 × 463 = 1852 kJ
المجموع = 2644 kJ	المجموع = –3462 kJ

التغير في المحتوى الحراري =

+2644 + (– 3462) = – 818 kJ/mol

ج.

الروابط المتكسرة	الروابط المتكونة
1 × (C=C) = 1 × 612 = 612 kJ 4 × (C–H) = 4 × 413 = 1652 kJ 3 × (O=O) = 2 × 496 = 1488 kJ	4 × (C=O) = 4 × 805 = 3220 kJ 4 × (O–H) = 4 × 463 = 1852 kJ
المجموع = 3752 kJ	المجموع = –5072 kJ

التغير في المحتوى الحراري=

+3752 +(–5072) = – 1320 kJ/mol

إجابات الاستقصاءات العملية

فهرس الدرس
في هذه الوحدة سيكمل الطلبة استقصاءات عملية حول:
استقصاء عملي ٧-١: حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل تعادل بالتجربة
استقصاء عملي ٧-٢: التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات
استقصاء عملي ٧-٣: التغير في المحتوى الحراري لتفكك حراري

التحضير للاستقصاء

- يجب أن يعرف الطلبة مصطلحات مثل المحتوى الحراري والتعريفات المختلفة المرتبطة بهذا الموضوع. يحتاج الطلبة إلى فهم هذه التعريفات وكيف تؤثر على معالجة البيانات. على سبيل المثال، دائمًا ما يتم التعبير عن التغيرات في المحتوى الحراري القياسية بوحدة kJ/mol.
- يجب أن يتحلى الطلبة بالثقة عند التحويل من J إلى kJ وأن يدركوا أن حساباتهم الأولية للحرارة يتم التعبير عنها بوحدة J.
- تعد الاستقصاءات حول قانون هس سهلة التنفيذ ولكن في كثير من الأحيان لا يفهم الطلبة النظرية الكامنة وراء ما يقومون بتنفيذه.

استقصاء عملي ٧-١: حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل بالتجربة

المقدمة

يتطلب هذا الاستقصاء من الطلبة رسم تمثيل بياني لدرجة الحرارة مقابل الحجم واستخدامه لتحديد التغيرات في درجة الحرارة في التفاعل. يستخدم هذا الاستقصاء محلولًا من هيدروكسيد الصوديوم كمادة متفاعلة محددة للتفاعل، في حين تتم إضافة الحمض تدريجيًا حتى يصبح فائضًا.

التفاعل يحدث وفق المعادلة الآتية:

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

أو بشكل أكثر دقة:

$$OH^-(aq) + H+(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

المدة

- سيستغرق النشاط العملي والتجهيز نحو نصف ساعة لإكماله.
- ينبغي تخصيص نصف ساعة أخرى لرسم التمثيل البياني وإجراء الحسابات ومناقشة النتائج وحساب النسب المئوية للأخطاء.

التحضير للاستقصاء

يجب أن يعرف الطلبة تعريف التغير في المحتوى الحراري للتعادل.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:

- أكواب من البوليسترين عدد 2
- كأس زجاجية 250 mL
- ميزان حرارة (من 10- °C إلى 50 °C ويفضل مع تدرج 0.2 °C) أو مجس حرارة متصل (أو موصول) بحاسوب
- ماصة سعة 50 mL أو (25 mL)
- مضخة ماصة
- سحاحة سعة 50 mL
- حامل سحاحة
- حامل حديد كامل، لحمل ميزان الحرارة (اختياري)
- سدادة من الفلين مع ثقب واحد، يتناسب مع ميزان الحرارة أو مجس الحرارة (اختياري)
- حمض الهيدروكلوريك تركيزه نحو 2 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.00 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيجة عند هذا التركيز.
- يعدّ محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكّالة عند هذا التركيز.

توجيهات حول الاستقصاء

- على الرغم من أن الطلبة سوف يستخدمون سحاحة لتوصيل حجوم دقيقة خلال المعايرة، إلّا أن الأمر يكون معقدًا عند استخدام ميزان حرارة لجمع قراءات درجة الحرارة، لذلك ربما لا يتقنون الأمر مباشرة (على الفور).
- لاحظ أن تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم يساوي 1.00 mol/L، بينما يساوي تركيز الحمض 2 mol/L. يجب تذكير الطلبة بذلك حتى لا يفترضوا أن قمة التمثيل البياني يجب أن تكون عند 25.0 mL. إن عدم تزويد الطلبة بحمض تركيزه 2.00 mol/L، سيمكنهم من التدرب على رسم الخطوط الأفضل تمثيلًا والاستقراء بشكل أكثر فعالية.
- ستعطي التجربة فقط تغيرات طفيفة في درجة الحرارة عند بعض النقاط، ولكن من المهم تحريك الكوب بشكل دائري لخلط المحلول للحصول على القراءات الأكثر دقة. يجب القيام بذلك بعناية، وإلا فقد يعلق بعض المحلول على جوانب الكأس أو ينسكب خارجه.
- في البداية، لا يفهم بعض الطلبة أسباب تنفيذ التجربة باستخدام التمثيل البياني لدرجة الحرارة مقابل الحجم. ومع ذلك، عند إتمامهم التجربة، وشرح النتائج لهم، يمكنهم فهم هذه الأسباب.
- قد يحتاج بعض الطلبة إلى المساعدة عند إجراء الحسابات، ولكن يُفترض فيهم إكمال إنجاز النشاط العملي ورسم التمثيل البياني الخاص بهم قبل البدء بالحسابات.

- سيتمكن الطلبة الأكثر قدرة من حساب قيم التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بشكل مستقل وإيجاد النسبة المئوية للخطأ باستخدام النتائج النظرية أعلاه مع النتائج التجريبية.
- يمكن للطلبة الأكثر قدرة أن يجربوا أحماضًا مختلفة، مثل حمض الإيثانويك (تركيزه نحو 2 mol/L) أو حمض الكبريتيك (تركيزه نحو 1 mol/L) لمعرفة ما إذا كانوا سيجدون قيمة للتغير في المحتوى الحراري الفعلي للتفاعل.

يمكن تلخيص التفاعل بالمعادلة الأيونية:

$$OH^-(aq) + H^+(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

والقيمة المقبولة للتغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل هي: $\Delta H_{neut} = -57.1$ kJ/mol

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يجب أن يكون الطلبة قادرين على تحويل قيم الحرارة/التغير في المحتوى الحراري من J إلى kJ. يفشل الطلبة من حين لآخر في القيام بذلك.

متغيرات الاستقصاء

يوضح الجدول الآتي أنواع المتغيرات ويعطي أمثلة عليها.

نوع المتغير	أمثلة
المتغير المستقل	حجم الحمض
المتغير التابع	التغير في درجة الحرارة
المتغيرات الضابطة	حجم المادة القلوية تركيز المادة القلوية تركيز الحمض

النتائج

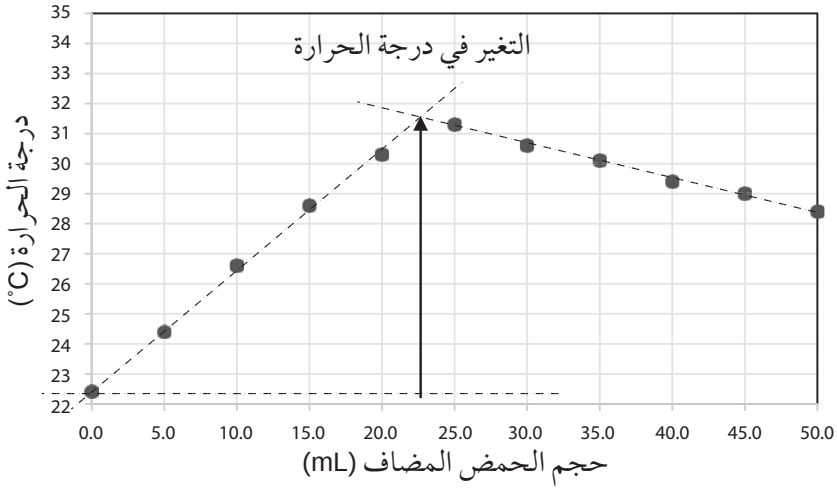
يعطي الجدول (٧-١) فكرة عن النتائج التي يجب على الطلبة الحصول عليها عند إتمام الاستقصاء.

حجم الحمض (mL)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
درجة الحرارة (°C)	22.4	24.4	26.6	28.6	30.3	31.3	30.6	30.1	29.4	29.0	28.4

الجدول ٧-١

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. انظر إلى الشكل ٧-١.



الشكل ٧-١.

عندما يتم رسم التمثيل البياني باستخدام البيانات الواردة في الجدول (٧-١)، تكون درجة الحرارة الابتدائية 22.4 °C ودرجة الحرارة القصوى التي تم قياسها بالاستقراء 31.6 °C.

٢. التغير الأقصى في درجة الحرارة ΔT:

$31.6 - 22.4 = 9.2\ °C$

٣. بلغ حجم هيدروكسيد الصوديوم المستخدم 50.0 mL.

عند درجة الحرارة القصوى التي تم الوصول إليها من خلال التمثيل البياني في الشكل ٧-١، بلغ حجم الحمض المضاف 22.5 mL.

$m = 50.0 + 22.5 = 72.5\ g$

$q = mc\Delta T = 72.5 \times 4.18 \times 9.2 = 2788\ J$

٤. عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم المستخدمة

$(n) = \text{الحجم} \times \text{التركيز} = 0.05\ (L) \times 1.00\ (mol/L) = 0.05\ mol$

٥. $\Delta H = -\frac{q}{n} = -\frac{2788.0}{0.05} = -55760\ J/mol = -55.8\ kJ/mol$

٦. $\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\% = \frac{|-55.8 + -57.1|}{-57.1} \times 100\% = 2.28\%$

٧. $\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{\text{الخطأ الأقصى}}{\text{قيمة القياس}} \times 100\%$

انظر الجدول (٧-٢) أدناه.

الجهاز/القراءة	خطأ القراءة	القراءة التي سجلت	النسبة المئوية للخطأ	التعليقات
يقرأ ميزان الحرارة المستخدم لتسجيل درجات الحرارة حتى 0.2 ˚C، وبالتالي فإن له عدم دقة من ±0.1 ˚C	0.2 ˚C	9.2 ˚C	2.17%	يستخدم التغير في درجة الحرارة قراءتين لدرجة الحرارة، لذا فإن الخطأ يساوي: ±0.1 ˚C × 2 = ±0.2 ˚C
للسحاحة المستخدمة في قياس حجم الحمض عدم دقة من ±0.05 mL	0.1 mL	22.5 mL	0.44%	تستخدم الحجوم التي يتم قياسها بالسحاحة قراءتين، لذا فإن الخطأ يساوي: ±0.05 mL × 2 = ±0.1 mL
للماصة التي سعتها 50.0 mL والمستخدمة في قياس حجم هيدروكسيد الصوديوم عدم دقة من ±0.1 mL	0.1 mL	50.0 mL	0.20%	الحجم الذي يتم قياسه بالماصة يتم بقراءة واحدة فقط، لذا فإن الخطأ يساوي: ±0.1 mL
		المجموع	2.81%	

الجدول ٧-٢

هذا يعني أن الخطأ الفعلي للتجربة (2.28%) ينتج من أجهزة القياس (2.81%)، ولكن قد يكون بعض الخطأ ناتجًا من تسرب الحرارة بسبب التوصيل الحراري (على سبيل المثال من خلال الجزء العلوي المفتوح من الجهاز) أو من طريقة الاستقراء المستخدمة في التمثيل البياني.

استقصاء عملي ٧-٢: التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات

المقدمة

يتعلق هذا الاستقصاء العملي بما هو خطأ فيه بالقدر نفسه بما هو جيد فيه. من الناحية المثالية، يمكن استخدام وعاء الغازات المضغوطة كمسعر لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات. ومع ذلك، في هذه العملية، يتم استخدام مواقد كحولية.

بالنسبة إلى الكحولات الأربعة جميعها يتم رفع درجة حرارة الماء بالمقدار نفسه في كل مرة. هذا يعني أن التغير في المحتوى الحراري سيكون هو نفسه في كل مرة لأن الجهاز المستخدم يكون هو نفسه. يعد تركيب الجهاز بسيطًا جدًا؛ ويمكن استخدام حصيرة مقاومة (عازلة) للحرارة لعزل الجهاز عن التيار الهوائي من خلال وضعها حول الموقد الكحولي والمسعر. في حال استخدام مسعرات زجاجية، يجب تغيير السعة الحرارية النوعية أما الحسابات فتبقى هي نفسها.

المدة

- سيستغرق النشاط العملي نحو نصف الساعة لإتمامه.

- يمكن تخصيص مواقد كحولية لكحولات معينة ويمكن التشارك فيها بين مجموعات الطلبة. تعد المجموعات المكونة من شخصين مثالية.
- ينبغي تخصيص نصف ساعة إضافية للتجهيز وإجراء الحسابات ومناقشة النتائج وحساب النسب المئوية للأخطاء.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:

- مواقد كحولية يحتوي كل منها على 10 g من أحد أنواع الكحولات الأربعة (إيثانول، 1-بروبانول، 1-بيوتانول، 1-بنتانول)
- مسعر نحاسي
- سلك نحاسي للتقليب
- حامل حديد كامل مع ماسك
- حصيرة عازلة للحرارة عدد 3 على الأقل
- ميزان حرارة (ثرمومتر) أو مجس حرارة متصل بحاسوب (اختياري)
- مخبار مدرج سعة 100 mL
- أعواد ثقاب
- ميزان إلكتروني يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل
- مصدر للماء
- موقد بنزن

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- تعدّ جميع الكحولات قابلة للاشتعال.
- يجب التعامل مع أنواع الكحولات على أنها مواد ضارة.

توجيهات حول الاستقصاء

- يجب أن يدرك الطلبة أن الحرارة اللازمة لتسخين المسعر يجب أن تؤخذ في الحسبان.
- يجب أن يدرك الطلبة أن الموقد الكحولي ستتم مشاركته فيما بينهم، وبالتالي يمكن أن يعطلوا المجموعات الأخرى إذا لم ينجزوا قياساتهم في مدة زمنية معقولة.
- تتمثل المشكلة الأكبر بوضع الشعلة عند الارتفاع نفسه لكل موقد وتعديل موضع المسعر بحيث يكون قاعه عند المسافة نفسها من الشعلة في كل مرة.
- ارتفاع درجة الحرارة الموصى به في كتاب الأنشطة هو 20 °C، والتي يمكن الوصول إليها في وقت قصير جدًّا – نحو دقيقة واحدة. سيكون ضروريًا في هذه الحال القيام بتقليب متواصل وسريع في كل تجربة.

من المفترض أن الطلبة رأوا سابقًا كيفية حساب الأخطاء التي تسببها الأجهزة التي يستخدمونها. في هذا الاستقصاء العملي، يجب أن يكونوا قادرين على الأقل على حساب النسبة المئوية للخطأ في نتائجهم بالمقارنة مع القيم المتوافرة في

المراجع العلمية. بعد أن يقوموا بحساب الأخطاء الناتجة من الأجهزة التي يستخدمونها، ستبقى نسبة معينة من الخطأ غير مرتبطة بالأجهزة.

- مصدر الخطأ الأكثر وضوحًا هو تسرب (فقدان) الحرارة عبر الجهاز. كما أن احتراق الكحولات، خصوصًا تلك التي تمتلك كتلة جزيئية نسبية أكبر، لا يكون كاملاً، ويجب تذكير الطلبة بتعريف التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق.
- يمكن التحقق من أن الاحتراق غير كامل من خلال فحص الجانب السفلي من المسعر، حيث يعد وجود رواسب الكربون إشارة جيدة إلى أن الاحتراق غير كامل.

تتمثل إحدى طرائق التعزيز للطلبة في تشجيعهم على استخدام جداول بيانات من أجل «أتمتة» عملياتهم الحسابية وتوفير وقتهم. وقد يظن بعضهم أن ذلك يوفر عليهم القيام بالحسابات. ومع ذلك، فعند إنشاء جداول البيانات الخاصة بهم وتفعيلها، فهم في الواقع يقومون بالحسابات ويستخدمون المعادلات التي يحتاجون إلى فهمها.

- ويمكن التوسع (التعزيز) مع الطلبة الأكثر قدرة، بأن يأخذوا قيم التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق التي وجدوها أو القيم المتوافرة في المراجع ورسمها مقابل الكتلة الجزيئية النسبية. ومن تمثيلاتهم البيانية يمكنهم إيجاد التغير في المحتوى الحراري عند حرق كل مجموعة $-CH_2-$ إضافية، ويمكنهم بالتالي حساب المحتوى الحراري للرابطة C–H.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

ينسى الطلبة أحيانًا أنهم يقومون بتسخين المسعر الحراري في الوقت نفسه مع الماء. لهذا السبب يجب أن يتذكروا أن المسعر يمتلك سعة حرارية نوعية مختلفة عن الماء. تبلغ السعة الحرارية النوعية للنحاس 0.385 J/g.K أو J/g.°C وللزجاج 0.840 J/g.K أو J/g.°C.

تنبؤ

تنبؤ محتمل لطالب ما حول الاستقصاء يمكن أن يكون كما يلي: كلما ازدادت الصيغة الجزيئية بمجموعة CH_2، يصبح التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق طاردًا أكثر للحرارة بمقدار 654kJ/mol.

الميثانول ($CH_3OH(l)$): $\Delta H_c^\ominus [C_2H_5OH(l)] - (-654) = -1367 - (-654) = -713$ kJ/mol

1–هكسانول ($C_6H_{13}OH(l)$): $\Delta H_c^\ominus [C_5H_{11}OH(l)] + (-654) = -3330 + (-654) = -3984$ kJ/mol

1–ديكانول ($C_{10}H_{21}OH(l)$): $\Delta H_c^\ominus [C_5H_{11}OH(l)] + (5 \times -654) = -3330 + (5 \times -654) = -6600$ kJ/mol

---

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق للكحولات الأربعة:

كتلة المسعر النحاسي = 198.00 g

كمية الحرارة الكلية الممتصة نتيجة احتراق كل كحول

$q = (19800 \times 0.385 \times 20) + (100 \times 4.18 \times 20)$

$= 1524.6 + 8360 = 9884.6$ J

يكون هذا التغير في المحتوى الحراري هو نفسه الذي للكحولات الأربعة. بالنسبة إلى النتائج الواردة في الجدول (٧-٢)، لم تكن المواقد الكحولية متوافرة ، لذلك تم استخدام مواقد صغيرة. وكانت المدة الزمنية المستغرقة لكل تجربة تتراوح من دقيقة إلى دقيقتين.

ترد في الجدول (٧-٣) نتائج الكحولات الأربعة جميعها وهي مأخوذة من جدول بيانات.

الكحول	كتلة الموقد + الكحول قبل الاحتراق	كتلة الموقد + الكحول بعد الاحتراق	الكتلة المحترقة	الكتلة المولية	عدد المولات المحترقة	الحرارة المنطلقة من كل كحول (J)	القيمة التجريبية للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (kJ/mol)
إيثانول	6.05	5.57	0.48	46	0.010435	9884.6	-947.3
1-بروبانول	6.20	5.79	0.41	60	0.006833	9884.6	-1446.5
1-بيوتانول	6.27	5.87	0.40	74	0.005405	9884.6	-1828.7
1-بنتانول	6.90	6.52	0.38	88	0.004318	9884.6	-2289.1

الجدول ٧-٣

٢. (أ - د) ترد النسبة المئوية للخطأ لكل من الكحولات في الجدول (٧-٤).

الكحول	القيمة التجريبية للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (kJ/mol)	القيمة الفعلية المقبولة (المرجعية) للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (kJ/mol)	النسبة المئوية للخطأ
إيثانول	–947	–1367	30.7
1-بروبانول	–1447	–2021	28.4
1-بيوتانول	–1829	–2676	31.7
1-بنتانول	–2289	–3330	31.3

الجدول ٧-٤

٣. (أ و ب) يرد الحد الأقصى لنسبة الخطأ الناتج من الأدوات المستخدمة في الجدول (٧-٥).

الجهاز/ القراءة	خطأ القراءة	القراءة التي سجلت	النسبة المئوية للخطأ	التعليقات
قراءة ميزان الحرارة حتى 0.5	1.0	20.0	5.0	يتم أخذ قراءتين لميزان الحرارة – كلاهما يعطي خطأ أقصى ±0.5˚C وبالتالي فإن الخطأ الكلي يساوي 1.0 ˚C
قراءة المخبار المدرج حتى 2 mL	1	100	1.0	الحجم الذي يعطيه المخبار المدرج يمتلك قراءة واحدة، وبالتالي فإن الخطأ يبلغ فقط ±1 mL
		النسبة المئوية الكلية %	6.0	

الجدول ٧-٥

٤. النسبة المئوية للخطأ المرتبطة بقياس الكتلة المحترقة لكل من الكحولات.

إيثانول: النسبة المئوية للخطأ $= \frac{0.01}{0.48} \times 100\% = 2.08\%$

1–بروبانول: النسبة المئوية للخطأ $= \frac{0.01}{0.41} \times 100\% = 2.44\%$

1–بيوتانول: النسبة المئوية للخطأ $= \frac{0.01}{0.40} \times 100\% = 2.50\%$

1–بنتانول: النسبة المئوية للخطأ $= \frac{0.01}{0.38} \times 100\% = 2.63\%$

٥. النسبة المئوية القصوى للخطأ لكحول واحد

المثال = 1–بنتانول

إجمالي الخطأ الناتج من جهاز القياس = 8.63%

٦. بالنسبة لـ1–بنتانول، فإن الفرق بين نسبة الخطأ الإجمالية والخطأ الناتج من الجهاز هو:

8.63. – 31.3 = 22.67%

ربما يرجع هذا الاختلاف الكبير إلى الاحتراق غير الكامل للكحول وفقدان (تسرب) الحرارة من خلال التوصيل الحراري (عبر جوانب المسعر) والحمل (الانتقال) الحراري (لا تسخن المخلفات الغازية الساخنة المسعر).

استقصاء عملي ٧-٣: التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري

المقدمة

يعد من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري لبعض التفاعلات. ولأن التفكك الحراري تفاعل ماص للحرارة، فمن المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري له مباشرة. والطريقة الوحيدة لإيجاد هذه التغيرات هي باستخدام قانون هس. سندرس في هذا الاستقصاء التفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية، التي تتم وفق المعادلة الآتية:

$$2KHCO_3(s) \longrightarrow K_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

المدة

- يمكن إتمام هذا الاستقصاء العملي بسهولة في غضون نصف ساعة، على الرغم من أنه ينبغي قضاء بعض الوقت قبل البدء به وذلك لشرح النظرية الكامنة وراء الطريقة وكيف سيقوم الطلبة بحساب التغيرات.
- يمكن للطلبة العمل بشكل فردي.
- ينبغي تخصيص نصف ساعة إضافية للتجهيز والقيام بالحسابات ومناقشة النتائج وحساب النسب المئوية للأخطاء.

التحضير للاستقصاء

- يحتاج الطلبة إلى معرفة النظرية الكامنة وراء قانون هس وكيف يمكن استخدامه لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري التي يستحيل تحديدها بطرائق أخرى.
- يحتاج الطلبة إلى مراجعة التفاعلات بين الأحماض والكربونات أو الكربونات الهيدروجينية.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:

- كوب من البوليسترين مع الغطاء
- كأس زجاجية لحمل كوب البوليسترين
- ميزان حرارة (من 10 °C– إلى 50 °C ويفضل أن يقرأ حتى المنزلة 0.2 °C (أو مجس حرارة متصل بحاسوب)
- ملعقة كيماويات
- أوراق بلاستيكية للوزن
- مخبار مدرج سعة 50 mL
- صوف قطني لتوفير عزل إضافي
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل
- كربونات البوتاسيوم
- حمض الهيدروكلوريك بتركيز حوالي 2 mol/L
- كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية

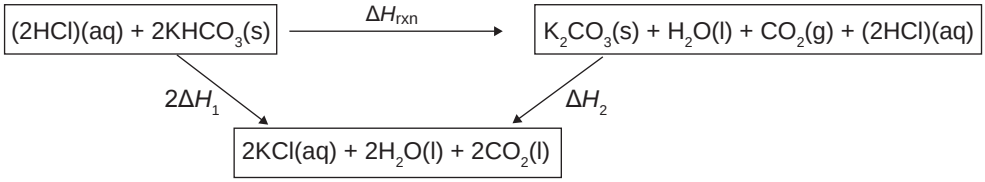
⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيّجة عند هذا التركيز.
- يحدث الكثير من الفوران خلال التفاعلات ولذلك يجب توخي الحذر وذلك بإعادة وضع الغطاء بمجرد إضافة المواد الصلبة إلى الحمض لتقليل التعرض لرذاذ الحمض.

توجيهات حول الاستقصاء

- لا يستخدم العديد من الطلبة ضعفي قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH_1 في حساباتهم. يجب أن يدركوا أيضًا أن الإشارة المعطاة للتغير في المحتوى الحراري (زائد أو ناقص) مهمة جدًا للنتيجة النهائية.

يواجه عدد من الطلبة صعوبات فيما يتعلق بقانون هس، وبالتالي فإن التدريب على القيام بهذه الحسابات سيساعدهم كثيرًا في التغلب على هذه الصعوبات.



الشكل ٧–٢

شجع الطلبة على استخدام جداول البيانات من أجل «أتمتة» حساباتهم وتوفير وقتهم. إذا كنت تخشى من أن هذا سيمنعهم من إجراء الحسابات بأنفسهم، فتذكر أنه عند إنشاء جداول البيانات الخاصة بهم وتفعيلها، إنما هم في الواقع يقومون بالحسابات ويستخدمون المعادلات التي يحتاجون إلى فهمها.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

قد يخلط الطلبة بين تفاعلات $KHCO_3$ و K_2CO_3 و HCl عند بناء حلقة هس.

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١-٥ النتائج الموضحة في الجدول (٧-٦) مأخوذة من استقصاء عملي نموذجي حول هذا الموضوع.

كتلة $KHCO_3$ = 2.55 g

كتلة K_2CO_3 = 3.46 g

	درجة الحرارة الابتدائية (°C)	درجة الحرارة النهائية (°C)	التغير في درجة الحرارة (°C)	الحرارة المتبادلة q (J)	الكتلة (g)	الكتلة المولية (g/mol)	عدد المولات (mol)	التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل (kJ/mol)
$KHCO_3$ التفاعل الأول	18	14.4	–3.6	–752.4	2.55	100.1	0.02547	+29.5
K_2CO_3 التفاعل الثاني	17.9	22.2	+4.3	+898.7	3.46	138.2	0.02504	-35.9

الجدول ٧-٦

٦. التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل:

باستخدام قانون هس: $\Delta H_{rxn} + \Delta H_2 = 2\ \Delta H_1$

$\Delta H_{rxn} = 2\ \Delta H_1 - \Delta H_2 = 2 \times 29.5 - (-35.9) = +94.9$ kJ

٧. $\Delta H_{rxn} = -2\Delta H_f\ (KHCO_3\,(s)) + \Delta H_f\ (K_2CO_3\,(s)) + \Delta H_f\ (H_2O(l)) + \Delta H_f\ (CO_2\,(g)) =$

$-(2 \times -959.4) + (-1146) + (-285.8) + (-393.5)$

$= +93.5$ kJ

٨. النسبة المئوية للخطأ $= \left[\frac{94.9 - 93.5}{93.5}\right] \times 100\% = 1.5\%$

التفاعل الأول

يقرأ مقياس الحرارة حتى 0.2°C وبالتالي فإن عدم الدقة يساوي ±0.1 °C. تؤخذ قراءتان لدرجة الحرارة، وبالتالي فإن عدم الدقة الكلي يساوي 0.2°C.

النسبة المئوية للخطأ $= \left(\frac{0.2}{3.6}\right) \times 100\% = 5.56\%$

للوزن قراءتان يتم إجراؤهما، وتساوي درجة عدم الدقة لكل منهما ±0.005 g.

النسبة المئوية للخطأ = $\frac{2 \times 0.005}{2.55} \times 100\% = 0.39\%$

لقياس الحمض باستخدام المخبار المدرج، يقيس المخبار المدرج حتى 1 mL وبالتالي عدم الدقة = ± 0.5 mL.

النسبة المئوية للخطأ = $\left(\frac{0.5}{50}\right) \times 100\% = 1\%$

لذلك، النسبة المئوية الإجمالية للخطأ للتفاعل ١=

5.56 + 0.39 + 1 = 6.95%

التفاعل الثاني

النسبة المئوية للخطأ عند درجة الحرارة = $\left(\frac{0.2}{4.3}\right) \times 100\% = 4.65\%$

النسبة المئوية للخطأ عند الوزن = $\frac{2 \times 0.005}{3.46} \times 100\% = 0.29\%$

نسبة الخطأ عند قياس الحمض = 1%

لذلك، نسبة الخطأ الإجمالية

= 4.65 + 0.29 + 1.0 = 5.94%

إجمالي الخطأ المحتمل بسبب جهاز القياس

= 4.65 + 0.29 + 1.0 = 5.94%

إجمالي الخطأ المحتمل بسبب جهاز القياس

= 5.94 + 6.95 = 12.89%

هذا يعني أن الخطأ الفعلي للتجربة (1.5%) يكون ضمن الخطأ الناتج من جهاز القياس.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ. التفاعل طارد للحرارة.
تنتقل الحرارة المنطلقة عبر الألومنيوم لتسخين الحساء.

ب. ١. قد يزيد الضغط داخل العلبة وبالتالي تنفجر.
٢. زيادة الحيز الفارغ فوق أكسيد الكالسيوم بحيث يسمح له بالتمدد.

ج. الإشارة إلى الاستخدام الصحيح لقانون هس، تصبح العلاقة كالآتي:

$$\Delta H_f^\ominus [CaO(s)] + \Delta H_f^\ominus [H_2O(l)] + \Delta H_{rxn}^\ominus = \Delta H_f^\ominus [Ca(OH)_2(s)]$$

إعادة ترتيب العلاقة:

$$\Delta H_{rxn}^\ominus = \Delta H_f^\ominus [CaO(s)] - \Delta H_f^\ominus [Ca(OH)_2(s)] \; \Delta H_f^\ominus [H_2O(l)]$$

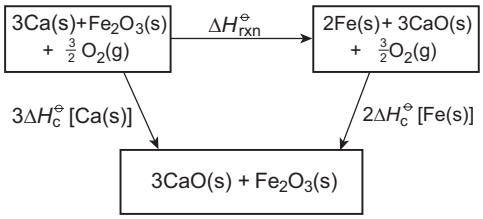
أو

$$\Delta H_{rxn}^\ominus = -986.1 - [(-635.1) + (-285.8)]$$

$$= -65.2 kJ/mol$$

د. التغير في المحتوى الحراري نتيجة ذوبان هيدروكسيد الكالسيوم في الماء (لتكوّن محلول هيدروكسيد الكالسيوم).

هـ. ١.



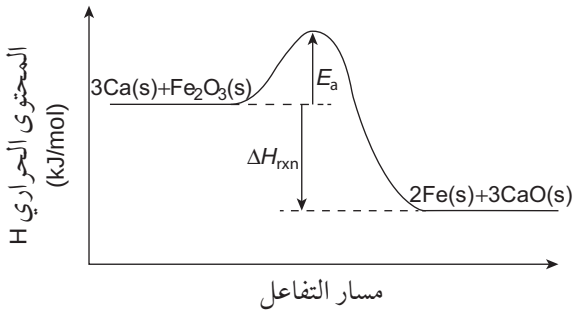
$$3\Delta H_c^\ominus [Ca(s)] = 2\Delta H_c^\ominus [Fe(s)] + \Delta H_{rxn}^\ominus$$

$$\Delta H_{rxn}^\ominus = 3\Delta H_c^\ominus [Ca(s)] - 2\Delta H_c^\ominus$$

$$[Fe(s)] = (3\times - 635.1) - (2\times - 824.2)$$

$$= -256.9 kJ$$

٢.



السؤال ٢

أ. ١. متوسط الطاقة اللازمة لكسر نوع معيّن من الروابط التساهمية موجود في مجموعة متنوعة من الجزيئات في الحالة الغازية.

٢. طاقات الروابط هي لروابط معيّنة في الإيثانول / تعتمد طاقة الرابطة على محيط بيئة الرابطة.
بينما يتم تحديد متوسط طاقات رابطة معيّنة لروابط من النوع نفسه موجودة في مركبات متنوعة.

٣. $Br_2(g) \longrightarrow 2Br(g)$

ب. طاقة الروابط للمواد المتفاعلة

$$= +435.9 + 243.4 = 679.3 kJ$$

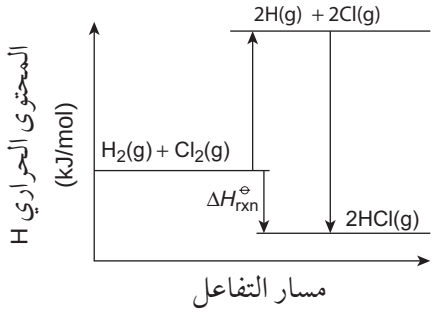
طاقة الروابط للمواد الناتجة

$$= 2 \times 431.0 = -862.0 kJ$$

التغير في المحتوى الحراري

$$= +679.3 + (-862.0) = -182.7 kJ$$

ج.



د. يتم امتصاص الطاقة، لأن الطاقة تنطلق خلال تفاعل الكلور مع الهيدروجين / يتم امتصاص الطاقة، لأنه التفاعل العكسي لاندماج الكلور والهيدروجين.

هـ. باستخدام قانون هس، تصبح العلاقة كالآتي:

$$\Delta H_1 + \Delta H_{rxn} = \Delta H_2$$

$$\Delta H_1^{\ominus} + \Delta H_{rxn}^{\ominus} = \Delta H_{at}^{\ominus}[C(graphite)] + (4 \times \Delta H_{at}^{\ominus}[\frac{1}{2}Cl_2(g)]$$

$$\Delta H_{rxn}^{\ominus} = \Delta H_{at}^{\ominus}[C(graphite)] + (4 \times \Delta H_{at}^{\ominus}[\frac{1}{2}\ Cl_2(g)]) - \Delta H_1^{\ominus}$$

$$\Delta H_{rxn}^{\ominus} = +716.7 + (4 \times 121.7) - (-129.6) = 1333.1 \text{ kJ}$$

1333.1 ÷ 4 = 333.3 kJ/mol لكسر رابطة واحدة من C–Cl

السؤال ٣

أ. هو التغير في المحتوى الحراري القياسي عندما يتكوّن مول واحد من الماء من التفاعل بين حمض ومادة قاعدية عند الظروف القياسية.

ب. أضف حجمًا محددًا من الحمض إلى حجم محدد من المادة القلوية، يجب أن تكون تراكيز الحمض والمادة القلوية معلومة.

يتم إجراء التفاعل في وعاء معزول.

قِس درجة حرارة الحمض والمادة القلوية قبل خلطهما، ثم درجة الحرارة القصوى التي بلغها المخلوط.

قلّب مخلوط التفاعل جيدًا.

ج. حجم المخلوط يساوي 75 mL

الحرارة المنطلقة من التفاعل

$$q = m \times c \times \Delta T = 75 \times 4.18 \times 8.9 = 2790.15 \text{ J}$$

$$\text{عدد مولات NaOH} = \frac{50}{1000} \times 1.0$$

$$= 0.05 \text{ mol}$$

التغير في المحتوى الحراري لكل مول:

$$\Delta H = \frac{-q}{n}$$

$$-2790.15 \times \frac{1.5}{0.05} = -55.8 \text{ kJ/mol}$$

د. ١. لصعوبة قياس درجة حرارة المواد الصلبة بدقة خلال التفاعل إذا لزم تسخين التفاعل للبدء به.

٢. التغير في المحتوى الحراري لتكوين أكسيد النحاس (II)

$$Cu(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CuO(s)$$

الوحدة الثامنة

مبادئ الكيمياء العضوية

العلوم ضمن سياقها: جزيئات الحياة

يمكن للطلبة العمل بشكل مجموعات:

- تذوب جزيئات الجلوكوز الصغيرة في الماء، لذلك يمكن نقلها في الدم. في حين أن الجزيئات الكبيرة جدًّا لا تذوب، وبالتالي لا تسبب أي مشاكل من حيث التناضح. يستخدم النشاء لتخزين الطاقة. يؤمن السليلوز بنية النباتات ويشكل أيضًا مصدرًا أساسيًا للنخالة (الألياف) في نظامنا الغذائي.
- يمكن الإشارة إلى حقيقة أن القوى بين-الجزيئات تزداد مع ازدياد حجم الجزيئات (راجع الوحدة الثالثة: الترابط الكيميائي). وتزداد درجات الانصهار والغليان للمركبات بشكل عام مع ازدياد حجم الجزيئات.
- اغتنم الفرصة لمراجعة الأنواع المختلفة من القوى بين-الجزيئات التي يمكن أن تعمل بين الجزيئات العضوية ووصفها، على سبيل المثال: قوى ثنائي القطب اللحظي-ثنائي القطب المستحث (قوى لندن للتشتت)، قوى ثنائي القطب الدائم-ثنائي القطب الدائم، والرابطة الهيدروجينية.

نظرة عامة

تغطي هذه الوحدة جميع الموضوعات التي تمّ تناولها في الوحدة الثامنة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة.

- تقدم هذه الوحدة للطلبة المعرفة بالحقائق الأساسية حول الكيمياء العضوية والمركبات الهيدروكربونية. ستمكن هذه الموضوعات الطلبة من فهم الدروس المستقبلية المتعلقة مباشرة بالكيمياء العضوية.
- ترتبط هذه الوحدة بجميع الوحدات الأخرى المتعلقة بالكيمياء العضوية في الصفَّين ١١ و ١٢. ومع الوحدة الأولى (التركيب الذري) والوحدة الثالثة (الترابط الكيميائي).
- سيدرس الطلبة أنواعًا مختلفة من الصيغ وكيفية استخدامها في تمثيل أو وصف الجزيئات الهيدروكربونية.
- سوف يدرس الطلبة أيضًا السلاسل المتجانسة المختلفة ومجموعاتها الوظيفية، وكيفية تسميتها بشكل منهجي.
- تغطي هذه الوحدة الروابط في الجزيئات العضوية، وتهجين أفلاك الكربون الذرية s و p، وتكوين روابط سيجما σ وروابط باي π، وكيف تنتج هذه الروابط أشكالاً جزيئية مختلفة. وسيكتشف الطلبة أن هذا الأمر يؤثر على خصائص أخرى مثل النشاط الكيميائي والتشاكل.
- سوف يدرس الطلبة التشاكل في أشكاله المختلفة، وكيف أن تغيرات بسيطة في مواقع الذرات تنتج جزيئات مختلفة.
- ستغطي الوحدة أيضًا الأنواع الرئيسية من التفاعلات التي تحدث في الكيمياء العضوية. يتم تعريف الطلبة بالمصطلحات المرتبطة بآليات حدوث التفاعل، كما تمهدهم لاستخدام هذه الآليات في الوحدة التاسعة (الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات) وفي دروس الكيمياء العضوية الأخرى في الصف الثاني عشر.
- توفر هذه الوحدة فرصًا موضوعية للتقويم لاختبار المعرفة والفهم والتعامل مع المعلومات وتطبيقها وتقييمها.
- تتوافر في هذه الوحدة بعض الفرص لتطبيق بعض المهارات الرياضية مثل الجبر لإيجاد الصيغ، والهندسة لوصف الأشكال الجزيئية، والحسابية الأساسية لتسمية المركبات أو رسم تراكيبها.
- يوجد فرص محدودة للأنشطة العملية ولكن من المرغوب فيه جدًّا استخدام النماذج الجزيئية (في حال توافرها) لمساعدة الطلبة على فهم الأشكال والترتيبات الجزيئية.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٨-١، ٨-٢	٨-١ تمثيل الجزيئات العضوية	٢	السؤال ١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ج (٢،١)، ٣(أ، د (٢))، ٤(أ)	نشاط ٨-١ السلسلة المتجانسة نشاط ٨-٢ أنواع الصيغ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، هـ (١))، ٢(أ)، ٣(أ، ج (٣))
٨-٣، ٨-٤	٨-٢ تسمية المركبات العضوية	٢	السؤال ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١، ٢(ب)، ٤(ب)	نشاط ٨-٣ تسمية المركّبات العضوية نشاط ٨-٧ رسم مركبات عضوية (٢) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ج (٢))

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٨–٥	٨–٣ الترابط في الجزيئات العضوية	١	السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣(ب، ج (١، ٢))	نشاط ٨–٤ التراكيب والروابط الكيميائية في الجزيئات العضوية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(د)
٨–٦	٨–٤ التشاكل في المركبات العضوية أ. التشاكل البنائي	٢	السؤال ٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ، د، هـ)، ٣(د (١))	نشاط ٨–٥ التشاكل (١، ٢) نشاط ٨–٧ رسم مركبات عضوية (٣) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب)، ٣(ب (٢)، ب (٣))، ٤(أ)
٨–٧	٨–٤ التشاكل في المركبات العضوية ب. التشاكل الفراغي	٢	السؤال ٥ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ب، ج (١،٢)، د)	نشاط ٨–٥ التشاكل (٣، ٤) نشاط ٨–٧ رسم مركبات عضوية (٤) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(د، هـ (٢))، ٤(ب، ج)
٨–٨	٨–٥ أنواع تفاعلات المركبات العضوية وآلية حدوثها	٢	السؤالان ٦ و ٧ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣(ج (٣))، ٥	نشاط ٨–٦ تصنيف التفاعلات العضوية أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ج)، ٢(ب، ج، د، هـ)، ٣(ب (١)، ج (١))

الموضوع ٨-١ تمثيل الجزيئات العضوية

الأهداف التعليمية

٨–١ يستنتج الصيغة الجزيئية والصيغة الأولية للمركب، استنادًا إلى صيغته البنائية والبنائية الموسّعة أو الهيكلية والتي تقتصر على السلاسل المتجانسة الموضحة في الجدول ٨–١.

٨–٢ يفهم تمثيل المركبات العضوية ويستخدمه، بما في ذلك التمثيل ثنائي الأبعاد 2D، وثلاثي الأبعاد 3D، ودمج التمثيلين معًا للسلاسل المتجانسة الموضحة في الجدول ٨–١.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

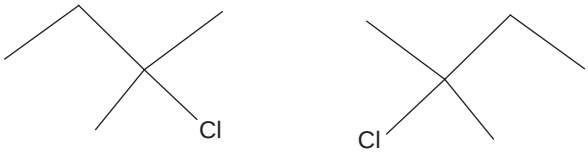
حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨–١ تمثيل الجزيئات العضوية السؤال ١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ج (٢،١)، ٣(أ، د (٢))، ٤(أ)	• يستنتج الصيغ الأولية والجزيئية ويحسبها. • يرسم الصيغ الموسعة ويحولها إلى صيغ بنائية وصيغ هيكلية وتمثيلات ثلاثية الأبعاد 3D.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨–١ السلسلة المتجانسة نشاط ٨–٢ أنواع الصيغ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، هـ (١))، ٢(أ)، ٣(أ، ج (٣))	• أنواع الصيغ.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

هنالك خطأ شائع يتمثل في تكرار التركيب من خلال النظر إليه من منظور آخر أو ببساطة عن طريق قلب التركيب في الاتجاه الآخر. على سبيل المثال، يمثل الرسمان الموضحان في الشكل (٨–١) أدناه المركب نفسه.



الشكل ٨–١

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

صندوق «العلوم ضمن سياقها» الذي يتطرق إلى «جزيئات الحياة» الوارد في بداية الوحدة الثامنة يؤكد على أهمية الكربون للحياة على الأرض. يؤدي البحث عبر الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن «أشكال الحياة القائمة على السيليكون في Star Trek» إلى إيجاد بعض مقاطع الفيديو المسلية من السلسلة الأصلية عندما اكتشف الطاقم شكلًا للحياة يرتكز على السيليكون.

خلال السلسلة، يتم توضيح تفرد هذا الشكل من الحياة. يمكن للطلبة مناقشة ما يجعل الكربون مناسبًا جدًّا لتكوين العمود الفقري للعديد من الجزيئات الحيوية المهمة.

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

مراجعة الصيغ الأولية والجزيئية التي تمّت تغطيتها في الوحدة الثانية. أعطِ الطلبة النسب المئوية لتركيب مركب عضوي بالإضافة إلى كتلته الجزيئية النسبية (قد يُعتمد السؤال ١–أ). يمكن اعتبار ذلك نقطة البداية للعديد من الأسئلة حيث يجب استنتاج تراكيب مركبات غير معروفة.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ أنواع مختلفة من الصيغ (٣٠ دقيقة)

يرسم الطلبة مخططات التمثيل النقطي للألكانات الأربعة الأولى، أي الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان. ثم يُطلب إليهم إعطاء الصيغة الجزيئية والصيغة الأولية لكل ألكان. تُعدّ هذه الهيدروكربونات مشبعة لأن الروابط جميعها بين ذرات الكربون هي روابط تساهمية أحادية. يمكن القيام بذلك في جدول مثل الجدول (٨-١).

الألكان	الميثان	الإيثان	البروبان	البيوتان
مخطط التمثيل النقطي				
الصيغة الجزيئية				
الصيغة الأولية	CH_4			
الصيغة البنائية		CH_3CH_3 أو H_3CCH_3		
الصيغة الموسعة				
الصيغة الهيكلية				

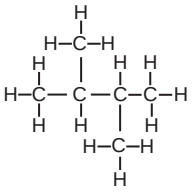
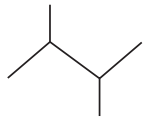
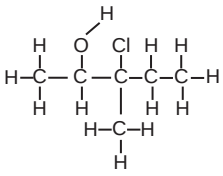
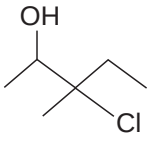
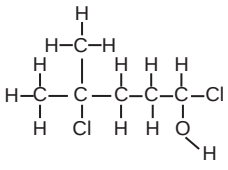
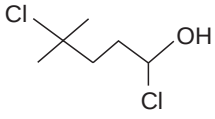
الجدول ٨-١

- إذا تمّ استبدال كل زوج من إلكترونات الروابط في الصيغة البنائية بخط لتمثيل الرابطة التساهمية، فإن الصيغ الناتجة من ذلك تمثل الصيغ الموسعة.
- اعرض أمام الطلبة الصيغتَين الموسّعتَين للميثان والإيثان، ثم اطلب إليهم رسم الصيغتَين الموسّعتَين للمركبَين المتبقيَين.
- عرّف الطلبة بعد ذلك على الصيغ البنائية. تمّ رسم الصيغ البنائية للميثان والإيثان في الجدول أعلاه؛ اطلب إليهم رسم الصيغ البنائية للبروبان والبيوتان.
- كلف الطلبة بعد ذلك العمل بمفردهم لرسم مجموعات الصيغ الخمس للبنتان (C_5H_{12}) والهكسان (C_6H_{14}).

يمكن للطلبة الآن العمل ضمن مجموعات لمناقشة إجاباتهم عن الأسئلة التي قد تقترحها بنفسك أو قد تختار جزئيات من السؤالَين ١ و ٢ الواردَين في كتاب الطالب. قبل إعطاء أي تمارين، علّم الطلبة كيفية كتابة الصيغ البنائية التي تتضمن مجموعات حولها أقواس. على سبيل المثال، يُكتب 2 - ميثيل بيوتان على النحو الآتي:
$CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$؛ و 2 - بيوتانول: $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ و 2 - كلورو - 2 - ميثيل بروبان: $(CH_3)_3CCl$.

فكرة للتقويم ١:

- يمكن للطلبة البدء بالسؤال ١ الوارد في كتاب الطالب. ومع ذلك، يجب ألّا يبقوا محدودين بالهيدروكربونات البسيطة (المركبات التي تحتوي على الكربون والهيدروجين فقط)، من أجل توسيع خبرتهم من حيث كتابة الصيغ، اطلب إليهم إكمال الجدول (٨-٢) (زوّد الطلبة بالصيغ الموسعة فقط).

الصيغة الجزيئية	الصيغة الأولية	الصيغة البنائية	الصيغة الموسعة	الصيغة الهيكلية
C_6H_{14}	C_3H_7	$CH_3CH(CH_3)CH(CH_3)CH_3$		
$C_6H_{13}OCl$	$C_6H_{13}OCl$	$CH_3CH(OH)CCl(CH_3)CH_2CH_3$		
$C_6H_{12}OCl_2$	$C_6H_{12}OCl_2$	$CH_3CCl(CH_3)CH_2CH_2CH(OH)Cl$		

الجدول ٨-٢

- يمكن للطلبة أيضًا حل النشاط ٨-٢ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.
- عند انتهاء الطلبة من الإجابة عن أسئلة النشاط، زودهم بالإجابات الصحيحة ومخطط الدرجات أو اعرضها على الشاشة أمامهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

زوّد الطلبة ببعض الصيغ البنائية واطلب إليهم رسم الصيغ الهيكلية الموازية.

الدعم

قد يحتاج الطلبة إلى الدعم لكتابة الصيغ الهيكلية، خصوصًا عند وجود مجموعات تتضمن الهيدروجين، مثل مجموعة الهيدروكسيل (OH–). يجب التأكيد على أن ذرات الهيدروجين تُحذف فقط عندما تكون مرتبطة بذرات الكربون.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يُعدّ هذا النشاط درسًا مهمًا لأن الصيغ توضح في شكل ثنائي الأبعاد ما هو في الواقع ثلاثي الأبعاد. يمكن للطلبة أن يناقشوا ضمن مجموعاتهم ما يجب عليهم القيام به للتأكد من فهمهم للدرس. يمكن دعوة الطلبة لاقتراح تراكيبهم الخاصة والطلب إلى الآخرين في المجموعة إعطاء الصيغ الموسعة أو الصيغ الهيكلية للمركبات المقترحة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يتم وصف الأنواع المختلفة من الصيغ باستخدام أسمائها. على سبيل المثال، توضح الصيغ الموسعة كل شيء: الروابط جميعها والذرات جميعها. توضح الصيغ الهيكلية "العظام المكشوفة"!

المهارة الحسابية

- من أجل إيجاد الصيغ الجزيئية، سيحتاج الطلبة إلى عدّ ذرات الهيدروجين المرتبطة بذرات الكربون (وبالتأكيد ذرات أخرى) وعند القيام بذلك من الصيغ الهيكلية، سيحتاجون إلى تصور ذرات الهيدروجين المحذوفة من الصيغة. ستتطلب الصيغ الأولية من الطلبة أيضًا استخدام النسب وإجراء حسابات عدد المولات.

الموضوع ٨-٢ تسمية المركبات العضوية

الأهداف التعليمية

٨–٣ يستخدم الصيغة الكيميائية العامة للسلاسل المتجانسة المدرجة في الجدول ٨–١.

٨–٤ يفهم طريقة التسمية النظامية الايوباك (IUPAC) للمركبات العضوية الأليفاتية البسيطة ذات المجموعات الوظيفية الموضحة في الجدول ٨–١ حتى عشر ذرات كربون في السلسلة، ويستخدمها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٢ تسمية المركبات العضوية – السلاسل المتجانسة – التسمية (تسمية المركبات العضوية) – خطوات تسمية المركبات العضوية وفق نظام IUPAC – الألكانات الحلقية السؤال ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١، ٢(ب)، ٤(ب)	• استخدام الصيغ العامة. • السلاسل المتجانسة والتسمية. • استخدام قواعد مختلفة لتسمية المركبات العضوية. • المجموعات الوظيفية وأسماؤها. • تسمية السلاسل الفرعية في المركبات.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٣ تسمية المركّبات العضوية نشاط ٨-٧ رسم مركبات عضوية (٢) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ج (٢))	• تسمية المركبات.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

عند تسمية المركبات، غالبًا ما يقوم الطلبة بالترقيم من الطرف الخاطئ أو يعطون الأفضلية (الأولوية) للمجموعات الخطأ. على سبيل المثال، سُمي المركّب $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$ 6 – كلورو – 2 – ميثيل هكسان في حين أن الاسم الصحيح هو 1 – كلورو 5 – ميثيل هكسان.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

اختبار سريع جدًّا للتعرف على أنواع مختلفة من الصيغ، أو لعرضها بالاستناد إلى محتوى الدرس السابق. وقد يُعدّ ذلك اختبارًا بهدف ترسيخ الأفكار من دون طرح أي أسئلة «صعبة».

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

ارسم أول ثلاثة مركبات لسلسلة متجانسة، مثل الألكينات أو الكحولات. كلف الطلبة تحديد السلسلة المتجانسة من الرسوم ومناقشة ما يجعل المركبات متشابهة وما يجعلها مختلفة. اطلب إليهم تسمية مركبات كل هذه السلسلة المتجانسة، وما إذا كان بإمكانهم رسم المركب التالي الوارد فيها.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ استخدام الصيغ العامة (١٠ دقائق)

يجب أن يكون الطلبة على دراية أكيدة بكيفية استخدام المجموعات الوظيفية والصيغ العامة لتصنيف المركبات العضوية البسيطة في السلاسل المتجانسة. تأكد من أن الطلبة يعرفون هذه المصطلحات ويفهمونها قبل الانتقال إلى تسمية المركبات العضوية.

› **فكرة للتقويم ١:** زوّد الطلبة بالصيغ العامة للألكانات والألكينات والكحولات والهالوجينوألكانات. وكلفهم بكتابة الصيغ الجزيئية والموسعة للمركبات مع 7 و 8 و 9 و 10 ذرات كربون.

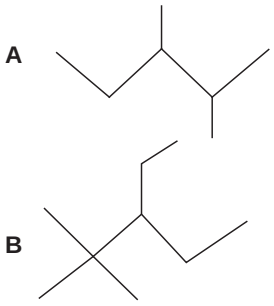
› **فكرة للتقويم ٢:** زوّد الطلبة بسلسلة من الصيغ الهيدروكربونية واطلب إليهم استنتاج الصيغة العامة لها. على سبيل المثال، بعض الصيغ التي يمكن استخدامها هي C_7H_{16} و C_9H_{18} و C_5H_8 و C_6H_6.

٢ تسمية المركبات العضوية (٢٥ دقيقة)

يتم جذب اهتمام الطلبة إلى التسمية المرتبطة بمجموعات الألكيل. تمّ شرح طريقة التسمية في الموضوع ٨-٣ الوارد في كتاب الطالب والذي يمكن توضيحه باستخدام المثالَين A و B في (الشكل ٨-٢). إذا وجدت المجموعة أن الصيغ الهيكلية صعبة، فقد يكون من الأسهل استخدام الصيغ الموسعة.

A هو 2، 3 - ثنائي ميثيل بنتان

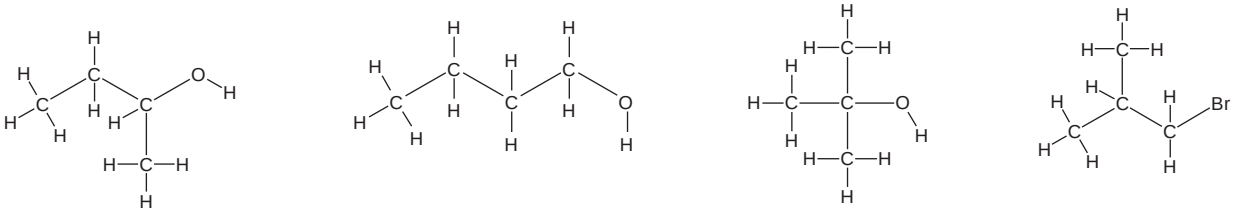
B هو 3 - إيثيل - 2 - 2 - ثنائي ميثيل بنتان



الشكل ٨-٢

بعد ذلك يتعلم الطلبة كيفية تسمية بعض الكحولات والهالوجينوألكانات والألكينات. يمكنك شرح قواعد تسمية الكحولات والألكينات إما باستخدام أمثلة أو من خلال عرضها على الشاشة. يمكنك أن تقترح أمثلتك الخاصة على هذه السلاسل المتجانسة، ولكن في هذه المرحلة من الأفضل أن تكتفي بأمثلة لمركبات تتضمن سلاسل جزيئاتها حتى أربع ذرات من الكربون. وكذلك التركيز على أن الألكينات هي هيدروكربونات غير مشبعة كونها تتضمن سلاسلها رابطة تساهمية ثنائية بين ذرّتَي كربون.

› **فكرة للتقويم:** يناقش الطلبة كيفية تسمية الجزيئات الموضحة في الشكل (٨-٣). يمكنك بعد ذلك عرض الإجابات على الشاشة.



S **R** **Q** **P**

$CH_3CH_2CH=CH_2$ $CH_3CH(CH_3)=CH_2$ $CH_3CH=CHCH_3$ $CH_3CHBrCH_2CH_3$

W **V** **U** **T**

الشكل ٨-٣

الإجابات:

P = 2 – بيوتانول
Q = 1 – بيوتانول
R = 2 – ميثيل–2 – بروبانول
S = 1 – برومو – 2 – ميثيل بروبان
T = 2 – برومو بيوتان
U = 2 – بيوتين
V = 2 – ميثيل بروبين
W = 1 – بيوتين

سوف يستغرق الطلبة بعض الوقت قبل أن يفهموا تمامًا كيفية تسمية المركبات العضوية والصيغ الهيكلية، ولكن يجب عليك تعزيز فهمهم كلما سنحت الفرصة لذلك. على سبيل المثال، يمكنك أن تطلب إلى الطلبة إعطاء الصيغ الهيكلية للمركبات الواردة في الأمثلة أعلاه.

٣ كتابة التراكيب ورسمها اعتمادًا على الأسماء (٣٥ دقيقة)

سيحتاج الطلبة إلى مزيد من التدريب لترسيخ الأفكار حول التسمية من النشاط السابق. لقد تدربوا سابقًا على رسم الصيغ البنائية والموسعة والهيكلية لمركبات بسيطة من السلاسل المتجانسة الرئيسية، لكن الهدف هو التوسع إلى أكثر من أربع ذرات كربون وأسماء أكثر تعقيدًا.

› **فكرة للتقويم ١:** ارسم التراكيب الموضحة في الأمثلة (١ و ٢ و ٣) على السبورة وكلف الطلبة محاولة تسميتها بشكل صحيح.

› **فكرة للتقويم ٢:** يمكن للطلبة أن يحاولوا حل الأسئلة (٢ (أ و ب و ج)) لكتابة أو رسم صيغ مختلفة للجزيئات العضوية المسماة.

› **فكرة للتقويم ٣:** بمجرد أن يتقن الطلبة الأمثلة البسيطة في فكرة التقويم ٢، اكتب الأسماء الموضحة في المثالَين ٤ و ٥ على السبورة واطلب إليهم محاولة كتابة ورسم صيغها البنائية والموسعة والهيكلية.

› **فكرة للتقويم ٥:** قدم للطلبة إمكانية الوصول إلى حاسوب (جهاز كمبيوتر) وبرامج، مثل ChemDraw (أو حزمة برامج أساسية تسمح برسم الخطوط والأشكال)، وبعد ذلك يمكن للطلبة أن يحاولوا حل نشاط ٨–٧ السؤال (٢).

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

وزّع الطلبة ضمن ثنائيات واطلب إليهم تحدي بعضهم بعضًا بتسمية الصيغ البنائية أو الهيكلية التي رسمها شريكهم أو قام بتركيبها في حال توافر صندوق النموذج الجزيئي. يمكن للطلبة بعد ذلك المضي قدمًا عبر اقتراح اسم لمركب عضوي ومعرفة ما إذا كان بإمكان شريكهم رسم الصيغة البنائية أو الهيكلية (أو تركيب النموذج في حال توافر صندوق النموذج).

الدعم

سيحتاج الطلبة إلى الدعم كلما تقدموا أكثر في التعامل مع «قواعد» التسميات. سيحتاجون في البداية إلى الاعتماد على قائمة الأسماء الرئيسية أو الجدول (٨–٧) الوارد في كتاب الطالب لمساعدتهم. وسوف يحتاجون إلى التذكير للنظر إلى التراكيب من زوايا مختلفة لتسميتها بنجاح، مثل العثور على أطول سلسلة في الجزيء واستخدام أصغر أرقام ممكنة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يُعدّ هذا النشاط مجالًا لموضوع أساسي آخر للطلبة حيث من المتوقع أن يكونوا قد تعوّدوا بسرعة على تسمية التراكيب وتفسيرها من خلال الاسم في الكيمياء العضوية. وإنها لفكرة جيدة أن تُختبر هذه المهارة بانتظام على مدى الدرس، إذ إن إجراء اختبارات صغيرة منذ البداية طريقة جيدة للتأكد من أن هذه القواعد قد ترسخت لدى الطلبة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- سيحتاج الطلبة إلى فهم المصطلحات الأساسية مثل السلسلة المتجانسة والمجموعة الوظيفية. سيحتاجون أيضًا إلى فهم أسماء السلاسل الأساسية والفرعية واستخدامها، بالإضافة إلى اللاحقات أو البادئات لمجموعات وظيفية مختلفة.

المهارة الحسابية

- ينبغي للطلبة أن يكونوا قادرين على استخدام الصيغ العامة ليتمكنوا من استنتاج الصيغ الجزيئية لأعضاء سلسلة متجانسة ما. عند تسمية الجزيئات أو رسمها، سيحتاج الطلبة إلى تطبيق مهارات العد والترقيم الأساسية من أجل تحديد مواقع المجموعات الوظيفية أو السلاسل الفرعية بشكل صحيح.

الموضوع ٨-٣ الترابط في الجزيئات العضوية

الأهداف التعليمية

٨-٥ يصف زوايا الروابط وأشكال الجزيئات العضوية من حيث أفلاكها الذرية المهجنة sp، و sp^2، و sp^3 وروابط سيجما (σ) وروابط باي (π) التي توجد بين ذراتها ويشرحها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصة واحدة.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٣ الترابط في الجزيئات العضوية - روابط سيجما (σ) - روابط باي (π) السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣(ب، ج (١، ٢))	• التهجين والأفلاك sp و sp^2 و sp^3 • الروابط سيجما (σ) و باي (π) • تداخل أفلاك p في روابط باي (π) • زوايا الروابط في المركبات الكربونية • منع أو تقييد الدوران الحر حول محور الرابطة C=C في الألكينات
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٤ التراكيب والروابط في الجزيئات العضوية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(د)	• الأفلاك المهجنة • الروابط سيجما (σ) و باي (π) • زوايا الروابط

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

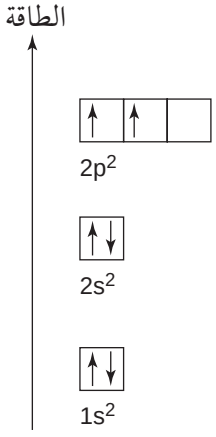
يربط الطلبة أحيانًا تداخل الأفلاك المهجنة بتكوين روابط باي (π) بدلًا من ربطها بتداخل أفلاك p غير المهجنة.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

كلف الطلبة إعطاء التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون باستخدام الترميز sp ومخططات التوزيع الإلكتروني في المربعات أيضًا. ارسمها على السبورة (راجع الشكل ٨-٤).



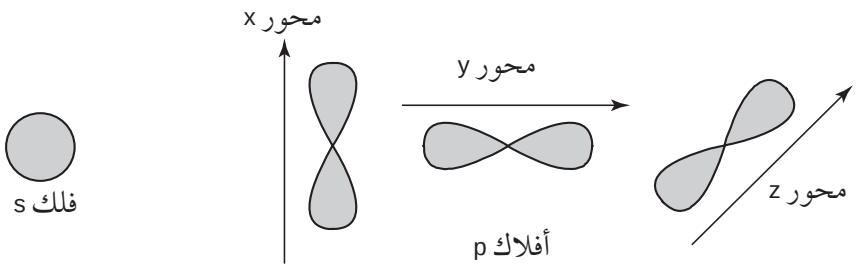
الشكل ٨-٤

ناقش مع الطلبة المشاكل التي يطرحها هذا الشكل في ضوء قابلية ذرة الكربون على تكوين أربع روابط.

يجب على الطلبة أن يأخذوا في الحسبان الفرق في الطاقة واتجاهات الأفلاك والحجم لاستقبال الإلكترونات.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

تمتلك الأفلاك الذرية مثل s و p، أشكالاً واتجاهات محددة (راجع الشكل ٨-٥).



الشكل ٨-٥

تسمح نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ (VSEPR) بالتنبؤ بأشكال الجزيئات عبر حساب عدد أزواج الإلكترونات الموجودة حول ذرة مركزية ما والتنافر فيما بينها. ناقش مع الطلبة مدى تطابق مفاهيم الأفلاك الذرية ونظرية VSEPR.

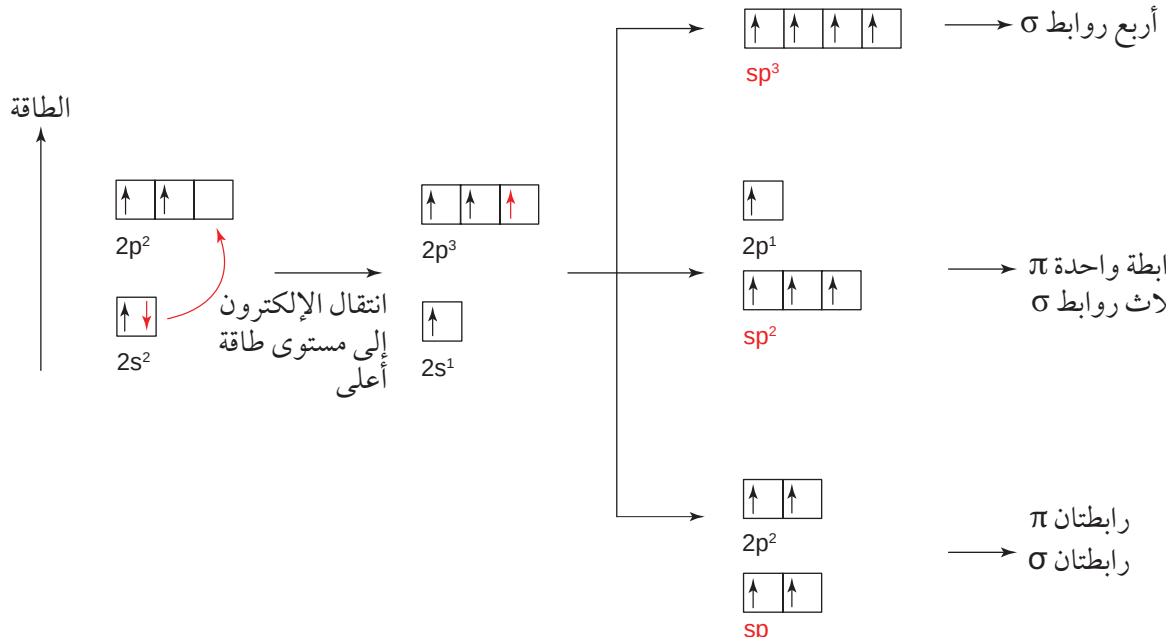
الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ التهجين وروابط سيجما(σ) وروابط باي (π) (٣٠ دقيقة)

كلف الطلبة تحديد أو رسم أشكال الأفلاك s و p، وتذكُّر عدد كل نوع من الأفلاك في مستوى طاقة فرعي ما.

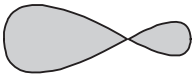
أعطِ الطلبة مخطط التوزيع الإلكتروني في المربعات لمستوى الطاقة الخارجي للكربون، أي $2s^2 2p^2$، ووضّح لهم مراحل انتقال (ارتقاء) الإلكترون من 2s إلى 2p، وتهجين الأفلاك s و p (راجع الشكل ٨-٦).



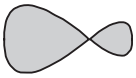
الشكل ٨-٦

يجب على الطلبة أن يعرفوا عدد الأفلاك المهجنة التي تكوّنت عند حدوث التهجين sp^3 و sp^2 و sp وأنها تمتلك جميعها (لكل نوع تهجين) الطاقة نفسها، مع وجود إلكترون واحد في كل فلك مهجّن جاهز لتكوين رابطة (σ) واحدة.

سيكون من الجدير أيضًا رسم أشكال الأفلاك المهجنة لأن هذا يعزز فكرة أنها تمتلك خصائص من الأفلاك s و p، وكيف يمكن أن تكون مختلفة أيضًا. بشكل عام، تمتلك هذه الأفلاك شكل الرقم 8 (مثل فلك p) ولكن يكون أحد الفصَّين أكبر وأكثر كروية من الفصّ الآخر (مثل الفلك s). تمتلك الأفلاك sp و sp^2 خصائص للفلك s أكثر من تلك الموجودة في الأفلاك sp^3 وبالتالي فهي تكون أقل طولًا (استطالة) وأكثر كروية (الشكل ٨-٧).



الفلك المهجن sp^3

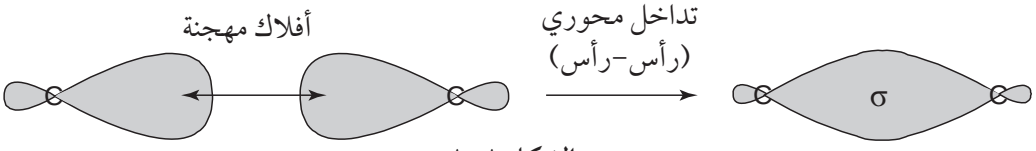


الفلك المهجن sp^2

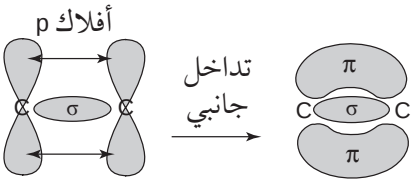
الشكل ٨-٧

الفت انتباه الطلبة إلى حقيقة أنه على الرغم من أن الفلك s يشارك دائمًا في التهجين، فإن ذلك لا يكون صحيحًا بالنسبة إلى الأفلاك p جميعها - فعندما يحدث التهجين sp^2، يبقى فلك p واحد غير مهجن، وعندما يحدث التهجين sp، يبقى فلكان p غير مهجنَين. يُعدّ هذا أمرًا بالغ الأهمية لفهم سبب تكوين الروابط باي π.

استخدم الشكلَين (٨-٨) و (٨-٩) لتوضيح كيف تكون الأفلاك المهجنة الروابط σ وكيف تكون الأفلاك p الروابط π.



الشكل ٨-٨



الشكل ٨-٩

› **فكرة للتقويم ١:** كلف الطلبة أن يرسموا الأفلاك الجزيئية لوصف الترابط في الإيثان (C_2H_6) والإيثين (C_2H_4) والإيثاين (C_2H_2).

يجب عنونة الرسوم بحيث توضح:

- الأفلاك (s، أو p أو المهجنة) التي تستخدمها ذرات الكربون والهيدروجين.
- اتجاه الأفلاك ومدى التداخل بينها.
- الروابط (σ و π) التي تتكوّن.

يجب أن تنصح الطلبة بأنه قد يكون من الأسهل تقديم كل مخطط على مراحل كما يظهر في الشكلَين (٨-٨) و (٨-٩).

› **فكرة للتقويم ٢:** يمكن للطلبة أن يجروا نقاشًا حول التمرين ٤ من قسم «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة» الوارد في كتاب الطالب.

أي جملتَين ممّا يلي تُعدّان صحيحتَين فيما يتعلق بجزيء الإيثين، C_2H_4؟

أ. يحتوي على رابطة سيجما (σ) واحدة وخمس روابط (π).

ب. يحتوي على خمس روابط سيجما (σ) ورابطة (π) واحدة.

ج. تمّ تحويل ثلاثة أفلاك ذرية لذرات الكربون إلى أفلاك sp^2 مهجنة.

د. تمّ تحويل أربعة أفلاك ذرية لذرات الكربون إلى أفلاك sp^3 مهجنة.

يعطي الجدول (٨-٣) الإجابات.

الإجابة	التعليق
أ	غير صحيحة. لقد اختلط الأمر على الطالب بين سيجما وباي وحصل عليهما بطريقة خاطئة.
ب	صحيحة.
ج	صحيحة. ثلاثة من الأفلاك المهجّنة هي sp^2؛ يُستخدم الفلك p الأخير في تكوين رابطة باي.
د	غير صحيحة. إذا كان تهجين الأفلاك الأربعة sp^3، فسيكون الجزيء رباعي الأوجه.

الجدول ٨-٣

يمكن للطلبة أن يجربوا حل السؤال ٣ (ب) من كتاب الطالب.

الإجابة: د، يظهر C_3H_6 تهجين sp^2 و sp^3

يجب أن تكون الخيارات الأخرى:

أ. يمتلك C_2H_2 تهجين sp

ب. يمتلك C_2H_4 تهجين sp^2

ج. يمتلك C_2H_6 تهجين sp^3

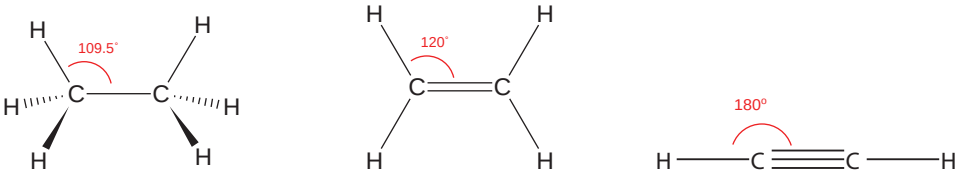
٢ الشكل الجزيئي (٣٠ دقيقة)

كلّف الطلبة في البداية أن يتذكروا أسباب ضرورة تهجين ذرة الكربون قبل تكوين الروابط في جزيء عضوي.

وزّع صندوق النموذج الجزيئي ليقوموا ببناء نموذج جزيئي ورسم الصيغة الموسعة ثلاثية الأبعاد 3D للإيثان، متضمنة زوايا الروابط.

- إلى أيّ نوع من الأفلاك الجزيئية تنتمي الروابط التي تظهر؟
- ما نوع التهجين الذي خضعت له الأفلاك s و p في الكربون؟
- ما الذي يشير إليه شكل جزيء الإيثان من حيث زوايا الروابط واتجاه الأفلاك المهجنة؟

يمكن للطلبة بعد ذلك بناء نموذج جزيئي أو رسم الصيغ الموسعة ثلاثية الأبعاد 3D للإيثين والإيثاين والإجابة عن الأسئلة نفسها التي طرحت أعلاه.



تهجين sp^3
روابط σ فقط

تهجين sp^2
روابط σ و π

تهجين sp
روابط σ و π

الشكل ٨-١٠

يمتلك الإيثين شكلًا مستويًا، والإيثاين شكلًا خطيًّا، بينما لا يمتلك الإيثان ذلك (راجع الشكل ٨-١٠). كلف الطلبة اقتراح العامل المشترك بين جزيئَي الإيثين والإيثاين الذي يسمح بذلك.

الإجابة: وجود الأفلاك p التي تتداخل فيما بينها أعلى وأسفل الرابطة بين ذرات الكربون.

قد توحي النماذج والرسوم بأن أطوال الروابط كربون-كربون جميعها متساوية لكنها في الواقع ليست كذلك. ناقش مع الطلبة ما يتوقعونه بالنسبة إلى ترتيب أطوال الروابط كربون-كربون الموجودة في الإيثان والإيثين والإيثاين وقوتها، وكذلك سبب هذه التوقعات في ضوء تداخل الأفلاك.

يجب على الطلبة استقصاء تأثير وجود روابط إضافية (رابطة π) بين ذرات الكربون على الدوران الحر لذرات الكربون حول محور الرابطة.

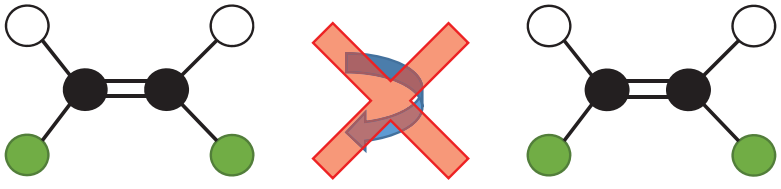
استبدل ذرة هيدروجين على كل ذرة كربون في كل نموذج بكرة ذات لون مختلف (على سبيل المثال، الأخضر للكلور) لاستكشاف تأثير ذلك على حرية الدوران. بالنسبة إلى جزيء 2،1 – ثنائي كلورو إيثان، يمكن أن تدور الذرات جميعها حول ذرّتَي الكربون، ولكن بالنسبة إلى جزيء 2،1 – ثنائي كلوروإيثين، لا يمكن حدوث ذلك من دون كسر الرابطة (راجع الشكل ٨-١١).

ما نتيجة هذا بالنسبة إلى 2،1 – ثنائي كلوروإيثين؟

الإجابة: يمكن أن يمتلك هذا الجزيء أكثر من صيغة بنائية موسعة واحدة. ستتم مراجعة هذه الفكرة في درس لاحق.

كلف الطلبة أن يفكروا فيما إذا كانت عدم قدرة الذرات في الإيثين على الدوران ناتجة كليًا من وجود الرابطة الثنائية.

تسمح الروابط الأحادية (σ) بين ذرات الكربون بالدوران الحر للذرات



تمنع الروابط الثنائية (σ و π) بين ذرات الكربون الدوران الحر للذرات

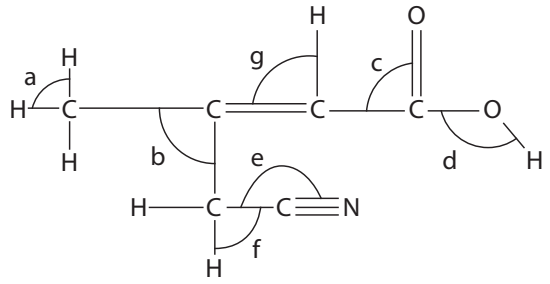
الشكل ٨-١١

› **فكرة للتقويم ١:** وزّع الطلبة ضمن مجموعات وامنحهم الصيغ الموسعة لمركبَين على الأقل. يجب أن يحتوي هذان المركبان على أنواع مختلفة من الروابط. ويجب على كل مجموعة إعطاء قيم زوايا الروابط للجزيئات التي تمّ تحديدها، وأنواع التهجين الموجودة.

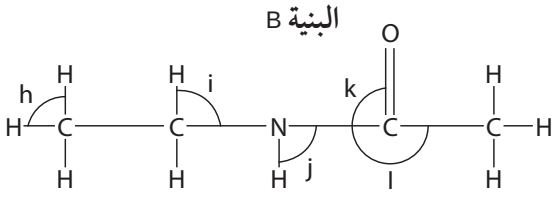
يجب التأكيد على أنه عند وجود رابطة ثنائية، فهذا يعني وجود تهجين sp^2. على سبيل المثال، يكون التهجين sp^2 في الرابطة C=O كما في الرابطة C=C.

يعطي الشكل (٨-١٢) مثالَين على ذلك.

البنية A



البنية B



الشكل ٨-١٢

يُعدّ تحديد زوايا الروابط مهارة مهمة ويتم اختبارها بشكل متكرر في الأسئلة. بالإضافة إلى زوايا الروابط، يمكنك أن تطلب إلى الطلبة تحديد نوع تهجين الذرات في بعض الروابط. اختر عددًا قليلًا من الروابط وكلف الطلبة تحديد نوع التهجين الموجود فيها.

a = 109.5°	b = 120°	c = 120°
d = 104.5°	e = 180°	f = 109.5°
g = 120°	h = 109.5°	i = 109.5°
j = 107	k = 120°	l = 120°

C=C التهجين في ذرتي الكربون هو sp^2

C=O التهجين في ذرة الكربون هو sp^2

C≡N التهجين في ذرة الكربون هنا هو sp

C–H حيث هناك 4 روابط أحادية
التهجين في ذرة الكربون هو sp^3

C–H حيث الكربون مرتبط برابطة ثنائية
التهجين في ذرة الكربون هو sp^2

O–H التهجين في ذرة الأكسجين هو sp^3

N–H التهجين في ذرة النيتروجين هو sp^3

يمكنك توزيع الإجابات على المجموعات أو عرضها أمام الصف. ويمكن للمجموعات القيام بتقويم ذاتي لأن الوقت قد يكون محدودًا.

فكرة للتقويم ٢: كلف الطلبة برسم الصيغة البنائية الموسعة ثلاثية الأبعاد 3D للبروبين، و 1 – كلوروبروبين، 2 – كلوروبروبين و 3 – كلوروبروبين، والتي يجب توضيحها من حيث أنواع الأفلاك الجزيئية.

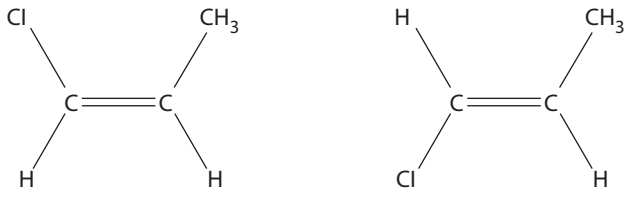
يجب عليهم أيضًا بناء نماذج جزيئية لمساعدتهم على تصور الجزيئات.

يجب على الطلبة الإجابة عن نقاط النقاش الآتية:

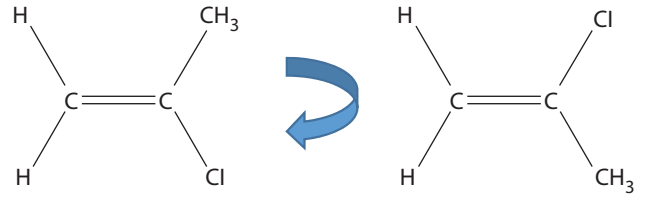
- أي رابطة هي الأطول في كل جزيء؟ **الإجابة:** C–C في البروبين، C–Cl في الكلوروبروبين.
- أي رابطة هي الأقوى في كل جزيء؟ **الإجابة:** رابطة C=C.
- أي ذرات كربون يمكنها الدوران بحرّية؟ وأي ذرات لا تستطيع ذلك؟ **الإجابة:** يمكن للكربون الثالث (في مجموعة الميثيل) أن يدور بحرّية، لكن الكربون الأول والثاني (في الرابطة الثنائية) لا يمكنهما ذلك.

يجب على الطلبة رسم الصيغة البنائية الموسعة البديلة لكل جزيء الناتجة من تقييد حرّية الدوران – لماذا يحدث هذا فرقًا لواحدة فقط من الجزيئات الأربعة؟

الإجابة: يمكن أن يمتلك 1-كلوروبروبين صيغتَين موسعتَين بديلتَين، لأن ذرات CH_3 و Cl موجودة على الكربون الأول والثاني من الرابطة الثنائية. ونظرًا لأن هاتَين المجموعتَين من الذرات لا يمكنهما الدوران بحرّية، لذلك تكونان فقط على الجانب نفسه من الرابطة الثنائية أو على الجانبَين المتقابلَين من هذه الرابطة. تحتوي الجزيئات الأخرى جميعها على ذرّتَي هيدروجين على الكربون الأول، لذلك وفي ضوء هذا لا يشكل موقع ذرة الكلور أي فرق يمكن ملاحظته (راجع الشكل ٨–١٣).



1 – كلوروبروبين: توجد صيغتان مختلفتان لأن الدوران مقيّد حول محور الرابطة C=C



2 – كلوروبروبين: على الرغم من أنه قد تمّ رسم صيغتَين موسعتَين، إلّا أنهما في الواقع تمثلان المركب نفسه.

الشكل ٨–١٣

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

ارسم أفلاك الروابط في الرابطة C=O وضمنها ثنائي الأقطاب. استخدم هذا الرسم لشرح سبب «التشوه» البسيط للأفلاك.

الدعم

عند إعطاء زوايا الروابط في جزيئات غير مألوفة، ربما لا يقارنها الطلبة مع جزيئات أخرى مألوفة. لذلك، قد يُعدّ تدريبًا جيدًا عرض نماذج الجزيئات ذات الأشكال رباعية الأوجه والمثلثة المستوية والخطية مع زوايا الروابط فيها.

يجد الطلبة صعوبة في فهم أن روابط سيجما تكون دائمًا أحادية، ولكنها تكون أيضًا جزءًا من رابطة ثنائية أو ثلاثية. يمكن أن يواجهوا أيضًا مشكلة في تحديد نوع التهجين بشكل صحيح. يوفر الإيثين مثالًا جيدًا للطلبة، إذ يجب أن يروا أنه يوجد فعليًا «ثلاث» روابط لكل ذرة كربون — رابطتان أحاديتان مع ذرّتَي هيدروجين ورابطة ثنائية مع الكربون الآخر. يجب أن تتكوّن الرابطة الثنائية من رابطة σ ورابطة π، بينما تكون الروابط الأحادية روابط σ. بالتالي، توجد ثلاث روابط σ لكل ذرة كربون، والتي يجب أن تستخدم فلك s وفلكَي p لتكوين ثلاثة أفلاك مهجنة sp^2.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يكتب الطلبة فقرتَين حول الموضوع الذي تمّت دراسته. يجب ألّا تكون هذه الفقرات قصيرة في شكل جملة واحدة وألّا تكون أطول من أربعة أسطر، ولكن يجب أن تتضمن الأفكار الرئيسية التي تعلموها. إذا لزم الأمر، يمكن إعطاؤهم بعض الكلمات لتضمينها في ملخصاتهم أو تزويدهم بإطار كتابة يدفعهم على الأقل لبدء جملهم. على سبيل المثال:

- في الموضوع الذي يتضمن... تعلمت أن ... و ...
- هذا يعني أن ...
- على سبيل المثال ...

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- توجد بعض المصطلحات الجديدة في هذا الموضوع، وقد يكون الطلبة على دراية ببعضها ضمن سياقات أخرى. على سبيل المثال، صادف الطلبة مفهوم التهجين في علم الأحياء حيث يؤدي خلط الجينات إلى كائنات مهجنة. عندما يكتبون ملخصات الدرس، سيحتاجون إلى توضيح ما تعلموه والتعبير عنه باستخدام كلماتهم الخاصة. لكن في الوقت نفسه يجب عليهم استخدام المصطلحات التقنية مثل سيجما، باي، التهجين وتقييد حرية الدوران.

المهارة الحسابية

- يتصور الطلبة البنى ثلاثية الأبعاد 3D ويحددون زوايا الروابط الصحيحة.

الموضوع ٨-٤ التشاكل في المركبات العضوية

أ. التشاكل البنائي

الأهداف التعليمية

٨-٦ يصف التشاكل (التصاوغ) البنائي وتقسيماته إلى:

- تشاكل موقع المجموعة الوظيفية
- تشاكل نوع المجموعة الوظيفية
- تشاكل السلسلة الكربونية

عدد الحصص المقترحة للتدريس

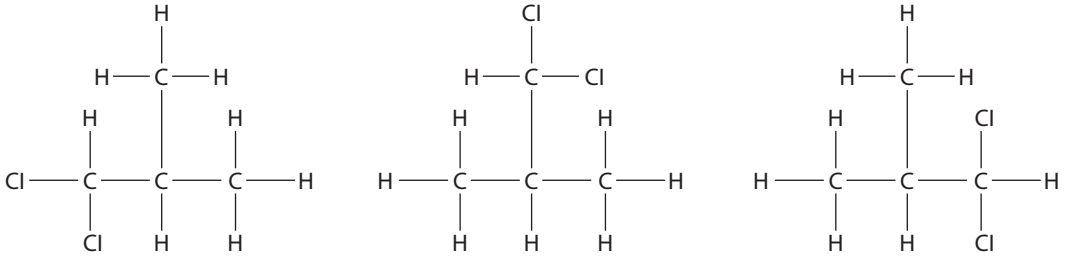
حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٤ التشاكل في المركبات العضوية أ. التشاكل البنائي السؤال ٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ، د، هـ)، ٣(د (١))	• النظر في أنواع مختلفة من التشاكل البنائي • التعرف على المتشاكلات لمركبات عضوية بسيطة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٥ التشاكل (أ، ب) نشاط ٨-٧ رسم مركبات عضوية (٣) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب)، ٣(ب (٢)، ب (٣))، ٤(أ)	• التشاكل

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

كما لوحظ سابقًا، من المحتمل جدًّا أن يقوم الطلبة بإعطاء التركيب نفسه مرة أخرى عند محاولة كتابة تراكيب مختلفة. على سبيل المثال، المحاولات الموضحة في الشكل (٨-١٤) تمثل المركب نفسه.



الشكل ٨-١٤

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

راجع أهمية قدرة الكربون على تكوين أربع روابط في الكيمياء العضوية. اسأل الطلبة عن نوع الروابط وزوايا الروابط والاتجاه الذي تشير إليه الروابط والشكل الجزيئي. كيف يمكن أن يؤثر ذلك على طريقة وضع الذرات وترتيبها حول ذرة كربون؟

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

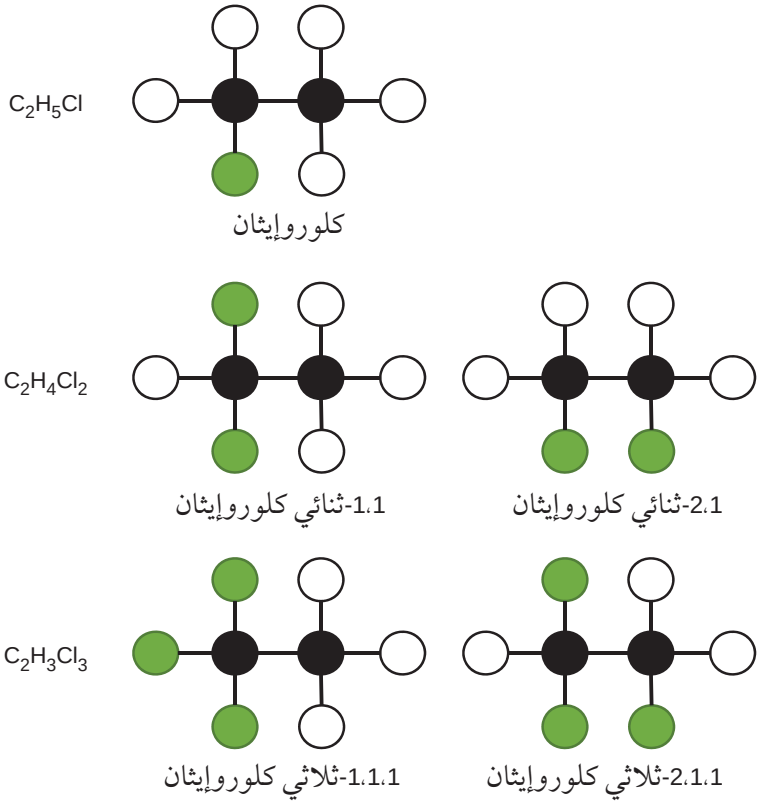
(يبقى إجراء هذا النشاط ممكنًا في حال عدم توافر صندوق النموذج الجزيئي، ولكن قد يكون من الصعب على الطلبة استيعاب المفاهيم إذا كانوا يتعاملون فقط مع رسوم ثنائية الأبعاد 2D).

وزّع صندوق النموذج الجزيئي على الطلبة واطلب إليهم بناء نموذج للصيغة الجزيئية C_2H_5Cl. اطلب إليهم رسم الصيغة الموسعة والتمثيل ثلاثي الأبعاد 3D لهذا النموذج.

اطلب إليهم الآن بناء أكبر عدد ممكن من الترتيبات المختلفة للصيغة الجزيئية $C_2H_4Cl_2$، ومرة أخرى رسم الصيغة الموسعة والتمثيل ثلاثي الأبعاد 3D لكل نموذج مختلف يقومون ببنائه. كما ينبغي تشجيعهم على تسمية هذه التمثيلات.

يمكن بناء نماذج لمركبات أخرى من الكلوروإيثان، على سبيل المثال $C_2H_3Cl_3$.

يوضح الشكل (٨–١٥) تراكيب C_2H_5Cl و $C_2H_4Cl_2$ و $C_2H_3Cl_3$ باستخدام الترميز اللوني المعطى في الجدول (٨–٢) من كتاب الطالب.



الشكل ٨–١٥

استخدم النماذج لإدارة مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى تعريف لوصف ظاهرة التشاكل ولإظهار سبب عدم وجود المزيد من المتشاكلات في هذه الحالة.

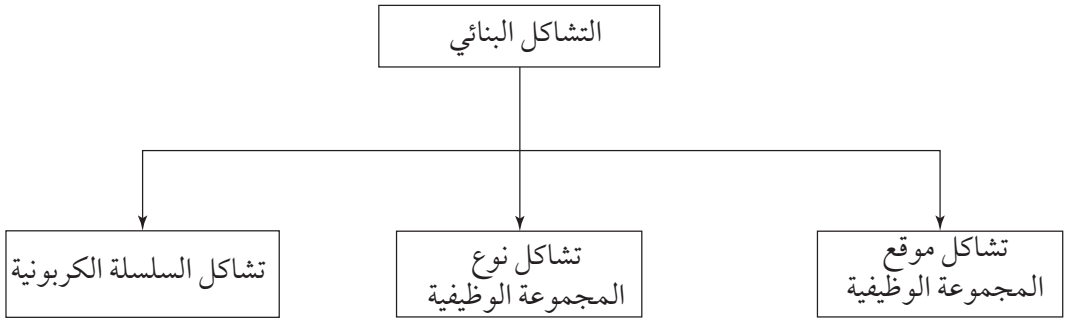
الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ التشاكل البنائي (من حيث الموقع والمجموعة الوظيفية) (٢٥ دقيقة)

قدم إلى الطلبة تعريفًا للتشاكل: يتم تعريف المتشاكلات كمركبات تمتلك الصيغة الجزيئية نفسها ولكن لها صيغ بنائية مختلفة (وهذا ينطبق أيضًا على الصيغ الموسعة والهيكلية).

يمكن تقسيم التشاكل البنائي إلى ثلاث فئات مختلفة، كما هو موضح أدناه في الشكل (٨-١٦).



الشكل ٨-١٦

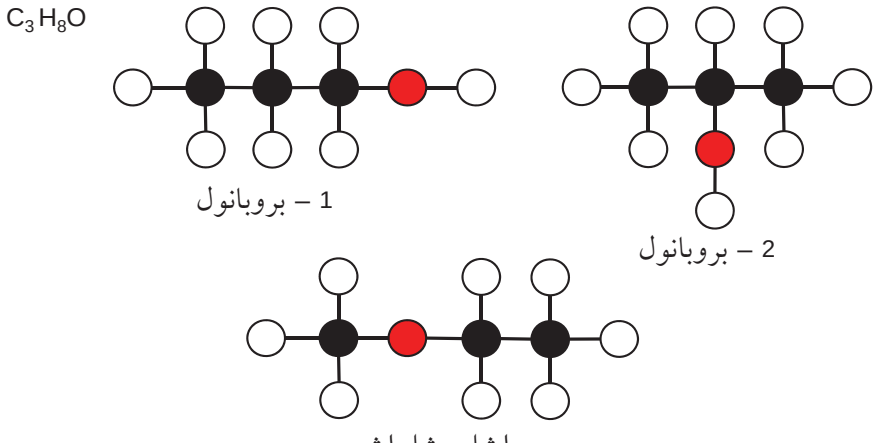
وزّع صندوق النموذج الجزيئي على الطلبة وأعطهم الصيغة الجزيئية C_3H_8O.

(يبقى إجراء هذا النشاط ممكنًا في حال عدم توافر صندوق النموذج الجزيئي، ولكن قد يكون من الصعب على الطلبة استيعاب المفاهيم إذا كانوا يتعاملون فقط مع رسوم ثنائية الأبعاد 2D).

كلف الطلبة بناء أكبر عدد ممكن من الترتيبات المختلفة باستخدام الذرات الاثنتَي عشرة.

يجب أن يرسموا الصيغة الموسعة لأي ترتيب جديد يقومون بإنشائه.

يوضح الشكل (٨-١٧) تراكيب الصيغة C_3H_8O باستخدام الترميز اللوني الموضح في الجدول (٨-٢) من كتاب الطالب.



الشكل ٨-١٧

استخدم النماذج لإدارة مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى تعريف لوصف ظاهرة التشاكل.

قد تعني التمثيلات الموضحة في (الشكل ٨–١٨) (أو الصيغ الموسعة التي رسمها الطلبة) أنه يُحتمل وجود المزيد من الترتيبات لهذه الذرات.

ناقش مع الطلبة سبب أن C_3H_8O في الواقع محدود بثلاثة تراكيب فقط، في ضوء عدد الروابط التي يمكن لكل ذرة تكوينها، والنموذج الفعلي ثلاثي الأبعاد 3D، وحرّية حركة الجزيء، وحرّية الدوران حول الروابط.

ناقش مع الطلبة أيّة أنواع من التشاكل البنائي قاموا باستقصائها في C_3H_8O وغيره في درس الأنشطة التمهيدية.

› **فكرة للتقويم ١:** يبدأ الطلبة بالإجابة السريعة عن السؤال (٤ (أ، ب)) الوارد في كتاب الطالب.

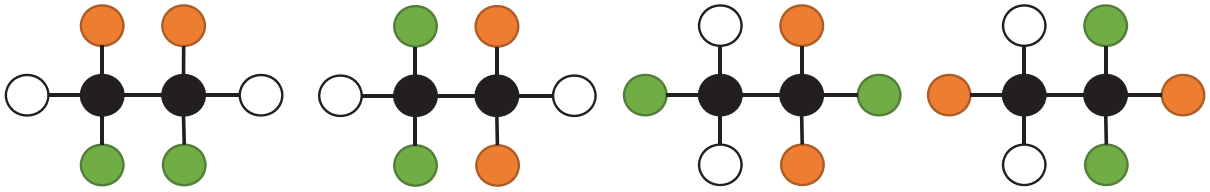
وزع مجموعات نمذجة جزيئية على الطلبة وأعطهم الصيغة الجزيئية $C_2H_2Br_2Cl_2$.

(يبقى إجراء هذا النشاط ممكنًا في حال عدم توافر مجموعات النمذجة الجزيئية، ولكن قد يكون من الصعب على الطلبة استيعاب المفاهيم إذا كانوا يتعاملون فقط مع رسوم ثنائية الأبعاد 2D).

كلف الطلبة بناء أكبر عدد ممكن من متشاكلات الموقع المختلفة باستخدام الذرات الثمانية.

يجب أن يرسموا الصيغة الموسعة لأي ترتيب جديد يقومون بإنشائه ويسمونه.

يوضح الشكل (٨–١٨) النماذج الأربعة الممكنة، باستخدام الترميز اللوني المعطى في الجدول (٨–٢) من كتاب الطالب.



2،1 – ثنائي برومو – 2،2 – ثنائي كلوروإيثان

1،1 – ثنائي برومو – 2،1 – ثنائي كلوروإيثان

1،1 – ثنائي برومو – 2،2 – ثنائي كلوروإيثان

2،1 – ثنائي برومو – 2،1 – ثنائي كلوروإيثان

الشكل ٨–١٨

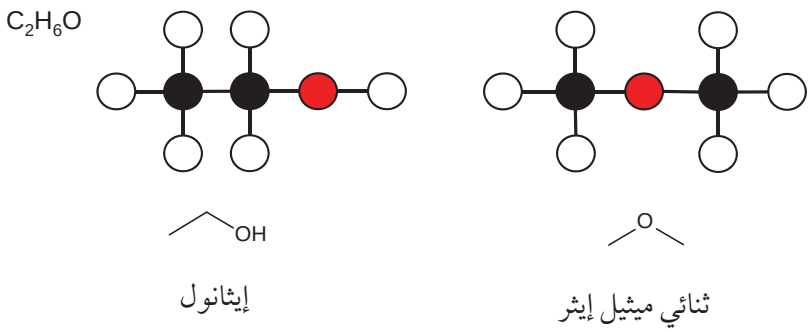
› **فكرة للتقويم ٢:** وزع صندوق النموذج الجزيئي على الطلبة لاستقصاء تشاكل المجموعة الوظيفية.

قدّم للطلبة الصيغة الجزيئية C_2H_6O.

اطلب إليهم إنشاء أكبر عدد ممكن من الترتيبات المختلفة للصيغة الجزيئية.

يجب أن يرسموا الصيغة الهيكلية لأي ترتيب جديد يقومون بإنشائه.

يوضح الشكل (٨–١٩) تركيب C_2H_6O باستخدام الترميز اللوني المعطى في الجدول (٨–٢) من كتاب الطالب.



الشكل ٨–١٩

ينتهي الطلبة بالإجابة عن السؤال (٤ ج) الوارد في كتاب الطالب.

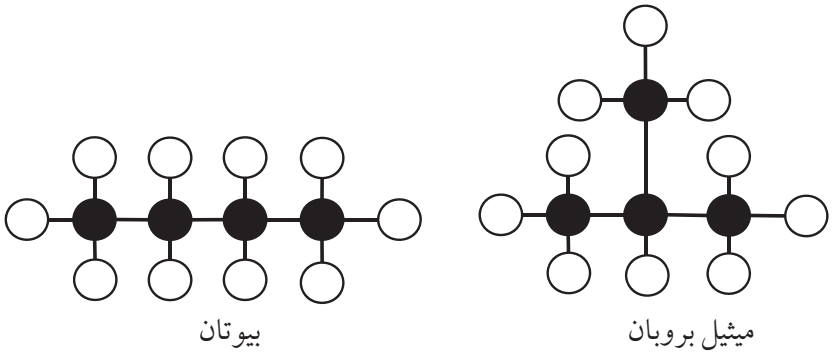
٢ تشاكل السلسلة الكربونية (٣٥ دقيقة)

وزّع مجموعات نمذجة جزيئية على الطلبة لاستقصاء النوع الثالث من التشاكل البنائي، وهو تشاكل السلسلة الكربونية.

اسأل الطلبة عن اسم الألكان الذي يمتلك الصيغة الجزيئية C_4H_{10}. عندما يتم تحديد البيوتان، ناقش ما إذا كان هذا هو الاسم الوحيد الممكن.

يمكن للطلبة استقصاء هذا من خلال بناء نماذج للمتشاكلَين (الأيزومرين) اللذَين يمتلكان هذه الصيغة.

يوضح الشكل (٨–٢٠) تركيبَين لـ C_4H_{10} باستخدام الترميز اللوني المعطى في الجدول (٨–٢) من كتاب الطالب.



الشكل ٨–٢٠

اشرح للطلبة أن هذا تشاكل السلسلة الكربونية لأنه تمّت إعادة ترتيب لذرات الكربون بحيث تنشأ سلسلة أو فرع آخر من السلسلة الرئيسية.

قدّم للطلبة الصيغة الجزيئية لألكان آخر، C_6H_{14}، واشرح المثال ٦ الوارد في كتاب الطالب. ناقش معهم كيف يتغير اسم السلسلة مع تكون المزيد من فروع الألكيل.

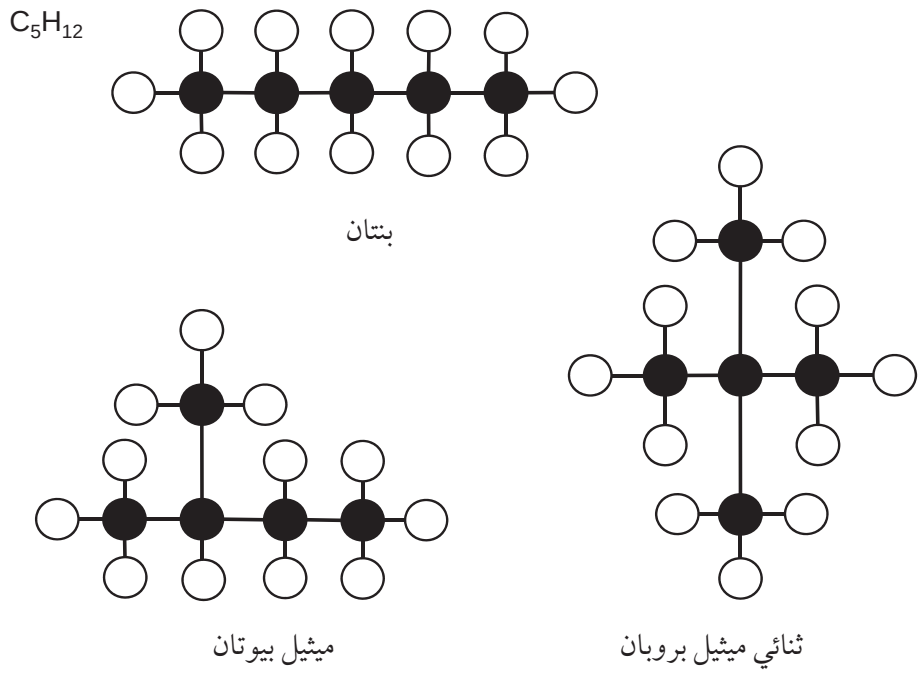
› **فكرة للتقويم ١:** يمكن للطلبة أن يحاولوا حل السؤال (٤(هـ)) الوارد في كتاب الطالب باستخدام النماذج الجزيئية.

وزّع مجموعات نمذجة جزيئية على الطلبة وقدّم لهم الصيغة الجزيئية C_5H_{12}.

(يبقى إجراء هذا النشاط ممكنًا في حال عدم توافر مجموعات النمذجة الجزيئية، ولكن قد يكون من الصعب على الطلبة استيعاب المفاهيم إذا كانوا يتعاملون فقط مع رسوم ثنائية الأبعاد 2D).

كلف الطلبة إنشاء أكبر عدد ممكن من الترتيبات المختلفة باستخدام الذرات الـ ١٧.

يوضح الشكل (٨–٢١) تراكيب الصيغة C_5H_{12} باستخدام الترميز اللوني المعطى في الجدول (٨–٢) من كتاب الطالب.



الشكل ٨–٢١

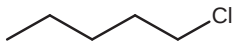
› **فكرة للتقويم ٢:** يمكن إعطاء المجموعات كرات وروابط من مجموعة نمذجة جزيئية لخمس ذرات كربون و 11 ذرة هيدروجين وذرة كلور واحدة. يجب أن يجدوا سبعة متشاكلات يمكن تمثيلها بواسطة $C_5H_{11}Cl$.

توجد سبعة متشاكلات: ثلاثة منها (1 – كلوروبنتان، 2 – كلوروبنتان، 3 – كلوروبنتان) وهي تُعدّ متشاكلات الموقع لأن السلسلة الهيدروكربونية لم تتغير بينما تغيّر موقع ذرة الكلور.

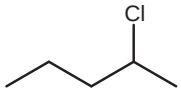
متشاكلات السلسلة هي 1 – كلورو – 2 – ميثيل بيوتان؛ 1 – كلورو – 3 – ميثيل بوتان؛ 2 – كلورو – 2 – ميثيل بيوتان و 1 – كلورو – 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان.

ترسم المجموعات الصيغ لأكبر عدد ممكن من هذه المتشاكلات. يمكنهم تقرير نوع الصيغة التي يكتبونها. ومع ذلك، في حال كانوا واثقين بشكل كاف بقدراتهم، فإن رسم الصيغ الهيكلية يكون الأسرع وربما الأسهل في الوقت المتبقي.

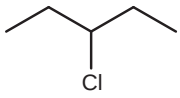
يوضح الشكل (٨–٢٢) الصيغ الهيكلية وأسماء المتشاكلات البنائية لـ $C_5H_{11}Cl$.



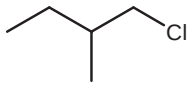
1 – كلوروبنتان



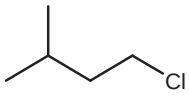
2 – كلوروبنتان



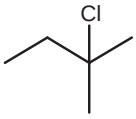
3 – كلوروبنتان



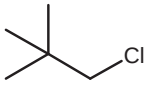
1 – كلورو – 2 – ميثيل بيوتان



1 – كلورو – 3 – ميثيل بيوتان



2 – كلورو– 2 – ميثيل بيوتان



1 – كلورو – 2.2 – ثنائي ميثيل بروبان

الشكل ٨-٢٢

› **فكرة للتقويم ٣:** امنح الطلبة إمكانية الوصول إلى جهاز كمبيوتر وبرامج ، مثل ChemDraw (أو حزمة برامج أساسية تسمح برسم الخطوط والأشكال) ويمكنهم المحاولة مع نشاط ٨-٧ السؤال (٣)

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

أعطِ أسماء المتشاكلات السبعة جميعها في النشاط الرئيسي الثاني المتضمن لمتشاكلات $C_5H_{11}Cl$.

الدعم

عند محاولة إيجاد المتشاكلات المختلفة من صيغة جزيئية معيّنة، قد يحتاج الطلبة في البداية إلى إشراف مباشر. على سبيل المثال، في حال كان عليهم أن يعطوا الصيغ وكانوا غير متأكدين، فابدأ دائمًا معهم بالمثال الأبسط، مثل 1-كلورو بنتان في هذه الحالة. يمكنهم بعدها النظر إلى مكان وضع الكلور، من خلال إعطائهم 2-كلورو بنتان. يجب أن يمنحهم هذا الأمر فكرة عن كيفية رسم متشاكلات الموقع. أخيرًا، كيف يمكنهم الحصول على تشاكل السلسلة؟ خذ مجموعة ميثيل من أحد طرفَي السلسلة واستبدلها بإحدى ذرات الهيدروجين على السلسلة. يمكن للكلور بعد ذلك أن يوضع في مكان آخر لإكمال الجزيء.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

تُعدّ مفاهيم التشاكل والمجموعات الوظيفية مهمة جدًا في الكيمياء العضوية. سيتعيّن على الطلبة فهم التراكيب البديلة عند النظر في بيانات الاستقصاءات الكيميائية وعند استنتاج مطيافية التركيب. لذلك، من المهم للمجموعات توضيح ما وجدوه صعبًا في هذا الدرس وبحيث يحدد المعلم ما إذا كان يلزم المزيد من الوقت لإتقان المفاهيم.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- في هذا الموضوع، سيحتاج الطلبة إلى التعبير بدقة خلال وصف الجزيئات فيما يتعلق بالأنواع المختلفة من التشاكل (تشاكل الموقع، والسلسلة الكربونية والمجموعة الوظيفية).

المهارة الحسابية

- تتطلب تسمية المركبات العضوية أن يكون الطلبة قادرين على عدّ ذرات الكربون في السلسلة الأطول وترقيمها وتطبيق الترتيب وفق الأولوية على المجموعات الوظيفية.

الموضوع ٨-٤ التشاكل في المركبات العضوية

ب. التشاكل الفراغي

الأهداف التعليمية

٨-٧ يصف التشاكل (التصاوغ) الفراغي stereoisomerism وتقسيماته إلى:

- تشاكل هندسي:
  (سيس cis) و(ترانس trans)، (E) و (Z) للمركّبات غير المشبعة.
- التشاكل الضوئي (البصري) enantiomers للمركّبات التي تحتوي على مركز كيرالي (chiral) (غير متناظر).

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٤ التشاكل في المركبات العضوية – ب. التشاكل الفراغي – التشاكل الفراغي – التشاكل الهندسي (سيس/cis ترانس trans) – التشاكل الضوئي (المتشاكلات الضوئية enantiomers) مهارات عملية ٨-١ نمذجة المتشاكلات الضوئية السؤال ٥ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ب، ج (٢،١)، د)	• تقييد حرّية الدوران حول الرابطة C=C في الألكينات • التشاكل الهندسي: (سيس/ترانس cis/trans) • التشاكل الضوئي كشكل من أشكال التشاكل الفراغي • رسم المتشاكلات الضوئية باستخدام صيغ موسعة ثلاثية الأبعاد 3D • التعرف على ذرات الكربون الكيرالي في الجزيئات في الصيغ الموسعة والهيكلية
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٥ التشاكل (ج، د) نشاط ٨-٧ رسم مركبات عضوية (٤) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(د، هـ (٢))، ٤(ب، ج)	• الكيمياء الفراغية لمركبات الكربون • رسم المتشاكلات الضوئية

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

قد يفهم الطلبة أن تقييد حرّية الدوران حول الرابطة C=C هو الشرط الوحيد للتشاكل الهندسي سيس/ترانس cis/trans، لكنهم ينسون ضرورة وجود مجموعات / ذرات مختلفة على كل ذرة كربون في الرابطة الثنائية C=C.

غالبًا ما ينسى الطلبة أنه في الصيغ الهيكلية، تُحذف ذرات الهيدروجين. الفكرة الأساسية هي أنه إذا تمّ عرض ثلاث مجموعات مختلفة، فإن المجموعة الرابعة تكون ذرة هيدروجين، وبالتالي فإن الكربون المركزي يكون كيراليًا.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

اجعل الطلبة يحددون الأشياء أو المواد التي يمكن اعتبارها متطابقة – هل هي في الواقع متماثلة فقط أم أنها بالضبط الشيء نفسه؟

هل تُعدّ الصورة المنعكسة في مرآة مطابقة للجسم الأصلي؟ ما النواحي التي تختلف فيها الصورة المنعكسة في مرآة عن الجسم الأصلي؟

تكون الأطراف والعديد من أعضاء جسم الإنسان في أزواج، مثل العينَين أو الأذنَين أو اليدَين.

على الرغم من أن كلا مكوّنَي الزوج الواحد يؤديان الوظيفة نفسها تمامًا، إلّا أنهما لا يعملان بالطريقة نفسها دائمًا. ناقش مع الطلبة بعض النواحي التي يمكن أن تختلف فيها عند استخدام اليد اليسرى أو اليمنى تشمل الأمثلة ارتداء القفازات، أو الاختلافات في طريقة استخدام السحاحة من قبل الطلبة الذين يستخدمون اليد اليمنى واليسرى.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

(يبقى إجراء هذا النشاط ممكنًا في حال عدم توافر صندوق النموذج الجزيئي، ولكن قد يكون من الصعب على الطلبة استيعاب المفاهيم إذا كانوا يتعاملون فقط مع رسوم ثنائية الأبعاد 2D).

وزّع صندوق النموذج الجزيئي على الطلبة واطلب إليهم بناء نموذج للإيثين. كلّفهم استخدام الكرات السوداء لذرات الكربون والكرات البيضاء لذرات الهيدروجين. ونظرًا لأن هذه قد تكون المرة الأولى التي يبنون فيها رابطة ثنائية، انصحهم باستخدام روابط قصيرة لروابط C–H وأخرى أطول للروابط بين ذرات الكربون.

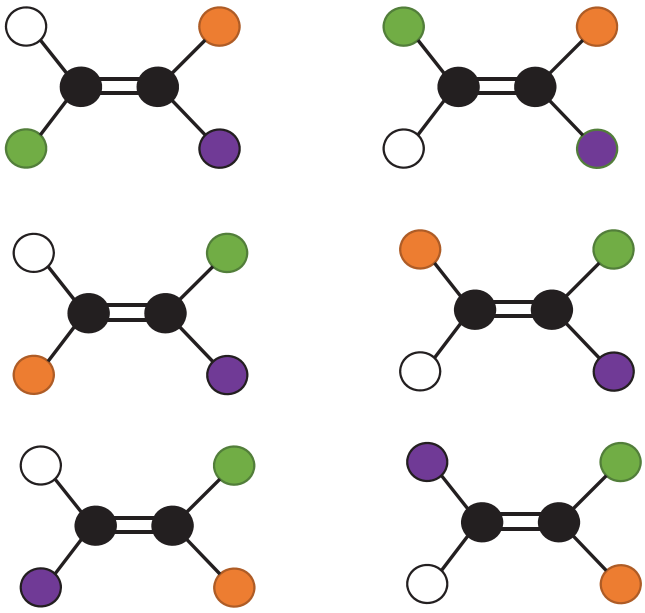
كلفهم الآن باختيار ثلاث كرات تكون ألوانها مختلفة عن تلك الموجودة في جزيء الإيثين (مثل الأخضر والبرتقالي والبنفسجي).

يجب على الطلبة الآن استبدال ثلاث من ذرات H البيضاء الموجودة على جزيء الإيثين بالذرات الثلاث مختلفة الألوان التي اختاروها.

كم عدد الترتيبات المختلفة التي يمكنهم تحقيقها؟

يوضح الشكل (٨–٢٣) التراكيب الستة التي يمكن بناؤها.

استخدم النماذج لإدارة مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى تعريف يصف التشاكل الفراغي.



الشكل ٨–٢٣

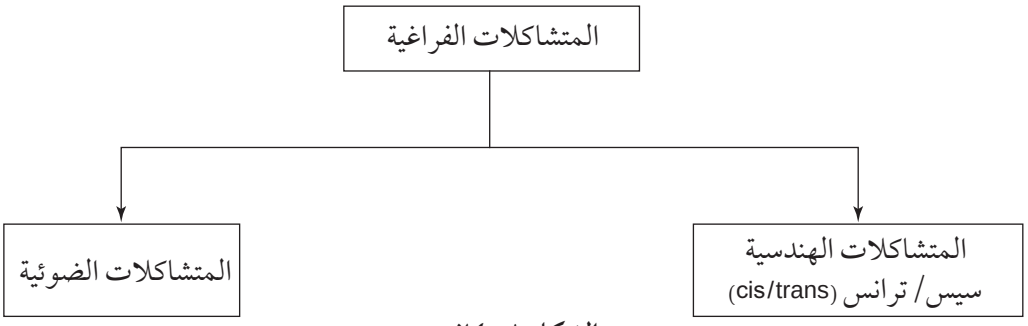
الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ التشاكل الفراغي في الألكينات: التشاكل الهندسي سيس/ترانس cis/trans (٣٠ دقيقة)

قدم للطلبة تعريفًا للتشاكل الفراغي: تُعرّف المتشاكلات الفراغية بأنها مركبات تمتلك جزيئاتها الذرات نفسها المرتبطة بعضها ببعض بالطريقة نفسها، ولكن وفق ترتيب فراغي مختلف بحيث لا يمكن تركيب الجزيئات بعضها فوق بعض.

يمكن وضع المتشاكلات الفراغية ضمن فئتَين مختلفتَين، كما هو موضح في الشكل (٨-٢٤) أدناه.



الشكل ٨-٢٤

ابدأ بتدريس التشاكل الفراغي الهندسي سيس/ترانس (cis/trans) عن طريق مراجعة ما يتذكره الطلبة حول الترابط في الإيثين وتركيبه. اسأل الطلبة عن أنواع الروابط الموجودة وزوايا الروابط والاتجاه الذي تشير إليه الروابط والشكل الجزيئي. كيف يمكن أن يؤثر ذلك على طريقة وضع الذرات وترتيبها حول كل ذرة كربون؟

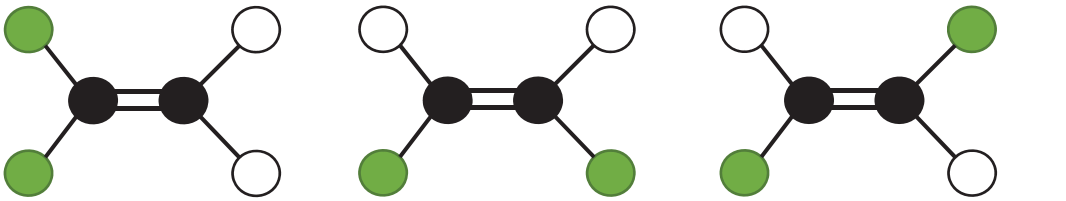
وزّع صندوق النموذج الجزيئي على الطلبة وقدّم لهم الصيغة الجزيئية $C_2H_2Cl_2$.

(يبقى إجراء هذا النشاط ممكنًا في حال عدم توافر صندوق النموذج الجزيئي، ولكن قد يكون من الصعب على الطلبة استيعاب المفاهيم إذا كانوا يتعاملون فقط مع رسوم ثنائية الأبعاد 2D).

كلف الطلبة إنشاء أكبر عدد ممكن من الترتيبات المختلفة باستخدام الذرات الست.

يجب عليهم رسم الصيغة الموسعة لأي ترتيب جديد يقومون بإنشائه وتسميته.

يوضح الشكل (٨-٢٥) تراكيب الصيغة $C_2H_2Cl_2$ باستخدام الترميز اللوني في الجدول (٨-٢) من كتاب الطالب.



ترانس – 2،1 – ثنائي كلوروإيثين | سيس – 2،1 – ثنائي كلوروإيثين | 1،1 – ثنائي كلوروإيثين

الشكل ٨-٢٥

يجب على الطلبة تحديد وجود ثلاثة متشاكلات، لكن اثنَين منها يحملان الاسم 2،1 - ثنائي كلوروإيثين. يمكن تحديد نموذجَي 2،1 - ثنائي كلوروإيثين على أنهما المتشاكل الفراغي سيس والمتشاكل الفراغي ترانس. يجب أن يكون المصطلحان مرتبطَين بمواقع ذرّتَي الكلور في كل منهما – سيس تعني «الجانب نفسه» من الرابطة الثنائية، وترانس تعني «الجانب المقابل» من الرابطة الثنائية. قد يجد بعض الطلبة أنه من المفيد ربط هذَين المصطلحَين بالاستخدام اليومي للمصطلحات على سبيل المثال: ترانس الأطلسي بمعنى «الجانب المقابل» للمحيط الأطلسي.

باستخدام النماذج، اكتشف سبب حدوث التشاكل الفراغي سيس/ترانس (cis/trans). يمكن للطلبة أن يحاولوا جعل ذرّتَي الكربون تدوران حول محور الرابطة بحيث تكون ذرّتا الكلور على الجانب نفسه أو على الجانبَين المتقابلَين. سوف يدركون أنه لا يمكن القيام بذلك لأن الرابطة الثنائية تقيّد حرية الدوران. ذكّر الطلبة أن هذا النموذج لا يمثل بدقة الترابط داخل الجزيء، لأن تداخل الأفلاك p ووجود الرابطة π هو الذي يمنع ذرات الكربون من الدوران بحرّية حول محور الرابطة σ.

الفت انتباه الطلبة إلى المتشاكل الثالث، 1،1 - ثنائي كلوروإيثين.

ما نوع التشاكل الموجود بينه وبين الاثنَين الآخرَين؟

الإجابة: التشاكل البنائي من حيث الموقع.

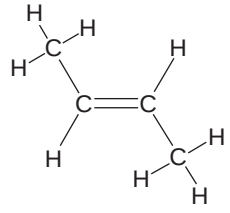
لماذا لا يظهر هذا الجزيء أي تشاكل فراغي على الرغم من وجود رابطة ثنائية تقيد الدوران الحر؟

الإجابة: لا يمتلك هذا الجزيء ذرّتَين مختلفتَين على كل ذرة كربون من الرابطة الثنائية. فالتبديل بين ذرّتَي الكلور (أو ذرّتَي الهيدروجين) على ذرة الكربون نفسها يؤدي إلى الجزيء نفسه.

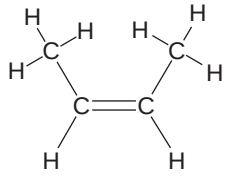
› **فكرة للتقويم ١:** كلف الطلبة برسم الصيغ البنائية الموسعة للمتشاكلات الألكينات ذات الصيغة الجزيئية C_4H_8.

وزّع صندوق النموذج الجزيئي على الطلبة واطلب إليهم بناء هذه المتشاكلات جميعها.

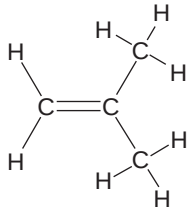
يجب عليهم بعد ذلك رسم الصيغة البنائية الموسعة لكل متشاكل وتسميته (راجع الشكل ٨–٢٦).



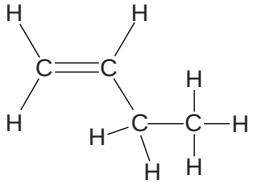
ترانس – 2 – بيوتين



سيس – 2 – بيوتين



ميثيل بروبين



1 – بيوتين

الشكل ٨–٢٦

سيحتاج الطلبة إلى تحديد المتشاكلَين الفراغيَين (سيس وترانس)، وأن يعبروا كتابةً بأسلوبهم الخاص عن سبب وجودهما، والذي يتضمن الشرطَين الضروريَّين لهذا النوع من التشاكل. يجب أن يتضمن الشرح سبب وجود متشاكلَين من 2 – بيوتين، ومتشاكلًا واحدًا فقط من كل من 1 – بيوتين وميثيل بروبين.

حدد نوع التشاكل الموجود بين كل من المتشاكلات الآتية:

أ. 1 – بيوتين و 2 – بيوتين

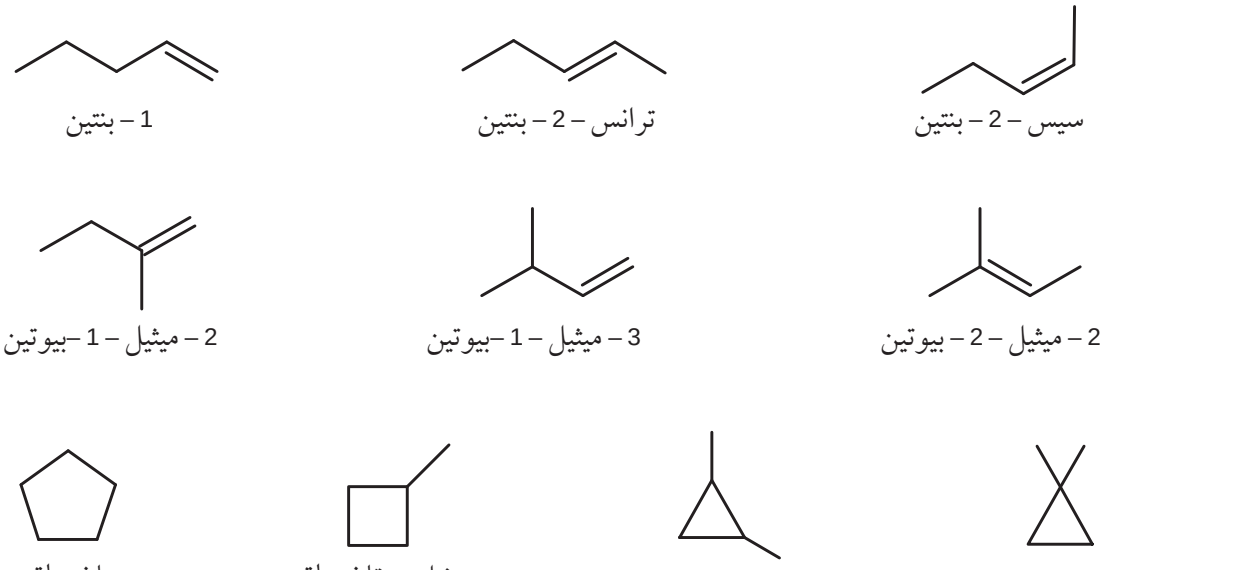
ب. 1 – بيوتين (أو 2 – بيوتين) و ميثيل بروبين

الإجابة:

أ. تشاكل من حيث موقع المجموعة الوظيفية (الرابطة الثنائية)

ب. تشاكل من حيث السلسلة

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة برسم الصيغ الهيكلية للمتشاكلات جميعها التي تمتلك الصيغة الجزيئية C_5H_{10}. يجب أن يشمل ذلك المركبات الحلقية كما الألكينات. يوضح الشكل (٨–٢٧) هذه الصيغ جميعها.



الشكل ٨–٢٧

٢ المتشاكلات الضوئية Enantiomers (٣٠ دقيقة)

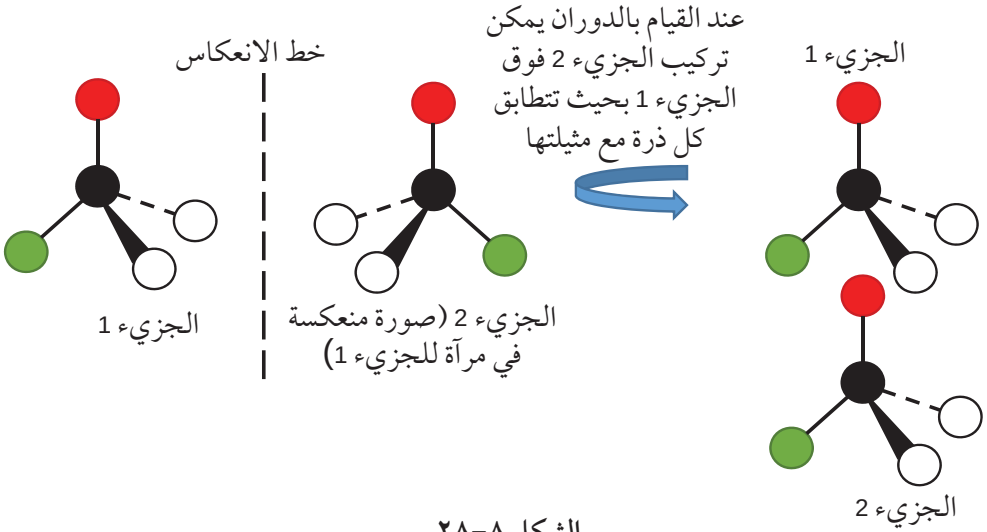
لخص الدرس السابق، مع التركيز بشكل خاص على أن المتشاكلات الفراغية تكون دائمًا في شكل أزواج.

وزّع الطلبة في ثنائيات وامنح كلًّا منها ذرّتَي كربون وثماني روابط متوسطة الطول وكرات نموذجية في أربعة ألوان مختلفة. يمكن أن تكون هذه الكرات: أربعًا باللون الأبيض، واثنتَين باللون الأخضر، واثنتَين باللون الأزرق واثنتَين باللون الأحمر (أو أي شيء متاح).

كلف الطلبة أن يبنوا نموذجَين متطابقَين بحيث يكون الكربون في كل منهما متصلًا بكرتَين باللون الأبيض وكرتَين أخريَين بلونَين مختلفَين (على سبيل المثال، واحدة خضراء وواحدة حمراء).

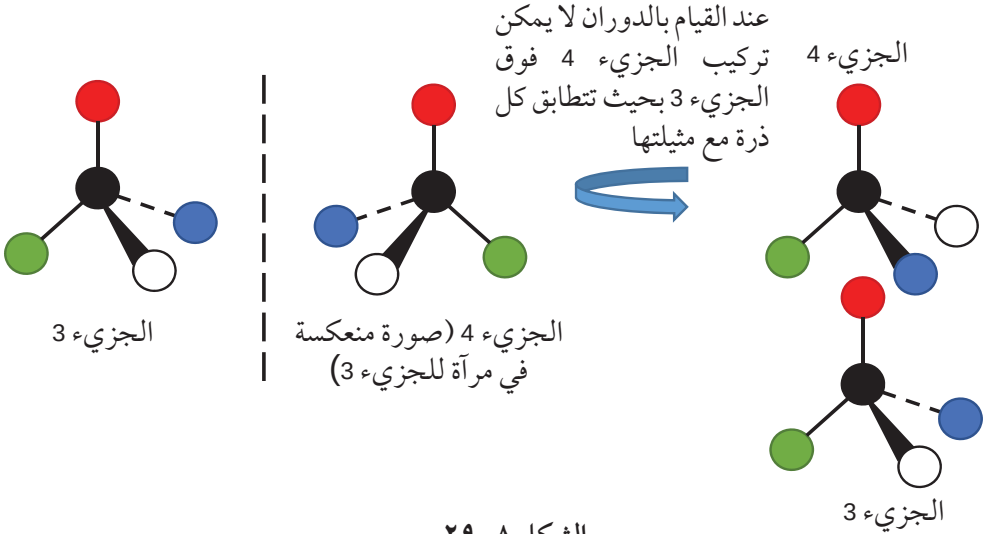
عندما يوضع النموذجان على الطاولة، يجب أن يكون الأول صورة منعكسة في مرآة للثاني. كلف الطلبة بملاحظة (مراقبة) ما إذا كان ممكنًا تركيب النموذجَين أحدهما فوق الآخر بحيث تتطابق كل ذرة مع مثيلتها. إذا دار أحدهما،

فعندئذٍ يصبح ذلك ممكنًا؛ أي يتطابق النموذجان. يرسم الطلبة الصيغتَين الموسعتَين 3D للجزيئَين كصورتَين منعكستَين في مرآة. تمّ توضيح ذلك في الشكل (٨–٢٨).



الشكل ٨–٢٨

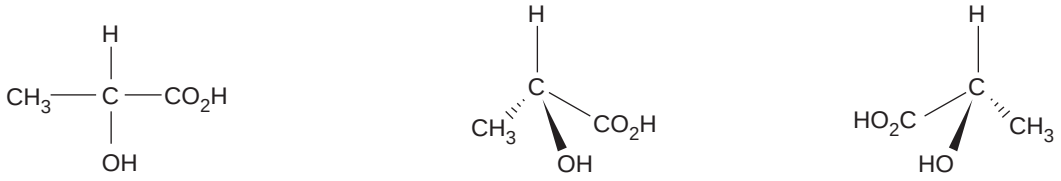
كلف الطلبة أن يبنوا نموذجَين آخرَين ولكن يجب أن يحتوي كل منهما أربع ذرات بألوان مختلفة من ذرة الكربون (أي واحدة بيضاء، واحدة خضراء، واحدة حمراء، وواحدة زرقاء). مرة أخرى، عندما يوضع النموذجان على الطاولة، يجب أن يكون كل منهما صورة منعكسة في مرآة للآخر. كلف الطلبة بملاحظة (مراقبة) ما إذا كان ممكنًا تركيب النموذجَين أحدهما فوق الآخر بحيث تتطابق كل ذرة مع مثيلتها. سيلاحظون أنه حتى في حال القيام بالدوران، لا يمكن تركيب النموذجَين أحدهما فوق الآخر (الشكل ٨–٢٩). يجب أن يرسم الطلبة الصيغتَين الموسعتَين 3D للجزيئَين كصورتَين منعكستَين في مرآة.



الشكل ٨–٢٩

حدد الجزيئَين ٣ و ٤ على أنهما زوج من المتشاكلات الضوئية كونهما صورتَين عبر مرآة لا يمكن تركيب أحدهما فوق الآخر (غير متطابقَين). اسأل الطلبة عن سبب عدم إمكانية تركيب هذا الزوج من الجزيئات (٣ و ٤) أحدهما فوق الآخر بينما يكون هذا ممكنًا في حالة الجزيئَين ١ و ٢. يجب أن يكونوا قادرين على تحديد أن الاختلاف هو في أن الجزيئَين ١ و ٢ يمتلك كل منهما ذرّتَين هما نفساهما، في حين أن الذرات الأربع جميعها المترابطة مع الكربون في كل من الجزيئَين ٣ و ٤ تكون مختلفة. حدد أن الكربون المركزي في الجزيئات ٣ و ٤ يُسمى بالكربون الكيرالي.

ارسم الآن صورتَين منعكستَين في مرآة لجزيء حقيقي، على سبيل المثال. $CH_3CH(OH)COOH$ (حمض اللاكتيك أو حمض 2 – هيدروكسي بروبانويك) كما هو موضح في الشكل (٨–٣٠). كلا المتشاكلَين يمتلكان الصيغة البنائية نفسها ولكنهما صيغتان موسعتان 3D مختلفتان وهكذا، فهما متشاكلان ضوئيان enantiomers.



حمض 2 – هيدروكسي بروبانويك

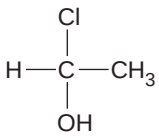
الصيغتان الموسعتان 3D لمتشاكلَين ضوئيّين

الشكل ٨–٣٠

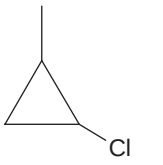
اشرح للطلبة الاختلافات في خصائص المتشاكلات الضوئية، من حيث قدرتها على جعل مستوى الضوء المستقطب (plane polarised light) يدور (ينحرف نحو اليمين d أو نحو اليسار l) (ومن هنا يأتي التمييز بين المتشاكلات الضوئية d- و l-). واشرح لهم كذلك كيف تختلف المتشاكلات الضوئية النشطة بيولوجيًّا في تفاعلاتها مع الإنزيمات أو المستقبلات.

› **فكرة للتقويم ١:** ارسم بعض الصيغ البنائية والموسعة والهيكلية لجزيئات تحتوي على كربون كيرالي، على سبيل المثال، في الشكل (٨–٣١):

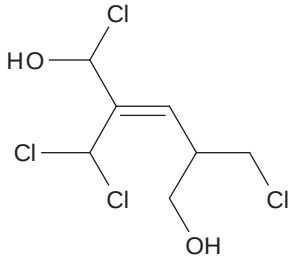
$CHBrClF$



$CH_3CH(OH)CH_2CH_3$



$CH_3CH_2CHClCH_2CH(OH)CH_3$



الشكل ٨–٣١

كلف الطلبة تحديد ذرات الكربون الكيرالية الموجودة في الجزيئات الواردة في الشكل (٨–٣١) باستخدام العلامات النجمية (*).

يجب على الطلبة بعد ذلك إعادة رسم الصيغ الموسعة 3D لهذه المتشاكلات الضوئية.

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة الإجابة عن السؤال ٥ (ج) الوارد في كتاب الطالب ثم بعد ذلك ناقش الإجابات المحتملة باستخدام الجدول (٨–٣) كدليل.

أيّ مما يأتي يمكن أن يمتلك متشاكلات ضوئية؟

أ $H_2C{=}CHCH_3$

ب $(CH_3)_2C{=}CHCHClCH_3)$

ج $(CH_3)_3CBr$

د $CH_3CH_2CH_2CHCl_2$

ترد الإجابات في الجدول (٨-٤) أدناه.

الإجابة	التعليق
أ	غير صحيح. لا توجد أيّة ذرة كربون في التركيب مرتبطة بأربع مجموعات مختلفة، وبالتالي ليس هنالك أي احتمال لوجود متشاكلات ضوئية.
ب	صحيح. ترتبط إحدى ذرات الكربون بالمجموعات Cl، و CH_3، و H، و $-CH{=}C(CH_3)_2$، وبالتالي تمتلك هذه الذرة أربع مجموعات مختلفة. لذلك، يمكن لهذه الصيغة أن توجد في شكل متشاكلَين ضوئيين.
ج	غير صحيح. ترتبط ذرة الكربون المركزية بثلاث مجموعات ميثيل وذرة بروم واحدة وبالتالي لا ترتبط بأربع مجموعات مختلفة.
د	غير صحيح. يرتبط الكربون الموجود على أحد الأطراف بذرّتَين من الكلور، وذرة هيدروجين واحدة، ومجموعة C_3H_7 - (مجموعة بروبيل). وبالتالي، لا تمتلك هذه الذرة أربع مجموعات مختلفة ولا يمكن أن تمتلك هذه الصيغة أي متشاكلات ضوئية.

الجدول ٨-٤

› **فكرة للتقويم ٣:** امنح الطلبة إمكانية الوصول إلى حاسوب (جهاز كمبيوتر) وبرامج، مثل (ChemDraw) أو حزمة برامج أساسية تسمح برسم الخطوط والأشكال) ويمكنهم أن يحاولوا حل النشاط ٨-٧ السؤال (٤).

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قبل البدء بالنشاط، يجب إخبار الطلبة أنه عندما تكون الذرات أو المجموعات جميعها الموجودة على كل ذرة كربون في الرابطة الثنائية مختلفة، فإن الذرات أو المجموعات ذات الكتلة الجزيئية الأكبر تأخذ الأولوية عند التسمية **E/Z**.

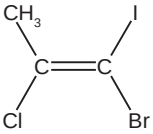
وزّع مجموعات نمذجة جزيئية على الطلبة واطلب إليهم بناء جزيء البروبين.

الآن يجب عليهم استبدال ذرات الهيدروجين الثلاث الموجودة على ذرّتَي الكربون في الرابطة الثنائية بـ:

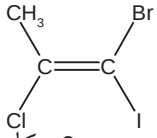
- ذرة كلور (كرة خضراء)
- وذرة بروم (كرة برتقالية)
- وذرة يود (كرة بنفسجية).

لكل مجموعة يحاولون بناءها، يجب عليهم رسم الصيغة البنائية للنموذج وتسمية الجزيء الناتج.

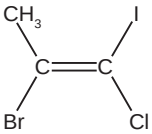
يوضح الشكل (٨-٣٢) المتشاكلات الفراغية (سيس/ترانس) المحتملة.



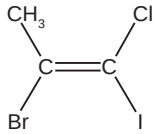
ترانس – 1 – برومو – 2 – كلورو – 1 – يودوبروبين



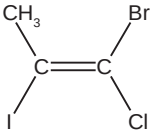
سيس – 1 – برومو – 2 – كلورو – 1 – يودوبروبين



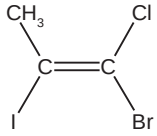
ترانس – 2 – برومو – 1 – كلورو – 1 – يودوبروبين



سيس – 2 – برومو – 1 – كلورو – 1 – يودوبروبين



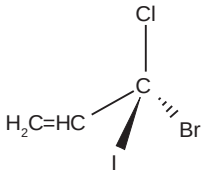
ترانس – 1 – برومو – 1 – كلورو – 2 – يودوبروبين

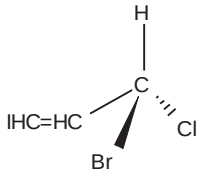


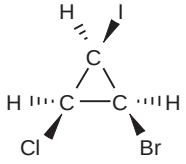
سيس – 1 – برومو – 1 – كلورو – 2 – يودوبروبين

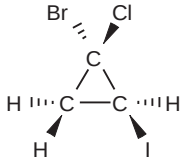
الشكل ٨–٣٢

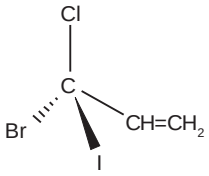
كلف الطلبة اقتراح زوج من المتشاكلات الضوئية التي تمتلك الصيغة الجزيئية C_3H_3IBrCl، ورسم صيغها الموسعة 3D. يوضح الشكل (٨–٣٣) بعض المتشاكلات الضوئية المحتملة لهذه الصيغة.

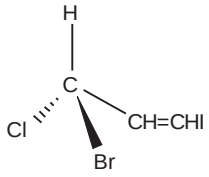


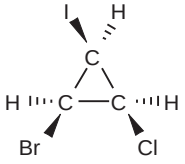


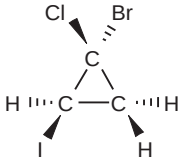












الشكل ٨–٣٣

الدعم

بالنسبة إلى الطلبة الذين يجدون صعوبة في رسم المتشاكلات الضوئية والصيغ الموسعة ثلاثية الأبعاد 3D، يمكنك أن توضح لهم ذلك بوساطة النماذج، وكذلك كيفية تمثيل الروابط التي تقع أمام مستوى الورقة بالخطوط ذات الحواف، والروابط التي تقع خلف مستوى الورقة بالخطوط المتقطعة.

بالنسبة إلى كلا المتشاكلات الفراغية: الهندسية (سيس/ترانس) والضوئية، غالبًا ما يتذكر الطلبة السمات التي تؤدي إلى التشاكل الفراغي، مثل الرابطة الثنائية أو الكربون الكيرالي، ولكنهم بعد ذلك يهملون أو ينسون ذكر ضرورة وجود ذرات أو مجموعات مختلفة، لذلك يُعدّ من المفيد تذكيرهم بذلك بانتظام.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

تمتلك المتشاكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها ولكنها صيغ بنائية مختلفة. اكتب تعريفًا مشابهًا للمتشاكلات الفراغية (سيس/ترانس) يتضمن الكلمات: موسعة، رابطة ثنائية، صيغة أو صيغ، متشاكلات، جزيئية، الجانب نفسه / الجانب المقابل، بنائية. اكتب تعريفًا مشابهًا للمتشاكلات الفراغية الضوئية يتضمن الكلمات: كيرالي، موسعة، صيغة أو صيغ، صورة في مرآة، جزيئية، غير قابل للتركيب، متشاكلات فراغية وبنائية.

ضمن مجموعات من ثلاثة أو أربعة طلبة، ينشئ الطلبة قائمة بأنواع التشاكل التي تعلموها خلال هذه الوحدة ويصنفونها في ضوء درجة الصعوبة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- في هذا الموضوع تمّ تقديم مصطلحات جديدة ومهمة يحتاج الطلبة إلى استخدامها وفهمها. ومن الأمثلة على ذلك المتشاكلات الفراغية، سيس (الجانب نفسه) وترانس (الجانب المقابل)، المتشاكلات الضوئية enantiomers (enantio- تعني معاكس / وجهًا لوجه)، غير قابل للتركيب والكيرالي.

عندما يكتب الطلبة ملخصاتهم للدرس، سيحتاجون إلى توضيح ما تعلموه والتعبير عنه بكلماتهم الخاصة. ولكن في الوقت نفسه يجب عليهم استخدام مصطلحات تقنية: رابطة باي التي تقيد حرّية الدوران ما يؤدي إلى التشاكل الفراغي، أو الكربون الكيرالي في متشاكلات فراغية (الصور المنعكسة في مرآة) الأمر الذي يجعلها غير قابلة للتركيب بعضها فوق بعض.

المهارة الحسابية

- يتطلب التمثيل ثلاثي الأبعاد 3D للجزيئات مهارات رياضية.

الموضوع ٨-٥ أنواع تفاعلات المركبات العضوية وآلية حدوثها

الأهداف التعليمية

٨-٨ يعرّف المصطلحات الآتية المرتبطة في التفاعلات العضوية وآلياتها ويستخدمها:

- الانشطار (التكسر أو التفكك) المتجانس وغير المتجانس.
- الجذور الحرة، الابتداء، الانتشار، الإيقاف.
- النيوكليوفيل (محبّ النواة أو الشحنات الموجبة)، والإلكتروفيل (محبّ الإلكترونات أو الشحنات السالبة)
- الإضافة، الاستبدال (الإحلال)، الإزالة (الحذف)، التحلل المائي، الأكسدة، الاختزال.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٨-٥ أنواع تفاعلات المركبات العضوية وآلية حدوثها – أنواع التفاعلات العضوية – آليات حدوث التفاعلات العضوية – الانشطار المتجانس – الانشطار غير المتجانس السؤالان ٦ و ٧ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣(ج (٣))، ٥	• يصف الأنواع المختلفة من التفاعلات العضوية • يستخدم المعادلات للتعرف على نوع التفاعل الذي يحدث • تفكك الروابط إلى جذور حرة وأيونات موجبة وسالبة • الجذور الحرة • الإلكتروفيلات والنيوكليوفيلات
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٨-٦ تصنيف التفاعلات العضوية أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ج)، ٢(ب، ج، د، هـ)، ٣(ب (١)، ج (١))	• تصنيف التفاعلات • تعريفات الجذور الحرة، والإلكتروفيلات والنيوكليوفيلات • تحديد مراحل عملية الاستبدال بالجذور الحرة • التعرف على الجسيمات (الأنواع) المختلفة • سؤال شامل حول الوحدة

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

غالبًا ما ينسى الطلبة كتابة المادة الناتجة غير العضوية عندما يكتبون معادلات التفاعلات العضوية.

يشير مصطلح النيوكليوفيل nucleophile إلى أن هذا النوع الكيميائي يهاجم النواة. البادئة –nucleo (من نواة) تشير إلى الهجوم إما على ذرة في ثنائي قطب تحمل شحنة موجبة أو على ذرة عندها نقص في الإلكترونات.

قد يفترض الطلبة خطأً أن الإلكتروفيل يجب أن يكون دائمًا أيونًا موجب الشحنة وأن يكون النوكليوفيل دائمًا أيونًا سالب الشحنة.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

قدّم عرضًا توضيحيًّا حول احتراق هيدروكربون، على سبيل المثال: الميثان (غاز الطبخ) أو كحول مثل الإيثانول أو قطعة فحم. اطرح سؤالًا للعصف الذهني: ما خصائص الاحتراق؟ عندما يناقش الطلبة هذا الأمر، أشر إلى أنه يمكنهم التعرف على تفاعل الاحتراق من المواد المتفاعلة الأولية، والتي يجب أن تتضمن الأكسجين والمادة أو المواد الناتجة من الاحتراق. يوضح هذا المثال أنه يمكن التعرف على نوع التفاعل باستخدام المواد المتفاعلة والمواد الناتجة كدليل.

١ فكرة ب (١٠ دقائق)

قدّم عرضًا توضيحيًّا حول تفاعل الجزيء الحلقي الهكسين الحلقي وماء البروم، ثم اعرض مقطع فيديو لتفاعل الكلور مع الميثان (ابحث عن الاستبدال الكيميائي الضوئي بالكلور في الألكانات). اشرح أن هذه التفاعلات تتم وفق مسارات أو آليات مختلفة تمامًا.

https://www.youtube.com/watch?v=58uewUonYsk

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

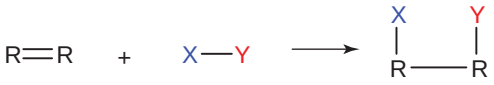
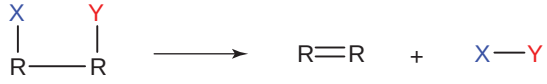
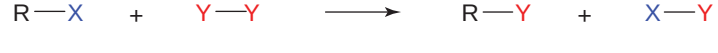
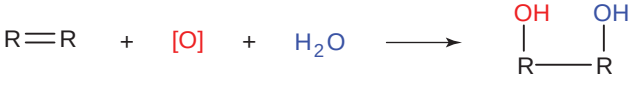
١ أنواع التفاعلات الكيميائية والتعرف عليها من خلال المعادلات الكيميائية (٣٠ دقيقة)

اشرح الأنواع المختلفة من التفاعلات الكيميائية، وقم بوصفها وما يحدث خلالها. يتم شرح المصطلحات المستخدمة للتعريف بنوع التفاعل. يوضح الجدول (٨–٥) أدناه أنواع التفاعلات التي تتم تغطيتها.

نوع التفاعل	الوصف
الإضافة	تفاعل عضوي يندمج خلاله جزيئان أو أكثر لتكوين جزيء واحد كمادة ناتجة.
الحذف	تفاعل تتم فيه إزالة (حذف، نزع) جزيء صغير، مثل H_2O أو HCl من جزيء عضوي.
الاستبدال (الإحلال)	تفاعل يتضمن استبدال ذرة أو مجموعة ذرات بأخرى تحل محلها.
التحلل مائي	تفاعل يتضمن كسر جزيء عضوي بوساطة الماء. ويمكن تسريعه بإضافة حمض أو مادة قلوية.
الأكسدة	تفاعل يتم خلاله إضافة أكسجين أو إزالة إلكترونات أو ازدياد في عدد التأكسد لمادة ما. ويشير هذا في الكيمياء العضوية إلى تفاعل تتم فيه إضافة ذرات أكسجين إلى جزيء ما أو إزالة ذرات هيدروجين من جزيء ما.
الاختزال	تفاعل يتم خلاله إزالة أكسجين أو إضافة إلكترونات أو نقصان في عدد التأكسد لمادة ما. ويشير هذا في الكيمياء العضوية إلى تفاعل تتم فيه إزالة ذرات أكسجين من جزيء ما أو إضافة ذرات هيدروجين إلى جزيء ما.

الجدول ٨-٥

يمكنك استخدام المعادلات العامة أو الفعلية لتوضيح أنواع التفاعل المختلفة والإشارة إلى السمات المشتركة أو المختلفة، مثل عدد الجزيئات الابتدائية وعدد الجزيئات في النهاية، أو استبدال الذرات أو إضافتها، وهكذا. يوضح الجدول (٨-٦) أدناه بعض المعادلات العامة التي يمكن تزويد الطلبة بها.

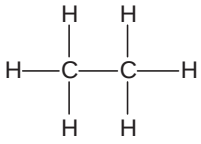
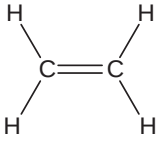
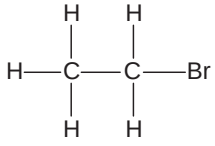
نوع التفاعل	المعادلة العامة
الإضافة	
الحذف	
الاستبدال (الإحلال)	
التحلل مائي	
الاختزال	
الأكسدة	

الجدول ٨-٦

فكرة للتقويم ١: يتوزّع الطلبة في مجموعات من اثنين أو ثلاثة للإجابة عن السؤال (٦) الوارد في كتاب الطالب وعن النشاط ٨-٦ (١) الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة. لكل من هاتَين المهمتَين، يجب أن تكون كل إجابة مصحوبة بشرح قصير للسبب الكامن وراء تحديد هذا النوع من التفاعل.

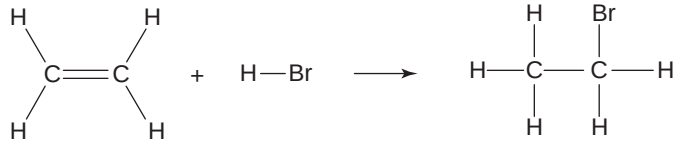
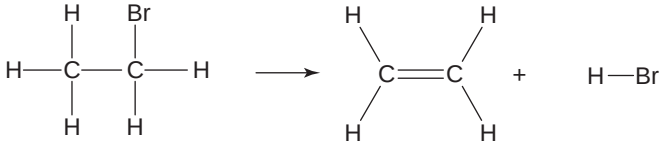
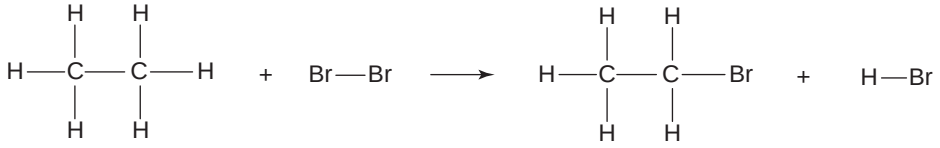
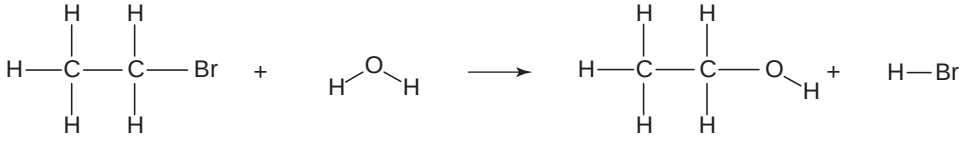
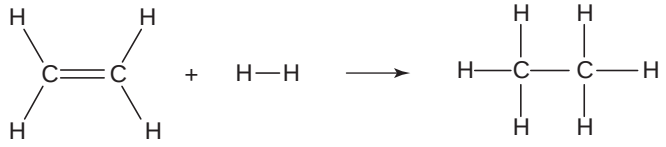
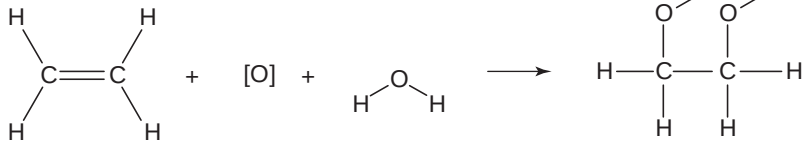
عليك تقديم مخطط توزيع الدرجات حتى يتمكن الطلبة من وضع درجات على عملهم. وعليك أيضًا مراجعة العمل لأن هذا يمثل جانبًا مهمًا من الكيمياء العضوية.

فكرة للتقويم ٢:

باستخدام الصيغ الموسعة أعلاه، كلف الطلبة بكتابة معادلات إضافة وإزالة (حذف) واستبدال وتحلل مائي واختزال وأكسدة. يجب أن تبدأ المعادلات بالإيثان أو الإيثين أو بروموإيثان أو تنتهي بأحدها. تشمل الجزيئات الأخرى التي يمكن استخدامها أيضًا في المعادلات Br_2 و HBr و H_2O و H_2 و [O]. (في هذه المرحلة، لا يُعدّ مهمًا أن يعطي الطلبة الظروف اللازمة للتفاعلات).

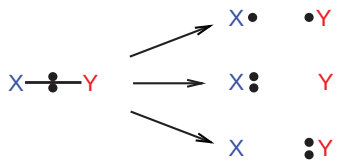
يوضح الجدول (٨-٧) بعض المعادلات المحتملة التي يمكن للطلبة كتابتها.

الإضافة	
الحذف	
الاستبدال (الإحلال)	
التحلل المائي	
الاختزال	
الأكسدة	

الجدول ٨-٧

٢ انشطار الرابطة والجسيمات النشطة كيميائيًّا (٣٥ دقيقة)

ابدأ الدرس بسؤال الطلبة عما يحدث للإلكترونات عندما تتكسر رابطة تساهمية ما. يوضح الشكل (٨-٣٤) النتائج المحتملة لانشطار الرابطة في جزيء ثنائي الذرة.



الشكل ٨-٣٤

تأكد من وجود طريقتَين: تتكسر الرابطة بحيث يتم تقاسم الإلكترونات بالتساوي بين الذرتَين (الانشطار المتجانس للرابطة) أو تتكسر الرابطة بشكل غير متساوٍ بين الذرتَين بحيث تكسب إحداهما زوج إلكترونات الرابطة وتبقى الأخرى من دون هذه الإلكترونات (الانشطار غير المتجانس للرابطة).

يمكن شرح الانشطار المتجانس باستخدام مثال جزيء الكلور:

$$Cl{-}Cl \longrightarrow Cl^{\bullet} + Cl^{\bullet}$$

يمكن تفسير الانشطار غير المتجانس باستخدام مثال جزيء كلوريد الهيدروجين.

$$H{-}Cl \longrightarrow H^{+} + :Cl^{-}$$

يمكن استخدام سهم منحنٍ مزدوج الرأس كطريقة لتوضيح حركة زوج الإلكترونات.

$$H{-}Cl \longrightarrow H^{+} + :Cl^{-}$$

ناقش الأفكار التي تحدد ما إذا كان انشطار الرابطة متجانسًا أم غير متجانس، في ضوء الفرق في السالبية الكهربائية بين الذرتَين المعنيتَين.

- لماذا لا تتكسر رابطة كلوريد الهيدروجين بحيث تتكوّن الأيونات H^{-} و Cl^{+}؟
- ما نوع الانشطار الأكثر احتمالًا للروابط الأحادية C-H في الجزيئات العضوية؟ (قيم السالبية الكهربائية للكربون = 2.55 والهيدروجين = 2.20)

حدد المواد الناتجة من الانشطار غير المتجانس للرابطة على أنها أيونات موجبة وسالبة، في حين أن المواد الناتجة من الانشطار المتجانس للرابطة هي جذور حرة.

عرّف الجذر الحر على أنه جسيم يحتوي على إلكترون غير مشترك (أو إلكترونات غير مشتركة). الفت انتباه الطلبة إلى حقيقة أن وجود إلكترون غير مرتبط يجعل الجذور الحرة نشطة جدًا كيميائيًا لأنها تتفاعل للحصول على إلكترون آخر بوساطة الترابط.

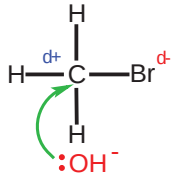
صف خطوات الابتداء والانتشار والإيقاف لآلية حدوث تفاعل الجذور الحرة وعرّفها، على سبيل المثال الميثان مع الكلور (الجدول ٨-٨). ليس ضروريًّا في هذه المرحلة إظهار جميع خطوات الإيقاف الممكنة في التفاعل، حيث ستتم

مراجعة آليات الاستبدال بالجذور الحرة بمزيد من التفاصيل في الوحدة التاسعة. الفت انتباه الطلبة إلى الانشطار المتجانس للرابطة في خطوات الابتداء والانتشار.

خطوة الابتداء	$Cl—Cl \longrightarrow Cl^{\bullet} + Cl^{\bullet}$
خطوتا الانتشار	$CH_4 + Cl^{\bullet} \longrightarrow CH_3^{\bullet} + HCl$
	$CH_3^{\bullet} + Cl—Cl \longrightarrow CH_3Cl + Cl^{\bullet}$
خطوة الإيقاف	$CH_3^{\bullet} + Cl^{\bullet} \longrightarrow CH_3Cl$

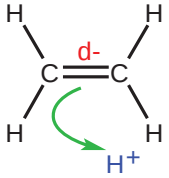
الجدول ٨-٨

قدم النوعَين الآخرَين المهمَّين والنشطَين كيميائيًّا اللذَين سيصادفهما الطلبة في آليات حدوث التفاعلات: الإلكتروفيلات والنيوكليوفيلات وعرّفهما. صف الإلكتروفيل كمستقبل لزوج من الإلكترونات والنيوكليوفيل كمانح لزوج من الإلكترونات، وكل منهما سيكون رابطة تساهمية جديدة. وكما تشير الأسماء، تتجذب الإلكتروفيلات إلى المناطق الغنية بالإلكترونات (الشكل ٨-٣٦)، بينما تتجذب النوكليوفيلات إلى المناطق التي تعاني نقصًا في الإلكترونات (الشكل ٨-٣٥).



الشكل ٨-٣٥

يعدّ أيون الهيدروكسيد من النيوكليوفيلات ويهاجم ذرة الكربون (δ-) التي تعاني نقصًا في الإلكترونات.



الشكل ٨-٣٦

يعدّ أيون الهيدروجين من الإلكتروفيلات وهو يجذب زوج الإلكترونات من الرابطة الثنائية (δ+) الغنية بالإلكترونات.

(لاحظ السهم المنحني ينتقل من الرابطة الثنائية إلى أيون H+ لأنه يمثّل حركة زوج من الإلكترونات).

› **فكرة للتقويم ١:** يكمل الطلبة بعض المعادلات غير المكتملة التي تتضمن تكوين الجذور الحرة وتفاعلاتها. يمكنهم أيضًا تحديد ما إذا كانت المعادلة تمثل خطوة ابتداء أو انتشار أو إنهاء. يجب أن تزداد هذه المعادلات في الصعوبة بحيث يكفي خمس منها تقريبًا. ترد بعض الأمثلة في الجدول (٨-٩) أدناه.

النوع	الإجابة	السؤال
الابتداء	$Br_2 \longrightarrow Br^{\bullet} + Br^{\bullet}$	$Br_2 \longrightarrow Br^{\bullet} +$ ____
الابتداء	$CH_3Cl \longrightarrow CH_3^{\bullet} + Cl^{\bullet}$	$CH_3Cl \longrightarrow CH_3^{\bullet} +$ ____
الإيقاف	$2\ CH_3^{\bullet} \longrightarrow C_2H_6$	2 ____ $+ \longrightarrow C_2H_6$
الإيقاف	$CH_3\overset{\bullet}{C}HCH_3 + Cl^{\bullet} \longrightarrow CH_3CHClCH_3$	$CH_3\overset{\bullet}{C}HCH_3 + Cl^{\bullet} \longrightarrow$ _____
الانتشار	$CH_3CH_3 + Cl^{\bullet} \longrightarrow CH_3CH_2^{\bullet} + HCl$	_____ $+ Cl^{\bullet} \longrightarrow CH_3CH_2^{\bullet} +$ _____

الجدول ٨-٩

يمكن للطلبة متابعة ذلك عن طريق الإجابة عن النشاط ٨-٦ السؤال (٣) الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة بإكمال بعض المعادلات التي تتضمن الانشطار غير المتجانس.

يجب أن يضمّنوا إجاباتهم أزواجًا من الإلكترونات وشحنات على الأيونات وأسهمًا منحنية تشير إلى الاتجاه الصحيح.

تم اقتراح بعض الأسئلة في الجدول (٨-١٠) أدناه.

الإجابة	السؤال
$Br\text{—}Br \longrightarrow Br^{+} + :Br^{-}$	$Br\text{—}Br \longrightarrow Br^{+} + :$ _____
$H\text{—}I \longrightarrow H^{+} + :I^{-}$	$H\text{—}I \longrightarrow$ _____ $+ :I^{-}$
$(CH_3)_3C\text{—}Br \longrightarrow (CH_3)_3C^{+} + :Br^{-}$	$(CH_3)_3C\text{—}Br \longrightarrow$ _____ $+ :Br^{-}$
$CH_3O\text{—}H \longrightarrow CH_3O:^{-} + H^{+}$	$CH_3O\text{—}H \longrightarrow$ _____$:$ $+$ _____
$Cl\text{—}I \longrightarrow :Cl^{-} + I^{+}$	$Cl\text{—}I \longrightarrow$ _____ $+$ _____

الجدول ٨-١٠

› **فكرة للتقويم ٣:** أعطِ الصيغ لبعض الجسيمات (الأنواع) الكيميائية، بعضها موجب الشحنة، وبعضها الآخر سالب الشحنة، إلى جانب بعض الجذور الحرة وبعض الجزيئات مثل الأمونيا، التي تحتوي على أزواج إلكترونات حرة (غير مشتركة) وهي بالتالي تُعدّ من النيوكليوفيلات. كلف الطلبة بتصنيف هذه الجسيمات (الأنواع) الكيميائية إلى إلكتروفيلات أو نيوكليوفيلات، أو لا تنتمي إلى أيّ منهما.

يرد في (الجدول ٨-١١) بعض الأنواع الشائعة التي يمكن للطلبة محاولة تصنيفها.

Br^-	نيوكليوفيل	I^+	إلكتروفيل
$Cl\bullet$	جذر حر	H^+	إلكتروفيل
H^-	نيوكليوفيل	$ClO\bullet$	جذر حر
OH^-	نيوكليوفيل	H_2O	نيوكليوفيل
NO_2^+	إلكتروفيل	CN^-	نيوكليوفيل
$CH_3\bullet$	جذر حر	CH_3^+	إلكتروفيل
HBr	إلكتروفيل	$C_2H_5\bullet$	جذر حر
NH_3	نيوكليوفيل	$\bullet O\bullet$	جذر حر

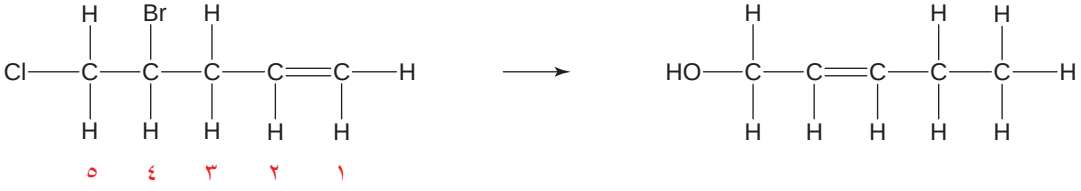
الجدول ٨-١١

في حين تكون شحنة جسيم (نوع) أيوني ما عادةً مؤشرًا جيدًا لتحديد ما إذا كان هذا الجسيم إلكتروفيل أو نيوكليوفيل، وضّح للطلبة أن هذا ليس شرطًا. ويمكن أيضًا تصنيف بعض الجزيئات كإلكتروفيلات ونيوكليوفيلات في الوقت نفسه، وينبغي النظر إلى هذه الجسيمات في ضوء السالبية الكهربائية للذرات وثنائيات الأقطاب على الذرات في الجزيئات.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

- انظر في عملية تحويل الجزيء أ إلى الجزيء ب وفق المعادلة الآتية:



الجزيء أ　　الجزيء ب

ما التفاعلات التي تتضمنها عملية تحويل المركب أ إلى ب؟

حدد رقم ذرة الكربون عند اقتراح نوع التفاعل.

لكل نوع من التفاعلات، حدد الجسيم الذي ستضيفه إلى الجزيء أ أو الجزيء (أو الجسيم) الذي سيفقده.

الإجابة: ذرتا الكربون ١ و ٢: إضافة / اختزال؛ إضافة H_2

ذرتا الكربون ٣ و ٤: حذف ؛ إزالة HBr

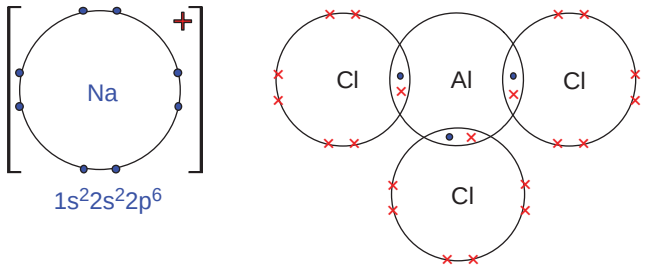
ذرة الكربون ٥: استبدال / تحلل مائي؛ إضافة H_2O، وإزالة HCl

- يمتلك أيون الصوديوم Na^+ شحنة موجبة ولكنه لا يسلك كإلكتروفيل.

جزيء كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ يُعدّ متعادلًا ولكن يمكنه أن يسلك كإلكتروفيل.

من خلال النظر في التركيب الإلكتروني لكلا الجسيمَين، اشرح سبب ذلك.

الإجابة: يمتلك Na^+ مستوى طاقة خارجيًا مكتملًا من حيث الإلكترونات، وبالتالي لا يمكنه استقبال زوج إلكترونات إضافي. يمتلك $AlCl_3$ 6 إلكترونات فقط في مستوى الطاقة الخارجي لذرة الألومنيوم، وبالتالي يمكنه استقبال زوج إلكترونات إضافي ليصبح مكتملًا.



الدعم

شجع الطلبة على كتابة شروحهم حول نوع التفاعل الذي يحدث، لأنه من الضروري أن تكون إجاباتهم منطقية. أعطِ أمثلة حول ما يجب كتابته. على سبيل المثال:

يُعدّ هذا تفاعل استبدال لأن ذرة البروم قد تمّ استبدالها بمجموعة هيدروكسيل.

يجب عليهم أيضًا وصف المصطلحات الخاصة بالآلية مثل الأنواع المختلفة من انشطار الرابطة التي تحدث خلال التفاعل.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

اطلب إلى الطلبة العمل ضمن مجموعات لإنشاء خريطة ذهنية على ورقة A3 لتلخيص المعارف التي اكتسبوها من الوحدة الثامنة. يمكن تقويم ذلك من قبل المجموعات الأخرى على أساس الموضوعات التي تمّت تغطيتها، وتمثيلات لافتة للنظر من شأنها أن تساعد الطلبة على حفظ المعارف والدقة.

بدلًا من ذلك، يمكنك أن تعيّن لهم بعض أسئلة نهاية الوحدة من الوحدة الثامنة الواردة في كتاب الطالب أو كتاب التجارب العملية والأنشطة. عند الإجابة عن هذه الأسئلة، شجع الطلبة على كتابة عنوان الموضوع إلى جانب السؤال حتى يتمكنوا من تنظيم أفكارهم، خصوصًا في هذه المراحل المبكرة من دراسة الكيمياء العضوية.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- عند وصفهم لأنواع التفاعلات المختلفة كتابةً، يحتاج الطلبة إلى استخدام المصطلحات الواردة في النصوص، ولكنهم يحتاجون أيضًا إلى استخدام كلماتهم الخاصة بما يتناسب مع المثال.
- يوجد عدد من الكلمات التي تتضمن البادئات واللواحق والتي يعود أصلها الى اللغة اليونانية. فكلمة "Homo" تعني "شبيه، نفس" بينما "hetero" تعني "مختلف"، لذا فإن الانشطار المتجانس للرابطة يعني أن الرابطة تتكسر لإعطاء النوع نفسه من المواد الناتجة (أي الجذور الحرة)، بينما يعطي الانشطار غير المتجانس للرابطة مواد ناتجة مختلفة؛ أيونات ذات شحنات متعاكسة. تُعدّ اللاحقة "-phile" مصطلحًا يونانيًّا يشير إلى الإعجاب أو الحب. لذلك، فإن الإلكتروفيل هو نوع كيميائي "محب للإلكترونات".

المهارة الحسابية

- يجب على الطلبة وزن العديد من المعادلات، وذلك عبر حساب أعداد الذرات والشحنات وجعلها متساوية.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. ١. احسب نسبة المولات:

C : H

$\frac{0.72}{12} : \frac{0.18}{1.0}$

$= 0.06 : 0.18$

$\frac{0.06}{0.06} : \frac{0.18}{0.06}$

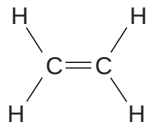
أبسط نسبة عددية صحيحة هي:

1 : 3

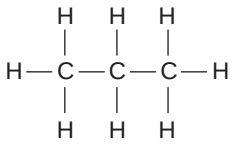
بالتالي تكون الصيغة الأولية: CH_3

٢. الصيغة الجزيئية: C_2H_6

ب. ١.



٢.

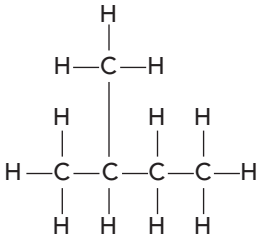


ج. C_3H_8 ،CH_2

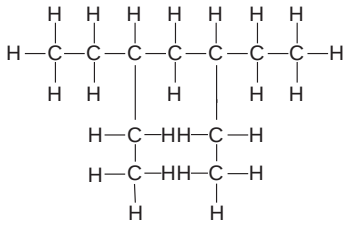
د. ١.

٢. C_5H_{12}

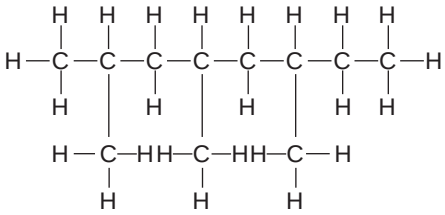
٢. أ. ١.



٢.

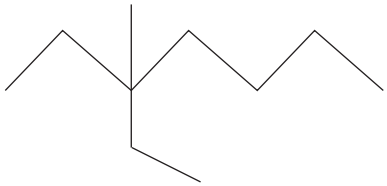


٣.

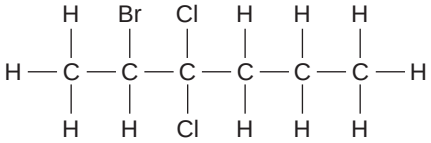


ب. ١. 3 – إيثيل – 3 – ميثيل هبتان

٢.



ج.

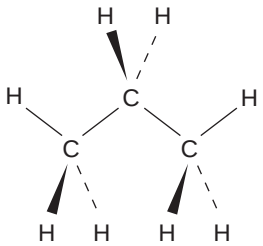


د. 6،3 – ثنائي ميثيل – 2 – هبتين

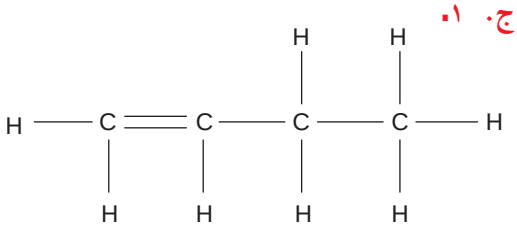
هـ. ج. 4،4،3 – ثلاثي برومو – 2،1 – ثنائي كلوروبنتان

و. ب. $CH_3CH(CH_3)CH_2CH(CH_3)CH(OH)CH_3$

٣. أ. ١.

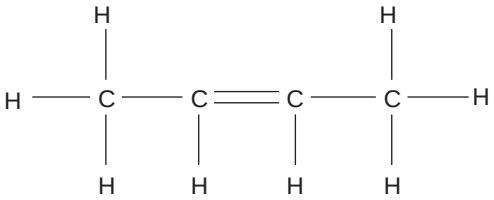


ج. ١.



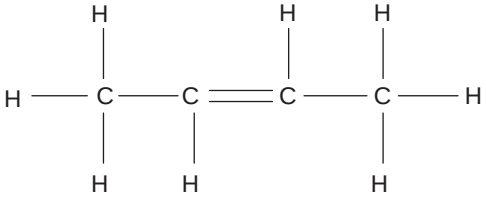
1 – بيوتين

أو

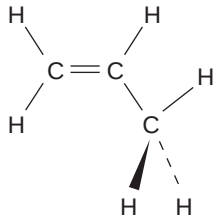


2 – بيوتين

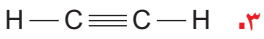
أو



٢.

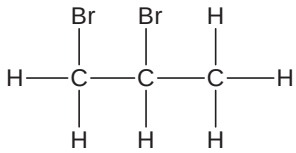


٣.

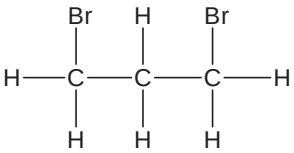


ب. ١ : sp، ٢ : sp^2، ٣: sp^3، ٤ : sp^2 و sp^3 (ذرتا الكربون الواقعتان بين الرابطة الثنائية من نوع sp^2 أما ذرة الكربون المتبقية فمن نوع sp^3).

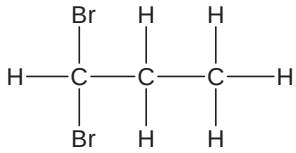
٤. أ.



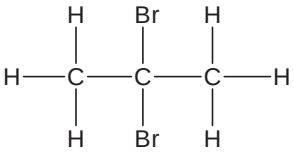
3،1 – ثنائي بروموبروبان



2،1 – ثنائي بروموبروبان

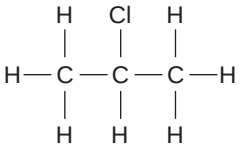


2،2 – ثنائي بروموبروبان

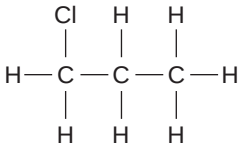


1،1 – ثنائي بروموبروبان

ب.

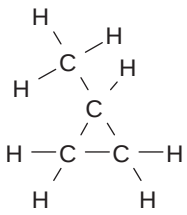


2 – كلوروبروبان



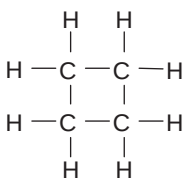
كلوروبروبان

٢.



ميثيل بروبان حلقي

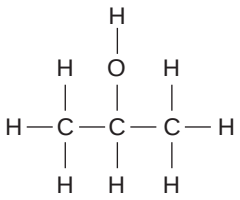
ميثيل سايكلوبروبان



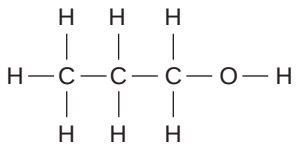
سايكلوبيوتان

بيوتان حلقي

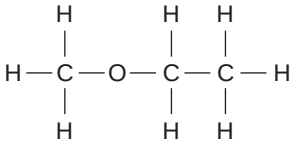
د.



2 – بروبانول

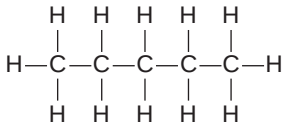


1 – بروبانول

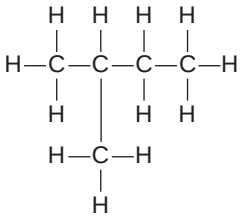


إيثيل ميثيل ايثر

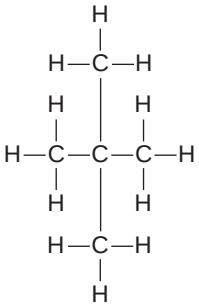
هـ.



بنتان

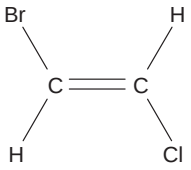


2 – ميثيل بيوتان



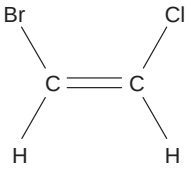
2،2 – ثنائي ميثيل بروبان

ب.



ترانس – 1 – برومو – 2 – كلوروإيثين

E – 1 – برومو – 2 – كلوروإيثين

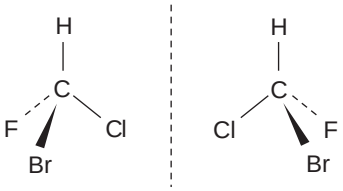


سيس – 1 – برومو – 2 – كلوروإيثين

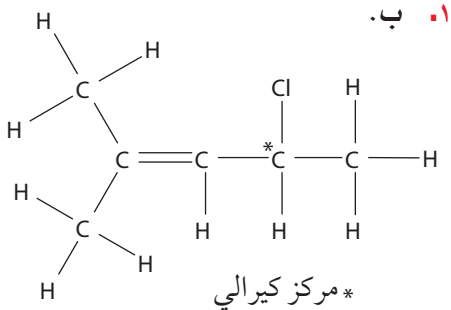
Z – 1 – برومو – 2 – كلوروإيثين

ج. ١. بروموكلوروفلورو ميثان

٢.

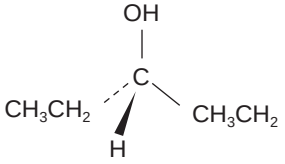


د. ١. ب.

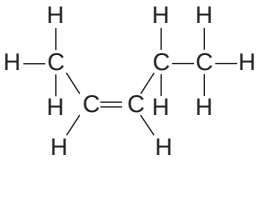


* مركز كيرالي

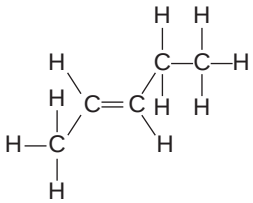
٢. $CH_3CH_2CH(OH)CH_2CH_3$ لا يمتلك هذا الجزيء أي ذرة كربون (مركز) كيرالية؛ حيث إن كل ذرة كربون مرتبطة بذرتَين أو مجموعتَين متماثلتَين.



٥. أ. ١.



٢. ترانس - 2 – بنتين (2 - E - بنتين)



سيس - 2 – بنتين (2 - Z - بنتين)

٦. أ. تحلل مائي (أو استبدال نيوكليوفيلي)

ب. اختزال (أو إضافة أو هدرجة)

ج. إزالة (حذف)

د. إضافة

هـ. استبدال بالجذر الحر

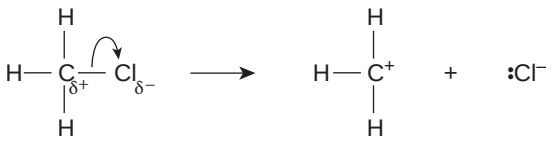
و. أكسدة (أو إضافة)

٧. أ. $Br_2 \longrightarrow Br^{\bullet} + Br^{\bullet}$

أو

$Br_2 \longrightarrow 2Br^{\bullet}$

ب.



ج. ^{-}OH؛ لأنه يمتلك 3 أزواج حرة (غير مشتركة) من الإلكترونات على ذرة الأكسجين في حين أن (H_2 و H^{+}) لا يمتلكان أزواجًا حرة (غير مشتركة) من الإلكترونات.

د. ب. H^{+}؛ إذ يمكنه أن يستقبل زوجًا من الإلكترونات في حين أن (H_2 و ^{-}OH) لا يمكنهما ذلك.

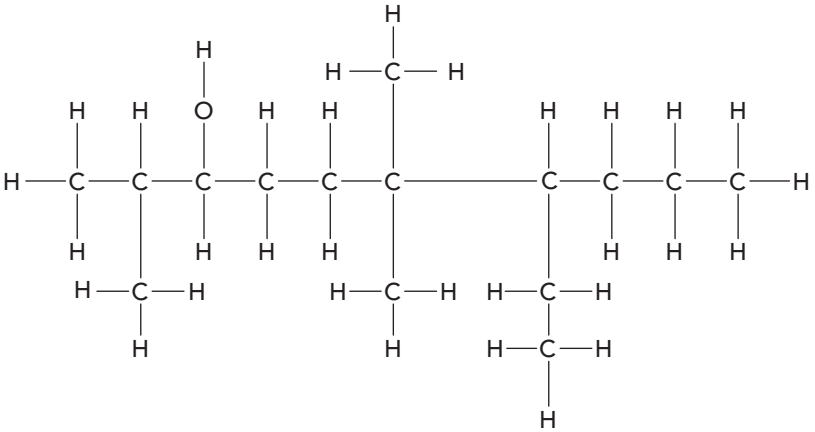
إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. ب

ب. ج

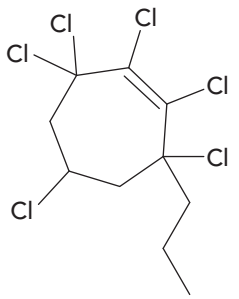
ج. 4،4،2 – ثلاثي ميثيل – 2 – بنتين

د. $CH_3CH(CH_3)CH(OH)CH_2CH_2C(CH_3)_2CH(CH_2CH_3)CH_2CH_2CH_3$



هـ. 6،5 – ثنائي إيثيل – 4،2 – ثنائي ميثيل نونان

و.



٢. أ. د.

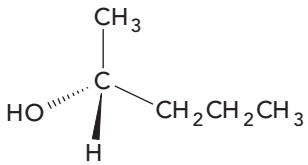
ب. ١. X: ترانس – 3،2 – ثنائي كلورو – 2 – بيوتين

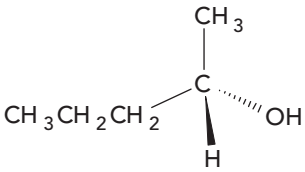
Y: سيس – 3،2 – ثنائي كلورو – 2 – بيوتين

٢. ب.

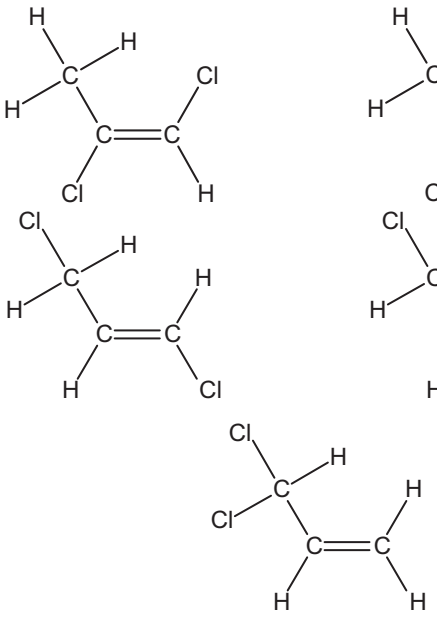
ج. ١. ب.

٢.





د.

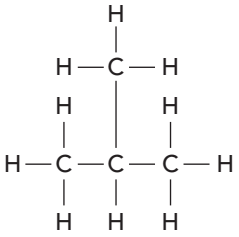


٣. أ. ١. الألكانات

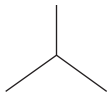
٢. C_2H_5

٣. C_4H_{10}

٤.



٥.



ب. ١. ج

٢. 109.5°

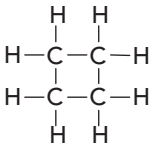
ج. ١. الألكينات

٢. التداخل المحوري (رأس-رأس) بين فلكَين هجينَين sp^3، يكوّن رابطة سيجما / رابطة بين ذرتَي الكربون

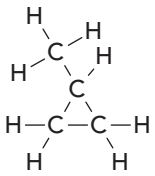
التداخل الجانبي بين الفلكَين p غير المهجنَين، يكوّن رابطة باي / فوق وتحت ذرتَي الكربون.

٣. د ، هـ

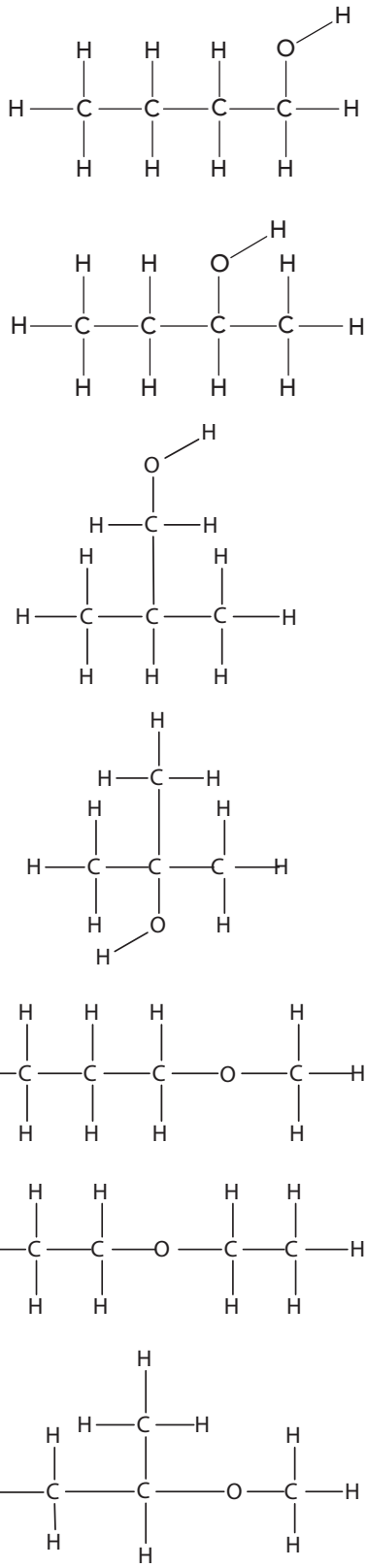
د. ١.

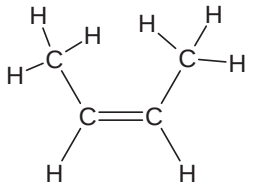


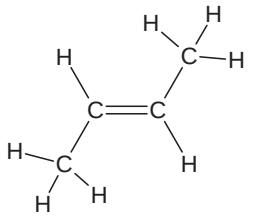
أو

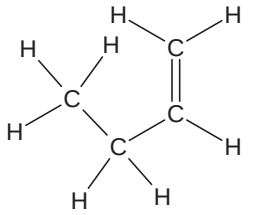


هـ.




أو


أو


أو

٢. CH_2

٤. أ. ١. الكربون (A_r = 12.0): 85.7 g من الكربون لكل 100 g من المركب.

$\frac{85.7}{12.0}$ = 7.14 mol

لكل 100 g من المركب.

الهيدروجين (A_r = 1.0) : 14.3 g من الهيدروجين لكل 100 g من المركب.

$\frac{14.3}{1.0}$ = 14.3 mol

لكل 100 g من المركب.

نسبة C:H

C : H = 7.14 : 14.3 = 1 : 2

الصيغة الأولية = CH_2

٢. الكتلة الجزيئية النسبية للصيغة الأولية.

CH_2 = 12 + 2 = 14

الكتلة الجزيئية النسبية للجزيء غير المعروف = 56

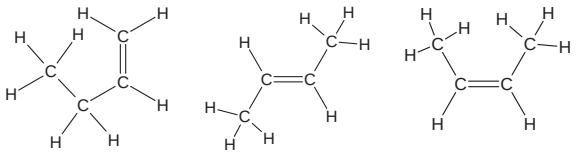
بالتالي عدد وحدات الصيغة الأولية هو:

$\frac{56}{14}$ = 4

وبالتالي الصيغة الجزيئية هي

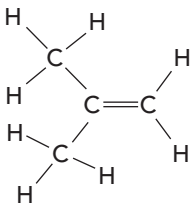
$(CH_2) \times 4 = C_4H_8$

ب. ١.



سيس–2–بيوتين ترانس–2–بيوتين 1–بيوتين

٢.



2–ميثيل بروبين

٥. أ. ١. أ

٢. ب

٣. جذور حرة، تمتلك إلكترونًا حرًا (غير مرتبط).

٤. تنكسر الرابطة التساهمية بالتساوي، تأخذ كل ذرة إلكترونًا واحدًا من الرابطة.

ب. ١. د

٢. د

٣. توضح حركة زوج الإلكترونات.

٤. انشطار غير متجانس للرابطة.

تنكسر الرابطة بشكل غير متساوٍ.

يذهب زوج الإلكترونات إلى Br لتكوين الأيون السالب Br^-

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٨-١

١. أ. السلسلة المتجانسة: هي مجموعة من المركبات العضوية التي تمتلك المجموعة الوظيفية نفسها والصيغة العامة نفسها، وتمتلك خصائص كيميائية متشابهة.

ب. المجموعة الوظيفية: ذرة أو مجموعة من الذرات توجد في جزيء عضوي وتحدد الخصائص الكيميائية المميزة لسلسلة متجانسة له.

٢. أ. C_nH_{2n+2}

ب. $C_nH_{2n+1}OH$ أو $C_nH_{2n+2}O$

٣. $C_6H_{14}O$

٤. أ. توضح الكثافة ارتفاعًا بشكل عام مع ازدياد عدد ذرات الكربون.

ب. يمتلك الإيثانول كثافة أقل من المتوقع وفقًا للتدرج / يمتلك الميثانول كثافة أعلى.

ج. تُقبل القيم بين 0.61 و 0.66.

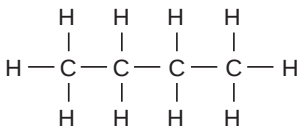
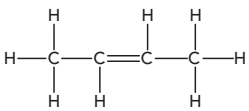
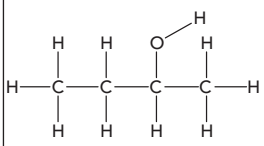
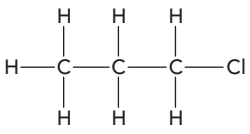
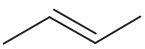
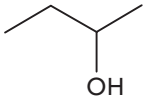
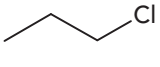
د. توضح درجات الغليان ارتفاعًا بشكل عام مع ازدياد عدد ذرات الكربون.

هـ. البيوتان، تُقبل القيم بين 250 K و 290 K (القيمة الفعلية = 272.6 K).

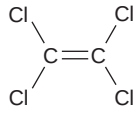
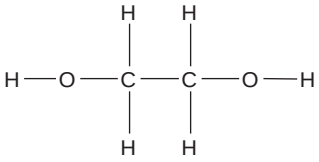
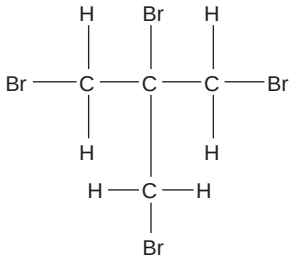
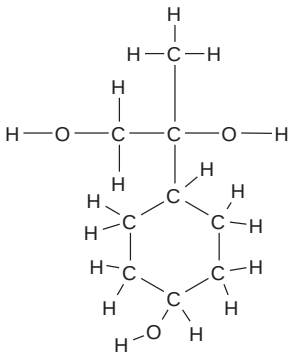
1 – بنتانول، تُقبل القيم بين 400 K و 420 K (القيمة الفعلية = 411.1 K).

نشاط ٨-٢

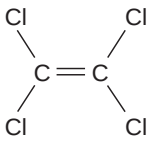
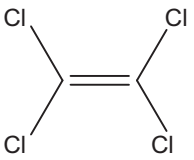
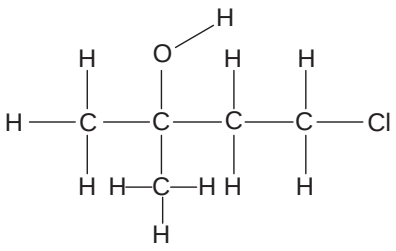
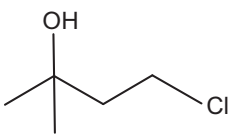
١.

نوع الصيغة	المركّب			
	بيوتان	2-بيوتين	2-بيوتانول	1-كلوروبروبان
الصيغة الموسعة				
الصيغة البنائية	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH{=}CHCH_3$	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$	$CH_3CH_2CH_2Cl$
الصيغة الجزيئية	C_4H_{10}	C_4H_8	$C_4H_{10}O$	C_3H_7Cl
الصيغة الهيكلية				
الصيغة الأولية	C_2H_5	C_2H_4	$C_4H_{10}O$	C_3H_7Cl

٢.

الصيغة الموسعة	الصيغة الجزيئية	الصيغة الأولية
	C_2Cl_4	CCl_2
	$C_2H_6O_2$	CH_3O
	$C_4H_6Br_4$	$C_2H_3Br_2$
	$C_9H_{18}O_3$	C_3H_6O

٣.

الصيغة الموسعة	الصيغة الهيكلية
	
	

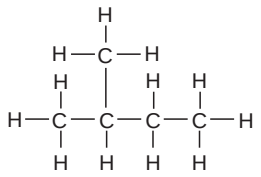
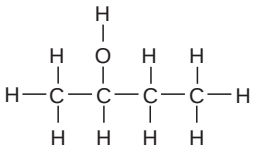
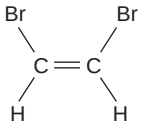
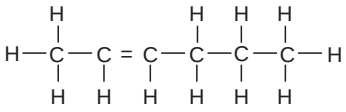
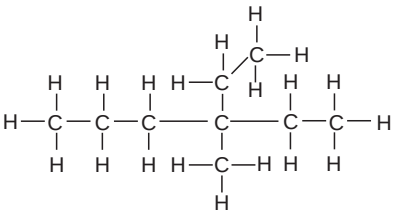
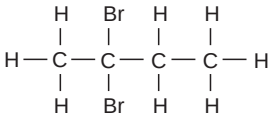
نشاط ٨-٣

١. ١ مع ح، ٢ مع هـ، ٣ مع ز، ٤ مع ب، ٥ مع أ، ٦ مع د، ٧ مع ج، ٨ مع و.

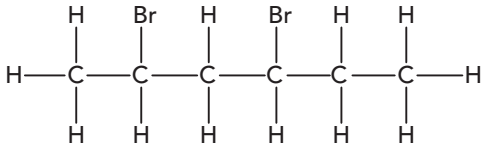
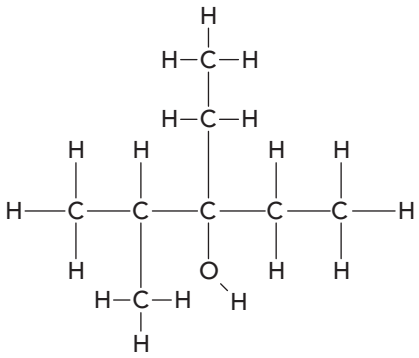
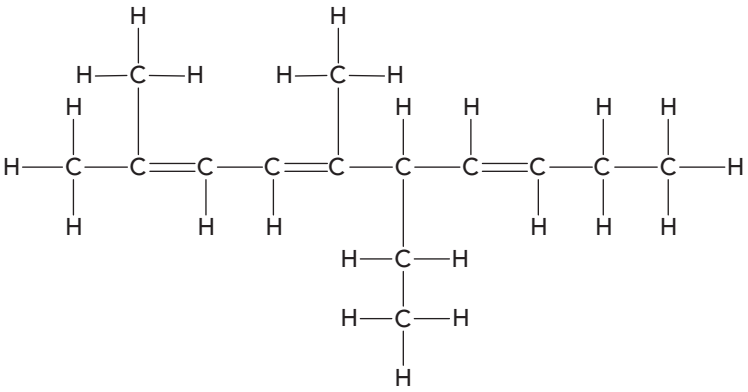
٢.

صيغة المركّب	اسم المركّب
C_6H_{14}	هكسان
C_3H_7OH	بروبانول
$CH_3CH_2CH=CH_2$	1 – بيوتين
C_4H_9Cl	1 – كلوروبيوتان
$C_5H_{11}Br$	1 – بروموبنتان
$CH_3CHOHCH_3$	2 – بروبانول
$CH_3CH=CHCH_3$	2 – بيوتين
C_7H_{16}	هبتان
$C_8H_{17}OH$	أوكتانول
$CH_3CH_2CH_2CH=CH_2$	1-بنتين
CH_3OH	ميثانول
$C_9H_{19}OH$	نونانول
$C_{10}H_{21}OH$	ديكانول

٣.

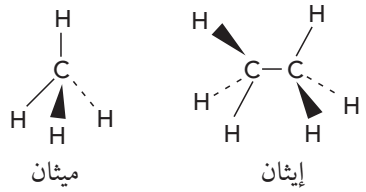
الصيغة الموسعة	اسم المركّب
	2 – ميثيل بيوتان
	2 – بيوتانول
	سيس – 2،1 – ثنائي بروموإيثين
	2 – هكسين
	3 – إيثيل – 3 – ميثيل هكسان
	2،2 – ثنائي بروموبيوتان

٤.

اسم المركّب	الصيغة الموسعة
4،2 – ثنائي بروموهكسان	
3 – إيثيل – 2 – ميثيل – 3 – بنتانول	
5،2 – ثنائي ميثيل – 6 – إيثيل – 7،4،2 – ديكاترين	

نشاط ٨–٤

١. **أ.**



ميثان إيثان

ب. 109.5°. لا توجد سوى أزواج مشتركة من الإلكترونات، لذا فإن التنافر بين أزواج الإلكترونات هذه يكون هو نفسه، الأمر الذي يؤدي إلى الحد الأدنى من التنافر الذي يتوافق مع زوايا الروابط للشكل رباعي الأوجه.

٢. يتم تهجين فلك 2s وفلكي 2p في كل ذرة كربون لتكوين 3 أفلاك sp^2. تتكوّن روابط σ الأحادية نتيجة التداخل المحوري للأفلاك المهجنة الثلاثة sp^2 في كل ذرة كربون مع فلكَي s في ذرتَي هيدروجين وفلك sp^2 في ذرة الكربون الثانية. وتتكون الرابطة باي π نتيجة التداخل الجانبي لفلكَي p المتبقيَين في ذرتَي الكربون وهي رابطة تتميز بكثافة إلكترونية فوق وتحت مستوى الذرات C و H وتشكل زوايا قائمة مع هذا المستوى.

٣. تُعدّ الروابط جميعها في البيوتان روابط أحادية. تمتلك ذرات الكربون حرّية الدوران حول هذه الروابط الأحادية، وبالتالي لا توجد متشاكلات مع مواقع ثابتة للذرات. بالمقابل يمتلك 2-بيوتين رابطة ثنائية بين ذرتي كربون، ولا يوجد دوران حر حول الرابطة الثنائية، لذلك يتكوّن متشاكلان هندسيان.

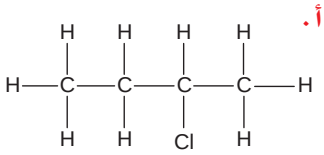
٤. يُعدّ التنافر بين أزواج الإلكترونات غير المشتركة (الأزواج الحرة) وأزواج الإلكترونات المشتركة أكبر من التنافر بين زوجَين من الإلكترونات المشتركة. لذا تكون قيمة زاوية هذه الرابطة أصغر من قيمة زاوية الرابطة في الشكل رباعي الأوجه الأمر الذي يسمح بتقليل قوى التنافر بين السحب الإلكترونية.

٥. توجد 4 أفلاك مهجنة sp^3 تمتلك الشكل نفسه. والكثافة الإلكترونية في كل من هذه الأفلاك متساوية تمامًا. ترتب مناطق الكثافة الإلكترونية نفسها بحيث يكون التنافر بين الإلكترونات في الحد الأدنى. هذا هو الشكل رباعي الأوجه حيث تساوي زاوية الروابط 109.5°.

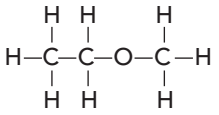
نشاط ٨–٥

١. المتشاكلات البنائية هي مركبات تمتلك الصيغة الجزيئية نفسها (أي C_4H_{10}) ولكن صيغ بنائية مختلفة وفقًا لترتيب ذرات الكربون في الصيغة. على سبيل المثال: $CH_3CH(CH_3)CH_3$ و $CH_3CH_2CH_2CH_3$.

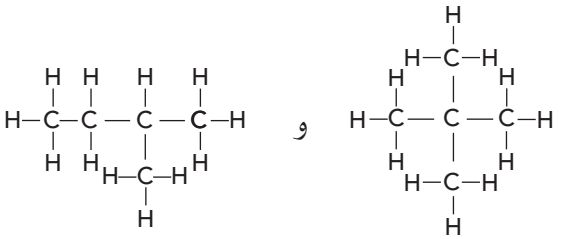
٢. **أ.**



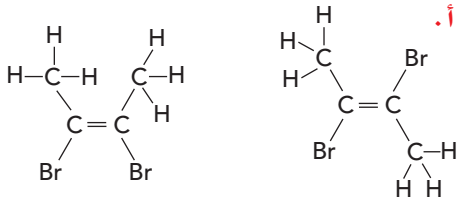
ب.



ج.



٣. **أ.**

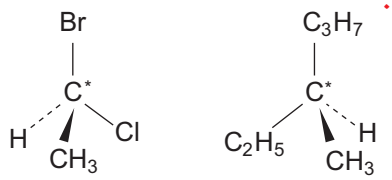


ترانس – 3،2 – ثنائي برومو – 2 – بيوتين

سيس – 3،2 – ثنائي برومو – 2 – بيوتين

ب. التشاكل الهندسي سيس/ترانس.

٤. أ.



ب. مركز الجزيء الكيرالي مبين ب (*).

نشاط ٨-٦

١. أ. إضافة

ب. أكسدة

ج. استبدال بالجذور الحرة

د. استبدال

هـ. حذف

و. اختزال / إضافة

ز. تحلل مائي / استبدال

٢. أ. في **الانشطار** المتجانس، تنكسر رابطة **تساهمية** فيتكوّن **جذران** حرّان.

ب. في الانشطار غير المتجانس، تنكسر رابطة تساهمية بحيث تحصل إحدى ذرّتَي الرابطة على كلا **إلكترونَي** الرابطة.

ج. النيوكليوفيل جسيم **يعطي** زوجًا من الإلكترونات إلى ذرة عندها **نقص** في الإلكترونات.

د. الإلكتروفيل جسيم يمتلك **شحنة** موجبة كلية أو جزئية ويستقبل **زوجًا** من الإلكترونات من جسيم آخر.

هـ. الأيون الكربوني الموجب أيون عضوي يحتوي على **ذرة كربون** تحمل شحنة **موجبة**.

و. **الجذر** الحر جسيم يمتلك إلكترونًا **غير مرتبط** (**منفرد، غير متزاوج**).

٣. أ. إيقاف

ب. ابتداء

ج. انتشار

٤. أ. B

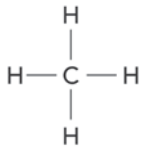
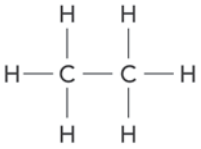
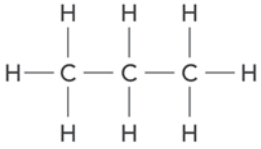
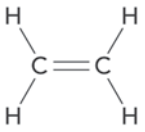
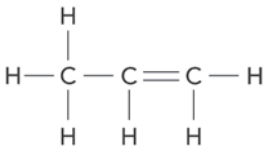
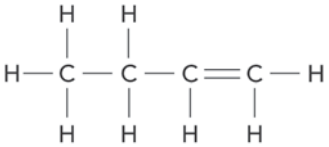
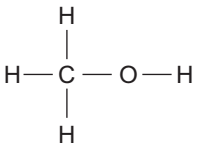
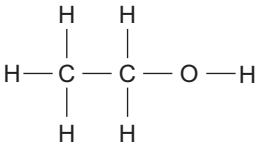
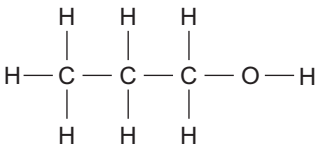
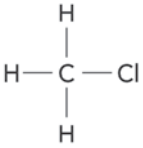
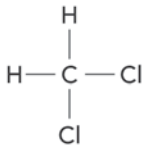
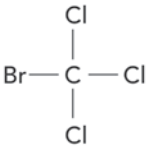
ب. D

٥. R هو تفاعل إضافة إلكتروفيلي. يضاف البروم إلى الرابطة الثنائية للإيثين، لذا فهو تفاعل إضافة (لا تتكوّن أيّة مادة ناتجة أخرى). ويُعدّ إلكتروفيلي لأن الإلكتروفيل هو الطرف المستقطب ذو الشحنة الموجبة من جزيء البروم الذي يتعرض للهجوم من السحابة الإلكترونية للرابطة باي الموجودة في الإيثين. يستقبل البروم زوجًا من الإلكترونات تمنحه الرابطة الثنائية.

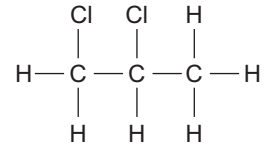
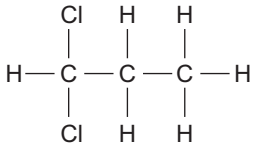
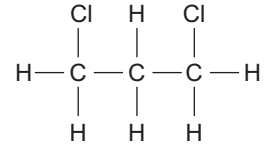
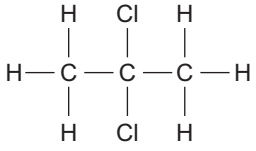
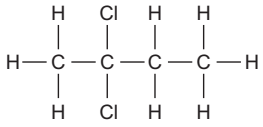
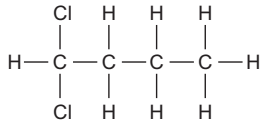
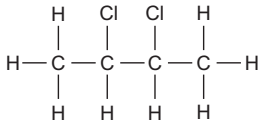
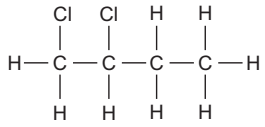
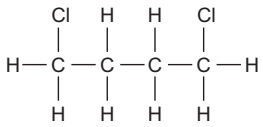
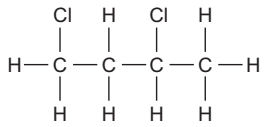
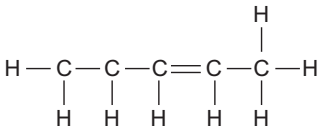
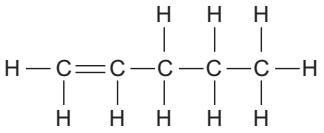
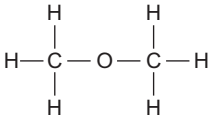
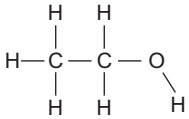
S تفاعل استبدال نيوكليوفيلي. إنه استبدال لأن OH يحل محل Br. ويُعدّ نيوكليوفلي لأن النيوكليوفيل هو الأيون OH^- الذي يمنح زوجًا من الإلكترونات لذرة الكربون التي لديها نقص في الإلكترونات.

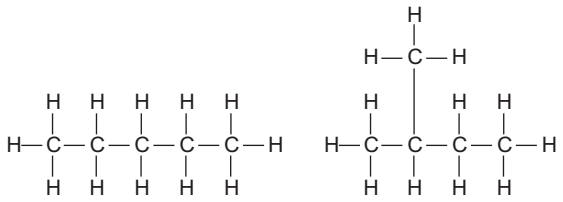
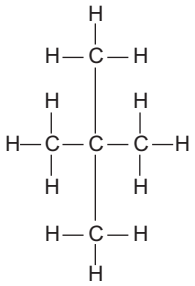
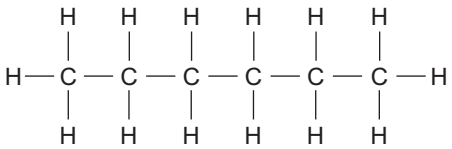
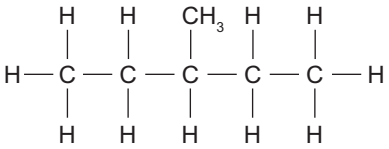
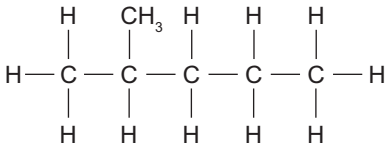
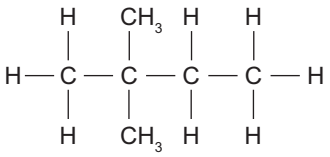
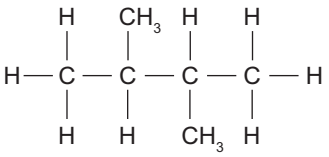
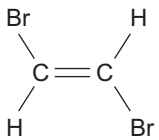
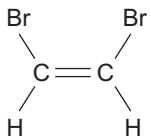
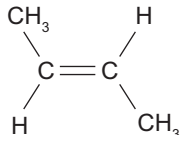
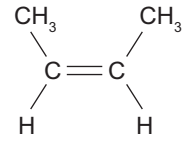
نشاط ٨-٧

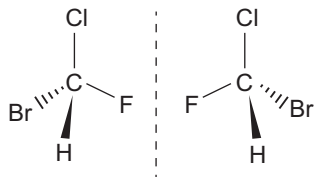
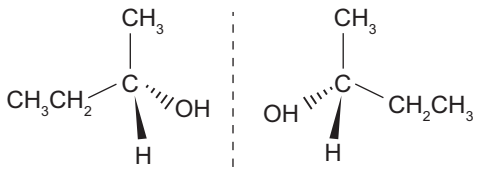
٢. الصيغ الموسعة لمركبات عضوية أساسية.

 ميثان	 إيثان	 بروبان
 إيثين	 بروبين	 1 – بيوتين
 ميثانول	 إيثانول	 1 – بروبانول
 كلوروميثان	 ثنائي كلوروميثان	 بروموثلاثي كلوروميثان

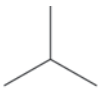
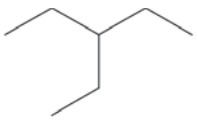
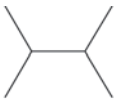
٣. الصيغ الموسعة لبعض المتشاكلات.

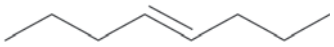
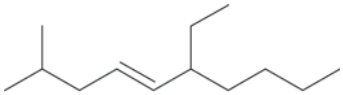
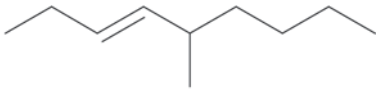
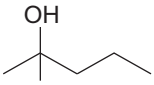
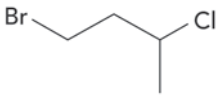
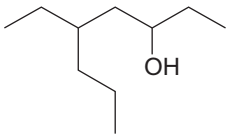
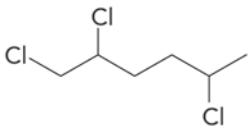
متشاكلات الموقع للصيغة $C_3H_6Cl_2$	 2،1 – ثنائي كلوروبروبان  1،1 – ثنائي كلوروبروبان  3،1 – ثنائي كلوروبروبان  2،2 – ثنائي كلوروبروبان
متشاكلات الموقع للصيغة $C_4H_8Cl_2$	 2،2 – ثنائي كلوروبيوتان  1،1 – ثنائي كلوروبيوتان  3،2 – ثنائي كلوروبيوتان  2،1 – ثنائي كلوروبيوتان  4،1 – ثنائي كلوروبيوتان  3،1 – ثنائي كلوروبيوتان
متشاكلات المجموعة الوظيفية للصيغة C_5H_{10}	 2 – بنتين  1 – بنتين
متشاكلات المجموعة الوظيفية للصيغة C_2H_6O	 ثنائي ميثيل إيثر  إيثانول

متشاكلات السلسلة الكربونية للصيغة C_5H_{12}	 ميثيل بيوتان بنتان  ثنائي ميثيل بروبان
متشاكلات السلسلة الكربونية للصيغة C_6H_{14}	 هكسان  3 – ميثيل بنتان  2 – ميثيل بنتان  2،2 – ثنائي ميثيل بيوتان  3،2 – ثنائي ميثيل بيوتان
المتشاكلات الهندسية سيس/ترانس للصيغة Cis/trans $C_2H_2Br_2$	 ترانس – 2،1 – ثنائي بروموإيثين  سيس – 2،1 – ثنائي بروموإيثين
المتشاكلات الهندسية سيس/ترانس للصيغة Cis/trans C_4H_8	 ترانس – 2 – بيوتين  سيس – 2 – بيوتين

المتشاكلات الضوئية للصيغة CHBrClF	
المتشاكلات الضوئية للصيغة $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$	

٤. الصيغ الهيكلية.

هكسان	هبتان
ديكان	أوكتان
2،2 – ثنائي ميثيل بروبان	 2 – ميثيل بروبان
 3 – إيثيل بنتان	 3،2 – ثنائي ميثيل بيوتان
ميثيل بروبان حلقي (ميثيل سايكلوبروبان)	بروبان حلقي (سايكلوبروبان)
3،1 – ثنائي ميثيل بنتان حلقي (3،1 – ثنائي ميثيل سايكلوبنتان)	بنتان حلقي (سايكلوبنتان)

 4 – أوكتين	 3 – هكسين
 6 – إيثيل – 2 – ميثيل – 4 – ديسين	 5 – ميثيل – 3 – نونين
 2 – ميثيل – 2 – بنتانول	 1 – برومو – 3 – كلوروبيوتان
 5 – إيثيل – 3– أوكتانول	 5،2،1 – ثلاثي كلوروهكسان

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ. ١.

	C	H	O
	$\frac{47.4}{12.0}$	$\frac{10.5}{1.00}$	$\frac{42.1}{16.0}$
	$\frac{3.95}{2.63}$	$\frac{10.5}{2.63}$	$\frac{2.63}{2.63}$
	1.50	3.99	1.00
	3	8	2 = $C_3H_8O_2$

٢. كتلة الصيغة الأولية =

$(3 \times 12) + (1 \times 8) + (2 \times 16) = 76$

هذه هي أيضًا الكتلة الجزيئية. الصيغة الجزيئية $C_3H_8O_2$

ب. أي ثلاثة من الصيغ الآتية:

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

$CH_3CH_2CHOHCH_3$

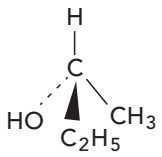
$(CH_3)_3COH$

$CH_3CH(CH_3)CH_2OH$

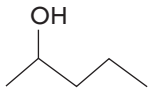
ج. ١. استبدال

٢. إزالة (حذف) الماء

د.



هـ. ١.



٢. ذرة الكربون المرتبطة بـ OH، يرتبط هذا الكربون بأربع مجموعات مختلفة.

السؤال ٢

أ. $CH_3CH_2CH_2Cl$

ب. ١. جذر حر (الكلور)

٢. انشطار متجانس

ج. ١. $Cl\bullet + CH_3CH_2CH_3 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2\bullet + HCl$

٢. خطوة الانتشار

د. ١. $Cl\bullet + CH_3CH_2CH_2\bullet \longrightarrow CH_3CH_2CH_2Cl$

٢. يتكون الهكسان في خطوة الانتهاء عندما يتّحد جذرا بروبيل.

$CH_3CH_2CH_2\bullet + CH_3CH_2CH_2\bullet \rightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

هـ. ١. استبدال

٢. نيوكليوفيل

يمنح زوجًا من الإلكترونات لجسيم لديه نقص في الإلكترونات.

٣. انشطار غير متجانس للرابطة.

يمتلك الكلور سالبية كهربائية أكثر من الكربون. عندما تتكسر الرابطة، يجذب الكلور كلا إلكترونَي الرابطة نحوه وبعيدًا عن الكربون.

٤. 1 – بروبانول

السؤال ٣

أ. ١. الإيثان C_2H_6 والإيثين C_2H_4

٢. الإيثان CH_3 والإيثين CH_2

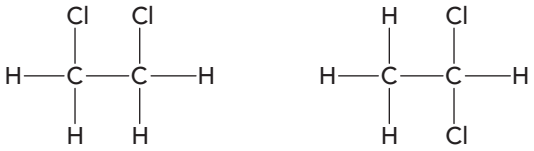
٣. الصيغة العامة للألكينات هي C_nH_{2n}

وهي تمثل نسبة 1: 2 لـ الكربون: الهيدروجين، مثل الصيغة الأولية للإيثين.

الصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2} وهي لا تمثل نسبة 1: 3 لـ C:H كما هو موضح في الصيغة الأولية للإيثان.

ب. ١. الاستبدال

٢.



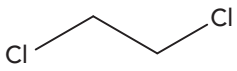
٣. التشاكل البنائي من حيث موقع المجموعة الوظيفية.

ج. ١. تفاعل إضافة

٢. 2،1 – ثنائي كلوروإيثان

يمكن إضافة ذرة كلور واحدة فقط إلى كل ذرة كربون من الرابطة الثنائية، لذلك لا يمكن أن يتكوّن 1،1 – ثنائي كلوروإيثان.

٣.



د. في الإيثان، تمتلك كل من ذرتَي C أربعة أفلاك مهجنة من النوع sp^3

في الإيثين، تمتلك كل من ذرتَي C ثلاثة أفلاك مهجنة من النوع sp^2

تتداخل هذه الأفلاك بشكل محوري (رأس–رأس) بعضها مع بعض ومع أفلاك 1s في الهيدروجين لتكوين روابط سيجما (σ).

يمتلك الإيثين أيضًا فلك p إضافيًّا على كل ذرة كربون.

يتداخل فلكا p فيما بينهما بشكل جانبي لتكوين رابطة باي (π).

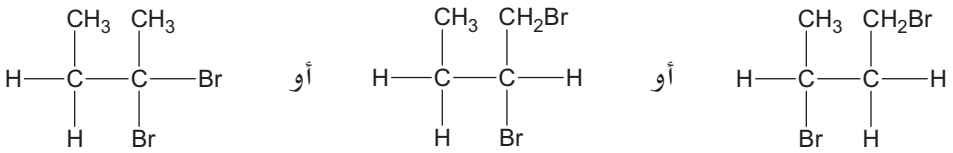
تتنافر الروابط فيما بينها وتبتعد بعضها عن بعضها الآخر إلى الحد بأقصى الممكن / بحيث يكون التنافر في حده الأدنى.

توجد أربع روابط في الإيثان، لذا تتنافر بحيث تساوي زوايا الروابط 109°

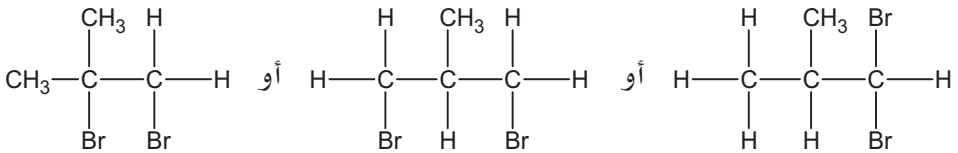
توجد ثلاث روابط في الإيثين، لذا فهي تتنافر بحيث تساوي زوايا الروابط نحو 120°

السؤال ٤

أ. ١.



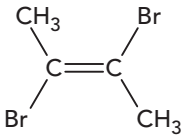
٢.

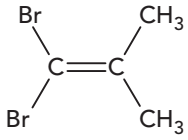


٣. يمكن لذرة البروم أن تشكل رابطة واحدة فقط

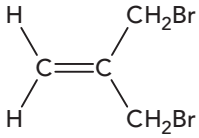
لذلك فإن المجموعة الوظيفية يمكن أن تكون فقط C – Br.

ب. ١. متشاكل سيس.

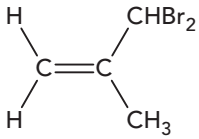
٢. 

٣. 
1،1 – ثنائي برومو – 2 – ميثيل بروبين

أو


3 – برومو – 2(برومومِيثيل) بروبين

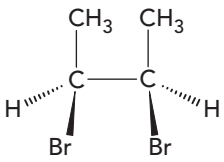
أو


3،3 – ثنائي برومو – 2 – ميثيل بروبين

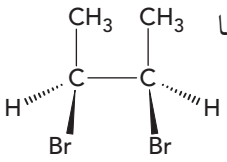
٤. تقيد الرابطة الثنائية C=C في G حرّية الدوران لذلك توجد المتشاكلات الهندسية سيس وترانس.
تمتلك ذرات الكربون حرّية الدوران حول الرابطة الأحادية C–C في F، لذلك لا تكون للمجموعات المرتبطة بذرات C مواقع ثابتة.

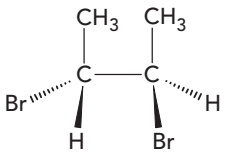
ج. ١. جزيء يمتلك مركزًا كيراليًّا / ذرة كربون مرتبطة بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة.
لا يمكن تركيبه فوق صورته المعكوسة في مرآة بحيث تتطابق كل ذرة مع مثيلتها / متشاكل ضوئي آخر.

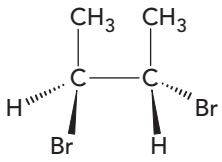
٢. لا يمتلك مركزًا كيراليًّا، ولا توجد ذرة كربون مرتبطة بأربع ذرات أو مجموعات مختلفة.

٣. 

لا تُعدّ هذه البنية متشاكلًا ضوئيًّا لأن صورتها في المرآة تبقى متطابقة معها







هاتان البنيتان الفراغيتان (3D) تمثلان متشاكلَين ضوئيَّين، لأن أحدهما هو الصورة المنعكسة للآخر في مرآة ولا يمكن تركيب أحدهما فوق الآخر بحيث تتطابق كل ذرة أو مجموعة مع مثيلتها.

الوحدة التاسعة

الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات

العلوم ضمن سياقها: الهيدروكربونات والهالوجينوألكانات المستخدمة

يجب أن تشمل النقاط الرئيسية التي تتم مناقشتها في عملية التحول (الانتقال) من البترول والديزل إلى السيارات الكهربائية ما يلي:

بعض الصعوبات:

- السيارات الكهربائية محدودة التخزين الكهربائي حيث تقطع مسافات قصيرة لذلك تحتاج إلى إعادة شحن مستمر.
- توفر محدود لمحطات الشحن الكهربائي. والسيارات الكهربائية الحالية تحتاج تقريبًا من ٤ إلى ٦ ساعات شحن.
- غياب الحلول لمشاكل التلوث المسببة للتغير المناخي، والمتمثلة بإطلاق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، إذ إن مصدر الكهرباء المستخدم لإعادة الشحن يأتي من محطات توليد الطاقة التي تعمل على الوقود الأحفوري.
- تمتلك غالبية السيارات الكهربائية قدرة محدودة على قطع مسافات طويلة أو السير بسرعة.
- تغيير قناعة المجتمع بسيارات البنزين والديزل وتحوّله عنها إلى السيارات الكهربائية.

بعض الفوائد:

- تلوّث أقل للغلاف الجوي كنتيجة لاستخدام السيارات الكهربائية.
- التقليل من المشاكل الصحية التي تسببها أكاسيد النيتروجين وأحادي أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير المحترقة.
- حل مشكلة النقص في إمدادات النفط الخام الذي تتم معالجته لتوفير البترول والديزل لمحركات الاحتراق الداخلي.
- أداؤها أكثر هدوءًا من المركبات التي تعمل على البترول والديزل.

يجب أن تشمل النقاط الرئيسية التي تتم مناقشتها حول استخدام الهالوجينوألكانات ما يلي:

الآثار الإيجابية على المجتمع، على سبيل المثال:

- مثبطات اللهب لإطفاء الحرائق.
- العقاقير المخدرة، لتخدير آلام المريض أثناء العمليات الجراحية.
- دافعات الهباء الجوي، لإطلاق المواد المستخدمة في مجالات الصحة والنظافة الشخصية.
- المبردات، للحفاظ على الأطعمة والأدوية باردة كي لا تفسد.

الآثار السلبية على المجتمع والناتجة من الضرر الذي أصاب طبقة الأوزون:

- تعرّض سطح الأرض للأشعة فوق البنفسجية الضارة بالإنسان.
- التسبّب بأمراض الجلد والسرطان.
- التسبّب بإعتام عدسة العين.
- التسبب بضعف جهاز المناعة.

نظرة عامة

تغطي هذه الوحدة جميع الموضوعات التي تم تناولها في الوحدة التاسعة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة.

- توفر هذه الوحدة للطلبة الفرصة لمراجعة العمل المنجز حول الهيدروكربونات في الصف العاشر، ويبني على المفاهيم التي تمّ تعلمها في الوحدة الثامنة (مبادئ الكيمياء العضوية). سيتوافر للطلبة معارف إضافية ومفصلة حول سلسلتَين متجانستَين من الهيدروكربونات: الألكانات والألكينات، والسلسلة المتجانسة للهالوجينوألكانات.
- سيستكشف الطلبة أسباب ضعف النشاط الكيميائي للألكانات، ويتعرفون على النمط الرئيسي لتفاعل الاستبدال بالجذر الحر في الألكانات، وسيكتبون آليات حدوث التفاعلات التي تتضمن الانشطار المتجانس للرابطة وتوضح خطوات الابتداء والانتشار والإيقاف. سيتعرفون أيضًا على تفاعلات الاحتراق وكيف يحدث التلوث بسبب الاحتراق غير الكامل للألكانات وتفاعل النيتروجين والأكسجين الذي يحدث في عوادم ومحركات المركبات. سيتعلمون أيضًا كيف يتم تقليل هذا التلوث باستخدام محولات محفزة.
- سيستكشف الطلبة أسباب وجود تفاعلات كثيرة في الألكينات، ويتعرفون على النمط الرئيسي لتفاعل الإضافة الإلكتروفيلية للألكينات وسيكتبون آليات حدوث التفاعلات التي تتضمن الانشطار غير المتجانس للرابطة لتكوين كاتيونات كربونية، ويستخدمونها لشرح تكوين مواد ناتجة رئيسية وثانوية. سيتعرفون أيضًا على التفاعل مع محلول منجنات (VII) البوتاسيوم الحمضي المخفف والبارد وكيف يمكن أن يستخدم، كذلك التفاعل مع ماء البروم، كاختبار لعدم التشبع.
- تتناول هذه الوحدة أيضًا الرابطة بين الكربون والهالوجين (مجموعة وظيفية)، وكيف يمكن تصنيف الهالوجينوألكانات كسلاسل متجانسة مختلفة وفقًا للهالوجين الموجود. وسيشمل ذلك أيضًا تصنيف الهالوجينوألكانات على أنها أولية أو ثانوية أو ثالثية.
- سيلاحظ الطلبة أنه توجد طرائق مختلفة يمكن استخدامها لتحضير الهالوجينوألكانات.
- سيستكشفون النمط الرئيسي لتفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوألكانات. سيستقصون أيضًا كيف يؤثر نوع ذرة الهالوجين (Cl أو Br أو I) الموجودة على معدل سرعة تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي.
- تتناول الوحدة أيضًا إزالة حذف (HX) من الهالوجينوألكانات وكيف يؤدي ذلك إلى تكوين الألكينات.
- يمكن أيضًا استخدام هذه الوحدة لمراجعة عدد من المفاهيم. على سبيل المثال، التسمية والتشاكل وأنواع التفاعلات (الوحدة الثامنة: مبادئ الكيمياء العضوية)، المحتوى الحراري للروابط (الوحدة السادسة: التغيرات في المحتوى الحراري)، قطبية الرابطة والقوى بين-الجزيئات (الوحدة الثالثة: الروابط الكيميائية).
- يوفر هذا الموضوع فرصًا موضوعية للتقويم لاختبار المعارف والفهم والتعامل مع المعلومات وتطبيقها وتقييمها. وتتوافر فرص لإجراء استقصاءات عملية لتقويم المهارات التجريبية المتعلقة بهذا الموضوع في هذه الوحدة، ولكن معظمها يتم عبر عروض توضيحية.
- تتوافر بعض الفرص لتطبيق مهارات رياضية مثل الحساب الأساسي لتسمية الجزيئات أو رسم البنى، والهندسة لوصف آليات التفاعل، والجبر لإيجاد الصيغ.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٩-١، ٩-٢	٩-١ الألكانات وتفاعلاتها-الاحتراق	١	السؤالان ١ و٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١	نشاط ٩-٤ احتراق الوقود الأحفوري أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢
٩-٣	٩-١ الألكانات وتفاعلاتها-الاستبدال بالجذر الحر	٣	السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	نشاط ٩-١ تفاعلات الألكانات استقصاء عملي ٩-١ تحضير الهيدروكربونات واختبارها (الجزء ١) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١
٩-٤، ٩-٥، ٩-٦	٩-٢ الألكينات وتفاعلاتها	٣	الأسئلة من ٤ إلى ٧ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و٤	نشاط ٩-٢ تفاعلات الألكينات نشاط ٩-٣ الإضافة الإلكتروفيلية استقصاء عملي ٩-١ تحضير الهيدروكربونات واختبارها (الجزء ٢) أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و٤
٩-٨	٩-٣ الهالوجينوألكانات-تصنيف الهالوجينوألكانات	١	السؤال ٨ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٥(ب)	نشاط ٩-٥ بنية الهالوجينات وتصنيفها أسئلة نهاية الوحدة ٥(أ)
٩-٧	٩-٣ الهالوجينوألكانات-تحضير الهالوجينوألكانات	١	السؤال ٩ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٥(ج)	نشاط ٩-٦ تحضير الهالوجينوألكانات أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٧
٩-٩، ٩-١١، ٩-١٢	٩-٣ الهالوجينوألكانات-تفاعلات الاستبدال النيوكليوفيلي وآلية حدوث تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوألكانات	٢	مهارات عملية ٩-١ التسخين باستخدام جهاز التقطير المرتد (Reflux heating) مهارات عملية ٩-٢ تحديد الهالوجينوألكانات باستخدام محلول نترات الفضة المائي مهارات عملية ٩-٣ استقصاء النشاط الكيميائي للهالوجينوألكانات باستخدام محلول نترات الفضة المائي الأسئلة ١٠، ١١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٥(د)، ٦(أ، ب، ج، د)	نشاط ٩-٨ الاستبدال النيوكليوفيلي للهالوجينوألكانات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٥ (ب، ج)، ٦(أ، ب، ج)
٩-١٠	٩-٣ الهالوجينوألكانات-تفاعلات الإزالة (الحذف)	١	السؤال ١٢ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٥(أ)، ٦(هـ، و)	نشاط ٩-٧ تفاعلات الهالوجينوألكانات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٦(د، هـ)

الموضوع ٩-١ الألكانات وتفاعلاتها - الاحتراق

الأهداف التعليمية

٩-١ يشرح ضعف النشاط الكيميائي للألكانات، من حيث قطبيتها، ويصف احتراقها الكامل وغير الكامل.

٩-٢ يصف الآثار البيئية لأحادي أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والهيدروكربونات غير المحترقة الناتجة من احتراق الألكانات في محركات المركبات، وكيفية تحويل هذه الملوّثات بوساطة محولات مجهزة بعوامل حفّازة.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصة واحدة.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-١ الألكانات وتفاعلاتها-الاحتراق – النشاط الكيميائي للألكانات – احتراق الألكانات – تقليل انبعاثات عوادم المركبات السؤلان ١، ٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١	• فهم أن عدم قطبية الألكانات يجعلها غير نشطة كيميائيًا • وصف الاحتراق الكامل وغير الكامل للهيدروكربونات • إزالة الملوثات من محرك السيارة بوساطة المحولات المحفزة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-٤ احتراق الوقود الأحفوري أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	• وصف الاحتراق الكامل وغير الكامل للهيدروكربونات والطبيعة غير القطبية للألكانات • وصف احتراق الوقود الأحفوري وعلاقته بظاهرة الاحتباس الحراري

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

نظرًا لأنه يُعدّ ملوثًا تتسبب به السيارات، يعتقد العديد من الطلبة أن غاز NO_2 يتكوّن في عوادم السيارات أو المحركات. ولكن هذا ليس صحيحًا. كما سيتضح لاحقًا، فإن تكوين غاز NO_2 من التفاعل بين NO و O_2 يُعدّ طاردًا للحرارة، وعند درجات الحرارة المرتفعة لن يحدث هذا التفاعل بشكل لافت.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراح واحد

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

- يتم وصف الألكانات على أنها سلسلة متجانسة. ابدأ بالتأكيد على أن الألكانات لا تمتلك مجموعة وظيفية، وهي تمتلك الصيغة العامة C_nH_{2n+2} وتظهر تدرجًا في خصائصها الفيزيائية مع ازدياد الكتلة الجزيئية النسبية (تتم إضافة وحدة CH_2 إلى البنية).

فكرة للتقويم: ضع الطلبة ضمن مجموعات وكلفهم بتنفيذ المهام الآتية:

- استنتاج الصيغ الجزيئية للألكانات ذات 18 و 31 ذرة كربون.

الإجابة: $C_{18}H_{38}$ و $C_{31}H_{64}$

- شرح سبب اعتبار الألكانات هيدروكربونات مشبعة.

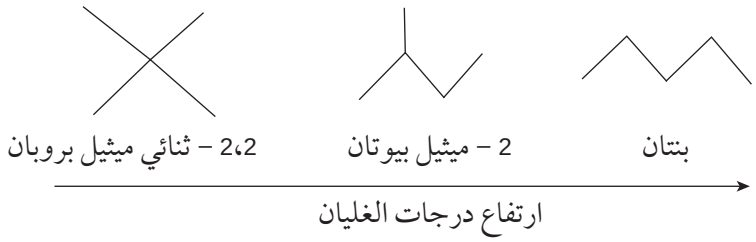
الإجابة: تحتوي كل ذرة كربون على العدد الأقصى من الروابط التساهمية الأحادية (4 روابط).

- ذكر نمط التدرج في درجات انصهار الألكانات وشرحه.

الإجابة: كلما ازداد حجم جزيئات الألكانات، ازداد عدد الإلكترونات فيها، وبالتالي تشتد أكثر قوى ثنائي القطب اللحظي–ثنائي القطب المستحث (ثنائيات قطب مؤقتة) وتشتد معها قوى الجذب بين الجزيئات. وهذا يعني أنه توجد حاجة إلى طاقة أكبر لفصل الجزيئات بعضها عن بعض فترتفع درجة الانصهار.

- رسم الصيغ الهيكلية للمتشاكلات الثلاثة للصيغة C_5H_{12}؛ وتسميتها وترتيبها وفق ازدياد درجات الغليان.

الإجابة: راجع الشكل (٩–١) أدناه.



الشكل ٩–١

- شرح السبب الذي دفعهم إلى اختيار هذا الترتيب.

الإجابة: يمتلك البنتان مساحة سطح أكبر، وبالتالي يتوافر عدد أكبر من نقاط التلامس بين الجزيئات، فتصبح قوى ثنائي القطب اللحظي–ثنائي القطب المستحث (أو ثنائيات القطب المؤقتة) أكبر، فتصبح قوى الجذب بين الجزيئات أكبر. يمتلك 2،2–ثنائي ميثيل بروبان شكلًا كرويًا وبالتالي نقاط تماس أقل بكثير، وهكذا.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ النشاط الكيميائي للألكانات (١٠ دقائق)

ابدأ بالمناقشة مع الطلبة حول سبب اعتبار الألكانات غير نشطة كيميائيًا. الأسباب الرئيسية التي يجب عليهم طرحها هي:

- لا وجود لأي مجموعة وظيفية، يمكن أن تمثل الجزء النشط في الجزيء.
- وجود روابط غير قطبية فيما بين ذرات الكربون وبين ذرات الكربون والهيدروجين، وبالتالي فهي لا تجذب الجسيمات النشطة كيميائيًا.
- قوة الروابط (طاقات تفكك الروابط المرتفعة لـ C–C و C–H).

ذكّر الطلبة بأنواع التفاعلات المختلفة التي تخضع لها المركبات العضوية، وخصوصًا الإضافة والإزالة والاستبدال. ناقش نوع التفاعل الأكثر احتمالًا بالنسبة إلى حدوثه مع الألكانات وسببه.

الإجابة: تُعدّ الألكانات مشبعة لذلك لن تخضع لإضافة أي ذرات أخرى. يمكن استبدال ذرات الهيدروجين، ولذلك، فإن الاستبدال هو نوع التفاعل الرئيسي الذي يمكن حدوثه (سيلزم لتفاعل الإزالة الكثير من الطاقة لكسر رابطتَي C–H وإزالة الهيدروجين).

أي نوع من الجسيمات سيتفاعل مع الألكانات: الإلكتروفيلات أم النيوكيوفيلات أم الجذور الحرة؟

الإجابة: تنجذب الإلكتروفيلات إلى المناطق الغنية بالإلكترونات، وتنجذب النيوكليوفيلات إلى المناطق التي لديها نقص في الإلكترونات. ونظرًا إلى تقارب الكربون والهيدروجين من حيث السالبية الكهربائية، فإن الروابط في الألكانات تُعدّ غير قطبية وبالتالي لا تجذب أيًا من هذَين النوعَين من الجسيمات. تتفاعل الجذور الحرة مع الجزيئات العضوية بغض النظر عن وجود مناطق غنية بالإلكترونات أو لديها نقص في الإلكترونات، وبالتالي يمكنها التفاعل مع الألكانات.

٢ احتراق الإلكانات (٢٥ دقيقة)

يكمل الطلبة ضمن مجموعاتهم، كتابة المعادلات الرمزية الموزونة للاحتراق الكامل وغير الكامل للألكانين الميثان والأوكتان.

وهذه المعادلات هي الآتية:

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

$$CH_4(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow CO(g) + 2H_2O(l)$$

$$C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2}O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(l)$$

$$C_8H_{18}(l) + \frac{17}{2}O_2(g) \longrightarrow 8CO(g) + 9H_2O(l)$$

شجعهم على التعليق على هذه المعادلات، خصوصًا على كمية الأكسجين الموجودة في كل من مجموعتَي التفاعلات. يمكن تقويم هذا العمل قبل الانتقال إلى الجزء التالي أو ترك ذلك حتى نهاية النشاط.

اطلب إلى الطلبة كتابة المعادلة الرمزية الموزونة للتفاعل بين النيتروجين والأكسجين لتكوين أحادي أكسيد النيتروجين. أخبرهم أن قيمة ثابت الاتزان للتفاعل عند 298 K يساوي تقريبًا 1.0×10^{-31} وتزداد قيمته مع ازدياد درجة الحرارة.

معادلة التفاعل هي:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$$

- بماذا تفيد هذه المعلومة عن التفاعل؟ ولماذا تُعدّ الظروف المتوافرة في عادم السيارة مهمة؟
- لمادا يُعدّ هذا التفاعل مهمًا؟
- ما الذي يتكوّن عندما يصل أحادي أكسيد النيتروجين إلى الهواء خارجًا؟

ملاحظة: تُظهر القيمة المنخفضة جدًا لـ K_c أن التفاعلات تكون قليلة جدًا بين النيتروجين والأكسجين عند 298 K ولكن ازدياد قيمته مع ارتفاع درجة الحرارة تُوضح أن التفاعل المباشر ماص للحرارة وأن المزيد من أحادي أكسيد النيتروجين يتكوّن عند درجات الحرارة المرتفعة. وتزيد درجات الحرارة المرتفعة أيضًا من معدل سرعة التفاعل.

عندما يخرج أحادي أكسيد النيتروجين من العادم، فإنه يتفاعل مع الأكسجين في الهواء ليكوّن ثنائي أكسيد النيتروجين البالغ السمّية، وذلك وفق المعادلة الآتية:

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

يُعدّ هذا التفاعل طاردًا للحرارة، وبالتالي لن يحدث كثيرًا داخل العادم، ولكنه يحدث بسهولة أكبر في الخارج البارد نسبيًا.

لخّص الملوثات التي تنتج من استخدام الهيدروكربونات كوقود: أحادي أكسيد الكربون وأحادي أكسيد النيتروجين وثنائي أكسيد النيتروجين والهيدروكربونات غير المحترقة، وكلف الطلبة تحديد ما يعتقدون أنها المشكلات الرئيسية التي تسببها هذه الملوثات.

يتم تجهيز أنظمة عوادم السيارات بمحولات محفزة لمكافحة مشكلة هذه الانبعاثات الضارة عبر تفاعل الملوثات وتحويلها إلى مواد ناتجة أقل ضررًا. كيف يعمل المحول المحفز؟

الإجابة: يمكنه خفض طاقة التنشيط للتفاعلات لتسريع عملية إزالة هذه الملوثات.

اطلب إلى الطلبة اقتراح المادة الأقل ضررًا التي يمكن تحويل الهيدروكربونات غير المحترقة وأحادي أكسيد الكربون إليها.

الإجابة: تحترق الهيدروكربونات بالكامل لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء. ويحترق أحادي أكسيد الكربون بالكامل إلى ثاني أكسيد الكربون.

ينتج من أكسدة أحادي أكسيد النيتروجين فقط ثنائي أكسيد النيتروجين، لذا فإن المحول المحفز يسهل التفاعل بين NO و CO. اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

الإجابة:

$$2CO(g) + 2NO(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$$

› **فكرة للتقويم ١:** يطرح السؤال ١ من أسئلة نهاية الوحدة الوارد في كتاب الطالب والسؤال ٢ من أسئلة نهاية الوحدة الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة، أسئلة ذات صلة بهذا الموضوع.

› **فكرة للتقويم ٢:** يُعدّ نشاط ٩-٤ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة مهارة لاختبار فهم الطلبة للمشكلات الناتجة من احتراق الوقود الأحفوري.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قد ترغب في استخدام الأسئلة الآتية لاختبار فهم الطلبة. تراجع هذه الأسئلة التغيرات في المحتوى الحراري لاحتراق الألكانات والتغير في المحتوى الحراري للتحول المنعكس بين متشاكلَين، ستشكل هذه الأسئلة تحديًا للطلبة الأكثر قدرة.

يُعدّ 2 – ميثيل بيوتان و 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان هيدروكربونين متشاكلَين يمتلكان الصيغة الجزيئية C_5H_{12}.

١. أ. عرّف المصطلح متشاكل واشرح كيف ينطبق على هذَين المركبَين.

ب. ارسم الصيغة الهيكلية لكل من المركبَين.

٢. في تجربة لإيجاد المحتوى الحراري القياسي للاحتراق ($\Delta H_c^{\ominus}$) لكل من المركبَين، تمّ رفع درجة حرارة 200 g من الماء بمقدار 30°C. وكانت كتلة الغاز 2 – ميثيل بيوتان المحترقة تساوي 0.513 g وكان حجم غاز 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان المحترق 171 mL (يشغل المول الواحد من أي غاز حجمًا يساوي 24000 mL عند درجة حرارة وضغط الغرفة).

أ. احسب بوحدة (kJ) الحرارة المنبعثة من 2 – ميثيل بيوتان خلال التجربة.

ب. استخدم البيانات لحساب المحتوى الحراري القياسي لاحتراق 2 – ميثيل بيوتان وأعط إجابتك حتى ثلاثة أرقام معنوية.

ج. احسب المحتوى الحراري القياسي لاحتراق 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان.

٣. أنشئ حلقة هس لإيجاد التغير في المحتوى الحراري القياسي لتفاعل تحويل 2 – ميثيل بيوتان إلى 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان. استخدم قيمتَي المحتوى الحراري القياسي للاحتراق لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:

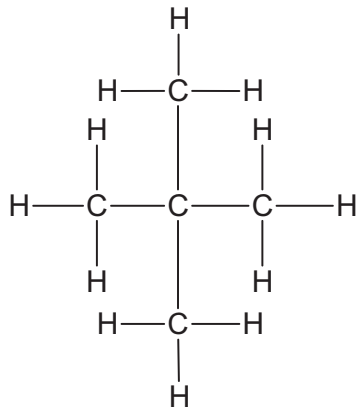
2،2 – ثنائي ميثيل بروبان ⟶ 2 – ميثيل بيوتان

٤. اقترح: لماذا يكون 2 – ميثيل بيوتان في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، بينما يكون 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان في الحالة الغازية في الظروف نفسها (درجة غليانه 9.5 °C)؟

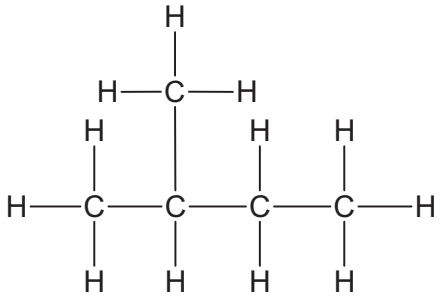
الإجابات:

١. أ. المتشاكل جزيء يمتلك الصيغة الجزيئية نفسها لجزيء آخر على الأقل، ولكنه يمتلك صيغة بنائية مختلفة.

2 – ميثيل بيوتان و 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان يمتلكان الصيغة الجزيئية نفسها C_5H_{12} إنما هي صيغة بنائية مختلفة.



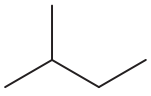
2،2 – ثنائي ميثيل بروبان



2 – ميثيل بيوتان

ب.

2،2 – ثنائي ميثيل بروبان



2 – ميثيل بيوتان

٢. أ. $q = mc\Delta T$

$= 25080\ J = 25.1\ kJ$

ب. الكتلة المولية ل C_5H_{12} =

$(12 \times 5) + 12 = 72\ g/mol$

عدد المولات ل 2 – ميثيل بيوتان =

$\frac{0.513}{72} = 7.125 \times 10^{-3}\ mol$

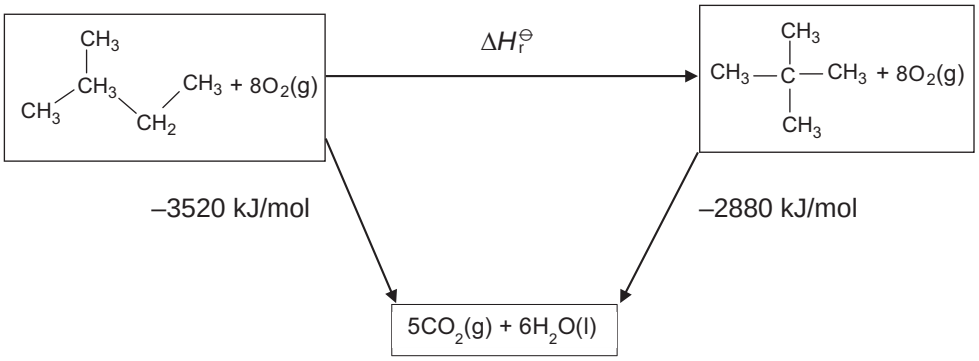
$\Delta H_c^{\ominus} = -\frac{q}{n} = -\frac{25.1}{7.125 \times 10^{-3}} = -3520\ kJ/mol$

ج. عدد المولات ل 2،2 – ثنائي ميثيل بروبان =

$\frac{209}{24000} = 8.708 \times 10^{-3}\ mol$

$\Delta H_c^{\ominus} = -\frac{q}{n} = -\frac{25.1}{8.708 \times 10^{-3}} = -2880\ kJ/mol$

٣.



$\Delta H_r^{\ominus} = -3520 - (-2880)$

$= -640$ kJ/mol

٤. يمتلك 2، 2 – ثنائي ميثيل بروبان مجموعات ميثيل فرعية أكثر من 2 – ميثيل بيوتان.

يوجد تماس أقل بين–الجزيئات/ القوى ما بين–الجزيئات أضعف.

حاجة إلى طاقة أقل للتغلب على القوى بين–الجزيئات، وبالتالي فإن درجة الغليان ل 2، 2 – ثنائي ميثيل بروبان أقل من درجة الغليان ل 2 – ميثيل بيوتان.

الدعم

يجد بعض الطلبة صعوبة في وزن معادلات الاحتراق.

يتم الإجراء وفق الآتي:

- اكتب صيغة الهيدروكربون و O_2 على الطرف الأيسر للمعادلة واكتب صيغة كل من CO_2 و H_2O كمواد ناتجة على الطرف الأيمن للمعادلة.
- حدّد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون على الطرف الأيسر للمعادلة. عدد ذرات الكربون = عدد جزيئات CO_2.
- حدّد عدد ذرات الهيدروجين على الطرف الأيسر للمعادلة. عدد ذرات الهيدروجين = ضعفَي عدد جزيئات H_2O.
- حدّد عدد ذرات الأكسجين في CO_2 و H_2O على الطرف الأيمن للمعادلة. عدد ذرات الأكسجين = ضعفَي عدد جزيئات O_2.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يجب أن يوفر الدرس للطلبة نقطة انطلاق مألوفة مع الألكانات والاحتراق، قبل أن يبدأوا بالنظر إلى سلاسل متجانسة وأنواع تفاعلات أخرى. كما يوفر فرصة للاستفادة من مجالات أخرى من دراساتهم مثل التغير في المحتوى الحراري والاتزان الكيميائي، والترابط مع هذه الموضوعات والتأكيد على أهميتها.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- تتطلب عملية شرح ضعف النشاط الكيميائي للألكانات فهمًا جيدًا للمصطلحات الكيميائية المطروحة في الموضوعات السابقة، مثل قطبية الرابطة وتفكك الرابطة، حتى يتمكن الطلبة من نقل (إيصال) هذه المفاهيم.

المهارة الحسابية

- يتطلب وزن معادلات الاحتراق عدّ الذرات ووزنها واستخدام النسب.

الموضوع ٩-١ الألكانات وتفاعلاتها - الاستبدال بالجذر الحر

الأهداف التعليمية

٩-٣ يشرح تفاعل الاستبدال (الإحلال) بوساطة الجذور الحرة في الألكانات مع الكلور (Cl_2) والبروم (Br_2) بوجود أشعة فوق بنفسجية، موضحًا آلية التفاعل في خطواته الثلاث (استخدام الأسهم المنحنية غير مطلوب).

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-١ الألكانات وتفاعلاتها-الاستبدال بالجذر الحر – تفاعلات الاستبدال (الإحلال) في الألكانات السؤال ٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	• يراجع أنواع الصيغ والمتشاكلات. • استبدال بالجذر الحر.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-١ تفاعلات الألكانات استقصاء عملي ٩-١ تحضير الهيدروكربونات واختبارها (الجزء ١) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١	• استبدال بالجذر الحر.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- غالبًا ما يكتب الطلبة معادلات تفاعلات الاستبدال بالجذر الحر للألكانات بشكل غير صحيح، على سبيل المثال:

$$CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_2Cl_2 + H_2$$

يجب تذكيرهم بأن تفاعلات الاستبدال تعني استبدال الذرات في كلا الجزيئين.

- لا يُعدّ التفاعل الوارد ضمن الأنشطة الرئيسية طريقة جيدة لتحضير الهالوجينوألكانات لأنه سلسلة تفاعل حيث يتكون العديد من المواد الناتجة: لا يمكن التحكم به.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

سيؤدي البحث عبر الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) حول تفاعل الاستبدال بالجذر الحر المستحث بالضوء للهكسان مع البروم إلى إيجاد مقاطع فيديو توضح التلاشي البطيء للون البروم بوجود الضوء.

https://www.youtube.com/watch?v=JGS0KYYn8ME

› **فكرة للتقويم:** تتكوّن العديد من المواد الناتجة في هذا النوع من الاستبدال. كلف الطلبة كتابة الصيغ الموسعة للمتشاكلات الثلاثة المتكوّنة عند استبدال ذرة هيدروجين واحدة بذرة كلور واحدة في جزيء الهكسان.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

أعط كل مجموعة نموذجًا لجزيء الهكسان واستخدمه لمراجعة فهم الطلبة لبنية الألكان.

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة أن يرسموا الصيغة الموسعة ثلاثية الأبعاد 3D للجزيء مع إعطاء زوايا الروابط (109.5°)، ونوع التهجين لأفلاك ذرات الكربون المرتبطة (sp^3) وأنواع الروابط المتكونة (σ). يجب عليهم أيضًا رسم الصيغة الهيكلية لجزيء الهكسان ومتشاكلاته الأربعة الأخرى وتسميتها. وهي: بالإضافة إلى الهكسان ؛ 2 – ميثيل بنتان، 3 – ميثيل بنتان، 3،2 – ثنائي ميثيل بيوتان و 2،2 – ثنائي ميثيل بيوتان.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ فيديو (٢٠ دقائق)

يشاهد الطلبة مقطع فيديو من الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) حول التفاعل العنيف (المتفجر) للهيدروجين والكلور بوجود الأشعة فوق البنفسجية. يوضح عدد من مقاطع الفيديو أن ألوانًا مختلفة من الضوء المرئي لا تستطيع حث التفاعل على البدء، الأمر الذي يسلط الضوء على ضرورة وجود الأشعة فوق البنفسجية UV. اطلب إلى الطلبة شرح سبب عدم حدوث أي تفاعل بوجود الأشعة الحمراء والصفراء والخضراء والزرقاء وحدوثه بوجود الأشعة فوق البنفسجية.

https://www.youtube.com/watch?v=NN82GoBG98s

الإجابة: يتطابق تردد (طاقة) الأشعة فوق البنفسجية مع الطاقة المطلوبة لكسر الرابطة في جزيء الكلور.

ثم حاول إرشادهم نحو استنتاج آلية حدوث التفاعل. يُعدّ أمرًا مهمًا أن يفهموا وصف المراحل المختلفة. أشر إلى أن الخطوات جميعها تتضمن انشطارًا متجانسًا للرابطة وأنه يتم إنتاج جذور حرة. أكد أن كسر رابطة الكلور بتأثير من الأشعة فوق البنفسجية UV هو الذي يبدأ التفاعل.

الابتداء: $Cl_2 \longrightarrow 2Cl\bullet$

الانتشار: $H_2 + Cl\bullet \longrightarrow HCl + H\bullet$

$H\bullet + Cl_2 \longrightarrow HCl + Cl\bullet$

الإيقاف: $Cl\bullet + Cl\bullet \longrightarrow Cl_2$

$H\bullet + H\bullet \longrightarrow H_2$

$H\bullet + Cl\bullet \longrightarrow HCl$

قد تحتاج إلى مساعدة الطلبة في خطوات الانتشار، لذلك أكد على أن خطوة الانتشار تبدأ وتنتهي دائمًا بجذر حر. أشر إلى أن كل مادة متفاعلة (H_2 و Cl_2) تظهر في خطوة انتشار منفصلة وخاصة بها، وأن الجذر الحر الناتج من الخطوة السابقة يظهر دائمًا كمادة متفاعلة في الخطوة التالية.

بالنسبة إلى خطوات الإيقاف، ذكّر الطلبة أن هذه الخطوات تبدأ بجذرَين حرَّين وتنتهي بجزيء متعادل. أشر إلى أنه يوجد جذران حران مختلفان في هذا التفاعل (H• وCl•)، لذلك توجد ثلاث طرائق اندماج مختلفة لهذه الجذور الحرة يمكن كتابة معادلاتها.

يُعد هذا النشاط مقدمة جيدة لنوع آلية حدوث هذا التفاعل.

٢ الاستبدال بالجذر الحر للإيثان مع الكلور (٢٠ دقيقة)

يستخدم الطلبة تفاعل الهيدروجين والكلور كقالب مع الإيثان بدلًا من الهيدروجين. أكد على أن رابطة C–H غير نشطة كيميائيًا لأنها رابطة قوية وتمتلك قطبية ضعيفة جدًا (لديها عزم ثنائي القطب منخفض) بسبب تقارب قيم السالبية الكهربائية للكربون والهيدروجين. يتطلب كسر رابطة C–H جذرًا حرًا نشطًا جدًا. يجب عليك أيضًا أن تشرح لهم أن الجذر الحر يكون متعادلًا.

فكرة للتقويم ١:

- وزّع الطلبة في مجموعات من ثلاثة أشخاص لمناقشة تفاعل الإيثان مع الكلور. أخبرهم أنه يكون بين المواد الناتجة: البيوتان وكلورو إيثان وكلوريد الهيدروجين.
- اطلب إليهم كتابة ما يعتقدون أنه آلية حدوث التفاعل مع الإشارة إلى كيفية تكوين المواد الناتجة المذكورة أعلاه.
- يناقش الطلبة كل خطوة معك ويقوّمون عملهم بوضع الدرجات المستحقة.

الابتداء: $Cl_2 \xrightarrow{UV} 2Cl\bullet$

الانتشار: $C_2H_6 + Cl\bullet \longrightarrow HCl + C_2H_5\bullet$ تتكون إحدى المواد الناتجة مع جذر حر ليستمر التفاعل.

$C_2H_5\bullet + Cl_2 \longrightarrow C_2H_5Cl + Cl\bullet$ تتكون مادة ناتجة أخرى مع جذر حر آخر ليستمر التفاعل.

الإيقاف: $Cl\bullet + Cl\bullet \longrightarrow Cl_2$ تختفي الجذور الحرة.

$C_2H_5\bullet + C_2H_5\bullet \longrightarrow C_4H_{10}$ حدد إحدى المواد الناتجة المتكوّنة.

$C_2H_5\bullet + Cl\bullet \longrightarrow C_2H_5Cl$

يجب أن يتضمن مخطط توزيع الدرجات على:

- درجة واحدة لخطوة الابتداء الصحيح مع الأشعة فوق البنفسجية UV على السهم.

- درجة واحدة لكل خطوة انتشار صحيحة، مع تكوين HCl في الأولى وتكوين كلوروإيثان في الثانية.
- درجة واحدة لكل خطوة إيقاف.

امنح درجة إضافية لخطوات الانتشار والإيقاف إذا استخدم الطلبة الصيغ البنائية بدلًا من الصيغ الجزيئية (مثل CH_3CH_3 و $CH_3CH_2\bullet$ و $CH_3CH_2CH_2CH_3$)

بدلًا من ذلك، يمكن للطلبة الذين يحتاجون إلى مزيد من الدعم أن يحاولوا حل نشاط ٩-١ (د) من كتاب التجارب العملية والأنشطة الذي يُعدّ أكثر تنظيمًا. للتوسع في العمل، يمكن للطلبة محاولة اقتراح آلية تفاعل البروبان مع البروم (كما هو موضح في المثال ١).

› **فكرة للتقويم ٢:** انطلاقًا من فكرة التقويم السابقة، اطلب إلى الطلبة اقتراح آلية لشرح كيف يمكننا الحصول على ثنائي كلوروإيثان وثلاثي كلوروإيثان انطلاقًا من كلوروإيثان باستخدام الصيغ البنائية.

الإجابة:

الابتداء: $Cl_2 \xrightarrow{UV} 2Cl\bullet$

تبقى خطوة الابتداء لإنتاج الجذور الحرة للكلور كما هي في فكرة للتقويم ١، على الرغم من أنه توجد جذور حرة أيضًا في مخلوط التفاعل.

الانتشار:

$$CH_3CH_2Cl + Cl\bullet \longrightarrow CH_3\dot{C}HCl + HCl$$
$$CH_3\dot{C}HCl + Cl_2 \longrightarrow CH_3CHCl_2 + Cl\bullet$$
$$CH_3CHCl_2 + Cl\bullet \longrightarrow CH_3\dot{C}Cl_2 + HCl$$
$$CH_3\dot{C}Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow CH_3CCl_3 + Cl\bullet$$

هل يوجد أي متشاكلات بنائية أخرى يمكن أن تتكوّن؟

الإجابة: المتشاكلات البنائية لثنائي كلوروبروبان هي CH_3CHCl_2 وCH_2ClCH_2Cl. والمتشاكلات البنائية لثلاثي كلوروبروبان هي CH_3CCl_3 و $CH_2ClCHCl_2$.

يتم إنتاج ثنائي كلوروإيثان وثلاثي كلوروإيثان إذا تمّ استخدام فائض من إحدى المواد المتفاعلة الأولية. اشرح ما إذا كان فائض من الإيثان أو من الكلور يدعم تكوين ثنائي كلوروإيثان.

الإجابة: الكلور. لكل زوج من خطوات الانتشار، توجد حاجة إلى جزيء كلور آخر.

ما المعادلات الإجمالية الموزونة لتكوين ثنائي كلوروإيثان وثلاثي كلوروإيثان من الإيثان؟

المعادلات الإجمالية الموزونة لتكوين هذه المواد الناتجة موضحة أدناه:

$$CH_3CH_3 + 2Cl_2 \longrightarrow CH_3CHCl_2 + 2HCl$$
$$CH_3CH_3 + 3Cl_2 \longrightarrow CH_3CCl_3 + 3HCl$$

٣ استقصاء عملي ٩-١: تحضير الهيدروكربونات واختبارها (٣٠ دقيقة لكل جزء من الاستقصاء)

(يمكن تقديم الجزء الأول هنا والجزء الثاني في موضوع الألكينات)

يمكنك إما تقديم عرض توضيحي لهذه التجربة أو السماح للطلبة بالقيام بها، وفقًا للتجهيزات، وتوافر الأجهزة والقدرات العملية للطلبة. في حال عدم توافر الوقت، يمكنك تكليف ثنائيات أو مجموعات مختلفة من الطلبة إجراء أجزاء معيّنة

من الاستقصاء. أو تنفيذه على مراحل بحيث ينفّذ الطلبة الجزء الأول منه أثناء الدرس، ليترك الجزء الثاني إلى حين دراسة تفاعلات الألكينات. وبغض النظر عما يتم تنفيذه، يجب أن تجري تدقيقًا معمقًا حول شروط السلامة وتوعية الطلبة حول المخاطر المحتملة في هذه التجربة. فعليًا، تستغرق كل تجربة واختبار للمواد الناتجة نحو ٢٥ دقيقة. يمكنك قضاء قدر كبير من الوقت في تعليم الطلبة كيفية إجراء التجربة وكيفية التعامل مع رجوع الماء في حال حدوثه. في حال اخترت تقديم عرض توضيحي لهذه التجربة، شجع الطلبة على المشاركة.

› **فكرة للتقويم:** يجري الطلبة التجربة ضمن ثنائيات ويمكن تقويمهم وفقًا للآتي: اتباعهم الدقيق لاحتياطات الأمان والسلامة، والعمل الجماعي، واختبار المواد الناتجة، وتجنّبهم لرجوع الماء أو تعاملهم معه في حال حدوثه. إذا تمّ تقويمهم على أساس الجوانب العملية، يجب عندها أن يكونوا مدركين للمعايير المستخدمة لذلك وبما يجب عليهم القيام به.

ترد النتائج التي يجب الحصول عليها في دليل المعلم (الاستقصاء العملي ٩-١). أكّد على أوجه التشابه والاختلاف بين الميثان والإيثين. فكل من الهيدروكربونين سهل الاحتراق ويحترق من دون دخان أو مع انبعاث القليل منه؛ ويتميز الإيثين بقدرته على إزالة لون كل من محلول منجنات (VII) البوتاسيوم وماء البروم. يجب إعادة ربط هذا مع مصطلحَي الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

كلف الطلبة أن يناقشوا آلية حدوث التفاعل الآتي، ثم كتابتها على دفاترهم:

$$CH_3CH_2CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3CHBrCH_3 + HBr$$

الابتداء:

$$Br_2 \xrightarrow{UV} 2Br\bullet$$

الانتشار:

$$CH_3CH_2CH_3 + Br\bullet \longrightarrow CH_3\dot{C}HCH_3 + HBr$$

$$CH_3\dot{C}HCH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3CHBrCH_3 + Br\bullet$$

على الرغم من أنه يحتمل أيضًا أن يتكوّن الجذر الحر $CH_3CH_2\dot{C}H_2$، إلا أن هذا يؤدي إلى تكوين 1 - بروموبروبان وليس 2 - بروموبروبان.

الإيقاف:

$$Br\bullet + Br\bullet \longrightarrow Br_2$$

$$CH_3\dot{C}HCH_3 + CH_3\dot{C}HCH_3 \longrightarrow (CH_3)_2CHCH(CH_3)_2$$

$$CH_3\dot{C}HCH_3 + Br\bullet \longrightarrow CH_3CHBrCH_3$$

يجب أن توضح المعادلة تكوين 2 - بروموبروبان والجذر الحر البروم المتكوّن ليستمر التفاعل.

الدعم

- عندما يقوم الطلبة بوصف آلية الاستبدال بالجذر الحر، يجب تشجيعهم على وضع توصيفهم في بداية الشرح. فهذا الوصف يسمح لهم بعد ذلك بالتحقق مما كتبوه حول خطوات الانتشار مقابل المواد الناتجة، لأن المواد الناتجة من التفاعل تتكوّن أثناء خطوات الانتشار.

على سبيل المثال، بالنسبة إلى التفاعل:

$$CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl$$

يجب أن تنتهي إحدى خطوات الانتشار بـ CH_3Cl والأخرى بـ HCl، أي:

$$CH_4 + Cl\bullet \longrightarrow CH_3\bullet + \mathbf{HCl}$$

$$CH_3\bullet + Cl_2 \longrightarrow \mathbf{CH_3Cl} + Cl\bullet$$

- يُعدّ من المفيد للطلبة أن يتذكروا أن خطوات الانتشار يجب أن تبدأ دائمًا بجذر حر وتنتهي بجذر حر. فالجذر الحر الذي تكوّن خلال الخطوة الأولى يبدأ الخطوة التالية. ويكون الجذر الحر المتكوّن خلال الخطوة الثانية هو نفسه الذي كان في بداية خطوة الانتشار الأولى. وهما موضحان أدناه:

$$CH_4 + \mathbf{Cl\bullet} \longrightarrow CH_3\bullet + HCl$$

$$\mathbf{CH_3\bullet} + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + \mathbf{Cl\bullet}$$

- يوجد دائمًا ثلاث خطوات إيقاف محتملة بين جذرَين حرَّين، لذا أخبرهم ببساطة بإضافة جذور الألكيل معًا. علي سبيل المثال:

$$Cl\bullet + Cl\bullet \longrightarrow Cl_2$$

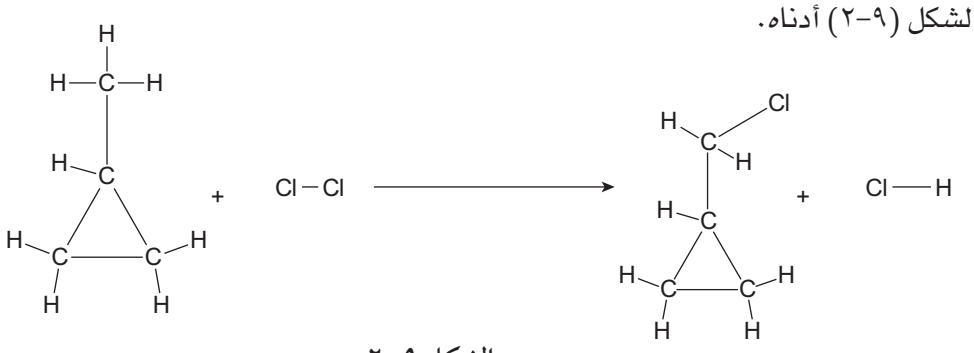
$$Cl\bullet + CH_3\bullet \longrightarrow CH_3Cl$$

$$CH_3\bullet + CH_3\bullet \longrightarrow CH_3CH_3$$

- قد يبدو غريبًا بالنسبة إلى الطلبة أن تكون إحدى خطوات الإيقاف هي عكس خطوة الابتداء، ولكن يجب التوضيح لهم أنه نظرًا إلى أنه لا يمكن التحكم بالتفاعل، فإن هذه النتيجة تكون محتملة.

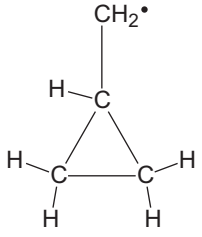
تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

عندما يتفاعل ميثيل بروبان الحلقي مع الكلور بوجود الأشعة فوق البنفسجية UV، يحدث استبدال بالجذر الحر، كما هو موضح في الشكل (٩-٢) أدناه.



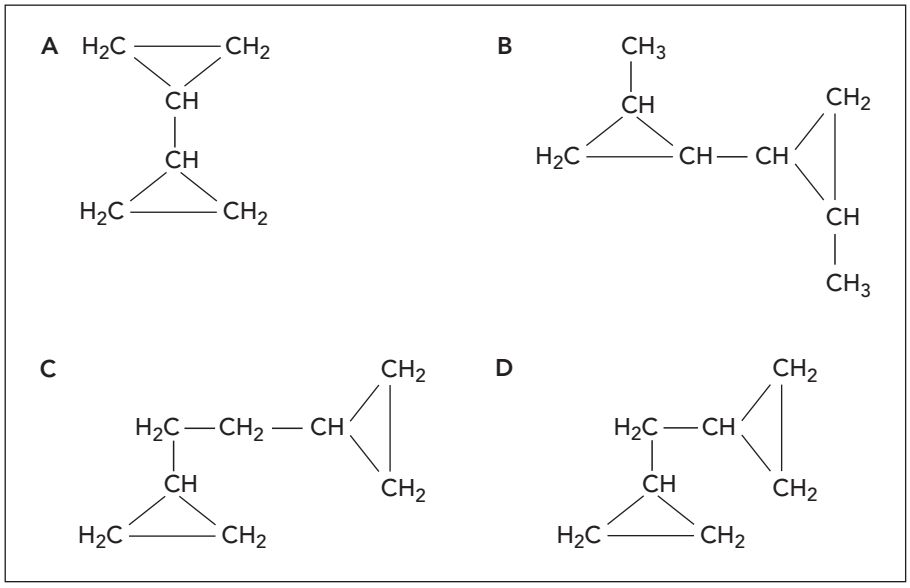
الشكل ٩-٢

خلال خطوة الانتشار يتكوّن الجذر الحر الموضح أدناه:



تابع

أي من الهيدروكربونات الأربعة من **A** إلى **D** الموضحة في الشكل (٩-٣) تتشكل نتيجة اتحاد اثنين من هذه الجذور الحرة؟



الشكل ٩-٣

على الطلبة أن يناقشوا السؤال، وعندما يتوصلون إلى قرار يجب أن يكونوا قادرين على تبرير إجابتهم وذكر سبب عدم صحة الإجابات الأخرى.

ترد الإجابات في الجدول ٩-١.

الإجابة	التعليق
A	غير صحيح. لم يضمن الطالب مجموعتَي CH_2 ووضع رابطة مباشرة بين الحلقتين.
B	غير صحيح. البنية خاطئة تمامًا.
C	صحيح. لقد أدرك الطالب أن مجموعتي CH_2 تشكلان الرابط بين الحلقتين.
D	غير صحيح. لقد أدرك الطالب أن CH_2 يربط بين الحلقتين ولكنه لم يدرك وجود مجموعتين من CH_2.

الجدول ٩-١

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يجب أن تكون المفردات – الابتداء، والانتشار، والإيقاف – تعبر عمّا يحدث في تلك الخطوات.

المهارة الحسابية

- يرتبط رسم الصيغ البنائية بما حققه الطالب من مهارات في الهندسة الفراغية في مادة الرياضيات.
- يرتبط الموضوع بحساب عدد الذرات وعدد الروابط حول كل ذرة.

الموضوع ٩-٢ الألكينات وتفاعلاتها

الأهداف التعليمية

٩-٤ يصف تفاعلات الإضافة للألكينات مع كل من:

(أ) الهيدروجين $H_2(g)$ في تفاعل الهدرجة، بوجود العامل الحفّاز Pt/Ni، والحرارة.

(ب) الهالوجين X_2 عند درجة حرارة الغرفة.

(ج) هاليد الهيدروجين $HX(g)$ عند درجة حرارة الغرفة.

(د) بخار الماء $H_2O(g)$ بوجود العامل الحفّاز H_3PO_4.

٩-٥ يشرح آلية تفاعلات الإضافة الإلكتروفيلية التي تحدث للألكينات مع الهالوجينات وهاليدات الهيدروجين، متضمنة التأثيرات الحثية لمجموعات الألكيل على استقرار الكاتيونات الكربونية المتكونة.

٩-٦ يصف عملية أكسدة الألكينات باستخدام محلول حمضي مخفف وبارد من $KMnO_4$ لتكوين الدايول (مركب عضوي يحتوي على مجموعتَي OH).

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-٢ الألكينات وتفاعلاتها - تفاعلات الإضافة في الألكينات - آلية حدوث الإضافة الإلكتروفيلية إلى الألكينات - أكسدة الألكينات الأسئلة من ٤ إلى ٧ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و٤	• وصف البنية والترابط في الألكينات • استنتاج المواد الناتجة عن تفاعلات الإضافة إلى الألكينات وأكسدتها • آلية حدوث الإضافة الإلكتروفيلية • إضافة HX إلى الألكينات غير المتماثلة: قاعدة ماركوفنيكوف
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-٢ تفاعلات الألكينات نشاط ٩-٣ الإضافة الإلكتروفيلية استقصاء عملي ٩-١ تحضير الهيدروكربونات واختبارها (الجزء ٢) أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ٣ و٤	• تفاعلات الألكينات مع مواد متفاعلة مختلفة • استنتاج المواد الناتجة من تفاعلات الإضافة إلى الألكينات وأكسدتها • آلية حدوث الإضافة الإلكتروفيلية • إضافة HX إلى الألكينات غير المتماثلة: قاعدة ماركوفنيكوف

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- لا يفكر الطلبة في كثير من الأحيان سوى في المتشاكلات البنائية للمواد الناتجة، وبالتالي ينسون احتمال وجود المتشاكلات الهندسية سيس وترانس.
- نظرًا إلى أن الألكينات تكون أكثر نشاطًا كيميائيًا من الألكانات، يفترض الطلبة أحيانًا أنها جزيئات قطبية، ولكنها في الحقيقة غير ذلك. يتمثل الفرق بأن هذه الجزيئات تمتلك منطقة غنية بالإلكترونات حول الرابطة C=C التي تتعرض للهجوم من قبل الإلكتروفيلات. ستتم تغطية هذا الموضوع في درس لاحق.
- قد يعتقد الطلبة أن تفاعل الألكين مع محلول مخفّف وبارد أو عند درجة حرارة الغرفة من منجنات (VII) البوتاسيوم (برمنجنات البوتاسيوم) ($KMnO_4$) في وسط حمضي هو تفاعل مع أيوني OH^- في حين أن الألكين يتفاعل مع الماء و [O] من العامل المؤكسِد.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

يمثل السؤال ١ من قسم "قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة" الوارد في كتاب الطالب نقطة انطلاق جيدة لمناقشة بنية الألكين.

ما هو نوع تهجين الأفلاك الذرية للكربون الذي تحدث في جزيء من:
أ. الإيثان ب. الإيثين ج. البروبين؟
١. sp فقط
٢. sp^2 فقط
٣. sp^3 فقط
٤. sp^2 و sp^3

كلف الطلبة مناقشة إجاباتهم ضمن مجموعات. يوضح الجدول (٩-٢) أدناه الإجابات والتبرير.

السؤال	الإجابة الصحيحة	التبرير
أ. إيثان	٣	تمتلك كل ذرة كربون في الإيثان 4 روابط سيجما أحادية مرتبة في شكل رباعي الأوجه حول ذرة الكربون. لذلك، فإن التهجين يكون sp^3.
ب. إيثين	٢	في الإيثين، تمتلك كل ذرة كربون 3 روابط سيجما ورابطة باي واحدة. تتكوّن روابط سيجما الثلاثة عن طريق تهجين فلك واحد 2s وفلكين اثنين 2p، أي sp^2.
ج. بروبين	٤	في البروبين، تكوّن اثنتان من ذرات الكربون 3 روابط سيجما ورابطة باي واحدة (لكل منهما). هذا يعني أن ذرّتَي الكربون هاتين تمتلكان أفلاكًا مهجنة sp^2. ويكوّن الكربون الثالث روابط سيجما أحادية فقط مع أفلاك مهجنة sp^3.

الجدول ٩-٢

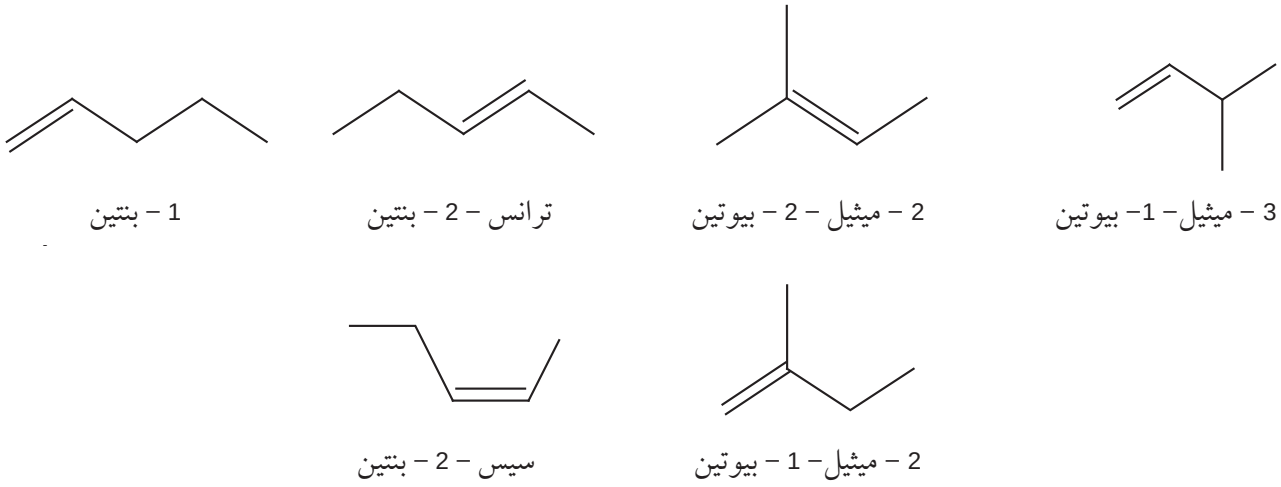
٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

أعط الطلبة نماذج وروابط كافية لإنشاء نموذج للمتشاكل 1 - بنتين. ثم بعد ذلك يستخدمون المكونات نفسها لصنع المتشاكلات.

يرسم الطلبة الصيغة الموسعة ثلاثية الأبعاد 3D لجزيء 1 - بنتين مع ذكر زوايا الروابط (109.5° في سلسلة الألكيل و120° حول الرابطة C=C) ونوع التهجين لأفلاك ذرات الكربون المرتبطة (sp^3 لـ روابط C–C الأحادية و sp^2 لـ C=C)، وأنواع الروابط المتكونة (σ و π).

كما أنهم يرسمون الصيغة الهيكلية للجزيء والمتشاكلات الخمسة الأخرى للبنتين ويسمونها.

أي من المتشاكلات يظهر تشاكلًا هندسيًا (سيس/ ترانس)؟ (**الإجابة**: 2 - بنتين). يوضح الشكل (٩-٤) أدناه هذه المتشاكلات (إلى جانب المتشاكلات الهندسية سيس وترانس).



الشكل ٩–٤

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ النشاط الكيميائي للألكينات (١٠ دقائق)

زوّد الطلبة بنماذج من الإيثين والإيثان لتسهيل مناقشة الاختلافات في النشاط الكيميائي للألكينات والألكانات. وزّع الطلبة في مجموعات وكلفهم إعطاء الأسباب التي تجعلهم يعتقدون أن الإيثين نشط كيميائيًا والإيثان غير نشط، ثم وضّح لهم سبب خضوع الإيثين لتفاعل الإضافة بينما يخضع الإيثان فقط لتفاعل الاستبدال.

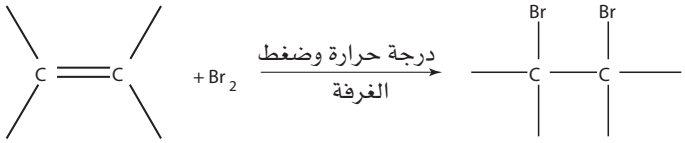
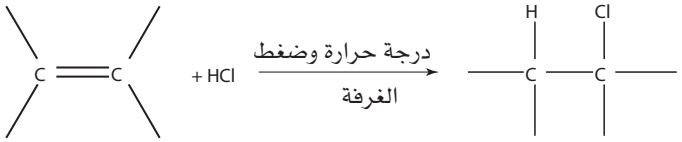
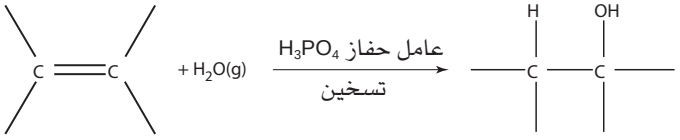
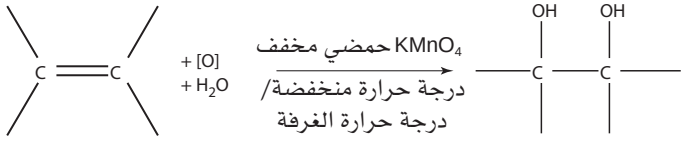
الإجابات المحتملة هي كما يلي:

- يمتلك كلا الجزيئين روابط C–H، وهي روابط غير قطبية، وبالتالي فهي لن تتعرض للهجوم من قبل النيوكليوفيلات أو الإلكتروفيلات.
- الروابط الموجودة في الإيثان جميعها روابط أحادية (روابط سيجما) غير مقيدة (تمتلك حرية الدوران) في الجزيء.
- تُعدّ الرابطة الثنائية (رابطتا سيجما و باي) في الإيثين منطقة ذات كثافة إلكترونية عالية، وبالتالي يمكن أن تتعرّض للهجوم من قبل الإلكتروفيلات. لا تتوافر مثل هذه المنطقة في الإيثان.
- إذا فقد الإيثين الرابطة الثنائية لتكوين رابطة أحادية، تصبح الروابط حرة الدوران في الجزيء.
- يمتلك الإيثين رابطة باي وهي أضعف من رابطة سيجما، لذا فهي تتكسر بسهولة أكبر، لأنها تحتاج إلى طاقة أقل بكثير من رابطة سيجما.
- الإيثين جزيء غير مشبع بينما الإيثان جزيء مشبع، لذلك يمكن أن يضيف الإيثين ذرات أخرى إلى بنيته، من دون أن يفقد أي ذرات H.
- يجب كسر رابطة في الإيثان وخسارة ذرة H من أجل السماح لذرة أخرى بالارتباط ببنيته. ويُعدّ هذا وصفًا لتفاعل استبدال.

٢ تفاعلات الإضافة والمواد الناتجة عنها عند تفاعل الألكينات مع مواد كيميائية معيّنة (٢٠ دقيقة)

أعط الطلبة تعريف الإضافة والمواد الناتجة منها عندما تتفاعل الألكينات مع بعض المواد الكيميائية.

يمكنك توزيع (أو عرض) الجدول (٩-٣) وشرحه واستخدامه موضحًا مجموعات التفاعلات والظروف، كنقطة مرجعية في الدرس.

التفاعل	مثال عام	الظروف والملاحظات
ألكين + هيدروجين ← ألكان		يتم تسخين غاز الهيدروجين بوجود عامل حفاز من البلاتين أو النيكل (عادة 150 °C). يصنف هذا أيضًا كتفاعل اختزال.
ألكين + بروم ← ثنائي بروموألكان		يجب إذابة البروم في مذيب غير قطبي وإضافته في الظلام، لكن استخدام ماء البروم عند درجة حرارة وضغط الغرفة يُعدّ كافيًا.
ألكين + هاليد الهيدروجين ← هالوجينوألكان		يتم ضخ الألكين الغازي في محلول مركز من هاليد الهيدروجين (مثل حمض الهيدروكلوريك المركز) عند درجة حرارة الغرفة.
ألكين + بخار ماء ← كحول		يتفاعل بخار الماء مع الألكين (عادة عند 330°C) بوجود حمض الفوسفوريك المركز كعامل حفاز.
ألكين + منجنات (VII) البوتاسيوم حمضي مخفف ← دايول (جزيء يحتوي على مجموعتَي هيدروكسيل)		يتم ضخ الألكين الغازي أو خلطه ورجّه مع محلول حمضي مخفف من $KMnO_4$ عند درجة حرارة الغرفة. يصنف هذا أيضًا كتفاعل أكسدة.

الجدول ٩-٣

› **فكرة للتقويم ١:** يمكن للطلبة إنشاء مخطط تفاعل (خريطة ذهنية) لتفاعلات الإضافة المختلفة للإيثين. يجب أن تتضمن الصيغ البنائية وأسماء المواد الناتجة، وأن توضح المواد المتفاعلة والظروف على السهم.

› **فكرة للتقويم ٢:**

- يكمل الطلبة النشاط ٩-٢ (أ و ج) في كتاب التجارب العملية والأنشطة والسؤال ٧ الوارد في كتاب الطالب.
- يتبادل الطلبة عملهم مع أقرانهم ويقومون بوضع الدرجات.

٣ آلية تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية (٣٠ دقيقة)

اعرض على الطلبة نموذجًا (أو رسمًا) للإيثين يوضح روابط سيجما وباي. ناقش معهم بعض الأفكار الأولية حول آلية حدوث تفاعل الإضافة.

- ما نوع الجسيمات التي يحتمل أن تتفاعل مع الإيثين: الإلكتروفيلات أم النيوكليوفيلات؟ ولماذا؟

الإجابة: الإلكتروفيلات. تُعدّ الرابطة الثنائية منطقة ذات كثافة إلكترونية مرتفعة ويمكنها جذب جسيمات لديها نقص في الإلكترونات.

- HCl جزيء يمكن إضافته إلى الإيثين. أي طرف من HCl تتوقع أن ينجذب إلى الإيثين؟ ولماذا؟

الإجابة: الطرف H، لأن H يمتلك سالبية كهربائية أقل من Cl وبالتالي هو طرف الجزيء الذي لديه نقص في الإلكترونات.

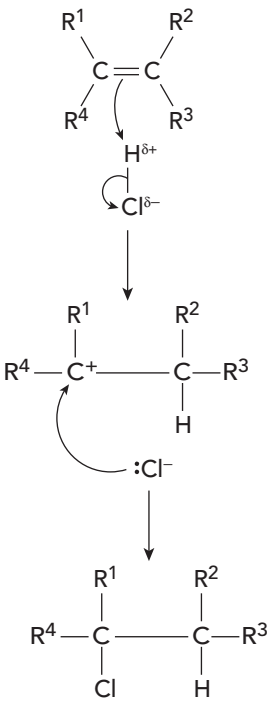
- Br_2 جزيء آخر يمكن إضافته إلى الإيثين، لكنه ليس ثنائي قطب دائم. كيف يكون قادرًا على السلوك كإلكتروفيل؟

الإجابة: تتسبب الرابطة الثنائية الغنية بالإلكترونات بتكوّن ثنائي قطب مستحث (مؤقت) في جزيء البروم، ما يجعل لدى إحدى ذرّتَي البروم نقصًا في الإلكترونات (δ+). هذا ما يسمح لـ Br_2 بالسلوك كإلكتروفيل فينجذب إلى الإيثين.

- ما نوع انشطار الرابطة الذي يمكن توقع حدوثه في الإيثين؟ وأي رابطة ستتعرض للانشطار؟

الإجابة: على الرغم من أن الانشطار المتجانس للرابطة قد يكون متوقعًا نظرًا لعدم وجود أي اختلاف في السالبية الكهربائية بين ذرّتَي الكربون، إلّا أن زوج الإلكترونات في الرابطة باي سينجذب إلى الإلكتروفيل لأنه مستقبل لزوج من الإلكترونات. والرابطة باي أضعف من الرابطة سيجما، وتكون سحابتها الإلكترونية موجودة فوق مستوى الذرات وتحته، وبالتالي يكون وصول الإلكتروفيل إليها أسهل.

› **فكرة للتقويم ١:** وزّع الطلبة في مجموعات وامنحهم مخططات توضح بالتفصيل آلية تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية إلى جانب فقرة توصيف مكتوبة تتضمن بعض الفراغات التي تمثل معلومات هامة وغير معروفة. كلفهم أن يملأوا الفراغات في التوصيفات المكتوبة. يوضح المثال ٢ أو الشكل (٩-٥) مخططًا محتملًا.



الشكل ٩-٥

ينجذب جزيء حمض الهيدروكلوريك إلى الرابطة _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ للألكين بسبب الكثافة _ _ _ _ _ _ _ _ _ المرتفعة في الرابطة. عند اقتراب جزيء حمض الهيدروكلوريك من الألكين، تنجذب ذرة _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ في HCl إلى الرابطة C=C. لأن لديها _ _ _ _ _ _ _ _ _ الأكبر في الإلكترونات بين ذرّتَي الجزيء، ما يجعل HCl يسلك كـ_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ . تتكسر الرابطة _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ بشكل _ وتكوّن الإلكترونات رابطة مع ذرة الهيدروجين. الأمر الذي يؤدي إلى تكوين _ . وفي الوقت نفسه، تتكسر الرابطة H–Cl بشكل _ ويتكون أيون _ . يمتلك هذا الأيون زوجًا _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ من الإلكترونات. ويسلك بالتالي كـ_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ لأنه يهاجم بعد ذلك الكربون الموجب الشحنة. فيكوّن رابطة _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ جديدة مع _ وتكون المادة الناتجة _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ .

الإجابات لملء الفراغات:

الثنائية، الإلكترونية، الهيدروجين، النقص، إلكتروفيل، باي، غير متجانس، كاتيون كربوني، غير متجانس، كلوريد، منفردًا، نيوكليوفيل، تساهمية (أو سيجما)، الكاتيون الكربوني، كلورو ألكان.

يمكن للطلبة تقويم أنفسهم على هذا النشاط.

› **فكرة للتقويم ٢:** يجب على الطلبة مرة أخرى تقديم وصف مكتوب إلى جانب الآلية التي رسموها، باستخدام اللغة التقنية بشكل صحيح. يكون الاختلاف الحقيقي الوحيد مع ما سبق، هو أن إحدى ذرات البروم في الجزيء Br_2 توصف بأن لديها نقصًا في الإلكترونات (δ+)، سيحتاج الطلبة إلى وصف كيف تحفز الرابطة الثنائية ذات الكثافة الإلكترونية المرتفعة تكوين ثنائي قطب مستحث في جزيء البروم لجعله يسلك كإلكتروفيل. يمكن للطلبة، مرة أخرى، القيام بتقويم ذاتي على هذا النشاط.

يُعدّ النشاط ٩-٣ (أ) الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة أكثر تنظيمًا، ويمكن الإجابة عنه بدلًا من ذلك. يمكن للطلبة تبادل إجاباتهم مع أقرانهم ووضع الدرجات عليها.

٤ الإضافة الإلكتروفيلية إلى الألكينات غير المتماثلة (٣٠ دقيقة)

يمكن للألكينات غير المتماثلة، مثل البروبين، أن تعطي مادتَين ناتجتَين عضويّتَين محتملتَين خلال تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية. على سبيل المثال، مع HBr، تكون المادتان الناتجتان المحتملتان: 1 – بروموبروبان و 2 – بروموبروبان. اسأل الطلبة كيف يمكن حدوث ذلك.

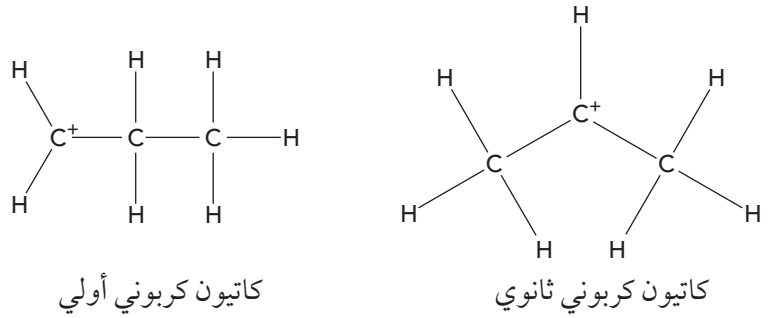
الإجابة: يمكن إضافة ذرة H إما إلى الكربون الأول أو الثاني (وبالتالي فإن ذرة Br يمكن أن تضاف إلى الكربون الثاني أو الأول).

لماذا **لا** تُعدّ هذه مشكلة إذا تمّ استخدام Br_2؟

الإجابة: يتم إضافة ذرات Br فقط إلى الرابطة الثنائية لذلك يكون 2،1 – ثنائي بروموبروبان المادة الناتجة الوحيدة. سيتكوّن دائمًا مادة ناتجة وحيدة كلما أُضيف جزيء ثنائي الذرة حيث تكون الذرتان متماثلتَين.

اشرح قاعدة ماركوفنيكوف لاستنتاج المادة الناتجة الرئيسية. بتعبير بسيط: إذا تمّت إضافة HX أو الماء (HOH) إلى ألكين غير متماثل، فإن ذرة الهيدروجين سترتبط بالكربون في C=C الذي يرتبط بالعدد الأكبر من ذرات الهيدروجين.

وسبب ذلك هو أنه في حالة حدوث ذلك، يتكوّن الكاتيون الكربوني الأكثر استقرارًا أثناء آلية تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية. على سبيل المثال، عند إضافة HBr إلى البروبين، يتكوّن الكاتيونان الكربونيان الموضحان في الشكل (٩–٦).



كاتيون كربوني أولي　　كاتيون كربوني ثانوي

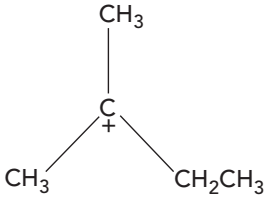
الشكل ٩–٦

- الكاتيون الكربوني الثانوي هو الذي يتكوّن وفقًا لقاعدة ماركوفنيكوف.
- يُعدّ الكاتيون الكربوني الثانوي أكثر استقرارًا لأنه يمتلك مجموعتَي ألكيل (بدلًا من مجموعة واحدة للكاتيون الكربوني الأولي).
- تدفع مجموعات الألكيل الإلكترونات نحو الشحنة الموجبة. يُعرف هذا بالتأثير الحثي الموجب.
- يؤدي هذا التأثير إلى خفض كثافة الشحنة على الكاتيون الكربوني، ما يجعله أكثر استقرارًا من حيث الطاقة.
- كلما ازداد عدد مجموعات الألكيل المرتبطة بـ C^+، كان أكثر استقرارًا. في هذه الحالة، يكون الكاتيون الكربوني الثانوي أكثر استقرارًا من الكاتيون الكربوني الأولي.
- هذا يعني أن 2 – بروموبروبان هو المادة الناتجة الرئيسية لتفاعل الإضافة.

على الرغم من أن تكوين الكاتيونات الكربونية الثانوية هو الأكثر احتمالًا كما رأينا أعلاه، إلّا أنه إذا كان ممكنًا تكوين كاتيون كربوني ثالثي، مع ثلاث مجموعات ألكيل مانحة للإلكترونات مرتبطة بـ C^+ فسيكون هذا الكاتيون الكربوني هو الأكثر استقرارًا من حيث الطاقة (انظر الشكل (٩–٧)).

لذلك فإن ترتيب استقرار الكاتيونات الكربونية يكون كالآتي:

الكاتيون الكربوني الثالثي > الكاتيون الكربوني الثانوي > الكاتيون الكربوني الأولي



الشكل ٩–٧ كاتيون كربوني ثالثي

فكرة للتقويم ١: يمكن للطلبة كتابة مسارَين بديلَين لآلية حدوث تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية لـ HBr إلى البروبين، حيث ينتج من أحد المسارَين 1 – بروموبروبان وينتج من المسار الآخر 2 – بروموبروبان (انظر إلى الشكل (٩–١٠) الوارد في كتاب الطالب). يجب على الطلبة تقديم شرح مكتوب حول سبب كون 2 – بروموبروبان هو المادة الناتجة الرئيسية و1 – بروموبروبان هو المادة الناتجة الثانوية، باستخدام آليات حدوث التفاعل التي كتبوها.

فكرة للتقويم ٢: وزع الطلبة في مجموعات وأعطهم عددًا من الأمثلة حول تفاعلات الإضافة إلى ألكانات متماثلة وغير متماثلة. ينبغي أن يعطي الطلبة المادة الناتجة (المواد الناتجة) من التفاعلات، وفي حال تكوين أكثر من مادة ناتجة واحدة، يجب عليهم تحديد المادة الناتجة الرئيسية. تمّ تقديم بعض الأمثلة هنا:

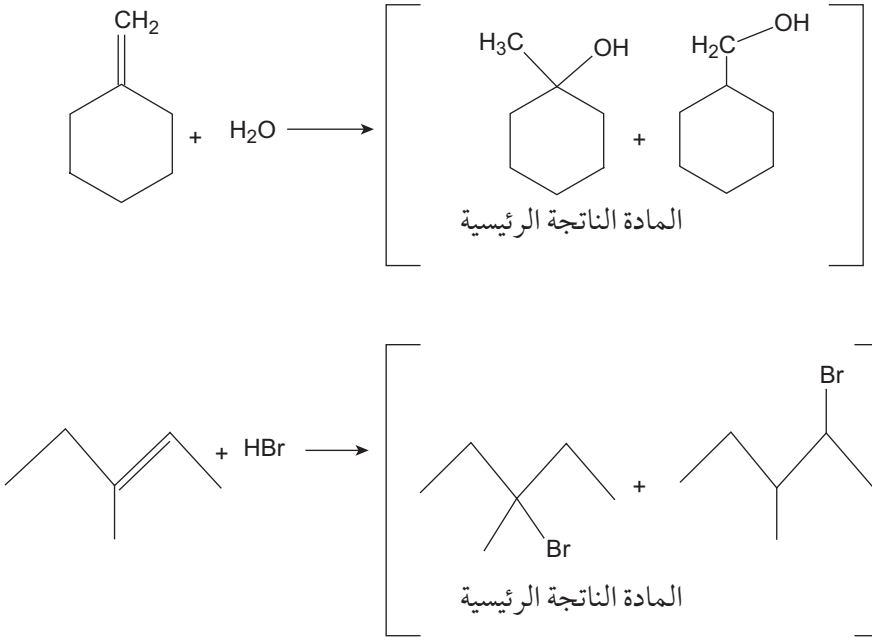
الإجابات: الألكين غير متماثل: المادة الناتجة الرئيسية $CH_3CH(OH)CH_3$ ← $CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$
المادة الناتجة الثانوية $CH_3CH_2CH_2OH$

الإجابة: الألكين متماثل: مادة ناتجة واحدة $CH_3CHBrCH_2CH_3$ ← $CH_3CH{=}CHCH_3 + HBr$

الإجابات: الألكين غير متماثل: المادة الناتجة الرئيسية $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$ ← $CH_3CH_2CH{=}CH_2 + H_2O$
المادة الناتجة الثانوية $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

الإجابات: الألكين غير متماثل: المادة الناتجة الرئيسية $(CH_3)_2CBrCH_3$ ← $(CH_3)_2C{=}CH_2 + HBr$
المادة الناتجة الثانوية $(CH_3)_2CHCH_2Br$

في حال توافر الوقت، كلف الطلبة إكمال المعادلات للتفاعلات الموضحة في الشكل (٩–٨) باستخدام الصيغ الهيكلية.



الشكل ٩–٨

عندما يكمل الطلبة هذا النشاط، تنضم كل ثنائية إلى ثنائية أخرى حيث تتم مقارنة الإجابات. ثم يناقشون الاختلافات حتى يصلوا إلى اتفاق حول الإجابة. بعد ذلك تُعرض الإجابات على جميع الطلبة لمناقشتها، فتتمّ مقارنة الإجابات فيما بينها لتحديد الإجابات الصحيحة. وقد يتم وضع مخطط لتوزيع الدرجات يشارك فيه الطلبة إذا ارتأيت. ثم تسجّل المجموعات أسباب الخطأ في بعض الإجابات. ما الأفكار التي أساءوا فهمها؟

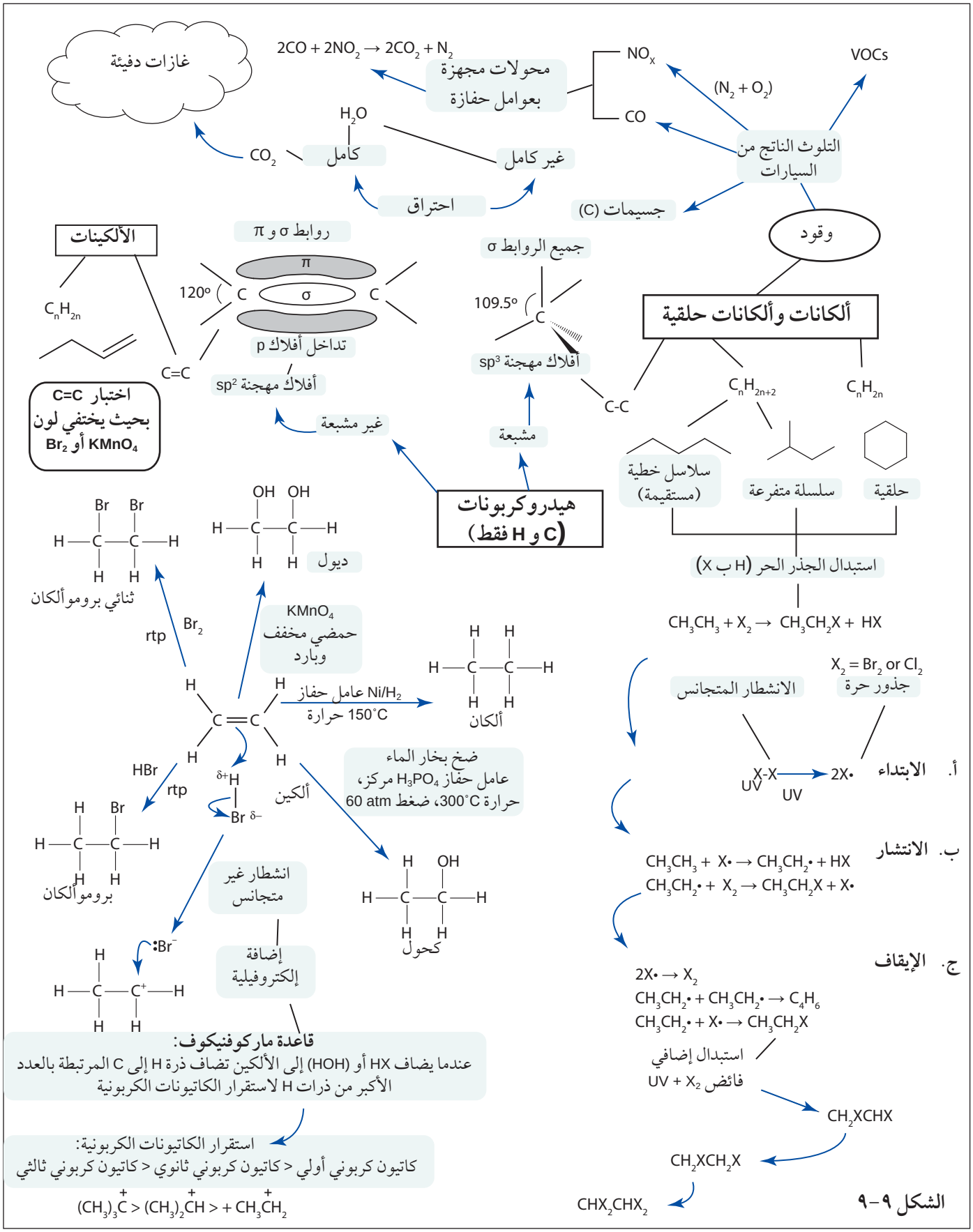
التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يجب على الطلبة إنشاء مخطط تفاعل لتفاعلات إضافة البروبين (مشابهًا لما تمّ إنشاؤه سابقًا للإيثين). يجب أن يدرك الطلبة أنه في بعض التفاعلات يتكوّن أكثر من متشاكل واحد من حيث موقع المجموعة الوظيفية كمادة ناتجة عضوية. راجع السؤال ٤ (د) من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

الدعم

قد يجد الطلبة عمق المعلومات التي تعلموها في الدروس القليلة الماضية وأن حجمها هائل، وسيكون مفيدًا في هذه المرحلة تلخيص مجمل العمل المنجز حول الهيدروكربونات في مكان واحد. لذلك قدم لهم الشكل (٩-٩)، كخريطة ذهنية تمثل الموضوع المرتبط بالهيدروكربونات.


غازات دفيئة
$2CO + 2NO_2 \rightarrow 2CO_2 + N_2$
محولات مجهزة بعوامل حفازة
NO_x
CO
VOCs
$(N_2 + O_2)$
التلوث الناتج من السيارات
H_2O
كامل
غير كامل
CO_2
احتراق
جسيمات (C)
وقود
ألكانات وألكانات حلقية
الألكينات
روابط σ و π
جميع الروابط σ
C_nH_{2n}
120°
109.5°
π
σ
C=C
تداخل أفلاك p
أفلاك مهجنة sp^2
أفلاك مهجنة sp^3
C-C
C_nH_{2n+2}
C_nH_{2n}
اختبار C=C بحيث يختفي لون Br_2 أو $KMnO_4$
غير مشبعة
مشبعة
هيدروكربونات (C و H فقط)
سلاسل خطية (مستقيمة)
سلسلة متفرعة
حلقية
استبدال الجذر الحر (X ب H)
$CH_3CH_3 + X_2 \rightarrow CH_3CH_2X + HX$
$X_2 = Br_2$ or Cl_2
جذور حرة
الانشطار المتجانس
أ. الابتداء
X-X → 2X•
UV
UV
ب. الانتشار
$CH_3CH_3 + X\bullet \rightarrow CH_3CH_2\bullet + HX$
$CH_3CH_2\bullet + X_2 \rightarrow CH_3CH_2X + X\bullet$
ج. الإيقاف
$2X\bullet \rightarrow X_2$
$CH_3CH_2\bullet + CH_3CH_2\bullet \rightarrow C_4H_6$
$CH_3CH_2\bullet + X\bullet \rightarrow CH_3CH_2X$
استبدال إضافي فائض $UV + X_2$
CH_2XCHX
CH_2XCH_2X
CHX_2CHX_2
ديول
ثنائي بروموألكان
Br_2
rtp
$KMnO_4$ حمضي مخفف وبارد
عامل حفاز Ni/H_2
حرارة 150°C
ألكان
ألكين
HBr
rtp
بروموألكان
ضخ بخار الماء
عامل حفاز H_3PO_4 مركز،
حرارة 300°C، ضغط 60 atm
كحول
انشطار غير متجانس
إضافة إلكتروفيلية
قاعدة ماركوفنيكوف:
عندما يضاف HX أو (HOH) إلى الألكين تضاف ذرة H إلى C المرتبطة بالعدد الأكبر من ذرات H لاستقرار الكاتيونات الكربونية
استقرار الكاتيونات الكربونية:
كاتيون كربوني أولي < كاتيون كربوني ثانوي < كاتيون كربوني ثالثي
$(CH_3)_3\overset{+}{C} > (CH_3)_2\overset{+}{C}H > +CH_3\overset{+}{C}H_2$

الشكل ٩-٩

ناقش معهم كيف يمكنهم تقسيم هذه الخريطة الذهنية إلى أقسام مختلفة يعتقدون أنهم سيدرسونها في دروس منفصلة. ناقش معهم أيضًا مدى فائدة مثل هذه الخريطة الذهنية عندما يكون هناك العديد من الموضوعات في الوحدة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

قد ترغب في استخدام الأسئلة الآتية لاختبار فهم الطلبة. تُعدّ هذه الأسئلة جيدة لأن الجزء الأكبر من العمل حول الهيدروكربونات قد تمّت تغطيته، وهذه الأسئلة تسلّط الضوء على الألكانات والألكينات:

يُعدّ 1 – بيوتين والبيوتان الحلقي متشاكلَين من الهيدروكربونات. وعلى الرغم من أنهما يمتلكان الصيغة الجزيئية نفسها، إلّا أنهما يتفاعلان بشكل مختلف تمامًا مع البروم.

١. ارسم الصيغ الموسعة لكلا المركبَين.

٢. في وجود الأشعة فوق البنفسجية UV، يتفاعل البيوتان الحلقي مع البروم ليكوّن 1 – بروموبيوتان حلقي.
   أ. اكتب معادلة التفاعل.
   ب. استخدم المعادلات لوصف آلية حدوث التفاعل وشرحها، مع تسمية كل خطوة في هذه العملية.

٣. يتفاعل 1 – بيوتين مع البروم ليعطي 2،1 – ثنائي بروموبيوتان. ارسم آلية حدوث التفاعل، بما في ذلك الأسهم المنحنية.

٤. يتفاعل 1 – بيوتين مع بروميد الهيدروجين ليعطي مادتَين ناتجتَين عضويتَين.
   أ. أعط الصيغ الهيكلية لكلا المادتَين الناتجتَين.
   ب. حدد المادة الناتجة الرئيسية واشرح سبب تكوّنها أكثر من المادة الناتجة الأخرى.

٥. إذا تمّ خلط ورج ماء البروم مع هيدروكربون سائل مثل الهكسان الحلقي، فإن لون ماء البروم الأحمر / البرتقالي يتلاشى ويصبح لون الهكسان الحلقي برتقاليًا ساطعًا / أحمر. اشرح هذه الملاحظة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يجب على الطلبة استخدام المصطلحات: كاتيون كربوني، ونقص في الإلكترونات، وإلكتروفيل، ونيوكليوفيل، وأكسدة في السياق الصحيح.

المهارة الحسابية

- فضلًا عن وزن المعادلات، يجب حساب عدد الروابط المنكسرة والمتكونة في هذا الدرس.

الموضوع ٩-٣ الهالوجينوألكانات - تصنيف الهالوجينوألكانات

الأهداف التعليمية

٩-٨ يصنّف الهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) إلى أولية وثانوية وثالثية.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصة واحدة

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-٣ الهالوجينوألكانات – تصنيف الهالوجينوألكانات السؤال ٨ أسئلة نهاية الوحدة ٥(ب)	• تصنيف الهالوجينوألكانات إلى أولية وثانوية وثالثية
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-٥ بنية الهالوجينوألكانات وتصنيفها أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٥ (أ)	• تصنيف الهالوجينوألكانات إلى أولية وثانوية وثالثية

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

قد يجد الطلبة صعوبة في التمييز ما بين الهالوجينوألكانات الأولية والثانوية والثالثية عند استخدام الصيغ غير الموسعة.

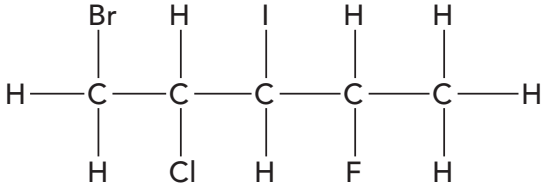
أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

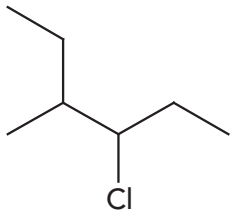
كلف الطلبة أن يسمّوا الهالوجينوألكانات الآتية:

A



الإجابة: 1 – برومو – 2 – كلورو – 4 – فلورو – 3 – يودوبنتان

B



الإجابة: 3 – كلورو – 4 – ميثيل هكسان

C $CH_3CH_2CBr_2CH_2CHBrCH_2CHBrCH_3$

الإجابة: 6،6،4،2 – رباعي بروموأوكتان

D

الإجابة: 2 –كلورو – 2 –فلوروبروبان

من المركبات السابقة، ما البنية التي **لا** تمتلك أي متشاكلات ضوئية؟

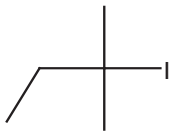
الإجابة: 2 –كلورو – 2 –فلوروبروبان

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

كلف الطلبة أن يرسموا الصيغ الهيكلية للهالوجينوألكانات الآتية:

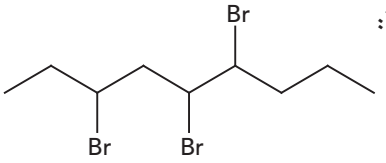
2 – يودو – 2 – ميثيل بيوتان

الإجابة:



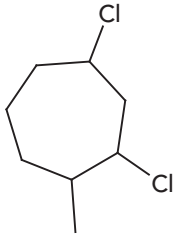
6،5،3 – ثلاثي برومونونان

الإجابة:



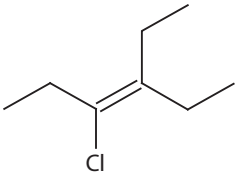
3،1 – ثنائي كلورو – 4 – ميثيل هبتان حلقي (سايكلوهبتان)

الإجابة:



3 – كلورو – 4 – إيثيل – 3 – هكسين

الإجابة:



لماذا لا تمتلك بنية 3 – كلورو – 4 – إيثيل – 3 – هكسين أي متشاكلات فراغية؟

الإجابة: لا يوجد تشاكل هندسي سيس وترانس في حال وجود مجموعتَين (ذرّتَين) متماثلتَين على إحدى ذرتي الكربون في الرابطة C=C. في هذه الحالة، توجد مجموعتا إيثيل.

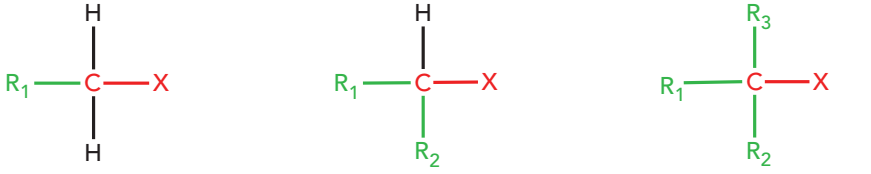
لا وجود لمتشاكلات ضوئية بسبب عدم وجود كربون كيرالي.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، نشاط تعليمي واحد هنا.

١ تصنيف الهالوجينوألكانات (٢٥ دقيقة)

قدم الدرس للطلبة مع التركيز على أهمية تصنيف الهالوجينوألكانات وفقًا لتركيبها، حيث إن نوع التركيب يمكن أن يؤثر أيضًا على الخصائص الفيزيائية والنشاط الكيميائي للهالوجينوألكان. يوضح الشكل (٩-١٠) أمثلة مختلفة لتراكيب الهالوجينوألكانات.



هالوجينوألكان أولي　　هالوجينوألكان ثانوي　　هالوجينوألكان ثالثي

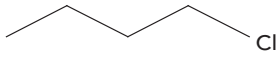
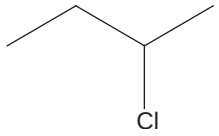
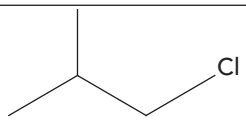
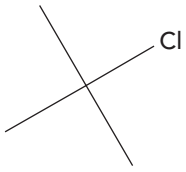
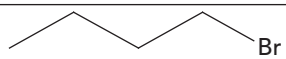
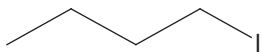
الشكل ٩-١٠

- تمتلك الهالوجينوألكانات الأولية المجموعة $R_1 - CH_2 - X$ (ذرتا هيدروجين على ذرة C المرتبطة بالهالوجين)
- تمتلك الهالوجينوألكانات الثانوية المجموعة $R_1R_2 - CH - X$ (ذرة هيدروجين واحدة على ذرة الكربون المرتبطة بالهالوجين).
- تمتلك الهالوجينوألكانات الثالثية المجموعة $R_1R_2R_3-C-X$ (لا يوجد أي ذرة هيدروجين على ذرة الكربون المرتبطة بالهالوجين).

› **فكرة للتقويم ١:** أعطِ الطلبة صندوق النموذج الجزيئي وكلفهم تركيب الهالوجينوألكانات الآتية التي تحتوي على هالوجين واحد وأربع ذرات كربون:

$CH_3CH_2CH_2CH_2Cl$	$CH_3CH_2CHClCH_3$	$(CH_3)_2CHCH_2Cl$	$(CH_3)_3CCl$
$CH_3CH_2CH_2CH_2Br$	$CH_3CH_2CH_2CH_2I$		

كلف الطلبة أن يقوموا برسم الصيغ الهيكلية لهذه التراكيب، وتسميتها وتصنيفها كهالوجينوألكانات أولية أو ثانوية أو ثالثية. الإجابات موضحة في الجدول ٩-٦.

النموذج (الصيغة البنائية)	الصيغة الهيكلية	الاسم	التصنيف
$CH_3CH_2CH_2CH_2Cl$		1 – كلوروبيوتان	أولي
$CH_3CH_2CHClCH_3$		2 – كلوروبيوتان	ثانوي
$(CH_3)_2CHCH_2Cl$		1 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان	أولي
$(CH_3)_3CCl$		2 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان	ثالثي
$CH_3CH_2CH_2CH_2Br$		1 – بروموبيوتان	أولي
$CH_3CH_2CH_2CH_2I$		1 – يودوبيوتان	أولي

الجدول ٩–٤

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة الإجابة عن سؤال ٥ (ب) من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب الطالب. ترد الإجابات والتعليقات في الجدول (٩–٥).

أي ممّا يلي يعد هالوجينوألكان ثالثيًا؟

أ. $CHBr_3$

ب. $CH_3CH_2CH_2Br$

ج. $(CH_3)_2CHCHBrCH_3$

د. $(CH_3)_2CBrCH_2CH_3$

الإجابة	التعليق
أ	غير صحيح. لقد خلط الطالب بين أن المقصود بالثالثي هو ارتباط ثلاث مجموعات ألكيل بذرة كربون وارتباط ثلاث ذرات هالوجين بذرة كربون.
ب	غير صحيح. يمتلك هذا الجزيء ذرّتَي هيدروجين مرتبطتَين بالكربون الذي يحمل ذرة الهالوجين. هذا الهالوجينوألكان أولي.
ج	غير صحيح. الكربون المرتبط بذرة الهالوجين يمتلك ذرة هيدروجين واحدة ومجموعتَي ألكيل، ما يجعل منه هالوجينوألكان ثانويًا.
د	صحيح. الكربون المرتبط بذرة الهالوجين يمتلك ثلاث مجموعات ألكيل (مجموعتا ميثيل ومجموعة إيثيل واحدة) ما يجعل منه هالوجينوألكان ثالثيًا.

الجدول ٩-٥

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يمكن تزويد الطلبة بأسماء هالوجينوألكانات لتصنيفها في تراكيب مختلفة.

الاسم	الإجابة
2 – بروموبيوتان	ثانوي
1 – بروموبنتان	أولي
3 – بروموبنتان	ثانوي
2 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان	ثالثي
2 – برومو – 3 – ميثيل بيوتان	ثانوي
يودوإيثان	أولي

يمكن تكليف الطلبة العمل على وضع بعض القواعد لتصنيف تراكيب الهالوجينوألكانات.
علي سبيل المثال، فإن الأسماء التي يكون فيها «1 –» قبل الهالوجين تمثل هالوجينوألكانات أولية، والأسماء التي يمتلك فيها الهالوجين ومجموعة ألكيل الرقم نفسه فتمثل هالوجينوألكانات ثالثية، وهكذا.

الدعم

يجب تشجيع الطلبة الذين يواجهون صعوبة في تحديد أنواع التراكيب المختلفة من الصيغ البنائية والهيكلية على رسم الصيغ الموسعة أولًا.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يمكن اختبار فهم الطلبة من خلال عرض أنواع مختلفة من صيغ الهالوجينوألكانات (من كتاب الطالب) وتصنيف التراكيب.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- سيحتاج الطلبة إلى فهم قواعد التسمية واستخدام المصطلحات الكيميائية التي تصف بدقة أنواعًا مختلفة من الهالوجينوألكانات.

المهارة الحسابية

- سيحتاج الطلبة إلى تفسير المخططات التركيبية وإظهار فهمهم للفضاء المكاني لتحديد مواقع ذرات الهالوجين على السلسلة الكربونية.

الموضوع ٩-٣ الهالوجينوأكانات- تحضير الهالوجينوألكانات

الأهداف التعليمية

٩-٧ يتذكّر المواد الكيميائية والظروف التي يمكن عن طريقها إنتاج الهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) من التفاعلات الآتية:

(أ) تفاعل الاستبدال في الألكانات بوساطة الجذور الحرة باستخدام Cl_2 أو Br_2.

(ب) تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية لألكين ما مع هالوجين X_2 أو هاليد الهيدروجين HX(g).

(ج) تفاعل الاستبدال للكحولات مع:

(١) HX

(٢) KBr و H_2SO_4

(٣) PCl_5، أو $SOCl_2$

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصة واحدة

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-٣ الهالوجينوألكانات - تحضير الهالوجينوألكانات السؤال ٩ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٥(ج)	• مراجعة تفاعلات الاستبدال والإزالة، وفهم الاختلافات بينها • تحضير الهالوجينوألكانات عن طريق تفاعلات الاستبدال بالجذر الحر في ألكان، والإضافة الإلكتروفيلية إلى ألكين والاستبدال في كحول
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-٦ تحضير الهالوجينوألكانات أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٧	• تحضير الهالوجينوألكانات عن طريق تفاعلات الاستبدال بالجذر الحر في ألكان، والإضافة الإلكتروفيلية إلى ألكين والاستبدال في كحول

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

ينسى الطلبة وزن المعادلات عند استخدام PCl_5 و $SOCl_2$ كمواد متفاعلة.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

ناقش مع الطلبة الطرائق المختلفة التي يمكن من خلالها صنع الكلوروإيثان من الإيثان والإيثين

الإجابة: من الإيثان، أضف الكلور وعرضه إلى الأشعة فوق البنفسجية UV.

$$C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{UV} C_2H_5Cl + HCl$$

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

ناقش مع الطلبة كيف يمكن فصل الكلوروإيثان عن مخلوط التفاعل الغازي الذي يحتوي على الإيثان أو الإيثين (تساوي درجتا غليان الإيثان والإيثين على التوالي: 89°C- و104°C-، بينما تبلغ درجة غليان كلوروإيثان 12°C).

الإجابة: يمكن تبريد المخلوط حتى 0°C، فيتكثف الكلوروإيثان ويتم فصله في شكل سائل.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ تحضير الهالوجينوألكانات (٢٥ دقيقة)

اعرض أمام الطلبة عملية (مراحل) تحضير الهالوجينوألكانات باستخدام ثلاثة أنواع رئيسية من التفاعلات. عند عرض كل نوع من التفاعلات، اطلب إلى أحدهم كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة لعملية التحضير التي يتم وصفها.

١. تفاعل الاستبدال بالجذر الحر باستخدام الألكانات والهالوجين في وجود الأشعة فوق البنفسجية UV. تمّت دراسة هذا التفاعل بالتفصيل في الموضوع ٩-١.

على سبيل المثال: $C_2H_6 + Br_2 \longrightarrow C_2H_5Br + HBr$

٢. تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية باستخدام ألكين مع هالوجين أو هاليد الهيدروجين.

$$H_2C{=}CH_2 + HBr \longrightarrow C_2H_5Br$$

$$H_2C{=}CH_2 + Br_2 \longrightarrow C_2H_4Br_2$$

٣. تفاعل استبدال مجموعة الهيدروكسيل (–OH) في كحول باستخدام:

أ. هاليد الهيدروجين

$$CH_3CH_2OH + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl + H_2O$$

ب. هاليد الهيدروجين المحضّر مباشرة في مخلوط التفاعل من H_2SO_4 المركز والهاليد الفلزي

$$H_2SO_4 + KBr \longrightarrow KHSO_4 + HBr$$

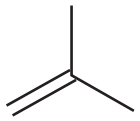
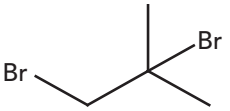
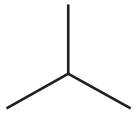
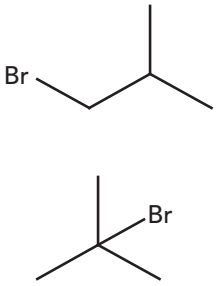
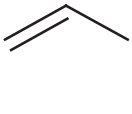
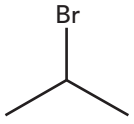
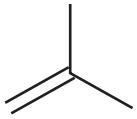
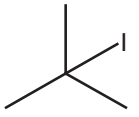
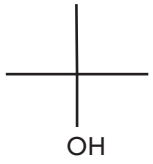
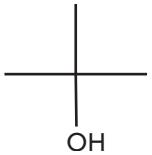
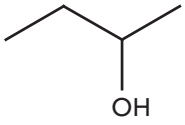
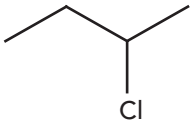
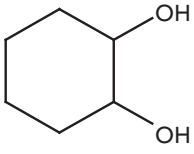
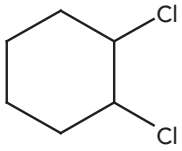
$$CH_3CH_2OH + HBr \longrightarrow CH_3CH_2Br + H_2O$$

ج. استخدام عامل هلجنة مثل PCl_5 أو $SOCl_2$

$$CH_3CH_2OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3CH_2Cl + POCl_3 + HCl$$

$$CH_3CH_2OH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3CH_2Cl + HCl + SO_2$$

› **فكرة للتقويم ١:** أعطِ الطلبة نسخة من الجدول ٩-٦ يكون فيها العمود الأول فقط "التفاعل المستخدم لتحضير هالوجينوألكان" مكتملاً. اطلب إليهم إكمال أعمدة المادة الناتجة العضوية الرئيسية مع الصيغة الهيكلية للمادة الناتجة العضوية الرئيسية، والظروف والمواد الناتجة الأخرى (المخلفات). يجب أن يكتبوا "لا شيء" في حال عدم وجود أي مواد ناتجة أخرى.

التفاعل المستخدم لتحضير الهالوجينوألكان	المادة الناتجة الرئيسية	الظروف	المواد الناتجة الأخرى (المخلفات)
 + $Br_2(l)$		درجة حرارة وضغط الغرفة	لا شيء
 + $Br_2(l)$		أشعة UV	HBr
 + HBr(aq)		درجة حرارة وضغط الغرفة	لا شيء
 + HI(aq)		درجة حرارة وضغط الغرفة	لا شيء
 + HCl(g)		درجة حرارة وضغط الغرفة (يمكن استخدام H_2SO_4 وكلوريد الفلز لإنتاج HCl مباشرة في مخلوط التفاعل)	H_2O
 + $PCl_5(s)$		درجة حرارة وضغط الغرفة	HCl و $POCl_3$
 + $SOCl_2(l)$		درجة حرارة وضغط الغرفة	HCl و SO_2

الجدول ٩-٦

فكرة للتقويم ٢: اطلب إلى الطلبة إعداد مخطط تفاعل (خريطة ذهنية) يوضح طرائق مختلفة يمكن من خلالها صنع 1 – كلوروبروبان من ثلاثة مركبات عضوية مختلفة. يجب أن يتضمن مخطط التفاعل المواد المتفاعلة والظروف والمواد الناتجة. يجب على الطلبة بعد ذلك تقويم مزايا كل واحدة من طرائق التحضير وعيوبها في ضوء المواد الأولية والظروف والمواد الناتجة الأخرى (المخلفات) والمواد الناتجة البديلة التي قد تتكوّن.

٢ تحضير الهالوجينوألكانات، عرض توضيحي (١٠ دقائق)

ثمّة أربع طرائق ممكنة لإنتاج الهالوجينوألكانات عن طريق تفاعل الاستبدال في الكحولات. يمكنك تقديم عرض توضيحي حول هذه الطرائق. يمكن تلخيص الطرائق على ورقة أو أخذها من كتاب الطالب أو تقديمها في شكل ملاحظات، وفقًا للوقت المتاح.

١. تفاعل HBr مع كحول. يتم تكوين HBr من تفاعل NaBr أو KBr مع H_2SO_4 المركز. على سبيل المثال،

$$CH_3CH_2CH_2CH_2OH + HBr \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2Br + H_2O$$

يتطلب هذا التفاعل كحولًا واستخدام KBr أو NaBr مع حمض الكبريتيك المركز. تكوّن هاتان المادتان المتفاعلتان بروميد الهيدروجين، الذي يتفاعل مع الكحول.

كجزء من العرض التوضيحي، يمكنك أن تعرض على الطلبة جهاز التقطير المرتد والفصل الذي سيتم استخدامه.

يوفر لك عرض الجهاز فرصة لشرح كيف يعمل التقطير المرتد. الوصف المختصر هو "التبخر والتكثيف المستمر". إنها طريقة للتأكد من أن التفاعلات العضوية البطيئة نسبيًا مع مكونات متطايرة يمكن إتمامها من دون فقدان أي من هذه المكونات عن طريق التبخر.

٢. تفاعل PCl_5 مع الكحولات عند درجة حرارة الغرفة. يجب إجراء العرض التوضيحي لهذا التفاعل في خزانة الأبخرة.

يُعدّ هذا التفاعل أيضًا اختبارًا لمجموعات OH–. ضع 3 mL من الكحول (مثل 1 – بيوتانول) في أنبوبة اختبار جافة. أضف بعناية مقدار عدة ملاعق كيماويات من PCl_5 إلى الكحول. يُعدّ التفاعل طاردًا للحرارة بشدة ويمكن رؤية أبخرة ضبابية من كلوريد الهيدروجين. بعد إضافة كمية من PCl_5، يمكن رؤية طبقتَين منفصلتَين داخل أنبوبة الاختبار مع 1 – كلوروبيوتان في الطبقة العليا. تُعدّ كيفية تنقية هذه الطبقة نقطة أخرى للمناقشة.

› **فكرة للتقويم:** يوضح الجدول (٩–٧) عمليات التنقية لـ 1 – كلوروبيوتان. يجب على الطلبة كتابة وصف لخطوة التنقية التي شاهدوها، ثم كتابة شرح لتلك الخطوة بعد مناقشة (شرح) السبب الذي يجعلهم يعتقدون أنه قد تمّ إجراء هذه الخطوات. يظهر الجدول (٩–٧) مثالًا على كيفية قيام الطلبة بترتيب ملاحظاتهم، مع بعض المشاهدات والتفسيرات التي يمكنهم إجراؤها. يمكنك رسم عمود إضافي في نهاية الجدول لكي يتمكّن الطلبة من إدخال الإجابات الفعلية الصحيحة وتقييم إجاباتهم. عند الانتهاء من النشاط، يمكن للطلبة مناقشة الإجابات بإشرافك.

خطوة التنقية	شرح الخطوة
يُنقل المخلوط إلى قمع تنقيط صغير ويفتح صنبور القمع لفصل الطبقتَين في دورقَين مختلفَين.	يمكن فصل سائلَين لا يمتزجان (لا يختلطان) ويمتلكان كثافات مختلفة بحيث تكون الطبقة المائية غالبًا هي الطبقة العليا في حالة الهالوجينوألكانات.
يضاف محلول مشبع من كربونات الصوديوم الهيدروجينية إلى الطبقة العضوية في القمع ويرجّ المخلوط. تُزال سدادة القمع كل 10 ثوانٍ لتقليل الضغط.	تتعادل كربونات الصوديوم الهيدروجينية مع الحمض (HCl) الموجود، وفق المعادلة الآتية: $NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$ تزال السدادة لتخفيف الضغط الناجم عن غاز ثاني أكسيد الكربون.
يتم إخراج وفصل الطبقتَين الواحدة تلو الأخرى في دورق لكل منهما. يضاف كلوريد الكالسيوم اللامائي إلى الطبقة العضوية (غالبًا ما تكون الطبقة السفلى في حالة الهالوجينوألكانات).	يُعدّ كلوريد الكالسيوم اللامائي عامل تجفيف ويزيل أي ماء موجود في الطبقة العضوية.
يتم تقطير السائل العضوي ويُجمع الجزء الناتج عند درجة غليان 78-80°C.	تبلغ درجة غليان 1 - كلورو بيوتان 79 °C، لذا فإن أي سائل يتم تقطيره عند 79±1 °C سيكون المركب النقي.

الجدول ٩-٧

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

أكمل سلسلة التفاعل الآتية بإعطاء المواد المتفاعلة والظروف اللازمة لكل خطوة.

$$CH_3CH{=}CHCH_3 \longrightarrow CH_3CH_2CH(OH)CH_3 \longrightarrow CH_3CHClCHClCH_3$$

الدعم

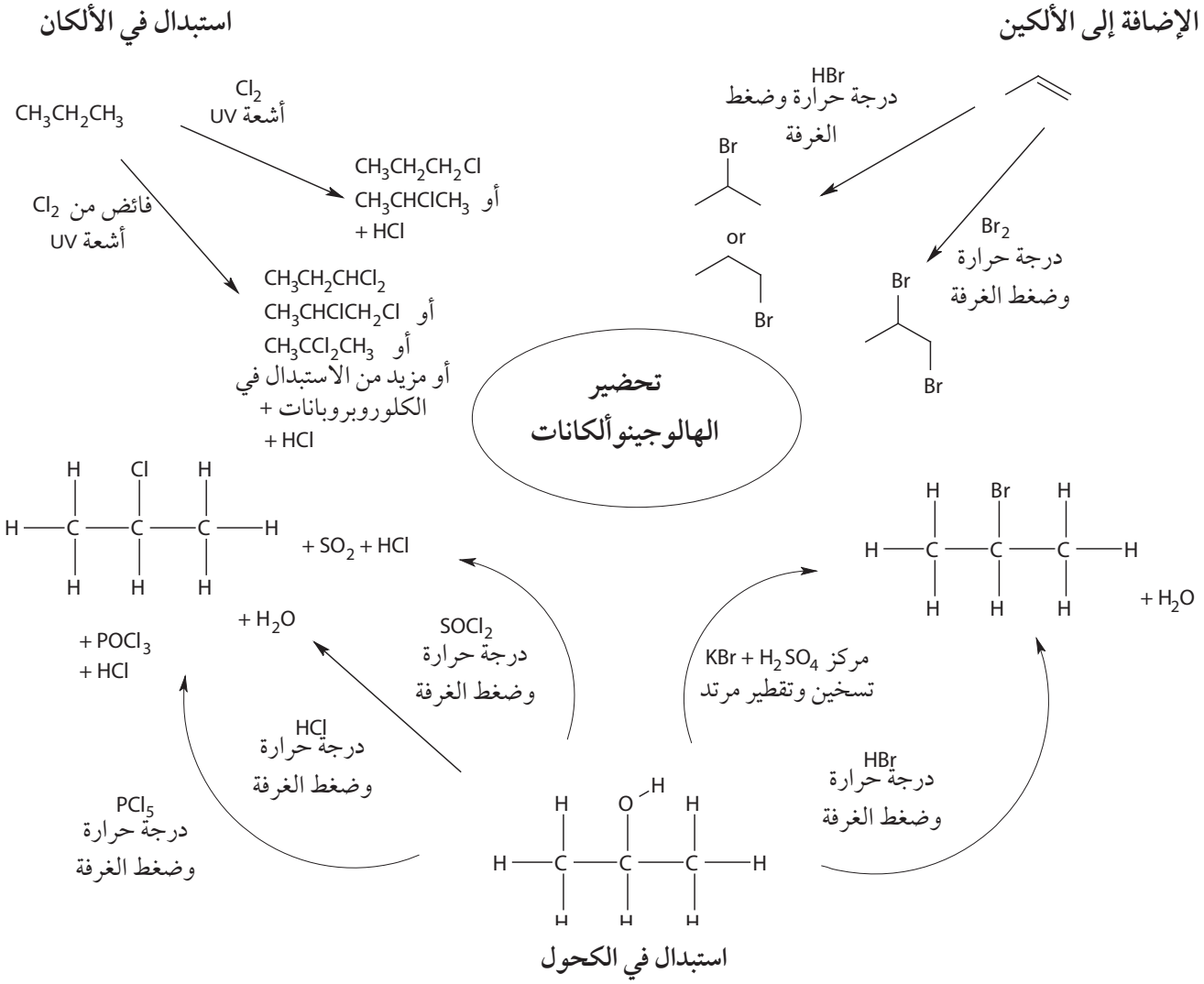
عند استخدام كحول لتحضير هالوجينوألكان، يحل الهالوجين في الموقع نفسه للمجموعة OH.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يُعدّ هذا الدرس منفصلًا عن هذه الوحدة، ويمكن للطلبة مراجعة ما تعلموه ومناقشة ما فهموه بالإضافة إلى النقاط الرئيسية.

إذا لزم الأمر، يمكنك تكرار بعض الأسئلة التي طرحت على الطلبة في وقت سابق، طالبًا إليهم الإجابة عنها بشكل منفرد أو حثّهم على إنشاء مخطط التفاعل / الخريطة الذهنية الموضحة في الشكل (٩-١١) أدناه.

تابع



الشكل ٩-١١

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- سيستخدم الطلبة مفردات استخدموها من قبل، مثل الإضافة والاستبدال.
- عندما يصفون خطوات التنقية، يجب أن يقوموا بذلك بشكل مختصر ودقيق.

المهارة الحسابية

- إضافة إلى وزن المعادلات، يوجد القليل من الروابط مع المهارات الحسابية في هذا الدرس.

الموضوع ٩-٣ الهالوجينوألكانات- تفاعلات الاستبدال النيوكليوفيلي وآلية حدوث تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوألكانات

ملاحظة: لا يتم تقسيم هذا الموضوع إلى مواضيع منفصلة لأن التوقيت يفرض وجود تداخل بين الدروس. لذلك، فإنه لا يتبع النمط المعتاد.

الأهداف التعليمية

٩-٩ يصف تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي للهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) مع:

(أ) محلول NaOH(aq) بالتسخين لإنتاج كحول.

(ب) محلول نترات الفضة المائي في الإيثانول كطريقة لتحديد نوع الهالوجين الموجود.

٩-١١ يشرح آلية الاستبدال النيوكليوفيلي

للهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) الأولية مع كل من محلول NaOH المائي، والماء.

٩-١٢ يصف النشاط الكيميائي للهالوجينوألكانات (هاليدات الألكيل) ويشرحها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-٣ الهالوجينوألكانات – تفاعلات الاستبدال النيوكليوفيلي – آلية حدوث تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوألكانات مهارات عملية ٩-١ التسخين باستخدام جهاز التقطير المرتد (Reflux heating) مهارات عملية ٩-٢ تحديد الهالوجينوألكانات باستخدام محلول نترات الفضة المائي مهارات عملية ٩-٣ استقصاء النشاط الكيميائي للهالوجينوألكانات باستخدام محلول نترات الفضة المائي الأسئلة ١٠، ١١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٥(د)، ٦(أ، ب، ج، د)	• تفاعلات التحلل المائي (الاستبدال) في الهالوجينوألكانات • آلية حدوث الاستبدال النيوكليوفيلي للهالوجينوالكانات • تأثير ذرة الهالوجين على معدل سرعة تفاعل التحلل المائي للهالوجينو ألكانات • استخدام محلول نترات الفضة لتحديد الهالوجينوالكانات
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-٨ الاستبدال النيوكليوفيلي للهالوجينوألكانات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٥ (ب، ج)، ٦(أ، ب، ج)	• تفاعلات الهالوجينوألكانات • الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينو ألكانات • آليات حدوث الاستبدال النيوكليوفيلي

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

ينبغي عدم الخلط بين النشاط الكيميائي للرابطة كربون–هالوجين والنشاط الكيميائي لذرة الهالوجين نفسها.

يعتقد بعض الطلبة أن الكلور سيكون الأسرع في التفاعل نظرًا إلى ما يعرفون عنه بأنه الأكثر نشاطًا كيميائيًا بين الهالوجينات التي درسوها.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

استرجع مع الطلبة العوامل الأساسية التي تحدد اختلاف النشاط الكيميائي بين الألكانات والألكينات.

هذه العوامل يجب أن تشمل موقع المجموعة الوظيفية، القطبية وتوزع الإلكترونات، وقوة الروابط.

أدر النقاش مع الطلبة عبر طرح الأسئلة الآتية:

كيف يمكن استخدام هذه المعارف للتنبؤ بكيفية تفاعل الهالوجينوألكانات؟

هل من المتوقع أن تتفاعل الكلوروألكانات والبروموألكانات واليودوألكانات بالطريقة نفسها؟

كيف يؤثر تغيير الهالوجين على النشاط الكيميائي النسبي؟

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

كلف الطلبة أن يقوموا بتصنيف الجسيمات الآتية كإلكتروفيل أو نيوكليوفيل:

CH_3OH ، NH_3 ، H_2O ، Cl^- ، OH^- ، H^+ ، Br^-

ما الميزة المشتركة بين الجسيمات التي حُدّدت كنيوكليوفيل؟

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، يرد العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي (١٥ دقيقة)

اسأل الطلبة عن نوع التفاعل الأكثر احتمالًا، والذي تخضع له الهالوجينوألكانات (ارسم تركيب هالوجينوألكان بسيطًا مثل الكلوروإيثان). هل سيكون هذا النوع من التفاعلات أشبه بتفاعلات الألكانات أو تفاعلات الألكينات؟ يجب أن يستنتجوا من التركيب أن إضافة مزيد من الذرات غير ممكن، بينما يُعدّ الاستبدال ممكنًا.

اعرض قيم السالبية الكهربائية للكربون (2.5) والكلور (3.16) والبروم (2.96) واليود (2.66) على اللوح. اسأل الطلبة عمّا يفيدهم هذا حول طبيعة الرابطة C – X وأي نوع من الجسيمات النشطة كيميائيًا سينجذب إلى ذرة الكربون. يجب أن يحددوا أن الهالوجينات هي أكثر سالبية كهربائية من C، لذلك ستكون C–X قطبية. ونظرًا إلى أن ذرة C تحمل دائمًا شحنة موجبة جزئية بسيطة في هذه الرابطة، لذلك ستجذب النيوكليوفيلات.

المثال الأول للاستبدال الذي يجب دراسته هو التحلل المائي لهالوجينوألكان باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي أو الماء فقط. اطلب إلى الطلبة تبرير سبب سلوك هيدروكسيد الصوديوم والماء كنيوكليوفيلات.

الإجابة: يجب أن تكون النيوكليوفيلات قادرة على منح زوج من الإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية جديدة. يحتوي هيدروكسيد الصوديوم على أيونات هيدروكسيد تمتلك أزواجًا منفردة من الإلكترونات يمكنها منحها، وكذلك يفعل الماء. يمكن رسم صيغ كلا الجسيمَين وإضافة أزواج منفردة من الإلكترونات.

ترد أمثلة حول هذه التفاعلات في المعادلات أدناه:

$$NaOH(aq) + CH_3CH_2CH_2CH_2Br(l) \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH(l) + NaBr(aq)$$

$$H_2O(l) + CH_3CH_2CH_2CH_2Cl(l) \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH(l) + HCl(aq)$$

ينبغي تسخين مخلوط التفاعل مع تقطير مرتد ليحدث هذا التفاعل. عند كتابة المعادلة، يجب على الطلبة كتابة "تقطير مرتد" و"تسخين" على السهم لأن هذه الشروط تُعدّ مهمة. ناقش مع الطلبة سبب حاجة مخلوط التفاعل إلى التسخين (لا تحتاج تفاعلات الألكين عمومًا إلى أي تسخين؛ أمّا تفاعلات الألكان فتحتاج إلى الأشعة فوق البنفسجية UV أو أنها لا تحدث)، ثم ناقش سبب الحاجة إلى التقطير المرتد.

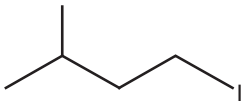
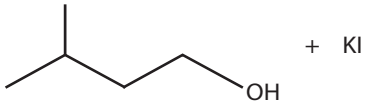
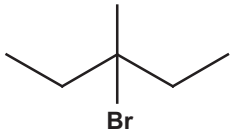
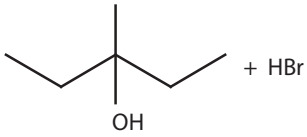
الإجابة: تتطلب تفاعلات الاستبدال كسر روابط أحادية سيجما والتي تكون قوية نسبيًا وتحتاج إلى توافر قدر من الطاقة. لذلك، يكون التسخين لازمًا.

يُعدّ التقطير المرتد تقنية تستخدم للسماح بتسخين مخاليط التفاعلات من دون تبخر مادة متفاعلة عضوية متطايرة عند غليانها.

تكون تفاعلات الاستبدال النوكليوفيلي أبطأ عند استخدام الماء بدلًا من محلول هيدروكسيد الصوديوم. اسأل الطلبة عن سبب ذلك.

الإجابة: الماء جزيء قطبي متعادل، بينما تحمل أيونات الهيدروكسيد شحنة سالبة تجعل من هذا الأيون نيوكليوفيل أقوى.

فكرة للتقويم: يكمل الطلبة الجدول بملء الفراغات في أعمدة المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة عند الضرورة. ويرد مثال واحد في الجدول ٩-٨. تكون أجزاء الجدول المراد استكمالها مكتوبة بخط مائل.

المواد المتفاعلة	المواد الناتجة
$CH_3CHBrCH_3 + NaOH(aq)$	$CH_3CH(OH)CH_3 + \textit{NaBr}$ (2 – بروبانول)
$(CH_3)_3CCl + H_2O$	2 – ميثيل – 2 – بروبانول $(CH_3)_3COH + HCl$
 3 – ميثيل – 1 – يودوبيوتان	 3 – ميثيل – 1 – بيوتانول
 3 – برومو – 3 – ميثيل بنتان	 3 – ميثيل – 3 – بنتانول

الجدول ٩-٨

٢ تحديد الهالوجينوألكانات (١٥ دقيقة)

ناقش مع الطلبة أنه عند الاستبدال في الهالوجينوألكانات، ينتج دائمًا أيون هاليد، وأن اختبار هذا الأيون يُعدّ طريقة جيدة لتحديد نوع الهالوجينوألكان المستخدم. يجب أن يتذكر الطلبة استخدام محلول نترات الفضة لاختبار الهاليدات، وأن لون الراسب يشير إلى الهاليد.

يمكن عرض اختبار بسيط لتحديد نوع الهالوجينوألكان على النحو الآتي:

- تُضاف بضع قطرات من هالوجينوألكان (على سبيل المثال: 1 – كلوروبيوتان، 1 – بروموبيوتان، 1 – يودوبيوتان) إلى 2-3 mL من الإيثانول.
- يُضاف 2-3 mL من محلول مائي من نترات الفضة إلى الهالوجينوألكان ويتم تسخين المخلوط ببطء.

النتائج المتوقعة هي:

- راسب أبيض لتأكيد الكلوروألكان.
- راسب قشدي لتأكيد البروموألكان.
- راسب أصفر لتأكيد اليودوألكان.

اطرح أسئلة على الطلبة حول سبب إجراء عمليات معيّنة:

لماذا يجب إضافة الهالوجينوألكان إلى الإيثانول قبل إضافة محلول نترات الفضة المائي؟

الإجابة: للسماح باختلاط الهالوجينوألكان العضوي مع المحلول المائي غير العضوي.

ما المادة التي يتفاعل الهالوجينوألكان معها في محلول نترات الفضة المائي؟

الإجابة: الماء.

لماذا يحتاج التفاعل إلى تسخين؟

الإجابة: لكسر الرابطة C–X

ما الراسب الذي يتكوّن؟

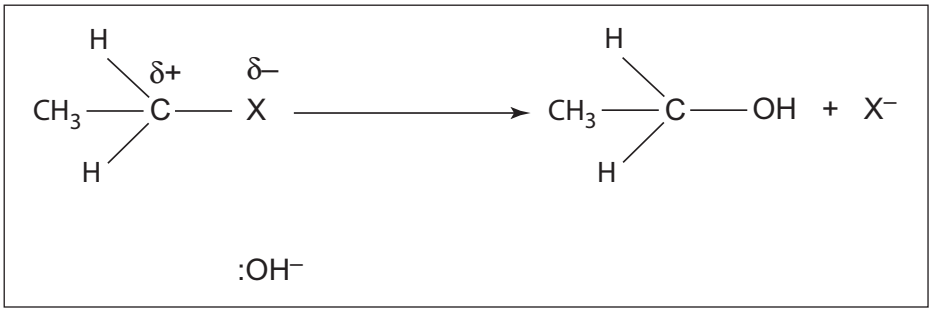
الإجابة: هاليد الفضة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة كتابة معادلات لـ:

- التفاعل بين الهالوجينوألكان والماء.
- التفاعل بين أيونات الهاليد والفضة.

٣ آلية تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي (٢٥ دقيقة)

لخص الأفكار المتعلقة بالاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوألكانات من النشاط السابق. اعرض على الطلبة الشكل (٩–١٢). اطلب إليهم إدخال إشارات ثنائيات الأقطاب على الرابطة C–X وإكمال الشكل (٩–١٢) عن طريق رسم الأسهم المنحنية لتوضيح حركة أزواج الإلكترونات في الروابط.



الشكل ٩-١٢

› **فكرة للتقويم ١:** ينبغي للطلبة إكمال المخطط الموضح في الشكل (٩-١٢) ويجب عليهم وصف ما يحدث باستخدام الكلمات: الرابطة القطبية، والجذب، والنيوكليوفيل، والانشطار غير المتجانس، والكربون الذي لديه نقص في الإلكترونات.

يجب أن يتضمن الوصف النقاط الموضحة أدناه.

- الرابطة C–X قطبية
- بسبب الاختلاف في قيم السالبية الكهربائية بين الكربون والهالوجين X.
- ذرة الكربون لديها نقص في الإلكترونات ويمكنها جذب أيون سالب (أو جزيء قطبي).
- يُعدّ الأيون السالب نيوكليوفيل وهو يمنح زوجًا من الإلكترونات للكربون مكونًا رابطة تساهمية.
- في الوقت نفسه، تخضع الرابطة C–X لانشطار غير متجانس.
- تأخذ (تكسب) ذرة الهالوجين كلا الإلكترونَين أو تكوّن أيونًا سالبًا.

› **فكرة للتقويم ٢:** يجب على الطلبة إعادة رسم آلية حدوث الاستبدال النيوكليوفيلي الموضحة في الشكل (٩-١٢) ولكن هذه المرة باستخدام الماء كنيوكليوفيل. عليهم إضافة خطوة وسطية حيث يتكوّن جسيم وسيط وتتم إزالة أيون هيدروجين.

٤ كيف يؤثر نوع الهالوجين في الهالوجينوألكان على معدل سرعة تفاعل التحلل المائي لهالوجينوألكان؟ تخطيط نشاط لاستقصاء هذا التأثير (٣٥ دقيقة)

قدم للطلبة عرضًا توضيحيًا (أو اعرض مقطع فيديو) لتفاعل 1 – بروموبيوتان مع الماء. في حال تقديم العرض التوضيحي:

- أضف 5 قطرات من 1 – بروموبيوتان الى 2 mL من الإيثانول في أنبوبة اختبار مع سدادة.
- أضف 2 mL من محلول نترات الفضة (0.05 mol/L) إلى أنبوبة اختبار ثانية.
- ضع كلا أنبوبتَي الاختبار في كأس من الماء الدافئ (نحو 50°C) واترك الأنبوبتَين لتسخنا مدة 5 دقائق.
- ارسم علامة زائد باللون الأسود على ورقة ثم ضعها وراء الكأس بحيث تكون علامة زائد مرئية من خلال الماء وأنبوبة الاختبار لمحلول 1 – بروموبيوتان.
- عندما تنتهي من التجهيز، اسكب محلول نترات الفضة في محلول 1 – بروموبيوتان، كلف الطلبة تحديد الوقت الذي يستغرقه مخلوط التفاعل ليصبح معتمًا مع اختفاء علامة زائد.

أثناء انتظار حدوث التفاعل، اسأل الطلبة:

- ما معادلة التفاعل بين 1 – بروموبيوتان والماء؟
- لماذا يضاف 1 – بروموبيوتان إلى الإيثانول أولًا بدلًا من مجرد إضافته مباشرة إلى الماء أو إلى محلول مائي؟
- ما الغرض من نترات الفضة؟
- اكتب معادلة تكوّن الراسب.
- كيف يختلف لون الراسب بين الكلوروبيوتان والبروموبيوتان واليودوبيوتان؟

الإجابات:

- $CH_3CH_2CH_2CH_2Br + H_2O \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH + HBr$
- لا تختلط الهالوجينوألكانات والماء، لكن الإيثانول سيذيب 1 – بروموبيوتان ويسمح له بالاختلاط بالماء (المحاليل المائية).
- سوف تتسبب نترات الفضة بترسيب أي أيونات هاليد قد تتكوّن، في هذه الحالة أيونات Br^-.
- $Ag^+(aq) + Br^-(aq) \longrightarrow AgBr(s)$
- سيكوّن الكلوروبيوتان أيونات الكلوريد وراسبًا أبيض اللون مع أيونات الفضة. سيكوّن البروموبيوتان أيونات بروميد وراسبًا قشديًا مع أيونات الفضة؛ سيكوّن اليودوبيوتان أيونات يوديد وراسبًا أصفر اللون مع أيونات الفضة.

ستختفي علامة زائد بعد نحو دقيقتَين إلى ثلاث دقائق.

أعطِ عنوان الاستقصاء العملي وأخبر الطلبة أنهم سيكتبون خطة قابلة للتنفيذ.

من أجل معرفة أي هالوجينوألكان سيتحلل مائيًا بالمعدل الأسرع، يجب أن يستخدموا في خطتهم 1 – كلوروبيوتان، و 1 – بروموبيوتان و 1 – يودوبيوتان.

يوجد نوعان من النتائج المحتملة. إذا كانت قطبية الرابطة هي العامل الذي سيحدد معدل سرعة تفاعل التحلل المائي وإجراء الاستقصاء العملي (اختياري – ٣٥ دقيقة) للتحلل المائي، فإن الترتيب سيكون:

1 – كلوروبيوتان > 1 – بروموبيوتان > 1 – يودوبيوتان.

إذا كانت قوة الرابطة كربون–هالوجين هي العامل الذي سيحدد معدل سرعة تفاعل التحلل المائي، فسيكون الترتيب معاكسًا، أي 1 – يودوبيوتان > 1 – بروموبيوتان > 1 – كلوروبيوتان.

يجب التحقق من الترتيب الصحيح لمعدل سرعة التحلل المائي بعد اكتمال التخطيط، أو إعطاؤه بعد تقديم العرض التوضيحي أو بعد إجراء الاستقصاء العملي.

الترتيب هو: 1 – يودوبيوتان > 1 – بروموبيوتان > 1 – كلوروبيوتان. لذا فإن قوة الرابطة هي العامل المحدد لمعدل سرعة تفاعل التحلل المائي.

اسأل: أي رابطة هي الأضعف؟ ولماذا؟

الإجابة: C – I هي الرابطة الأضعف. ذرة اليود هي الأكبر بين الهالوجينات الثلاثة، لذا فإن التجاذب الكهروستاتيكي بين نواتها وإلكترونات الرابطة يكون الأضعف. لذلك، ستحتاج هذه الرابطة إلى قدر أقل من الطاقة لكسرها في الاستبدال النيوكليوفيلي.

فكرة للتقويم ١: اطلب إلى الطلبة التخطيط لإجراء استقصاء عملي للنظر في كيفية تأثير نوع الهالوجين في الهالوجينوألكان على معدل سرعة التفاعل في التحلل المائي. يجب أن تتضمن الخطة الجهاز المطلوب، واحتياطات الأمان والسلامة، وشرح الطريقة المستخدمة لمراقبة معدل سرعة التفاعل (بما في ذلك معادلة توضح الأيونات المتكونة خلال التفاعل) وبيان كيفية جعل هذا الاستقصاء اختبارًا صحيحًا (موثوقًا).

سيحتاج الطلبة إلى نحو ٢٥ دقيقة لكتابة خططهم. قد ترغب في أن يخططوا بشكل فردي أو ضمن مجموعات.

يجب أن تتضمن خططهم النقاط الموضحة أدناه:

- ذكر الأدوات والمواد الكيميائية إما في قائمة أو في الخطة.
- يُعدّ الإيثانول مادة قابلة للاشتعال، ويجب إبعاده عن أي مصدر لهب.
- تُعدّ الهالوجينوألكانات ضارة، لذا استخدم ماصة قطارة.
- تُعدّ نترات الفضة مادة مهيجة وضارة، لذلك اغسل أي منطقة يحدث فيها أي انسكابات.
- يتم استخدام حجم الإيثانول نفسه في كل من أنابيب الاختبار الثلاثة (على سبيل المثال: 1 mL).
- يتم وضع عدد القطرات نفسه من كل هالوجينوألكان (على سبيل المثال: 3 قطرات).
- يتم استخدام الحجم نفسه والتركيز نفسه من محلول نترات الفضة (على سبيل المثال 1 mL من محلول بتركيز 0.1 mol/L).
- توضع أنابيب الاختبار جميعها في حمّام مائي عند درجة الحرارة نفسها (على سبيل المثال: 50°C) خلال المدة الزمنية نفسها (على سبيل المثال: ٥ دقائق).
- يتم مزج محلول نترات الفضة مع محلول الهالوجينوألكان ويبدأ التوقيت.
- يتم تحديد المدة الزمنية التي يستغرقها كل هالوجينوألكان ليصبح المخلوط معتمًا بحيث تختفي علامة زائد المكتوبة باللون الأسود.

فكرة للتقويم ٢: قدم عرضًا توضيحيًا للتجربة العملية (انظر كتاب الطالب الوحدة ٩ مهارات عملية ٩–١) أو اسمح للطلبة بإجراء خططهم. يسجل الطلبة ملاحظاتهم حول خططهم ويقومون بالتعليق على مخططاتهم، بما في ذلك ما أغفلوه، أو يسلطون الضوء على التفاصيل الخاطئة (الممارسات الخاطئة).

في نهاية هذا النشاط، يجب أن يستنتج الطلبة أيًا من العاملَين: قطبية الرابطة كربون–هالوجين، أو قوة الرابطة كربون–هالوجين هو الذي يحدد معدل سرعة تفاعل التحلل المائي.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

ترتيب معدل سرعة تفاعل التحلل المائي للهالوجينوألكان هو: يودوألكان > بروموألكان > كلوروألكان لأن الرابطة C–I تُعدّ الأضعف. يوجد أيضًا ترتيب لتفاعل التحلل المائي وفق نوع التركيب (أي التراكيب الثالثية والثانوية والأولية). على سبيل المثال، بالنسبة إلى المتشاكلات البنائية لـ C_4H_9Cl، يكون ترتيب معدل سرعة تفاعل التحلل المائي كما يلي:

2 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان > 2 – كلوروبيوتان > 1 – كلوروبيوتان

اشرح كيف يؤثر تركيب السلسلة الكربونية على معدل سرعة التفاعل. (معلومة: إذا انكسرت الرابطة C–Cl، فما نوع الكاتيون الكربوني الذي يتكون في كل حالة؟)

الإجابة: ثالثي – (2 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان)؛ ثانوي – (2 – كلوروبيوتان)؛ أولي – (1 – كلوروبيوتان)

يُعدّ تركيب 2 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان ثالثيًا، لذا عندما تنكسر الرابطة C–Cl، فإنه سيعطي كاتيون كربونيًا ثالثيًا $(CH_3)_3C^+$. سيكون هذا الكاتيون الأكثر استقرارًا بين الكاتيونات الكربونية التي يمكن إنتاجها، وبالتالي هو الذي سيتفاعل على الأرجح لتكوين الكحول.

الدعم

يوفر المثال ٣ الوارد في كتاب الطالب خطوات واضحة للطلبة الذين يواجهون صعوبات عند رسم آليات حدوث التفاعل.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

- يوجد العديد من الأسئلة ذات الصلة بالموضوعات التي يتم تناولها في هذا الجزء من الوحدة. في كتاب التجارب العملية والأنشطة، يوفر النشاط ٩–٨ والأسئلة ٥ و ٦ (أ، ب،ج) من أسئلة نهاية الوحدة اختبارًا مناسبًا لقياس مدى اكتسابهم للمفاهيم. ووفقًا للوقت المتاح، يمكن توزيع الطلبة في مجموعات وتخصيص أسئلة مناسبة لمجموعاتهم.
- في نهاية الوقت المخصص يمكنهم عرض إجاباتهم على الطلبة الآخرين في المجموعة.
- اطلب إلى الطلبة تبرير إجاباتهم واقتراح عدد الدرجات المخصصة لكل سؤال.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- سيحتاج الطلبة إلى استخدام المصطلحات الكيميائية بدقة لشرح آليات حدوث تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي (الرابطة القطبية، والانشطار غير المتجانس للرابطة، والهجوم النيوكليوفيلي، وهكذا).
- للتخطيط للتجربة العملية، يجب على الطلبة تمحيص الكثير من المعلومات وتنظيمها ضمن خطة متماسكة.

المهارة الحسابية

- يجب على الطلبة فهم قيم السالبية الكهربائية ووزن المعادلات واستخدام الوعي المكاني (المعرفة المكانية) عند رسم المخططات.

الموضوع ٩-٣ الهالوجينو ألكانات - تفاعلات الإزالة (الحذف)

الأهداف التعليمية

٩–١٠ يصف تفاعل الإزالة للهالوجينوألكانات مع NaOH في الإيثانول بالتسخين لإنتاج الألكين كما هو موضّح مع البروموإيثان.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصة واحدة

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٩-٣ الهالوجينوألكانات – تفاعلات الإزالة (الحذف) السؤال ١٢ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٥(أ)، ٦(هـ، و)	• إزالة HBr من الهالوجينوألكانات • تحديد المواد الناتجة عن تفاعل الإزالة
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٩-٧ تفاعلات الهالوجينوألكانات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٦(د، هـ)	• معرفة ظروف تفاعلَي الاستبدال والإزالة

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- ينسى الطلبة إعطاء المواد الناتجة غير العضوية عند كتابة معادلات الإزالة.
- نظرًا إلى أنه تتم إزالة HX، فإن الطلبة يفترضون أن هذه المادة هي المادة الناتجة غير العضوية. الحقيقة هي أن HX يتعادل مع NaOH لإنتاج NaX والماء.

أنشطة تمهيدية

يرد في ما يلي اقتراحان. سيعتمد اختيار النشاط المستخدم على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ الفكرة أ (٥ دقائق)

اطلب إلى الطلبة اختيار الحرف الذي يمثل الإجابة الصحيحة عن الأسئلة الآتية وناقش إجاباتهم:

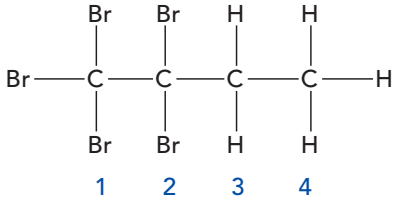
السؤال ١: ما الحرف الذي يصف بشكل أفضل عدد الجزيئات الموجودة قبل تفاعل الإزالة وبعده؟

	عدد جزيئات المواد المتفاعلة	عدد جزيئات المواد الناتجة
أ	1	1
ب	1	2
ج	2	1
د	2	2

الإجابة: ب – خلال تفاعل الإزالة، يفقد جزيء عضوي جزيئًا صغيرًا واحدًا لينتج جزيئًا عضويًا مختلفًا.

(بالنسبة إلى الخيارات غير الصحيحة، فإن الخيار **أ** سيكون الأفضل لوصف إعادة ترتيب الذرات في الجزيء، والخيار **ج** سيكون الأفضل لوصف تفاعل الإضافة، أما الخيار **د** فسيكون الأفضل لوصف تفاعل الاستبدال)

السؤال ٢: يخضع الجزيء الآتي لتفاعل الإزالة وينتج HBr.



ما المواقع على السلسلة الكربونية التي يأتي منها HBr؟

	مواقع الكربون
أ	1 و 2
ب	1 و 3
ج	1 و 4
د	2 و 3

الإجابة: د – يجب أن تكون الذرتان H و Br اللتان تخضعان للإزالة على ذرتي كربون متجاورتين.
(أ غير صحيح حيث لا توجد سوى ذرات Br على ذرتي الكربون 1 و 2، و ب و ج غير صحيحين لأن موقعي ذرتي الكربون ليسا متجاورين)

٢ الفكرة ب (٥ دقائق)

ناقش مع الطلبة أمثلة حول تفاعلات عضوية حيث يؤدي تغير الظروف إلى تغير المادة (المواد) الناتجة.

تشمل الأمثلة التي قد يقدمونها ما يلي:

- يُنتج الكلور مع ألكانات معرضة للأشعة فوق البنفسجية UV كلوروألكان مستبدل مرة واحدة و HCl، ولكن إذا لم يكن هناك أشعة UV فلن يحدث أي تفاعل.
- سينتج فائض من الكلور مع ألكانات معرضة للأشعة فوق البنفسجية UV كلوروألكانات مع أكثر من ذرة كلور واحدة على السلسلة.
- ينتج دايول عند إضافة محلول حمضي مخفف وبارد من $KMnO_4$ إلى ألكين ولكن إذا تم تسخين مخلوط التفاعل فإن رابطة الثنائية في الألكين تتكسر.

الأنشطة الرئيسية

يرد نشاط واحد هنا.

١ تفاعل الازالة للهالوجينوألكانات (٣٠ دقيقة)

ابدأ بتحديد أن الاستبدال ليس نوع التفاعل الوحيد الذي تخضع له الهالوجينوألكانات، وأن تفاعل الإزالة يعد ممكنًا أيضًا. عرّف تفاعل الإزالة كتفاعل يتضمن فقدان جزيء صغير من الجزيء العضوي الأصلي. في حالة الهالوجينوألكانات، يكون هاليد الهيدروجين هو الجزيء الصغير: HCl أو HBr.

يمكن تمثيل ذلك بمعادلة تفاعل الإزالة للبروموإيثان:

$$CH_3CH_2Br \longrightarrow CH_2{=}CH_2 + HBr$$

المادة المتفاعلة المستخدمة في تفاعلات الإزالة هذه هي هيدروكسيد الصوديوم الإيثانولي، الذي يتم تسخينه مع الهالوجينوألكان بوساطة التقطير المرتد.

ذكّر الطلبة أن هيدروكسيد الصوديوم يستخدم أيضًا في تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي في الهالوجينوالكانات واسألهم عن الاختلاف المهم الموجود هنا.

الإجابة: يستخدم هيدروكسيد الصوديوم في محلول من الإيثانول خلال تفاعلات الإزالة. ويستخدم محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي خلال تفاعلات الاستبدال.

اطلب إلى الطلبة إعادة كتابة معادلة تفاعل الإزالة في البرومو إيثان لتوضيح تأثير ودور هيدروكسيد الصوديوم.

الإجابة:

$$CH_3CH_2Br + NaOH \longrightarrow CH_2{=}CH_2 + NaBr + H_2O$$

الفت انتباههم إلى حقيقة أنه لا يتم فعليًا إنتاج HBr وإنما يتم إنتاج بروميد الصوديوم والماء.

يتمثل الجزء الرئيسي من النشاط في استنتاج أي الألكينات تتكوّن في هذه الظروف باستخدام هالوجينوألكانات معيّنة. على سبيل المثال، لماذا ينتج عن تفاعل الإزالة في 1 – بروموبيوتان مادة ناتجة واحدة فقط بينما ينتج عن تفاعل الإزالة في 2 – بروموبيوتان ثلاث مواد ناتجة؟

يوجد جانبان للإجابة:

- الجانب الأول هو أن الذرة Br تأتي من ذرة كربون واحدة وذرة الهيدروجين تأتي من ذرة كربون مجاورة. بالنسبة إلى 1 – بروموبيوتان، يمكن أن تأتي ذرة الهيدروجين من ذرة كربون واحدة فقط (الكربون 2 في السلسلة الكربونية) ما يعني تكوّن ألكين واحد فقط، 1 – بيوتين. بالنسبة إلى 2 – بروموبيوتان، يمكن أن تأتي ذرة الهيدروجين من ذرتي كربون محتملتين (الكربون 1 أو الكربون 3) في السلسلة الكربونية. يؤدي هذا الأمر إلى إنتاج اثنين من الألكينات مع صيغ بنائية مختلفة: 1 – بيوتين (يأتي الهيدروجين من الكربون رقم 1) و 2 – بيوتين (يأتي الهيدروجين من الكربون رقم 3).
- الجانب الثاني الذي يجب أخذه في الاعتبار هو ما إذا كان أي من هذه المواد الناتجة يمتلك متشاكلات فراغية. يمكن لـ 2 – بيوتين أن يوجد في شكل متشاكلين هندسيين: سيس وترانس. هذا ما يفسر وجود ثلاث مواد ناتجة من تفاعل الإزالة في 2 – بروموبيوتان. ترد المعادلات الكاملة أدناه:

$$CH_3CH_2CH_2CH_2Br + NaOH \longrightarrow CH_3CH_2CH{=}CH_2 + NaBr + H_2O$$

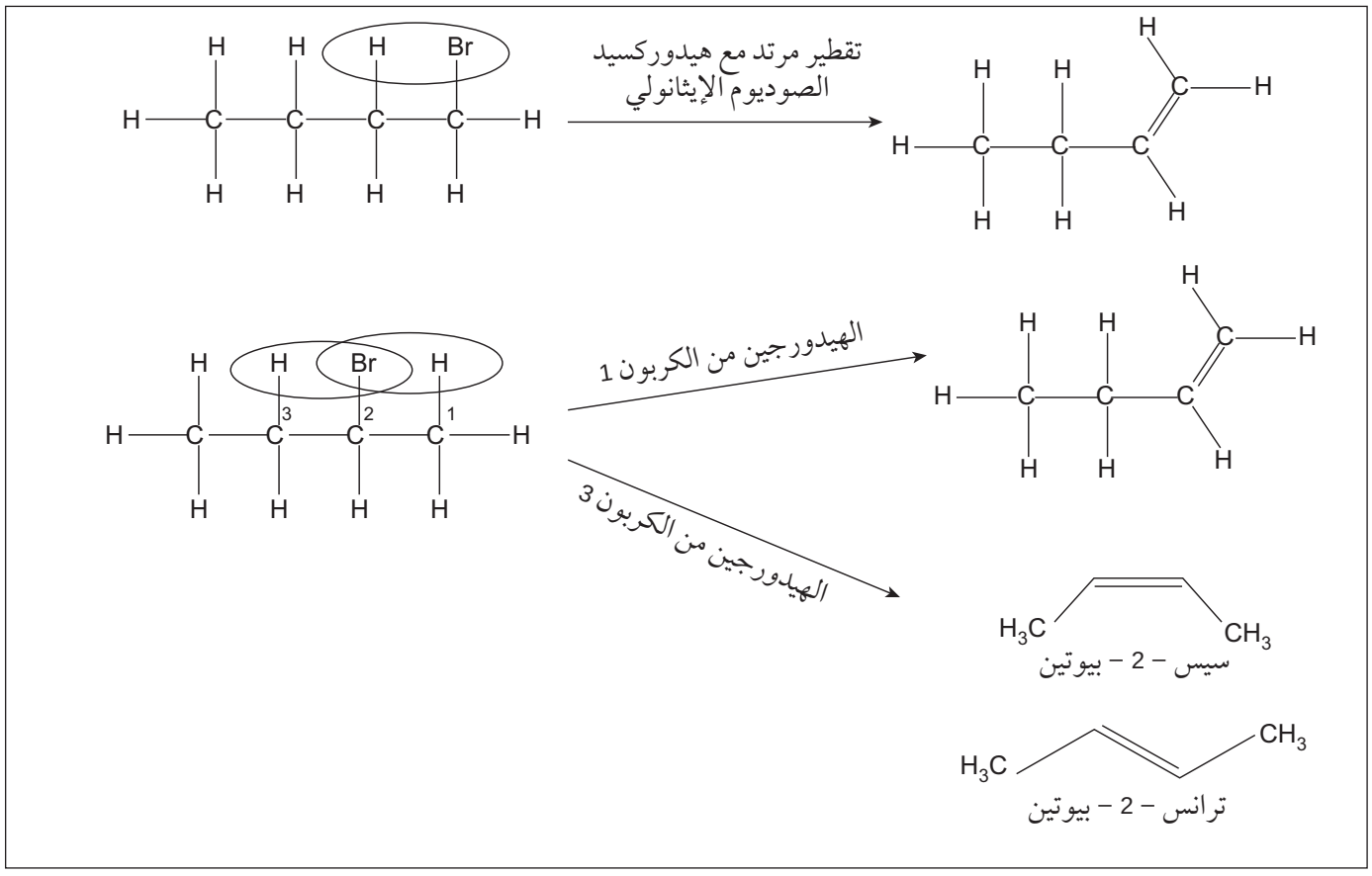
1 – بيوتين

$$CH_3CH_2CHBrCH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3CH{=}CHCH_3 + NaBr + H_2O$$

سيس – 2 – بيوتين

وترانس – 2 – بيوتين

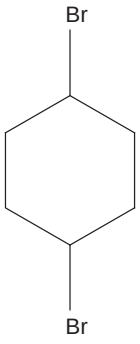
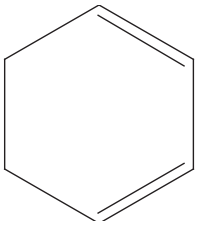
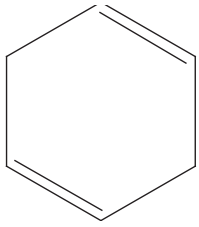
يوضح الشكل (٩-١٣) كيفية تكوين هاتين المجموعتين من المواد الناتجة.



الشكل ٩-١٣

يمكن للطلبة أيضًا دراسة المثال ٤ للتعرف على كيفية تكوين المواد الناتجة خطوة خطوة.

› **فكرة للتقويم:** أعط المجموعات التراكيب البنائية لبعض الهالوجينوألكانات واطلب إليهم تسميتها، أعطِهم تراكيب الألكينات الناتجة عن تفاعل إزالة HX من هذه الهالوجينوألكانات عن طريق التسخين مع هيدروكسيد الصوديوم الإيثانولي، والمواد الناتجة غير العضوية. ترد الإجابات بخط مائل في الجدول (٩-٩).

الهالوجينوألكان	الألكينات الناتجة	المواد الناتجة غير العضوية
$CH_3CHClCH_3$ 2 – كلوروبروبان	$CH_3CH{=}CH_2$ بروبين	$NaCl + H_2O$
$CH_3CH_2CHBrCH_2CH_3$ 3 – بروموبنتان	$CH_3CH_2CH{=}CHCH_3$ سيس – 2 – بنتين وترانس – 2 – بنتين فقط	$NaBr + H_2O$
$CH_3CHICH_2CH_2CH_3$ 2 – يودوبنتان	$CH_3CH_2CH{=}CHCH_3$ و $CH_2{=}CHCH_2CH_2CH_3$ سيس – 2 – بنتين وترانس – 2 – بنتين و1 – بنتين	$NaI + H_2O$
$CH_3CH_2CH_2Cl$ 1 – كلوروبروبان	$CH_3CH{=}CH_2$ بروبين	$NaCl + H_2O$
 4،1 – ثنائي بروموهكسان حلقي (سايكلوهكسان)	 3،1 – هكساداين حلقي (3،1 – سايكلوهكساداين)  4،1 – هكساداين حلقي (4،1 – سايكلوهكساداين)	$2NaBr + 2H_2O$

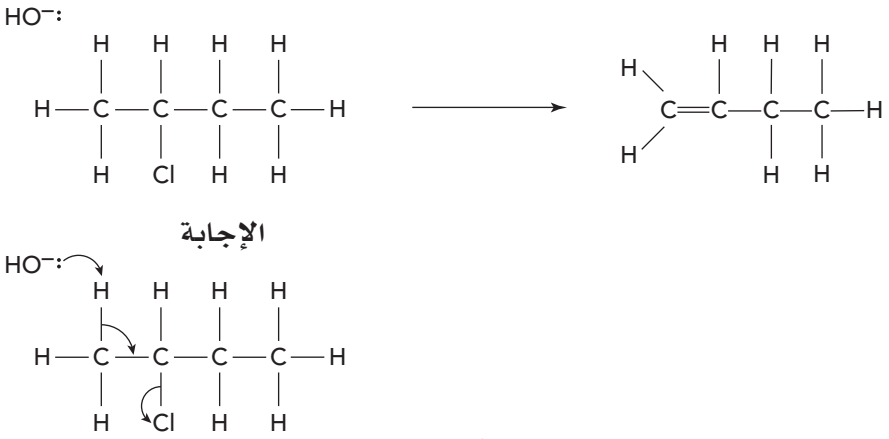
الجدول ٩–٩

أعط الإجابات إلى المجموعات، لوضع الدرجات على عملهم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

أكمل الشكل (٩–١٤) من خلال رسم أسهم منحنية لتوضيح كيف يحدث تفاعل الإزالة في الهالوجينوألكانات.



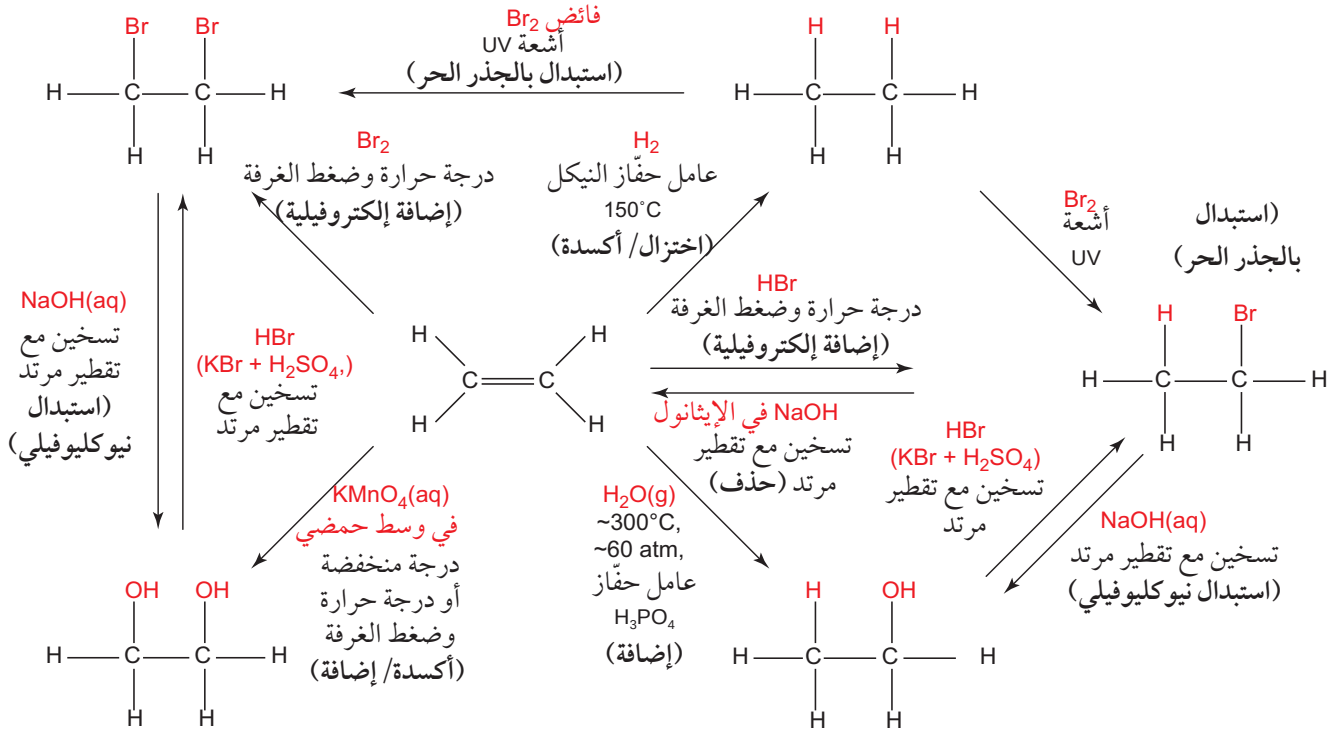
الشكل ٩-١٤

الدعم

بدلًا من إعطاء الطلبة صيغًا بنائية في نشاط تفاعل الإزالة، يمكن إعطاؤهم صيغًا موسعة. سيسّهل هذا الأمر تحديد المواقع التي يمكن أن تؤخذ منها ذرات الهيدروجين لإنتاج HX.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

في هذه الوحدة، صادف الطلبة عددًا من أنواع التفاعلات والظروف المختلفة لأنواع مختلفة من المركبات العضوية. من أجل تلخيص ما تعلموه، يعد من المفيد أن يقوم الطلبة بإعداد خريطة ذهنية / مخطط تفاعل. يوضح الشكل (٩-١٥) مثالًا واحدًا: يمكن أن يُطلب إلى الطلبة إنشاء نسخة خاصة بهم أو إكمال نسخة غير مكتملة من الشكل (٩-١٥).



الشكل ٩-١٥

تابع

تأمل

ما الذي وجده الطلبة صعبًا في هذه الوحدة؟ هل ساعد تنظيم المعلومات في خريطة ذهنية على توضيح العلاقة بين أجزاء مختلفة من الكيمياء العضوية؟

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- سيحتاج الطلبة إلى تفسير مخططات توزيع الدرجات وتقرير ما إذا كانت إجاباتهم تتطابق مع ما هو مطلوب. يجب عليهم تنظيم إجاباتهم وشرح ما فهموه. هذا يتطلب استخدام المفردات بعناية.

المهارة الحسابية

- يوجد العديد من الأمثلة حيث يتعيّن على الطلبة تفسير الصيغ لحساب المواد الناتجة عن تفاعلات الإزالة.

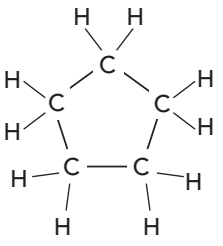
إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

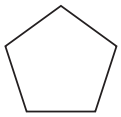
١. أ. **١.** $C_{10}H_{22}$

٢.

ب.



الصيغة الموسعة



الصيغة الهيكلية

ج.
- يزيد جزيء البنتان بذرتي هيدروجين عن جزيء البنتان الحلقي (سايكلوبنتان).
- ترتبط كل ذرة كربون في جزيء البنتان الحلقي بذرتي هيدروجين ($-CH_2-$) في حين ترتبط ذرتا الكربون الطرفيتان في جزيء البنتان ذي السلسلة المستقيمة بثلاث ذرات هيدروجين ($-CH_3$).

٢. أ. لا يحدث تفاعل

ب. لن يتفاعل الألكان مع الماء، لأن الألكان مركب غير قطبي والماء جزيئاته قطبية.

ج. **١.** $C_7H_{16} + 11O_2 \longrightarrow 7CO_2 + 8H_2O$

٢. $CH_4 + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO + 2H_2O$

أو

$2CH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO + 4H_2O$

٣. $C_9H_{20} + \frac{19}{2}O_2 \longrightarrow 9CO + 10H_2O$

أو

$2C_9H_{20} + 19O_2 \longrightarrow 18CO + 20H_2O$

د. **١.** أحادي أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير المحترقة.

٢. أكاسيد النيتروجين

٣. ثاني أكسيد الكربون؛ يزيد من تأثير الغازات الدفيئة التي تُسهم في زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري.

٣. أ. الاستبدال بالجذر الحر

ب. أشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية UV)

ج. $C_4H_{10} + Br_2 \longrightarrow C_4H_9Br + HBr$

د. يتكوّن مخلوط من مركبات الاستبدال في البيوتان، وليس بروموبيوتان النقي، لذلك يجب فصله عن المخلوط.

هـ. **١.** الابتداء، الانتشار والايقاف.

٢. $Br_2 \longrightarrow 2Br\bullet$

٣. تكسر متجانس للرابطة.

٤. $C_4H_{10} + Br\bullet \longrightarrow C_4H_9\bullet + HBr$

$C_4H_9\bullet + Br_2 \longrightarrow C_4H_9Br + Br\bullet$

٥. يتكوّن دائمًا جذر حر آخر من البروم في نهاية المعادلتَين، في خطوة الانتشار، وهو الذي يسمح للتفاعل بالاستمرار في سلسلة متكررة من التفاعلات.

٦. $Br\bullet + Br\bullet \longrightarrow Br_2$

$C_4H_9\bullet + Br\bullet \longrightarrow C_4H_9Br$

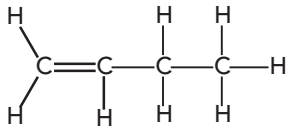
$C_4H_9\bullet + C_4H_9\bullet \longrightarrow C_8H_{18}$

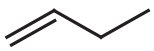
٤. أ. الإيثين

ب. C_9H_{18}

ج. بيوتين + هكسان ← ديكان

د.



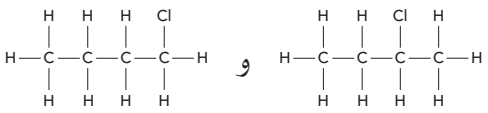


هـ. تُعدّ الألكانات غير قطبية، لذلك لا تتعرض للهجوم من قبل الإلكتروفيلات أو النيوكليوفيلات. وتُعدّ الألكينات أكثر نشاطًا كيميائيًّا لأنها تتعرض للهجوم من قبل الإلكتروفيلات. حيث تنجذب الإلكتروفيلات إلى المنطقة ذات الكثافة الإلكترونية المرتفعة حول الرابطة الثنائية للألكينات (الرابطة C=C)، فتستقبل زوجًا من الإلكترونات من الرابطة الثنائية لتكوّن رابطة جديدة.

٥. أ. مسحوق من البلاتين أو النيكل كعامل حفاز، ودرجة حرارة 150 °C.

ب. 2،1-ثنائي كلوروبروبان

ج.



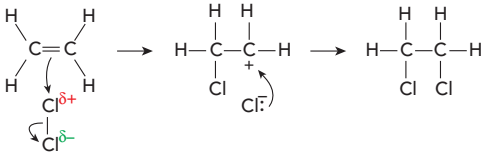
د. من خلال تفاعل الإيثين مع بخار الماء، في وجود حمض الفوسفوريك المركّز كعامل حفاز، عند درجة حرارة عالية وضغط مرتفع.

٦. أ. جسيم يستقبل زوجًا من الإلكترونات.

ب. حركة زوج من الإلكترونات.

ج. عندما يقترب جزيء كلور من جزيء الإيثين، فإن المنطقة ذات الكثافة الإلكترونية العالية حول رابطة C=C تدفع زوج إلكترونات الرابطة في Cl—Cl بعيدًا عن ذرة Cl الأقرب؛ ما يجعل ذرة الكلور هذه موجبة جزئيًا وذرة الكلور الأخرى سالبة جزئيًا. ذرة الكلور ذات الشحنة الجزئية الموجبة يكون لديها نقص في الإلكترونات ويصبح بإمكانها استقبال زوج إلكترونات من الرابطة C=C.

د.



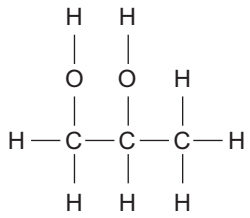
- يكوّن زوج الإلكترونات من الرابطة π رابطة تساهمية جديدة بين ذرة C وذرة Cl (الموجبة جزئيًا) فيتكوّن كاتيون كلوروكربوني.
- في الوقت نفسه يتحرك زوج الإلكترونات في الرابطة Cl—Cl نحو ذرة الكلور الأخرى (السالبة جزئيًا) فيتكوّن أيون كلوريد سالب (أنيون).
- يمنح أيون الكلوريد السالب زوجًا منفردًا من الإلكترونات إلى ذرة C+ لتكوين رابطة تساهمية جديدة ثانية.

هـ. ١. ميثيل البروبين ألكين غير متماثل، لذلك يمكن إضافة ذرة Br أو (ذرة H) إمّا إلى ذرة الكربون الأولى أو الثانية، وبالتالي تتكوّن مادتان ناتجتان مختلفتان.

٢. 2 - بروموـ2 - ميثيل بروبان.

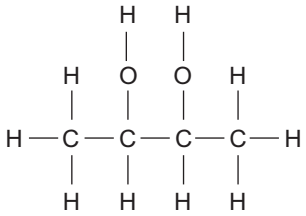
٣. إذا ارتبطت ذرة H بالكربون الأول، يتكوّن كاتيون كربوني ثالثي يكون مستقرًا نسبيًا، حيث تدفع ثلاث مجموعات ميثيل الإلكترونات نحو الشحنة الموجبة. ويكون تفاعله مرجحًا أكثر لينتج 2 - بروموـ 2 - ميثيل بروبان. (إذا ارتبطت ذرة H بالكربون الثاني، يتكوّن كاتيون كربوني أولي، وهو يمتلك مجموعة ألكيل واحدة فقط لتحقيق استقرار الشحنة الموجبة. وتفاعل هذا الكاتيون الكربوني الأولي يمكن أن ينتج كمية قليلة من 1 - بروموـ 2 - ميثيل بروبان).

٧. أ.



2،1 – بروبان دايول.

ب.



2،3 – بيوتان دايول

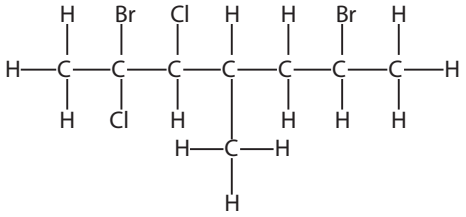
ج. ١. من اللون البنفسجي الى عديم اللون.

٢. ماء البروم.

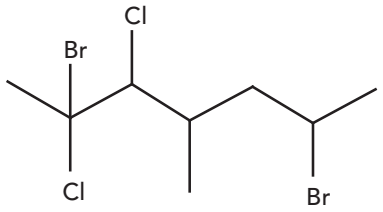
من اللون البرتقالي أو الأصفر إلى عديم اللون.

٨. أ. ١. $CH_3CBrClCHClCH(CH_3)CH_2CHBrCH_3$

٢.



٣.



ب. يمتلك جزيء 1 - بروموبروبان حجمًا أكبر من البروبان بسبب وجود ذرة البروم، وبالتالي هو يمتلك عددًا أكبر من الإلكترونات وقوى ثنائي قطب دائم أقوى. لذلك يحتاج إلى طاقة أكبر للتغلب على هذه القوى بين-الجزيئات كما يمتلك 1 - بروموبروبان كتلة مولية أكبر من البروبان.

ج. لأن الفلور أعلى سالبية كهربائية من اليود.

د. ١. B و F

٢. A و D

٣. C و E

٩. أ. البروم والأشعة فوق البنفسجية UV

ب. الكلور والبروبين

ج. ١. 2 - بنتانول

٢. HCl أو PCl_5 أو $SOCl_2$

٣.

$$CH_3CH_2CH_2CH(OH)CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CHClCH_3 + H_2O$$

$$CH_3CH_2CH_2CH(OH)CH_3 + PCl_5 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CHClCH_3 + POCl_3 + HCl$$

$$CH_3CH_2CH_2CH(OH)CH_3 + SOCl_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CHClCH_3 + SO_2 + HCl$$

١٠. أ. جسيم يمنح زوجًا من الإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية جديدة.

ب. تحمل أيونات الهيدروكسيد شحنة سالبة لذلك تنجذب بقوة أكبر إلى ذرات الكربون ذات الشحنة الجزئية الموجبة في الهالوجينوألكانات مقارنةً بجزيئات الماء المتعادلة.

ج. ١.

$$CH_3CH_2CH_2Cl + OH^- \longrightarrow CH_3CH_2CH_2OH + Cl^-$$

٢. 1 - بروموبروبان. الرابطة C-Br أضعف من الرابطة C-Cl، وبالتالي يحتاج البروموألكان إلى طاقة أقل ليتفاعل.

د. ينتج من التحلل المائي للهالوجينوألكانات أيونات الهاليدات؛ يمكن مراقبة معدلات سرعة تفاعل تكوين الهاليدات باستخدام محلول نترات الفضة. يجعل ترسيب هاليدات الفضة مخلوط التفاعل معتمًا (قاتمًا).

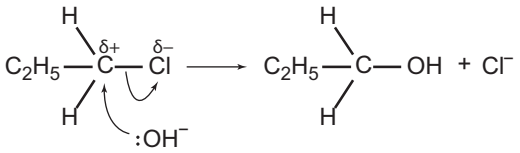
ترد أدناه المعادلات الأيونية لتكوين الرواسب:

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$$

$$Ag^+(aq) + Br^-(aq) \longrightarrow AgBr(s)$$

$$Ag^+(aq) + I^-(aq) \longrightarrow AgI(s)$$

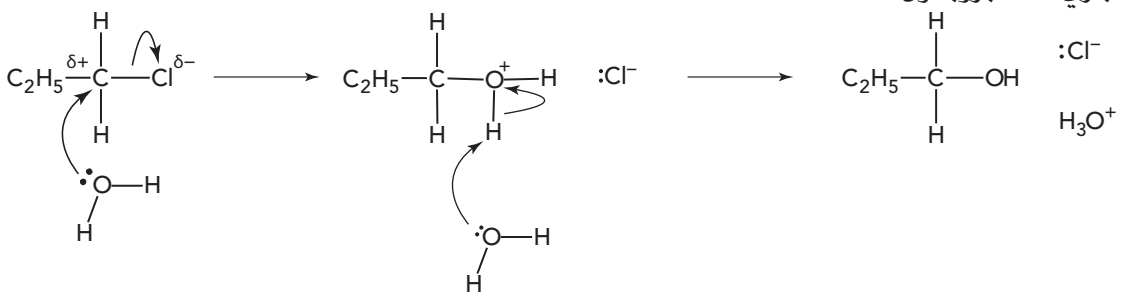
١١. أ.



يمتلك الكلور سالبية كهربائية أكبر من الكربون الأمر الذي يجعل الرابطة C–Cl قطبية وذرة الكربون لديها نقص في الإلكترونات (δ+). وينجذب أيون الهيدروكسيد الذي يحمل شحنة سالبة إلى ذرة الكربون التي لديها نقص في الإلكترونات. ثم يسلك أيون الهيدروكسيد كنيوكليوفيل عبر منح زوج منفرد من الإلكترونات لذرة الكربون. يتم تمثيل هذه العملية باستخدام سهم منحن. في الوقت نفسه، تتكسر الرابطة بين C و Cl بشكل غير متجانس، ويتم تمثيل ذلك مرة أخرى بسهم منحن. ينتقل زوج الإلكترونات

في الرابطة إلى ذرة الكلور ويتكوّن أيون كلوريد (Cl^-)؛ أمّا الرابطة المتكوّنة بين ذرة الكربون و OH فتنتج جزيء 1 - بروبانول.

ب.

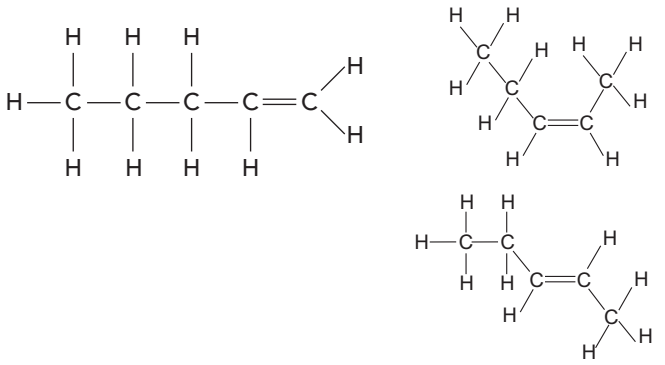


ج. توضح آلية الاستبدال النوكليوفيلي مع الماء خطوة إضافية، إذ يجب كسر رابطة O-H في الوسيط المتكوّن، والتي ستتطلب المزيد من الطاقة، كما تتطلب نيوكليوفيل آخر لإزالة ذرة H.

١٢. أ. $CH_3CHBrCH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3CH{=}CH_2 + H_2O + NaBr$

ب. بروبين.

ج.



إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. مركب مكوّن من C و H فقط، الروابط جميعها أحادية.

ب. الطبيعة غير القطبية أو النقص في قطبية الرابطة C–H.

ج. ١. $C_4H_{10}(g) + \frac{9}{2} O_2(g) \longrightarrow 4CO(g) + 5H_2O(l)$

أو

$2C_4H_{10}(g) + 9O_2(g) \longrightarrow 8CO(g) + 10H_2O(l)$

٢. $C_7H_{16}(l) + \frac{15}{2} O_2(g) \longrightarrow 7CO(g) + 8H_2O(l)$

أو

$2C_7H_{16}(l) + 15O_2(g) \longrightarrow 7CO_2(g) + 16H_2O(l)$

د. ١. $C_5H_{12}(l) + 8O_2(g) \longrightarrow 5CO_2(g) + 6H_2O(l)$

٢. $C_9H_{20}(l) + 14O_2(g) \longrightarrow 9CO_2(g) + 10H_2O(l)$

هـ. ١. درجات الحرارة المرتفعة في محرك السيارة تتسبب بتفاعل النيتروجين والأكسجين الموجودَين في الهواء.

تسبب أكاسيد النيتروجين المطر الحمضي أو مشاكل في الجهاز التنفسي.

٢. تخضع لتفاعل اختزال في المحول المحفز كما في المعادلتين الآتيتين:

$$2NO(g) + 2CO(g) \longrightarrow N_2(g) + 2CO_2(g)$$

$$2NO_2(g) + 4CO(g) \longrightarrow N_2(g) + 4CO_2(g)$$

٢. أ. الاستبدال بالجذر الحر.

ب. $CH_4 + Br_2 \xrightarrow{\text{أشعة UV}} CH_3Br + HBr$

ج. تتكسر الرابطة بالتساوي بحيث تكسب كل ذرة إلكترونًا.

د. الأشعة فوق البنفسجية UV (أشعة الشمس)، لكسر رابطة Br–Br.

هـ. ١. $Br_2 \longrightarrow 2Br\bullet$

٢. $Br\bullet + CH_4 \longrightarrow CH_3\bullet + HBr$

و

$CH_3\bullet + Br_2 \longrightarrow CH_3Br + Br\bullet$

٣. $CH_3\bullet + Br\bullet \longrightarrow CH_3Br$

و

$Br\bullet + Br\bullet \longrightarrow Br_2$

و

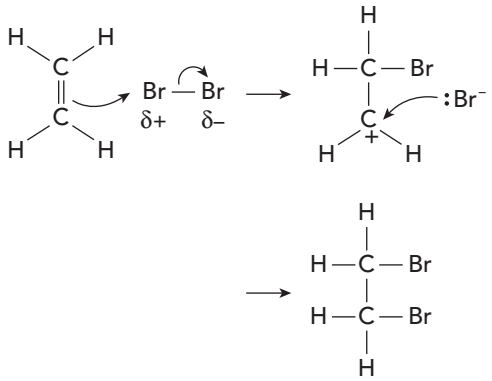
$CH_3\bullet + CH_3\bullet \longrightarrow C_2H_6$

٣. أ. تفاعل الإضافة الإلكتروفيلية.

ب. $C_2H_4 + Br_2 \longrightarrow C_2H_4Br_2$

ج. الانشطار غير المتجانس: تتكسر الرابطة بشكل غير متساوٍ، بحيث تكسب إحدى الذرتَين كلا إلكترونَي الرابطة.

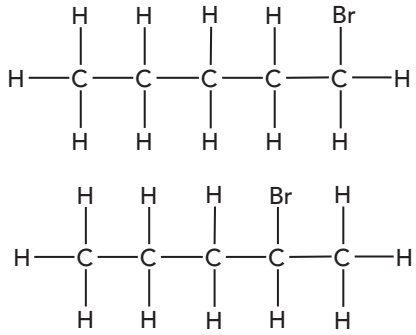
د.



هـ. Br_2

الإلكتروفيل جسيم يستقبل زوجًا من الإلكترونات.

٤. أ. ١.



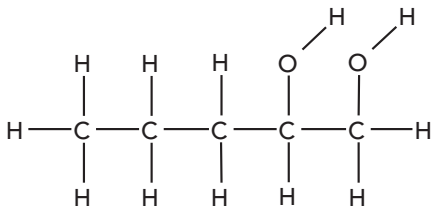
٢. إذا ارتبطت ذرة H بالكربون الأول، يتكوّن كاتيون كربوني ثانوي؛ أمّا إذا ارتبطت ذرة H بالكربون الثاني، فيتكوّن كاتيون كربوني أولي.

يمتلك الكاتيون الكربوني الثانوي مجموعتَي ألكيل تمنحان الإلكترونات إلى C^+ (في حين يمتلك الكاتيون الكربوني الأولي مجموعة ألكيل واحدة فقط).

لذلك يكون الكاتيون الكربوني الثانوي أكثر استقرارًا، ما يؤدي إلى تكوّن 2-برومو بنتان كمادة ناتجة رئيسية.

ب. الهيدروجين، عامل حفاز من البلاتين/النيكل ودرجة حرارة 150 °C.

ج. ١.



1، 2-بنتان دايول

٢. بخار الماء، حمض الفوسفوريك المركز كعامل حفاز، درجة الحرارة 300 °C وضغط 60 atm.

٥. أ. ب

ب. د

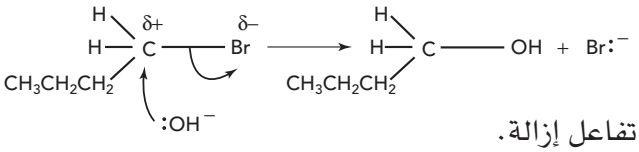
ج. ب

د. ج

٦. أ. أ: محلول هيدروكسيد الصوديوم.
ب: محلول هيدروكسيد الصوديوم الكحولي (الإيثانولي)؛ (هيدروكسيد الصوديوم الذائب في الإيثانول).

ب. يكون التفاعل أسرع باستخدام 1-يودوبيوتان.
حيث إن الرابطة C–I أضعف من الرابطة C–Br لذا تتكسر بسهولة أكبر.

ج. استبدال نيوكليوفيلي.

د. 

هـ. تفاعل إزالة.

و. سيس – 2 – بيوتين
ترانس – 2 – بيوتين

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٩-١

١. أ. لا يحدث أي تفاعل. تُعدّ الألكانات غير نشطة كيميائيًّا بخلاف تفاعلات الاحتراق والتفاعل مع الجذور الحرة.

ب. تحترق الألكانات مع لهب أزرق في فائض من الهواء أو لهب مع دخان عندما لا يكون الهواء فائضًا.

ج. لا يحدث أي تفاعل. يجب تعريض المخلوط إلى الأشعة فوق البنفسجية UV لتكوين جذور حرة من البروم مع طاقة كافية للتفاعل مع الإيثان.

د. تتكوّن طبقتان، الطبقة العليا ملوّنة (أرجوانية). لا يحدث أي تفاعل لأن المحلول المائي لا يمتزج مع الهكسان لذلك تتكوّن طبقتان. قابلية اليود (مادة غير قطبية) للذوبان في المذيبات العضوية (غير القطبية) تكون أكبر من ذوبانيته في الماء (مذيب قطبي)؛ لذلك ينتقل اليود (مع لونه) من الطبقة المائية (المحلول المائي) إلى الطبقة العضوية العليا (الهكسان).

هـ. يتلاشى اللون الأخضر للكلور ثم يختفي. في وجود الأشعة فوق البنفسجية UV تتكوّن جذور حرة من الكلور تمتلك طاقة كافية للتفاعل مع الإيثان.

٢. أ. $C_6H_{14} + \frac{19}{2}O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 7H_2O$

أو

$2C_6H_{14} + 19O_2 \longrightarrow 12CO_2 + 14H_2O$

ب. $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

ج. $C_{10}H_{22} + \frac{31}{2}O_2 \longrightarrow 10CO_2 + 11H_2O$

أو

$2C_{10}H_{22} + 31O_2 \longrightarrow 20CO_2 + 22H_2O$

٣. أ. $C_4H_{10} + \frac{9}{2}O_2 \longrightarrow 4CO + 5H_2O$

أو

$2C_4H_{10} + 9O_2 \longrightarrow 8CO + 10H_2O$

ب. $C_7H_{16} + \frac{15}{2}O_2 \longrightarrow 7CO + 8H_2O$

أو

$2C_7H_{16} + 15O_2 \longrightarrow 14CO + 16H_2O$

ج. $C_{12}H_{26} + \frac{25}{2}O_2 \longrightarrow 12CO + 13H_2O$

أو

$2C_{12}H_{26} + 25O_2 \longrightarrow 24CO + 26H_2O$

٤. الخطوة الأولى هي انشطار **متجانس** وفق المعادلة الآتية:

$Cl_2 \longrightarrow 2Cl\bullet$

الخطوة الثانية هي خطوة **الانتشار** التي تهاجم فيها **الجذور** الحرة للكلور جزيء الإيثان وفق المعادلة الآتية:

$C_2H_6 + Cl\bullet \longrightarrow C_2H_5\bullet + HCl$

بوجود جزيء **الكلور**، يحدث المزيد من التفاعل مع $C_2H_5\bullet$ وإعادة إنتاج جذور حرة وفق المعادلة الآتية:

$C_2H_5\bullet + Cl_2 \longrightarrow C_2H_5Cl + Cl\bullet$

بوجود فائض من الكلور، يمكن أن تستمر هذه العملية حتى يتم استبدال ذرات الهيدرجين جميعها بالكلور. ويمكن إيقاف التفاعل عندما تندمج الجذور الحرة فيما بينها. على سبيل المثال:

$C_2H_5\bullet + Cl\bullet \longrightarrow C_2H_5Cl$

$C_2H_5\bullet + C_2H_5\bullet \longrightarrow C_4H_{10}$

٥. تتميز الألكانات كالإيثان والبروبان بشكل عام بأنها غير نشطة كيميائيًا باستثناء التفاعل مع الكلور بوجود أشعة **فوق البنفسجية UV** والتفاعل مع الأكسجين. يمكن شرح ضعف النشاط الكيميائي للألكانات في ضوء القطبية وقوة الروابط. يمتلك كلا الكربون والهيدروجين قيم سالبية كهربائية متقاربة فيما بينها، لذا فإن الروابط C–C و H–C تكون **غير قطبية** ولا تجذب الجسيمات مثل **الإلكتروفيلات والنيوكليوفيلات** لتتفاعل معها. تُعدّ طاقات الروابط C–C و H–C **مرتفعة / كبيرة** نسبيًا الأمر الذي يجعل **انشطارها / كسرها** صعبًا.

نشاط ٩-٢

١. 1 مع ج، 2 مع هـ، 3 مع د، 4 مع أ، 5 مع و، 6 مع ب.

٢. أ. 2 – بنتين

ب. ميثيل بروبين

ج. 2 – هبتين

٣. أ. $CH_3CH{=}CHC_2H_5 + Cl_2 \longrightarrow CH_3CHClCHClC_2H_5$

ب. $CH_2{=}CHCH_2CH{=}CH_2 + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

ج. $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{\text{مركّز } H_3PO_4} CH_3CH_2OH$

د. $CH_3CH{=}CHCH_3 + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{في وسط حمضي}]{\text{محلول مخفف وبارد من } OnMK_4} CH_3CH(OH)CH(OH)CH_3$

هـ. $CH_3CH_2CH{=}CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3CH_2CHBrCH_3$ أو $CH_3CH_2CH_2CH_2Br$

٤. أضف ماء البروم. الهيدروكربون غير المشبع: يتحوّل لون ماء البروم البرتقالي إلى عديم اللون. الهيدروكربون المشبع: يحافظ ماء البروم على لونه البرتقالي.

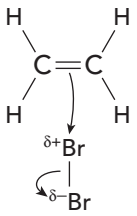
أو

أضف محلولًا حمضيًا من $KMnO_4$. الهيدروكربون غير المشبع: يتحول لون محلول $KMnO_4$ الأرجواني إلى عديم اللون. الهيدروكربون المشبع: يحافظ محلول $KMnO_4$ على لونه الأرجواني.

نشاط ٩-٣

١. أ. تدفع الكثافة الإلكترونية المرتفعة في الرابطة الثنائية للإيثين إلكترونات الرابطة في البروم نحو ذرة البروم الأبعد ما يجعل ذرة Br الأقرب إلى الإيثين ذات شحنة جزئية موجبة $\delta+$، أي يصبح جزيء البروم مستقطبًا.

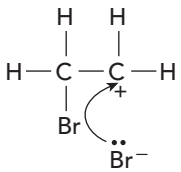
ب.



ج. انشطار غير متجانس لأن إحدى ذرّتَي البروم تأخذ كلا إلكترونَي الرابطة (الإلكترونَين المشتركيَن).

د. كاتيون كربوني.

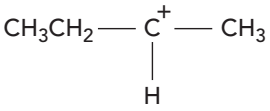
هـ.



و. الكاتيون الكربوني. لأنه يستقبل زوجًا من الإلكترونات.

٢. أ. 1 – كلورو بيوتان، $CH_3CH_2CH_2CH_2Cl$

ب.



ج. مجموعات الألكيل لها تأثير حثّي موجب / مجموعات الألكيل تدفع الإلكترونات بعيدًا عنها (نحو مركز لديه نقص في الإلكترونات)، الأمر الذي يقلل من كثافة الشحنة الموجبة على الكاتيون الكربوني / أيون C^+.

كلما قلّت كثافة الشحنة التي يحملها الأيون C^+/ الكاتيون الكربوني، ازداد استقراره.

يُعدّ الكاتيون الكربوني الثانوي أكثر استقرارًا لأنه مرتبط بعدد أكبر من مجموعات الألكيل.

نشاط ٩-٤

١. لأنه يسبب اختلالًا في الاتزان بين عملية التنفس والتمثيل الضوئي المتوازنَين تقريبًا. يمكن أن تؤدي الزيادة الطفيفة في تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى زيادة ملحوظة في ظاهرة الاحتباس الحراري.

٢. يتكثف بخار الماء بسهولة ليتحوّل إلى سائل لا يرتفع إلى الغلاف الجوي.

٣. انصهار الطبقة الجليدية القطبية، التسبب في ارتفاع مستوى سطح البحر، التصحر، تقلبات شديدة أو قاسية في الطقس.

٤. $C_5H_{12} + 8O_2 \longrightarrow 5CO_2 + 6H_2O$

٥. مسرطن تعني مادة مسببة لمرض السرطان. الجسيمات الكربونية، المركبات العضوية المتطايرة.

٦. $2NO + 2CO \longrightarrow N_2 + 2CO_2$

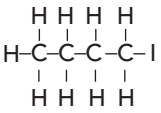
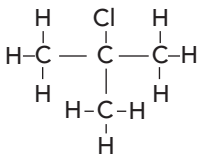
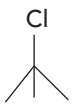
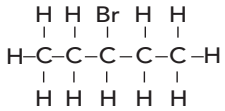
٧. نستخدم أطوال محددة من موجات الأشعة تحت الحمراء التي تمتصها جزيئات الملوثات لتحديد نوعها. تُعدّ شدة (قوة) امتصاص الإشعاع عند طول موجة معيّنة مقياسًا لتركيز كل ملوث.

٨. أ. صعوبات في التنفس / ربو / نوبات قلبية / تهيّج الرئتَين / تهيّج الحلق / تهيّج العيون / تهيّج الأنف.

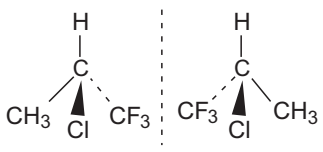
ب. عامل حفاز؛ في تفاعل أكسدة ثنائي أكسيد الكبريت إلى ثلاثي أكسيد الكبريت.

نشاط ٩-٥

١.

هالوجينوألكان	الصيغة البنائية	الصيغة البنائية الموسعة	الصيغة الهيكلية
1 – يودوبيوتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2I$		
2 – كلورو – 2 – ميثيل بروبان	$(CH_3)_2CClCH_3$		
3 – بروموبنتان	$CH_3CH_2CHBrCH_2CH_3$		

٢.



٣. R = ثانوي، S = أولي، T = ثانوي، U = ثالثي

نشاط ٩-٦

١. أ. $CH_3CH_2CH_2OH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2Cl + SO_2 + HCl$

ب. $CH_3CH(OH)CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3CHBrCH_3 + H_2O$

ج. $CH_3CH_2CH_2OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2Cl + POCl_3 + HCl$

د. $CH_3CH_2CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{أشعة UV}} CH_3CH_2CH_2Cl + HCl$

هـ. $CH_2{=}CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl$

٢. تفاعل د. إنه تفاعل استبدال بالجذر الحر. يمكن أن يتفاعل المزيد من جذور الكلور الحرة لتحل محل المزيد من ذرات الهيدروجين. بالتالي يمكن تكوين مواد ناتجة متنوعة.

٣. أضف حمض الكبريتيك المركز وبروميد البوتاسيوم معًا في مخلوط التفاعل.

٤. أ. تفاعل استبدال بالجذر الحر.

ب. تفاعل إضافة إلكتروفيلية.

نشاط ٩-٧

١. ١ مع د، ٢ مع ج، ٣ مع أ، ٤ مع هـ، ٥ مع ب.

٢. أ. $CH_3CH_2Br + NaOH \longrightarrow CH_3CH_2OH + NaBr$

ب. $CH_3CH_2I + H_2O \longrightarrow CH_3CH_2OH + HI$

ج. $CH_3CH_2Cl + NaOH \xrightarrow{\text{إيثانول}} CH_2{=}CH_2 + NaCl + H_2O$

د. $CH_3CHClCH_3 + H_2O \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_3 + HCl$

هـ. $CH_3CH_2CH_2Br + NaOH \xrightarrow{\text{إيثانول}} CH_2{=}CHCH_3 + NaBr + H_2O$

٣. أ. في الجزئية ٢-(أ): تفاعل استبدال نيوكليوفيلي.

ب. في الجزئية ٢-(هـ): تفاعل إزالة.

٤. أضف محلول نترات الفضة المائية إلى مخلوط التفاعل. يشير تكوّن الراسب الأبيض إلى وجود أيونات الكلوريد.

٥. أ. $CH_3CH_2CH_2CH_2Br + NaOH \xrightarrow{\text{إيثانول}} CH_3CH_2CH{=}CH_2 + NaBr + H_2O$

ب. $CH_3CH_2CH_2CH_2Br + H_2O \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH + HBr$

ج. $CH_3CHClCH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_3 + NaCl$

د. $CH_3CHClCH_3 + NaOH \xrightarrow{\text{إيثانول}} CH_3CH{=}CH_2 + NaCl + H_2O$

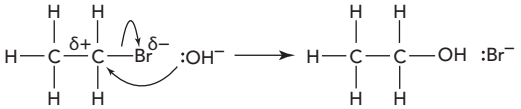
نشاط ٩-٨

١. عندما يخضع اليودوإيثان مع هيدروكسيد الصوديوم المائي للتقطير المرتد، فإن أيون الهيدروكسيد يسلك كنيوكليوفيل حيث يستبدل ذرة اليود. يعرف التفاعل أيضًا بتفاعل التحلل المائي الذي يعني التكسير أو التفكك بوساطة الماء. ويكون التحلل المائي بوساطة هيدروكسيد الصوديوم أسرع من التحلل المائي بوساطة الماء لأن أيون الهيدروكسيد يمتلك شحنة سالبة بحيث يكون أكثر فاعلية كنيوكليوفيل. يكون التحلل المائي للكلوروإيثان أبطأ من التحلل المائي لليودوإيثان لأن الرابطة C–Cl تعد أقوى من الرابطة C–I.

٢. أ. يُعدّ البروم أكثر سالبية كهربائية من الكربون لذا فهو يميل إلى جذب إلكترونات الرابطة C–Br نحوه.

ب. لأنه يمنح زوجًا من الإلكترونات إلى مركز يمتلك شحنة جزئية موجبة (أو لجسيم لديه نقص في الإلكترونات).

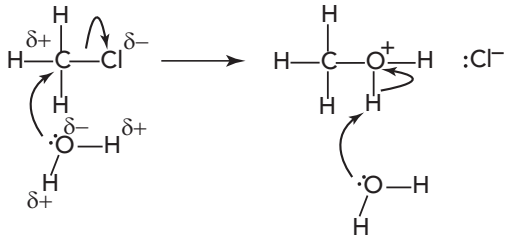
ج.



د. يمنح أيون الهيدروكسيد زوجًا من الإلكترونات إلى $C(\delta+)$.
في الوقت نفسه، تتكسر الرابطة C–Br بشكل غير متجانس بحيث تكسب ذرة البروم كلا الإلكترونَين.
ويتحرر أيون البروميد من الجزيء.
تتكوّن رابطة تساهمية جديدة بين الأيون OH^- والذرة C^+ لإنتاج الإيثانول

٣. أ. جزيء الماء. لأنه يمنح زوجًا من الإلكترونات إلى مركز يمتلك شحنة جزئية موجبة (أو لجسيم لديه نقص في الإلكترونات).

ب.



ج. لأن الأكسجين يمتلك ثلاث روابط تساهمية ويحمل شحنة موجبة، ما يجعل من هذا الجسيم وسيطًا نشطًا كيميائيًّا.

د. تتم إزالة H^+ من الوسيط بوساطة جزيء ماء ثان.

٤. أ. الآلية الموضحة في السؤال ٣ هي الأبطأ. لأن H_2O هو النيوكليوفيل الأضعف وهو ينجذب بقوة أقل إلى الكربون الذي لديه نقص في الإلكترونات مقارنةً بالأيون OH^-. وكذلك تُعدّ الرابطة C-Cl أقوى من الرابطة C–Br لذا يلزم قدر أكبر من الطاقة لكسر C–Cl. إضافة إلى ذلك يجب كسر رابطة (O-H) أخرى في الآلية الموضحة في السؤال ٣، وهذا سيتطلب أيضًا طاقة إضافية.

ب. يمكن مراقبة معدل سرعة التفاعل بإضافة محلول نترات الفضة المائي إلى مخلوط التفاعل. حيث ينبغي تحديد المدة الزمنية التي يستغرقها كل تفاعل ليصبح مخلوط التفاعل معتمًا (بسبب تكوّن رواسب هاليدات الفضة).

إجابات الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٩-١: تحضير الهيدروكربونات واختبارها

المقدمة

يتطلب هذا الاستقصاء العملي من الطلبة تحضير الهيدروكربونين: الميثان والإيثين.

لا يُعدّ مهمًا أن يعرف الطلبة التفاعلَين المستخدمَين، ولكنهما يحدثان وفق المعادلتَين الآتيتَين:

تحضير الميثان: $CH_3COONa(s) + NaOH(s) \longrightarrow CH_4(g) + Na_2CO_3(s)$

تحضير الإيثين: $CH_3CH_2OH(g) \longrightarrow CH_2= CH_2(g) + H_2O(g)$

سيختبر الطلبة بعد ذلك الهيدروكربونَين ويقومون بالمقارنة بينهما من خلال مراقبة احتراقهما وتفاعلهما مع ماء البروم ومحلول منجنات (VII) البوتاسيوم في وسط حمضي.

المدة

- سيستغرق كل جزء من هذا النشاط العملي نحو ثلاثين دقيقة لإكماله.

التحضير للاستقصاء

- يمكن إعداد الطلبة لهذا النشاط العملي مع بعض المعارف السابقة حول كيمياء الهيدروكربونات، أو لتعزيز تعلمهم لتفاعلات الألكانات والألكينات. بدلًا من ذلك، يمكن استخدام الجزء الأول أثناء دراسة النشاط الكيميائي للألكانات والجزء الثاني أثناء دراسة النشاط الكيميائي للألكينات.
- عادةً ما تكون أنابيب التسخين التي تمّ استخدامها سابقًا لتفكيك مركب ما ملطخة بشدة وغير مناسبة لاستخدامات مخبرية أخرى. يُقترح الاحتفاظ بأنابيب التسخين هذه لاستخدامها تحديدًا في هذا النوع من الاستقصاءات في المستقبل.
- يُعدّ العرض التوضيحي لإعداد الجهاز فكرة جيدة، وينبغي التوضيح للطلبة ما يجب عليهم فعله في حال رجوع الماء أو امتصاصه بطريقة عكسية.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات
• أنابيب اختبار عدد 2 • سدادة مطاطية مع أنبوبة توصيل، تناسب أنبوبة التسخين • صوف معدني • حجر الخفاف قطع بحجم حبة البازلاء (أو وعاء مسامي غير مطلي/قطع فخار مكسور) • أنابيب اختبار عدد 6 (في حالة إعادة الاستخدام) • سدادات فلين (تناسب أنابيب الاختبار) عدد 6 • قطارة زجاج • كأس زجاجية • موقد بنزن • حصيرة عازلة للحرارة • حامل لأنابيب الاختبار • حوض زجاجي أو بلاستيكي صغير • أعواد ثقاب • ملعقة كيماويات • حامل حديد كامل • 2 mL من الإيثانول • إيثانوات الصوديوم اللامائية CH_3CO_2Na (نحو 2 g) • جير الصودا NaOH/CaO (نحو 6 g) • 2-3 mL من ماء البروم (0.02 mol/L) • 2-3 mL من محلول منجنات (VII) البوتاسيوم (0.1 mol/L) (في وسط حمضي) مع حمض الكبريتيك بتركيز 0.1 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

تأكّد من قراءة التعليمات الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.

- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- الإيثانول والميثان والإيثين مواد شديدة الاشتعال.
- جير الصودا مادة ضارة وأكّالة.
- ماء البروم ضار عند هذا التركيز.
- ستكون الأوعية الزجاجية ساخنة، لذا تترك لتبرد قبل استخدامها.
- سيؤدي امتصاص الماء البارد في أنبوبة الغليان الساخنة إلى كسرها.

توجيهات حول الاستقصاء

- يجب تقديم عرض توضيحي للطلبة حول الإجراء الذي يجب اتخاذه في حالة رجوع الماء في أنبوبة التسخين. ينبغي تنبيههم إلى عدم إزالة موقد بنزن الذي يسخن الأنبوبة أثناء تجميع الغاز، حيث سيحدث رجوع للماء عبر أنبوبة التوصيل نحو أنبوبة التسخين الساخنة. فإذا بدأ امتصاص الماء نحو أعلى أنبوبة التوصيل، يجب عليهم إزالة أنبوبة التوصيل بسرعة من الحوض عن طريق رفع الجهاز بالكامل بوساطة الحامل.
- عندما يستوعب الطلبة كيفية التعامل مع رجوع الماء ويصبحون واثقين من التصرف في هذه الحال، يكون هذا الاستقصاء العملي بسيطًا ومباشرًا، ويكون من المستحسن العمل في مجموعات. بالنسبة إلى الطلبة الذين يتمتعون بثقة أقل، سيمكنهم هذا الاستقصاء من تحسين أدائهم عند تسخين المواد.

يمكن للطلبة فهم النتائج التي توصلوا إليها من خلال تذكر أن جميع الهيدروكربونات تخضع للاحتراق الكامل لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء، لذا تُعدّ بداية جيدة كتابة معادلة كيميائية لفظية:

ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + هيدروكربون

قد يلاحظ الطلبة شديدو الانتباه أن عملية احتراق الإيثين تنتج لهبًا أصفر أكثر أو دخانًا أكثر من عملية احتراق الميثان. اطلب إليهم كتابة معادلات الاحتراق غير الكامل لكل من الميثان والإيثين، والسبب الذي يجعل احتراق الإيثين أقل اكتمالًا من احتراق الميثان.

الإجابة:

$$2CH_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + 4H_2O(l)$$
$$C_2H_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + 2H_2O(l)$$

يمتلك الإيثين نسبة مئوية كتلية من الكربون أكبر مقارنة بالميثان، لذلك يكون احتمال احتراقه بشكل كامل أقل من الميثان.

على الرغم من هذا التشابه في التفاعلات مع الأكسجين، يجب تذكير الطلبة بأن الألكانات تُعدّ أقل نشاطًا كيميائيًا من الألكينات، وهذا ما يفسر أن الاختبارات الأخرى لا تعطي نتائج إيجابية. من خلال رسم الصيغة البنائية الموسعة لكل من الميثان والإيثين، يمكن للطلبة إدراك أن الميثان مركب مشبع مع روابط أحادية فقط، بينما يمتلك الإيثين رابطة ثنائية تسمح له بإضافة ذرات إلى بنيته.

قد يلاحظ بعض الطلبة أن الميثان بدأ في التسبب بتلاشي لون ماء البروم ببطء أو قد يتذكرون أن الميثان يتفاعل مع البروم عند تعرضهما للأشعة فوق البنفسجية UV. اسمح لهؤلاء الطلبة بالذهاب أبعد في استقصاء هذه الملاحظات عن طريق وضع أنبوبة الاختبار في ضوء الشمس. اطلب إليهم كتابة معادلات تفاعل الاستبدال بين الميثان والبروم، عند استخدام فائض من البروم.

الإجابة: يمكن للطلبة اختيار كتابة المعادلات التي تلخص كيف يتم إنتاج كل برومو ميثان أو توضيح كيف يتم إنتاج كل واحد منها بالتسلسل:

$$CH_4 + Br_2 \longrightarrow CH_3Br + HBr$$
$$CH_4 + 2Br_2 \longrightarrow CH_2Br_2 + 2HBr$$
$$CH_4 + 3Br_2 \longrightarrow CHBr_3 + 3HBr$$
$$CH_4 + 4Br_2 \longrightarrow CBr_4 + 4HBr$$

أو

$$CH_4 + Br_2 \longrightarrow CH_3Br + HBr$$
$$CH_3Br + Br_2 \longrightarrow CH_2Br_2 + HBr$$
$$CH_2Br_2 + Br_2 \longrightarrow CHBr_3 + HBr$$
$$CHBr_3 + Br_2 \longrightarrow CBr_4 + HBr$$

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

قد يستنتج الطلبة أن الميثان لا يتفاعل على الإطلاق مع البروم، أو قد يجدون النتيجة مربكة إذا تم تعليمهم أنه يجب أن يخضع لتفاعل ما. في الظروف المستخدمة في الاستقصاء، لن يكون التفاعل محتملًا، ولكن إذا كان ماء البروم أكثر تركيزًا وتعرض المخلوط إلى الأشعة فوق البنفسجية UV، فيمكن للتفاعل أن يحدث ويستمر.

عيّنة نتائج

يعطي الجدول (٩-١) أدناه فكرة عن النتائج التي ينبغي أن يحصل عليها الطلبة.

	الميثان	الإيثين
عود ثقاب مشتعل	تصبح الشعلة أكثر سطوعًا، ويحترق الغاز بلهب أزرق أو أصفر	تصبح الشعلة أكثر سطوعًا، ويحترق الغاز بلهب أزرق أو أصفر
ماء البروم	لا تغيير (ملاحظة - إذا تعرض لأشعة الشمس، فقد يتلاشى اللون بشكل بطيء)	يتلاشى لون ماء البروم تمامًا (من الأصفر أو البرتقالي إلى عديم اللون)
محلول منجنات (VII) البوتاسيوم في وسط حمضي	لا تغيير	يتلاشى لون محلول منجنات (VII) البوتاسيوم تمامًا (من الأرجواني إلى عديم اللون)

الجدول ٩-١

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام نتائج العيّنة)

١. أ. يعد الإيثين الأكثر نشاطًا. يوضح جدول النتائج أنه يتفاعل مع ماء البروم ومحلول منجنات (VII) البوتاسيوم الحمضي بينما الميثان لا يتفاعل.

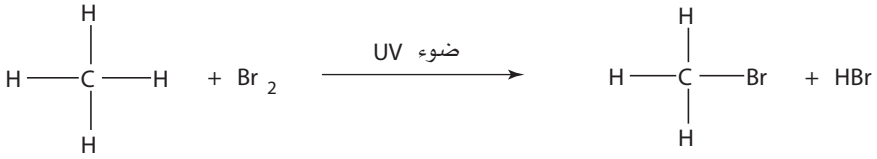
ب. يمتلك الميثان روابط أحادية (سيجما) فقط. تُعدّ هذه الروابط قوية جدًا، وتتطلب طاقة مرتفعة لكسرها، لذا فهي أكثر مقاومة عندما تتعرض للهجوم. وتُعدّ هذه الروابط أيضًا غير قطبية، لذا فهي لا تجذب جسيمات مثل الإلكتروفيلات أو النيوكليوفيلات.

يمتلك الإيثين رابطة ثنائية (رابطة سيجما ورابطة باي). تُعدّ الرابطة الثنائية غنية بالإلكترونات، وبالتالي ستجذب الإلكتروفيلات للتفاعل معها. والرابطة باي أيضًا أضعف من الرابطة سيجما وتحتاج إلى طاقة أقل بكثير لكسرها.

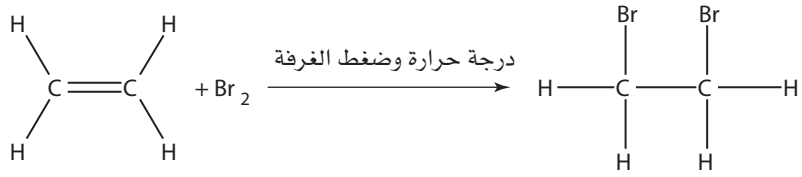
٢. أ. $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

ب. $C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l)$

٣. لا يحدث تفاعل بين الميثان والبروم في الظروف العادية، ما لم يتعرض المخلوط لأشعة الشمس:

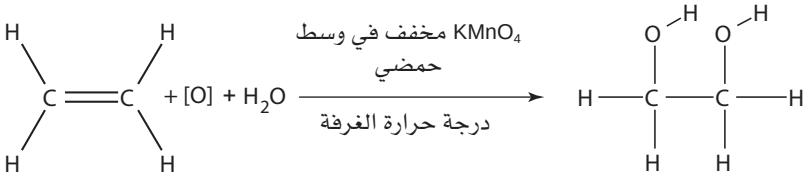


تفاعل الإيثين مع البروم:



٤. لا يحدث تفاعل بين الميثان ومنجنات (VII) البوتاسيوم.

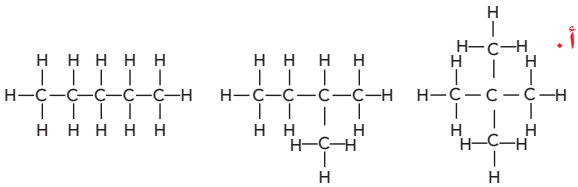
الإيثين مع منجنات (VII) البوتاسيوم:



إجابات أسئلة نهاية الوحدة

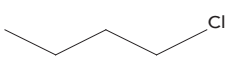
السؤال ١

أ.

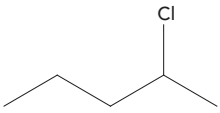


ب. ١. $C_5H_{12} + Cl_2 \longrightarrow C_5H_{11}Cl + HCl$

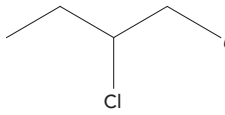
٢. 1 – كلوروبنتان



2 – كلوروبنتان



3 – كلوروبنتان



٣. تشاكل بنائي من حيث موقع المجموعة الوظيفية.

٤. استخدام فائض من الكلور.

ج. ١. تفاعل استبدال بالجذر الحر.

٢. $Cl_2 \longrightarrow 2Cl\bullet$

٣. $Cl\bullet + C_5H_{12} \longrightarrow HCl + C_5H_{11}\bullet$

$C_5H_{11}\bullet + Cl_2 \longrightarrow C_5H_{11}Cl + Cl\bullet$

٤. أي اندماج بين جذرَين حرَّين، على سبيل المثال:

$Cl\bullet + Cl\bullet \longrightarrow Cl_2$

$C_5H_{11}\bullet + C_5H_{11}\bullet \longrightarrow C_{10}H_{22}$

$C_5H_{11}\bullet + Cl\bullet \longrightarrow C_5H_{11}Cl$

السؤال ٢

أ. $C_{10}H_{22}(l) + \frac{21}{2}O_2(g) \longrightarrow 10CO(g) + 11H_2O(l)$

أو

$2C_{10}H_{22}(l) + 21O_2(g) \longrightarrow 20CO(g) + 22H_2O(l)$

ب. لأن أحادي أكسيد الكربون غاز سام.

ج. ١. يندمج النيتروجين الموجود في الهواء مع الأكسجين عند درجة حرارة وضغط مرتفعَين.

٢. $2NO_2 + 4CO \longrightarrow N_2 + 4CO_2$

د. ١. $C_6H_{14} + \frac{19}{2}O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 7H_2O$

أو

$2C_6H_{14} + 19O_2 \longrightarrow 12CO_2 + 14H_2O$

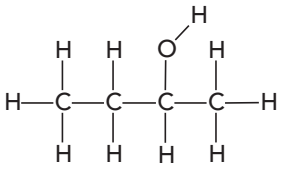
٢. يُعدّ ثاني أكسيد الكربون أحد الغازات الدفيئة، وهو يمتص الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من سطح الأرض.

لذلك يحبس الحرارة في الغلاف الجوي، وبالتالي ترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي

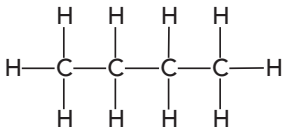
٣. أي تأثيرين مما يلي: انصهار الطبقة الجليدية القطبية / ارتفاع مستوى سطح البحر / التصحر / أنماط طقس أكثر قسوة.

السؤال ٣

أ. ١. A

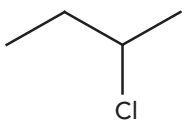


B



٢. $CH_3CH(OH)CH(OH)CH_3$

٣.



ب. ١. بخار الماء، حمض الفوسفوريك (عامل حفاز)، درجة حرارة مرتفعة (أكثر من 300°C)

٢. غاز الهيدروجين وعامل حفاز من النيكل ودرجة حرارة 150°C

٣. كلوريد الهيدروجين عند درجة حرارة وضغط الغرفة.

٤. محلول مخفف وبارد في وسط حمضي من منجنات (VII) البوتاسيوم.

ج. الإضافة.

د. تتم إضافة الذرات في المواقع نفسها / الكربون رقم 2 والكربون رقم 3

تتكسر رابطة باي π أثناء الإضافة، وبالتالي يكون هنالك دوران حر حول ذرات الكربون في المواد الناتجة.

السؤال ٤

أ. التفاعل مع ماء البروم.

يحول الإيثين لون ماء البروم من البرتقالي إلى عديم اللون.

الإيثان لا تأثير له (يبقى لون البروم برتقاليًّا).

أو

التفاعل مع $KMnO_4$ في وسط حمضي

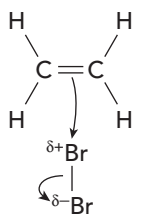
يحول الإيثين لون $KMnO_4$ من الأرجواني إلى عديم اللون

الإيثان لا تأثير له (يبقى لون $KMnO_4$ أرجوانيًّا)

ب. الروابط سيجما موجودة بين الذرات H و C وإحدى الرابطتَين C–C الأمر الذي يجعل الذرات C و H جميعها في مستوى واحد.

تتكون الرابطة باي π نتيجة التداخل بين فلكَي p المتبقيَين في ذرّتَي C وهي تكون فوق وتحت مستوى الذرات C و H

ج. ١.



٢. الأيون Cl^- من كلوريد الصوديوم يحتوي على زوج منفرد من الإلكترونات.

ويسلك كنيوكليوفيل / يمكنه مهاجمة ذرة الكربون ذات الشحنة الموجبة.

ويتكوّن الأيون Br^- نتيجة هجوم جزيء البروم على الإيثين.

ويسلك كنيوكليوفيل أيضًا / يمكنه مهاجمة ذرات الكربون ذات الشحنة الموجبة.

د. كلوريد الهيدروجين جزيء قطبي، وهو يسلك كإلكتروفيل.

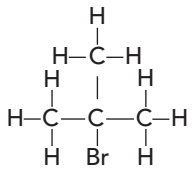
يتم جذب زوج الإلكترونات من إحدى روابط C=C (الرابطة باي) من قبل الطرف δ^+ في الجزيء HCl

تمتلك مجموعة CH_3 تأثيرًا حثّيًا موجبًا.

يؤدي هذا إلى استقرار الكاتيون الكربوني الثانوي أكثر من الكاتيون الكربوني الأولي، لذلك ينجذب Cl^- (من HCl) إلى الكاتيون الكربوني الثانوي.

السؤال ٥

أ. ١.



٢. ثالثي

ب. ١. تفاعل إضافة ينتج مادة ناتجة واحدة فقط تحل مجموعة OH محل ذرة Br.

٢. يمتلك جزيء الماء زوجًا منفردًا من الإلكترونات،

ويمكنه أن يمنح هذا الزوج لذرة كربون لديها نقص في الإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية جديدة.

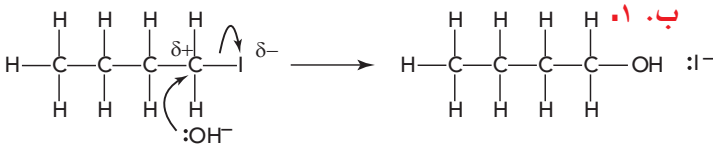
ج. أضف محلول نترات الفضة المائية،

يتكوّن راسب قشدي اللون يشير إلى وجود أيون البروميد.

السؤال ٦

أ. $CH_3CH_2CH_2CH_2I + NaOH \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH + NaI$

ب. ١.



٢. تُعدّ رابطة C–I في اليودوبيوتان رابطة قطبية لأن I يُعدّ أكثر سالبية كهربائية من C. لذلك فإن ذرة C تحمل شحنة جزئية موجبة.

يُعدّ الأيون OH^- نيوكليوفيل.

يمنح أيون الهيدروكسيد زوجًا منفردًا من الإلكترونات إلى ذرة الكربون ذات الشحنة الجزئية الموجبة.

ج. تعد طاقة الرابطة C–Cl أكبر من طاقة الرابطة C–I.

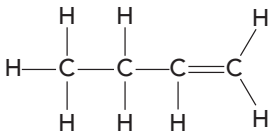
لذا يلزم طاقة تنشيط أعلى لبدء التفاعل في 1 – كلوروبيوتان.

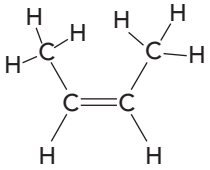
د. ١. $CH_3CH_2CH_2CH_2I + OH^- \longrightarrow CH_3CH_2CH = CH_2 + H_2O + I^-$

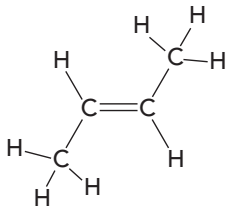
٢. تفاعل إزالة.

٣. يسلك أيون الهيدروكسيد كقاعدة، لأنه يأخذ بروتون من الهالوجينوألكان.

هـ.







السؤال ٧

أ. ١. PCl_5 / HCl / $SOCl_2$

٢. 1 – بروموبيوتان

٣. 2 – بيوتانول

ب. ١. بيوتان

٢. HCl

٣. يتم إنتاج جذور كلور حرة.

يمكن للجذور الحرة أن تهاجم أي ذرة هيدروجين على السلسلة الكربونية.

ج. ١. HCl

٢. يتم إنتاج 2 – كلوروبيوتان من الكاتيون الكربوني الثانوي الذي يتكوّن أثناء الآلية. يرتبط هذا الكاتيون الكربوني الثانوي بمجموعتَي ألكيل تدفعان الإلكترونات نحو C^+ ما يجعله أكثر استقرارًا من الكاتيون الكربوني الأولي الذي يكوّن 1 – كلوروبيوتان.

د. ١. محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، وتسخين مع تقطير مرتد.

٢. محلول هيدروكسيد الصوديوم الإيثانولي، وتسخين مع تقطير مرتد.

رقم الإيداع : ٢٠٢٣/٦٨٧٥

مطبعة مسقط - روي، هاتف: ٢٤٧٩٤٤٥٢، فاكس: ٢٤٧٠١٢٧٢

الكيمياء – دليل المعلم

يُعدّ دليل المعلم الرقمي هذا المكوّن الداعم المصاحب لكتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة، الأمر الذي يساعد المعلّم على الربط بين التدريس النظري والتطبيق العملي. كما أنه يدعم المعلم في التخطيط لدروس رائعة وتغطية محتوى المنهج الدراسي، بما في ذلك الاستقصاءات العملية. إضافة إلى ذلك فإنه يوفر مجموعة متنوعة من أفكار التدريس النشطة في كل الموضوعات، مع تحديد المدة الزمنية المقترحة لكل فكرة. كما يتضمن دعمًا لتطوير مهارات الاستقصاء لدى الطلبة وتعزيزها، من خلال شرح مفصل تم تصميمه بما يتوافق مع أهداف التعلم. وتتوافر في الدليل إرشادات للملخص، والدعم المتمايز (تفريد التعليم)؛ بالاضافة إلى أفكار خلّاقة عن الكثير من الأنشطة، ما يعطي السلسلة قيمة إضافية.

كما يتضمن هذا الدليل إجابات نموذجية لأسئلة كتاب الطالب، وأسئلة نهاية الوحدة، وأسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة.

يشمل منهج الكيمياء للصف الحادي عشر من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب.
- كتاب التجارب العملية والأنشطة.

ISBN 978-99992-56-01-8

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

www.moe.gov.om