سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

رؤية عمان 2040
نتقدم بثقة
Moving Forward with Confidence

الكيمياء

الصف الحادي عشر

دليل المعلم

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية
1445 هـ - 2023 م

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

الصف الحادي عشر

دليل المعلّم

الفصل الدراسي الأول

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

الطبعة التجريبية 1445 هـ - 2023 م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

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

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

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

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

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)

»¡aÉ«ÑfÉ¡dG ó©°ûædG

جَـــلالَـــةَ الـسُّـلْـطـان É¡æ«d ÒÑ©°ûJG É¡æ«H Ée

¿É¡eÓ¨h ôµ©ªÉ¡H ¿É¡Wƒ¨G »a Ö©°ûdGh

عـــاهِـــلاً مُـــمَـــجَّـــدًا وَلْـــيَـــــدُمْ مـــؤَيَّـــــدًا

i ó¡à«ÑbƒJ/ Øæ«dÉH

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِـيـاءُ مِـنْ كِـرامِ الْعَرَبِ

فـارْتَقـــي هـــامَ السَّمـاء وَامْلَئي الْكَـــوْنَ ضيـــاء

AÉ¡NôdÉH»a©ffh..ó©°Sƒh

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 الأولى: التركيب الذريّ

العلوم ضمن سياقها: عرض تاريخي
للنماذج الذرية ٤٩
نظرة عامة ٥٠
مخطط التدريس ٥٠
الموضوع ١-١: مكونات الذرة ٥١
الموضوع ١-٢: مستويات الطاقة الفرعية
والأفلاك الذرية ٥٥
الموضوع ١-٣: التوزيع الإلكتروني ٥٩
الموضوع ١-٤: تدرج الخصائص ودوريتها
في الجدول الدوري ٦٢
الموضوع ١-٥: طاقة التأين (IE) ٦٥
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٧٣
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ٧٨

الوحدة الثانية: حسابات التناسب الكيميائي

نظرة عامة ٨٢
مخطط التدريس ٨٢
الموضوع ٢-١: الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية .. ٨٣
الموضوع ٢-٢: حسابات كتل المواد
المتفاعلة والناتجة ٨٥
الموضوع ٢-٣: الحجم المولي
والتناسب الكيميائي ٨٨
الموضوع ٢-٤: المعايرة والتناسب الكيميائي ٩٢
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٩٦
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ٩٩

الوحدة الثالثة: الترابط الكيميائي

العلوم ضمن سياقها: بوكمنسترفولرين
The Buckminsterfullerene ١٠٩
نظرة عامة ١١٠
مخطط التدريس ١١٠
الموضوع ٣-١: أنواع الروابط الكيميائية ١١١
الموضوع ٣-٢: أشكال الجزيئات ١١٨
الموضوع ٣-٣: تهجين الأفلاك الذرية ١٢٥
الموضوع ٣-٤: طول وطاقة الرابطة ١٢٨
الموضوع ٣-٥: السالبية الكهربائية والقطبية ١٣١
الموضوع ٣-٦: القوى بين الجزيئات ١٣٤
الموضوع ٣-٧: الرابطة الهيدروجينية ١٣٨
الموضوع ٣-٨: الروابط والخصائص الفيزيائية ١٤٣
إجابات أسئلة كتاب الطالب ١٤٧
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ١٥٤

الوحدة الرابعة: تفاعلات الأكسدة-اختزال

العلوم ضمن سياقها: عدسات ذاتية التعتيم
(تتلوّن عند تعرّضها للضوء) ١٦٤
نظرة عامة ١٦٥
مخطط التدريس ١٦٥
الموضوع ٤-١: أعداد التأكسد ١٦٦
الموضوع ٤-٢: تفاعلات الأكسدة-اختزال .. ١٧٠
الموضوع ٤-٣: وزن المعادلات الكيميائية
باستخدام أعداد التأكسد ١٧٤
إجابات أسئلة كتاب الطالب ١٧٧
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ١٧٩

الوحدة الخامسة: الاتزان الكيميائي

العلوم ضمن سياقها: تحسين الكفاءة
Improving the efficiency ١٨٦
نظرة عامة ١٨٧
مخطط التدريس ١٨٧
الموضوع ٥-١: التفاعلات المنعكسة والاتزان ١٨٨
الموضوع ٥-٢: حالة الاتزان ١٩١
الموضوع ٥-٣: معادلات الاتزان وثابت
الاتزان (K_c) ١٩٥
الموضوع ٥-٤: الاتزان في تفاعلات الغازات
وثابت الاتزان (K_p) ٢٠٠
الموضوع ٥-٥: الاتزان والصناعات الكيميائية ٢٠٤
إجابات أسئلة كتاب الطالب ٢٠٩
إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة ٢١٢

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

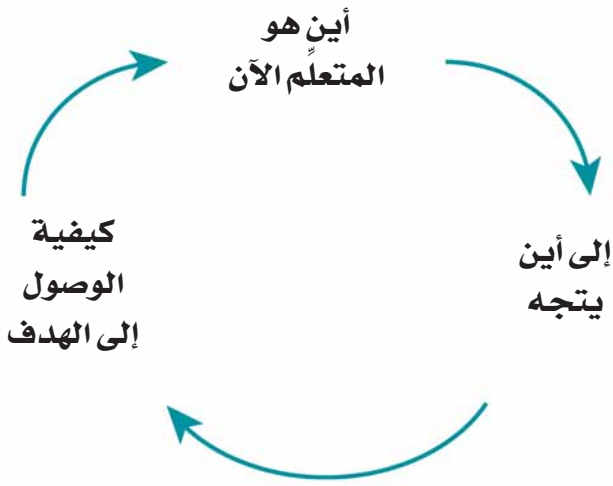
ما هو التقويم من أجل التعلم؟

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.

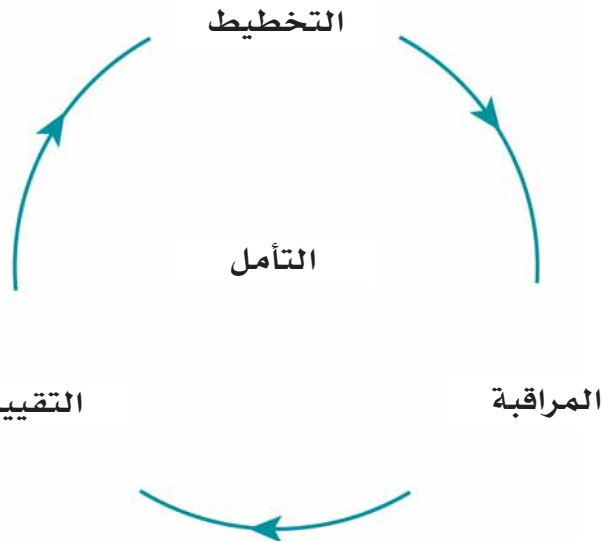
Wiliam, D. (2011), Embedded Formative Assessment, Solution Tree Press, Bloomington, IN.

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 احتمالًا 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:

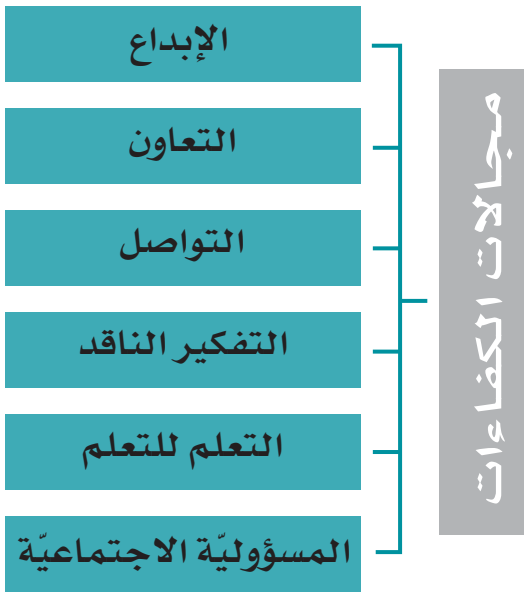
- مراعاة تفريد التعليم من خلال طرح الأسئلة (تضمين استراتيجيات طرح الأسئلة لتحقيق الأفضل لاحقًا).
- مراعاة تفريد التعليم من خلال المجموعات (استخدام مجموعات القدرات المختلطة).
- مراعاة تفريد التعليم حسب النتاجات (أنماط متعددة من نتاجات التعلم أو كيف يظهر الطلبة تعلمهم).
- مراعاة تفريد التعليم حسب المهمات (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 جدًا، 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 مملًا. 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 _____(٣/٤)_____ 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).

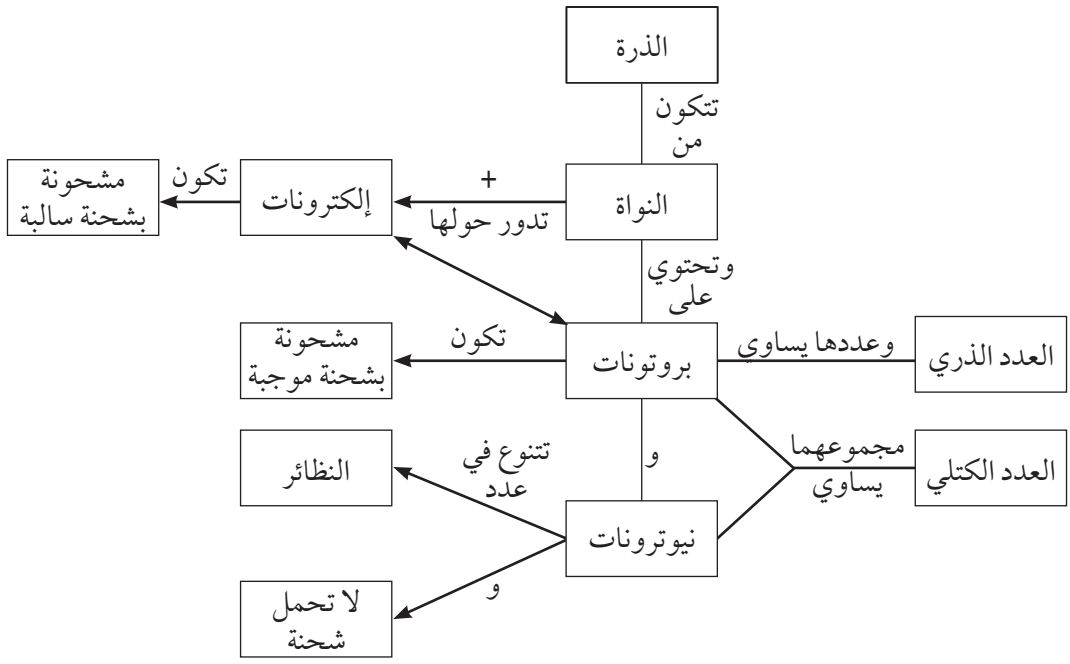
اجعل الأسطر الفارغة متساوية القياس حتى لا يستخدمها الطالب لتخمين الإجابة التي سيملأ بها الفراغ.

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.



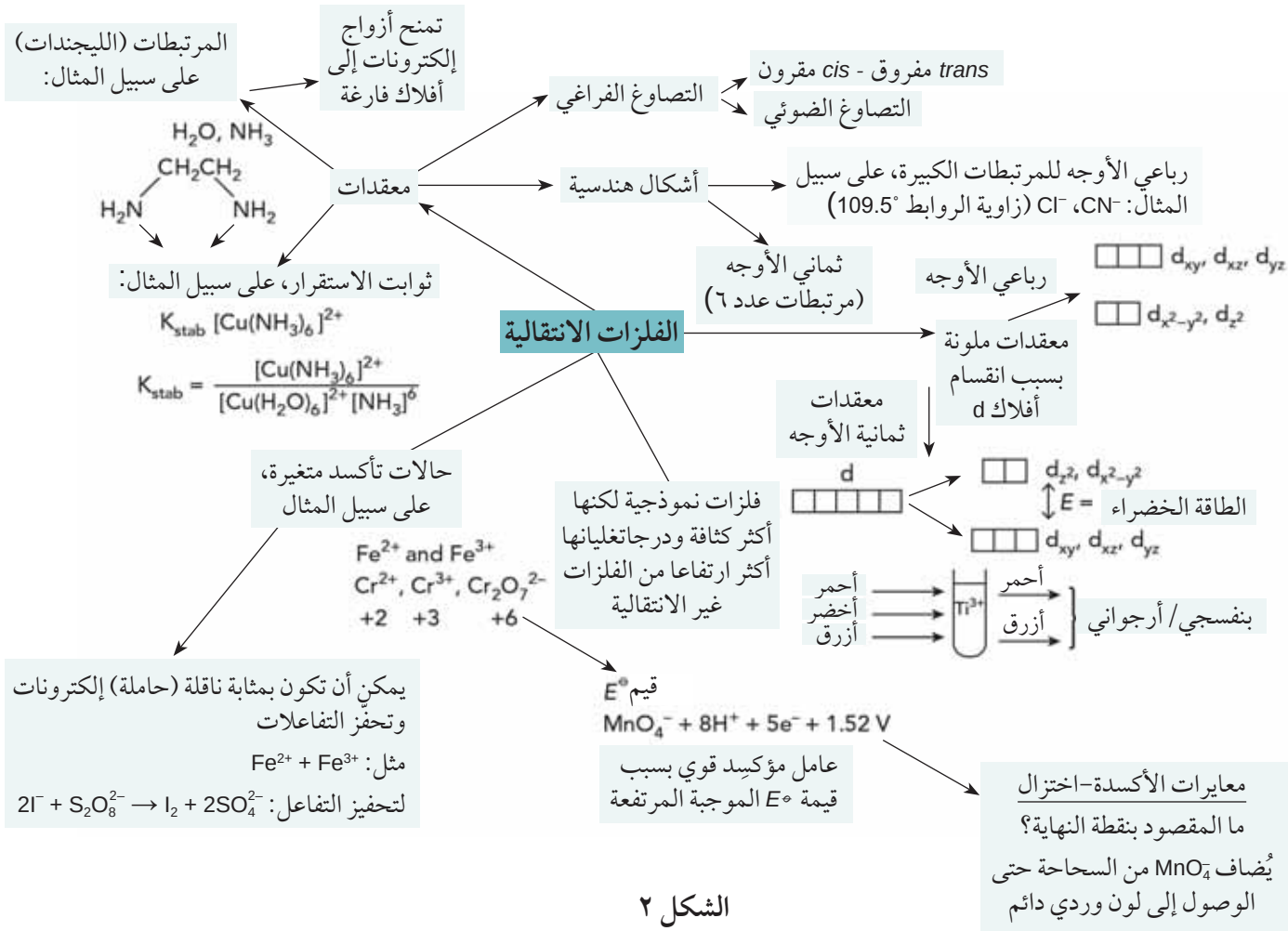
الشكل ١

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.



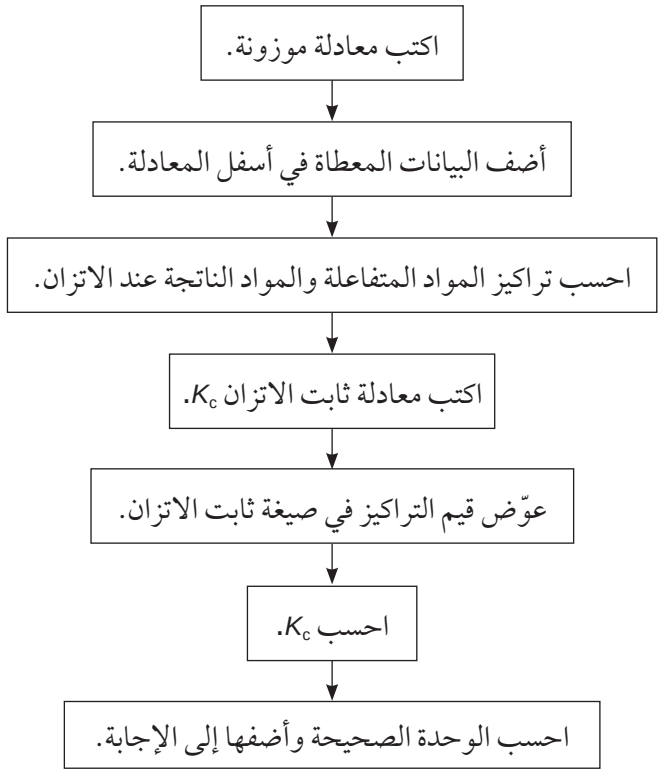
الشكل ٢

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.

يُعدّ استخدام المخططات الانسيابية مفيدًا أيضًا في تلخيص المراحل المختلفة لتمرين عملي أو حسابي. فالعمليات الحسابية اللازمة لتحديد ثابت الاتزان (K_c) لمعادلة اتزان تتطلب عدة مراحل. قد يكون الشكل ٣ مفيدًا لمساعدة الطلبة في تذكّر هذه العمليات.



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 التيَ 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 الأولى: التركيب الذرّي	
١-١ مكونات الذرة	
١-١	يفهم أن الذرات معظمها فراغ وتتركز كتلتها في النواة التي تحتوى على البروتونات والنيوترونات، وتوجد الإلكترونات في مدارات حولها.
٢-١	يصف توزيع الكتلة والشحنة داخل الذرة.
٣-١	يصف سلوك حزم البروتونات والنيوترونات والإلكترونات عند دخولها مجال كهربائي بنفس السرعة.
٤-١	يحدّد عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات الموجودة في كلا من الذرّات والأيونات باستخدام العدد الذري (عدد البروتونات)، والعدد الكتلي (عدد النيوكليونات) والشحنة ويفهم استخدام الترميز ${}^{x}_{y}A$.
٢-١ مستويات الطاقة الفرعية والأفلاك الذرية	
٥-١	يفهم المصطلحات العلمية الآتية: • مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية والأفلاك • عدد الكمّ الرئيسي (n) • الحالة المستقرة، وفقًا للتوزيع الإلكتروني.
٦-١	يصف عدد الأفلاك المكوّنة لمستويات الطاقة الفرعية s و p و d وعدد الإلكترونات التي يمكن أن تملأ المستويات الفرعية s و p و d.
٧-١	يصف اتّجاه ازدياد الطاقة لمستويات الطاقة الفرعية داخل مستويات الطاقة الثلاثة الأولى ومستويات الطاقة الفرعية 4s و 4p.
٨-١	يصف أشكال الأفلاك s و p ويرسمها.
٣-١ التوزيع الإلكتروني	
٩-١	يصف التوزيعات الإلكترونية لتشمل عدد الإلكترونات في كلّ من مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية والأفلاك.
١٠-١	يشرح التوزيعات الإلكترونية من حيث طاقة الإلكترونات والتنافر بين أزواج الإلكترونات (تنافر زوج الإلكترونات المغزلي).
١١-١	يحدّد التوزيع الإلكتروني للذرّات والأيونات باستخدام العدد الذري (عدد البروتونات) والشحنة، باستخدام أيّ من الاصطلاحات الآتية: على سبيل المثال بالنسبة إلى الحديد $Fe:1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$ (التوزيع الإلكتروني الكامل) أو $[Ar]\ 4s^2\ 3d^6$ (التوزيع الإلكتروني المختصر).

الأهداف التعليمية	
١-١٢	يستنتج المجموعة والدورة التي ينتمي لها العنصر من خلال التوزيع الإلكتروني.
١-١٣	يستخدم الإلكترونات في «المربعات» ويفهمها، على سبيل المثال بالنسبة إلى الحديد Fe: [Ar]
١-١٤	يصف الجذور الحرّة كنوع من الجسيمات يمتلك واحدًا أو أكثر من الإلكترونات المنفردة (غير المرتبطة).
١-٤ تدرج الخصائص ودوريتها في الجدول الدوري	
١-١٥	يذكر التدرج في نصف القطر الذرّي ونصف القطر الأيوني للعناصر عبر الدورة ويشرحها.
١-٥ طاقة التأين (IE)	
١-١٦	يعرّف مصطلح طاقة التأيّن الأولى، IE (IE_1) ويستخدمها.
١-١٧	يكتب معادلات طاقات التأيّن الأولى وطاقات التأيّن المتتالية.
١-١٨	يحدّد التدرج في طاقة التأيّن في الجدول الدوري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين أو في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل ويشرحها.
١-١٩	يحدّد التغيرّات في طاقات التأيّن المتتالية لعنصر ما ويشرحها.
١-٢٠	يفهم أنّ طاقات التأيّن ناتجة من التجاذب بين النواة والإلكترونات الخارجية.
١-٢١	يشرح العوامل التي تؤثّر على طاقات التأيّن للعناصر من حيث: • الشحنة النووية • نصف القطر الذرّي أو الأيوني • الحجب بواسطة الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية الداخلية • تنافر زوج الإلكترونات المغزلي (spin-pair repulsion)
١-٢٢	يستنتج التوزيع الإلكتروني للعناصر باستخدام بيانات طاقات التأيّن المتتالية.
١-٢٣	يستنتج موقع عنصر ما في الجدول الدوري بالاعتماد على بيانات طاقات التأيّن المتتالية.
الوحدة الثانية: حسابات التناسب الكيميائي	
٢-١ الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية	
٢-١	يعرّف المصطلحات الآتية ويستخدمها: • المول في ضوء ثابت أفوجادرو • الصيغ الأولية والجزيئية
٢-٢	يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول لإيجاد الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية.

الأهداف التعليمية	
٦-٢	يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥
٢-٢ حسابات كتل المواد المتفاعلة والناتجة	
٣-٢	يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن الكتل المتفاعلة (من الصيغ والمعادلات) لتشمل تحديد: • الكمّيات الفعلية • النسبة المئوية للمردود • النسبة المئوية الكتلية
٦-٢	يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥
٣-٢ الحجم المولي والتناسب الكيميائي	
٤-٢	يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن حجوم الغازات.
٥-٢	يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن حجوم المحاليل وتراكيزها.
٦-٢	يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥
٤-٢ المعايرة والتناسب الكيميائي	
٥-٢	يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن حجوم المحاليل وتراكيزها.
٦-٢	يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥
الوحدة الثالثة: الترابط الكيميائي	
١-٣ أنواع الروابط الكيميائية	
١-٣	يصف الأنواع المختلفة من الروابط الكيميائية (الأيونية والتساهمية والفلزية) وقوى الترابط بين الجزيئات.
٢-٣	يعرف الرابطة الأيونية على أنها قوى جذب كهروستاتيكي بين الأيونات ذات الشحنات المعاكسة (الكاتيونات الموجبة الشحنة والأنيونات السالبة الشحنة).
٣-٣	يستخدم مخطّطات التمثيل النقطي لإظهار ترتيب الإلكترونات في المركّبات ذات الترابط الأيوني والتساهمي (بما فيها الروابط المتعددة) والترابط التناسقي.

الأهداف التعليمية	
٣-٤	يفهم أن بعض العناصر الموجودة في الدورة الثالثة تتجاوز قاعدة الثمانية (إلى أكثر من 8 إلكترونات في مستوى طاقة التكافؤ كما في المركّبات: ثنائي أكسيد الكبريت SO_2، وخماسي كلوريد الفوسفور PCl_5، وسداسي فلوريد الكبريت SF_6)
٣-٥	يصف الرابطة التناسقية (الرابطة التساهمية التناسقية)، كما في: • التفاعل بين غازي الأمونيا وكلوريد الهيدروجين لتكوين أيون الأمونيوم (NH_4^+) • جزيء (Al_2Cl_6) • الأيونات المعقدة $[CuCl_4]^{2-}$ و $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$
٣-٢ أشكال الجزيئات	
٣-٦	يذكر الأشكال الهندسية للجزيئات وزوايا الروابط الموجودة فيها باستخدام نظرية التنافر بين أزواج الإلكترونات VSEPR ويشرحها، بتطبيق هذه النظرية على الأمثلة البسيطة الآتية: • BF_3 (مثلث مستوي، 120°) • CO_2 (خطي، 180°) • CH_4 (رباعي الأوجه، 109.5°) • NH_3 (هرم ثلاثي، 107°) • H_2O (منحني، 104.5°) • SF_6 (ثماني الأوجه، 90°) • PF_5 (هرم ثلاثي مزدوج، 120° و 90°)
٣-٧	يتنبأ بالأشكال وزوايا الروابط في الجزيئات والأيونات المماثلة لتلك المحددة في ٣-٦
٣-٣ تهجين الأفلاك الذرية	
٣-٨	يصف الروابط التساهمية من حيث تداخل الأفلاك ممّا يكون روابط سيجما (σ) و باي (π) • تتكوّن الروابط σ من خلال التداخل رأس-رأس للأفلاك بين الذرّات المترابطة • تتكوّن الروابط π من خلال التداخل الجانبي للأفلاك p المتجاورة، في أعلى وأسفل الرابطة σ
٣-٩	يصف كيف تتكوّن الروابط σ و π في جزيئات تتضمّن N_2 و HCN و C_2H_4 و C_2H_6 و H_2
٣-١٠	يستخدم مفهوم التهجين لوصف الأفلاك sp و sp^2 و sp^3
٣-٤ طول وطاقة الرابطة	
٣-١١	يعرّف المصطلحات الآتية: • طاقة الرابطة هي الطاقة اللازمة لكسر مول واحد من رابطة تساهمية معيّنة في الحالة الغازية. • طول الرابطة هي المسافة بين نواتَي ذرّتَين مترابطتَين تساهميًّا.
٣-١٢	يستخدم قيم طاقة الرابطة ومفهوم طول الرابطة لمقارنة النشاط الكيميائي للجزيئات التساهمية.

الأهداف التعليمية

٣-٥ السالبية الكهربائية والقطبية	
٣-١٣	يعرّف السالبية الكهربائية بأنها قدرة ذرة معينة مترابطة تساهميًّا بذرة أخرى على جذب زوج إلكترونات الرابطة نحوها.
٣-١٤	يشرح العوامل التي تؤثّر على السالبية الكهربائية للعناصر من حيث الشحنة النووية ونصف القطر الذرّي والحجب بواسطة إلكترونات مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية الداخلية.
٣-١٥	يذكر تدرج قيم السالبية الكهربائية للعناصر في الجدول الدوري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين أو في المجموعة من الأسفل إلى الأعلى ويشرحها.
٣-١٦	يستخدم الاختلافات في قيم بولينغ (Pauling) للسالبية الكهربائية للتنبّؤ بتكوّن الروابط الأيونية والتساهمية (لن يتمّ التطرّق إلى الطابع التساهمي في بعض المركّبات الأيونية) (ستُعطى قيم بولينغ للسالبية الكهربائية عند الضرورة).
٣-١٧	يستخدم مفهوم السالبية الكهربائية لشرح قطبية الروابط وقيم العزم القطبي بين الذرات وتأثير ذلك على قطبية الجزيء.
٣-٦ القوى بين الجزيئات	
٣-١٨	يصف قوى فان دير فال كقوى بين الجزيئات ويميّزها من الروابط الكيميائية.
٣-١٩	يصف أنواع قوى فان دير فال Van der Waals: • قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id-id)، والتي تسمى أيضًا قوى لندن للتشتت (London). • قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd)، والتي تتضمّن الرابطة الهيدروجينية.
٣-٢٠	يشرح أنماط تدرج درجات الغليان أو درجات الانصهار لعناصر أو لمركبات مستندًا إلى قوى الترابط بين الجزيئات.
٣-٧ الرابطة الهيدروجينية	
٣-٢١	يفهم الرابطة الهيدروجينية كنوع من القوى ثنائي – ثنائي القطب الدائم بين الجُزيئات حيث يرتبط الهيدروجين بذرّة ذات سالبية كهربائية عالية.
٣-٢٢	يصف الرابطة الهيدروجينية، مقتصرًا على الجُزيئات التي تحتوي على مجموعات N—H و O—H وH—F، والتي تتضمّن الأمونيا والماء وفلوريد الهيدروجين كأمثلة بسيطة.
٣-٢٣	يستخدم مفهوم الرابطة الهيدروجينية لشرح الخصائص الاستثنائية للماء H_2O (الجليد والماء): • ارتفاع درجة انصهاره ودرجة غليانه نسبيًّا. • ارتفاع التوتّر السطحي نسبيًّا. • كثافة الجليد الصلب مقارنة بكثافة الماء السائل.

الأهداف التعليمية	
٣-٨ الروابط والخصائص الفيزيائية	
٣-٢٤	يذكر أن الروابط الأيونية والتساهمية والفلزية أقوى من القوى بين- الجزيئات.
٣-٢٥	يصف تأثير الأنواع المختلفة من البنى (التراكيب) والروابط على الخصائص الفيزيائية للموادّ، بما في ذلك درجة الانصهار ودرجة الغليان والتوصيل الكهربائي والذوبانية، ويفسرها ويتنبأ بها.
٣-٢٦	يستنتج نوع التركيب البنائي والترابط الموجود في مادّة ما من المعلومات المعطاة.
الوحدة الرابعة: تفاعلات الأكسدة اختزال	
٤-١ أعداد التأكسد	
٤-١	يفهم مصطلح عدد التأكسد وقواعد حساب أعداد التأكسد.
٤-٢	يحسب عدد التأكسد لعنصر ما موجود في مركب أو أيون.
٤-٣	يستخدم الأرقام الرومانية للإشارة إلى قيمة عدد تأكسد عنصر ما في مركبه.
٤-٤	يستنتج الصيغة الكيميائية من اسم المركب الذي يتضمن رقمًا رومانيًا.
٤-٢ تفاعلات الأكسدة-اختزال	
٤-٥	يشرح مصطلحات تفاعلات الأكسدة والاختزال وأكسدة-اختزال وتفاعل الأكسدة والاختزال الذاتي (عدم التناسب) في ضوء انتقال الإلكترونات والتغيّرات في أعداد التأكسد.
٤-٦	يشرح المصطلحين العامل المؤكسد والعامل المختزل ويستخدمهما.
٤-٣ وزن المعادلات الكيميائية باستخدام أعداد التأكسد	
٤-٧	يستخدم التغيّرات في أعداد التأكسد لوزن المعادلات الكيميائية.
الوحدة الخامسة: الاتزان الكيميائي	
٥-١ التفاعلات المنعكسة والاتزان	
٥-١	يفهم المقصود بالتفاعل المنعكس.
٥-٢	يفهم المقصود بالاتزان الديناميكي من حيث تساوي معدّل سرعة التفاعل الأمامي مع معدّل سرعة التفاعل العكسي وثبات تركيز الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.
٥-٣	يفهم أهمية نظام مغلق كشرط أساسي في تحقيق الاتزان الديناميكي.

الأهداف التعليمية

٥-٢ حالة الاتزان	
٥-٤	يعرّف مبدأ لوشاتيلييه بأنه: إذا حدث تغيّر في نظام كيميائي في حالة اتزان ديناميكي، سينزاح الاتزان الكيميائي في الاتّجاه الذي يحدّ من تأثير هذا التغيّر.
٥-٥	يستخدم مبدأ لوشاتيلييه ليستنتج، نوعيًا، تأثيرات التغيّرات في درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط أو وجود عامل حفّاز على نظام كيميائي في حالة اتزان.
٥-٣ معادلات الاتزان وثابت الاتزان (K_c)	
٥-٦	يستنتج علاقة ثابت الاتزان من حيث التراكيز K_c
٥-٧	يستخدم معادلات K_c لإجراء عمليات حسابية (لن تحتاج إلى مثل هذه الحسابات حلّ معادلات تربيعية، «معادلات من الدرجة الثانية»).
٥-٨	يحسب الكمّيات الموجودة في حالة الاتزان، بالاعتماد على البيانات المعطاة.
٥-٩	يحدّد ما إذا كانت التغيّرات في درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط أو وجود عامل حفّاز تؤثّر على قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ما.
٥-٤ الاتزان في تفاعلات الغازات وثابت الاتزان (K_p)	
٥-١٠	يفهم المصطلحين: الكسر المولي والضغط الجزئي ويستخدمهما.
٥-١١	يستنتج علاقة ثابت الاتزان من حيث الضغوط الجزئية، K_p
٥-١٢	يستخدم معادلات K_p لإجراء عمليات حسابية (لن تتطلّب مثل هذه الحسابات حلّ معادلات تربيعية، «معادلات من الدرجة الثانية»).
٥-٥ الاتزان والصناعات الكيميائية	
٥-١٣	يصف الشروط المستخدمة في عملية هابر وعملية التماس، كأمثلة على أهمية فهم الاتزان الديناميكي في الصناعة الكيميائية وتطبيق مبدأ لوشاتيلييه، ويشرحها.

الوحدة الأولى

التركيب الذرّي

العلوم ضمن سياقها

عرض تاريخي للنماذج الذرية

ظهر العديد من الأفكار المختلفة حول طبيعة المادة منذ بداية العصر الإغريقي. فقدّر ديموقريطس (Democritus) أنه لا يمكن الاستمرار في تقسيم المادة إلى الأبد، ولا بد من الوصول في النهاية إلى جسيم واحد. وقد سميّت هذه الجسيمات بالذرات، وهي كلمة مشتقة من الكلمة اليونانية «أتوموس» «atomos» التي تعني غير قابل للقسمة.

وكان أرسطو (Aristotle) فيلسوفًا يونانيًّا، عاش في الحقبة الزمنية نفسها تقريبًا. قدّر هو الآخر أن كل المواد تتكون من أربعة عناصر: الأرض والهواء والنار والماء. وكان يشرح تكوّن معظم المواد بهذه الطريقة؛ فعلى سبيل المثال، ينمو النبات في الأرض ويحتاج إلى الهواء والماء، لذلك يتكون النبات من الأرض والهواء والماء. وقد استمرت نظرية أرسطو لسنوات طويلة «تشكّل أمام الطلبة عقبة لفهم التركيب الذري».

كان روبرت بويل (Robert Boyle) (1627–1691 م) أول عالم معروف احتفظ بسجلات دقيقة لعمله. لقد أعاد بقوة إحياء فكرة أن المادة مكونة من جسيمات صغيرة لا يمكن تقسيمها إلى جسيمات أصغر. ويمكن جمع هذه الجسيمات بالغة الصغر بطرائق عديدة ومختلفة لتكوين «أجسام مختلطة». وهي تسمى الآن بالمركبات. ودفع جون دالتون (John Dalton) هذه الأفكار خطوة إلى الأمام، عندما اقترح أن الذرات غير قابلة للانقسام أو الفناء، وأن الذرات جميعها التي تنتمي إلى عنصر ما تمتلك الكتلة نفسها والخصائص الكيميائية نفسها. وأن عناصر مختلفة تمتلك كتلًا وخصائص كيميائية مختلفة.

قرأ الطلبة عن أنابيب الأشعة الكاثودية (الأشعة المهبطية) في المهارة العملية ١-١. لقد تم تطوير هذه الأنابيب في العام 1897م من قبل الفيزيائي الألماني يوجين غولدشتاين (Eugen Goldstein). واستخدم ج.ج. طومسون (JJ Thomson) أنابيب الأشعة الكاثودية لإجراء تجارب لقياس انحراف جسيمات ذات شحنة سالبة في مجال كهربائي. وقد اقترح طومسون نموذجه الذري المعروف باسم «فطيرة الخوخ»، والتي تقول بأن الذرات تتكون من إلكترونات ذات شحنة سالبة موزعة في سحابة ذات شحنة موجبة. ثم اقترح إيرنست رذرفورد (Ernest Rutherford) لاحقًا أن كتلة الذرة لا تتوزع بالتساوي على كامل الذرة، ولكنها تتركز في نقطة مركزية من الذرة بالغة الصغر وقد أطلق عليها اسم النواة. (قرأ الطلبة عن تجربته في النشاط ٢-١ من كتاب التجارب العملية والأنشطة). واستنتج رذرفورد لاحقًا أن النواة تحتوي على جسيمات ذات شحنة موجبة تسمى البروتونات وأن عدد البروتونات يتوافق مع موقع العناصر في الجدول الدوري.

إن نظرية عدم امتلاك النيوترونات أيّة شحنة، لم يتم اكتشافها حتى العام 1932م. فقد أجرى جيمس شادويك اختباره مستخدمًا جسيمات ألفا وصفائح من البريليوم، وأنتج إشعاعات غير مشحونة، مكوّنة من النيوترونات.

أخيرًا، اقترح نيلز بور أن مستويات الطاقة في الذرة محددة كميًّا؛ فهي تمتلك قيمًا ثابتة، وأن الإلكترونات يمكنها فقط أن تشغل هذه المستويات. ولكي ينتقل (يصعد) الإلكترون إلى مستوى طاقة أعلى، يجب أن يمتص الكمية المحددة واللازمة من الطاقة، التي تسمى «طاقة الكم: a quantum of energy». وإذا عاد (نزل) الإلكترون إلى مستوى الطاقة السابق، فإنه يطلق كمية الطاقة نفسها على شكل فوتونات. وهذه الفوتونات تنتج طيف الانبعاث لعنصر ما.

نظرة عامة

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

- يؤمن هذا الموضوع من المنهج للطلبة المعارف حول تركيب الذرّة وخصائص الجسيمات دون-الذرية وترتيبها داخل الذرّة.
- كما أنها تبحث في كيفية تغير أعداد هذه الجسيمات دون-الذرية في الأيونات وكيفية توزيع هذه الجسيمات دون الذرية وترتيبها من خلال معرفة:
  - التوزيع الإلكتروني للذرات وترتيب ملء الأفلاك الذرية.
  - مستويات الطاقة وأشكال الأفلاك الذرية s و p.
  - طاقات التأين والعوامل التي تؤثر على قيمها.
- تحتوي هذه الوحدة على مفاهيم ومعارف علمية ومعارف نظرية تهيئ الطلبة لفهم الظواهر والتجارب المخبرية وتقييم التقنيات العملية المرتبطة بها.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
١-١، ١-٢، ١-٣، ١-٤	١-١ مكونات الذرة	٢	الأسئلة من ١ إلى ٥ مهارات عملية ١-١ تجربة طومسون أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة من ١ إلى ٣	نشاط ١-١ التركيب الذرّي نشاط ١-٢ اكتشاف النواة أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١ و ٢
١-٥، ١-٦، ١-٧، ١-٨	١-٢ مستويات الطاقة الفرعية والأفلاك الذرية	٣	السؤال ٦ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٦ (أ، ب، ج ٢ و د ٢)	نشاط ١-٣ مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية الجزئية ١ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (هـ)
١-٩، ١-١٠، ١-١١، ١-١٢، ١-١٣، ١-١٤	١-٣ التوزيع الإلكتروني	٢	الأسئلة من ٧ إلى ١٠ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٤ (د)، ٥ (ب، ج)، ٦ (ج ١، د ١)، ٧ (ب)	نشاط ١-٣ مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية الجزئيتان (٢ و٣) نشاط ١-٤ الإلكترونات في الأفلاك أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣ (أ)، ٤ (أ، ب)، ٥ (و ١، ز)، ٦ (د)
١-١٥	١-٤ تدرج الخصائص ودوريتها في الجدول الدوري	١	السؤال ١١	أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (ب) ٦ (أ – ج)

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
١-١٦، ١-١٧، ١-١٨، ١-١٩، ١-٢٠، ١-٢١، ١-٢٢، ١-٢٣	١-٥ طاقة التأين (IE)	٤	الأسئلة من ١٢ إلى ١٨ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٤ (أ – ج)، ٥ (أ، د)، ٧ (أ، ج، د، هـ)، ٨	نشاط ١-٥ طاقة التأيّن والجدول الدوري نشاط ١-٦ طاقة التأيّن المتتالية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (ج، د) ٤ (ج)، ٥ (أ – هـ، و (٢))

الموضوع ١-١ مكونات الذرة

الأهداف التعليمية

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

١-٢ يصف توزيع الكتلة والشحنة داخل الذرة.

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	١-١ مكونات الذرة الأسئلة من ١ إلى ٥ – مستويات الطاقة مهارات عملية ١-١ تجربة طومسون – العدد الذري والعدد الكتلي أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١ إلى ٣	• يناقش كيف تطور نموذج الذرّة ويقوم ببناء جدول زمني لكيفية تطور مفهوم الذرّة. • يصف مستويات الطاقة. • يضع قائمة بالشحنات النسبية والكتل النسبية للجسيمات دون الذرية. • يستقصي التجارب التي أُجريت على الجسيمات في مجال كهربائي. • يصف العلاقة بين العدد الذري والعدد الكتلي.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ١-١ التركيب الذرّي نشاط ١-٢ اكتشاف النواة أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١ و ٢	• يلخّص المعرفة بالتركيب الذرّي. • يراجع تجربة طومسون Thomson's.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- ربما لا يميز الطلبة بين تعريف العدد الذري كونه يساوي عدد البروتونات أو عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة فقط، وبين اقتصاره على عدد البروتونات فقط في الأيون.

- في بعض الأحيان؛ قد يلتبس على الطلبة تحديد مفهوم النيوكليونات؛ وأنها تعبر عن النيوترونات فقط، وليس جميع محتويات النويات أي البروتونات والنيوترونات.
- في تجربة طومسون لا يأخذ بعض الطلبة في الاعتبار تأثير كتلة الجسيمات (الإلكترونات والبروتونات) على الانحراف في المجال الكهربائي؛ حيث لا تكون هذه الانحرافات متساوية.

أنشطة تمهيدية

نظرًا لامتلاك الطلبة بعض المعرفة السابقة عن مكونات الذرة وتركيبها، فقد تم التعامل مع هذا الموضوع على أنه تمرين مراجعة وتذكير.

وعليه، تم اقتراح ثلاثة أفكار لتقديم هذا الموضوع. ويعتمد اختيار الفكرة على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

فكرة أ

كلف الطلبة الإجابة عن الأسئلة الواردة في كتاب الطالب (قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة) لسبر المستوى المعرفي لديهم.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة إجراء تقييم ذاتي وتسجيل النقاط التي يجدون فيها صعوبة للعودة إليها لاحقًا.

فكرة ب

كلف الطلبة قراءة «تاريخ تطور النماذج الذرية» في بداية الوحدة. يمكن لهم العمل في ثنائيات للإجابة عن الأسئلة الواردة في نهاية الموضوع.

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة العمل ضمن مجموعات صغيرة لإنشاء جدول يوضح الترتيب الذي تمّ فيه طرح التطور التاريخي للذرة. مع ذكر التسلسل الزمني والعلماء الذين افترضوا نظريات التركيب الذري على أن يكون أكثر توسعًا من الجدول الوارد في الصفحة ٢٠ من كتاب الطالب. فكتاب التجارب العملية والأنشطة، نشاط ١-٢ يعرض الدور الذي أدّاه اكتشاف النواة في تطوّر النموذج الذري.

فكرة ج

ساعد الطلبة على تقدير تركيب الذرات، أخبرهم أنه إذا كانت الذرة بحجم ملعب كرة قدم، فإن النواة ستكون بحجم حبة بازلاء في نقطة المركز.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب من أجل تكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ عدد الجسيمات دون الذرّية

المعلومات المطلوبة موجودة في كتاب الطالب، الموضوع ١-١ «مكونات الذرة» «العدد الذري والعدد الكتلي». يمكن للطلبة استخدام العلاقات بين العدد الذري والعدد الكتلي وأعداد الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات الموجودة في ذرّة متعادلة. يُعدّ أمرًا مفيدًا في هذه المرحلة مناقشة سبب تعريف العدد الذري على أنه عدد البروتونات وليس عدد الإلكترونات أو النيوترونات (راجع كتاب الطالب «العدد الذري والعدد الكتلي»).

اختر عشرة عناصر على سبيل المثال، وأعطِ عددَين معلومَين على الأقل لكل عنصر، كلف الطلبة إكمال الجدول ١-١ حيث يمكنك أيضًا اختبار معرفتهم بالرموز بترك أحد العمودَين الأولَين فارغًا لملء بعض العناصر.

توجد طريقة أكثر صعوبة تتمثل بترك كلا العمودَين الأولَين فارغَين، كلف الطلبة استخدام الجدول الدوري في كتاب الطالب لتحديد كل عنصر.

العنصر	الرمز	العدد الذرّي	العدد الكتلي (النيوكليونات)	عدد البروتونات	عدد الإلكترونات	عدد النيوترونات

الجدول ١-١

› **فكرة للتقويم: سؤال مفصلي:** يمكنك طرح سؤال عصف ذهني أمام الطلبة. حيث تُعدّ هذه الطريقة أداة تشخيصية سريعة وجيدة لتقييم مدى فهم الطلبة للعلاقات بين هذه الأعداد.

أيّة مجموعة من مجموعات الأعداد الواردة في الجدول ١-٢ لا يمكن استخدامها لحساب أعداد الجسيمات دون الذرية في ذرّة متعادلة؟

	العدد الأول	العدد الثاني	التعليقات
أ	العدد الذري	العدد الكتلي	إجابة غير صحيحة. إذا أجاب الطلبة أن (أ) هي الإجابة الصحيحة، فذلك يعني أنهم لا يدركون أن العدد الذرّي يدل على عدد البروتونات والإلكترونات أيضًا، وأنه يمكن إيجاد عدد النيوترونات بطرح العدد الذرّي (Z) من العدد الكتلي (A).
ب	العدد الذري	عدد البروتونات	إجابة صحيحة. يدل العدد الذري على عدد البروتونات، والذي يساوي أيضًا عدد الإلكترونات في ذرة متعادلة، وهو العدد الثاني نفسه. لذا لن يتمكن الطلبة من حساب عدد النيوترونات.
ج	العدد الكتلي	عدد النيوترونات	إجابة غير صحيحة. لم يتمكن الطلبة من ترتيب المعادلة: عدد النيوترونات = A - Z. لقد تمّ إعطاؤهم A وكذلك تمّ إعطاؤهم عدد النيوترونات. لذلك، يمكنهم إيجاد عدد البروتونات والإلكترونات من A – عدد النيوترونات = عدد البروتونات (عدد الإلكترونات).
د	عدد الإلكترونات	العدد الكتلي	إجابة غير صحيحة. لم يدرك الطلبة أن عدد الإلكترونات في ذرّة متعادلة يساوي العدد الذري (عدد البروتونات)، وإذا تمّ طرحه من العدد الكتلي، فسيحصلون على عدد النيوترونات.

الجدول ١-٢

٢ رسم خرائط المفاهيم للتركيب الذري

وجه الطلبة إلى تصميم خريطة مفاهيم (راجع تقنيات التدريس «مفهوم رسم الخرائط المفاهيمية»)، باستخدام ما يعرفونه عن التركيب الذري بالإضافة إلى الاستعانة بكتاب الطالب. ويمكنهم استخدام الكلمات الآتية:

ذرّة، إلكترون، بروتون، نيوترون، نواة، نيوكليون
بالإضافة إلى أيّة كلمات أخرى تشعر أنها ذات صلة (على سبيل المثال، العدد الذري، العدد الكتلي (عدد النيوكليونات)، صفيحة سالبة، شحنة سالبة.

نبّه الطلبة إلى وجود أشكال مختلفة للخرائط المفاهيمية، وأنها تعتمد إلى حد كبير على العبارات / الكلمات المكتوبة فوق الأسهم. ومهما اختلفت فالمهم أن تعطي إجابة صحيحة وبأسلوب مبتكر.

› **فكرة للتقويم:** لغرض التقييم، يمكن تسليم خرائط المفاهيم إما لوضع الدرجات عليها، أو للتقويم ضمن الأقران (بين المجموعات). تعتمد جودة خريطة المفاهيم إلى حد كبير على العبارات / الكلمات المتضمنة في الخريطة.

٣ تجربة طومسون (١٥ دقيقة)

يقرأ الطلبة المهارات العملية ١-١ المتعلقة بتجربة طومسون في كتاب الطالب. كما يمكن لهم إنجاز نسختَين من الشكل ١-٤ وشرح مخططاتهم وعرض النتائج باستخدام:

- حزمة من البروتونات.
- حزمة من النيوترونات.

يمكن للطلبة الإجابة عن السؤال ١ (ب).

› **فكرة للتقويم:** لماذا تكون درجة انحراف الإلكترونات أكبر من البروتونات في الظروف نفسها؟ الجواب: تمتلك الإلكترونات كتلة أقل من كتلة البروتونات.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

اقترح المزيد من الكلمات لإضافتها إلى خريطة المفاهيم.

الدعم

- عند إكمال أعداد الجسيمات دون الذرية في الجدول ١-١، قدم الدعم للطلبة من خلال إكمال أول قسمَين أو ثلاثة أقسام معهم. اسألهم: «كيف قمتم بحساب عدد النيوترونات؟» مشجّعًا إياهم على التفكير وتوضيح كيفية مقاربتهم للعملية الحسابية.
- اقترح بعض الكلمات لاستخدامها لمساعدة الطلبة على تصميم خرائط المفاهيم الخاصة بهم، والتركيز على قراءة الخرائط واختيار الكلمات المناسبة هو الذي يحدّد مدى دقتها وصحتها العلمية.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

في حال توافر الوقت الكافي، وزّع الطلبة في مجموعات للقيام ببعض التدريبات الختامية:

- العب لعبة «تخمين الكلمة» (راجع أساليب التدريس «عمل المجموعات في الأعلى»). اختر كلمات ذات صلة بالوحدة.
- تفقّد خرائط المفاهيم المنجزة، واطلب إلى كل مجموعة تقديم عرض توضيحي مدته دقيقة واحدة لوصف ما تم إنجازه وسبب استخدامهم الروابط التي لديهم. ما الذي وجدوه سهلًا / صعبًا في هذا النشاط؟ يجد العديد من الطلبة هذا النوع من التمارين صعبًا في البداية، ولكن بمجرد تدريبهم على القيام بذلك، يتملكهم دافع قوي بالمثابرة على هذا النوع من التعلّم وإتقانه.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- تُعدّ مهارة رسم خريطة المفاهيم في الأساس تدريبًا على التعبير واختبارًا لقدرة الطلبة على كتابة جمل واضحة من كلمات ومفردات علمية بسيطة.

المهارة الحسابية

- مهارات رياضية بسيطة كالجمع والطرح واستخدام معادلة (عدد النيوترونات = A - Z).

الموضوع ١-٢ مستويات الطاقة الفرعية والأفلاك الذرية

الأهداف التعليمية

١-٥ يفهم المصطلحات العلمية الآتية:

- مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية والأفلاك
- عدد الكمّ الرئيسي (n)
- الحالة المستقرة، وفقًا للتوزيع الإلكتروني.

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

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

١-٨ يصف أشكال الأفلاك s و p ويرسمها.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

٣ حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٢-١ مستويات الطاقة الفرعية والأفلاك الذرية – مستويات طاقة الكم الفرعية – مهارات عملية ٢-١ طيف الانبعاث الذري – الأفلاك الذرية السؤال ٦ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٦ (أ، ب، ج ٢ و د ٢)	• يسجل ملاحظات حول نوع مستويات الطاقة الفرعية الموجودة في مستوى طاقة كم رئيسي ما، وعددها. • يرسم أشكال الأفلاك s و p. • يحسب عدد الإلكترونات المسموح بها داخل كل مستوى طاقة فرعي، ومن ثم يحسب العدد الإجمالي للإلكترونات في مستوى طاقة كم رئيسي ما.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-١ مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية: الجزئية ١ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (هـ)	• يستنتج نوع الأفلاك الذرية من البيانات المعطاة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

عند دراسة كتابة ترتيب ملء الأفلاك الذرية، سيظن الطلبة أن أفلاك 3d تمتلئ قبل الفلك 4p وذلك بحسب التسلسل في ترقيم مستويات الطاقة الرئيسية من الداخل إلى خارج الذرة. وهنا يجب توضيح عملية التداخل التي تحدث للأفلاك الذرية بعد الفلك 4s والتوضيح لهم ما يحدث بواسطة مخططات التوزيع الموجودة في كتاب الطالب.

أنشطة تمهيدية

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

١ فكرة أ

كلف الطلبة البحث والقراءة عن النموذج الذري للعالم «نيلز بور Bohr»، وكيف توصل هذا العالم إلى وجود مستويات الطاقة في الذرات مستندًا إلى تجربة «طيف الانبعاث». إن وجود الطيف كخطوط منفصلة كان له بالغ الأثر في معرفة أن الإلكترونات تمتلك كميات محددة من الطاقة.

٢ فكرة ب

إذا توافر، في المدرسة، مطياف ووسيلة لإنتاج الأطياف، يمكنك حينئذٍ تقديم عرض إيضاحي عن كيفية توضيح الأطياف نموذج بور Bohr.

الأنشطة الرئيسية

يتوافر في ما يلي العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب احتياجات الطلبة.

١ وجود مستويات طاقة فرعية، وأنواع وأعداد مختلفة من الأفلاك الذرية في كل مستوى طاقة فرعي

اشرح للطلبة أن مستويات طاقة الكم الرئيسية تحتوي على مستويات طاقة فرعية وأن كل مستوى طاقة فرعي يحتوي على عدد محدد من الأفلاك.

تبادل المعارف: يمكن للطلبة إما القراءة عنها، بشكل منفرد، في كتاب الطالب، أو العمل في ثنائيات، فيقرأ الطالب الأول عن مستويات طاقة الكم من كتاب الطالب، ثم يشرحها للطالب الثاني.

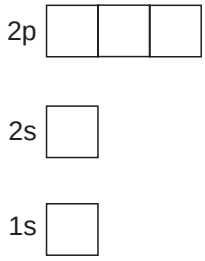
وجّه الطلبة إلى إكمال الجدول ١-٣.

مستوى الطاقة الرئيسي	مستويات الطاقة الفرعية الموجودة وعدد الإلكترونات (يكتب العدد الأقصى للإلكترونات في كل فلك)	التعليقات استخدم هذا العمود لإضافة تعليقات كالآتي:
الأول (n = 1)	1s ( )	«يوجد فلك 1s واحد فقط وكل مستوى طاقة كم رئيسي يحتوي على فلك s واحد فقط».
الثاني (n = 2)	2s ( ) 2p ( )	
الثالث (n = 3)	3s ( ) 3p ( ) 3d ( )	
الرابع (n = 4)	4s ( ) 4p ( )	

الجدول ١-٣

› **فكرة للتقويم:** يجيب الطلبة عن السؤال ٦ الوارد في كتاب الطالب.

٢ تمثيل الأفلاك الذرية بالمربعات



الشكل ١-٢

كلف الطلبة إكمال المخطط (الشكل ١-٢) الذي يوضح كيفية إتمام ملء الأفلاك، مع إمكانية طرح مجموعة من الأسئلة حول المخطط؛ على سبيل المثال: كم عدد مستويات طاقة الكم الرئيسية؟ وكم عدد مستويات طاقة الكم الفرعية للمستوى الثاني؟ لماذا يوجد ثلاثة مربعات أمام الفلك P؟ وماذا تمثل هذه المربعات؟

فكرة للتقويم: أيّة عبارة من العبارات الآتية حول الأفلاك s تُعدّ غير صحيحة؟

	العبارات	التعليقات
أ	تتواجد جميعها في مستويات الطاقة الرئيسية.	عبارة صحيحة. الفلك s يتواجد في كل مستوى طاقة.
ب	كل فلك s يستطيع احتواء إلكترون واحد كحد أقصى.	عبارة خاطئة. كل فلك s يستطيع احتواء إلكترونين كحد أقصى يدوران (يغزلان) في اتجاهَين متعاكسَين.
ج	لها أشكال كروية.	عبارة صحيحة. الفلك s له شكل كروي.
د	العدد الأقصى لأفلاك s في مستوى الطاقة الرئيسي هو واحد.	عبارة صحيحة. هناك فلك s واحد في كل مستوى طاقة.

الجدول ١-٤

	العبارات	التعليقات
أ	تتكوّن من فصّين يمتلك كل منهما شكلًا بيضاويًّا (كالأثقال).	عبارة صحيحة.
ب	كل فلك p يستطيع احتواء إلكترونين كحد أقصى.	عبارة صحيحة. كل فلك p يستطيع احتواء إلكترونين كحد أقصى يدوران (يغزلان) في اتجاهَين متعاكسين.
ج	كل مستوى طاقة أساسي لديه فلك p.	عبارة خاطئة. المستوى 1 لديه فلك واحد s.
د	كل فلك p_x أو p_y أو p_z يستطيع احتواء إلكترونَين كحد أقصى.	عبارة صحيحة. الفلك p لا يستطيع احتواء أكثر من إلكترونَين.

الجدول ١-٥

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

فكرة للتقويم

وزّع الطلبة ضمن مجموعات، وأعطهم كلمات مختلفة ذات صلة بهذا الموضوع، ووجههم إلى استخدام هذه الكلمات لكتابة فقرة تلخّص ما تعلموه خلال هذا الدرس. وإذا لم يتسنَّ لك الوقت الكافي، فاعرض الكلمات أمام الطلبة، ووجههم إلى طرح عبارات / جمل تتضمن هذه الكلمات؛ وعندما يتحقق الاتفاق حول صياغة الفقرة، يقوم الطلبة بتسجيلها بأكملها.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

بعض الكلمات الجديدة تحتاج إلى شرح وكتابة دقيقة؛ على سبيل المثال، مستويات طاقة الكم الرئيسية ومستويات الطاقة الفرعية.

المهارة الحسابية

يحتاج الطلبة إلى الإلمام بعمليات جمع بسيطة لحساب العدد الإجمالي للإلكترونات الموجودة في الذرّة والعدد الموجود في الأفلاك، ومن ثم مقارنتها.

الموضوع ١-٣ التوزيع الإلكتروني

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

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

Fe: [Ar]

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-١ التوزيع الإلكتروني – المستويات الفرعية والجدول الدوري – التوزيع الإلكتروني للأيونات الأسئلة من ٧ إلى ١٠ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٤ (د)، ٥ (ب، ج)، ٦ (ج ١ ، د ١)، ٧ (ب)	• يستخدم الترميز الذي يصف نوع الفلك الذري وعدد الإلكترونات الموجودة فيه. • يكتب التوزيع الإلكتروني باستخدام هذا الترميز. • يستخدم التوزيعات الإلكترونية المختصرة بترميز (الغاز النبيل)؛ من نوع [Ar] • يتبع ترتيب ملء الأفلاك للعناصر وصولًا إلى العدد الذري 36 (الكريبتون). – يستخدم توزيع الإلكترونات في المربعات لتمثيل التوزيع الإلكتروني. – يفهم مصطلح الجذور الحرة.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-١ مستويات طاقة الكمّ الرئيسية والفرعية الجزئيتان (٢ و٣) نشاط ٤-١ الإلكترونات في الأفلاك أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٣ (أ)، ٤ (أ، ب)، ٥ (و ١، ز)، ٦ (د)	• يُعدّ قائمة بمستويات الطاقة الرئيسية والفرعية.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعد التوزيع الإلكتروني للنحاس والكروم استثناء للقاعدة. فالنحاس يمتلك التوزيع الإلكتروني الذي ينتهي بـ ($4s^1\ 3d^{10}$) والكروم بـ ($4s^1\ 3d^5$). وذلك لأن فلكًا فرعيًّا d ممتلئًا تمامًا أو نصف ممتلئ، يكون أكثر استقرارًا من فلك فرعي مشغول جزئيًّا.
- بسبب عدد مستويات الطاقة (الأفلاك)، يمكن أن يلتبس على الطلبة أن مستوى الطاقة الفرعي (الأفلاك) 3d يتم ملؤها قبل مستوى الطاقة الفرعي (الفلك) 4s.
- قد يلتبس على الطلبة الترتيب الذي يتم وفقًا له ملء الأفلاك في مستوى طاقة فرعي ما. تشغل الإلكترونات الأفلاك الفارغة إذا أمكن قبل تكوين الأزواج الإلكترونية.

أنشطة تمهيدية

١ فكرة أ

اطلب إلى الطلبة كتابة التوزيع الإلكتروني المختصر للصوديوم [2،8،1]. واطلب إليهم كتابة ترتيب الإلكترونات في الأفلاك الذرية. وعند توافر الوقت، يمكن لهم تكرار النشاط مع الفوسفور.

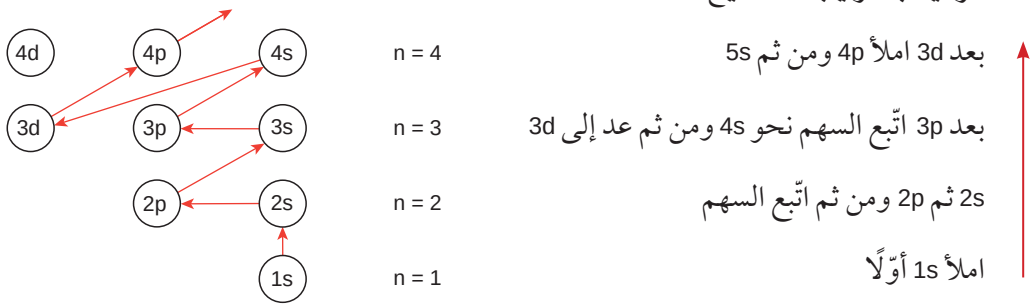
٢ فكرة ب

يمكن للطلبة اقتراح كيفية ترتيب الإلكترونات في الأفلاك p في مستوى الطاقة الرئيسي الثالث لذرّة من الفوسفور، مع ذكر سبب لاقتراحهم.

الأنشطة الرئيسية

١ كتابة التوزيع الإلكتروني في مستويات الطاقة الفرعية

- أعطِ التوزيع الإلكتروني لعدة عناصر تمتلك عددًا ذريًّا أقل من 18. هذا الأمر من شأنه أن يوضّح للطلبة أن التوزيع الإلكتروني يعبر عن أعداد الإلكترونات ونوع مستويات الطاقة الفرعية المشغولة كليًّا أو جزئيًّا.
- اشرح للطلبة أنه يتم ملء مستوى الطاقة الفرعي 4s قبل مستوى الطاقة الفرعي 3d لأن طاقة المستوى الفرعي 4s أقل قليلًا من طاقة المستوى الفرعي 3d. يُعدّ المخطط الموضح في الشكل أدناه مفيدًا لتوضيح ملء مستويات الطاقة الفرعية بالترتيب الصحيح



الشكل ١-٣

- كلف الطلبة كتابة توزيع إلكتروني لبعض العناصر حتى مستوى الطاقة الرئيسي الرابع، للتدرب على التوزيع الصحيح.
- اشرح كيف يمكن أيضًا استخدام التوزيع الإلكتروني المختصر بترميز [غاز نبيل] (على سبيل المثال، البوتاسيوم: $[Ar]\ 4s^1$). ويمكن أن توضح لهم كيفية استخدام التوزيع الإلكتروني لاستنتاج المجموعة التي ينتمي إليها العنصر في الجدول الدوري. على سبيل المثال: تحتوي ذرّة البوتاسيوم على إلكترون واحد إضافي بترميز الغاز النبيل، وهو بالتالي ينتمي إلى المجموعة الأولى (I)؛ والتوزيع الإلكتروني لذرّة الكبريت: $[Ne]\ 3s^2\ 3p^4$، وينتمي إلى المجموعة 16 (VI)، تحتوي ذرّة الكبريت على ستة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي بترميز الغاز النبيل.

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة اختيار ثلاثة عناصر بأنفسهم (بأعداد ذرية أقل من 37)، مقترحًا عليهم استخدام الورقة أو اللوح لكتابة التوزيع الإلكتروني. ويمكنك بعد ذلك التحقق من إجاباتهم، كما يمكنك عرض بعض الإجابات غير الصحيحة على السبورة (من دون الإفصاح عن اسم الطالب)، ووجههم إلى شرح سبب اعتبار هذه الإجابات خاطئة.

٢ الإلكترونات في المربّعات

وضّح للطلبة كيف يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام المربعات. وبعد أن تعرض عليهم بعض الأمثلة البسيطة، اطلب إليهم التعليق على المعلومات الإضافية التي تقدمها لهم. ولتوفير الوقت، قم بإعداد أوراق تكون المربعات فيها مطبوعة مسبقًا (راجع أيضًا الشكل ١-١٢ الوارد في كتاب الطالب). مشيرًا إلى أهمية تنافر زوج الإلكترونات المغزلي. كما إنه في هذه المرحلة يمكن التعريف بالجذور الحرة ووصفها، من دون الحاجة إلى التوسّع.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

- يمكن للطلبة كتابة التوزيع الإلكتروني لبعض الفلزات الانتقالية.
- يمكن للطلبة كتابة توزيعات إلكترونية لعناصر ذات أعداد ذرية أكبر من 37.

باستخدام ترميز الإلكترونات في المربّعات، ارسم الإلكترونات التي اكتسبتها ذرّة النيتروجين عند تكوّن الأيون N^{3-}. ارسم الإلكترونات المكتسبة بلون مختلف.

الدعم

في البداية أعطِ الطلبة الأفلاك وبعض أعداد الإلكترونات، ثم خفّف الدعم تدريجيًّا. على سبيل المثال، يمكنك تقديم البوتاسيوم كما يلي: □$1s^2$□$2s^2$□$2p^6$□$3s^2$□$3p^6$□$4s^1$ (□ لكتابة عدد الإلكترونات).

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

أثناء المناقشات شجع الطلبة على تقديم تفسيرات باستخدام تعابيرهم الخاصة بدلًا من تعابير كتاب الطالب. ويجب أن تتضمّن هذه الشروح المفردات المناسبة. على سبيل المثال: التوزيع الإلكتروني، مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية والأفلاك، ملء الأفلاك الذرية، مستوى طاقة الكم الرئيسي، تنافر زوج الإلكترونات المغزلي، والجذر الحر.

المهارة الحسابية

يجب أن يكون الطلبة قادرين على استخدام عمليات جمع بسيطة لحساب أعداد الإلكترونات الموجودة في الذرّة عند كتابة التوزيع الإلكتروني، ثم مقارنتها بالعدد الأقصى من الإلكترونات في كل مستوى طاقة فرعي. ويُعدّ هذا مهمًّا عند النظر في التوزيع الإلكتروني للأيونات.

الموضوع ١-٤ تدرج الخصائص ودوريتها في الجدول الدوري

الأهداف التعليمية

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	١-٤ تدرج الخصائص ودوريتها في الجدول الدوري – نصف القطر الذري السؤال ١١	• يشرح التغيرات في أنصاف الأقطار الذرية والأيونية عبر دورة ما من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوري. • يشرح كيف يتغير نصف القطر الذري في مجموعة ما من الأعلى إلى الأسفل في الجدول الدوري.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (ب) ٦ (أ – ج)	

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

قد يعتقد الطلبة أن تدرج التغير في أنصاف الأقطار الأيونية عبر الدورة مع زيادة العدد الذري من اليسار إلى اليمين يشبه تمامًا التدرج الذي يحدث في تغيرات أنصاف الأقطار الذرية، لذا يجب التنويه أن تدرج التغير الذي يحدث في أنصاف الأقطار الأيونية يعتمد على نوع الأيونات؛ موجبة أم سالبة.

أنشطة تمهيدية

في ما يلي فكرتان، وسيعتمد اختيار إحداهما على الموارد والوقت المتاح، وعلى مدى تقدّم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ

اشرح للطلبة أنه من الممكن قياس نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني. ثم اتركهم يتنبأون بالتغيرات في أنصاف الأقطار الذرية والأيونية عبر الدورة من اليسار إلى اليمين، أو في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل. يجب أن يكون لديهم المعارف الكافية لتبرير تنبؤاتهم، والتي يجب التحقق منها، وتأكيد الصحيح ودحض غير الصحيح منها. وتقدير الموضوعات التي يجد فيها الطلبة صعوبة. مستخدمًا هذا التقدير لإعدادهم للتعلم المتمايز الذي تتم مناقشته لاحقًا.

٢ فكرة ب

كلف الطلبة اقتراح كيفية قياس نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

نصف القطر الذري هو نصف المسافة بين مركزي نواتي ذرتَين مرتبطتين تساهميًّا فيما بينهما.

نصف القطر الأيوني هو نصف المسافة بين مركزَي نواتَي أيونين متجاورين في بنية بلورية.

الأنشطة الرئيسية

١ كيف يتغيّر نصف القطر الذري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين؟ أو في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل؟

يمكن للطلبة قراءة الموضوع ١-٤ الوارد في كتاب الطالب. يوضح الجدولان أدناه (١-٦ و ١-٧) نصف القطر الذري للذرات في الدورة الثانية وفي المجموعة الأولى (I) على التوالي. تعرض القياسات بوحدة البيكومتر ($1\ pm = 10^{-12}\ m$)

رمز الذرة	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
نصف القطر الذري (pm)	152	112	85	77	75	73	72	70

الجدول ١-٦: نصف القطر الذري لعناصر في الدورة الثانية.

رمز الذرة	Li	Na	K	Rb	Cs
نصف القطر الذري (pm)	152	186	227	248	265

الجدول ١-٧: نصف القطر الذري لعناصر المجموعة الأولى.

يمكن للطلبة أن يصفوا التدرّج في نصف القطر الذري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين، أو في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل، وأن يشرحوا أسباب الزيادة كلًا على حدة.

› **فكرة للتقويم:** اسأل الطلبة كيف يتغيّر نصف القطر الذري عبر الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين، وفي المجموعة 17 (VII) من الأعلى إلى الأسفل، أو ما تفسير تناقص نصف القطر الذري عبر الدورة من اليسار إلى اليمين؟ أو تنبأ بأيّ منهما يمتلك نصف قطر ذري أكبر: Be أم Ca؟

٢ كيف يتغيّر نصف القطر الأيوني عبر الدورة؟

الجدول ١-٨ يوضح نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني لذرات الدورة الثالثة.

رمز الذرة	نصف القطر الذري (pm)	رمز الأيون	نصف القطر الأيوني (pm)
Na	186	Na^+	95
Mg	160	Mg^{2+}	65
Al	143	Al^{3+}	50
Si	118	Si^{4+}	41
P	110	P^{3-}	212
S	103	S^{2-}	184
Cl	99	Cl^-	181
Ar	98	-	-

الجدول ١-٨

دع الطلبة يصفون التدرج؛ ينبغي لهم التمييز بين ذرات تكوّن أيونات موجبة، وأخرى تكوّن أيونات سالبة. يمكن للطلبة قراءة الموضوع ١-٤ الوارد في كتاب الطالب لاستيعاب فرق التدرج بين الحالتين.

› **فكرة للتقويم:** اسأل الطلبة كيف يتغيّر نصف القطر الأيوني عبر الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين، وفي المجموعة 17 (VII) من الأعلى إلى الأسفل مع تفسير الأسباب.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يرسم الطلبة مخطّطًا بسيطًا للجدول الدوري ويستخدمون الأسهم للتعليق على الجدول ولتوضيح التدرج في نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني عبر الدورة من اليسار إلى اليمين، أو في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يحتاج الطلبة إلى استخدام المفردات الصحيحة عند وصف الذرّات والأيونات والدورات والمجموعات.

المهارة الحسابية

يتم قياس نصف القطر الذري والأيوني بوحدة البيكومتر (pm) حيث إن $1\ pm = 1 \times 10^{-12}\ m$

الموضوع ١-٥ طاقة التأين (IE)

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

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

١-٢١ يشرح العوامل التي تؤثّر على طاقات التأيّن للعناصر من حيث:

- الشحنة النووية.
- نصف القطر الذرّي أو الأيوني.
- الحجب بواسطة الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسية والفرعية الداخلية.
- تنافر زوج الإلكترونات المغزلي (spin-pair repulsion).

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

٤ حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	١-٥ طاقة التأين (IE) - العوامل المؤثرة على طاقة التأين - تفسيرات طاقة التأين المتتالية - التدرج عبر الدورة الواحدة - التدرج عبر المجموعة الأسئلة من ١٢ إلى ١٨ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٤ (أ – ج)، ٥ (أ، د)، ٧ (أ، ج، د، هـ)، ٨	• يكتب، بأسلوبه الخاص، فقرة تشرح المقصود بطاقة التأيّن الأولى. • يشرح طاقة التأين الأولى IE والظروف المستخدمة، ويعرّفها. • يقوّم معادلات طاقات التأين المتتالية. • يشرح تأثيرات العوامل المختلفة على قيمة طاقة التأين. • يفسر جدول بيانات لاستنتاج التوزيع الإلكتروني لعنصر ما. • يرسم تمثيلًا بيانيًّا لـ IE أو ($\log_{10}$ IE) مقابل عدد الإلكترونات المنزوعة ويشرح النقاط الرئيسية في التمثيل البياني.
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ١-٥ طاقة التأيّن والجدول الدوري نشاط ١-٦ طاقة التأيّن المتتالية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣ (ج، د) ٤ (ج)، ٥ (أ – هـ، و (٢))	• يقوّم معادلات لطاقات التأين المتتالية. • يفسر جدول بيانات لاستنتاج التوزيع الإلكتروني لعنصر ما. • يرسم تمثيلًا بيانيًّا لـ IE أو $\log_{10}$ IE مقابل عدد الإلكترونات المنزوعة ويشرح النقاط الرئيسية في التمثيل البياني.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد بعض الطلبة، على سبيل المثال، أن طاقة التأين الرابعة تتضمن نزع أربعة إلكترونات من الذرة دفعة واحدة، وبالتالي يكتبون المعادلة الآتية: $X(g) \rightarrow X^{4+}(g) + 4e^-$، وهذا غير صحيح، فنزع الإلكترونات يتم واحدًا تلو الآخر وكل معادلة طاقة تأين تعبّر عن نزع إلكترون واحد.
- يعتقد بعض الطلبة خطأً أن الإلكترون الموجود في مستوى طاقة ما يكون محجوبًا بشدة عن النواة بالإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة نفسه، وهذا غير صحيح. حيث إن الإلكترون يكون محجوبًا عن قوة جذب النواة بواسطة الإلكترونات الداخلية.
- قد يلتبس على الطلبة التمييز بين التمثيل البياني لقيم طاقات التأين المتتالية والتمثيل البياني لقيم طاقات التأين الأولى لعناصر متتالية. لذا لا بد أن يفهم الطلبة أن إزالة إلكترونات متتالية تؤدي إلى ارتفاع في قيمة طاقة التأين (ارتفاع متواصل)؛ والعكس في قيم طاقات التأين الأولى (ارتفاع متقطع).

أنشطة تمهيدية

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

١ فكرة أ

من خلال مراجعة المعلومات السابقة التي يعرفها الطلبة حول ترتيب الإلكترونات وموقعها من نواة الذرة، ذكّر الطلبة بالتمثيل البياني الذي يوضح مقدار الطاقة اللازمة لنزع الإلكترونات المتتالية من مول واحد من الذرات، والذي يُعدّ دليلًا على وجود مستويات طاقة فرعية. دع الطلبة يتذكرون شروط التمثيل البياني مثل الوحدة المستخدمة لقياس طاقة التأين.

› **فكرة للتقويم:** يمكن البدء بطرح مجموعة من الأسئلة التمهيدية؛ مثل:

أي الإلكترونات يسهل نزعها من الذرة التي أمامكم (مخطط لذرة)؟

هل قيمة الطاقة التي يتطلّبها نزع الإلكترون الخارجي أقل من الإلكترون الداخلي أم أكثر؟ وما أسباب ذلك؟

٢ فكرة ب

قيّم فهم الطلبة لطاقة التأين باستخدام «إشارات المرور» التشخيصية. يُزود الطلبة بمجموعة من ثلاث بطاقات، واحدة حمراء وواحدة برتقالية وواحدة خضراء. اطرح أسئلة حول ما تم شرحه حول طاقة التأين. يحمل الطلبة بطاقات إشارة ضوئية للإشارة إلى مدى فهمهم.

٣ فكرة ج

مراجعة ما يتذكره الطلبة وما فهموه من الحصة الأولى بإجراء اختبار تشخيصي صواب / خطأ.

مثال على سؤال: «يكون الإلكترون محجوبًا بشدة أكبر من قبل الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة نفسه». الجواب: خطأ.

بعد إنهائهم التمرين، يمكن للطلبة تقييم أنفسهم. راجع العبارات التي تحتوي على العدد الأكبر من الإجابات الخاطئة، مصحّحًا أيّة مفاهيم خاطئة.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسب من أجل تكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ مقدمة لطاقات التأين

أعطِ الطلبة المعادلة الصحيحة لتعريف طاقة التأين الأولى من كتاب الطالب، أو يمكنك أن تقدم لهم بعض المعادلات المحتملة وتطلب إليهم استخدام التعريف الموجود في كتاب الطالب لاختيار المعادلة الصحيحة. سيساعدهم ذلك على الفهم لأنه يتعيّن عليهم تحليل التعريف ومواءمته مع المعادلة.

وردت بعض الأمثلة في الجدول أدناه. اقترح على الطلبة تحديد الخطأ في البدائل غير الصحيحة. ويمكن إنجاز هذا الجدول والتمارين التالية بشكل فردي، أو إجراؤها ضمن مجموعات. على الطلبة توضيح سبب اعتبار الإجابة صحيحة أو غير صحيحة في عمود التعليق. من المهم أن يفهم الطلبة أن طاقة التأين هي مقياس لمدى قوة جذب النواة لإلكترون ما.

	معادلة طاقة التأين الأولى للعنصر X	التعليق
أ	$X(s) \rightarrow X^+(g) + e^-$	إجابة غير صحيحة. يجب أن تكون الذرات في الحالة الغازية.
ب	$X(g) + e^- \rightarrow X^+(g)$	إجابة غير صحيحة. تُنزع الإلكترونات من الذرّة ولا تُضاف إليها.
ج	$X(g) \rightarrow X^+(g) + e^-$	إجابة صحيحة. يكون كلا الذرة والأيون في الحالة الغازية. يتكوّن الأيون 1+ ويتم نزع إلكترون واحد.
د	$X(g) \rightarrow X^{2+}(g) + e^-$	إجابة غير صحيحة. إذا تم نزع إلكترون واحد، يتكوّن الأيون 1+، وليس الأيون 2+.

الجدول ١-٩

› **فكرة للتقويم ١:** كلف الطلبة كتابة فقرة لشرح طاقة التأين الأولى. يجب أن تحتوي هذه الفقرة على المعادلة الصحيحة.

أ. كلف الطلبة كتابة معادلات طاقة التأين الأولى لعناصر مختلفة. العناصر الموجودة في كتاب الطالب هي الكالسيوم والليثيوم. قد يكون من المفيد أيضًا كتابة معادلة لعنصر مثل الكلور، والذي لا يكوّن عادةً أيونًا موجبًا.

ب. انتقل إلى معادلات التأين المتتالية حيث يتمّ نزع أكثر من إلكترون واحد من الذرة نفسها. مرة أخرى، الأمثلة الواردة في كتاب الطالب هي الليثيوم والكالسيوم. يمكن شرحها للطلبة و / أو يمكن تقديم سؤال بصيغتَين؛ هما:

- استنتاج معادلة طاقة التأين رقم n. تُستخدم لتوجيه إجاباتهم عند كتابة معادلات لطاقة التأين رقم n للعناصر المحددة في السؤال ١٢ أ الوارد في كتاب الطالب.
- وجه الطلبة إلى استخدام هذه المعادلات لتعريف طاقة التأين رقم n؟

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة فحص البيانات الموجودة في الجدول ١-٤ من كتاب الطالب. ما التدرّج مع نزع المزيد من الإلكترونات؟ من خلال دراستهم لمعادلات طاقات التأين، اطلب إليهم ما يلي:

١. كتابة معادلات لطاقات التأين الثالثة والرابعة للكربون.

٢. ماذا يحدث لقيمة IE عند نزع إلكترون إضافي؟

٣. اشرح هذا التغير.

٢ ما العوامل التي تؤثر على درجة التأين وموقع الإلكترون في الذرة؟

صف العوامل الأربعة التي تؤثر على قيمة طاقة التأين، موضحًا دور كل منها في التأثير على قيم طاقات التأين، ومفسرًا أسباب ذلك. وكلما كان الشرح والتوضيح مرتبطًا برسوم التركيب الذري للعنصر، كان تذكره وفهمه عند الطلبة أسهل. لذا حاول دائمًا الربط بين الشرح والتمثيلات البيانية والمخططات التوضيحية.

› **فكرة للتقويم:** وزّع الطلبة في مجموعات من ثلاثة أو أربعة، ووجّههم إلى مناقشة الأسئلة الآتية:

أ. ما العوامل التي تؤدي إلى ازدياد قيمة طاقة التأين أو نقصانها؟ عليهم أن يشرحوا السبب، كما يجب أن تكون إجاباتهم أكثر تفصيلًا من «مجرد ازدياد أو نقصان قوة جذب النواة».

ب. ما سبب:

- قيمة IE_1 للألومنيوم أقل من IE_1 للسيليكون؟
- انخفاض قيمة IE_1 كثيرًا عندما تنتقل من النيون إلى الصوديوم؟
- قيمة طاقة التأين الثالثة للألومنيوم أكبر من قيمة طاقة التأين الثانية، ولكن الرابعة تكون أكبر بكثير من الثالثة؟

٣ التدرّج في طاقات التأين المتتالية

– التمثيل البياني لطاقات التأين: يجب التوضيح أنه عند نزع عدد كبير من الإلكترونات من ذرة، فإن المقياس الموجود على التمثيل البياني لطاقة التأين يغطّي نطاقًا واسعًا جدًّا من القيم. وللتغلب على هذه الصعوبة، غالبًا ما نرسم حاصل لوغاريتم طاقة التأين $\log_{10}IE$ بدلًا من IE. هذا الأمر يجعل التعامل مع المقاييس أكثر سهولة، ويسمح في الوقت نفسه بتحليل التدرج. يجب شرح ذلك للطلبة بدلًا من الافتراض أنهم قد فهموا السبب.

الخطوة التالية هي استقصاء أي تدرج في طاقات التأين المتتالية. يتوافر لذلك خياران:

- استخدم الجدول ١-٤ الوارد في كتاب الطالب، واطلب إليهم العمل في مجموعات لتحليل البيانات والتوصل إلى الاستنتاج العلمي لها.
- اقترح على الطلبة استخدام التوزيع الإلكتروني لشرح نمط تغير طاقات التأين المتتالية.

يمكن استخدام مخطط الصوديوم الوارد في كتاب الطالب (الشكل ١-١٦) لتوضيح كيف تؤثر العوامل المختلفة على طاقات التأين المتتالية لعنصر حقيقي (غير افتراضي). ضع الأسئلة من (أ) إلى (ج). على الشاشة / اللوح، موجّهًا الطلبة إلى العمل في مجموعات لمناقشة هذه الأسئلة. يمكن عرض الإجابات باستخدام PowerPoint أو بإعطائهم الملف لاحقًا.

أ. كيف تتغير كميّة الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون مع نزع المزيد من الإلكترونات؟ ما سبب ذلك؟

ب. كيف تساعد البيانات في استنتاج معلومات حول أيّة مجموعة من الجدول الدوري ينتمي إليها العنصر؟

ج. كيف يمكن استنتاج العدد الكلي للإلكترونات في الذرة؟

› **فكرة للتقويم:** قدم للطلبة أمثلة لمجموعة من البيانات عن طاقات التأين لعنصر ما، وقسمهم في مجموعات واطلب إليهم رسم التمثيل البياني لـ $\log_{10}$ IE (المحور الرأسي) مقابل عدد الإلكترونات التي تمّ نزعها (المحور الأفقي). في النهاية، يمكنك أن تطلب إلى كل مجموعة عرض رسمها على بقية الطلبة، وتمنحها مجموعة درجات وفقًا لنوع العرض الذي تقدمه والدقة المعتمدة فيه (القفزات في طاقات التأين IE في المواقع الصحيحة؛ والتغيرات التدريجية بين القفزات، فضلًا عن العدد الصحيح للإلكترونات المنزوعة).

٤ بحث متنوع يتناول تغيرات طاقات التأين وأنصاف الأقطار الأيونية والذرية في الجدول الدوري

تمّ وصف هذا النوع من الأنشطة وإدارة العملية التعليمية الصف مستندة على تقنيات التدريس على أنه «عمل المجموعات: بحث متنوع». حيث تقوم المجموعات بإجراء البحث الأولي، وعندما ينتهي الوقت يمكن تصوير نتائج البحث وعرضها أمام طلبة الصف بأكملهم. يوضح الجدول أدناه موضوعات التعلم التي يمكن تغطيتها.

الأقل صعوبة ← الأكثر صعوبة			
صف التغيرات في طاقات التأين الأولى IE ونصف القطر الذري عند الانتقال في المجموعة من أعلى إلى أسفل واشرحها.	اكتب التوزيع الإلكتروني لأيون ما، ثم صِف التغيرات في نصف القطر الأيوني عند تكوين ذلك الأيون.	صِف التغيرات في نصف القطر الذري عبر الدورتَين الثانية والثالثة من اليسار إلى اليمين، واشرحها.	صف التغيرات في طاقات التأين الأولى IE عبر الدورتَين الثانية والثالثة من اليسار إلى اليمين، واشرحها. يمكنهم استخدام ترميز الإلكترونات في المربعات لتوضيح إجاباتهم.

الجدول ١-١٠

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

وجّه الطلبة أن يشرحوا دور معرفة قيم طاقات التأين الأولى لليثيوم والصوديوم في تفسير النشاط الكيميائي النسبي لكل منهما.

في حال كان Microsoft Excel متاحًا، أعطِ الطلبة قائمة تتضمن طاقات التأين لعناصر إضافية، كلفهم إنجاز تمثيلات بيانية خاصة بهم باستخدام راسم Excel. (الفكرة نفسها كما وردت في النشاط السابق، لكنها أكثر دقة). وإذا لم يتوافر ذلك، يمكنهم إتمام ما تقترح عليهم رسمه من أمثلة، ثم مقارنتها بالرسوم الخاصة بهم.

الدعم

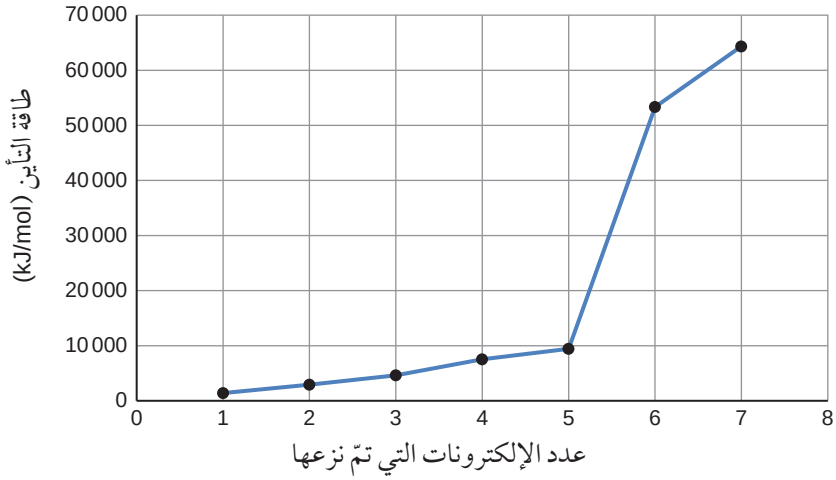
ثمّة عدة طرائق يمكن من خلالها دعم الطلبة، وبخاصة في المراحل الأولى من دراسة الموضوع، فعلى سبيل المثال:

- عند كتابة المعادلات التي تمثل طاقات التأيّن المختلفة، يمكنك إكمالها جزئيًّا؛ ومع تقدّم الوقت وتحسن فهمهم للموضوع، يمكنك التوقّف عن إجراء عمليات الدعم هذه.
- استخدم معادلة إزالة الإلكترون رقم n (على سبيل المثال: $X^{(n-1)+}(g) \rightarrow X^{n+}(g) + e^-$) من خلال تطبيقها على أمثلة معيّنة حتى يتمكنوا من معرفة كيفية تطبيقها.

قبل أن يباشر الطلبة رسم تمثيلاتهم البيانية، زوّدهم بقائمة مراجعة قصيرة توضح لهم ما يجب أن يبحثوا عنه في تلك التمثيلات البيانية مثل عدد الإلكترونات المنزوعة، وأماكن القفزات في قيم طاقات التأين وغير ذلك. فعلى سبيل المثال، في التمثيل البياني للصوديوم، يوجد قفزة في طاقة التأين بعد نزع الإلكترون الأول لأن الإلكترون التالي يوجد في مستوى طاقة جديد وداخلي.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

› **فكرة للتقويم:** يوضح الشكل أدناه التغيرات في طاقة التأين مع نزع الإلكترونات من ذرة عنصر افتراضي X. تفحّص التمثيل البياني واستخدمه لتحديد ما ورد في الجدول الآتي حول الذرة X من عبارات صحيحة.



الشكل ١-٤

الخيارات	البيانات	التعليقات
أ	معادلة IE السابعة تتمثل بالتالي: $X^{6+} \rightarrow X^{7+} + e^-$	إجابة غير صحيحة. لقد نسي الطالب أن الأيونات يجب أن تظهر في الحالة الغازية.
ب	العنصر موجود في المجموعة 15 (V) من الجدول الدوري.	إجابة صحيحة. بعد نزع الإلكترونات الخمسة الأولى، تلاحظ زيادة كبيرة في IE تظهر أن هناك خمسة إلكترونات خارجية.
ج	تحتوي الذرّة على خمسة إلكترونات.	إجابة غير صحيحة. يوجد سبعة إلكترونات لأن هذا هو العدد الإجمالي للإلكترونات المنزوعة: لم يقم الطالب بحساب كل الإلكترونات التي تم نزعها من الذرّة.
د	يعد نزع الإلكترون الأول أكثر سهولة لأنه محجوب من النواة بواسطة ستة إلكترونات داخلية.	إجابة غير صحيحة. لم يفهم معنى الحجب. لا تحجب الإلكترونات بواسطة الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة نفسه. لا يوجد سوى اثنَين من الإلكترونات التي تقوم بالحجب.

الجدول ١-١٠

تابع

غالبًا ما تكون الأسئلة المفصلية فكرة جيدة لتشخيص المشكلات وتحفيز المناقشة. يتناول المثالان الآتيان التغير في طاقات التأين الأولى عبر دورة ما.

سؤال مفصلي

إذا تمّ رسم قيم طاقة التأين الأولى للعناصر من الليثيوم إلى النيون مقابل العدد الذري، ستظهر سلسلة من الانخفاضات والارتفاعات في قيم طاقة التأين الأولى. أيّة مجموعتَين من العبارات في الجدول أدناه تُعدّان صحيحتَين؟

البديل	العبارة الأولى	العبارة الثانية
أ	يظهر انخفاض في طاقة التأين الأولى IE_1 عند الانتقال من النيتروجين إلى الأكسجين.	يوجد انخفاض في الشحنة النووية عند الانتقال من النيتروجين إلى الأكسجين.
ب	يظهر ارتفاع تدريجي في قيمة طاقة التأين الأولى IE_1 عند الانتقال من البورون إلى النيتروجين.	يزداد عدد الإلكترونات الحاجبة عند الانتقال من البورون إلى النيتروجين.
ج	يظهر انخفاض في طاقة التأين الأولى IE_1 عند الانتقال من البريليوم إلى البورون.	يكون الإلكترون 2p أبعد قليلًا عن النواة من الإلكترونات 2s ويُعدّ نزعه أسهل مقارنةً بإلكترونات 2s.
د	تظهر زيادة تدريجية متواصلة في طاقة التأين الأولى IE_1 عند الانتقال من الليثيوم إلى النيتروجين.	ازدياد الشحنة النووية يعني أن الإلكترونات تكون أشدّ انجذابًا نحو النواة وتتطلب طاقة أكبر لنزعها.

الجدول ١-١١

أ. غير صحيحة. العبارة الأولى صحيحة والثانية غير صحيحة. لم يتذكر الطالب أو يفهم أن الشحنة النووية ترتفع عند الانتقال في الدورة من اليسار إلى اليمين.

ب. غير صحيحة. العبارة الأولى صحيحة ولكن الطالب لم يفهم أنه نظرًا لوجود العناصر في الدورة نفسها، تكون إلكتروناتها الخارجية في مستوى الطاقة الرئيسي نفسه (مستوى طاقة الكم الرئيسي)، لذلك لا يتغير عدد الإلكترونات التي تُحجب.

ج. صحيحة. كلا العبارتَين صحيحتان.

د. غير صحيحة. العبارة الأولى غير صحيحة. نسي الطالب أنه يظهر انخفاض عند الانتقال من البريليوم إلى البورون. العبارة الثانية صحيحة. إذا ذكرت العبارة الأولى أن الاتجاه العام في طاقة التأين الأولى كان تصاعديًّا، فستكون كلا العبارتَين صحيحتَين.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- توجد بعض الفرص للتوسع في الكتابة وتعلم مفردات جديدة، مثل الحجب.
- يُعدّ الوضوح مهمًا جدًّا عند شرح التغيرات في طاقة التأين، على سبيل المثال: يُعدّ استخدام كلمة «حجب» وحدها في الإجابة غير كاف لشرح الانخفاض في قيمة IE. يجب أن يتبع كلمة "حجب" شرح لتأثيرها على التجاذب بين النواة أو الإلكترونات الخارجية. ستكون هذه إجابة من درجتَين في الاختبار.

المهارة الحسابية

- تتطلب التمثيلات البيانية للتغيرات في طاقة التأين عند نزع الإلكترونات فهم ما يظهره الخط الذي تم الحصول عليه.
- تُعدّ المنحنيات اللوغاريتمية ضرورية بسبب النطاق الكبير في طاقات التأين.

تتطلب التمثيلات البيانية من الطلبة رسم (بدقة معقولة) $\log_{10}$IE مقابل عدد الإلكترونات التي تم نزعها. يتطلب نشاط «توسَّع وتحدَّ» أيضًا استخدام إعدادات التخطيط في برنامج Excel.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. ١. تنحرف البروتونات نحو الصفيحة / تتحرك منجذبة نحو الصفيحة؛ لأنها تحمل شحنة مختلفة.

٢. لا تنحرف النيوترونات؛ لأن النيوترونات ليس لها شحنة / غير مشحونة.

ب. الإلكترونات، لأن كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة البروتون.

٢. أ. الفناديوم (V): الإلكترونات 23؛ النيوترونات 28

ب. السترونشيوم (Sr): الإلكترونات 38؛ النيوترونات 50

ج. الفوسفور (P): الإلكترونات 15؛ النيوترونات 16

٣. أ. 18

ب. 10

ج. 10

د. 28

٤. أ. الإلكترونات 36؛ البروتونات 35؛ النيوترونات 46

ب. الإلكترونات 55؛ البروتونات 58؛ النيوترونات 80

٥. أ. البروتونات = 38، النيوترونات = 44، الإلكترونات = 36

ب. البروتونات = 38، النيوترونات = 50، الإلكترونات = 36

ج. البروتونات = 38، النيوترونات = 52، الإلكترونات = 36

٦. أ. يحتوي مستوى طاقة الكم الرئيسي الثالث على المستويات الفرعية s و p و d

ب. العدد الأقصى للإلكترونات في كل مستوى فرعي من مستوى الكم الثالث:

s = 2

p = 6

d = 10

٧. أ. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

ب. $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$

ج. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$

٨. أ. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$

$[Ar]\ 4s^2\ 3d^3$

ب. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$

$[Ar]\ 4s^1\ 3d^{10}$

ج. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$

$[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$

٩. أ. ١. الفئة p

٢. المجموعة 17 (VII) الدورة الخامسة

٣. اليود

ب. الفئة d

١٠. أ. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

ب. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

ج. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$

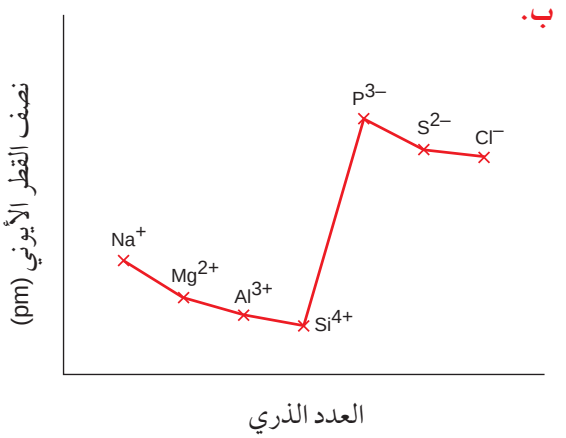
د. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^9$

هـ. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$

١١. أ. بالنسبة إلى الأيونات السالبة، تكون الإلكترونات الخارجية موجودة في مستوى الطاقة الثالث حيث إنه يتمّ ملء هذا المستوى بالإلكترونات عند تكوين الأيونات السالبة؛ وبالنسبة إلى الأيونات الموجبة، تكون الإلكترونات الخارجية موجودة في مستوى الطاقة الثاني لأن الإلكترونات التي كانت موجودة في مستوى الطاقة الثالث قد تمّ

نزعها عند تكوين هذه الأيونات. يكون تأثير الشحنة النووية على الإلكترونات الخارجية في الأيون السالب أقل من تأثيرها على الإلكترونات الخارجية في الأيون الموجب، لأن الإلكترونات الخارجية في الأيون السالب تكون محجوبة عن النواة بمستوى طاقة إلكتروني إضافي.

ب.



١٢. أ. ١. $Ca(g) \rightarrow Ca^+(g) + e^-$

٢. $K^{2+}(g) \rightarrow K^{3+}(g) + e^-$

٣. $Li^+(g) \rightarrow Li^{2+}(g) + e^-$

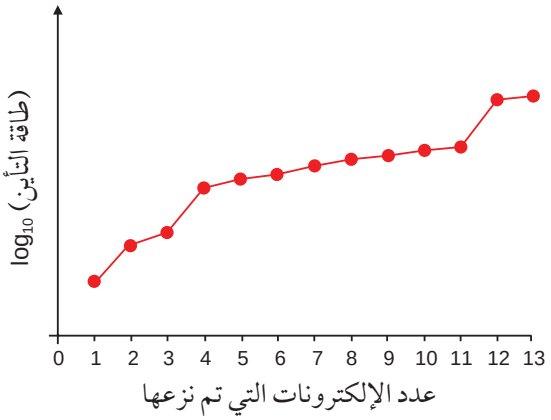
٤. $S^{4+}(g) \rightarrow S^{5+}(g) + e^-$

ب. تكون شحنة الأيون أكبر عند نزع الإلكترون الثالث مقارنةً بشحنة الأيون عند نزع الإلكترون الثاني. وبالتالي، يكون نزع الإلكترون الثالث أصعب حيث إن قوة الجذب بين الإلكترونات الخارجية والنواة تكون أكبر (تأثير الحجب أقل).

١٣. أ. ١. يشير التغير الكبير بين طاقات التأين الثالثة والرابعة إلى أن الإلكترونات الثلاثة الأولى يكون نزعها أسهل نسبيًّا لأنها بعيدة عن النواة، وتقوم الإلكترونات الداخلية بحجبها عن الشحنة النووية الكاملة. ويكون نزع الإلكترون الرابع أصعب بكثير لأنه أقرب إلى النواة حيث يقلّ الحَجبُ أو ينعدم.

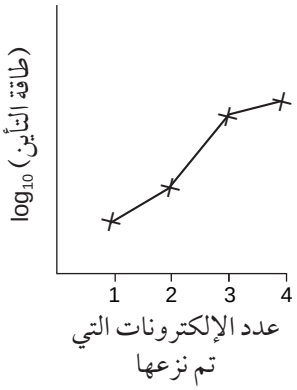
٢. من خلال القيم الواردة في الجدول نلاحظ أن طاقات التأين الأولى والثانية والثالثة متقاربة مقارنة بطاقات التأين الرابعة والخامسة وهذا يدل على أن الإلكترونات الثلاثة الأولى هي في مستوى الطاقة الخارجي الثاني نفسه، بينما الإلكترونان الرابع والخامس يوجدان في مستوى الطاقة الأول.

ب. التمثيل البياني التوضيحي لطاقات التأيّن المتتالية لذرة الألومنيوم (Al) وهي تتدرج وفقًا للتوزيع الإلكتروني لهذه الذرة.



١٤. أ. المجموعة 14 (IV). لا يوجد فرق كبير في طاقات التأين عند نزع الإلكترونات الأربعة الأولى، بينما تحدث قفزة كبيرة عند نزع الإلكترون الخامس؛ وهذا يدل على أن الإلكترونات الأربعة الأولى توجد في مستوى الطاقة نفسه (مستوى الطاقة الرئيسي الأخير/الخارجي) في حين أن الإلكترونين الخامس والسادس يوجدان في مستوى الطاقة التالي نفسه (الأقرب إلى النواة).

ب. التمثيل البياني التوضيحي:



١٥. أ. ١. عند الانتقال من الصوديوم إلى السيليكون تزداد الشحنة النووية، ويبقى حجب مستويات الطاقة الداخلية ثابتًا نسبيًّا. فتزداد طاقة التأين الأولى لتتناسب مع زيادة جذب النواة للإلكترونات مع ازدياد الشحنة النووية.

٢. التوزيع الإلكتروني للماغنيسيوم: [Ne] $3s^2$ والتوزيع الإلكتروني للألومنيوم: [Ne] $3s^2\ 3p^1$. يحتوي الألومنيوم على إلكترون واحد منفرد في مستوى الطاقة الفرعي p، أي أنه موجود في مستوى طاقة أعلى (على مسافة أبعد عن النواة)، حيث يكون حجب مستويات الطاقة الداخلية أكبر، لذا يكون نزعه أسهل. في هذه الحالة يكون تأثير العاملَين (الحجب والمسافة) أكبر من تأثير عامل ازدياد الشحنة النووية.

ب. تزداد المسافة بين النواة والإلكترونات الخارجية عند الانتقال من F إلى I، ويزداد تأثير حجب مستويات الطاقة الداخلية. حيث إن تأثير هذَين العاملَين (المسافة والحجب)أكبر من تأثير ازدياد الشحنة النووية.

١٦. المخطط (د).

١٧. أ. الاتجاه العام هو ازدياد في طاقة التأين الأولى عبر الدورة الثانية (من اليسار إلى اليمين).

ب. يتناقص نصف القطر الذري عند الانتقال في الدورة الثانية من اليسار إلى اليمين مع ازدياد الشحنة النووية.

ج. مع نقصان نصف القطر الذري عند الانتقال من اليسار إلى اليمين في دورة ما، تكون إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي أقرب إلى النواة، لذا يلزم طاقة أكبر لنزع إلكترون من مستوى الطاقة الخارجي. مع ازدياد نصف القطر الذري عند الانتقال من اليمين إلى اليسار في دورة ما، تكون إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي أبعد عن النواة، لذا يلزم طاقة أقل لنزع إلكترون من مستوى الطاقة الخارجي.

١٨. تظهر المربعات التوزيع الإلكتروني للفوسفور والكبريت. تتنافر الإلكترونات الموجودة في الفلك نفسه بعضها مع بعض أكثر من الإلكترونات الموجودة في أفلاك منفصلة. الإلكترونات الثلاثة الموجودة في المستوى الفرعي 3p في الفوسفور غير متزاوجة (منفردة). أما في الكبريت، فيتزاوج إلكترونان في أحد الأفلاك 3p. ينتج من ذلك بعض التنافر بين هذَين الإلكترونَين، فيقل تأثير الشحنة النووية. وهذا يعني أن هناك حاجة إلى طاقة أقل لنزع أحد هذَين الإلكترونَين مقارنة بنزع إلكترون منفرد من الفوسفور.

الفوسفور (P) n = 3

3p ↑ | ↑ | ↑

3s ↑↓

الكبريت (S) n = 3

3p ↑↓ | ↑ | ↑

3s ↑↓

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. البروتونات = 5

النيوترونات = 6

الإلكترونات = 5

٢. **أ.** 51

ب. 70، العدد الذري يساوي 72، ويمتلك الأيون شحنة تساوي 2+، لذا فإن عدد الإلكترونات: 70 = 2 - 72.

٣. **أ.** تنحرف الحزمة بعيدًا عن القطب الموجب، أو تنحرف نحو القطب السالب.

ب. يمتلك البروتون شحنة موجبة، تتنافر الشحنات المتشابهة / تتجاذب الشحنات المتعاكسة.

ج. لا يحدث أيّ انحراف / تعبر الحزمة من دون أي تغيير في مسارها؛ لا تمتلك النيوترونات أيّة شحنة.

٤. **أ.** الطاقة اللازمة لنزع إلكترون واحد من كل ذرة في مول من الذرات الغازية لتكوين مول من الأيونات الغازية ذات الشحنة 1+.

ب. هناك زيادة مطردة في طاقة التأين للإلكترونات الثلاثة الأولى. فمن السهل نسبيًّا نزع هذه الإلكترونات لأنها موجودة في مستوى الطاقة الخارجي (الأبعد عن النواة).

هناك ازدياد كبير في طاقة التأين عند نزع الإلكترون الرابع مقارنة بالثالث. يوجد الإلكترون الرابع في مستوى طاقة داخلي وهو التالي بالنسبة إلى النواة، وحيث إن الشحنة النووية قد زادت يصبح نزع الإلكترون أكثر صعوبة.

هناك زيادة تدريجية في طاقة التأين من الإلكترون الرابع إلى الإلكترون الحادي عشر لأن هذه الإلكترونات هي في مستوى الطاقة نفسه.

هناك ازدياد كبير في طاقة التأين عند نزع الإلكترون الثاني عشر مقارنة بالحادي عشر. حيث زادت الشحنة النووية وأخذ الإلكترون الثاني عشر من مستوى الطاقة الداخلية الأقرب إلى النواة.

ج. $Al^{+}(g) \rightarrow Al^{2+}(g) + e^{-}$

د. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

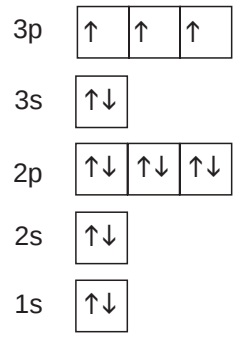
٥. **أ.** الإلكترونات المضافة تشغل مستوى الطاقة الخارجي نفسه / مستوى طاقة الكم نفسه، درجة الحجب نفسها تقريبًا.

قوة جذب أكبر بين النواة (ازدياد الشحنة الموجبة) والإلكترونات (السالبة)، عند الانتقال في الدورة من اليسار إلى اليمين.

ب. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

ج. **١.** مستويات الطاقة الفرعية الموضحة بالترتيب الصحيح، أي: 3p، 3s، 2p، 2s

٢.

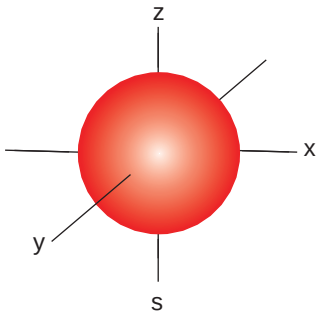


التوزيع الإلكتروني في أفلاك الفوسفور

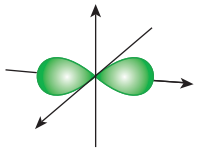
د. بما أن البوتاسيوم من عناصر المجموعة الأولى وهو يقع أسفل عنصر الصوديوم، فإنه من المتوقع أن تكون قيمة طاقة التأين الأولى للبوتاسيوم أقل من قيمة طاقة التأين الأولى للصوديوم والتي تساوي 494 kJ/mol.

٦. أ. منطقة أو حيّز خارج النواة حيث يكون هناك احتمال لإيجاد إلكترون / إلكترونَين.

ب. ١.



٢.



P_x

ج. ١. الفئة d

٢. 10

د. ١. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^8$

٢. 4p

٧. أ. C، هناك انخفاض كبير في طاقة التأين بين B و C

ب. D

ج. ازدياد عدد البروتونات / ازدياد الشحنة النووية؛

تشغل الإلكترونات المضافة مستوى الطاقة الرئيسي الخارجي نفسه؛ وبالتالي درجة الحجب هي نفسها.

تكون قوة الجذب أكبر بين النواة (الموجبة) والإلكترونات (السالبة) عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين).

د. أعلى من 1250

ولكن أقل من 2050

هـ. من السهل نسبيًّا إزالة الإلكترون الأول. هناك زيادة كبيرة في طاقة التأيّن بين نزع الإلكترونَين الأول والثاني. الأمر الذي يشير إلى أن الإلكترون الثاني موجود في مستوى طاقة داخلي أقرب إلى النواة. نستنتج أن العنصر ينتمي إلى المجموعة الأولى (I). بعد ذلك، تزداد قيم طاقات التأين تدريجيًّا مع ازدياد تأثير الشحنة النووية؛ حيث تقل المسافة الفاصلة بين الإلكترونات والنواة ويقل تأثير الحجب. ثم مرة ثانية نلاحظ زيادة كبيرة في طاقة التأيّن بين نزع الإلكترونَين التاسع والعاشر. الأمر الذي يشير إلى أن الإلكترون العاشر موجود في مستوى داخلي أكثر قربًا من المستوى السابق إلى النواة. يوجد إلكترونان في هذا المستوى (أو الفلك).

٨. أ. A في المجموعة 14 (IV)

B في المجموعة 2 (II)

C في المجموعة 1 (I) .

D في المجموعة 14 (IV).

E في المجموعة 13 (III).

ب. ثمّة ازدياد كبير في طاقة التأين عند نزع الإلكترون الرابع مقارنة مع الثالث.

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ١-١

١. 1 مع C
2 مع B
3 مع D
4 مع A

٢. أ. 34 بروتون، 34 إلكترون، 45 نيوترون
ب. 55 بروتون، 54 إلكترون، 77 نيوترون
ج. 8 بروتونات، 10 إلكترونات، 10 نيوترونات

نشاط ١-٢

١. $^{4}_{2}He^{2+}$

٢. تتكوّن الذرة بمعظمها من فضاء فارغ لأن النواة صغيرة جدًّا. وتمتلك الإلكترونات كتلة أصغر بكثير من كتلة جسيمات ألفا، لذا لا تسبب الإلكترونات تغيّرًا في مسار جسيمات ألفا إذا ما اصطدمت بها.

٣. تتنافر نواة ذرة الذهب (البروتونات) ذات الشحنة الموجبة مع الشحنة الموجبة لجسيم ألفا. يكون انحراف جسيم ألفا متعلقًا بمدى اقترابه من نواة ذرة الذهب.

٤. النواة جسيم بالغ الصغر ويشغل حيّزًا صغيرًا جدًّا في مركز الذرة. لذا فإن عددًا قليلًا جدًّا من جسيمات ألفا، البالغة الصغر أيضًا، يقترب من أنوية ذرات الذهب بدرجة كافية ليرتدّ عنها تمامًا.

٥. النيوترونات لا تمتلك أيّة شحنة كهربائية، وبالتالي لن تنحرف أو ترتد إذا ما اقتربت من النواة الموجبة لذرة الذهب. لذا لا تنحرف حزمة النيوترونات وتمر في شكل مستقيم عبر الرقاقة.

نشاط ١-٣

١. أ. 2 ب. 1s ج. 2
د. 18 هـ. 3 و. 3s، 3p، 3d

٢.

العدد الذرّي	رمز العنصر/ الأيون	التوزيع الإلكتروني
9	F	$1s^2 2s^2 2p^5$
14	Si	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
24	Cr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$
11	Na^+	$1s^2 2s^2 2p^6$
19	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
35	Br^-	$[Ar]4s^2 3d^{10} 4p^6$
22	Ti^{2+}	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$

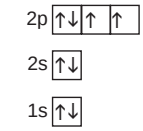
٣. أ. المجموعة 2 (II)
ب. المجموعة 15 (V)
ج. المجموعة 17 (VII)
د. المجموعة 18 (VIII)

نشاط ١-٤

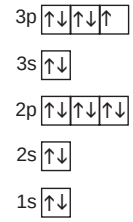
١. أ. في المخطط، يتم ترتيب المربعات عموديًّا وفقًا لازدياد الطاقة. ولكون أفلاك p تمتلك طاقة أعلى من أفلاك s، فإن المربعات التي تمثل الأفلاك p تكون أعلى من تلك التي تمثل الفلك s. لذا تمتلك الإلكترونات الموجودة في فلك P طاقة أعلى من الإلكترونات الموجودة في الفلك s.

ب. لتقليل التنافر بينهما (تنافر زوج الإلكترونات المغزلي).

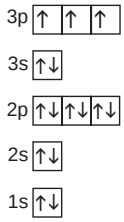
٢. أ (O)



ب (Cl)



ج (P)



نشاط ١-٥

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

٢. (أ) و (ط) (تزداد طاقة التأين عند الانتقال عبر دورة ما من اليسار إلى اليمين، حتى تصل إلى أقصى قيمها في المجموعة 18 (VIII)).

٣. أ. أ، و ب أو ط، و ي

ب. و، و ز

ج. ج، و د أو ك، و ل.

٤. ج، و ك

٥. هـ

٦. ح

٧. النقاط المماثلة أو المقابلة الموجودة على الرسم البياني تُظهر قيمًا أقل، على سبيل المثال: ط أقل من أ، ي أقل من ب، ك أقل من ج، إلخ...

نشاط ١-٦

١. أ. حدوث قفزة مفاجئة في طاقة التأين عند نزع الإلكترون الثاني (لأنه يوجد في مستوى طاقة أقرب إلى النواة).

ب. يلزم الإلكترونان 10 و 11 طاقة أكثر بكثير من الإلكترونات الأخرى لنزعهما (لأنهما الأقرب إلى النواة).

ج. يظهر تغيّر تدريجي مع نزع الإلكترونات من الثاني إلى التاسع / لا توجد قفزات مفاجئة في طاقة التأين عند نزع هذه الإلكترونات المتتالية.

٢. أ. $Ca^{3+}(g) \rightarrow Ca^{4+}(g) + e^-$

ب. $P^+(g) \rightarrow P^{2+}(g) + e^-$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. ١. الكوبالت-58 لأنه يحتوي على 32 نيوترونًا، بينما يحتوي النيكل-58 على 30 نيوترونًا.

٢. الكوبالت لأن عدد الإلكترونات يساوي عدد البروتونات.

٣. Co^{3+}

٢. تنحرف الحزمة نحو الصفيحة الموجبة / تنحرف بعيدًا عن الصفيحة السالبة.

تمتلك الإلكترونات شحنة سالبة / تتنافر الشحنات المتشابهة / تتجاذب الشحنات المتعاكسة.

٣. أ. ١. $1s^2\ 2s^2\ 2p^1$

٢. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^1$

٣. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$

ب. تعد ذرة الغاليوم أكبر حجمًا من أيونه الثلاثي وذلك لأن الأيون فقد مستوى الطاقة الأخير بشكل تام، وبالتالي اقتربت بقية الإلكترونات من النواة وأصبحت منجذبة أكثر نحوها.

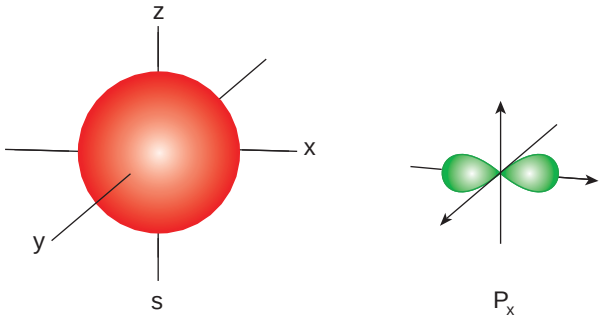
ج. ذرة الغاليوم تمتلك طاقة تأين أولى أقل، وذلك لأن نصف القطر الذري لها أكبر، وبالتالي يكون الإلكترون الأخير أبعد عن النواة التي يكون تأثيرها عليه أقل.

د. ١. يمتلك البورون طاقة تأين أولى أقل من البريليوم، لأن الإلكترون الخامس يشغل مستوى الطاقة الفرعي p وهو أبعد عن النواة؛ لذا فإن قوى الجذب بين النواة والإلكترون تكون أقل.

ويمتلك البورون طاقة تأين أولى أقل من الكربون، لأنه يمتلك شحنة نووية أقل؛ لذلك فإن قوى الجذب بين النواة والإلكترونات الخارجية تكون أقل. تكون درجة الحجب متماثلة لأن الإلكترونات الخارجية توجد في مستوى الطاقة الرئيسي نفسه.

٢. $B(g) \rightarrow B^{+}(g) + e^{-}$

هـ.



٤. أ. ١. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

٢. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$

٣. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^3$

ب. الأرغون

ج. ١. يتمّ نزع الإلكترونات من مستوى الطاقة الرئيسي نفسه.

يوجد ازدياد تدريجي في تأثير الشحنة النووية لذلك تزداد قوة الجذب بين النواة والإلكترونات تدريجيًّا.

٢. يوجد الإلكترون الثامن في مستوى طاقة كمّ أقرب إلى النواة.

تكون قوى الجذب بين النواة والإلكترونات الخارجية أكبر.

ويكون الحجب ضعيفًا جدًّا.

٣. $F^{2+}(g) \rightarrow F^{3+}(g) + e^{-}$

٥. أ. الطاقة اللازمة لنزع مول واحد من الإلكترونات من مول واحد من ذرات عنصر ما في حالته الغازية لتكوين مول واحد من الأيونات الغازية التي تحمل شحنة موجبة واحدة.

ب. B و C، لأن هناك قفزة كبيرة في طاقة التأين بين الإلكترونَين الأول والثاني اللذَين يتمّ نزعهما.

ج. B

د. A، لأن هناك قفزة كبيرة في طاقة التأين بين الإلكترونَين الثالث والرابع اللذَين يتمّ نزعهما.

إذًا هناك 3 إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

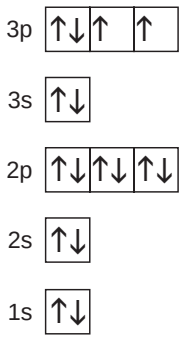
هـ. تقبل القيم بين 9000 و 11000

العنصر موجود في المجموعة ا، تتزايد طاقات التأين الثانية والثالثة والرابعة والخامسة بشكل مطرد (لذلك يجب أن يحتوي مستوى الطاقة هذا على 8 إلكترونات على الأقل).

و. ١. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$

٢. $V^{+}(g) \rightarrow V^{2+}(g) + e^{-}$

ز.



٦. أ. يتناقص نصف القطر الذري في الدورة عند الانتقال من اليسار إلى اليمين.
توجد الإلكترونات الخارجية في مستوى الطاقة الرئيسي نفسه، ولكن تزداد الشحنة النووية في الدورة عند الانتقال من اليسار إلى اليمين.
لذا توجد قوة جذب أكبر بين الإلكترونات الخارجية والنواة.

ب. ينخفض بين المجموعتَين 1 (I) و 14 (IV) / ازدياد كبير بين المجموعتَين 14 (IV) و 17 (VII) / تُعدّ الأيونات السالبة أكبر من الأيونات الموجبة الموجودة في الدورة نفسها.

ج. عند كل انتقال نحو أسفل المجموعة، من Cl إلى Br إلى I، يضاف مستوى طاقة رئيسي جديد.
وجود عدد أكبر من مستويات الطاقة الداخلية يعني درجة أكبر من الحجب.
يُعدّ تأثير ذلك أكبر من تأثير ازدياد الشحنة النووية.

د. ١. هو جسيم يحتوي على إلكترون واحد أو أكثر من الإلكترونات غير المتزاوجة.

٢. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
(وهو مماثل للتوزيع الإلكتروني لذرة الكلور).

الوحدة الثانية

حسابات التناسب الكيميائي

نظرة عامة

تغطي هذه الوحدة جميع الموضوعات التي تمّ تناولها في الوحدة الثانية من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة والتي تتعلق بحساب قيمة المواد ككميّات مولية.

- في هذه الوحدة، تتم تغطية المفاهيم التالية والعلاقات المرتبطة بها:
  - الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية.
  - الكتل المتفاعلة والتناسب في المعادلات الكيميائية.
  - مردود التفاعلات الكيميائية وطريقة حسابها.
  - استخدام حجوم الغازات المتفاعلة لحساب صيغ الهيدروكربونات والتناسب في المعادلات الكيميائية.
  - عدد المولات في المحاليل وعمليات المعايرة.
- مفهوم المول يستخدم في مجالات متعددة في الكيمياء. ويعبّر عن الكميّات المستخدمة في هذه المجالات بوحدة الـ mol. يُستخدم المول والمفاهيم المتعلّقة به في الوحدة الخامسة (الاتزان الكيميائي) من الفصل الأول، وفي الوحدة الثامنة (تغيّر المحتوى الحراري)، وفي الوحدة التاسعة (معدلات سرعة التفاعل) من الفصل الثاني.
- يمكن تغطية جميع أهداف التقويم الثلاثة: AO1 و AO2 و AO3 في هذا الموضوع.
- ترد بعض المهارات الرياضية والحسابية في هذا الهدف التعليمي التي يمكن استخدامها.
- في هذه الوحدة، سيكتسب الطلبة تدريبًا على قياس الوزن والمعايرة وقياس حجوم الغاز.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٢-١، ٢-٢، ٢-٦	٢-١ الصيغ الأولية والجزيئية	٢	الأسئلة من ١ إلى ٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	نشاط ٢-١ استنتاج الصيَغ الأولية والجزيئية أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(ب)، ٢(أ)
٢-٣، ٢-٦	٢-٢ حسابات كتل المواد المتفاعلة والناتجة	٣	الأسئلة من ٤ إلى ٦ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١، ٤، ٥(أ، ب)	نشاط ٢-٢ حسابات المول أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ب١، ج)

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٢-٤، ٢-٥، ٢-٦	٢-٣ الحجم المولي والتناسب الكيميائي	٣	الأسئلة من ٧ إلى ١٠ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣	نشاط ٢-٣ استخدام الحجم المولي للغازات استقصاء عملي ٢-١ حساب الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(أ)، ٢(ب٢)
٢-٥، ٢-٦	٢-٤ المعايرة والتناسب الكيميائي	٣	السؤالان ١١ و ١٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٥(ج)	نشاط ٢-٤ حساب التركيز والتناسب الكيميائي من نتائج المعايرة استقصاء عملي ٢-٢ النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم

الموضوع ٢-١ الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية

الأهداف التعليمية

٢-١ يعرّف المصطلحات الآتية ويستخدمها :

- المول في ضوء ثابت أفوجادرو
- الصيغ الأولية والجزيئية

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

٢-٦ يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٢-١ الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية الأسئلة من ١ إلى ٣ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢	• يحسب الصيغة الأولية لمادة ما من تكوينها الكتلي ومن النسبة المئوية الكتلية • يحسب الصيغة الجزيئية لمادة ما من كتلتها الجزيئية النسبية والصيغة الأولية
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٢-١ استنتاج الصيَغ الأولية والجزيئية أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(ب)، ٢(أ)	• يحسب الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (٥ دقائق)

كلف الطلبة بكتابة تعريف للكتلة الجزيئية النسبية، ثم تحقق من تعريفاتهم. الكتلة الجزيئية النسبية هي نسبة متوسط الكتلة الموزونة لجزيء من مركّب جزيئي في الكتلة الذرية الموحدة.

اعرض على الطلبة فكرة الصيغ الأولية من خلال توضيح الصيغ الجزيئية الآتية: (CH_4) و(C_2H_6) و(C_3H_8) و(C_4H_{10}) و(C_5H_{12})، كلفهم بحساب أبسط نسبة عددية صحيحة لذرات الكربون مقارنة بذرّات الهيدروجين في كل من هذه الصيغ. أخبرهم أن هذه النسب تسمّى بالصيغ الأولية، وبالتالي يمكنهم إيجاد صيغ جزيئية أخرى في كتاب الطالب، واستنتاج الصيغ الأولية منها.

الأنشطة الرئيسية

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

١ استنتاج الصيغ الأولية

يمكن للطلبة الرجوع إلى الجدول ٢-١ من كتاب الطالب صفحة ٥٤ للحصول على أمثلة لصيغ جزيئية وأولية، كما يمكنهم استخدام الأمثلة ١ و٢ و٣ لمعرفة كيفية حساب الصيغ الأولية من النسبة المئوية الكتلية.

› **فكرة للتقويم:** اطلب إلى الطلبة الإجابة عن السؤال ٢.

٢ استنتاج الصيغة الجزيئية لمركّب من صيغته الأولية وكتلته الجزيئية النسبية

يمكن للطلبة استخدام الجدول ٢-١ الصيغة الجزيئية والمثال ٤ لمعرفة كيفية حساب الصيغة الجزيئية.

› **فكرة للتقويم: استراتيجية إيجاد الصيغة الجزيئية:** أعطِ الطلبة مجموعة التعليمات الآتية لإيجاد الصيغة الجزيئية، وكلفهم بوضعها في الترتيب الصحيح:

١. خذ نسبة العدد الصحيح: وهي تُعدّ أبسط نسبة ذرات في الجزيء لإعطاء الصيغة الأولية.
٢. اقسم الكتلة الجزيئية النسبية على كتلة الصيغة الأولية للحصول على العدد n.
٣. يجب أن تجري الحسابات الكيميائية على أساس 100 g من المركّب.
٤. اضرب عدد كل من الذرات الموجودة في الصيغة الأولية في n لتحصل على الصيغة الجزيئية.
٥. احسب النسبة المئوية لتكوين المركّب.
٦. احسب عدد مولات كل عنصر من خلال قسمة كتلته الموجودة في المركّب على كتلته الذرية النسبية.
٧. اقسم القيم التي حصلت عليها، على أصغر عدد لتحصل على نسبة الذرات في كل عنصر.

الإجابة: الترتيب الصحيح هو ٥، ٣، ٦، ٧، ١، ٢، ٤.

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة بالإجابة عن السؤال ٣.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

كلف الطلبة بإيجاد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لعيّنة من مركّب يحتوي على 0.34 g من الكربون و 0.057 g من الهيدروجين و 0.46 g من الأكسجين.

علما بأن الكتلة الجزيئية النسبية (الكتلة المولية) للمركّب تساوي 180 g/mol.

الصيغة الأولية هي (CH_2O). الصيغة الجزيئية هي ($C_6H_{12}O_6$).

الدعم

زوّد الطلبة بشبكة مطبوعة لمساعدتهم على حساب الصيغ الأولية. يمكن ملء جزء من الشبكة وفقًا لدرجة الدعم المطلوبة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يمكن للطلبة كتابة تعريفات للصيغة الأولية والصيغة الجزيئية، كما يمكنهم إعطاء أمثلة على كل منها.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- استخدام مصطلحات الكتلة الجزيئية النسبية، والمول، والصيغة الجزيئية، والصيغة الأولية بشكل صحيح.

المهارة الحسابية

تطبيق المهارات الرياضية المطلوبة في هذا الدرس وهي:

- مهارات حساب الأعداد البسيطة.
- استخدام النسب لإيجاد النسبة العددية الصحيحة.

الموضوع ٢-٢ حسابات كتل المواد المتفاعلة والناتجة

الأهداف التعليمية

٢-٣ يجري العمليات الحسابية مُستخدمًا مفهوم المول الذي يتضمّن الكتل المتفاعلة (من الصيغ والمعادلات) لتشمل تحديد:

- الكمّيات الفعلية
- النسبة المئوية للمردود
- النسبة المئوية الكتلية

٢-٦ يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٢-٢ حسابات كتل المواد المتفاعلة والناتجة – التناسب الكيميائي لتفاعل ما الأسئلة من ٤ إلى ٦ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١، ٤، ٥(أ، ب)	• يحسب كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في تفاعل كيميائي • يستخدم التناسب الكيميائي للمعادلة لحساب الأعداد النسبية لمولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة • يحسب النسبة المئوية الكتلية لمركّب ما • يحسب مردود المادة الناتجة من المردود الفعلي والمردود النظري
كتاب التجارب العملية والأنشطة	• نشاط ٢-٢ حسابات المول • أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ب١، ج)	• يحسب الكتل المتفاعلة

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يواجه بعض الطلبة مشكلة في استخدام مصطلح التناسب الكيميائي الوارد في هذه الوحدة. وهو ببساطة يعني العلاقة بين عدد جزيئات مواد متفاعلة مع مواد أخرى متفاعلة، أو مواد متفاعلة مع مواد ناتجة. ومن خلال بحث بسيط على شبكة المعلومات الدولية والاتصالات. يمكن الحصول على مقاطع فيديو لتوضيح بعض استفسارات الطلبة.

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (٥ دقائق)

يقرأ الطلبة السياق في كتاب الطالب في بداية الوحدة العلوم ضمن سياقها: استخراج النفط «الذهب الأسود»: الصناعات الكيميائية في سلطنة عمان. يلي ذلك نقاش حول أهمية الأمور الآتية المتعلقة بالصناعات الكيميائية:

- كتلة المواد المتفاعلة المستخدمة
- كتلة المواد الناتجة المراد تصنيعها
- مردود التفاعل
- يمكن للطلبة استخدام المثالين ٦ و ٧ للتعرف على كتل المواد المتفاعلة والناتجة والعوامل المحددة.

الأنشطة الرئيسية

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

١ حساب النسبة المئوية الكتلية

يمكن للطلبة استخدام ٢-٢ النسبة المئوية الكتلية، والمثالَين ٨ و ٩ كما يمكنهم الإجابة عن السؤال ٦.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة حساب النسبة المئوية الكتلية أ. للماغنيسيوم، ب. للكبريت في كبريتات الماغنيسيوم ($MgSO_4$).

(%) الماغنيسيوم =

$$100 \times \frac{1 \times 24.3}{120.4} = 20.2$$

(%) الكبريت =

$$100 \times \frac{1 \times 32.1}{120.4} = 26.7$$

٢ النسبة المئوية للمردود (١٠ دقائق)

في تفاعل كيميائي ما ومع وجود المواد الناتجة، لا يمكن معرفة ما إذا تم تفاعل المواد المتفاعلة بشكل تام. ومن أجل التأكد من ذلك، يجب أن نعرف أولًا مقدار المادة المتفاعلة التي أدخلناها في التفاعل، ثم كميّة المادة الناتجة التي نتوقع أن تتكوّن.

فعلى سبيل المثال، التفاعل التالي يوضح التناسب الكيميائي:

المعادلة الموزونة	$Zn(s)$	+	$CuSO_4(aq)$	⟶	$Cu(s)$ +	$ZnSO_4(aq)$
التناسب الكيميائي	1 mol		1 mol		1 mol	1 mol

› **فكرة للتقويم:** وجه الطلبة إلى اقتراح طرائق للتأكد من أنه عند إضافة الخارصين إلى محلول كبريتات النحاس (II)، سيتفاعل الخارصين تمامًا. يمكنهم أن يقترحوا إضافة أكثر من 1 mol من ($CuSO_4$) إلى 1 mol من الخارصين، أو إضافة أقل من 1 mol من الخارصين إلى 1 mol من ($CuSO_4$). في هذه الحالة تكون ($CuSO_4$) المادة المتفاعلة الفائضة والخارصين المادة المتفاعلة المحددة.

٣ اختبار الفرضية (٣٠ دقيقة)

كلف الطلبة بالتخطيط لتجربة عملية لمعرفة النسبة المئوية لمردود النحاس عندما يتفاعل 0.654 g من فلز الخارصين مع فائض من محلول كبريتات النحاس.

- سيحتاج الطلبة إلى 30 mL من محلول كبريتات النحاس (II) تركيزه 1 mol/L والذي يحتوي بالضبط على 0.03 mol من كبريتات النحاس (II) .
- للتأكد من أن الخارصين قد تفاعل كليًا، يجب أن تساوي كميّة كبريتات النحاس (II) المستخدمة نحو ثلاثة أضعاف كميّة الخارصين. وجه الطلبة إلى حساب كتلة الخارصين المطلوبة (الكتلة المطلوبة = $\frac{0.03}{3}$ = 0.01 mol من الخارصين؛ أي: 0.01 × 65.4 = 0.654 g من الخارصين). ثم اطلب إليهم حساب الكتلة النظرية للنحاس التي يمكن إنتاجها من 0.654 g من الخارصين يمكن، للطلبة استخدام المثال ٥ كمراجعة للكتل المتفاعلة.

يحتاج الطلبة إلى التخطيط كيف يمكنهم:

- فصل النحاس الصلب الناتج عن محلول كبريتات النحاس (II) غير المتفاعل.
- التأكد من أن النحاس نقي وجاف. يمكنهم القيام بذلك عن طريق غسله بالماء. والشطف النهائي بالبروبانون سيسرّع عملية التجفيف.
- وزن النحاس الناتج.
- حساب النسبة المئوية للمردود.

› **فكرة للتقويم ١:** أخبر الطلبة أن الكتلة الفعلية للنحاس الناتج كانت 0.381 g ولذلك يمكنهم استخدام المثال ١٠ لحساب النسبة المئوية لمردود كلوريد الألومنيوم.

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة باقتراح الأسباب التي تجعل المردود الفعلي لا يساوي أبدًا 100% من المردود النظري (المتوقع).

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

كلف الطلبة باقتراح السبب الذي قد يجعل إضافة فائض من الخارصين إلى كبريتات النحاس (II) أكثر صعوبة.

الدعم

إذا واجهت المجموعة صعوبة في كتابة الطريقة، فزوّدهم ببعض الخطوات، مشجّعًا إيّاهم على استكمالها.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يمكن للطلبة مناقشة سبب أهمية تحقيق نسب مئوية مرتفعة من مردود المواد الناتجة في الصناعات الكيميائية.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

سيتعين على الطلبة فهم المصطلحات: النسبة المئوية للمردود، والفائض، والفرضية، واستخدامها.

المهارة الحسابية

يجب على الطلبة استخدام التناسب الكيميائي للمعادلات والعلاقة بين الكتلة النسبية وكتلة الصيغة وعدد المولات.

الموضوع: ٢-٣ الحجم المولي والتناسب الكيميائي

الأهداف التعليمية

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

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

٢-٦ يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٢-٣ الحجم المولي والتناسب الكيميائي مهارة عملية ٢-١ جمع الغاز وقياسه مهارة عملية ٢-٢ حساب الأخطاء المرتبطة في التجارب العملية مهارة عملية ٢-٣ تحضير محلول قياسي الأسئلة من ٧ إلى ١٠ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣	• يحسب الحجوم المولية للغازات: من الحجوم إلى المولات والعكس صحيح • يستنتج التناسب الكيميائي للمعادلات باستخدام حجوم الغازات • يستنتج الصيغة الجزيئية لهيدروكربونات باستخدام حجوم الغازات
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٢-٣ استخدام الحجم المولي للغازات استقصاء عملي ٢-١ حساب الكتلة الذرّية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(أ)، ٢(ب٢)	• يجري حسابات تتضمن حجوم الغازات • يجد الكتلة الذرية النسبية للماغنيسيوم عبر قياس حجم الهيدروجين الناتج من تفاعل الماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يخطئ بعض الطلبة عند ربط عدد المولات بعدد الذرات، على سبيل المثال: (Cl_2) هي 1 mol وليس 2.

أنشطة تمهيدية

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

١ فكرة أ

ضع مخبارًا مدرّجًا مقلوبًا سعته 1 L مملوءًا بالماء في حوض كبير. انفخ بالونًا أمام الطلبة، سائلًا إيّاهم: "كيف يمكنني معرفة كميّة الغاز في البالون؟" يقترح الطلبة بعض الإجابات. ثبّت فتحة البالون في أسفل المخبار المدرّج بحيث يخرج منه الغاز ويزيح الماء فيعطي قراءة لحجم الغاز، ثم قم بحساب سريع:

$$\text{عدد مولات الغاز في البالون} = \frac{VL}{24}$$

$$\text{عدد جسيمات الغاز} = n \times N_A$$

نأمل أن يتبع ذلك أسئلة مثل: كيف عرفت ذلك؟ وما المعادلة التي ستساعدنا؟

ثم أخبر الطلبة أن 1 mol من أي غاز يشغل 24 L عند درجة حرارة وضغط الغرفة، مقدّمًا لهم معادلة لـ V (على سبيل المثال: $V = n \times 24\ L$ أو $V = n \times 24000\ mL$). وجه كل طالب إلى استخدام المعادلة لحساب حجم n mol من غاز ما وعدد مولات الغاز في حجم mL أو L.

٢ فكرة ب

وجه الطلبة إلى أن 1 mol من أي غاز يشغل 24 L عند درجة حرارة الغرفة (20 °C) والضغط (1 atm)، وهو ما يُعرف بالرمز r.t.p.

كلفهم بكتابة معادلة حجم n mol من الغاز عند r.t.p. يجب أن يعبّروا بالوحدات L و mL. ثم يقوم كل بمفرده باستخدام المعادلة لحساب حجم n مول من الغاز وعدد مولات الغاز في حجم V (mL أو L).

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، عدد من الأنشطة التعليمية التي يمكن اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الصف.

١ تفاعل حجوم الغازات وصيغ الهيدروكربونات

اشرح للطلبة فرضية أفوجادرو Avogadro، التي تنص على أن حجومًا متساوية من الغازات، موجودة عند الظروف نفسها من درجة الحرارة والضغط، تحتوي على عدد الجزيئات نفسه. وللتأكّد من صحّة هذه الفرضية، نشرحها باستخدام النظرية الحركية للغازات؛ فإذا عرفنا حجوم الغازات التي تتفاعل، يمكننا حينئذٍ حساب عدد مولات الغازات التي تتفاعل.

يحتوي كتاب الطالب على بعض الأمثلة التي يمكن استخدامها؛ كما يمكن استنباط أمثلة أخرى بسهولة، على سبيل المثال: يتفاعل 100 mL من الميثان مع 200 mL من الأكسجين ليعطي 100 mL من ثاني أكسيد الكربون و 200 mL من الماء:

$__CH_4$	+	$__O_2$	⟶	$__CO_2$	+	$___H_2O$	
100 mL		200 mL		100 mL		200 mL	حجم الغاز
n mol		2n mol		n mol		2n mol	عدد مولات الغاز
							(افترض أن 100 mL تحتوي على n mol من الغاز)
1 mol		2 mol		1 mol		2 mol	اقسم على n
CH_4	+	$2O_2$	⟶	CO_2	+	$2H_2O$	المعادلة النهائية

› **فكرة للتقويم:** يُعدّ هذا الموضوع بسيطًا جدًا، ولا يحتاج إلّا إلى أمثلة قليلة؛ والبديل يكون باستخدام معادلة الرموز الموزونة لإيجاد حجوم الغازات المتفاعلة. كما يُعدّ السؤالان ٩ و١٠ مهمَّين وينصح بحلهما في هذه المرحلة. يمكن تقويم أي عمل ذاتيًا.

٢ ربط صيغ الهيدروكربونات بحجوم الغازات في المعادلة

الخطوة التالية هي استخدام الحجوم المتفاعلة لإيجاد صيغة هيدروكربون ما. يعد المثال ١٢ الوارد في كتاب الطالب مثالًا جيدًا للاستخدام. وزّع الطلبة في مجموعات لمناقشة العلاقة بين الحجوم المتفاعلة وصيغة الهيدروكربون، مثلًا، لكي نجد صيغة الهيدروكربون C_xH_y:

x moles (مول) كربون في الهيدروكربون ⟵ x moles (مول) ثاني أكسيد الكربون

y moles (مول) هيدروجين في الهيدروكربون ⟵ $\frac{y}{2}$ moles (مول) ماء

عدد مولات الأكسجين التي نحتاج إليها للتفاعل هو $x + \frac{y}{4}$.

المعادلة هي:

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

إذا كان لدينا عدد مولات الأكسجين والماء وثاني أكسيد الكربون المعنية في التفاعل، فيمكن استنتاج صيغة الهيدروكربون.

› **فكرة للتقويم:** امنح الطلبة القليل من الوقت لحل هذه المسألة، وطرح الأسئلة. يمكنك اقتراح هيدروكربون مختلف لكل مجموعة على أن يسجّلوا سؤالهم، كما يمكنك تزويد الطلبة الذين يحتاجون إلى مزيد من الدعم بأمثلة لمساعدتهم

على إعداد أسئلتهم. عند نهاية النشاط، يمكن للمجموعات توحيد أسئلتهم، والطلب إلى مجموعات أخرى الإجابة عن السؤال لإيجاد صيغة الهيدروكربون المجهول، على أن يبدأ كل سؤال بـ: mL __ __ من الهيدروكربون (C_xH_y) ....

٣ يعمل الطلبة في ثنائيات لتنفيذ الاستقصاء العملي ٢-١ لإيجاد الكتلة الذرية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية (حصتان)

يستخدم الطلبة أطوالاً مختلفة من شرائط الماغنيسيوم لإجراء التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك تركيزه 2 mol/L ويقيسون حجم غاز الهيدروجين الناتج. يمكن استخدام محقن زجاجي للغاز أو مخبار مدرّج مقلوب لتجميع الهيدروجين وقياس حجمه. إذا لم يسمح الوقت بذلك، يمكن لكل مجموعة استخدام طول مختلف من شريط الماغنيسيوم، كما يمكنهم مشاركة النتائج فيما بينهم. يرسم الطلبة نتائجهم على التمثيل البياني المتوافر ويجيبون عن الأسئلة من ٢ إلى ٨. حيث يحسبون أولاً A_r للماغنيسيوم في السؤالَين ٢ و ٣. ثم في الأسئلة من ٤ إلى ٨، يقوم الطلبة بحساب النسبة المئوية للخطأ في قيم A_r التي حسبوها، ومدى إمكانية نسبة هذا الخطأ إلى الجهاز. يمكن للطلبة استخدام الصفحات ٦٤ –٦٦ الواردة في كتاب الطالب للتعرف على أسباب الأخطاء.

تمّ وصف الطريقة بالتفصيل في كتاب التجارب العملية والأنشطة: الاستقصاء العملي ٢-١.

معادلة التفاعل هي: $Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

يتفاعل الماغنيسيوم وينتج غاز (H_2)، ويتم قياس حجمه باستخدام محقن زجاجي للغاز أو من طريق إزاحة الماء. باستخدام التناسب الكيميائي للمعادلة، 1 mol من Mg ينتج 1 mol من (H_2). لذلك إذا عرفنا حجم (H_2) وبالتالي عدد مولات (H_2)، فإننا سنعرف عدد مولات (Mg). وتحسب الكتلة الذرية النسبية لـ (Mg) باستخدام المعادلة $A_r = \frac{m}{n}$

من الناحية العملية، تقوم كل مجموعة بإجراء الاستقصاء العملي على أربع كتل مختلفة من (Mg)، ويتم تكرار القياسات. تُعدّ كتلة (Mg). صغيرة جدًا، وبالتالي يصعب وزنها بدقة. لحل هذه المشكلة، يتمّ وزن 10 cm من شريط (Mg). وتقطيعه إلى أطوال 1.00 cm و 1.50 cm و 2.5 cm. تقدر كتلة كل طول بالاعتماد على كتلة الشريط بطول 10 cm. على سبيل المثال، إذا كان الطول 10 cm يزن 0.160 g، فإن 1.5 cm من (Mg). يملك الكتلة $0.160 \times \frac{1.5}{10} = 0.024$ g.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

تحتوي أسطوانة غاز البروبان على 6 Kg من الغاز. ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من احتراق 6 Kg من البروبان؟

الإجابة:

عدد مولات البروبان = $\frac{6000}{44.0} = 136.36$

1 mol من (C_3H_8) ينتج 3 mol من CO_2

136.6 mol من (C_3H_8) ينتج 409.09 mol من CO_2،

حجم ثاني أكسيد الكربون =

$409.09 \times 24 = 9818$ L

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

السؤال المفصلي: السؤال ١٠ الوارد في كتاب الطالب حول الإيثين.

التكامل مع المناهج

المهارة الحسابية

يحتاج الطلبة إلى فهم النسب لحل هذه الأسئلة.

الموضوع ٢-٤ المعايرة والتناسب الكيميائي

الأهداف التعليمية

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

٢-٦ يستنتج العلاقات المرتبطة بنسب اتّحاد العناصر الكيميائية من الحسابات كما في ٢-٢ و٢-٣ و٢-٤ و٢-٥

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٢-٤ المعايرة والتناسب الكيميائي السؤالان ١١ و ١٢ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٥(ج)	• يحسب تراكيز المحاليل بوحدات g/L و mol/L • يستخدم الصيغة $M = \frac{n}{V}$ لإيجاد M و n و V • يستخدم المحاليل القياسية في العمليات الحسابية • يحسب عدد مولات المواد المتفاعلة من تراكيز المحاليل • يستخدم التناسب الكيميائي للمعادلات لحساب عدد مولات المواد المتفاعلة • يسجل نتائج المعايرة في جدول مناسب • يجري عمليات معايرة تقريبية ودقيقة • يحلل النتائج ويعبّر عنها في شكل مناسب
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٢-٤ حساب التركيز والتناسب الكيميائي من نتائج المعايرة استقصاء عملي ٢-٢ النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم	• يجري عمليات حسابية باستخدام المحاليل • يجري معايرة حمض-قاعدة ، يجد النسبة المئوية الكتلية لمخلوط من $NaHCO_3$ و NaCl • يحسب عدد مولات المواد المتفاعلة من تراكيز المحاليل • يستخدم التناسب الكيميائي للمعادلات لحساب عدد مولات المواد المتفاعلة

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

تُعدّ أكثر المفاهيم الخاطئة شيوعًا عدم معرفة تحويل mL إلى L أو العكس. على سبيل المثال، L= 25 mL $\frac{25}{1000}$. أي V = 0.025 L وليس 25 L. وما لم يتمّ توضيح ذلك، قد يعتقد الطلبة أن المعايرة التقريبية هي معايرة "صحيحة".

أنشطة تمهيدية

ترد في ما يلي ثلاث أفكار، اختر منها ما يناسب الموارد المتاحة والوقت المتاح، ومدى تقدّم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

اعرض للطلبة:

- دورقًا حجميًا سعته 1 L يحتوي على 1 mol من المذاب
- دورقًا حجميًا سعته 250 mL يحتوي على 0.25 mol من المذاب
- دورقًا حجميًا سعته 100 mL يحتوي على 0.01 mol من المذاب.

كلف الطلبة بأن يحسبوا تركيز المحلول في كل دورق حجمي.

بالترتيب، تكون التراكيز: 1 mol/L، 1 mol/L، 0.1 mol/L.

كلف الطلبة بكتابة معادلة لحساب تركيز محلول مع إعطاء عدد مولات المذاب وحجم المحلول، مذكّرًا إيّاهم أن الأحجام يجب أن تكون بوحدة L.

التركيز (mol/L) = عدد مولات المذاب ÷ حجم المحلول (L) أو $M = \frac{n}{V}$

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

يمكن للطلبة قراءة الموضوع ٢–٤ المعايرة والتناسب الكيميائي والمثالَين ١٣ و ١٤ كما يمكنهم الإجابة عن السؤالَين ١١و ١٢

٣ فكرة ج (١٠ دقائق)

يمكن للطلبة قراءة كيفية تحضير محلول قياسي (المهارات العملية) في الصفحات ٦٦–٦٨ من كتاب الطالب.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، عدد من الأنشطة التعليمية التي يمكن اختيار ما يناسب منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ عملية المعايرة (١٥ دقيقة)

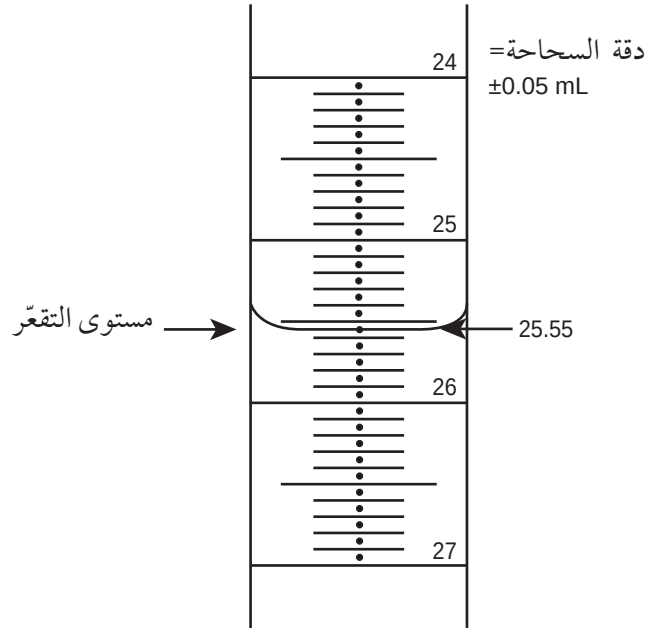
ذكِّر الطلبة بالإجراءات العملية لمعايرة حمض–قاعدة.

› فكرة للتقويم:

اسأل الطلبة:

ما الهدف من إجراء معايرة؟

لماذا تُعدّ قراءة السحاحة 25.52 mL غير دقيقة، في حين أن 25.55 mL تُعدّ قراءة مقبولة تمامًا كما في الشكل الآتي؟



لماذا يُعدّ استخدام دورق مخروطي مبلل بالماء مقبولًا، بينما السحاحة المبللة بالماء يجب شطفها بالحمض المستخدم قبل عملية المعايرة؟

لماذا يُعدّ الكاشف ضروريًا خلال عملية المعايرة؟ وما هي نقطة-النهاية للمعايرة؟

٢ استقصاء عملي ٢-٢: النسبة المئوية الكتلية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريدالصوديوم (حصتان كل حصة ٤٠ دقيقة)

يمكن للطلبة العمل ضمن ثنائيات، على أن يتشاركوا جميعًا في العمل خلال الاستقصاء العملي. سيقومون بتحضير محلول المخلوط ومعايرته مع حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.100 mol/L ليحصلوا على معيارَين متطابقَين على الأقل.

تأكد من أن الطلبة:

- يراقبون بعناية نقطة-النهاية، ولا يضيفون حجمًا أقل أو أكثر من المطلوب.
- يسجلون النتائج مع الالتزام بالدرجة الصحيحة من الدقة: عادةً ما تكون منزلتَين عشريتَين إذا كانت قراءة السحاحة تصل إلى ±0.05 mL.
- يستخدمون المعايرة التقريبية بشكل صحيح. هذا يعني أنهم إذا حصلوا على قيمة معايرة تقريبية تبلغ 26.00 mol على سبيل المثال، فعند إجراء المعايرة الدقيقة، يقومون بإضافة الحمض بسرعة من السحاحة حتى الوصول إلى 25.00 mol ثم يبدأون بإضافة الحمض ببطء، نقطة واحدة في كل مرة حتى الوصول إلى نقطة-النهاية.
- يُجرون المعايرة بعناية عند الاقتراب من نقطة-النهاية.

› **فكرة للتقويم:** يجيب الطلبة عن السؤالَين ١ و ٢ الواردَين في الاستقصاء العملي.

٣ حساب الأخطاء: يمكن للطلبة استخدام مربّع المهارات العملية "حساب الأخطاء المرتبطة في التجارب العملية" الوارد في كتاب الطالب لمعرفة كيفية حساب أخطاء الأجهزة

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة الإجابة عن الأسئلة من ٣ إلى ٧ الواردة في الاستقصاء العملي. خطأ الجهاز في السحاحة الذي يقرأ حتى 0.05 mL يساوي ±0.05 mL. ونظرًا للحاجة إلى قراءتَين لقياس حجم من سحاحة، فإن الخطأ في حجم المحلول من السحاحة يساوي ±0.1 mL. وخطأ الجهاز في ماصّة حجمها 25 mL يساوي ±0.05 mL.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

أخطاء الأجهزة لا تُعدّ الأخطاء الوحيدة التي يمكن أن تحدث أثناء التجربة العملية، لذا يمكن للطلبة سرد مصادر أخرى للخطأ.

الدعم

يمكن عرض جدول نتائج نموذجي للطلبة واستخدامه للاطلاع على كيفية ملء الجدول الخاص بهم.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يمكن للطلبة قراءة المثال ١٤ الوارد في كتاب الطالب وإيجاد التناسب الكيميائي للتفاعل من نتائج عملية المعايرة، كما يمكنهم الإجابة عن السؤال ١٢.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يجب عليهم قراءة التعليمات واستخدام المصطلحات الفنية مثل التناسب الكيميائي والعيار ونقطة-النهاية.

المهارة الحسابية

يواصلون استخدام صيغ مختلفة وإعادة ترتيبها وحساب المتوسطات وفهم دقة قراءة السحاحة.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. NH_2

ب. C_4H_9

ج. CH

د. NH_3

٢.

	الكربون	الهيدروجين
النسبة المئوية الكتلية للعنصر مقسومة على كتلته الذريةالنسبية	$\frac{90}{12.0} = 7.5$	$\frac{10}{1.0} = 10$
اقسم على 2.5	$\frac{7.5}{2.5}$	$\frac{10}{2.5}$
النسبة الأبسط لكل عنصر	3	4

أبسط نسبة هي 3C إلى 4H

الصيغة الأولية هي C_3H_4

٣. المركّب A:

$C_3H_5 = (3 \times 12.0) + (5 \times 1.0) = 41.0$ g/mol

$\frac{82}{41.0} = 2$،

الصيغة الجزيئية هي C_6H_{10}

المركّب B:

$CCl_3 = 12.0 + (3 \times 35.5) = 118.5$ g/mol

$\frac{237}{118.5} = 2$

الصيغة الجزيئية هي C_2Cl_6

المركّب C:

$CH_2 = 12.0 + (2 \times 1.0) = 14.0$;

$\frac{112}{14.0} = 8$

الصيغة الجزيئية هي C_8H_{16}

٤. أ. $2Na(s) + O_2(g) \longrightarrow Na_2O_2(s)$

2×23.0 g Na $\longrightarrow$ 78.0 g Na_2O_2

46.0 g Na $\longrightarrow$ 78.0 g Na_2O_2

4.60 g Na $\longrightarrow$ x g Na_2O_2

$x\ g = \frac{78 \times 4.60}{46.0} = 78.0$ g

ب. $SnO_2(s) + 2C(s) \longrightarrow Sn(s) + 2CO(g)$

150.7 g $SnO_2 \longrightarrow 2 \times 12.0$ g C

150.7 g $SnO_2 \longrightarrow 24.0$ g C

14.0 g $SnO_2 \longrightarrow$ x g C

$x\ g = \frac{24.0 \times 14.0}{150.7} = 2.23$ g

٥. عدد مولات Si =

$\frac{56.2}{28.1} = 2$ mol

عدد مولات Cl_2 =

$\frac{284.0}{71.0} = 4$ mol

عدد مولات $SiCl_4$ =

$\frac{340.2}{170.1} = 2$ mol

تقسم المعامِلات على 2 للاختصار، فيكون التناسب الكيميائي: $Si : Cl_2 : SiCl_4 = 1 : 2 : 1$

وتكون معادلة التفاعل: $Si + 2Cl_2 \longrightarrow SiCl_4$

٦. $\frac{\text{الكتلة المولية للكربون}}{\text{الكتلة المولية للإيثانول}} \times 100\%$

$\frac{24}{46} \times 100 = 52.2\%$

٧. ماء + ثاني أكسيد الكربون $\longrightarrow$ أكسجين + بروبان

$C_3H_8 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

20 mL 100 mL 60 mL 80 mL

تقسم الأرقام على العامل المشترك (20) فتكون النسب المولية

1 5 3 4

وتكون المعادلة الموزونة:

$$C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

٨. ماء + ثاني أكسيد الكربون ⟵ أكسجين + C_xH_y

$$C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

100 mL 200 mL 100 mL 200 mL

تقسم الارقام على (100) فتكون النسب المولية

1 2 1 2

1 mol من (C_xH_y) يتفاعل تمامًا مع 2 mol من (O_2) لينتج 1 mol من (CO_2) و 2 mol من (H_2O)، مما يعني أن (C_xH_y) تحتوي على 1 mol من ذرات الكربون يتفاعل مع 1 mol من (O_2)؛ ويبقى 1 mol = (2 – 1) من (O_2) لتكوين (H_2O). يعني وجود 4 mol من ذرّات (H) في 1 mol من جزيئات (C_xH_y).

$$C_xH_y + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

فتكون صيغة الهيدروكربون: (CH_4).

٩. أ. 3 mol

ب. PH_3، (نسبة الحجوم = نسبة المولات)

ج. $PH_3(g) + 3Cl_2(g) \longrightarrow PCl_3(l) + 3HCl(g)$

١٠. ب (24 L)

١١. أ. عدد مولات HCl =

$$0.100 \times \frac{15.00}{1000} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

عدد مولات $Sr(OH)_2$ =

$$\frac{1.5 \times 10^{-3}}{2} = 7.50 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

تركيز $Sr(OH)_2$ =

$$7.50 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{25} = 3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

ب. عدد مولات NaOH =

$$0.400 \times \frac{20}{1000} = 8.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

عدد مولات H_2SO_4 =

$$\frac{8.00 \times 10^{-3}}{2} = 4.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

تركيز H_2SO_4 =

$$\frac{1000}{25.25} \times 4.00 \times 10^{-3} = 1.58 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

١٢. أ. عدد مولات الهيدروكسيد الفلزي:

$$0.0600 \times \frac{20}{1000} = 1.20 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ب. عدد مولات حمض الهيدروكلوريك:

$$0.100 \times \frac{24.00}{1000} = 2.40 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ج. 1 mol من هيدروكسيد الفلز: 2 mol من حمض الهيدروكلوريك

د. $X(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow XCl_2 + 2H_2O$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. عدد مولات ($ZrCl_4$): $\frac{58.30}{233.2} = 0.250$ mol

عدد مولات ($ZrCl_4$) المستخدم = عدد مولات (Zr) الناتج نظريا

عدد مولات (Zr) الناتج: $\frac{20.52}{91.2} = 0.225$ mol

النسبة المئوية للمردود: $\frac{0.225}{0.250} \times 100 = 90.0\%$

٢. أ. $C = \frac{80}{12}$, $H = \frac{20}{1.0}$

C= 6.67; H = 20

$C = \frac{6.67}{6.67} = 1$; $H = \frac{20}{6.67} = 3$

الصيغة الأولية هي CH_3

ب. كتلة الصيغة الأولية = 15

$n = \frac{30}{15} = 2$

الصيغة الجزيئية C_2H_6

٣. أ. يكون حجم الغاز متناسبًا مع عدد المولات،

نسبة الحجوم هي 200 :300 :50

فتكون نسبة المولات: 4 : 6 : 1

يتكونّ 4 mol من ثاني أكسيد الكربون من 1 mol من الهيدروكربون، الأمر الذي يعني أن صيغة الهيدروكربون تحتوي 4 ذرات من الكربون.

4 mol من ذرات الكربون تتفاعل مع 4 mol من جزيئات الأكسجين، الأمر الذي يترك 2 mol من جزيئات الأكسجين (أي 4 mol من ذرات الاكسجين) للتفاعل مع الهيدروجين، فيؤدي

إلى تكوّن 4 mol من الماء، الأمر الذي يعني أن صيغة جزيء الهيدروكربون تحتوي 8 ذرات هيدروجين.

نستنتج المعادلة النهائية الآتية:

$$C_4H_8 + 6O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 4H_2O$$

ب. عدد مولات البروبان $= \frac{600}{24000}$

$= 0.025$ mol

الكتلة $= 0.025 \times 44.0 = 1.1$ g

٤. **أ.** $4Na + TiCl_4 \longrightarrow 4NaCl + Ti$

ب. 1 mol من $TiCl_4$ يعطي 1 mol من Ti

189.9 g $TiCl_4 \longrightarrow 47.9$ g Ti

1.0 g $TiCl_4 \longrightarrow \frac{47.9}{189.9}$ g Ti

380 g $TiCl_4 \longrightarrow 380 \times \frac{47.9}{189.9}$ g Ti

$= 95.9$ g Ti

ج. 4 mol من Na تعطي 1 mol من Ti

4×23.0 g Na $\longrightarrow \frac{47.9}{4 \times 23.0}$ g Ti

46.0 g Na $\longrightarrow 46 \times \frac{47.9}{4 \times 23.0}$ g Ti

$= 24.0$ g Ti

٥. **أ.** عدد مولات $Cl_2 = \frac{4.80}{24.0}$

$= 0.200$ mol

ب. عدد مولات NaOCl = عدد مولات $Cl_2 = 0.200$ mol

كتلة NaOCl $= 74.5 \times 0.200$

$= 14.9$ g

ج. عدد مولات NaOH $= 2 \times$ (عدد مولات Cl_2)

$= 0.400$ mol

حجم محلول NaOH $= \frac{0.400}{2.00}$

0.200 L $= 200$ mL

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٢-١

١. أ. لا تمثل أبسط نسبة. أبسط نسبة هي C_3H_5Cl.

ب. الكتلة المولية للصيغة الأولية لـ $PNCl_2$ =

$31 + 14 + 2\,(35.5) = 116$ g/mol

نسبة الكتلة المولية إلى كتلة الصيغة الأولية =

$\frac{348}{116} = 3$

اضرب كتلة الصيغة الأولية في 3 =

فتكون الصيغة الجزيئية هي $P_3N_3Cl_6$

٢. أ. كتلة الأكسجين =

$19.78 - 14.98 = 4.80$ g

ب. عدد مولات As:

$\frac{14.98}{74.9} = 0.20$ mol

عدد مولات O:

$\frac{4.80}{16.0} = 0.30$ mol

ج. أبسط نسبة مولية = 2 As إلى 3 O، لذا فان الصيغة الأولية هي: As_2O_3

د. الكتلة المولية للصيغة الأولية =

$(2 \times 74.9) + (3 \times 16.0) = 197.8$ g/mol

$2 = \frac{395.6}{197.8} = \frac{\text{الكتلة المولية للمركّب}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}}$

لذا فان الصيغة الجزيئية هي: As_4O_6

هـ. $\frac{2 \times 74.9}{(2 \times 74.92) + (5 \times 16.0)} \times 100\% = 65.2\%$

نشاط ٢-٢

١. أ. الكتلة المولية لـ (Pb_3O_4) =

$(3 \times 207.2) + (4 \times 16.0) = 685.6$ g/mol

ب. عدد مولات (Pb_3O_4) =

$\frac{41.12}{685.6} = 0.0600$ mol

ج. عدد مولات الرصاص =

$0.0600 \times 3 = 0.180$ mol

د. كتلة الرصاص = عدد المولات × الكتلة المولية =

$0.180 \times 207.2 = 37.3$ g

٢. أ. عدد مولات Sn =

$\frac{35.61}{118.7} = 0.300$ mol

عدد مولات Cl_2 =

$\frac{42.60}{71} = 0.600$ mol

عدد مولات $SnCl_4$ =

$\frac{78.21}{260.7} = 0.300$ mol

ب. نسبة المولات:

Sn = 1, Cl_2 = 2, $SnCl_4$ = 1

المعادلة: $Sn + 2Cl_2 \longrightarrow SnCl_4$

نشاط ٢-٣

أ. 20 mL

ب. 40 mL (لأن الحجم الإجمالي 60 mL − حجم الأكسجين 20 mL)

ج. NO_2

د. $2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$

نشاط ٢-٤

الجزء ١

١.

$$Na_2CO_3(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

٢. عدد مولات الحمض المستخدم =

$$0.200 \times \frac{22.5}{1000} = 4.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

٣. 1 mol من Na_2CO_3 يتفاعل مع 2 mol من حمض الهيدروكلوريك،

يتفاعل 0.5 mol من Na_2CO_3 مع 1 mol من حمض الهيدروكلوريك

٤. عدد مولات كربونات الصوديوم الموجودة في mL 25 من المحلول:

$$\frac{4.5 \times 10^{-3}}{2} = 2.25 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

٥. تركيز $Na_2CO_3(aq)$ =

$$2.25 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{25} = 0.09 \text{ mol/L}$$

الجزء ٢

١. عدد مولات هيدروكسيد الفلز=

$$0.200 \times \frac{25}{1000} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

٢. عدد مولات حمض النيتريك=

$$0.270 \times \frac{18.5}{1000} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

٣. أبسط نسبة مولية = 1 :1

٤. معادلة التفاعل:

$$XOH(aq) + HNO_3(aq) \longrightarrow XNO_3(aq) + H_2O(l)$$

إجابات الاستقصاءات العملية

أهداف التعلم
في هذه الوحدة سيكمل الطلبة الاستقصاءات العملية حول: • ٢-١ حساب الكتلة الذرية النسبية للماغنيسيوم باستخدام الحجوم المولية • ٢-٢ النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم.

الأهداف التعليمية

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

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

في هذا الاستقصاء، سيقيس الطلبة حجوم غاز الهيدروجين الناتج عندما تتفاعل أطوال مختلفة من شريط ماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L.

المدة

لإكمال هذا الاستقصاء ينبغي أن يستغرق نحو حصتَين مدة كل منهما ٤٠ دقيقة.

التحضير للاستقصاء

من المستحسن أن يكون الطلبة قد اكتسبوا مفهومَي المولات والأحجام المولية. في ما يلي المعادلات الأساسية المهمة:

$$A_r = \frac{\text{الكتلة (m)}}{\text{عدد المولات (n)}}$$

$$\text{و } n = \frac{\text{حجم الغاز (V) (mL)}}{24000}$$

ستحتاج إلى:

المواد والأدوات	
• جهاز لجمع الغاز وقياسه	• قفازات بلاستيكية
• ورق صنفرة	• مقصّ
• شريط واحد من الماغنيسيوم بطول 10 cm	• ميزان إلكتروني بدقة لا تقلّ عن منزلتَين عشريّتَين
• مسطرة 30 cm	• حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L

المواد والأدوات البديلة

من بين مجموعتَي الأجهزة المقترحتَين، المجموعة الأسهل للإعداد هي المجموعة التي تستخدم المحقن الزجاجي للغاز. ومع ذلك، في حال عدم توافر محاقن الغاز، فإن عملية إزاحة الماء في مخبار مدرّج تكفي لتحقيق الغاية.

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

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

توجيهات حول الاستقصاء

- الهدف من وزن أطوال 10 cm من شريط الماغنيسيوم هو القراءة الصحيحة على الميزان الإلكتروني الذي يعطيه هذا الطول، خصوصًا إذا كان الميزان يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين فقط. ثم تُحسب كتل الأطوال الأقصر باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{الطول}}{10} \times \text{كتلة الشريط بطول } 10\text{ cm}$$

- يرجى ملاحظة أنه إذا كان الطلبة يقيسون حجم الغاز من طريق إزاحة الماء، فإن المشكلة الأولى التي يجب تجاوزها هي التأكد من أن المخبار المدرّج ممتلئ بالماء عند وضعه في الحوض الصغير، ويكاد لا يتسرب منه شيء. يتحقق ذلك إذا أمسك الطلبة المخبار المدرّج وأغلقوا طرفه المفتوح بأيديهم أو وضعوا عليه قطعة من غلاف بلاستيكي، ثم قلبوه رأسًا على عقب عند وضعه في الحوض الصغير. ولا شكّ أن إزالة الغشاء قبل البدء بالقياس الفعلي أمر ضروري. كما يمكن لأنبوبة غليان أن تفي تمامًا بالغرض كوعاء تفاعل شبيه الدورق المخروطي.
- تكمن المشكلة الرئيسية في هذه العملية في نقاء شريط الماغنيسيوم. فإذا توافر شريط جديد، فلا حاجة إلى تنظيفه؛ أمّا إذا كان مؤكسدًا، فستحتاج إلى تنظيفه. تستطيع القيام بذلك بوساطة ورق صنفرة، بحيث تمسك الشريط بورقة صنفرة ثم تسحبه بين طياتها مرة واحدة، لأن تكرار المحاولة سيؤدي إلى حدوث اختلاف في سماكة الشريط وعدم دقة عند تقدير كتل الأطوال الفردية.
- يشكل تقويم الطريقة العملية دائمًا صعوبات للمتعلمين، لذلك سيحتاجون إلى المساعدة عند تقدير النسبة المئوية للخطأ بسبب استخدام أجهزة مختلفة.
- قبل إجراء التجربة العملية، يقدّم المعلّم للطلبة عرضًا توضيحيًا قصيرًا عن حجوم الغاز التي سيتعاملون معها، وقد يقوم بذلك أحد المتمكّنين من الطلبة أنفسهم. يُعدّ هذا الأمر اختبارًا تجريبيًا لهم؛ فإذا تمّ إيجاد حجم الغاز لشريط طوله 1 cm يكون الطلبة قادرين على تقدير الحجوم للأطوال الأخرى وتعديل اختيارهم للمخبار المدرّج، إذا تم استخدامه كما يجب.
- أمّا إذا كان الطلبة يقيسون حجم الغاز من طريق إزاحة الماء، فيمكنهم وضع درجات وفقًا للمخبار المدرّج الذي يستخدمونه، والذي يكون أكثر دقة في هذا المجال.
- بإمكان الطلبة تحليل نتائجهم بوساطة Microsoft Excel أو أي تطبيق مشابه لمعالجة البيانات.

النتائج

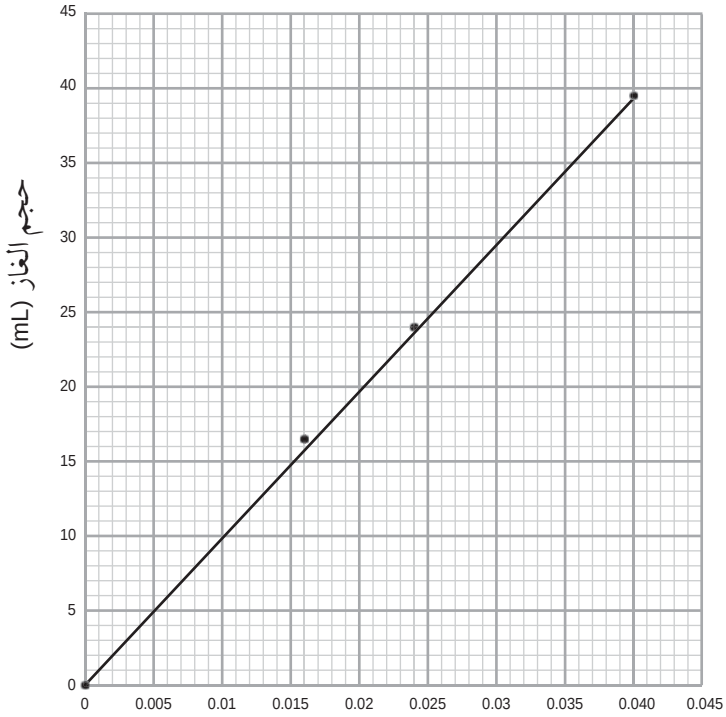
كتلة شريط الماغنيسيوم بطول 10 cm = 0.160 g

يوضح الجدول أدناه نتائج مجموعة واحدة من القياسات.

طول الشريط (cm)	كتلة الشريط (g)	حجم الغاز الناتج (mL)		
		التجربة ١	التجربة ٢	متوسط التجربتَين
1.00	0.016	16	17	16.5
1.50	0.024	23	25	24.0
2.5	0.040	39	40	39.5

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١.



٢. باستخدام التمثيل البياني الموجود في الجزء ١ : ينتج 24 mL من الهيدروجين عندما يتفاعل 0.0245 g من الماغنيسيوم.

٣. أ. عدد مولات الماغنيسيوم = $\frac{24}{24000}$ = 0.001 mol من الهيدروجين (H_2)

ب. لذلك، فإن كتلة 1 mol من الماغنيسيوم =

$$\frac{m}{n} = \frac{0.0245}{0.001} = 24.5 \text{ g/mol}$$

٤. النسبة المئوية للخطأ =

$$= \frac{|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\% =$$

$$\frac{|24.5 - 24.3|}{24.3} \times 100\% = 0.823\%$$

في هذه التجربة، تأتي الأخطاء المنهجية من الميزان الإلكتروني، والمسطرة، والمخبار المدرّج (المحقن الزجاجي للغاز).

٥. الحدّ الأقصى للخطأ الناتج من الميزان الإلكتروني:

إذا كان الميزان الإلكتروني يقرأ حتى 0.01 g، فيمكن تقدير الخطأ الأقصى بـ 0.005 g ±. وإذا اعتبرنا أن شريط الماغنيسيوم الذي طوله 10 cm سوف يزن 0.15 g فإن النسبة المئوية للخطأ =

$$2 \times \frac{0.005}{0.15} \times 100 = 6.67\%$$

٦. النسبة المئوية للخطأ الناتج من قياسات الأطوال هي، على سبيل المثال: إذا كان الطول 1 cm، فإن النسبة المئوية القصوى للخطأ تساوي:

$$\frac{0.05}{1.0} \times 100 = 5\%$$

٧. الخطأ الإجمالي الناتج من قياسات الطول:

أ. قياس أطوال شرائط الماغنيسيوم. إذا اتبعنا القواعد التي تنص على أن الحدّ الأقصى للخطأ أو الارتياب يساوي نصف أصغر قياس ممكن، فإن المسطرة تقرأ حتى 0.5 mm ±. ستنتج قياسات الطول النسبة الأكبر من الخطأ.

ب. إذا استخدم الطلبة المخابير المدرّجة، فيجب إعطاؤهم العلامات بناءً على اختيارهم. على سبيل المثال، إذا قاموا بالتقدير أنهم سيحصلون على نحو 20 mL من التفاعل، نتيجة تجربتهم التجريبية ، فإن اختيار مخبار مدرج 50 mL بتدريجات تساوي 2.0 mL سيعطي حدًا أقصى للخطأ يبلغ 1.0 mL ± (نصف قراءة التدريج).

ج. إجمالي النسبة المئوية للخطأ المحتمل من قراءات الجهاز. في هذه الحال، يكون الحدّ الأقصى للنسبة المئوية للخطأ: $\frac{1}{20} \times 100 = 5\%$. وينخفض هذا الخطأ إلى النصف إذا تمّ استخدام مخبار مدرّج 25 mL.

٨. توجد عوامل أخرى تحدّ من الدقة، وتسبّب في حدوث الخطأ:

- التنظيف بوساطة ورق الصنفرة، حيث إن شريط الماغنيسيوم لا يبقى بالسماكة نفسها على كامل طوله.
- قد يتبقى بعض الأكسيد حتى بعد التنظيف.

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

المقدمة

في هذا الاستقصاء العملي، سيجد الطلبة النسبة المئوية لتركيب مخلوط من كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم. سيقومون بذلك عن طريق معايرة كربونات الصوديوم الهيدروجينية بمحلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك.

المدة

تستغرق هذه التجربة حصة واحدة مدتها ٤٠ دقيقة للتحضير، بما في ذلك تحضير محلول المخلوط، ثم حصة مدتها ٤٠ دقيقة لإجراء المعايرة والحسابات.

التحضير للاستقصاء

يمكن حساب حجم حمض الهيدروكلوريك اللازم لكل مجموعة من قيم المعيار المتوقعة، على سبيل المثال: إذا حسبت أنه يلزم 17.00 mL من الحمض لتتفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية تفاعلًا تامًا، وأجرى كل طالب أو مجموعة خمس عمليات معايرة، فستحتاج إلى 85 mL لذلك يُعدّ تخصيص 100 mL لكل طالب أو مجموعة كميّة مناسبة.

ستحتاج الى:

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

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

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

توجيهات حول الاستقصاء

- لتحضير المخلوط، يتم الحساب النموذجي كما يلي:

١. لنفترض أننا نريد أن يكون المعيار 17.20 mL فيتطلب هذا الحجم من طالب أن يملأ السحاحة مرتَين على الأكثر.

٢. عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 25.00 mL هو:

$$17.20 \times 10^{-3} \times 0.1 = 1.72 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

٣. لذلك، في 250 mL يكون لدى الطالب 1.72×10^{-2} mol أو $1.72 \times 10^{-2} \times 84.1 \text{ g} = 1.445 \text{ g}$

٤. إذا احتاج كل طالب إلى 2.00 g من المخلوط، فإن كمية كلوريد الصوديوم في المخلوط يجب أن تساوي:

$$2.00 - 1.45 = 0.55 \text{ g}$$

٥. النسبة المئوية لتكوين المخلوط = 72.5% ($NaHCO_3$) و 27.5% (NaCl). إذا كان لديك ٢٠ طالبًا، فستحتاج إلى 20×2.00 g من المخلوط، ولكن أعطِ كميّات إضافية لأن الطلبة لا يزالون في المراحل الأولى من التعلم بالتفصيل حول الاستقصاءات الكميّة، وقد تكون تقنيتهم دون المستوى المطلوب.

٦. أيًا يكن القرار، يمكن أن تكون هناك اختلافات في النتائج التي يتمّ الحصول عليها، لأن المخلوط الصلب ربّما لا يكون متجانسًا. والطريقة الوحيدة لضمان التجانس الكامل هي عبر تحضير محلول من المخلوط. في النهاية، يشكل هذا الموضوع محطّة للمناقشة المفيدة.

٧. يُعدّ من المهم أن يعبّر الطلبة عن قراءات السحاحة بـ 0.05 mL ±. على سبيل المثال: إذا حصلوا على قراءتَين مثل 17.00 mL و 17.10 mL فإن المتوسط هو 17.05 mL لأن دقة السحاحات عادة ما تصل إلى 0.05 mL، وهي عبارة عن قطرة واحدة من المحلول.

- الجدير بالذكر أن الطلبة يميلون إلى «دفع» أو إخراج آخر قطرة من المحلول من الماصة. فمعايرة الماصة تتمّ بحيث لا تشكل القطرة الأخيرة المتبقية جزءًا من الحجم 25.00 mL المستخدم.
- يكون لون نقطة-النهاية برتقاليًا بوجود كاشف الميثيل البرتقالي. وإذا تمّ الحصول على اللون الأحمر، فذلك يعني أنه قد تمّ تجاوز نقطة-النهاية.
- تكمن المشكلة الكبرى في قلّة جودة مخلوط كربونات الصوديوم الهيدروجينية وكلوريد الصوديوم، ولكنها ليست مشكلة خطرة لأن الجهاز المستخدم بشكل عام دقيق جدًا، وبالتالي فإن الأخطاء المنهجية تكون ضئيلة. يُعدّ هذا الأمر مصدرًا عشوائيًا للخطأ، ومنطلقًا "لسؤال مفتوح" في نهاية النشاط العملي. قد يكون مصدر الخطأ المنهجي الطالب نفسه الذي يكرّر الخطأ في كل معايرة.

وكما ذكرنا سابقًا، فإن تحويل المخلوط كاملًا إلى محلول من شأنه أن يحدّ من إمكانية التوزيع العشوائي للمواد الصلبة. اطلب إلى الطلبة اقتراح طريقة واحدة لتجاوز هذه المشكلة، وتحقق ممّا إذا كانوا قد توصلوا إلى طريقة مقبولة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

من الأخطاء الأكثر شيوعًا أن ينسى الطلبة أن 25 mL تشكل فقط $\frac{1}{10}$ من إجمالي كمية المحلول التي أعدوها.

النتائج

	معايرة تقريبية (mL)	المعايرة الأولى (mL)	المعايرة الثانية (mL)	المعايرة الثالثة (mL)
القراءة النهائية (mL)	18.00	35.20	19.80	37.00
القراءة الابتدائية (mL)	0.00	18.00	2.20	19.80
المعيار (mL)	18.00	17.20	17.60	17.20

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. المعايير المتوافقة = 17.20 mL و 17.20 mL. ومتوسط المعايير المتوافقة 17.20 mL.

٢. أ. 17.20 mL هو حجم حمض الهيدروكلوريك 0.100 mol/L اللازم للتفاعل بشكل تام مع كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 25 mL من المخلوط.

ب. عدد مولات حمض الهيدروكلوريك المتفاعل = $17.20 \times 10^{-3} \times 0.100 = 1.72 \times 10^{-3}$ mol

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

لذلك، في 250 mL من المحلول عدد مولات كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة =

$1.72 \times 10^{-3} \times 10 = 1.72 \times 10^{-2}$ mol

ج. كتلة كربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في 250.00 mL من المحلول. ($m = n \times M_r$) =

$1.72 \times 10^{-2} \times 84.1 = 1.45\ g$

د. الكتلة الكلية للمخلوط = 2.00 g

هـ. لذلك، كتلة كلوريد الصوديوم الموجودة في المخلوط =

$2.00 - 1.45 = 0.55\ g$

و. النسبة المئوية لكربونات الصوديوم الهيدروجينية الموجودة في المخلوط =

$\frac{1.45}{2.00} \times 100 = 72.5\%$

ز. $NaHCO_3$ 72.5% و NaCl 27.5%

٣. النسبة المئوية للخطأ =

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

٤. الأخطاء المنهجية:

أ. الميزان الإلكتروني: إذا تمّ أخذ قراءتَين وكان الميزان يقرأ حتى 0.01 g فإن النسبة المئوية للخطأ لكتلة 2.00 g هي:

$2 \times \frac{0.01}{2.00} \times 100 = 1\%$

ب. قراءات السحاحة:

من المهم أن يعبّر الطلبة عن قراءات السحاحة ب 0.05 mL ±. على سبيل المثال: إذا حصلوا على قراءتَين مثل 17.00 mL و17.10 mL، فإن المتوسط هو 17.05 لأن السحاحات عادة ما تقرأ حتى 0.05 mL، وهو ما يمثّل تقريبًا قطرة واحدة من المحلول.

يساوي الارتياب في السحاحة 0.05 mL ± لكل قراءة. لذلك، فإن الارتياب المرتبط في الاختلاف بين قراءتَي السحاحة (المعيار) =

$2 \times 0.05 = \pm 0.10\ mL$

وبالتالي فإن الخطأ =

$\frac{0.1}{17.20} \times 100 = 0.58\%$

٥. يعتمد الخطأ العشوائي الرئيسي على تجانس المخلوط. كما أن خطأ آخر محتملًا يكمن في نقاوة كربونات الصوديوم الهيدروجينية. ومع الوقت، يمكن لهذا الأخير أن يتفكك ليعطي كربونات الصوديوم.

٦. يعود السبب الرئيسي في حدوث أيّ خطأ في النسبة المئوية إلى عدم تجانس المخلوط الصلب.

٧. يُعدّ تكوين محلول من المخلوط الطريقة الوحيدة لضمان التجانس الكامل، الأمر الذي يجعلها نقطة مناقشة مفيدة في نهاية الاستقصاء.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ.

C_xH_y	+	O_2	⟶	CO_2	+	H_2O
14 mL		84 mL		56 mL		
1 mol		6 mol		4 mol		نسبة المولات

عدد مولات الكربون لكل مول من C_xH_y = 4 mol

يمكننا بالتالي كتابة الصيغة على النحو الآتي:

C_4H_y

عدد مولات ذرات الأكسجين (O) المتبقي (للتفاعل مع H لإنتاج الماء) =

12 – 8 = 4 mol

لذلك يوجد $4\ H_2O$ في المعادلة؛ بالتالي تكون صيغة الهيدروكربون: C_4H_8

ب. عدد مولات C =

$$\frac{37.25}{12} = 3.1 \text{ mol}$$

عدد مولات H =

$$\frac{7.75}{1.0} = 7.75 \text{ mol}$$

عدد مولات Cl =

$$\frac{55.0}{35.5} = 1.55 \text{ mol}$$

بالقسمة على عدد المولات الأصغر (1.55) يعطي

2C ،5H ،1 Cl

الصيغة الأولية هي: C_2H_5Cl

السؤال ٢

أ. كتلة الحديد في 1 mol من الليمونيت = 55.8 g

الكتلة المولية لليمونيت = 106.8 g/mol

فتكون النسبة المولية للحديد=

$$\frac{55.8}{106.8} \times 100 = 52.25\%$$

ب. ١. الكتلة المولية لـ (Fe_2O_3) = 159.6 g/mol

عدد مولات (Fe_2O_3)=

$$\frac{798}{159.6} = 5 \text{ mol}$$

عدد مولات الحديد =

عدد مولات Fe_2O_3 × 2 = 10 mol

كتلة الحديد =

$10 \times 55.8 = 558$ g

٢. عدد مولات CO_2 =

عدد مولات Fe_2O_3 × 3 = 15 mol

حجم ثاني أكسيد الكربون: $15 \times 24 = 360$ L

ج. عدد مولات FeS_2 =

$$\frac{60}{55.8 + 2(32.1)} = 0.5 \text{ mol}$$

عدد مولات (Fe_2O_3) المتوقع (المردود النظري)=

$$\frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ mol}$$

عدد مولات (Fe_2O_3) الناتج (المردود الفعلي) =

$$\frac{26.6}{2(55.8) + 3(16)} = 0.1667 \text{ mol}$$

النسبة المئوية للمردود =

$$\frac{0.1667}{0.25} \times 100 = 66.7\%$$

الوحدة الثالثة

الترابط الكيميائي

العلوم ضمن سياقها: بوكمنستر فولرين (The Buckminsterfullerene)

يُعدّ اكتشاف البوكمنستر فولرين عام 1985 حدثًا حديثًا نسبيًّا، كما يُعدّ مثالًا جيدًا على العملية العلمية الجارية. لقد تمّ اكتشاف هذه المادة بالصدفة، حيث لم يكن العلماء يخططون للعثور على شكل (تآصلي) جديد من الكربون.

كان هاري كروتو (Harry Kroto) وفريقه من جامعة ساسكس (Sussex) في المملكة المتحدة، وروبرت كيرل (Robert Curl) وريتشارد سمالي (Richard Smalley) من جامعة رايس (Rice) في هيوستن بالولايات المتحدة الأمريكية يعملون معًا باستخدام الليزر على إعادة إنتاج الظروف الموجودة في الفضاء وإنتاج جسيمات مشحونة من الكربون. وعندما استخدموا مطياف الكتلة لتحليل نتائج تجاربهم، لم تأت النتائج كما كان متوقعًا. فقد استمروا في الحصول على قراءة عند الكتلة الجزيئية 720 وقراءة أصغر عند الكتلة الجزيئية 840. وكانت هاتان القراءتان تتوافقان مع الجزيئات C_{60} و C_{70}. وبعد تكرار التجارب مرات ومرات، كان يتم في كل مرة إنتاج الجزيئات C_{60} و C_{70} والتي كانت تبدو مستقرة جدًّا.

وقد أدّى استنتاج تركيب C_{60} إلى مشكلة، إذ كان الجميع يعرفون بنية الجرافيت، لكن لم يكن ممكنًا جعل نماذج تركيب الجرافيت ملتفة بعضها على بعض في شكل مستقر باستخدام الصيغة C_{60}. أخيرًا، تم اقتراح فكرة تركيب في شكل كرة قدم. وقام كروتو وكيرل وسمالي بنشر نتائجهم في مجلة Nature. لم يقنع وجود أحد الخطوط في الطيف جميع العلماء، لكن العلماء الثلاثة قاموا بجمع المزيد من الأدلة لدعم اكتشافهم. وكانت نقطة التحول عندما تمكن علماء من معهد ماكس بلانك (Max Planck Institute) في ألمانيا من إعادة إنتاج كميات كافية من C_{60} مكنتهم من استقصاء تركيبها. فتمّ تأكيد شكل كرة القدم.

وفي العام 1996، حاز سمالي وكيرل وكروتو على جائزة نوبل للكيمياء. لقد عمّق هذا الاكتشاف معارفنا حول الطبيعة، ولاحقا تمّ إيجاد فولرينات في تراكيب جيولوجية وفي الفحم. ومنذ ذلك الحين، تمّ اكتشاف المزيد من الفولرينات، وقاد ذلك إلى إجراء أبحاث حول الأنابيب النانوية الكربونية، وهي تراكيب أسطوانية قريبة جدًّا من الفولرينات. وأدت فكرة أن يكون ممكنًا لأنبوبة نانوية داخلية أن تنزلق داخل أنبوبة نانوية خارجية، إلى اقترح استخدامها في محركات صغيرة.

تعطي الفولرينات الآن فرصًا كثيرة لإجراء أبحاث علمية في الكيمياء البحتة وفي علوم المواد وفي علم النانو والمستحضرات الصيدلانية.

نظرة عامة

تغطي هذه الوحدة جميع الموضوعات التي تمّ تناولها في الوحدة الثالثة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة حيث:

- تتضمن معارف حول السالبية الكهربائية وتأثيرها على نوع الرابطة التي تتكوّن بين الذرات. كما تتناول الترابط الأيوني والتساهمي ومخططات التمثيل النقطي التي تمثل هذه الأنواع من الروابط. والتعرف على قطبية الجزيئات التساهمية البسيطة، وتأثير هذه القطبية على نوع القوى الموجودة بين الجزيئات وشدتها، وعلى الأنواع المختلفة من القوى بين-الجزيئات ومدى تأثيرها على الخصائص الفيزيائية للمواد المختلفة. كما تتضمن الرابطة الفلزية وتأثيرها على اختلاف الخصائص بين الفلزات واللافلزات، والاختلاف في الخصائص الفيزيائية للفلزات. وأخيرًا، تتضمن شرح الاختلاف في الخصائص الفيزيائية للأنواع المختلفة من التراكيب وتلخيصها.
- ترتبط هذه الوحدة بالوحدات الأخرى الواردة في الفصل الأول (الوحدة الأولى التركيب الذري. وتعد استكمالًا لما درسه الطالب وعلاقة نوع الترابط الكيميائي بالتركيب الذري للعناصر).
- يمكن تغطية الهدفَين التقويميَّين AO1 و AO2 في هذا الموضوع مع إمكانية التطرّق إلى الهدف التقويمي AO3.
- الاستخدام الدقيق للمصطلحات الجديدة في هذه الوحدة يقوي مهارات القراءة والكتابة بالأسلوب العلمي.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٣-١، ٣-٢، ٣-٣، ٣-٤، ٣-٥	٣-١ أنواع الروابط الكيميائية	٣	الأسئلة من ١ إلى ٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١ب (١، ٢) ٢(ج ١،٢)، د، ٣ (د١)، ٤ (ب)، ٧(أ)	نشاط ٣-١ الرابطة التساهمية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(ج)
٣-٦، ٣-٧	٣-٢ أشكال الجزيئات	٣	الأسئلة من ٥ إلى ٩ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب ٣، ج)، ٢(أ١، ٢) ٧(ب١)	شاط ٣-٢ أشكال الجزيئات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(د ١، ٢)، ٢(أ، هـ)، ٣(ب)
٣-٨، ٣-٩، ٣-١٠	٣-٣ تهجين الأفلاك الذرية	٣	أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٨(د، هـ)	نشاط ٣-٣ الترابط والأفلاك أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ج)

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٣-١١، ٣-١٢	٣-٤ طول وطاقة الرابطة	٢	السؤال ١٠	نشاط ٣-٥ أنواع الروابط أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(أ)
٣-١٣، ٣-١٤، ٣-١٥، ٣-١٦، ٣-١٧	٣-٥ السالبية الكهربائية والقطبية	٣	السؤال ١١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ب)، ٣ (أ، ب، ج، د٢)، ٦(ج)، ٧(ب٢، ٣)	نشاط ٣-٤ القوى بين-الجزيئية الأسئلة ١، ٢، ٤ نشاط ٣-٥ أنواع الروابط أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(هـ، و)
٣-١٨، ٣-١٩، ٣-٢٠	٣-٦ القوى بين الجزيئات	٣	الأسئلة من ١٢ إلى ١٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ)، ٤(أ)، السؤال ٥، ٦(ب)، ٧(ج١)	نشاط ٣-٤ القوى بين-الجزيئية السؤال ٣ و ٥ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ،ب)، ٢(ج، د)
٣-٢١، ٣-٢٢، ٣-٢٣	٣-٧ الرابطة الهيدروجينية	٢	الأسئلة من ١٥ إلى ١٨ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٧(ج٢)، ٨(أ، ب، ج)	نشاط ٣-٤ القوى بين-الجزيئية (٣ هـ) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(د٣)
٣-٢٤، ٣-٢٥، ٣-٢٦	٣-٨ الروابط والخصائص الفيزيائية	٢	السؤال ١٩ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٦(أ)	نشاط ٣-٤ القوى بين-الجزيئية ٣ (أ-د) نشاط ٣-٦ البنى (التراكيب) الضخمة استقصاء عملي ٣-١ الخصائص الفيزيائية لثلاثة أنواع مختلفة من التراكيب الكيميائية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ب)

الموضوع ٣-١ أنواع الروابط الكيميائية

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-١ أنواع الروابط الكيميائية – الرابطة الأيونية – الرابطة التساهمية – الرابطة الفلزية الأسئلة من ١ إلى ٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١ب (١، ٢) ٢(ج ٢،١)، د، ٣ (د١)، ٤ (ب)، ٧(أ)	يرسم مخططات التمثيل النقطي لتوضيح: • الرابطة الأيونية • الرابطة التساهمية • الرابطة التساهمية التناسقية، التي تتضمن بعض الأيونات المعقدة (المعقدات الأيونية) • يصف كيف يمكن لبعض العناصر أن تتجاوز قاعدة الثمانية • يصف الرابطة الفلزية
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-١ الرابطة التساهمية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(ج)	• يكمل مخططات التمثيل النقطي. • يرسم مخططات التمثيل النقطي لبعض المركبات.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يسيء الطلبة فهم مصطلح الرابطة الأيونية والتي هي قوى الجذب الكهروستاتيكية بين أيونات ذات شحنات متعاكسة (كاتيونات وأنيونات)؛ ويظنون أنها ناتجة من حركة الإلكترونات خلال الانتقال من ذرة إلى أخرى لتكوين رابطة.
- غالبًا ما يفشل بعض الطلبة في إظهار العدد الصحيح للإلكترونات المشتركة في الرابطة والإلكترونات غير المشتركة (الأزواج الحرة) في مخططات التمثيل النقطي للروابط التساهمية.

أنشطة تمهيدية

تم تقديم اقتراح واحد هنا.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

استخدام استراتيجية (KWL) حيث يصمم الطلبة الجدول: ماذا أعرف عن الروابط الكيميائية؟ ما أريد أن أتعلمه؟ ماذا تعلمت من الدرس؟

يمكنك إجراء عصف ذهني حول ما تعلمه الطلبة عن الروابط الكيميائية. بعد ذلك اسألهم عن الأفكار التي يتبأون بدراستها عن الروابط الكيميائية.

بعد دراستهم الموضوع كلفهم الرجوع إلى الجدول وكتابة النقاط التي درسوها في بند ماذا تعلمت؟

› **فكرة للتقويم:** يمكن توزيع الطلبة وتكليفهم بكتابة الأفكار على قصاصات من الورق. يمكنك عرض هذه الأفكار ومراجعتها لاحقًا.

الأنشطة الرئيسية

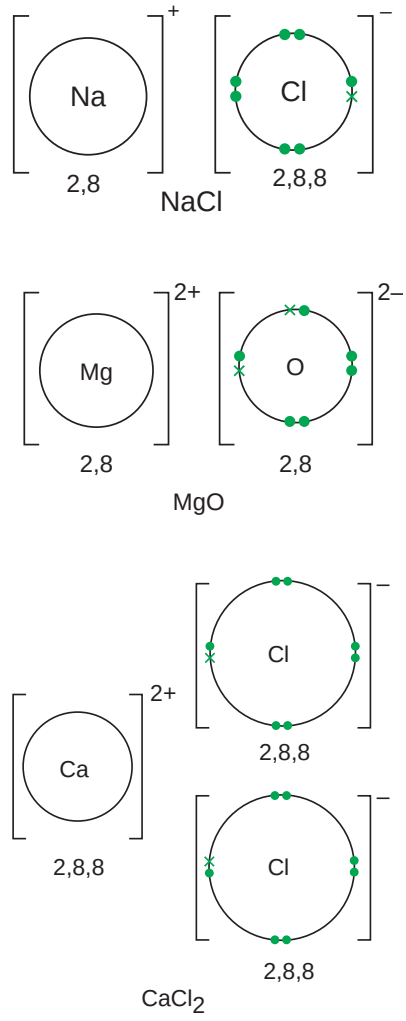
يرد فيما يلي العديد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسبك منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ الروابط الأيونية: ما العناصر التي تكوّن هذه الروابط؟ (٢٥ دقيقة)

قدم للطلبة أمثلة على مركبات ذات روابط أيونية، مثل NaCl و MgO.

في مخططات التمثيل النقطي، يتم تمثيل الإلكترونات الخارجية فقط، وتكون الأفلاك الخارجية للأيونات الفلزية (من المجموعات I و II و III) فارغة بعد تكوّن الأيونات. إن مخططات التمثيل النقطي للأيونات اللافلزية ستمثل إلكترونات الفلز بشكل مختلف عن إلكترونات اللافلز.

يوضح الشكل ٣-١ مخططات التمثيل النقطي لكل من NaCl و MgO و $CaCl_2$.



الشكل ٣-١ مخططات التمثيل النقطي لـ NaCl و MgO و $CaCl_2$

› **فكرة للتقويم:**

- كلف الطلبة برسم الأيونات لبعض المركبات الأيونية الأقل شيوعًا مثل CsF و $SrBr_2$ و Ca_3N_2. إذا كانوا يعملون ضمن مجموعات، فيمكن عندئذٍ إعطاء كل مجموعة مركبَين أيونيَّين، ويتم وضع درجات على عمل مجموعة من قبل مجموعة أخرى من دون الكشف عن أسماء الطلبة في المجموعة.
- يمكن بعد ذلك إعطاء الطلبة التعريف الآتي للرابطة الأيونية:

> **الرابطة الأيونية:** قوى الجذب الكهروستاتيكية بين أيونات ذات شحنات متعاكسة (كاتيونات وأنيونات).

- أكد أن الرابطة تنتج من التجاذب بين الأيونات وليس من انتقال الإلكترونات لتكوين الأيونات.

٢ الرابطة التساهمية (١٠ دقائق)

يُعدّ تعريف الرابطة التساهمية مهمًّا جدًّا. فهي قوى الجذب الكهروستاتيكي التي تنشأ بين نواتَي ذرتَين وزوج مشترك من الإلكترونات. وهي تتكوّن نتيجة تشارك ذرتَين لزوج من الإلكترونات، حيث يأتي كل إلكترون من إحدى الذرتَين. ذكّر الطلبة أنه يمكن تمثيل الرابطة التساهمية بخط واحد، على سبيل المثال: H—Cl.

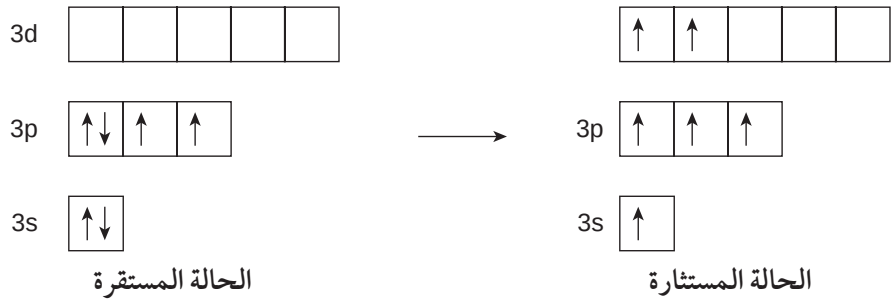
تتكوّن معظم الروابط التساهمية بين اللافلزات. وبالرغم من أن الطلبة كانوا قد درسوا ذلك سابقًا، إلّا أنه يمكن استخدام مخطط تمثيل نقطي بسيط لـ HCl أو H-Cl لتوضيح أن أزواج الإلكترونات الموجودة لا تشارك جميعها في الترابط. وضّح في شكل موجز الاختلافات بين الأزواج المنفردة (الحرة) من الإلكترونات والأزواج المشتركة في الرابطة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة أن يقوموا بحل هذه التمارين في شكل منفرد:

- ارسم مخططات التمثيل النقطي للجزيئات CH_4 و NH_3 و H_2O. (لاحظ أنه في هذه الجزيئات يوجد أربعة أزواج من الإلكترونات حول الذرة المركزية، الأمر الذي يعني أن وجود ثمانية إلكترونات خارجية يشير إلى حالة استقرار للجزيء).
- ارسم مخططات التمثيل النقطي لجزيئات تمتلك روابط تساهمية ثنائية وثلاثية، على سبيل المثال: O_2، و CO_2 و N_2.

٣ استثناءات لقاعدة الثمانيات (٢٠ دقيقة)

- كلف الطلبة رسم مخططات تمثيل نقطي لـ $BeCl_2$ و BF_3 و $AlCl_3$. توضح هذه المخططات أن بعض الجزيئات لا تمتلك الذرة المركزية فيها ثمانية إلكترونات في مستويات الطاقه الخارجية.
- اسأل الطلبة عمّا يحدث عند تكوّن الجزيء SF_6.
- العامل الذي يُعدّ مهمًا هنا هو أن الروابط التساهمية تتكوّن عندما تمتلك كل من الذرتَين المرتبطتَين إلكترونات منفردة (غير مشتركة)، بحيث يمتلك فلك الرابطة (الفلك الجزيئي) إلكترونًا واحدًا من كل من الذرتَين.
- يمكنك أن تعرض على الطلبة مخطط الإلكترونات في المربعات لمستوى الطاقة الخارجي في ذرة الكبريت (الشكل ٣-٢). توضح المربعات جميع الأفلاك المتوافرة لإلكترونات الكبريت. والأمر البالغ الأهميّة هو أنه عندما نصل إلى عناصر الدورة الثالثة في الجدول الدوري، تصبح الأفلاك 3d متوافرة أيضًا، ويمكن استخدامها للترابط. وذلك يعني أنه يمكن للإلكترونات الانتقال من الأفلاك ذات الطاقة الأقل لتعطي إلكترونات منفردة.



الشكل ٣-٢ مستوى الطاقة الخارجي لذرة الكبريت قبل انتقال الإلكترونات وبعده

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية:

أ. لماذا يُعدّ هذا الترتيب للكبريت كافيًا لتكوين المركب H_2S؟

الإجابة: يمتلك الكبريت إلكترونَين منفردَين في الفلك 3p، يشارك كل منهما في تكوين رابطة مع ذرة هيدروجين.

ب. يكوّن الكبريت الجزيء SF_4. ما الذي ينبغي حدوثه للإلكترون 1 حتى يصبح الكبريت قادرًا على تكوين SF_4؟

الإجابة: ينتقل أحد الإلكترونَين المتزاوجين من الفلك 3p إلى أحد أفلاك 3d ليصبح لدى ذرة الكبريت أربعة إلكترونات منفردة.

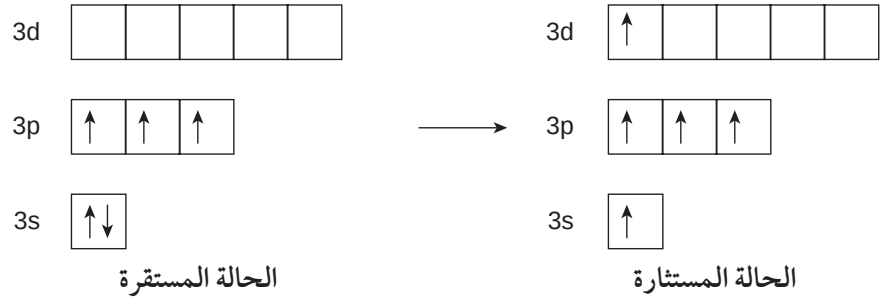
ج. ما الذي ينبغي حدوثه للكبريت ليكوّن SF_6؟

الإجابة: ينتقل أحد الإلكترونَين المتزاوجين في الفلك s وفي الفلك p إلى فلكَي 3d المنفصلَين ليصبح لدى ذرة الكبريت ستة إلكترونات منفردة.

د. اشرح كيف يمكن للفوسفور أن يكوّن PH_3 و PCl_5.

الإجابة: توزيع الإلكترونات الخارجية في الفوسفور هو: $3s^2 3p^3$. الإلكترونات الخارجية في أفلاك 3p الثلاثة هي إلكترونات منفردة (غير متزاوجة)، ويمكن استخدامها لتكوين روابط تساهمية مع ثلاث ذرات من الهيدروجين: وهكذا يتكوّن PH_3.

وإذا انتقل أحد الإلكترونَين من الفلك 3s إلى أحد الأفلاك 3d فسينتج من ذلك خمسة إلكترونات فردية، وبالتالي القدرة على تكوين خمس روابط تساهمية، وهكذا يتكون PCl_5.



الشكل ٣-٣ مستوى الطاقة الخارجي لذرة الفوسفور قبل انتقال الإلكترون وبعده

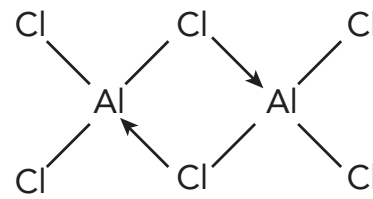
٤ ما هي الرابطة التساهمية التناسقية؟ ومتى تتكوّن هذه الرابطة؟ (٢٠ دقيقة)

- أعطِ الطلبة بعض الأمثلة، على سبيل المثال: تفاعل NH_3 مع H^+ و $AlCl_3$ مع Cl^-.
- عرّف الرابطة التساهمية التناسقية وقارنها بالرابطة التساهمية الأحادية. اشرح باستخدام سهم لتمثيل الرابطة التساهمية التناسقية.

› **فكرة للتقويم:** وزّع الطلبة ضمن مجموعات واسألهم عمّا يتطلبه تكوين رابطة تساهمية تناسقية.

بعد ذلك كلفهم استخدام الجزيئات الآتية لتوضيح نظريتهم: BF_3 و $AlCl_3$ و NH_3 و PCl_3. يجب على الطلبة أن يستخدموا هذه الجزيئات لتركيب جزيئَين على الأقل عن طريق تكوين روابط تساهمية تناسقية. يمكنهم استخدام الخطوط لرسم الروابط التساهمية البسيطة (العادية) والأسهم للروابط التساهمية التناسقية. يجب على الطلبة أيضًا إعطاء مخططات التمثيل النقطي للجزيئات التي تكونت.

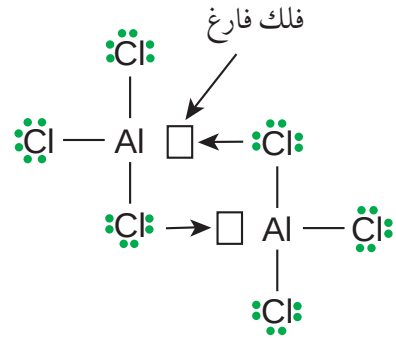
يمكن لـ $AlCl_3$ أن يكوّن Al_2Cl_6، كما يوضحه الشكل ٣-٤.



الشكل ٣-٤

كلف الطلبة أن يشرحوا كيف يتكوّن هذا الثنائي (*dimer*) وأن يشرحوا أيضًا سبب كونه ممكنًا.

الإجابة: تتكون الروابط التساهمية التناسقية بين ذرة كلور في أحد الجزيئَين، وذرة الألومنيوم في الجزيء الثاني. ويُعدّ ذلك ممكنًا لأن ذرات الكلور تمتلك أزواجًا منفردة من الإلكترونات، في حين تمتلك ذرات الألومنيوم أفلاكًا فارغة (نقص في الإلكترونات).



الشكل ٣-٥

٥ الرابطة الفلزية (٣٥ دقيقة)

صف للطلبة نموذج الرابطة الفلزية الذي يتضمن مخططًا ثنائي الأبعاد (2D) يوضح الكاتيونات والإلكترونات غير المتمركزة. يقوم الطلبة بتدوين تعريف الرابطة الفلزية: «هي قوة الجذب بين الإلكترونات غير المتمركزة والكاتيونات في الشبكة الفلزية».

ناقش الخصائص الفلزية كالتوصيل الكهربائي ودرجات الغليان المرتفعة.

› **فكرة للتقويم:** يكتب الطلبة شرح ما يلي:

- قدرة الفلزات على توصيل الكهرباء.
- درجات الانصهار المرتفعة للفلزات.

ملاحظة: تعتمد قوة الرابطة الفلزية على عدد الإلكترونات غير المتمركزة وكثافة الشحنة على الأيونات الفلزية (الكاتيونات).

› **فكرة للتقويم:** عندما يفهم الطلبة الأفكار التي تم سردها سابقًا، سيمكنهم تطبيق المعارف المكتسبة وفهم بعض الحالات غير الشائعة.

١. كلف الطلبة رسم مخططات ثنائية الأبعاد 2D للشبكات الفلزية لليثيوم والبوتاسيوم مع توضيح الأحجام النسبية لأيونات الليثيوم والبوتاسيوم. استخدم مخططاتهم لشرح السبب الذي يجعل من البوتاسيوم موصلًا للكهرباء أفضل من الليثيوم.

٢. كرر الفكرة ١ ولكن هذه المرة لتوضيح السبب الذي يجعل من الكالسيوم موصلًا للكهرباء أفضل من البوتاسيوم.

٣. اشرح سبب امتلاك الكالسيوم درجة انصهار أعلى من البوتاسيوم.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

تحتوي وحدة الصيغة لهيدروكسيد الصوديوم على روابط أيونية وتساهمية. كلف الطلبة رسم مخطط تمثيل نقطي لهيدروكسيد الصوديوم.

الدعم

وفّر للطلبة مخططًا تفصيليًّا ثم كلفهم رسم مخطط تمثيل نقطي لهيدروكسيد الصوديوم.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

كلف الطلبة كتابة جملة حول كل من الروابط الآتية، باستخدام الكلمات أدناه:

الكلمات: إلكترون مخطط تمثيل نقطي مستوى الطاقة الخارجي انتقال مشترك زوج مشترك سهم قاعدة الثمانية

- الروابط الأيونية
- الروابط التساهمية الأحادية
- الروابط التساهمية المتعددة
- الروابط التساهمية التناسقية
- الترابط في ثنائي أكسيد الكبريت

نماذج إجابات

في الرابطة الأيونية، ينتقل إلكترون واحد أو أكثر من ذرة إلى أخرى.

يتم التشارك في زوج من الإلكترونات بين ذرتَين في الرابطة التساهمية الأحادية.

في الروابط التساهمية المتعددة، يوجد أكثر من زوج مشترك واحد من الإلكترونات بين ذرتَين.

في الرابطة التساهمية التناسقية، يأتي زوج إلكترونات الرابطة من ذرة واحدة.

في جزيء ثنائي أكسيد الكبريت، تتجاوز ذرة الكبريت قاعدة الثمانية لتستوعب عشرة إلكترونات.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يجب على الطلبة أن يفهموا التعريفات في الكيمياء: تُعدّ هذه التعريفات مهمة جدًّا. ويُعدّ تعريف الرابطة التساهمية محدّدًا جدًّا. وبالتالي، عند تمثيلها في مخططات التمثيل النقطي، يجب أن يكون الإلكترونان في زوج إلكترونات الرابطة مختلفَين فيما بينهما، على سبيل المثال، نقطة وعلامة X.

المهارة الحسابية

- عندما يرسم الطلبة الروابط الأيونية أو التساهمية، يجب عليهم دائمًا عدّ الإلكترونات.

الموضوع ٣-٢ أشكال الجزيئات

الأهداف التعليمية

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

٣ حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٢ أشكال الجزيئات – نظرية تنافر أزواج الإلكترونات في مستويات طاقة التكافؤ (VSEPR) – الأشكال الهندسية للجزيئات (باستخدام نظرية تنافر أزواج الإلكترونات) الأسئلة من ٥ إلى ٩ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب ٣، ج)، ٢(أ١، ٢) ٧(ب١)	• شرح العوامل التي تعتمد عليها نظرية تنافر أزواج الإلكترونات • يستنتج الأشكال الهندسية للجزيئات والزوايا بين الروابط • يستخدم نظرية VSEPR التي تتضمن تأثيرات التنافر بين أزواج الإلكترونات المنفردة وأزواج إلكترونات الروابط
كتاب التجارب العملية والأنشطة	شاط ٣-٢ أشكال الجزيئات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(د ١، ٢)، ٢(أ، هـ)، ٣(ب)	• يستنتج الأشكال الهندسية للجزيئات والزوايا بين الروابط

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يعتقد بعض الطلبة أن شكل جزيء الماء (H–O–H) خطي، إلّا أنه غير خطي (–) وإنما يكون منحنيًا، أو يعبّر عنه في بعض الأحيان بأنه على شكل حرف V.

أنشطة تمهيدية

تم اقتراح فكرتَين هنا. يعتمد اختيار إحداهما على المصادر المتوافرة وعلى الوقت المتوافر وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

اعرض على الطلبة نموذجَين باستخدام نموذج الكرة والعصا، تكون الذرة المركزية في كلَيهما مرتبطة مع أربع ذرات أخرى. في النموذج الأول، تكون الزوايا بين الروابط 90°، وفي النموذج الثاني تكون الذرات الأربع موزعة في شكل رباعي الأوجه حول الذرة المركزية.

اطرح السؤال: كم تساوي الزوايا بين الروابط في النموذج رباعي الأوجه؟ (مستعينًا بالبحث على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن فيديوهات تحت عنوان «زوايا الروابط في جزيئات رباعية الأوجه»).

› **فكرة للتقويم:** وبعد البحث واستعراض الفيديوهات، على الطلبة تدوين الشكل الهندسي الذي تأخذه الذرات الأربع حول الذرة المركزية، مع ذكر الأسباب.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

١. اشرح للطلبة أنهم سيمثلون السحب الإلكترونية باستخدام البالونات.

٢. قم بنفخ بالون طويل ولفّه من وسطه. سيمثل هذا العمل نموذجًا خطيًّا (ستنجح هذه الطريقة إذا لم يكن البالون منفوخًا في شكل تام).

٣. قم بنفخ بالون آخر مماثل لحجم البالون الأول، ثم لفّه حول مركز البالون الأول. يمكن تحريك فصوص البالونَين للحصول على شكل رباعي الأوجه.

٤. أضف بالونًا ثالثًا لتمثيل ستة أزواج من الإلكترونات.

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة برسم «السحب الإلكترونية / أفلاك الترابط» للأشكال الهندسية الثلاثة.

الأنشطة الرئيسية

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

١ الأشكال الهندسية للجزيئات ونظرية VSEPR (٢٥ دقيقة)

› **فكرة للتقويم:**

١. اشرح الاختصار VSEPR (نظرية تنافر أزواج الإلكترونات في مستويات طاقة التكافؤ). يمكن للطلبة أن يحاولوا كتجربة أولى شرح ما تعنيه هذه النظرية من خلال تدوين ملاحظاتهم.

٢. اعرض أمام الطلبة نموذجًا للميثان. يمكن إضافة رسم ثلاثي الأبعاد (3D) للميثان مترافقًا مع معلومات حول عدد أزواج الإلكترونات وغيرها، في جدول مناسب (راجع المثال في الجدول ٣-١) تسجل فيه أيضًا الزوايا بين الروابط.

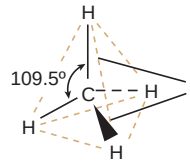
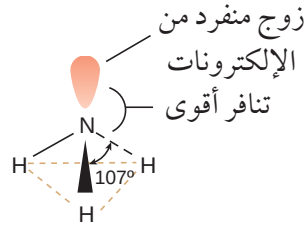
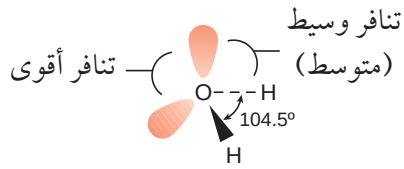
٣. خذ الأمونيا والماء كمثالَين، واشرح زوايا الروابط فيهما.

٤. استخدم رسوم هذه الجزيئات لتوضيح طبيعة الأشكال الهندسية ثلاثية الأبعاد (3D).

٥. ساعد الطلبة على تطوير فهمهم لنظرية VSEPR عن طريق شرح تأثير أزواج الإلكترونات المنفردة على الشكل الهندسي للجزيء وقيم الروابط وزواياها.

٦. عرف الطلبة بعد ذلك على الأشكال الهندسية للجزيئات التي تمتلك زوجَين (خطي) وثلاثة أزواج (مثلث مستوٍ) وخمسة أزواج (هرم ثلاثي مزدوج) وستة أزواج (ثماني الأوجه) من الإلكترونات حول الذرة المركزية.

يتضمّن الجدول ٣-١ أدناه تلخيصًا للأشكال الهندسية وزوايا الروابط.

الجزيء	عدد أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية	عدد الأزواج المرتبطة	عدد الأزواج المنفردة	الشكل الهندسي	زاوية الروابط
الميثان 	4	4	0	رباعي الأوجه	109.5°
الأمونيا 	4	3	1	هرم ثلاثي	107°
الماء 	4	2	2	منحنٍ	104.5°

الجدول ٣-١

٧. بمجرد أن يكمل الطلبة ملخصهم عن نظرية VSEPR، يمكن جمعها وإعادة توزيعها فيما بينهم لتقويمها. يمكن للذين يظنون أنهم أنجزوا ملخصًا جيدًا قراءته أمام زملائهم. كما يمكن مناقشة هذا الملخص وإبداء تعليقاتهم الخاصة. وفي النهاية يتم تحديد ملخص مثالي وتسجيله.

٢ طريقة تحديد الأشكال الهندسية (٢٠ دقيقة)

تتطلب هذه الطريقة حساب عدد الإلكترونات حول الذرة المركزية لمعرفة «الشكل الهندسي للإلكترونات» ومن ثم، عدد أزواج الروابط لمعرفة الشكل الهندسي الحقيقي. نعني بـ «الشكل الهندسي للإلكترونات» الشكل الذي يتكون وفقًا لعدد أزواج الإلكترونات؛ على سبيل المثال: تحتوي الأمونيا NH_3 على أربعة أزواج من الإلكترونات حول ذرة النيتروجين المركزية. لذا، سيكون الشكل الهندسي للإلكترونات رباعي الأوجه؛ لكن أحد الأزواج يكون زوجًا منفردًا، وبالتالي لدينا ثلاثة أزواج مشتركة فقط ويكون الشكل هرمًا ثلاثيًّا. يتنافر الزوج المنفرد مع أزواج الروابط أكثر ممّا تتنافر هذه الأزواج فيما بينها، لذا فإن زاوية الروابط الفعلية هي 107° وليست 109.5°.

يمكن أيضًا استخدام هذه الطريقة للأيونات متعددة الذرات والجزيئات ذات الروابط الثنائية والثلاثية كاستخدامها للروابط الأحادية.

ملاحظة:
- أكد للطلبة أثناء التنبؤ بالشكل الهندسي للجزيئات على احتساب الإلكترونات المشتركة (الروابط) فقط.
- زوّد الطلبة بالقواعد الآتية من أجل التنبؤ بالشكل الهندسي الصحيح.

يجب اتباع القواعد على النحو الآتي:

- اجمع عدد إلكترونات الروابط للذرة المركزية وإلكترونات الروابط التي تستخدمها الذرات الأخرى، على سبيل المثال: أربعة إلكترونات من الكربون واثنان من الأكسجين.
- في حال كانت الروابط متعددة (ثنائية أو ثلاثية)، يجب طرح إلكترونَين لكل رابطة ثنائية وأربعة إلكترونات لكل رابطة ثلاثية. والسبب في ذلك أن هذه الروابط تكون في الاتجاه نفسه لروابط سيجما ولا تشارك في تحديد الشكل الهندسي الإجمالي.
- في حال كان الجسيم أيونًا، فذلك يعني أنه مع الشحنات الموجبة يتم طرح إلكترونات، ومع الشحنات السالبة تتم إضافة إلكترونات. يوضح الجدول ٣-٢ أدناه بعض الأمثلة.

الصيغة	حساب عدد الإلكترونات المحددة للشكل الهندسي للجزيء		التعليق	الصيغة	حساب عدد الإلكترونات المحددة للشكل الهندسي للجزيء		التعليق
CO_2	C	4	ينتمي الكربون إلى المجموعة 14 (VI)	NH_2^-	N	5	ينتمي النيتروجين إلى المجموعة 15 (V)
	2O	4	إلكترونان من كل ذرة أكسجين		H	2	إلكترون واحد من كل ذرة هيدروجين
	رابطتان ثنائيتان	- 4	كل رابطة ثنائية هي عبارة عن $2e^-$		الشحنة السالبة	1	أضف الإلكترون الإضافي
	المجموع	4	زوجان من الإلكترونات، لذا، يكون الجزيء CO_2 خطيًّا مع زاوية روابط تساوي 180°		المجموع	8	أربعة أزواج من الإلكترونات إنما فقط زوجان مشتركان: غير خطي مع زاوية روابط تساوي 104.5° (بالمقارنة مع جزيء الماء)

الجدول ٣-٢

فكرة للتقويم:

- أعطِ الطلبة بعض التمارين الإضافية، على سبيل المثال: HCN (رابطة CN ثلاثية)، و NH_4^+، و AlF_4^-.
- في حال وجدت أن الطلبة قد أتقنوا الطريقة، فسيمكنهم ذلك من حل التمارين بمفردهم. أمّا في حال العكس، فكلفهم العمل ضمن مجموعات، الأمر الذي قد يعطي ثقة أكبر لمن يواجهون صعوبات في هذا المجال.

الصيغة	حساب عدد الإلكترونات المحددة للشكل الهندسي للجزيء		التعليق	الصيغة	حساب عدد الإلكترونات المحددة للشكل الهندسي للجزيء		التعليق
HCN	C	4	ينتمي الكربون إلى المجموعة 14 (VI)	NH_4^+	N	5	ينتمي النيتروجين إلى المجموعة 15
	H	1	هناك إلكترون واحد من كل ذرة هيدروجين		4H	4	هناك إلكترون واحد من كل ذرة هيدروجين
	N	3	ينتمي النيتروجين إلى المجموعة 15		هناك شحنة موجبة واحدة	-1	اطرح إلكترونًا واحدًا
	رابطتان ثنائيتان	-4	كل رابطة ثنائية هي عبارة عن إلكترونَين		المجموع	8	هناك 3 روابط وشكل الجزيء هو رباعي الأوجه مع زاوية الرابطة 109.5° مشابه لجزيء الميثان
	المجموع	4	هناك رابطتان والجزيء هو خطي مع زاوية الرابطة 180°				

الجدول ٣-٣

الصيغة	حساب عدد الإلكترونات المحددة للشكل الهندسي للجزيء		التعليق
AlF_4^-	Al	3	ألومنيوم في المجموعة 13 (III)
	4F	4	هناك إلكترون واحد من كل ذرة فلور
	هناك شحنة سالبة واحدة	1	أضف إلكترونًا آخر (الإلكترون الإضافي)
	المجموع	8	هناك 4 روابط وشكل الجزيء رباعي الأوجه مع زاوية الرابطة 109.5° مشابه لجزيء الميثان

الجدول ٣-٤

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

أعطهم XeF_4. قد تكون هذه هي المرة الأولى التي يرون فيها مركبًا يحتوي غازًا نبيلًا. يوجد: 8 + 4 = 12 إلكترونًا، وهذا يعني أنه توجد ستة أزواج.

الدعم

قد يحتاج الطلبة إلى رسم مخططات التمثيل النقطي أولًا لإعطائهم فكرة أفضل عن عدد الإلكترونات المشاركة.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

تُعدّ أسماء الأشكال الهندسية مفردات جديدة، وسيتم تذكرها بشكل أفضل إذا فهم الطلبة البادئات: ثلاثي، رباعي، خماسي، إلخ...

المهارة الحسابية

يُعدّ التمثيل ثلاثي الأبعاد 3D للأشكال الهندسية جزءًا من المهارات الرياضية المطلوبة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

فكرة للتقويم

سيحتاج الطلبة إلى مراجعة طريقة استنتاج الأشكال الهندسية ويمكن توزيع درجات على إجاباتهم حول الأشكال الهندسية التي تم تحديدها لهم في الأنشطة الجماعية السابقة، وبذلك يمكن تحديد مدى تقدمهم.

السؤال المفصلي: السؤال رقم ٩ الوارد في كتاب الطالب.

كما هي الحال مع الأسئلة المفصلية جميعها، كلف الطلبة إعطاء الإجابة الصحيحة ومناقشة الأسباب التي يمكن أن تؤدي إلى اختيارهم للإجابات الأخرى غير الصحيحة (انظر الجدول ٣-٥).

الإجابة	التعليق
أ	خطأ. يعتقد الطالب أن زوج الإلكترونات المنفرد على النيتروجين عبارة عن رابطة، وأن شكل الجزيء عبارة عن مربّع مسطح (مستو).
ب	صحيح. يوجد أربعة أزواج من الإلكترونات حول ذرة النيتروجين المركزية، ولكن أحد هذه الأزواج هو زوج منفرد. يتنافر هذا الزوج من الإلكترونات مع إلكترونات الروابط ويدفعها إلى أن تكون أقرب بعضها إلى بعض الأمر الذي ينتج منه زوايا روابط أقل من 109.5°، أي 107°.
ج	خطأ. لم يأخذ الطلبة الزوج المنفرد في الحسبان. راجع شرح الجزئية ب أعلاه.
د	خطأ. لم يأخذ الطلبة الزوج المنفرد في الحسبان، بل فقط أزواج الروابط الثلاثة، كأزواج مساهمة في الشكل الهندسي.

الجدول ٣-٥

الموضوع ٣-٣ تهجين الأفلاك الذرية

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٣ تهجين الأفلاك الذرية – روابط سيجما (σ) وروابط باي (π) – تهجين الأفلاك الذرية (s و p) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٨(د، هـ)	• روابط سيجما (σ) وباي (π) • تهجين الأفلاك الذرية (s ،p) • روابط سيجما (σ) وباي (π) • تهجين الأفلاك
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-٣ الترابط والأفلاك أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(ج)	

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

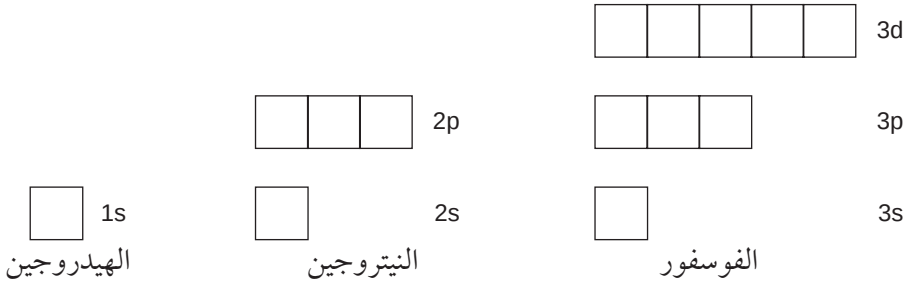
- يظن بعض الطلبة أن روابط سيجما تتكوّن من تداخل الأفلاك s فقط أو من تداخل الأفلاك s و p فقط. لذلك وضح لهم أنها أيضًا قد تنتج من تداخل الأفلاك p. وأن الفرق بين روابط سيجما وباي ينتج من نوع أفلاك p المتداخلة.
- يظن بعض الطلبة عند رسم الرابطة باي بأنها عبارة عن رابطتين وإنما هي رابطة واحدة.

أنشطة تمهيدية

تم تقديم اقتراح أفكار لنشاطَين، ويعتمد اختيار أحدهما على المصادر المتوافرة وعلى الوقت المتوافر وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٥ دقيقة)

أعطِ الطلبة الشكل (٣- ٤) الموضّح أدناه لتمثيل الأفلاك التي يمكن استخدامها في العناصر الثلاثة الآتية: الهيدروجين والنيتروجين والفوسفور.



الشكل ٣-٤

ثم كلفهم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- ارسم الإلكترونات الموجودة في ذرات العناصر الثلاثة باستخدام الأسهم.
- أعطِ العدد الأكبر من الروابط التساهمية التي يمكن أن يكوّنها كل عنصر. اشرح إجابتك.

يمكن تنفيذ هذا التمرين كتقييم ذاتي أو تقييم بواسطة الأقران. وفي حال تم التقييم بواسطة الأقران، يمكن طرح مناقشة بين الطلبة الذين قدموا إجابات صحيحة والطلبة الذين قدموا إجابات خاطئة.

٢ فكرة ب (١٥ دقائق)

كلف الطلبة شرح هذه الحقائق:

- يحتوي مستوى الطاقة الخارجي لذرة الكربون على إلكترونَين منفردَين.
- تمتلك ذرة الكربون نوعَين من الأفلاك الذرية 2s و 2p.
- عندما يكوّن الكربون روابط تساهمية مع أربع ذرات أخرى فإنه يكوّن أربع روابط وتكون جميعها من النوع نفسه من الأفلاك الجزيئية.

الأنشطة الرئيسية

يرد في ما يلي عدة أنشطة تعليمية يمكنك اختيار ما يناسب منها من أجل تكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ روابط سيجما (σ) وباي (π) (٢٥ دقيقة)

صف هذَين النوعَين من الروابط. إذا كان لديك رابطة بين ذرتَين X و Y، على سبيل المثال X–Y، فإن رابطة سيجما تتكوّن على طول الخط (المحور) الفاصل بين X و Y (وتسمى رابطة محورية). تؤمّن هذه الرابطة الحد الأقصى من التداخل بين الأفلاك الذرية لـ X و Y ولهذا السبب، فإن روابط سيجما تُعدّ قوية؛ أمّا روابط باي فإنها تتكوّن بزوايا قائمة على الخط بين الذرتَين.

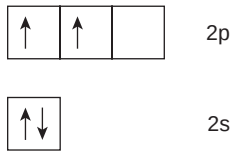
› **فكرة للتقويم:** وزّع الطلبة في مجموعات وكلفهم القيام بما يلي:

- إعطاء تعريفاتهم الخاصة لروابط سيجما وباي.

- شرح سبب عدم إمكانية أن تكون روابط باي π موجودة في الحيّز نفسه لروابط سيجما σ. يمكنهم رسم أفلاك الروابط سيجما وباي بين ذرتَي الأكسجين في جزيء الأكسجين.
- ثم القيام بالشيء نفسه مع جزيئات النيتروجين (N_2) ذات الرابطة الثلاثية. لماذا يمكن أن تتكوّن رابطتا π ورابطة σ واحدة فقط بين الذرتَين؟
- تحديد أنواع الروابط في الهيدروجين (H_2) والإيثان (C_2H_6) والإيثين (C_2H_4) وسيانيد الهيدروجين (HCN) والنيتروجين (N_2).

١ تهجين الأفلاك الذرية (٢٠ دقيقة)

في المجموعات نفسها، قدم للطلبة الإلكترونات الخارجية لذرة الكربون، مستخدمًا ترميز الإلكترونات في المربعات، كما هو موضح في الشكل ٣-٥.



الشكل ٣-٥

› فكرة للتقويم:

أ. كيف يمكن لكل ذرة كربون تكوين أربع روابط مع ذرات أخرى؟

ب. لماذا تنتمي الروابط الأربع إلى النوع نفسه من الأفلاك الجزيئية؟ ولماذا توصف الأفلاك الموجودة على الكربون بأنها أفلاك هجينة sp^3؟

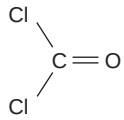
ج. استخدم مخطط الإلكترونات في المربعات نفسه لوصف تهجين الأفلاك في الإيثان (C_2H_6) والبنزين (C_6H_6).

د. ارسم مخططات للروابط سيجما وباي بين ذرتَي الكربون من جهة، وذرات الكربون والهيدروجين في الإيثين من جهة أخرى.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

- لماذا تكون روابط سيجما أقوى من روابط باي؟
- ارسم أفلاك الروابط (سيجما وباي) في الجزيء الموضح في الشكل ٣-٦ أدناه.



الشكل ٣-٦

الدعم

يُعدّ هذا الموضوع صعبًا، وقد يحتاج الطلبة إلى المساعدة في مراحل مختلفة. قد ترغب في تناول هذا الموضوع بشكل مختلف عن طريق مراجعة الأسئلة السابقة معهم، ثم طرح أسئلة مماثلة حول جزيئات أخرى؛ على سبيل المثال: $CHCl_3$ و $C_2H_2Cl_2$ [ClHC=CHCl].

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

تُعدّ الموضوعات التي تناولها الطلبة في هذا الدرس صعبة إلى حدّ ما. ويمكن الطلب إليهم التفكير فيما تعلموه وفي نسبة ما فهموه من هذا الموضوع، كما يمكنك طرح الأسئلة الاستقصائية لقياس مدى فهمهم واستيعابهم للأفكار، كأن تقدم أمثلة مكررة على سبيل المثال:

راجع التوزيع الإلكتروني الخارجي لذرة البورون باستخدام ترميز الإلكترونات في المربعات. ماذا يحدث عندما يكوّن البورون المركب BF_3؟

الإجابة: ينتقل أحد إلكترونَي الفلك 2s إلى فلك 2p الفارغ ليعطي بعد ذلك ثلاثة إلكترونات غير مشتركة؛ يكون هنالك إلكترون واحد منفرد في الفلك 2s وإلكترونان منفردان (غير مشتركين) في فلكَين من 2p. يحدث التهجين عند ذلك لتكوين ثلاثة أفلاك هجينة sp^2.

تُعدّ ذرة البريليوم في $BeCl_2$ مثالًا آخر، إذ تمتلك ذرة Be التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2$.
ذلك يعني أن هذه الذرة لا تحتوي على إلكترونات منفردة لتحقيق الترابط التساهمي، فينتقل أحد إلكترونَي 2s إلى المستوى 2p لإعطاء إلكترونَين منفردَين. يتم تهجين الفلكَين s و p، الأمر الذي يؤدي إلى تكوين فلكَين هجينَين sp.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

تستخدم كلمة التهجين أيضًا في علم الأحياء (البيولوجيا) ولها معنى مشابه وهو: جمع صفات كائنَين من سلالات مختلفة.

المهارة الحسابية

يتصور الطلبة أو يرسمون تمثيلات ثلاثية الأبعاد (3D) لجزيئات ذات أشكال مختلفة، تتضمن رسم زوايا الروابط.

الموضوع ٣-٤ طول وطاقة الرابطة

الأهداف التعليمية

٣-١١ يعرّف المصطلحات الآتية:

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٤ طول وطاقة الرابطة السؤال ١٠	• تعريف طول وطاقة الرابطة • تأثير طول وطاقة الرابطة على النشاط الكيميائي
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-٥ أنواع الروابط أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٣(أ)	

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد ينسى الطلبة غالبًا أن طاقة الروابط تُحسب للجزيئات التساهمية في الحالة الغازية.
- يعتقد بعض الطلبة أن طاقة الروابط ناتجة من تخزين الطاقة المكوّنة للروابط.
- يعتقد بعض الطلبة بأن طول الرابطة هي المسافة بين مستويَي الطاقة الخارجيَين لذرتَين مرتبطتَين فيما بينهما؛ وهذا غير صحيح. حيث يُحسب طول الرابطة من مركز نواة إلى مركز نواة أخرى.

أنشطة تمهيدية

تمّ تقديم فكرة واحدة هنا.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

كلف الطلبة أن يرسموا أو يفكروا في مخطط تمثيل نقطي لجزيء الهيدروجين (H_2). يمكنهم اقتراح كيفية قياس طول الرابطة (من وإلى). كما يمكنهم كتابة أفكارهم لمراجعتها لاحقًا.

الأنشطة الرئيسية

يرد فيما يلي عدة أنشطة تعليمية يمكنك اختيار ما يناسب منها من أجل تكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ العلاقة بين قوة الرابطة وطولها وطاقتها (١٥ دقيقة)

- أخبر الطلبة أن قوة الرابطة تقاس بكمية الطاقة اللازمة لكسرها، وأنه كلما كانت الرابطة أقوى، ازدادت الطاقة اللازمة لكسرها. تطرّق هنا إلى مصطلح طاقة الرابطة ووحداتها مع استعراض الأمثلة الواردة في الجدول ٣-٤ من كتاب الطالب.
- وضح للطلبة مصطلح طول الرابطة. ومن خلال الجدول ٣-٤ من كتاب الطالب، وجّه الطلبة إلى استنتاج العلاقة بين طول الرابطة وطاقة الرابطة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة الإجابة عن السؤال ١٠ الوارد في كتاب الطالب.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

يتضمن الجدول ٣-٦ أدناه أطوال الروابط وطاقاتها لجزيئات الهالوجين.

الرابطة	طاقة الرابطة (kJ/mol)
F-F	158
Cl-Cl	242
Br-Br	193
I-I	151

الجدول ٣-٦

يمكن للطلبة التوصل إلى استنتاج سبب انخفاض طاقة الرابطة لـ F—F وشرحه. علمًا أن (F—F جزيء صغير نسبيًّا والأزواج المنفردة في الذرات المرتبطة تكون متقاربة وتتنافر فيما بينها الأمر الذي يسهل كسر الرابطة).

كلف الطلبة توضيح سبب أن قيمة طاقة الرابطة لـ C=C لا تساوي ضعفَي طاقة الرابطة لـ C—C. **تلميح:** وجّه الطلبة إلى التفكير في وجود روابط سيجما وباي.

الدعم

يمكن للطلبة استخدام الكلمات المناسبة لإكمال الجملة:

تمتلك الروابط القصيرة _____ أكبر لأن الذرات تكون أقرب بعضها إلى بعض ويوجد تجاذب أكبر بين النواتَين و _____.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يكون حجم أفلاك الروابط المهجنة (وبالتالي طول الروابط الناتجة منها) بالترتيب الآتي: $sp < sp^2 < sp^3$. ما ترتيب قوة الروابط التي تكونها هذه الأفلاك؟ كلف الطلبة شرح إجابتهم.

الجواب: كلما كانت الرابطة أطول، ازدادت المسافة بين الأنوية من جهة، وبينها وبين الإلكترونات المشتركة من جهة أخرى.

هذا يعني أن الجذب الكهروستاتيكي يتناقص، وأن الرابطة تصبح أضعف.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

عندما يشرح الطلبة التدرج في طاقات الروابط وأطوال الروابط، عليهم أن ينتبهوا إلى كيفية صياغة إجاباتهم. يجب عليهم الربط بين كيفية محافظة الرابطة التساهمية على الذرات مرتبطة بعضها في بعض وعلى المسافة بين النواتَين.

المهارة الحسابية

سيحتاج الطلبة إلى عدّ الإلكترونات وربطها بعدد الروابط المتكوّنة.

الموضوع ٣-٥ السالبية الكهربائية والقطبية

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٥ السالبية الكهربائية والقطبية – قطبية الجزيئات السؤال ١١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ب)، ٣ (أ، ب، ج، د٢)، ٦(ج)، ٧(ب٢، ٣)	• يشرح مفهوم السالبية الكهربائية • يصف التدرج في السالبية الكهربائية في الجدول الدوري • يصف العوامل التي تؤثر على السالبية الكهربائية • يتنبأ بتكوّن الروابط الأيونية أو التساهمية • يشرح قطبية الرابطة وعلاقتها بالنشاط الكيميائي
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-٤ القوى بين–الجزيئية الأسئلة ١، ٢، ٤ نشاط ٣-٥ أنواع الروابط أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(هـ، و)	• الجزيئات القطبية • أنواع الروابط

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

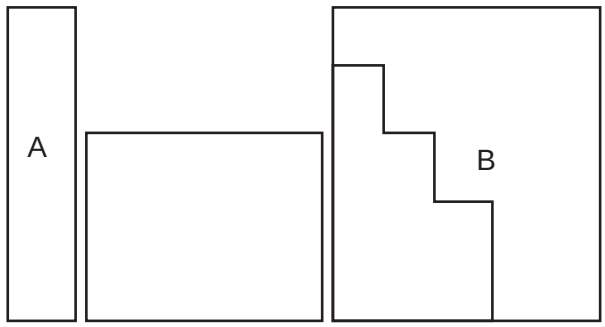
يعتقد بعض الطلبة أن ما يحدد قطبية الجزيء هو وجود روابط قطبية من عدمه. إلّا أن وجود روابط قطبية في جزيء ما لا يعني أن الجزيء نفسه يكون قطبيًا. تتمثل النقطة المهمة هنا في وجود توزيع غير متماثل للشحنة والإلكترونات، أو بعبارة أكثر بساطة: يكون أحد طرفَي الجزيء أكثر سالبية من الطرف الآخر. فعلى سبيل المثال، يحتوي CCl_4 على روابط C—Cl قطبية، ولكن الجزيء متماثل ولا يوجد توزيع غير متماثل للإلكترونات والشحنة، وبالتالي يكون CCl_4 غير قطبي.

أنشطة تمهيدية

تمّ تقديم فكرة واحدة هنا

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

إحدى طرائق اختيار ما إذا كان عنصران يكوّنان رابطة أيونية أم لا تتمثل في استخدام مخطط للجدول الدوري. باستخدام نسخة مبسطة للجدول الدوري، مثل تلك الموضّحة في الشكل ٣-٧، إذا أتى أحد العنصرَين من الجهة A والآخر من الجهة B، فإنهما يكوّنان رابطة أيونية فيما بينهما.



الشكل ٣-٧

أعطِ تعريف باولينغ للسالبية الكهربائية على أنها القيمة النسبية لقدرة ذرة ما مرتبطة بذرة أخرى على جذب إلكترونات الرابطة نحوها. ثم قارن قيم السالبية الكهربائية (راجع الجدول ٣-٥ الوارد في كتاب الطالب) للصوديوم والكلور والماغنيسيوم والأكسجين. أيّ من العناصر الموجودة في كل من هذَين الزوجَين يستطيع أن يجذب الإلكترونات بقوة أكبر؟ إذا كان هنالك فرق كبير في السالبية الكهربائية (أكثر من 1.7) فإن الرابطة ستكون أيونية.

› **فكرة للتقويم:** كلف الطلبة اختيار ثلاثة أزواج من العناصر يمكنها تكوين روابط أيونية.

الأنشطة الرئيسية

يرد فيما يلي عدة أنشطة تعليمية يمكنك اختيار ما يناسب منها من أجل تكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ قيم السالبية الكهربائية (٢٠ دقيقة)

ناقش مع الطلبة الجدول ٣-٥ الوارد في كتاب الطالب، قيم باولينغ للسالبية الكهربائية. تأكد من أن هذه القيم ليس لها وحدة، وأنها أداة يستخدمها الكيميائيون لتساعدهم في التنبؤ بنوع الرابطة وشرح النشاط الكيميائي. اشرح كيف يمكن استخدام الاختلافات في قيم السالبية الكهربائية للتنبؤ ما إذا كانت الروابط أيونية أو تساهمية.

يمكن للطلبة استخدام الجدول ٣-٥ لاقتراح نوع الترابط الموجود في مواد مختلفة؛ على سبيل المثال LiCl و MgO و SiH_4 و PH_3 و NaF.

الإجابات

تمتلك المركبات LiCl و MgO و NaF روابط أيونية نظرًا لوجود اختلافات كبيرة نسبيًّا في قيم السالبية الكهربائية.

ويمتلك المركبان SiH_4 و PH_3 روابط تساهمية نظرًا لوجود اختلافات صغيرة في قيم السالبية الكهربائية.

٢ القطبية في الجزيئات (٣٠-٣٥ دقيقة)

من الواضح أن الجزيء H—Cl قطبي لأنه يمتلك رابطة واحدة فقط، وهذه الرابطة قطبية. يجب على الطلبة الآن معرفة مفهوم القطبية، وبالتالي تطبيق معارفهم على جزيئات تحتوي على أكثر من ذرتَين مثلًا: $CHCl_3$ و CCl_4.

كي يكون جزيء ما قطبيًّا، يجب أن يكون هناك توزيع غير متماثل للشحنة أو للإلكترونات. اشرح ذلك للطلبة باستخدام نماذج لجزيئَين لمساعدتهم على الفهم. كلفهم رسم مخططات للجزيئَين توضح ما يأتي:

- الشكل الهندسي ثلاثي الأبعاد.
- الاختلافات في السالبية الكهربائية (تُعطى كـ $\delta+$ و $\delta-$) بين الكربون والعنصر (أو العناصر) الأخرى.
- أي عدم تماثل في الشحنة الجزئية داخل الجزيء، باستخدام «سهم ثنائي القطب».

وإذا كان الوقت كافيًا، يمكنك التنقل بين الطلبة لملاحظة المجموعات التي أجابت بطريقة صحيحة.

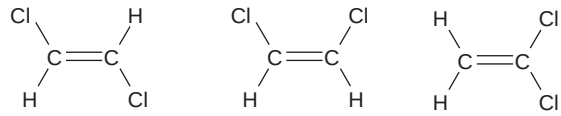
› **فكرة للتقويم:** عندما ينتهي الطلبة، اختر مجموعة أجابت بشكل صحيح لتشرح إجاباتها للمجموعات الأخرى. ربما لا تتمكّن أيّة مجموعة من الإجابة بشكل صحيح تمامًا، لكن الإجابات غير الكاملة ستؤدي حتمًا إلى تدخّل مجموعات أخرى وإسهامها في تقديم إجابة مكتملة.

ثم يتم إعطاء الطلبة المزيد من الأمثلة. يتضمن السؤال ١١ الوارد في كتاب الطالب بعض الأمثلة. كلف الطلبة رسم الجزيئات واستخدام السهم لتوضيح القطبية.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

حدد الجزيئات القطبية وغير القطبية من بين الجزيئات الثلاثة الموضحة في الشكل ٣-٨.



الشكل ٣-٨

الدعم

قد يحتاج الطلبة إلى تشجيعهم على إتمام الإجابة على $CHCl_3$ و CCl_4. على سبيل المثال:

- $CHCl_3$ قطبي / غير قطبي بسبب . . .
- هذا يعني أن . . .

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

ما تأثير قطبية جزيء ما على خصائصه الفيزيائية والكيميائية؟

يمكن أن يكلف الطلبة أخذ حمض الهيدروكلوريك كمثال ورسم مخطط (يتضمن الرموز $\delta+$ و $\delta-$ على كل من طرفَي الجزيء) لتوضيح كيف يمكن للقوى بين-الجزيئات أن تؤدي إلى تجاذب كهروستاتيكي بينها. كما يمكنهم التعليق على كيفية تأثر النشاط الكيميائي للجزيء.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يجب على الطلبة تنظيم أفكارهم في عبارات مكتوبة عند الإجابة عن السؤال حول $CHCl_3$ و CCl_4.

تُعدّ كلمة غير متماثل مهمة هنا لأنها كلمة تلخيص جيدة لما هو موجود في الجزيئات القطبية؛ التوزيع غير المتماثل للشحنة / الإلكترونات. تُعدّ الكلمات قطبية وغير قطبية مهمة أيضًا، لذا يجب على الطلبة فهمها واستخدامها بشكل صحيح.

المهارة الحسابية

يتخيل الطلبة الشكل الهندسي للجزيء، ويستخدمون قيم السالبية الكهربائية لتعيين الذرات الموجبة والسالبة جزئيًّا، ثم يحددون ما إذا كانت توزيعات الشحنة هذه غير متماثلة.

الموضوع ٣-٦ القوى بين الجزيئات

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

٣ حصص

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٦ القوى بين الجزيئات – قوى ثنائي القطب اللحظي –ثنائي القطب المستحث – قوى ثنائي القطب الدائم –ثنائي القطب الدائم الأسئلة من ١٢ إلى ١٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ)، ٤(أ)، ٥، ٦(ب)، ٧(ج١)	• القوى بين–الجزيئات • قوى ثنائي القطب اللحظي–ثنائي القطب المستحث (id-id) • قوى ثنائي القطب الدائم–ثنائي القطب الدائم (pd-pd)
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-٤ القوى بين–الجزيئية السؤال ٣ و ٥ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ب)، ٢(ج، د)	• تأثير القوى بين–الجزيئات على الخصائص الفيزيائية للمواد

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد بعض الطلبة أن القوى بين–الجزيئات هي روابط كيميائية وهذا ليس صحيحًا. فالقوى بين–الجزيئات حالات من التجاذب الكهروستاتيكي غير دائم.

أنشطة تمهيدية

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

كلف الطلبة كتابة الشحنات الجزئية الموجبة والسالبة على جزيء H-Cl. قد يقترح الطلبة كيف تتجاذب الجزيئات الموجودة في حاوية (جرّة) غاز مليئة بكلوريد الهيدروجين، وقد يرسمون مخططًا لتوضيح أفكارهم. يمكن مراجعة ذلك لاحقًا في النشاط الرئيسي ١.

يجب على الطلبة كتابة: $(H^{\delta+} - Cl^{\delta-})$

الأنشطة الرئيسية

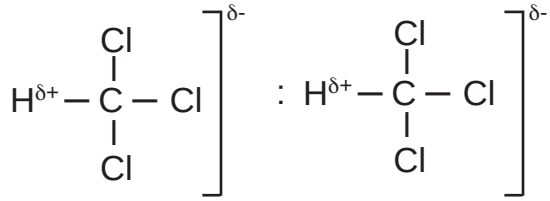
١ القوى بين–الجزيئات (٢٠ دقيقة)

- راجع مخططات الطلبة للقوى بين جزيئات كلوريد الهيدروجين وقدم مصطلحَي القوى بين–الجزيئات وقوى فان دير فال (Van der Waals). لاحظ أن قوى فان دير فال هي مصطلح عام للقوى بين–الجزيئات. صف القوى بين جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين. يمكن للطلبة تعديل مخططاتهم إذا لزم الأمر. أكد على أن قوى الجذب هذه لا تُعدّ روابط كيميائية، وأنها أضعف بكثير من الروابط الأيونية والتساهمية والفلزية.
- اسأل الطلبة عمّا إذا كانت القوى بين–الجزيئات في HCl مؤقتة أم دائمة. ونظرًا لأن جزيئات HCl تُعدّ قطبية، فإن ذرة الهيدروجين تحمل شحنة موجبة جزئية دائمة، وذرة الكلور تحمل شحنة سالبة جزئية دائمة. أخبر الطلبة أن هذا مثال على قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم. وغالبًا ما يتم اختصارها ب pd-pd.

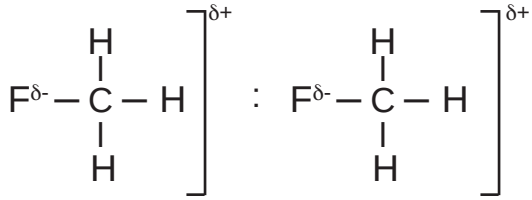
- يمكن للطلبة رسم مخططات لتوضيح قوى pd-pd في:
  - جزيئات $CHCl_3$
  - جزيئات CH_3F

الإجابات

مخطط: جزيئات $CHCl_3$



مخطط: جزيئات CH_3F



٢ القوى بين-الجزيئات والغازات النبيلة (٢٠ دقيقة)

يوضح الجدول ٣-٧ أدناه درجات غليان الغازات النبيلة:

الغاز النبيل	درجة الغليان (°C)
الهيليوم	-269
النيون	-246
الأرغون	-186
الكريبتون	-152
الزينون	-108
الرادون	-62

الجدول ٣-٧

- وضح للطلبة أنه توجد قوى بين-الجزيئات بين ذرات الغازات النبيلة، وكلفهم شرح التدرج في درجات الغليان في المجموعة (VIII) 18. عندما نتّجه أسفل المجموعة 18، يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسية. يؤدي وجود عدد أكبر من الإلكترونات إلى زيادة القوى بين-الجزيئات (قوى ثنائي القطب اللحظي-ثنائي القطب المستحث). الأمر الذي يتطلب مزيدًا من الطاقة للتغلب على هذه القوى بين-الجزيئات، فترتفع درجات الغليان عند الانتقال أسفل المجموعة.
- استخدم الشكل ٣-٢٣ الوارد في كتاب الطالب لشرح قوى ثنائي القطب اللحظي-ثنائي القطب المستحث.

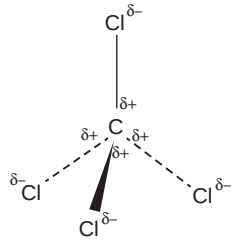
› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة رسم مخططي الإيثان والبنتان وإضافة تعليقات توضيحية على مخططاتهم لشرح سبب امتلاك البنتان درجة غليان أعلى من الإيثان. ينبغي لهم كتابة الشحنات الجزئية على مخططاتهم.

يجب أن تُظهر المخططات صيغتَين لجزيئَي إيثان جنبًا إلى جنب مع شحنات δ^+ و δ^- لتمثيل قوى ثنائي القطب اللحظي–ثنائي القطب المستحث. تمثل الخطوط العمودية بين الجزيئَين القوى بين–الجزيئات. ويجب أن يُظهر مخطط مماثل للبنتان المزيد من القوى بين–الجزيئات. كما يجب إضافة ملاحظة تشرح الحاجة إلى طاقة للتغلب على القوى بين–الجزيئات في البنتان أكثر منها في الإيثان، لذا يمتلك البنتان درجة غليان أكبر.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يمكن للطلبة شرح سبب عدم وجود قوى pd-pd بين جزيئات رباعي كلورو الميثان، (CCl_4)، الشكل ٣–٩.

الجواب: تمتلك جزيئات رباعي كلورو الميثان شكلًا رباعي الأوجه. تنتشر شحنات δ^- على ذرات الكلور في شكل متماثل (متجانس) حول الشحنات المركزية δ^+ الموجودة على ذرة الكربون، لذا يكون الجزيء غير قطبي.



الشكل ٣–٩

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

يمكن للطلبة شرح سبب امتلاك الألكانات المتفرعة مثل 2- ميثيل البروبان $CH_3CH(CH_3)CH_3$ درجة غليان أصغر من البيوتان ($CH_3CH_2CH_2CH_3$)، على الرغم من أن كلَيهما يمتلكان الصيغة الجزيئية نفسها، C_4H_{10}.

الدعم

صمم جدولًا حيث يمكن للطلبة تلخيص أنواع قوى بين–الجزيئات التي تمّت تغطيتها في هذا الدرس.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يجب أن يكون الطلبة قادرين على تعريف المصطلحات الآتية وفهمها:

- ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id-id)
- ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd)
- الجزيء القطبي

الموضوع ٣-٧ الرابطة الهيدروجينية

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٧ الرابطة الهيدروجينية – تأثير الرابطة الهيدروجينية على درجة الغليان – الخصائص المميزة للماء الأسئلة من ١٥ إلى ١٨ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٧(ج٢)، ٨(أ، ب، ج)	• يصف أمثلة على الرابطة الهيدروجينية • يشرح درجات غليان هاليدات الهيدروجين • يشرح الخصائص الاستثنائية للماء
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-٤ القوى بين–الجزيئية (٣ هـ) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(د٣)	• يصف نوع القوى بين الجزيئية في بعض المركبات • يميز بين المركبات البسيطة استنادًا لخصائصها الفيزيائية

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يعتقد بعض الطلبة أن الرابطة الهيدروجينية نوع مختلف من القوى بين–الجزيئات ولكنها ليست كذلك، فهي تصنف كنوع من قوى ثنائي القطب الدائم–ثنائي القطب الدائم.

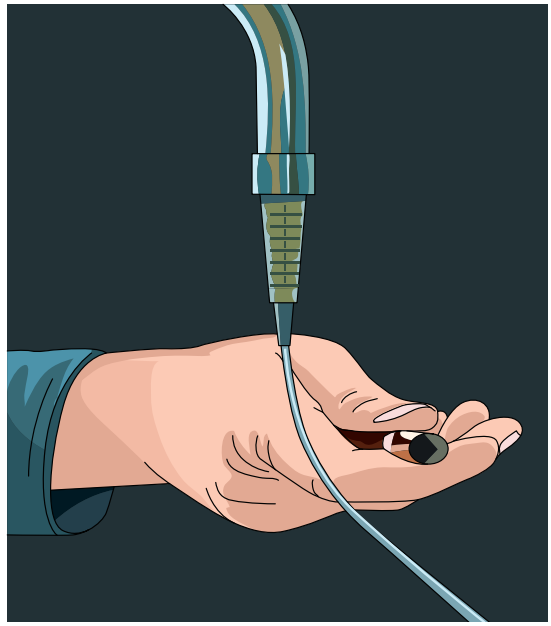
أنشطة تمهيدية

تم اقتراح فكرتَين هنا، ويعتمد اختيار أحدهما على المصادر المتوافرة وعلى الوقت المتوافر وعلى مدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع. تتطلب الفكرة أ عرضًا توضيحيًّا بسيطًا ليتم تنفيذها.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

يمكن للطلبة شرح سبب كون الماء جزيئًا قطبيًا. قم بإعداد العرض التوضيحي الآتي:

املأ سحاحة بالماء، وضع كأسًا زجاجية كبيرة تحتها، أو احصل على خيط مائي رفيع (دقيق) من الصنبور، كما في الشكل ٣-١٠.



الشكل ٣-١٠

اشحن ساقًا من البولي إيثين عن طريق فركها بقطعة قماش. ينتج من هذه العملية إلكترونات سالبة على سطح الساق. قرّب الساق من مسار الماء. سوف ينحرف مسار الماء لأن جزيئات الماء القطبية تنجذب إلى الساق ذات الشحنة السالبة. وجه الطلبة إلى شرح ملاحظاتهم.

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

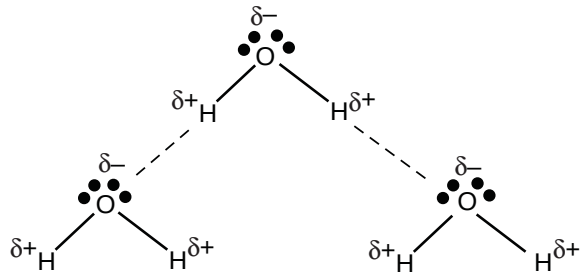
صف العرض التوضيحي في الفكرة أ والنتيجة التي حصلت عليها. كلف الطلبة شرح النتيجة.

الأنشطة الرئيسية

يرد في ما يلي عدة أنشطة يمكنك اختيار ما يناسبك منها وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ الرابطة الهيدروجينية (٢٠ دقيقة)

كلف الطلبة تسمية العناصر الثلاثة الأكثر سالبية كهربائية في الدورة الثانية من الجدول الدوري. هذه العناصر هي النيتروجين والأكسجين والفلور. ووضح أنه عندما تكوّن ذرات من هذه العناصر روابط تساهمية مع الهيدروجين (الشكل ٣-١١)، تتكوّن جزيئات شديدة القطبية.



الشكل ٣-١١

› **فكرة للتقويم:** أعطِ الطلبة رسمًا لجزيء الماء، وكلفهم رسم ثنائيات الأقطاب بالإضافة إلى الأزواج المنفردة على الأكسجين في جزيئَين آخرَين من الماء على الأقل. ووضح لهم أن الرابطة الهيدروجينية تكون في خط مستقيم بين رابطة O—H لجزيء من الماء وزوج منفرد على ذرة أكسجين في جزيء ماء مجاور.
يحتاج الطلبة إلى إضافة ذلك إلى رسومهم.

في الاختبار، قد يستحق هذا التمثيل البياني 3 درجات:

- درجة لثنائيات الأقطاب الصحيحة على جزيئات الماء.
- درجة لرابطة الهيدروجين في خط مستقيم مع رابطة O—H (المصطلح: خطي متداخل).
- درجة للأزواج المنفردة على الأكسجين.

باستخدام جزيء الماء كمثال، وجه الطلبة بتكرار ذلك مع الأمونيا (NH_3) وفلوريد الهيدروجين (HF).

يمكن رؤية تأثير الرابطة الهيدروجينية على درجات غليان مركبات الهيدروجين لعناصر المجموعات V، و VI، و VII (15 و 16 و 17).

اعرض الشكل ٣-٣٠ من كتاب الطالب أو استخدم كتاب الطالب للمساعدة في المناقشة.

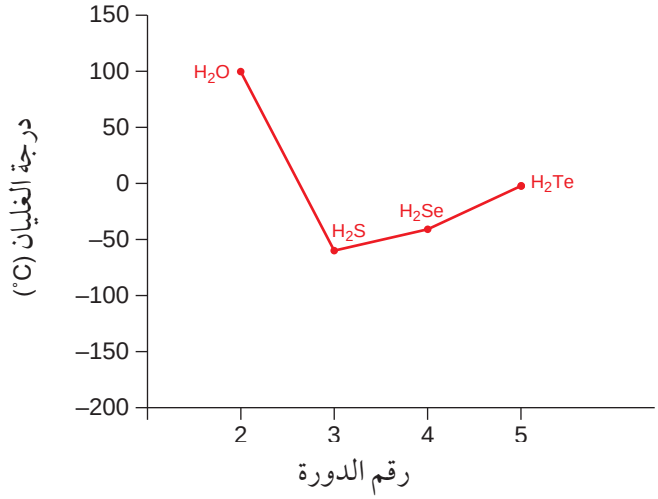
› **فكرة للتقويم:** قدم للطلبة أمثلة على أنواع مختلفة من القوى بين-الجزيئات. يمكن للطلبة تحديد القوى الموجودة.

٢ الخصائص الاستثنائية للماء (٢٠ دقيقة)

كلف الطلبة تحديد القوى بين-الجزيئات الموجودة في مركبات الهيدروجين لعناصر المجموعة VI (16)، وشرح سبب امتلاك جزي الماء درجة غليان مرتفعة بشكل استثنائي.

اعرض عليهم بعض الثلج في الماء أو تمثيلًا بيانيًّا لجليد يطفو فوق سطح الماء. اسأل: «لماذا يطفو الجليد الصلب؟» ارسم البنية «المفتوحة» للماء والمسؤولة عن أن كثافة الماء تكون أقل من المتوقع عند درجات الحرارة المنخفضة (التمدد الاستثنائي للماء) (انظر الشكل ٣-٣٤ الوارد في كتاب الطالب). يفسر هذا التوسع في البنية أثناء تكوين الروابط الهيدروجينية انخفاض الكثافة.

يمكن للطلبة وضع مشبك صغير على سطح الماء في حاوية باستخدام منديل ورقي. وبمجرد أن يمتص المنديل الماء، فإنه يغرق تاركًا المشبك يطفو على السطح. تعمل الرابطة الهيدروجينية على سطح الماء مثل «الجلد». وهذا ما يفسر قدرة بعض الحشرات على السير فوق سطح الماء. ينحني السطح الهلالي للماء إلى أسفل لأن الرابطة الهيدروجينية تسحب جزيئات الماء السطحية نحو الجزء الأكبر من السائل (الكتلة الأكبر من السائل).



الشكل ٣-١٢

الشكل ٣-١٢ درجات غليان مركبات الهيدروجين لعناصر المجموعة VI (16) مقابل رقم الدورة.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

إذا توافرت نماذج كافية، يمكن للطلبة محاولة إعداد نماذج ثلاثية الأبعاد للماء مع إظهار الرابطة الهيدروجينية. لا تستخدم «كرات» الأكسجين؛ بدلًا من ذلك استخدم الكربون لأنه يمكن استخدام الأزواج المنفردة الموجودة على الأكسجين لربط الجزيئات معًا.

الدعم

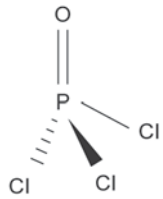
لخّص الأنواع المختلفة من القوى بين-الجزيئات في جدول. يمكن أن تكون العناوين: نوع القوى بين-الجزيئات، كيفية نشوء هذه القوى، ملاحظات وأمثلة.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

قد ترغب في استخدام الأسئلة الآتية لاختبار فهم الطلبة:

1 تُعدّ الأمونيا مركبًا مهمًّا جدًّا حيث تستخدم في إنتاج الأسمدة وحمض النيتريك.
تمتلك الأمونيا درجة غليان أعلى ممّا هو متوقع، ويعود السبب في ذلك إلى وجود الرابطة الهيدروجينية بين الجزيئات.
ارسم مخططًا لتوضيح هذا الترابط بين-الجزيئات، مع مراعاة توضيح الروابط الهيدروجينية وأيّة ثنائيات أقطاب موجودة.

2 في ما يلي مخطط لأوكسي كلوريد الفوسفور ($POCl_3$). قيمتا السالبية الكهربائية للأكسجين والكلور متقاربتان وكلاهما أكبر من السالبية الكهربائية للفوسفور. ارسم ثنائيات الأقطاب الموجودة في الجزيء.



لقد غطى الطلبة عددًا كبيرًا من المفاهيم في الدروس القليلة الماضية. سيكون من المفيد جدًّا لهم تلخيصها وربطها معًا في خريطة مفاهيمية.

يقوم الطلبة بعصف ذهني حول المفاهيم التي تعلموها في هذا الموضوع. المفهوم المركزي هنا هو القوى بين-الجزيئات. الكلمات التي يمكن استخدامها تتضمن:

القطبية	الرابطة الهيدروجينية	قوى فان دير فال	قطبي	ضعيف	
غير قطبي	ثنائيات الأقطاب	دائم	كهروستاتيكي	قوي	

يمكن أن تشكل الخريطة المفاهيمية أساسًا للتقويم النهائي. إذا تم تنفيذها بشكل جيد، فأنها تتطلب مهارات أكثر تقدمًا وتحقّق فهمًا شاملًا للموضوع.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يُعدّ هذا الموضوع واسعًا وتحتاج أفكار الطلبة حوله إلى التنظيم. الطريقة الأفضل للقيام بذلك هي تدوين المفاهيم التي تتعلق بهذا القسم من الوحدة، ومعرفة كيفية ارتباطها فيما بينها باستخدام خريطة مفاهيمية أو خريطة ذهنية. على سبيل المثال، يمكن ربط كلمات مثل السالبية الكهربائية والجزيئات القطبية بعبارة "الاختلافات تؤدي إلى".

المهارة الحسابية

يحتاج الطلبة إلى مهارات المخططات (الرسوم) البيانية لتفسير التمثيل البياني الذي يوضح درجات غليان مركبات الهيدروجين لعناصر المجموعة VI (16).

الموضوع ٣-٨ الروابط والخصائص الفيزيائية

الأهداف التعليمية

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٣-٨ الروابط والخصائص الفيزيائية – الحالة الفيزيائية عند درجه حرارة وضغط الغرفة - الذوبانية - التوصيل الكهربائي السؤال ١٩ أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٦(أ)	• يصف درجات الانصهار والغليان للمواد الأيونية والتساهمية والفلزية • يشرح ذوبانية المواد الأيونية والتساهمية في الماء • يشرح التوصيل الكهربائي لأنواع مختلفة من المواد وفقًا لنوع الترابط
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٣-٤ القوى بين-الجزيئية ٣ (أ-د) نشاط ٣-٦ البنى (التراكيب) الضخمة استقصاء عملي ٣-١ الخصائص الفيزيائية لثلاثة أنواع مختلفة من التراكيب الكيميائية أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ب)	• يستقصي الخصائص الفيزيائية لمواد تمتلك أنواعًا مختلفة من الروابط والتراكيب

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد بعض الطلبة أن الرابطة الفلزية هي نفسها الرابطة الأيونية لأنها تحتوي أيضًا على أيونات.
- نظرًا لأن الجزيئات البسيطة تكون تساهمية وتمتلك درجات غليان منخفضة، يفترض بعض الطلبة تلقائيًّا أن الروابط التساهمية ضعيفة. وهي ليست كذلك، إنما قوى الجذب بين الجزيئات هي التي تكون ضعيفة.

أنشطة تمهيدية

تم تقديم فكرة واحدة لهذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

كلف الطلبة تحديد الأنواع المختلفة من الروابط والقوى بين-الجزيئات التي درسوها في هذه الوحدة، وترتيبها في قائمة وفقًا لقوتها. يمكن للطلبة مراجعة قوائمهم لاحقًا في هذا الدرس.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي عدة أنشطة تعليمية يمكنك الاختيار من بينها ما يناسبك من أجل تكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ مقارنة الروابط (٥ دقائق)

كلف الطلبة بإكمال الجدول ٣-٨ الآتي:

نوع الرابطة	القوة النسبية للروابط	أمثلة على مركبات	القوى بين-الجزيئات
تساهمية			
أيونية			
فلزية			

الجدول ٣-٨

الإجابة:

نوع الرابطة	القوة النسبية للروابط	أمثلة على مركبات	القوى بين-الجزيئات
تساهمية	الروابط التساهمية أقل قوة من الروابط الأيونية	الجزيئات البسيطة كالماء والمواد الجزيئية الضخمة كالماس	قوى فان ديرفال: ثنائي القطب اللحظي-ثنائي القطب المستحث (id – id) ثنائي القطب الدائم-ثنائي القطب الدائم (pd – pd) الروابط الهيدروجينية
أيونية	الرابطة الأيونية هي الأقوى	البنى الأيونية الضخمة ككلوريد الصوديوم	
فلزية	أضعف من الروابط التساهمية والأيونية	بنية فلزية كالنحاس	

وضح للطلبة أن الروابط الهيدروجينية تساوي نحو عُشر قوة الرابطة التساهمية، وقوى ثنائي القطب-ثنائي القطب تساوي نحو واحد من مئة من قوة الرابطة التساهمية. يمكن للطلبة مراجعة قوائمهم منذ البداية.

فكرة للتقويم: يمكن للطلبة رسم مخططات لأنواع مختلفة من البنى.

٢ تأثير نوع الرابطة على الخصائص الفيزيائية للمواد (١٥ دقيقة)

يمكن للطلبة استخدام الموضوع ٣-٨ الوارد في كتاب الطالب لإكمال الجدول الآتي:

الخاصية	المواد التساهمية	المركبات الأيونية	المواد الفلزية
درجات الانصهار والغليان			
الذوبانية في الماء			
التوصيل الكهربائي			

الإجابات:

الخاصية	المواد التساهمية	المركبات الأيونية	المواد الفلزية
درجات الانصهار والغليان	درجات الانصهار والغليان منخفضة نسبيًّا لأنه يمكن كسر القوى بين-الجزيئات بسهولة.	درجات الانصهار والغليان مرتفعة نسبيًّا لأن كسر الروابط الأيونية القوية يتطلب الكثير من الطاقة.	درجات الانصهار والغليان مرتفعة نسبيًّا (في شكل عام) لأن كسر الروابط الفلزية القوية يتطلب الكثير من الطاقة.
الذوبانية في الماء	بعضها لا يذوب لأن الجزيئات غير قطبية. وبعضها الآخر يذوب نتيجة لنشوء قوى تجاذب (قوى ثنائي القطب الدائم- ثنائي القطب الدائم، بما في ذلك الروابط الهيدروجينية) بين جزيئات الماء القطبية والجزيئات التساهمية القطبية.	يذوب معظمها في الماء؛ حيث تتجذب الأيونات إلى جزيئات الماء القطبية.	لا تذوب الفلزات في الماء لأن التجاذب بين أيونات الفلز والإلكترونات غير المتمركزة في الفلز بالغة القوة فلا يكون ممكنًا لجزيئات الماء أن تكسر هذا التجاذب.
التوصيل الكهربائي	المواد التساهمية لا توصل الكهرباء لعدم وجود جسيمات مشحونة لنقل الشحنة. ما عدا الجرافيت، الذي يحتوي على إلكترونات غير متمركزة.	توصل المركبات الأيونية الكهرباء عندما تكون مصهورة أو ذائبة في محلول؛ فتملك الأيونات حرية الحركة وتستطيع نقل الشحنة.	توصل الفلزات الكهرباء لأن الإلكترونات غير المتمركزة تمتلك حرية الحركة عبر البنية الفلزية كاملة.

› **فكرة للتقويم:** يجيب الطلبة عن السؤال ١٩ من كتاب الطالب.

٣ استقصاء الخصائص الفيزيائية للتنبؤ بنوع الرابطة (٣٥ دقيقة)

استخدم الاستقصاء العملي ٣-١ من كتاب التجارب العملية والأنشطة.

يقوم الطلبة باستقصاء خصائص ثلاث مواد للتنبؤ بنوع الرابطة الموجودة في كل منها.

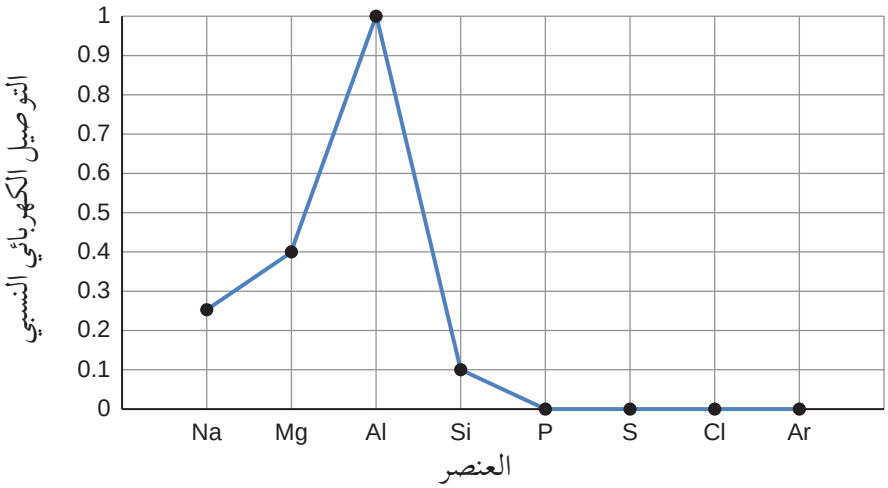
› **فكرة للتقويم:** يكمل الطلبة الأسئلة الواردة في الاستقصاء العملي ٣-١.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدي

يرسم الطلبة تمثيلًا بيانيًّا لإظهار كيفية تغيّر التوصيل الكهربائي للعناصر عبر الدورة 3. يحتاج الطلبة إلى الأخذ في الحسبان عدد الإلكترونات غير المتمركزة لكل أيون فلزي للفلزات الموجودة في الدورة 3.

الإجابة:



التدرج في التوصيل الكهربائي في الدورة 3

الدعم

زوّد الطلبة بالأمثلة المذكورة في النشاط ١ وبعض الخصائص الواردة في النشاط ٢. وكلفهم إكمال الجداول.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يُعدّ هذا الدرس الأخير حول هذا الموضوع. يحتاج الطلبة إلى معالجة ما تعلموه والتعبير عنه بأسلوبهم الخاص (أو بأي شكل آخر) لمساعدتهم على تذكر ما تعلموه. تمكّنهم الخريطة الذهنية من تحقيق ذلك. ويمكن أن تستند الخريطة الذهنية الخاصة بهم بشكل عام إلى الخريطة المفاهيمية التي أعدوها في الدرس السابق.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

سيتم استخدام كلمة غير متمركزة في مواضيع أخرى في هذا الكتاب لذلك يجب أن تكون مفهومة.

توجد في هذا الموضوع روابط مع الفيزياء حول خصائص الفلزات والكهرباء.

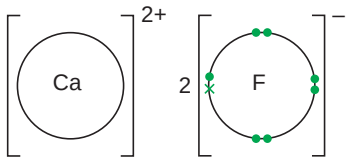
المهارة الحسابية

يتم استخدام كميات نسبية في هذا الموضوع، ويجب على الطلبة أن يدركوا، على سبيل المثال، أن درجة حرارة مرتفعة تكون مرتفعة نسبيًّا مقارنة بدرجات حرارة أخرى يتم أخذها في الاعتبار.

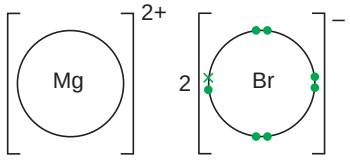
إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

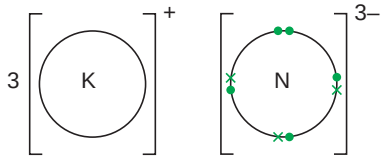
١. أ.



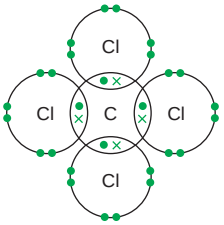
ب.



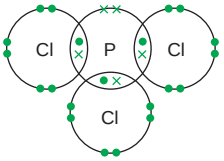
ج.



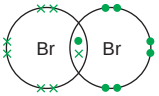
٢. أ.



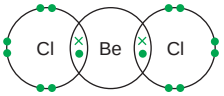
ب.



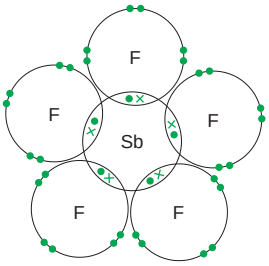
ج.



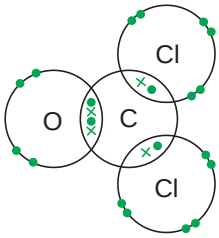
د.



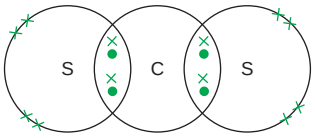
هـ.



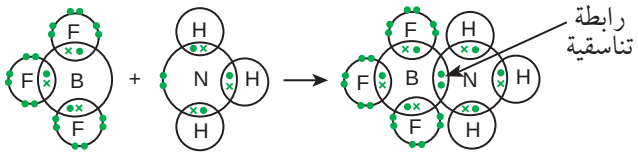
٣. أ.



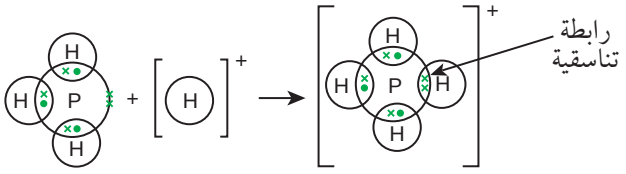
ب.



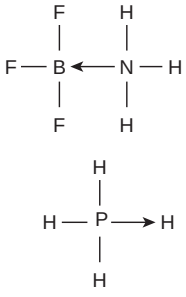
٤. أ. ١.



٢.



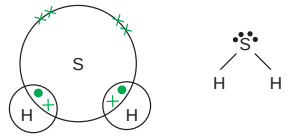
ب.



٥. أ. ١. رباعي الأوجه
٢. خطي
٣. هرم ثلاثي

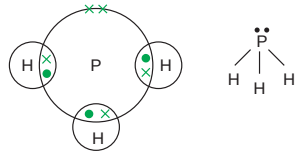
ب. عند الانتهاء من رسم كل مخطط تمثيل نقطي، ابحث عن جزيء آخر يمتلك العدد نفسه لأزواج الإلكترونات المنفردة والعدد نفسه للأزواج المشتركة. يمكن التنبؤ بأشكال الجزيئات H_2S و PH_3 وبقيم زوايا الروابط فيهما إذا اتبعت هذا النمط من التفكير.

١.



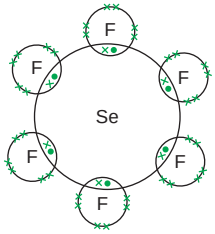
منحنٍ

٢.

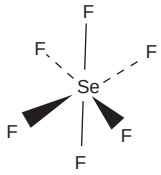


هرم ثلاثي

٦. أ.

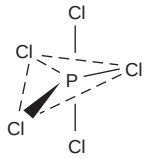


ب.



ثماني الأوجه

٧.



هرم ثلاثي مزدوج

٨. $[CuCl_4]^{2-}$: رباعي الأوجه

$[Cu(H_2O)_6]^{2+}$: ثماني الأوجه.

٩. ج. 109.5°

١٠. أ. كلما ازداد طول الرابطة قلّت قوّتها، وهذا ما يوضحه الجدول.

ب. عند الانتقال من الأعلى إلى الأسفل في مجموعة الهالوجينات، يزداد حجم الذرات، وبالتالي يزداد طول الرابطة؛ فتصبح قوة الجذب بين الإلكترونات المشتركة (في الرابطة) ونواتَي الذرّتَين المرتبطتَين أقل؛ لذلك تحتاج الرابطة إلى طاقة أقل لكسرها.

ج. تُعدّ أيّة قيمة لطول الرابطة بين 0.09 nm و 0.11 مقبولة. وتُعدّ أيّة قيمة لطاقة الرابطة بين 470 kJ/mol و 500 مقبولة.

١١. أ. Cl_2: غير قطبي؛ لأن قيم السالبية الكهربائية للعنصرَين هي نفسها وبالتالي محصلة العزم القطبي تساوي صفرًا.

ب. HF: قطبي؛ لأن الفلور يمتلك سالبية كهربائية أكبر من الهيدروجين وبالتالي محصلة العزم القطبي لا تساوي صفرًا.

ج. SCl_2: قطبي؛ لأن الكلور يمتلك سالبية كهربائية أكبر من الكبريت والشكل المنحني (V) للجزيء يعني أن الكثافة الإلكترونية غير متماثلة على طرفَيه / لا تتطابق مراكز الشحنة الموجبة والشحنة السالبة.

د. BF_3: غير قطبي؛ لأن ثنائيات الأقطاب متساوية على كل الروابط B-F وعدم وجود أزواج إلكترونية منفردة يؤدي إلى إلغاء بعضها بعضًا لأن الجزيء (مثلث مستو) متماثل.

هـ. CBr_4: غير قطبي؛ لأن ثنائيات الأقطاب متساوية على كل الروابط C-Br الأمر الذي يؤدي إلى إلغاء بعضها بعضًا لأن الجزيء (رباعي الأوجه) متماثل.

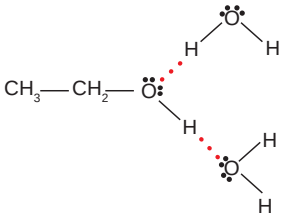
١٢. أ. التدرج: تزداد درجات الغليان للعناصر عند الانتقال في المجموعة 17 (VII) من أعلى إلى أسفل.

ب. تمتلك الجزيئات الأكبر إلكترونات أكثر. تزداد قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) مع ازدياد عدد الإلكترونات وازدياد كتلها المولية النسبية. لذا فإن هذه القوى تكون أقوى مع ازدياد حجم جزيئات الهالوجين وبالتالي سوف ترتفع درجات الغليان.

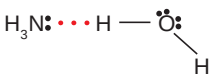
١٣. التدرج: ترتفع درجات الغليان مع ازدياد طول جزيئات الألكان. تمتلك الجزيئات الأطول والأكبر إلكترونات أكثر وتزداد كتلها المولية النسبية. وتوجد نقاط تماس أكثر في الجزيئات الأطول. تكون قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) أقوى مع ازدياد عدد نقاط التلامس، وكذلك مع ازدياد عدد الإلكترونات. لذا فإن هذه القوى تصبح أكبر كلما ازداد طول الجزيئات.

١٤. البروم جزيء غير قطبي، لذا فهو يمتلك فقط قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) بين جزيئاته. يمتلك أحادي كلوريد اليود ثنائي قطب دائم، حيث إن الكلور يمتلك سالبية كهربائية أكبر من اليود. تؤدي قوى ثنائي القطب الدائم إلى تجاذب أكبر بين جزيئات أحادي كلوريد اليود مقارنةً بقوى (id–id) بين جزيئات البروم. لذا يحتاج أحادي كلوريد اليود إلى طاقة أكبر نسبيًّا للتغلب على قوى ثنائية القطب هذه.

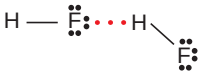
١٥. أ.



ب.



ج.



١٦. أ. تزداد درجات الغليان من الفوسفين إلى الستيبين لأنه كلما ازداد حجم الجزيئات، تزداد أيضًا قوى فان دير فال بين الجزيئات (قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd) أو قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) وتحتاج بالتالي إلى مزيد من الطاقة للتغلب على هذه القوى.

ب. لا تتبع الأمونيا هذا التدرج نظرًا لوجود روابط هيدروجينية بين جزيئات الأمونيا. والروابط الهيدروجينية أقوى من قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم أو قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث، وبالتالي سيلزم طاقة أكبر للتغلب على الروابط الهيدروجينية في الأمونيا بالمقارنة مع الطاقة اللازمة في حالة الفوسفين.

١٧. أ. يلاحظ ارتفاع درجات الغليان مع ازدياد حجم جزيئات هذه المركبات من المجموعة 15 (V). تمتلك الجزيئات الأكبر حجمًا إلكترونات أكثر. لذا تصبح قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) أقوى فترتفع درجات الغليان لهذه المركبات.

ب. تمتلك ذرات النيتروجين سالبية كهربائية أعلى من الهيدروجين، وتتكوّن الروابط الهيدروجينية في الأمونيا. تُعدّ الروابط الهيدروجينية أقوى من

قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd) أو قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) الموجودة في الفوسفين والآرسين. لذلك تحتاج الأمونيا إلى طاقة أكبر لكسر القوى بين-الجزيئات فيها، وبالتالي تكون درجة غليانها أكبر.

١٨. د. $H_3C—O—H$ و $H_3C—CH_2—CH_2—NH_2$

١٩. أ. أن فرق السالبية الكهربائية بين الألومنيوم والأكسجين يساوي 1.8 في حين فرق السالبية الكهربائية بين الألومنيوم والكلور يساوي 1.5 الأمر الذي يعني أن أكسيد الألومنيوم يمتلك خصائص أيونية أكثر من كلوريد الألومنيوم. وبالتالي توجد قوى كهروستاتيكية شديدة جدًّا بين الأيونات ذات الشحنات المتعاكسة في الشبكة الأيونية. لذلك، يحتاج أكسيد الألومنيوم إلى طاقة أعلى لكسر هذه القوى. ولا يمكن تحقيق ذلك إلّا عند درجات حرارة مرتفعة. في حين يمتلك كلوريد الألومنيوم بنية جزيئية بسيطة. وتكون قوى التجاذب بين الجزيئات ضعيفة. لذلك، لا يحتاج كلوريد الألومنيوم إلّا إلى كميّة قليلة من الطاقة لكسر هذه القوى بين الجزيئات.

ب. ينتج التوصيل الكهربائي في المركبات الأيونية من حركة الأيونات. ففي المادة الصلبة، لا تكون الأيونات حرة الحركة بسبب القوى الكهروستاتيكية القوية التي تحافظ على تماسك الأيونات معًا في الشبكة الأيونية. لذا، لا يوصل كلوريد الماغنيسيوم الصلب الكهرباء. في حين أن كلوريد الماغنيسيوم المنصهر موصّل لأن أيوناته حرة الحركة.

ج. يوصل الحديد الكهرباء لأنه يمتلك بنية فلزية تكون فيها الإلكترونات غير متمركزة وحرة الحركة. تمثل حركة الإلكترونات الحرة تيارًا كهربائيًّا. لا يوصل كلوريد الحديد الصلب الكهرباء، لأن أيوناته ليست حرة الحركة بسبب القوى الكهروستاتيكية القوية التي تحافظ على تماسك هذه الأيونات معًا في الشبكة الأيونية. بالإضافة إلى ذلك، لا توجد إلكترونات غير متمركزة حرة لتوصل الكهرباء.

د. تُعدّ جزيئات الماء قطبية، لذا يمكنها تكوين روابط مع أيونات الصوديوم والكبريتات في المادة الصلبة. الأمر الذي يسمح للأيونات المرتبطة في جزيئات الماء بالانتقال إلى المحلول. ويُعدّ الكبريت مادة صلبة غير قطبية، لذا لا يمكنه أن يكوّن روابط مع جزيئات الماء.

هـ. يمكن للبروبانول تكوين روابط هيدروجينية مع الماء لأن كلًا من الماء والبروبانول يمتلك ذرة هيدروجين مرتبطة في ذرة (أكسجين) ذات سالبية كهربائية مرتفعة؛ بالمقابل لا يذوب البروبان في الماء لأنه غير قطبي.

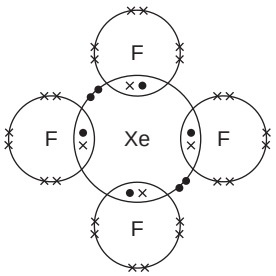
و. يتفاعل أو يتأين كلوريد الهيدروجين مع الماء لتكوين أيونات الهيدروجين (فعليًا، أيونات الهيدرونيوم) وأيونات الكلوريد، وهذه الأيونات تسمح للمحلول بتوصيل الكهرباء؛ بالمقابل لا يوصل غاز كلوريد الهيدروجين الكهرباء لأنه لا يمتلك أيونات.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. يزداد عدد الإلكترونات من الهيليوم إلى الزينون. يزداد قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id–id) مع ازدياد عدد الإلكترونات.

ب. ١. قوة الجذب الكهروستاتيكي التي تنشأ بين نواتَي ذرّتَين وزوج مشترك من الإلكترونات.

٢.

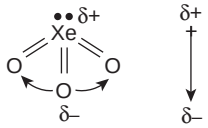


٣. مربّع مستو؛

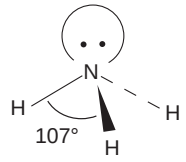
الذرة المركزية Xe محاطة بأربع ذرات فلور مع وجود زوجين من الإلكترونات غير مشتركة، وبذلك يكون تنافر أزواج الإلكترونات المنفردة بعضها مع بعض أقوى من تنافر الأزواج المشتركة. وتتباعد أزواج الإلكترونات المنفردة إلى أقصى حدّ ممكن لتقليل التنافر بحيث تكون الزاوية بين زوجَي الإلكترونات المنفردين 180°. فتكوّن ذرات الفلور الأربع مع الذرة المركزية مربعًا مستويًا.

ج. ١. يُعدّ تنافر زوج منفرد–زوج مشترك أقوى من تنافر زوج مشترك–زوج مشترك.
الأمر الذي يؤدي إلى دفع الروابط لتكون أقرب بعضها إلى بعض، وبالتالي تكون زاوية الروابط O = Xe = O أصغر؛ يكون الشكل الهندسي مشابهًا لشكل الأمونيا (مع الاختلاف من حيث وجود روابط ثنائية هنا): هرم ثلاثي.

٢.



٢. أ. ١.

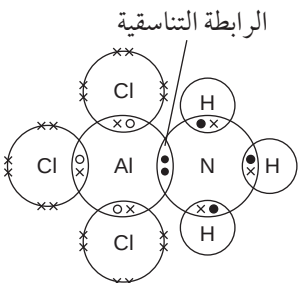


٢. 107°

ب. النيتروجين N أكبر سالبية كهربائية من الهيدروجين H؛ وعليه يكون التوزيع غير متماثل للكثافة الإلكترونية. لا تتطابق مراكز الشحنة الموجبة والشحنة السالبة.

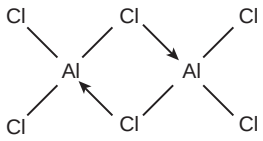
ج. ١. تمنح إحدى الذرّتَين كلا الإلكترونَين لتكوين الرابطة.

٢.



يأتي زوج الإلكترونات في الرابطة التناسقية من الأمونيا (الزوج المنفرد على ذرة النيتروجين N).

د.



٣. أ. قدرة ذرة مرتبطة تساهميًّا بذرة أخرى على جذب إلكترونات الرابطة نحوها.

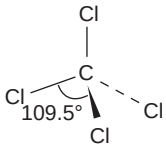
ب. ١. $H^{\delta+}–I^{\delta-}$ (رابطة قطبية)

٢. $F^{\delta-}–I^{\delta+}$ (رابطة قطبية)

٣. $C^{\delta+}–Cl^{\delta-}$ (رابطة قطبية)

ج. الفرق في السالبية الكهربائية 0.5.
يُعدّ هذا الفرق صغيرًا نسبيًّا / أقل من 1.7، لذا يكون المركب تساهميًّا.

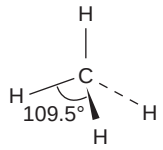
د. ١.



٢. تكون السحب الإلكترونية (أو الشحنات) متماثلة / تلغي ثنائيات الأقطاب بعضها بعضًا.

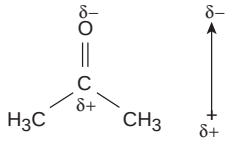
٤. أ. جزيء الميثان غير قطبي. توجد فقط قوى تجاذب ضعيفة بين جزيئات الميثان.

ب.



ج. حتى تكون المواد قابلة للتطاير ويمكن شمها لا بد أن تكون درجات غليانها منخفضة، لذا ينبغي أن يكون تركيبها البنائي بسيطًا.

٥.



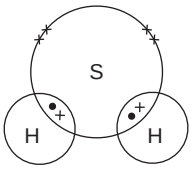
الطرف الذي يحمل الشحنة الجزئية +δ في ثنائي القطب ينجذب نحو الشحنة السالبة على الساق البلاستيكية.

٦. أ. يذوب يوديد الصوديوم في الماء، ولا يذوب اليود. يحتوي يوديد الصوديوم على أيونات يمكنها تكوين روابط مع جزيئات الماء.
اليود غير قطبي / لا يمكن لجزيئات اليود أن تكسر الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء ولا يمكن لجزيئات الماء أن تكسر القوى id-id بين جزيئات اليود.

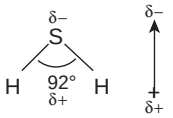
ب. يوديد الصوديوم مركّب أيوني. حيث توجد قوى تجاذب شديدة بين الأيونات ذات الشحنات المتعاكسة؛ لذا يحتاج يوديد الصوديوم إلى الكثير من الطاقة للتغلب على قوى التجاذب القوية هذه (أي درجة غليان مرتفعة).
جزيء اليود صغير، وتكون القوى بين-الجزيئات ضعيفة؛ لذا لا يحتاج اليود إلى الكثير من الطاقة للتغلب على قوى التجاذب هذه (أي درجة غليان منخفضة).

ج. الفرق في السالبية الكهربائية يساوي 1.6.
هذا الفرق كبير نسبيًّا / الفرق قريب من 1.7، لذا يُعدّ هذا المركّب أيونيًّا.

٧. أ.



ب.



جزيء منحني

ج. ١. جزيء H_2Se أكبر من جزيء H_2S ويحتوي على عدد أكبر من الإلكترونات؛ ما يؤدي إلى ازدياد قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd) في H_2Se وازدياد درجة الغليان.

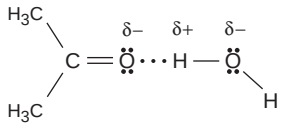
٢. يمتلك الأكسجين سالبية كهربائية مرتفعة جدًّا. يكوّن الماء روابط هيدروجينية بين ذرة H في أحد الجزيئات وذرة O في جزيء آخر. هذه الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أقوى وأكبر من قوى (id-id) و (pd-pd) الناشئة بين جزيئات H_2S.

٨. أ. ١. في الجليد وفي الماء تكون جزيئات الماء متقاربة. في الجليد توجد جزيئات الماء في شبكة ثلاثية الأبعاد وهي مترابطة هيدروجينيًّا. ولأن البنية ثابتة في الجليد تؤدي الروابط الهيدروجينة الطويلة نسبيًّا إلى تباعد جزيئات الماء بالمقارنة مع الحالة السائلة حيث يمكن لهذه الجزيئات أن تكون حرة الحركة نسبيًّا ويكون طول الرابطة الهيدروجينية أقل تأثيرًا. لذا تكون كثافة الجليد أقل من كثافة الماء السائل.

٢. أيّ الخيارَين ممّا يلي يعدّ صحيحًا:
درجة انصهار (أو درجة غليان) مرتفعة نسبيًّا، توتر سطحي مرتفع نسبيًّا، لزوجة مرتفعة نسبيًّا.

ب. وجود ذرة هيدروجين في رابطة تساهمية مع ذرة ذات سالبية كهربائية مرتفعة جدًّا في جزيء الماء؛ وذرة أخرى ذات سالبية كهربائية مرتفعة أيضًا، وتمتلك زوجًا منفردًا من الإلكترونات موجودة في جزيء مجاور (البروبانون).

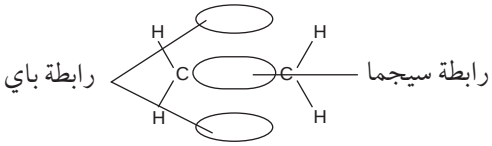
ج.



الرابطة الهيدروجينية موضّحة بين أكسجين البروبانون وهيدروجين الماء؛ وهي موضّحة في شكل نقاط، والزاوية بين الروابط O ... H—O تساوي 180°.

د. تتكوّن رابطة σ (رابطة سيجما) نتيجة التداخل المحوري (رأس–رأس) / أو الخطي بين فلكَين ذريَّين؛ تتكوّن رابطة π (باي) نتيجة التداخل الجانبي لأفلاك p / أفلاك مختلفة عن أفلاك s.

هـ.



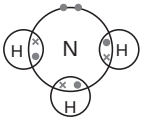
السحابة الإلكترونية لرابطة سيجما موضّحة بين ذرتَي كربون؛
أمّا السحب الإلكترونية لرابطة باي فموضّحة فوق مستوى الرابطة سيجما وتحتها.

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

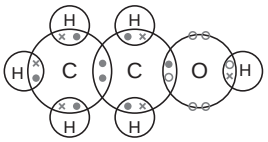
إجابات الأنشطة

نشاط ٣-١

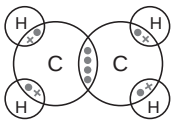
١.



الأمونيا

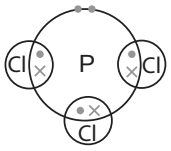


الإيثانول

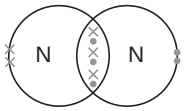


الإيثين

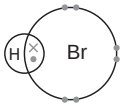
٢. (١)



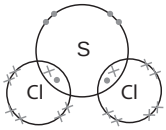
(٢)



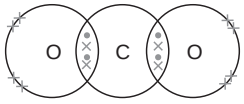
(٣)



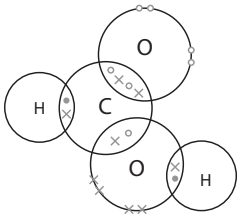
(٤)



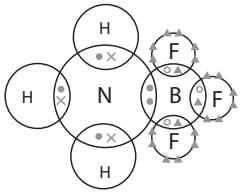
(٥)



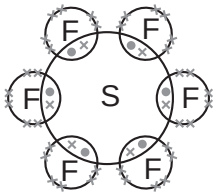
(٦)



(٧)



(٨)



نشاط ٣-٢

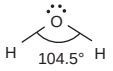
١. (١) 109.5°

(٢) 107°

(٣) 104.5° بين ذرة الأكسجين والهيدروجين
وبين ذرة الكربون والهيدروجين 109.5°

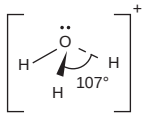
(٤) 120°

٢. (١)



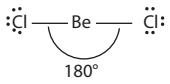
منحنٍ

(٢)



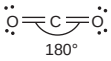
هرم ثلاثي

(٣)



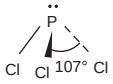
خطي

(٤)



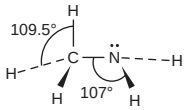
خطي

(٥)



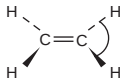
هرم ثلاثي

(٦)



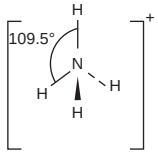
رباعي الأوجه حول ذرة C،
هرم ثلاثي حول ذرة N

(٧)



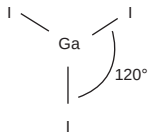
مستوٍ، وتشكل كل مجموعة H-C-H مثلثًا مستويًا. (تقبل قيم الزوايا بين 117–120°)

(٨)



رباعي الأوجه

(٩)



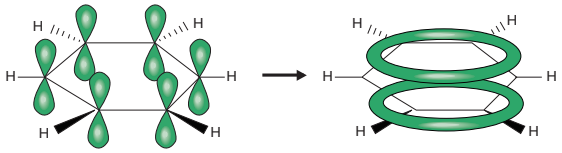
مثلث مستوٍ

نشاط ٣-٣

١. أ. A = سيجما، B = باي، sp^3 = C، sp^2 = D

ب. تمتلك سحب الإلكترونات الكثافة الإلكترونية نفسها تقريبًا عندما يقترب بعضها من بعض، لذا فهي تتنافر في شكل متساوٍ.

٢. أ. تتّحد الأفلاك p لتشكل حلقة فوق مستوى ذرات الكربون وحلقة تحتها كما في الشكل الآتي.



ب. الإلكترونات التي تأتي من الأفلاك p قادرة على التحرّك ضمن الحلقتَين.

ج. البنزين جزيء منفرد، وعلى الرغم من أن الإلكترونات غير المتمركزة يمكن أن تتحرّك داخله، إلّا أنها لا تستطيع الانتقال بين الجزيئات المنفصلة.

د. يتكون الجرافيت من حلقات سداسية شبيهة بالبنزين (من دون هيدروجين)، ومتصلة بعضها ببعض في شكل طبقات من التراكيب الضخمة وتتحرك الإلكترونات بين أفلاك p فتوصل الكهرباء. (راجع كتاب الكيمياء–الصف العاشر). وبالتالي يمكن لحلقات الإلكترونات p أن تتّحد فيما بينها، بحيث تتحرك الإلكترونات فوق كل طبقة من الجرافيت وتحتها.

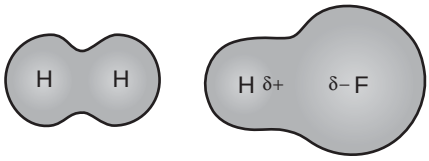
٣. تُعدّ الروابط التساهمية الموجودة في جزيء الأكسجين أضعف من الروابط الموجودة في جزيء النيتروجين/ قيمة طاقة الرابطة للرابطة الثنائية في الأكسجين أقل من قيمة طاقة الرابطة للرابطة الثلاثية في النيتروجين. لذلك يكون كسر الروابط الموجودة في الأكسجين أسهل.

٤. السحابة (الكثافة) الإلكترونية للرابطة باي في الإيثين أكثر عرضة للتفاعل مع المواد المتفاعلة مقارنةً بروابط سيجما. الأمر الذي يجعل الإيثين أكثر نشاطًا لامتلاكه الرابطة باي.

نشاط ٣-٤

١. الفلور > الأكسجين > النيتروجين > الكلور > الهيدروجين

٢. أ.



ب. يُعدّ الفلور أكثر سالبية كهربائية من الهيدروجين، لذلك فهو يسحب إلكترونات الرابطة أكثر نحوه وبالتالي تتمركز السحابة الإلكترونية حوله.

٣. أ. قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd) وتكون أقوى في CH_3Cl.

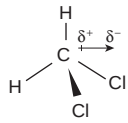
ب. الرابطة الهيدروجينية وتكون أقوى في CH_3OH.

ج. قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث (id-id) وتكون أقوى في $CH_3(CH_2)_4CH_3$.

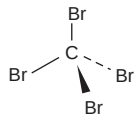
د. قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (pd-pd) وتكون أقوى في $CH_3COOCH_2CH_3$.

هـ. قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم (ليس الرابطة الهيدروجينية لأن Br لا يمتلك سالبية كهربائية مرتفعة بشكل كاف) وتكون أقوى في CH_3NH_2.

٤. أ.

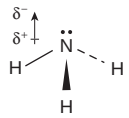


ب.



لا شيء

ج.



د.

٥. أ. تترابط جزيئات الماء بوساطة روابط هيدروجينية، في حين تترابط جزيئات البنتان بوساطة قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث. الرابطة الهيدروجينية أقوى من قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث، لذا فإن الطاقة المطلوبة لكسر الروابط بين جزيئات الماء تكون أكبر من تلك المطلوبة بين جزيئات البنتان.

ب. يمتلك البنتان سلسلة هيدروكربونية أطول وإلكترونات أكثر من البيوتان. لذا فإن البنتان يمتلك مناطق تلامس أكثر لقوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث، وبالتالي تكون درجة غليانه أكثر ارتفاعًا (مرتفعة بما يكفي ليكون في الحالة السائلة).

ج. تترابط جزيئات CH_3NH_2 بوساطة روابط هيدروجينية، في حين تترابط جزيئات CH_3Cl بوساطة قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم. الروابط الهيدروجينية أقوى من قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم، لذا فإن الطاقة المطلوبة لكسر الروابط بين جزيئات CH_3NH_2 تكون أكبر من تلك المطلوبة بين جزيئات CH_3Cl.

٦. $CH_3CH_2CH_2Cl$ جزيء قطبي لأن Cl يمتلك كهروسالبية مرتفعة نسبيًا. لذا فإن هذا الجزيء يحمل شحنة جزئية موجبة على الكربون المرتبط في Cl الذي يكون بالتالي عرضة للتفاعل مع المواد المتفاعلة الأخرى. $CH_3CH_2CH_3$ جزيء غير قطبي لذا لا توجد ثنائيات أقطاب لتسمح بالتفاعل مع جزيئات أخرى.

نشاط ٣-٥

١. أ. هي نوع خاص من الروابط التساهمية تحدث بين ذرتَين حيث تقوم إحداهما بمنح زوج من الإلكترونات الحرة لذرة أو أيون يمتلك فلكًا فارغًا (أو أكثر).

ب. قدرة ذرة مرتبطة تساهميًّا بذرة أخرى على جذب إلكترونات الرابطة نحوها.

٢. أ. تزداد السالبية الكهربائية عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. ونتيجة زيادة الشحنة الموجبة في النواة عبر الدورة، يكون الجذب أكبر للإلكترونات الموجودة في الرابطة التساهمية عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

ب. الكلور أكثر سالبية كهربائية من البروم، لذا تتجذب إلكترونات الرابطة أكثر نحو الكلور. ويتكوّن ثنائي قطب حيث تكون الكثافة الإلكترونية عند طرف الكلور أكبر من طرف البروم.

٣. الفرق في السالبية الكهربائية بين الماغنيسيوم (Mg: 1.2) والكلور (Cl: 3.0) هو 1.8؛ الرابطة بين العنصرَين هي رابطة أيونية والمركب أيوني.

الفرق في السالبية الكهربائية بين الكربون (C: 2.5) والكلور (Cl: 3.0) هو 0.5؛ الرابطة بين العنصرَين هي رابطة تساهمية والمركب تساهمي.

٤. أ. المسافة التي تفصل نواتَي ذرّتَين مترابطتَين تساهميًّا.

ب. تزداد أطوال روابط هاليدات الهيدروجين مع ازدياد حجم ذرة الهالوجين (عند الانتقال في المجموعة من أعلى إلى أسفل). عند الانتقال في المجموعة من أعلى إلى أسفل، تصبح الإلكترونات الخارجية لذرات الهالوجين أكثر بُعدًا عن النواة، وتزداد درجة الحجب. لذا يُعدّ هذان العاملان أكثر تأثيرًا من ازدياد الشحنة النووية.

٥. أ. B (قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث، الأضعف) < D (قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم) < A (الرابطة الهيدروجينية) < C (الرابطة الأيونية، الأقوى).

ب. تعتمد قوة الرابطة على نوع العناصر المرتبطة، لذا من الصعب الحكم على قوة الرابطة إلّا من خلال معرفة العناصر المرتبطة بها. (على سبيل المثال: لا تُعدّ الرابطة الفلزية في الصوديوم قوية جدًّا، وكذلك بالنسبة إلى الرابطة التساهمية I–I. وتُعدّ الرابطة الفلزية في الحديد شديدة القوة، وكذلك بالنسبة إلى الرابطة التساهمية في H–F).

نشاط ٣-٦

١. A بنية أيونية ضخمة، B جزيئية ضخمة / تساهمية ضخمة، C فلزية.

٢.

	البنية A	البنية B	البنية C
نوع الجسيمات الموجودة في المخطط	أيونات موجبة وسالبة / أنيونات وكاتيونات	ذرّات Si و O	أيونات فلزية وإلكترونات غير متمركزة
درجة الانصهار	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة بشكل عام
التوصيل الكهربائي للمادة الصلبة	لا توصل	لا توصل	توصل
التوصيل الكهربائي للمصهور	توصل	لا توصل	توصل

٣. ١ مع د، ٢ مع ج، ٣ مع ب، ٤ مع هـ، ٥ مع أ.

٤. تتكوّن البنية الفلزية عندما تفقد ذرات الفلز إلكتروناتها الخارجية / إلكترونات التكافؤ التي تتحوّل إلى إلكترونات غير متمركزة/ مكوّنة بحرًا من الإلكترونات التي تتحرك بحرّية بين طبقات من أيونات الفلز.

توصّل الفلزات الكهرباء لأن الإلكترونات غير المتمركزة تتحرك بحرّية عند تطبيق جهد كهربائي.

تُعدّ الفلزات قابلة للطرق، لأنه يمكن التغلّب على قوى التجاذب بين أيونات الفلز والإلكترونات غير المتمركزة، عند تطبيق أيّة قوة، الأمر الذي يسبب انزلاق الطبقات بعضها فوق بعض. وعندما تزول هذه القوة تتكوّن قوى التجاذب بين أيونات الفلز والإلكترونات غير المتمركزة من جديد.

إجابات الاستقصاءات العملية

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

المقدمة

في هذا الاستقصاء العملي، سيجري الطلبة اختبارات على ثلاث مواد، ويفسّرون ملاحظاتهم باستخدام معارفهم بالبنى (التراكيب). هذا الاستقصاء العملي اختياري.

التحضير للاستقصاء

- يجب أن يكون الطلبة على دراية بأنواع البنى (التراكيب) وبكيفية تأثير بنية مادة ما على خصائصها.
- يجب أن يكون الطلبة على دراية بسلوك الأنواع المختلفة من البنى عند اختبار التوصيل الكهربائي ودرجات الانصهار.

غالبًا ما يحتوي ثنائي أكسيد السيليكون على شوائب، لذلك يجب غسله جيدًا بالماء المقطر وتجفيفه في الفرن قبل الاستخدام.

ستحتاج إلى

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

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

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

توجيهات حول الاستقصاء

- تُعدّ الطرائق المستخدمة بسيطة جدًا، ولكن بالإضافة إلى الاستقصاء حول التوصيل الكهربائي، على الطلبة معرفة استخدام كميات صغيرة من المواد الصلبة الثلاث.

كلف الطلبة إجراء بحث على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) حول التحليل الكهربائي لمصهور يوديد البوتاسيوم.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يحتاج الطلبة إلى أن يكونوا على دراية بما يكوّن مادة صلبة ذائبة. فهم يحتاجون إلى استخدام كميّات صغيرة من المادة الصلبة المذكورة أعلاه.

النتائج

يرجى الرجوع إلى الجدول ٣-١.

المادة	ملخص الملاحظات	نوع البنية
شمع	ينصهر بسهولة، وبالتالي يمتلك درجة انصهار منخفضة. لا يوصّل الكهرباء في الحالة الصلبة. يذوب في الهكسان غير القطبي.	جزيئي بسيط
ثنائي أكسيد السيليكون	لا ينصهر، لذلك تُعدّ درجة انصهاره مرتفعة جدًّا. لا يوصّل الكهرباء في الحالة الصلبة. كما أنه لا يذوب في الماء ولا في الهكسان.	جزيئي ضخم
يوديد البوتاسيوم	ينصهر إذا تمّ تسخينه بشدة، وتكون درجة انصهاره مرتفعة. لا يوصّل الكهرباء في الحالة الصلبة، بل يوصّلها في محلوله المائي. يذوب في الماء، لا في الهكسان.	أيوني ضخم

إجابات عن أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. الشمع

يمتلك الشمع بنية جزيئية بسيطة. لا يوصّل الكهرباء في الحالة الصلبة أو في محلول لأنه لا يحتوي على جسيمات ذات شحنات كهربائية. الشمع غير قطبي، وبالتالي سوف يذوب في الهكسان غير القطبي، ولكن ليس في الماء.

٢. ثنائي أكسيد السيليكون

يمتلك ثنائي أكسيد السيليكون بنية تساهمية ضخمة، كما يمتلك درجة انصهار مرتفعة جدًا لأنه يجب كسر الروابط التساهمية القوية جميعها عندما ينصهر. ونظرًا لأن الروابط الموجودة في هذه البنية الضخمة جميعها تُعدّ تساهمية، فلن يذوب ثنائي أكسيد السيليكون في الماء القطبي أو في الهكسان غير القطبي.

٣. يوديد البوتاسيوم

يمتلك يوديد البوتاسيوم بنية أيونية ضخمة. لا يوصّل الكهرباء في الحالة الصلبة لأن الأيونات ثابتة لا يمكنها التحرك وحمل التيار الكهربائي، ولكنه يوصّل الكهرباء عندما يذوب في الماء، حيث يمكن للأيونات أن تتحرك بحرية في المحلول وتحمل التيار الكهربائي، وبالتالي فإن محلول يوديد البوتاسيوم يُعدّ موصّلًا. ويمتلك درجة انصهار مرتفعة بسبب التجاذب الكهروستاتيكي الشديد بين الأيونات ذات الشحنات المتعاكسة. وهو يذوب في الماء ولكن ليس في الهكسان.

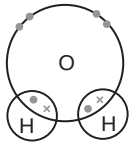
إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ. تزداد درجة الغليان مع زيادة حجم الجزيئات (زيادة الكتلة المولية) الأمر الذي يؤدي إلى زيادة عدد الإلكترونات. وبالتالي، تزداد القوى بين-الجزيئات (قوى فان دير فال) ويصعب كسر هذه القوى.

ب. يمتلك الميثان أصغر درجة غليان لأنه لا توجد بين جزيئاته سوى قوى ثنائي القطب اللحظي-ثنائي القطب المستحث. يمتلك كل من الأمونيا والماء وفلوريد الهيدروجين روابط هيدروجينية. الرابطة الهيدروجينية في الأمونيا هي الأضعف، لأن النيتروجين أقل سالبية كهربائية من الأكسجين والفلور. يمتلك الماء درجة غليان أكبر من فلوريد الهيدروجين، لأنه يمكن أن يكوّن (في المتوسط) رابطتَين هيدروجينيتَين لكل جزيء.
في حين يمكن للفلور أن يكوّن (في المتوسط) رابطة هيدروجينية واحدة فقط لكل جزيء.

ج.



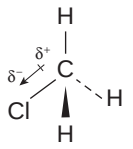
زوج مشترك من الإلكترونات بين كل من O و H.
زوجان منفردان من الإلكترونات على الأكسجين.

د. ١. يكون تنافر زوج منفرد – زوج منفرد أقوى من تنافر زوج منفرد – زوج مشترك.
يقرّب التنافر زوجًا منفردًا – زوجًا منفردًا روابط OH بعضها من بعض / ليعطي شكلًا منحنيًا (شكل V).

٢. 104.5°

٣. الرابطة الهيدروجينية نوع قوي من قوى ثنائي القطب الدائم – ثنائي القطب الدائم. يكون الهيدروجين مرتبطًا في ذرة ذات سالبية كهربائية عالية، مثل N أو O أو F، ويكون في الوقت نفسه مرتبطًا في زوج منفرد من الإلكترونات موجود على ذرة أخرى ذات سالبية كهربائية مرتفعة جدًّا.

هـ.



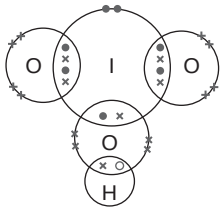
رباعي الأوجه

الاتجاه الصحيح لثنائي القطب: نحو ذرة Cl.

و. تلغي ثنائيات الأقطاب بعضها بعضًا / يكون مركز الشحنة الموجبة والسالبة في الجزيء هو نفسه.

السؤال ٢

أ. ١.



٢. يكون تنافر زوج منفرد – زوج مشترك أقوى من تنافر زوج مشترك – زوج مشترك
يقرّب التنافر زوجًا منفردًا – زوجًا مشتركًا روابط I – O بعضها من بعض.

٣. تُقبل القيم بين 98° و 104°

ب. لكون الكتلة المولية لجزيء اليود أكبر فهو يمتلك إلكترونات أكثر، لذا تكون قوى ثنائي القطب اللحظي – ثنائي القطب المستحث فيه أقوى ويكون في الحالة الصلبة عند الظروف نفسها.

ج. ترتبط جزيئات فلوريد الهيدروجين بعضها في بعض بروابط هيدروجينية.
في حين يمتلك يوديد الهيدروجين قوى ثنائي القطب الدائم.

تُعدّ الرابطة الهيدروجينية أقوى من قوى ثنائي القطب الدائم.

د. يحتوي البنتان على مساحة تلامس أكبر / يحتوي 2,2- ثنائي ميثيل البروبان على مساحة تلامس أصغر

تتقارب السلاسل في البنتان أكثر/ لا تتقارب السلاسل في 2,2- ثنائي ميثيل البروبان بالدرجة نفسها/ يمتلك 2,2- ثنائي ميثيل البروبان سلسلة فرعية بارزة.

فتكون قوى فان دير فال / القوى بين-الجزيئات أقوى عند البنتان / وأضعف عند 2،2- ثنائي ميثيل البروبان.

هـ. رابطة تساهمية تناسقية.

بسبب وجود أفلاك فارغة في ذرة الألومنيوم وأزواج منفردة من الإلكترونات على ذرة الكلور، تنشأ هذه الرابطة التناسقية لتؤمّن اكتمال مستوى طاقة التكافؤ للألومنيوم بثمانية إلكترونات.

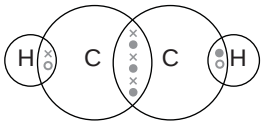
السؤال ٣

أ. ١. الطاقة اللازمة لكسر مول واحد من رابطة تساهمية معيّنة في الحالة الغازية. وحدة قياس طاقة الرابطة هي kJ/mol.

٢. تحتوي الصيغة C=C على رابطة سيجما ورابطة باي في حين أن الصيغة C–C تحتوي على رابطة سيجما فقط. وكما هو معلوم فإن طاقة الرابطة باي أقل من طاقة الرابطة سيجما، لذا لا يمكن أن تساوي قيمة طاقة الرابطة C=C ضعفَي قيمة طاقة الرابطة C–C.

٣. تُقبل القيم بين 700 kJ/mol و 876 (القيمة الفعلية 838).

ب. ١.



٢. خطي، 180°

ج. ١. تتكوّن الرابطة الثلاثية من رابطتَي باي π ورابطة واحدة σ سيجما.

تشكل رابطتا باي (π) زوايا قائمة بعضهما مع بعض (90°) / زوايا قائمة على طول محور الجزيء.

٢. نوع التهجين لكل ذرة كربون هو sp. الرابطة H-C هي رابطة σ سيجما، تتكوّن نتيجة تداخل رأس–رأس بين فلك sp وفلك 1s من H.

تتكوّن رابطة سيجما C–C نتيجة تداخل رأس–رأس بين فلكَي sp من كل ذرة C. وتتكون رابطتا باي بين C–C نتيجة التداخل الجانبي بين أفلاك p غير المهجنة.

الوحدة الرابعة

تفاعلات الأكسدة-اختزال

العلوم ضمن سياقها: عدسات ذاتية التعتيم (تتلوّن عند تعرّضها للضوء)

هذا النشاط يعرّف الطلبة على تفاعل الأكسدة-اختزال الذي يحدث في العدسات الفوتوكرومية. ابدأ النشاط بمناقشة الآثار الضارة للأشعة فوق البنفسجية الموجودة في ضوء الشمس على العينين. قد يسأل الطلبة عن الأنواع المختلفة لهذه الأشعة.

يمكن تصنيف الأشعة فوق البنفسجية على النحو التالي:

- UVA: يملك هذا النوع من الأشعة طاقة أقل من أشعة UVB و UVC. لكن الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تصل إلى العدسة وتنفذ منها إلى شبكية العين.
- UVB: يملك هذا النوع من الأشعة طاقة أكثر من أشعة UVA. يمكن أن تصل هذه الأشعة إلى سطح الأرض ولكن يتم ترشيحها جزئيًا بواسطة طبقة الأوزون.
- UVC: تعد الأشعة فوق البنفسجية الأعلى من حيث الطاقة والأكثر ضررًا للعينَين.

الآثار الضارة للأشعة فوق البنفسجية على العين تشمل ما يلي:

- تشكل الساد أو الكاتاراكت والتنكس البقعي (تصبح الرؤية مشوشة بسبب ضعف جزء من الشبكية). يعد ذلك مرتبطًا بالتعرض للأشعة فوق البنفسجية UVA.
- قد تسبب أشعة UVB أورامًا على سطح العين ، الأمر الذي يؤدي إلى مشاكل في القرنية بالإضافة إلى تشوه الرؤية.
- يمكن أن يؤدي التعرض الشديد لأشعة UVB إلى العمى الثلجي (التهاب القرنية)، الذي قد يؤدي إلى فقدان مؤقت للرؤية لمدة يوم أو يومين.

لحماية العين من الإشعاع الشمسي الضار، يجب أن تحجب النظارات الشمسية الأشعة فوق البنفسجية بنسبة 100%. تؤمّن الإطارات التي تغطي جوانب العين أفضل حماية لأنها تحد من مقدار ضوء الشمس الشارد الذي يصل إلى العينَين من أعلى العدسات ومن جوانبها.

لاحظ أن خطر التعرض للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يكون مرتفعًا جدًا حتى في الأجواء الغائمة.

ترد أدناه مزايا العدسات الفوتوكرومية:

- تقوم بالتعتيم حسب كمية الضوء. لأنه مع النظارات الشمسية العادية، وعند التواجد تحت ضوء الشمس، سيبدو كل شيء قاتمًا جدًا.
- تقوم بالتعتيم بشكل سريع نسبيًا بحيث لا تتعرض العينان للأشعة فوق البنفسجية لفترة طويلة.
- يمكن استخدام هذه النظارات كالنظارات العادية في الداخل أو الخارج.
- تؤمّن هذه النظارات حماية مستمرة من الأشعة فوق البنفسجية. وبذلك يخف الشعور بالقلق من احتمال نسيان النظارات الشمسية عند الخروج.
- يمكن توفير المال بالاستغناء عن شراء النظارات الطبية والنظارات الشمسية معًا.

ترد أدناه سلبيات العدسات الفوتوكرومية:

- في الأماكن الباردة/الطقس البارد، قد يصبح التعتيم أكثر من المتوقع، لذا تصبح الرؤية غير واضحة وهو ما لا يحدث في حالة النظارات الشمسية العادية.
- في الأماكن الحارة/الطقس الحار، قد يصبح التعتيم أقل من المتوقع، لذلك ربما لا يتم حجب ضوء الأشعة فوق البنفسجية كليًا.
- عندما تنتقل من مكان حيث يكون ضوء الشمس ساطعًا إلى مكان مظلم، يستغرق الأمر وقتًا حتى تعود العدسات شفافة مرة أخرى.
- تستغرق عملية التعتيم ما يصل إلى دقيقة بحيث ستتعرض عيناك للأشعة فوق البنفسجية لفترة من الوقت. لن تواجه هذه المشكلة في حال لم تتأخّر في وضع نظارة شمسية عادية.
- لا تصبح العدسات داكنة داخل السيارة لأن الزجاج الأمامي يؤمّن إلى حد ما حماية من الأشعة فوق البنفسجية. وهذا يمنع العدسات الفوتوكرومية من تحقيق التعتيم.

نظرة عامة

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

- حيث تتضمن هذه الوحدة مجموعة من المهارات والمفاهيم مثل:
- مفهوم أعداد التأكسد الذي يطبق على العناصر والأيونات والمركبات التساهمية.
- تحديد عدد التأكسد لعنصر ما.
- تسمية أيون أو مركب باستخدام أعداد التأكسد.
- تفاعلات الأكسدة-اختزال عن طريق انتقال الإلكترونات.
- تفاعلات الأكسدة-الاختزال الذاتي (عدم التناسب).
- استخدام أعداد التأكسد في وزن معادلات الأكسدة-اختزال.
- ويمكن تغطية أهداف التقويم AO1 و AO2 في هذا الموضوع، فضلًا عمّا يرد من بعض الفرص لاستخدام هدف التقويم AO3.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٤-١، ٤-٢ ٤-٣، ٤-٤	٤-١ أعداد التأكسد	٣	الأسئلة من ١ إلى ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ج) ٢(أ، ب) ٣(أ، ج(١، ٢)) ٤(أ، ج)	نشاط ٤-١ أعداد التأكسد نشاط ٤-٢ تسمية المركبات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ)، ٢(أ(١، ٢، ٤))، ٣(أ)
٤-٥، ٤-٦	٤-٢ تفاعلات الأكسدة-اختزال	٢	السؤال ٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب، د، هـ) ٢(ج، د) ٣(ب، ج(٣، ٤))، ٤(ب، د١)	نشاط ٤-٣ الأكسدة والاختزال السؤالان ١، ٢ نشاط ٤-٤ العوامل المؤكسِدة والعوامل المختزِلة نشاط ٤-٥ معادلات الأكسدة-اختزال السؤالان ١، ٤ استقصاء عملي ٤-١ فهم الأكسدة-اختزال أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ج، د)، ٢(أ٣)، ٣(ب)، ٤
٤-٧	٤-٣ وزن المعادلات الكيميائية باستخدام أعداد التأكسد	٣	السؤالان ٥، ٦ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(هـ)، ٤(د٢)	نشاط ٤-٣ الأكسدة والاختزال السؤال ٣ نشاط ٤-٥ معادلات الأكسدة-اختزال السؤالان ٢، ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب، ج، هـ)، ٢(ب، ج)، ٣(ج، د)

الموضوع ٤-١ أعداد التأكسد

الأهداف التعليمية

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

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٤-١ أعداد التأكسد – قواعد حساب أعداد التأكسد – مركّبات تتكوّن من فلز ولافلز – مركّبات تتكوّن من لافلز ولافلز – أيونات مركّبة – تسمية المركّبات – أكاسيد النيتروجين – أيونات النترات – استنباط الصيغة الكيميائية مهارة عملية ٤-١ تنفيذ تفاعلات في أنابيب الاختبار الأسئلة من ١ إلى ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ج)، ٢(أ، ب) ٣(أ، ج(١، ٢)) ٤(أ، ج)	• تحديد أعداد التأكسد ومعناها • قواعد حساب أعداد التأكسد وحساب أعداد التأكسد للعناصر • تسمية المركبات والأيونات باستخدام أعداد التأكسد • حساب الصيغ باستخدام أعداد التأكسد • استخدام الأرقام الرومانية في أسماء المركبات
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٤-١ أعداد التأكسد نشاط ٤-٢ تسمية المركبات أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ)، ٢(أ(١، ٢، ٤))، ٣(أ)	• حساب أعداد التأكسد • تسمية المركبات باستخدام أعداد التأكسد • كتابة الصيغ الكيميائية من الأسماء وأعداد التأكسد

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

ربما لا ينتبه بعض الطلبة إلى الأرقام الرومانية المتضمنة في أسماء المركبات الكيميائية، فيقومون بإعطاء الصيغ المألوفة لهذه المركبات. على سبيل المثال، غالبًا ما يتم إعطاء كبريتات (IV) الصوديوم الصيغة (Na_2SO_4) بدلًا من (Na_2SO_3). لأن هذه الصيغة (Na_2SO_4) تكون مألوفة لديهم من دون الانتباه إلى الأرقام الرومانية التي تلي الاسم.

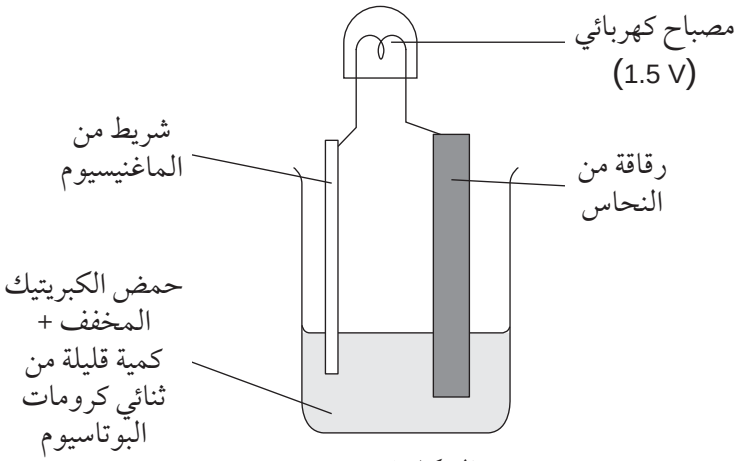
أنشطة تمهيدية

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

١ فكرة أ (٥ دقائق)

في حال توافرت هذه الأدوات والمعدات في المختبر، يمكن عرض تفاعل أكسدة-اختزال بسيط من خلال إعداد التجربة العملية باستخدام فلزَي الماغنيسيوم والنحاس كما هو موضح في الشكل (٤-١).

يمكن للطلبة مناقشة ما يحدث هنا وما يظهره المصباح الكهربائي. بدلًا من ذلك، يمكن عرض هذه التجربة نظريًا كعرض توضيحي وإخبار الطلبة أن المصباح يضيء.



الشكل ٤-١

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

يمكن للطلبة العمل ضمن مجموعات وطرح الأفكار وإجراء عصف ذهني حول ما يتذكرونه عن الأكسدة والاختزال من السنوات السابقة. يمكنهم مشاركة أفكارهم مع زملائهم في الصف.

الأنشطة الرئيسية

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

١ معنى أعداد التأكسد وحسابها (٢٠ دقيقة)

اعرض على الطلبة الصيغتَين ($FeCl_2$) و($FeCl_3$) وكلفهم تحديد الفرق بين أيونات الحديد في هاتَين الصيغتَين. يجب على الطلبة تحديد أنه في ($FeCl_2$)، يُفقد إلكترونان من كل ذرة حديد؛ أما بالنسبة إلى الصيغة ($FeCl_3$)، فتُفقد ثلاثة إلكترونات من كل ذرة حديد.

استخدم هذا المثال لشرح مفهوم أعداد التأكسد؛ يساوي عدد تأكسد الحديد في (Fe^{2+}): 2+ أما في (Fe^{3+}) فيساوي عدد تأكسد الحديد: 3+. يساوي عدد تأكسد الكلور في (Cl^-): 1-. يساوي عدد التأكسد للعناصر في المركبات الأيونية البسيطة عددَ الشحنات نفسه الذي يحملها الأيون.

اعرض على الطلبة المعادلتَين الآتيتَين:

$$H_2(g) + ½\ O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$$

و

$$Mg(s) + ½\ O_2(g) \longrightarrow MgO(s)$$

تعد هاتان المعادلتان متشابهتَين، حيث يتأكسد كل من الهيدروجين والماغنيسيوم، لكن حساب أعداد التأكسد بالاعتماد على الشحنات التي تحملها الأيونات لا يطبق في هذه الحالة مع الهيدروجين والأكسجين الموجودين في الماء، لأن هذين العنصرين لا يحملان أيّة شحنات ظاهرة.

نشر الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) قواعد لحساب أعداد التأكسد، والتي تشمل المركبات التساهمية وكذلك المركبات الأيونية. يمكن للطلبة قراءة هذه القواعد في كتاب الطالب الجدول (٤-١) قواعد حساب أعداد التأكسد، ومعرفة كيفية تطبيق هذه القواعد على مركبات تتكون من فلز ولافلز، أو مركبات تتكون من لافلز ولافلز، أو الأيونات المركبة.

يمكن للطلبة الإجابة عن السؤال ١ والبدء بحل النشاط ٤-١ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

› **فكرة للتقويم:** باستخدام كتاب الطالب، كلف الطلبة العمل ضمن ثنائيات للعثور على صيغ المركبات واستنتاج أعداد تأكسد العناصر الموجودة فيها، ثم اختبار بعضهم بعضًا.

٢ تسمية المركبات (٢٠ دقيقة)

ارجع إلى المثال الذي يتناول الصيغتَين ($FeCl_2$) و ($FeCl_3$) وكلف الطلبة تسمية هذَين المركبَين. اشرح ضرورة تسمية عدد التأكسد باسمه عند احتمال أن يتضمن أحد العناصر الموجودة في المركب أعداد تأكسد مختلفة. اشرح كيف تُستخدم الأرقام الرومانية الموجودة بين قوسين في أسماء المركبات. يمكن للطلبة القراءة عن هذا الموضوع في جزء «تسمية المركبات» الوارد في كتاب الطالب. لاحظ أن الأرقام الرومانية توضع بعد العنصر الذي تشير إليه من دون ترك أية مسافة بين الأرقام الرومانية والعنصر. أما في حالة العناصر الموجودة في المركبات والتي لا تمتلك سوى عدد تأكسد واحد فقط، فلا تستخدم الأرقام الرومانية. على سبيل المثال: يمتلك الصوديوم عدد تأكسد واحد في المركبات التي يكوّنها، وهو 1+، لذا فإن (NaCl) يسمى كلوريد الصوديوم وليس كلوريد الصوديوم (I).

يمكن للطلبة إكمال الجدول أدناه:

الصيغة	اسم المركب
Cu_2O	
CuO	
$NaNO_2$	
$NaNO_3$	
NaClO	
$NaClO_2$	

الإجابات:

أكسيد النحاس (I)، أكسيد النحاس (II)، نترات (III) (أو نيتريت) الصوديوم، نترات (V) (أو نترات) الصوديوم. كلورات (I) (أو هيبوكلوريت) الصوديوم، كلورات (III) (أو كلوريت) الصوديوم.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة الإجابة عن السؤال ٢ الوارد في كتاب الطالب.

اشرح لهم أن الصيغة الكيميائية لمركب ما يمكن أن تستنبط من اسمها. يمكن للطلبة أن يقرأوا المثال ١ الوارد في كتاب الطالب وأن يحلوا السؤال ٣.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

نترات الأمونيوم (NH_4NO_3) هو مركب يتكون من الأيونين (NH_4^+) و(NO_3^-). يشرح الطلبة سبب احتواء النيتروجين في هذا المركب على عددي تأكسد وهما 3– في (NH_4^+) و 5+ في (NO_3^-).

الدعم

استخدم الأمثلة التي تم عرضها في كتاب الطالب لأنها تعد شاملة.

إذا وجد الطلبة صعوبة في تذكر شحنة بعض الأيونات (غالبًا أنيونات) فيمكن إعطاؤهم صيغ أملاح الصوديوم، واستخدامها كمرجع. على سبيل المثال: صيغة كبريتات (IV) الصوديوم هي (Na_2SO_3). يساوي إجمالي عدد الأكسدة لذرتي الصوديوم 2+. وبالتالي فإن الكبريتات (IV) تحمل شحنة 2– وتكون صيغتها هي (SO_3^{2-}).

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يوجد الكثير من المفاهيم والمهارات التي يجب إتقانها في هذا الموضوع. لأن إتقان هذه المهارات سيكون ضروريًا للدرس التالي. يجب على كل طالب تدوين المواضيع/المفاهيم التي يعتقد أنه قد تمّت تغطيتها خلال هذا الدرس، وتحديد ما يجده صعبًا فيه، ثم مناقشة هذه النقاط الصعبة في مجموعات. وفي حال وجود أي سوء فهم أوصعوبات لم يستطع الطلبة تفسيرها ضمن مجموعاتهم، فيمكنهم طلب الشرح للتوضيح.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

- يحتاج الطلبة إلى استخدام اللغة المناسبة لوصف المفاهيم الموجودة في هذا الدرس.

المهارة الحسابية

- يجب على الطلبة استخدام معادلات جبرية بسيطة لاستنتاج أعداد التأكسد في هذا الدرس.

الموضوع ٤-٢ تفاعلات الأكسدة-اختزال

الأهداف التعليمية

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

٤-٦ يشرح المصطلحين العامل المؤكسد والعامل المختزل ويستخدمهما.

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٤-٢ تفاعلات الأكسدة-اختزال – العوامل المؤكسِدة والعوامل المختزِلة – تفاعل الأكسدة-الاختزال الذاتي السؤال ٤ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب، د، هـ) ٢(ج، د) ٣(ب، ج(٣، ٤))، ٤(ب، د١)	• استنتاج المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت خلال تفاعل الأكسدة-اختزال • تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل في تفاعل الأكسدة-اختزال • تحديد تفاعلات الأكسدة-الاختزال الذاتي (عدم التناسب).
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٤-٣ الأكسدة والاختزال السؤالان ١، ٢ نشاط ٤-٤ العوامل المؤكسِدة والعوامل المختزِلة نشاط ٤- ٥ معادلات الأكسدة-اختزال السؤالان ١، ٤ استقصاء عملي ٤-١ فهم الأكسدة-اختزال أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ج، د)، ٢(أ٣)، ٣(ب)، ٤	• استنتاج المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت خلال تفاعل الأكسدة-اختزال وما هو العامل المؤكسِد والعامل المختزِل • استقصاء بعض تفاعلات الأكسدة-اختزال

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يختلط الأمر على الطلبة عند استخدام مصطلحي الأكسدة والعامل المؤكسد، بحيث يكون اعتقادهم أن العامل المؤكسِد هو المادة التي تتأكسد. يجب التأكيد على فكرة أن العامل المؤكسِد هو المادة التي تسبب الأكسدة عبر إزالة إلكترونات من مادة أخرى، الأمر الذي يؤدي إلى نقصان عدد التأكسد للعامل المؤكسد (ازدياد عدد التأكسد للمادة المؤكسدة).

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 (٥ دقائق)

اعرض على الطلبة مقطع فيديو حول تفاعل «ثرميت» (Thermit) بين الألومنيوم (Al) وأكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3). يمكنهم كتابة معادلة للتفاعل. يستخدم هذا التفاعل في النشاط الرئيسي ١ أدناه.

› **فكرة للتقويم:** يمكن استخدام الفيديو لمراجعة مفهومي الأكسدة والاختزال، بالإضافة إلى استخدام الأرقام الرومانية في أسماء المركبات.

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

العب لعبة تسمى «اكتشاف الرابط»: وزّع الطلبة إلى خمس مجموعات وامنح كل مجموعة بطاقة واحدة من بطاقات الأسئلة والأجوبة الخمسة الموضحة في الجدول (٤-١).

السؤال	الإجابة
مادة تستقبل إلكترونات	الحديد (II)
Fe^{2+}	التغيّر في عدد التأكسد
عدد الإلكترونات التي تم فقدها	SO_3^{2-}
الكبريتات (IV)	اليود عدد التأكسد له يساوي +7
IO_4^-	العامل المؤكسِد

الجدول ٤-١

على سبيل المثال بطاقة الأسئلة (Fe^{2+}). يجب على المجموعة التي تحمل هذه البطاقة أن تستخرج الإجابة «الحديد (II)» من دون التصريح بقول «الحديد (II)»، بحيث يمكن أن يقولوا «أيون فلزي انتقالي يتكوّن بفقد إلكترونَين، وهكذا». والمجموعة التي تحمل بطاقة الإجابة (Fe^{2+}) ترفع يدها دون أن تصرح لتصف مصطلح عدد التأكسد من دون ذكر «عدد التأكسد». وفي النهاية يجب العودة إلى المجموعة التي بدأت بهذا التمرين ويتم العمل على بقية البطاقات بنفس الطريقة.

الأنشطة الرئيسية

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

١ التغيّرات في أعداد التأكسد في التفاعل (١٥ دقيقة)

اكتب المعادلة الكيميائية الآتية على السبورة البيضاء:

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

كلف الطلبة نسخ المعادلة وكتابة أعداد التأكسد تحت كل نوع من الذرات.

يمكن للطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية:

أ. ما المواد التي تفقد الإلكترونات خلال التفاعل؟

ب. أيّة مادة تكسب الإلكترونات خلال التفاعل؟

ج. المواد التي تفقد الإلكترونات هي التي تتأكسد. ماذا يحدث لأعداد التأكسد الخاصة بها؟

د. المواد التي تكسب الإلكترونات هي التي تختزل. ماذا يحدث لأعداد التأكسد الخاصة بها؟

هـ. اكتب جملة أو جملتين لوصف التغيرات في أعداد التأكسد خلال تفاعلات الأكسدة–اختزال.

الإجابات:

$$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(s)$$

أعداد التأكسد 0 +3 -2 +3 -2 0

أ. يفقد الألومنيوم الإلكترونات خلال التفاعل

ب. يكتسب الحديد الإلكترونات خلال التفاعل

ج. يزداد عدد التأكسد

د. ينقص عدد التأكسد

هـ. على سبيل المثال: تفقد المادة التي تتأكسد خلال تفاعل الأكسدة–اختزال الإلكترونات ويزداد عدد التأكسد الخاص بها. تكسب المادة المختزَلة الإلكترونات خلال تفاعل الأكسدة–اختزال وينقص عدد التأكسد الخاص بها.

استخدم المثال ٢ الوارد في كتاب الطالب لتوضّح للطلبة كيف يمكنهم وضع عناوين للمعادلة باستخدام الأسهم والكلمات أكسدة واختزال. يمكن تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل خلال التفاعل بين الألومنيوم وأكسيد الحديد (III) المذكور في كتاب الطالب.

فكرة للتقويم: يمكن للطلبة الإجابة عن السؤال ٤ الوارد في كتاب الطالب.

٢ تفاعلات الأكسدة–الاختزال الذاتي (١٠ دقائق)

اكتب المعادلة الكيميائية الآتية على السبورة البيضاء:

$$2CuCl(aq) \longrightarrow CuCl_2(aq) + Cu(s)$$

كلف الطلبة نسخ المعادلة وكتابة أرقام التأكسد تحت كل عنصر. يمكن للطلبة تحديد ما تأكسد وما اختزل. يجب أن يدرك الطلبة أن النحاس قد تأكسد واختزل في الوقت نفسه خلال هذا التفاعل. اشرح أن هذا النوع من التفاعلات يسمى تفاعل الأكسدة والاختزال الذاتي أو تفاعل عدم التناسب.

فكرة للتقويم: يمكن للطلبة تكرار العملية مع التفاعل الآتي:

$$Cl_2(g) + 2NaOH(aq) \longrightarrow NaClO(aq) + NaCl(aq) + H_2O(l)$$

خلال هذا التفاعل، يتغير عدد تأكسد الكلور من 0 إلى –1 في (NaCl) ومن 0 إلى +1 في (NaClO).

الإجابات:

$$2CuCl(aq) \longrightarrow CuCl_2(aq) + Cu(s)$$

أعداد التأكسد +1 –1 +2 –1 0

$$Cl_2(g) + 2NaOH(aq) \longrightarrow NaClO(aq) + NaCl(aq) + H_2O(l)$$

أعداد التأكسد 0 +1 –2 +1 +1+1–2 +1–1 +2–2

٣ الاستقصاء العملي ٤-١: فهم تفاعلات الأكسدة-اختزال (٣٠ دقيقة)

ادع الطلبة إلى مراجعة موضوع المهارات العملية ٤-١: تنفيذ تفاعلات في أنابيب الاختبار الوارد في كتاب الطالب. تحقق من أن الطلبة يفهمون الإجراءات لمنع تلوث المواد المتفاعلة والمخاطر التي تنطوي عليها هذه المواد. سيحتاج الطلبة إلى وضع العناوين على أنابيب الاختبار الخاصة بهم.

يعمل الطلبة ضمن ثنائيات لإجراء أربعة تفاعلات أكسدة-اختزال. ثم يسجلون ملاحظاتهم ويستخدمون المعادلات الكيميائية للتفاعلات لشرح سبب اعتبارها تفاعلات أكسدة-اختزال.

› **فكرة للتقويم:** يمكن تقويم الطلبة على أساس مهاراتهم العملية:

- العمل بطريقة مرتبة ومنظمة.
- الاستخدام الصحيح للقطارات والمواد المتفاعلة.
- وضع العناوين على أنابيب الاختبار.
- العمل ضمن مجموعة.
- التخلص في شكل آمن من المواد الكيميائية.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

سيتمكن الطلبة من التنبؤ بنتائج تفاعلات أنابيب الاختبار قبل تنفيذ العملية.

سيتمكن الطلبة من شرح سبب اعتبار تفاعل عدم التناسب تفاعل أكسدة-اختزال.

الدعم

يمكن تنظيم المجموعات العملية لتضم الطلبة الأكثر ثقة بقدراتهم مع الطلبة الذين يحتاجون إلى الدعم، بما يضمن أن الطلبة الأكثر ثقة لن يقوموا باتمام العمل بمفردهم.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

كلف الطلبة كتابة تعريفات للمصطلحات التالية:
أكسدة، اختزال، الأكسدة-اختزال، عدم التناسب، العامل المؤكسد، العامل المختزل
يمكن للطلبة أن يتشاركوا في تعريفاتهم والاتفاق على اختيار أفضل التعاريف التي يمكن تعميمها على الصف.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يحتاج الطلبة إلى استخدام المصطلحات الصحيحة عند وصف تفاعلات الأكسدة-اختزال.

المهارة الحسابية

يحتاج الطلبة إلى مهارات رياضية أساسية عند حساب التغيرات في أعداد التأكسد أثناء التفاعل.

الموضوع ٤-٣ وزن المعادلات الكيميائية باستخدام أعداد التأكسد

الأهداف التعليمية

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٤-٣ وزن المعادلات الكيميائية باستخدام أعداد التأكسد - وزن معادلات تفاعلات الأكسد-الاختزال الذاتي السؤالان ٥، ٦ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(هـ)، ٤(د٢)	• وزن المعادلات الكيميائية باستخدام أعداد التأكسد • وزن المعادلات الكيميائية التي تتضمن تفاعلات الأكسدة - الاختزال الذاتي (عدم التناسب)
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٤-٣ الأكسدة والاختزال السؤال ٣ نشاط ٤-٥: معادلات الأكسدة-اختزال السؤالان ٢، ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(ب، ج، هـ)، ٢(ب، ج)، ٣(ج، د)	

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يعتقد الطلبة في كثير من الأحيان أن فقد الإلكترونات وعملية ازدياد عدد التأكسد لا يدلّان على حدوث الأمر نفسه. لذا يجب التوضيح، كلما أمكن، أن فقد/كسب الإلكترونات والتغير في أعداد التأكسد عمليتان متماثلتان.
- لا يعد كل تفاعل كيميائي تفاعل أكسدة-اختزال. على سبيل المثال، لا تعد تفاعلات التعادل تفاعلات أكسدة-اختزال.

أنشطة تمهيدية

تم تقديم فكرة واحده هنا.

فكرة أ (١٠ دقائق)

نظم الطلبة في مجموعات من ثلاثة أو أربعة ذات قدرات مختلفة. اعرض عليهم المعادلة الآتية:

$$Cl_2(g) + SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(aq) + HCl(aq)$$

تعد هذه المعادلة غير موزونة. كلف الطلبة كتابة أعداد التأكسد لكل عنصر تحت المعادلة. تتمثل مهمتهم في مناقشة كيفية استخدام أعداد التأكسد لوزن المعادلة. يحتفظ الطلبة بأفكارهم لمناقشتها في جزء "تأمل" من الدرس.

الأنشطة الرئيسية

في ما يلي، نشاط تعليمي واحد هنا.

١ وزن المعادلات باستخدام أعداد التأكسد (٣٠ دقيقة)

يُعدّ المثالان ٨ و ٩ في الوحدة الرابعة من كتاب الطالب محطات جيدة للبدء بهذا الموضوع. ستحتاج إلى عرض مثالين على الأقل على الطلبة قبل تركهم لمحاولة حل الأسئلة والتمارين بأنفسهم. أما الخطوة التالية فهي أن تكلفهم الإجابة عن السؤال ٥ والتوقف عند كل جزء ومتابعته معهم.

› **فكرة للتقويم ١:** يجيب الطلبة عن أسئلة نشاط ٤-٥ (٢، ٣) الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

إذا سمح الوقت، يتم تحديد المعادلات الصعبة، ثم يشرح الطلبة، كل بمفرده، كيف قاموا بوزن المعادلة.

› **فكرة للتقويم ٢:** كلف الطلبة وزن بعض المعادلات التي تظهر تفاعلات الأكسدة-الاختزال الذاتي (عدم التناسب). ولعدم توافر الكثير من الأمثلة. كلف الطلبة شرح سبب اعتبار هذه التفاعلات من تفاعلات الأكسدة-الاختزال الذاتي (عدم التناسب).

$2Cu^{+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + Cu(s)$

$4H^{+}(aq) + 3MnO_4^{2-}(aq) \longrightarrow 2MnO_4^{-}(aq) + MnO_2(s) + 2H_2O(l)$

$H_2O(l) + 2V^{3+}(aq) \longrightarrow V^{2+}(aq) + VO^{2+}(aq) + 2H^{+}(aq)$

$4ClO_3^{-}(aq) \longrightarrow 3ClO_4^{-}(aq) + Cl^{-}(aq)$

$3ClO^{-}(aq) \longrightarrow ClO_3^{-}(aq) + 2Cl^{-}(aq)$

الإجابات:

التفاعل	الشرح
$2Cu^{+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + Cu(s)$	يتأكسد Cu^{+} (عدد التأكسد 1+) لينتج Cu^{2+} (عدد التأكسد 2+) ويختزل Cu^{+} لينتج Cu (عدد التأكسد 0).
$4H^{+}(aq) + 3MnO_4^{2-}(aq) \longrightarrow 2MnO_4^{-}(aq) + MnO_2(s) + 2H_2O(l)$	يتأكسد Mn في MnO_4^{2-} (عدد التأكسد 6+) لينتج MnO_4^{-} (عدد التأكسد 7+) ويختزل لينتج MnO_2 (عدد التأكسد 4+)
$H_2O(l) + 2V^{3+}(aq) \longrightarrow V^{2+}(aq) + VO^{2+}(aq) + 2H^{+}(aq)$	يتأكسد V^{3+} (عدد التأكسد 3+) لينتج VO^{2+} (عدد التأكسد 4+) ويختزل V^{3+} لينتج V^{2+} (عدد التأكسد 2+)
$4ClO_3^{-}(aq) \longrightarrow 3ClO_4^{-}(aq) + Cl^{-}(aq)$	يتأكسد Cl في ClO_3^{-} (عدد التأكسد 5+) لينتج ClO_4^{-} (عدد التأكسد 7+) ويختزل لينتج Cl^{-} (عدد التأكسد 1-)
$3ClO^{-}(aq) \longrightarrow ClO_3^{-}(aq) + 2Cl^{-}(aq)$	يتأكسد Cl في ClO^{-} (عدد التأكسد 1+) لينتج ClO_3^{-} (عدد التأكسد 5+) ويختزل لإعطاء Cl^{-} (عدد التأكسد 1-)

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

كلف الطلبة وزن بعض المعادلات الأيونية التي تتطلب إضافة أيونات (H^+) و (H_2O) إلى الطرف المناسب من المعادلة، على سبيل المثال:

$SO_3^{2-} + MnO_2 \rightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-}$

الإجابة: $2H^+ + SO_3^{2-} + MnO_2 \rightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-} + H_2O$

$Cr_2O_7^{2-} + Zn \rightarrow Cr^{2+} + Zn^{2+}$

الإجابة: $14H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 4Zn \rightarrow 2Cr^{2+} + 4Zn^{2+} + 7H_2O$

الدعم

سيحتاج بعض الطلبة إلى استراتيجية يلتزمون بها ويمكنهم تطبيقها على كل معادلات الأكسدة–اختزال:

١. حدد أعداد التأكسد للعناصر التي تختزل/تتأكسد.
٢. احسب الزيادة/النقصان في أعداد التأكسد.
٣. قم بوزن العناصر وبضربها في الأعداد المكافئة والمناسبة وبتعديل الأعداد في المعادلة.
٤. إذا تضمن التفاعل الأكسجين والهيدروجين، وكان لا يزال هناك ذرات أكسجين فائضة، فقم بوزن الأكسجين عن طريق إضافة جزيئات الماء إلى الطرف المناسب.
٥. أضف (H^+) إلى الطرف الآخر لوزن الهيدروجين.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يمكن للطلبة الرجوع إلى أفكارهم الأولية حول كيفية وزن المعادلات باستخدام أعداد التأكسد. يمكنهم تحديد الصحيح من الأفكار الخاصة بهم، ومواضع الحاجة إلى التغيير. يمكن للطلبة مشاركة نجاحاتهم مع الصف.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يجب قراءة التعليمات الخاصة بحل معادلات الأكسدة–اختزال بعناية، واتباعها في شكل متسلسل ومن ثم تطبيقها على الأمثلة.

المهارة الحسابية

يجب على الطلبة حساب أعداد التأكسد للعناصر الموجودة في المركبات والأيونات، وذلك يتطلب استخدام معادلات بسيطة. سيحتاجون بعد ذلك إلى حساب التغيرات في أعداد التأكسد ثم وزن المعادلات.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. عدد التأكسد لذرة واحدة P = +5

ب. عدد التأكسد لذرة واحدة S = +6

ج. عدد التأكسد لذرة واحدة S = –2

د. عدد التأكسد لذرة واحدة Al = +3

هـ. عدد التأكسد لذرة واحدة N = –3

و. عدد التأكسد لذرة واحدة Cl = +3

ز. عدد التأكسد لذرة واحدة C = +4

٢. أ. كبريتات (IV) الصوديوم

ب. كبريتات (VI) الصوديوم

ج. نترات (V) الحديد (II) أو نترات الحديد (II)

د. نترات (V) الحديد (III) أو نترات الحديد (III)

هـ. كبريتات (VI) الحديد (II) أو كبريتات الحديد (II)

و. أكسيد النحاس (I)

ز. حمض الكبريتيك (IV)

ح. أكسيد المنجنيز (VII)

٣. أ. $NaClO$

ب. Fe_2O_3

ج. KNO_2

د. PCl_3

٤. أ. ١. من 0 الى –1 = –1 (اختزال)

٢. من –3 الى 0 = +3 (أكسدة)

٣. من +3 الى +5 = +2 (أكسدة)

ب. ١. العامل المؤكسد هو Br_2، العامل المختزل هو I^-

٢. العامل المؤكسد هو Cr_2O_7، العامل المختزل هو NH_4.

٣. العامل المختزل As_2O_3، العامل المؤكسد هو I_2

٥. أ. $H_2SO_4 + 6HI \longrightarrow S + 3I_2 + 4H_2O$

ب. $2HBr + H_2SO_4 \longrightarrow Br_2 + SO_2 + 2H_2O$

ج. $2V^{3+} + I_2 + 2H_2O \rightarrow 2VO^{2+} + 2I^- + 4H^+$

٦. ب

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. $NO = +2$ ، $NH_3 = -3$ ، $N_2 = 0$

$HNO_3 = +5$ ، $NO_2 = +4$

ب. تعد المرحلة ١ اختزالًا بسبب النقصان في عدد التأكسد.

تعد المراحل من ٢ الى ٤ أكسدة بسبب الازدياد في عدد التأكسد.

ج. أكسيد النيتروجين (IV)

د. يمتلك P (العنصر) عدد التأكسد 0، ويمتلك P في H_3PO_4 عدد التأكسد +5؛

يتأكسد P لأن عدد التأكسد يزداد؛

يمتلك N عدد التأكسد +5 في HNO_3 و +4 في NO_2؛

يُختزل N لأن عدد التأكسد ينقص؛

يحدث كلا الأكسدة والاختزال معًا، لذا فإن هذا التفاعل هو أكسدة–اختزال.

هـ. يسبب حمض النيتريك زيادة في عدد التأكسد للفوسفور/يكسب حمض النيتريك الإلكترونات/اختُزل حمض النيتريك.

٢. أ. ١. +4

٢. +6

ب. ١. 0

٢. –1

ج. SO_2 لأنه يسبب نقصان عدد تأكسد البروم/ يفقد إلكترونات/يزداد عدد تأكسد الكبريت.

د. ١. +2

٢. –1

هـ. $SO_2 + Br_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2Br^- + 4H^+$

٣. أ. +2

ب. تكسب ذرات اليود الإلكترونات

ج. ١. أكسيد المنجنيز (IV)

٢. +6

٣. أيونات I^- لأن عدد التأكسد يزيد (من 1- إلى 0).

٤. MnO_2 لأنه تسبب بأكسدة I^-/فقد الأكسجين/فقد إلكترونات/انخفض عدد تأكسد Mn.

٤. أ. ١. +5

٢. –1

ب. ينقص عدد تأكسد البروم (من 5+ إلى 1–)

يزداد عدد تأكسد الأكسجين (من 2– الى 0)

يحدث كلا الأكسدة والاختزال معًا.

ج. برومات (V) البوتاسيوم

د. ١. مقدار تغير عدد التأكسد في ذرة البروم يساوي 6– (من 5+ إلى 1–) ومقدار تغير عدد تأكسد ذرة النيتروجين يساوي 2+ (من 2–إلى 0)

٢. التغير في عدد تأكسد ذرة النيتروجين يساوي 2+ وبما أنه توجد ذرتا نيتروجين يكون التغير 4+

التغير في عدد تأكسد ذرة البروم يساوي 6–

وبما أنه توجد ذرة واحدة من البروم يبقى التغير 6–

لموازنة التغيرات في أعداد التأكسد يتم ضرب مركب N_2H_4 في 3 وضرب المركب $KBrO_3$ في 2

المعادلة الموزونة:

$2KBrO_3 + 3N_2H_4 \longrightarrow 2KBr + 3N_2 + 6H_2O$

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٤-١

١. أ. مجموع أعداد التأكسد في مركّب ما يساوي صفرًا.

ب. مجموع أعداد التأكسد في أيون يساوي شحنة ذلك الأيون قيمة وإشارة.

ج. عدد تأكسد الفلور في مركّباته يساوي دائمًا 1-.

د. عدد تأكسد الأكسجين في أكاسيده يساوي 2- وفي فوق الأكاسيد (البيروكسيدات)، يساوي 1-.

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

٢. أ. مجموع أعداد التأكسد للذرّات جميعها في (Fe_2O_3) يساوي صفرًا.

ب. عدد التأكسد لكل ذرّة أكسجين (O) يساوي 2-

ج. مجموع أعداد التأكسد لثلاث ذرّات من الأكسجين (O) يساوي 6-

د. مجموع أعداد التأكسد لذرّتَي حديد (Fe) يساوي 6+

هـ. لذا يكون عدد التأكسد لكل ذرّة حديد (Fe) يساوي 3+

٣. أ. مجموع أعداد التأكسد للذرّات جميعها في الأيون (NO_3^-) يساوي 1-.

ب. عدد التأكسد لكل ذرّة أكسجين (O) يساوي 2-

ج. مجموع أعداد التأكسد لثلاث ذرّات من الأكسجين يساوي 6-

د. لذا يكون عدد تأكسد ذرّة النيتروجين (N) يساوي 5+

٤. أ. 3+ هـ. 7+

ب. 1- و. 5+

ج. 6+ ز. 4+

د. 5+

نشاط ٤-٢

١. أ. كربونات الحديد (II)

ب. أكسيد المنجنيز (IV)

ج. أكسيد اليود (V)

د. برومات (V) الصوديوم

هـ. هيدروكسيد الكروم (III)

و. منجنات (VI) البوتاسيوم

٢. أ. $KClO_4$

ب. $AuCl_3.2H_2O$

ج. $NaIO_3$

د. $SnCl_4$

هـ. KClO

و. NH_4VO_3

نشاط ٤-٣

١. أ. من 3+ إلى 0 اختزال

ب. من 1- إلى 0 أكسدة

ج. من 3- إلى 5+ أكسدة

د. من 1+ إلى 2+ أكسدة

هـ. من 3+ إلى 5+ أكسدة

و. من 6+ إلى 2- اختزال

٢. أ. اختزال د. اختزال

ب. أكسدة هـ. اختزال

ج. أكسدة

٣. أ. $Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

ب. $HNO_2 + H_2O \longrightarrow NO_3^- + 3H^+ + 2e^-$

ج. $Te + 2H_2O \longrightarrow TeO_2 + 4H^+ + 4e^-$

د. $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

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

نشاط ٤-٤

١.

	العامل المؤكسِد	العامل المختزِل
التعريف في ضوء انتقال الإلكترونات	يكتسب إلكترونات من جسيم آخر	يفقد إلكترونات ويمنحها لجسيم آخر
التعريف في ضوء تغيّر عدد التأكسد	ينقص عدد تأكسده	يزداد عدد تأكسده

٢. أ. البروم: يزيد عدد تأكسد اليود من 1- إلى 0.

ب. أكسيد النحاس (II): يزيد عدد تأكسد النيتروجين من 3- إلى 0.

ج. حمض الكبريتيك: يزيد عدد تأكسد (I) من 1- إلى 0.

٣. أ. أيون اليوديد: يُنقص عدد تأكسد الأكسجين من 1- الى 2-.

ب. أيون البروميد: يُنقص عدد تأكسد الكلور من 0 إلى 1-.

ج. كبريتيد الهيدروجين: يُنقص عدد تأكسد اليود من 0 إلى 1-.

نشاط ٤-٥

١. تفاعل كيميائي يحدث فيه أكسدة واختزال في شكل متزامن.

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

+7 +2 +2 +3

ب. Mn من 7+ إلى 2+ = 5-

Cr من 2+ إلى 3+ = 1+

ج. $MnO_4^- + 5Cr^{2+} + H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 5Cr^{3+} + H_2O$

د. $MnO_4^- + 5Cr^{2+} + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 5Cr^{3+} + H_2O$

هـ. $MnO_4^- + 5Cr^{2+} + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 5Cr^{3+} + 4H_2O$

٣. أ. $2Cu^+ \longrightarrow Cu + Cu^{2+}$

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

ج. $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$

د. $2IO_3^- + 10Fe^{2+} + 12H^+ \longrightarrow I_2 + 10Fe^{3+} + 6H_2O$

هـ. $3CuO + 2NH_3 \longrightarrow 3Cu + N_2 + 3H_2O$

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

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

ح. $3MnO_4^{2-} + 4H^+ \longrightarrow 2MnO_4^- + MnO_2 + 2H_2O$

٤. أ. تفاعل كيميائي يحدث فيه أكسدة واختزال متزامنَين للمادة نفسها.

ب. التفاعلان ٣أ و٣ح

إجابات الاستقصاءات العملية

التحضير للاستقصاء

- يحتاج الطلبة إلى التفكير في تفاعلات الأكسدة–اختزال على أنها إما تغيرات في أعداد التأكسد، أو فقد، أو كسب للإلكترونات.
- يجب أن يكون الطلبة على معرفة بكيفية اختبار الكاتيونات ونتائج تلك الاختبارات.

استقصاء عملي ٤-١: فهم الأكسدة- اختزال

المدة

يجب أن يستغرق هذا الاستقصاء العملي حصة واحدة مدتها ٣٥ دقيقة.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات	
• أنابيب اختبار عدد 10	• مسحوق الخارصين
• رف لحمل أنابيب الاختبار عدد 2	• محلول منجنات (VII) البوتاسيوم 0.020 mol/L
• قطارات عدد 6	• محلول هيدروكسيد الصوديوم 2.00 mol/L
• أعواد ثقاب	• محلول كبريتات الحديد (II) 0.100 mol/L
• ملعقة كيماويات صغيرة	• حمض الكبريتيك 1.00 mol/L
• قمع ترشيح زجاجي صغير وأوراق ترشيح	• محلول بيروكسيد الهيدروجين (فوق أكسيد الهيدروجين) "20V" 1.79 mol/L
• محلول نترات النحاس (II) 0.500 mol/L	• محلول كبريتيت الصوديوم (كبريتات (IV) الصوديوم 0.100 mol/L)
• شريط ماغنيسيوم	• محلول كلوريد الباريوم 0.1 mol/L
• حمض الهيدروكلوريك 2.00 mol/L	
• محلول كبريتات الصوديوم (محلول كبريتات (VI) الصوديوم 0.1 mol/L)	

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

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

توجيهات حول الاستقصاء

- يعد هذا الاستقصاء العملي بسيطًا جدًا، ولكن بدلًا من مجرد قبول تحديد المواد الناتجة، يُطلب إلى الطلبة تأكيد استنتاجاتهم عن طريق اختبار الكاتيونات.
- لكل من التفاعلات، يعد أمرًا مهمًا إضافة فائض من الفلز الأكثر نشاطًا كيميائيًا حتى يكتمل التفاعل. في التفاعل ١، إذا بقي هناك حمض موجود بعد التفاعل، فحينئذٍ يلزم إضافة المزيد من محلول هيدروكسيد الصوديوم قبل الحصول على نتيجة إيجابية.
- يتأكسد أيون الكبريتيت بسهولة شديدة إلى كبريتات، وبالتالي، عند اختباره بمحلول كلوريد الباريوم متبوعًا بحمض الهيدروكلوريك، سيكون هناك بعض كبريتات الباريوم الناتجة ، الأمر الذي ينتج ترسبًا ضعيفًا بعد إضافة حمض الهيدروكلوريك. لذلك، يجب أن يدرك الطلبة أن بعض النتائج ليست واضحة تمامًا كما هو مقترح في النظرية.

يمكن أن يُطلب إلى الطلبة تحضير مخلوط التفاعل الخاص بهم بالتزامن مع الاختبار الكيميائي لتحديد الأيونات الناتجة خلال التفاعل.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

إذا فهم الطلبة مفهوم الأكسدة والاختزال في ضوء التغيرات في أعداد التأكسد أو فقد الإلكترونات وكسبها، فستكون نسبة احتمال حدوث سوء فهم خلال هذا النشاط العملي ضئيلة جدًا. لا تشكل ألوان الرواسب الناتجة مشكلة لأنها تكون مختلفة.

النتائج

رقم التفاعل	الملاحظات
١	أ. يفور الماغنيسيوم ويختفي ويطفئ الغاز المتصاعد عود الثقاب المشتعل مع صوت فرقعة. ب. عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم، يتكون راسب أبيض.
٢	أ. يختفي الخارصين، ويكون التفاعل طاردًا للحرارة ويتلاشى اللون الأزرق للمحلول وتتكون مادة صلبة بنية اللون. ب. عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم، تعطي الرشاحة عديمة اللون راسبًا أبيض، يذوب عند إضافة فائض من محلول هيدروكسيد الصوديوم.
٣	أ. يختفي لون منجنات (VII) (أو برمنجنات) البوتاسيوم بمجرد إضافتها إلى محلول كبريتات الحديد (II). ب. عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم، يتكون راسب بني محمر.
٤	أ. يتكون راسب أبيض لا يذوب عند إضافة الحمض المخفف. ب. يتكون راسب أبيض يذوب عند إضافة الحمض المخفف. ج. عند إضافة محلول كلوريد الباريوم يتكون راسب أبيض لا يذوب عند إضافة الحمض المخفف.

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

التفاعل ١

أ. الغاز الناتج هو الهيدروجين كما يتضّح من انطفاء عود الثقاب المشتعل مع صوت الفرقعة. ويتكون أيون Mg^{2+} كما يتضّح من تكوّن الراسب الأبيض لهيدروكسيد الماغنيسيوم عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم.

ب. المعادلة الأيونية:

$$Mg(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$$

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$$

ج. يعد هذا التفاعل تفاعل أكسدة–اختزال لأن الماغنيسيوم يتأكسد. يزداد عدد تأكسده من 0 إلى 2+ بينما ينقص عدد تأكسد الهيدروجين من 1+ إلى 0 الأمر الذي يدل على أنه قد اختزل.

التفاعل ٢

أ. ينتج الخارصين (Zn) الأيون Zn^{2+}. يتضح ذلك عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول الناتج من التفاعل، فيتكوّن راسب أبيض، هيدروكسيد الخارصين ($Zn(OH)_2(s)$) الذي يذوب عند إضافة فائض من محلول هيدروكسيد الصوديوم. المادة الناتجة هي الأخرى فلز النحاس، مادة صلبة لونها بنّي محمر. يختفي الأيون $Cu^{2+}(aq)$ كما يتضح من تلاشي اللون الأزرق للمحلول.

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

$Zn^{2+}(aq) + 2OH^{-}(aq) \longrightarrow Zn(OH)_2(s)$

$Zn(OH)_2(s) + 2OH^{-}(aq) \longrightarrow Zn(OH)_4^{2-}(aq)$

ج. يُختزل أيون النحاس (II) لأن عدد تأكسده ينقص من 2+ إلى 0. ويتأكسد الخارصين لأن عدد تأكسده يزداد من 0 إلى 2+.

التفاعل ٣

أ. يتضّح حدوث التفاعل من اختفاء لون منجنات (VII) (أو برمنجنات) البوتاسيوم.

ب. يعد هذا التفاعل اختزالًا لأن عدد تأكسد المنجنيز ينقص من 7+ إلى 2+.

ج. نصف-معادلة أكسدة الأيون (Fe^{2+}): $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^{-}$

د. $MnO_4^{-}(aq) + 8H^{+}(aq) + 5Fe^{2+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(aq) + 5Fe^{3+}(aq)$

يعد هذا التفاعل تفاعل أكسدة-اختزال لأن عدد تأكسد المنجنيز قد نقص من 7+ إلى 2+، وبالتالي فإن المنجنيز قد اختُزل. وازداد عدد تأكسد الحديد من 2+ إلى 3+ وبالتالي فإنه تأكسد. يتضح ذلك من تكوّن الراسب البنّي المحمر من هيدروكسيد الحديد (III) عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم.

$Fe^{3+}(aq) + 3OH^{-}(aq) \longrightarrow Fe(OH)_3(s)$

التفاعل ٤

أ. تكوّن أيونات الكبريتات راسبًا أبيض (كثيفًا) عند تفاعلها مع أيونات Ba^{2+} ولا يتفاعل هذا الراسب مع الأحماض.

تكوّن أيونات الكبريتيت أيضًا راسبًا أبيض مع أيونات Ba^{2+} ولكن هذا الراسب يتفاعل مع أيونات H^{+} ويذوب.

$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_4(s)$

$Ba^{2+}(aq) + SO_3^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_3(s)$

$BaSO_3(s) + 2H^{+}(aq) \longrightarrow Ba^{2+}(aq) + SO_2(g) + H_2O(l)$

ب. يؤكسد فوق أكسيد الهيدروجين الكبريتيت إلى كبريتات. يمكن ملاحظة ذلك من خلال أن الراسب الناتج عند إضافة أيونات الباريوم لا يذوب عند إضافة الحمض.

$H_2O_2(aq) + SO_3^{2-}(aq) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + H_2O(l)$

$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_4(s)$

ج. عدد تأكسد الكبريت في أيون (SO_3^{2-}) يساوي 4+، وفي أيون (SO_4^{2-}) يساوي 6+. بالتالي يكون الكبريت قد تأكسد لأن عدد تأكسده ازداد. عدد تأكسد الأكسجين في فوق أكسيد الهيدروجين، يساوي 1-؛ و في الماء يساوي 2- ؛ وبالتالي نَقَص عدد تأكسد الأكسجين الأمر الذي يعني أنه اختُزل.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ. ١. 0

٢. +2

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

ج. ١. $Ba \longrightarrow Ba^{2+} + 2e^-$

$2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_2$

٢. في نصف- المعادلة ٢ /

$2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_2$

لأنه تم كسب إلكترونات.

د. ١. Fe^{2+} لأن عدد تأكسد الأكسجين ينقص من 1- إلى 2- / لأن عدد تأكسد Fe^{2+} يزداد/لأن Fe^{2+} فقد إلكترونًا واحدًا.

٢. $2H^+ + H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$

هـ. ١. $H_2O_2 + Mn^{2+} + 2OH^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$

٢. من 2+ الى 4+ = +2

٣. من 1- الى 2- = 1-

السؤال ٢

أ. ١. +5

٢. +3

٣. يكسب N (في $NaNO_3$) إلكترونين لتكوين ($NaNO_2$)؛ اختزال. ويفقد الأكسجين (في $NaNO_3$) إلكترونين لتكوين O_2؛ أكسدة

ينقص عدد تأكسد النيتروجين ويزداد عدد تأكسد الأكسجين.

حدوث أكسدة واختزال في شكل متزامن.

٤. نترات (III) (أو نيتريت) الصوديوم (ولكن مع النترات والكبريتات، غالبًا ما يُفضل استخدام النترات والنتريت والكبريتات والكبريتيت)

ب. ١. من 1- إلى 0 = +1

٢. من 3+ إلى 2+ = 1-

٣. لأن مقدار عدد الإلكترونات المتبادلة متساوٍ حيث تغير عدد تأكسد اليود إلى +1 وتغير عدد تأكسد النيتروجين إلى 1-

٤. (NO_2^-)؛ لأنه يزيد من عدد تأكسد اليود في اليوديد / يُختزل / يأخذ إلكترونات من أيونات اليوديد

ج. ١. من 7+ إلى 2+ = -5

٢. من 3+ إلى 5+ = +2

٣. $2MnO_4^- + 5NO_2^- + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5NO_3^- + 3H_2O$

السؤال ٣

أ. ١. 2-

٢. 0

ب. كبريتيد الهيدروجين لأنه يُنقص عدد تأكسد ذرات اليود، لأنه يتأكسد.

ج. التغير في أعداد التأكسد لذرتي (I) 2 × 5+، لذلك هناك حاجة الى 10-

د. $I_2O_5 + 5H_2S \longrightarrow I_2 + 5S + 5H_2O$

السؤال ٤

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$ أكسدة أيونات اليوديد

أكسدة لأن عدد تأكسد اليود ازداد من 1- في (I^-) إلى 0 في I_2

$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$

اختزال بيروكسيد الهيدروجين

اختزال لأن عدد تأكسد ال O في بيروكسيد الهيدروجين نقص من 1- إلى 2- (O في الماء)

الوحدة الخامسة

الاتزان الكيميائي

العلوم ضمن سياقها: تحسين الكفاءة
Improving the efficiency

يعرض هذا النشاط على الطلبة الطرائق التي تتطور بها العمليات الكيميائية الصناعية بمرور الزمن لجعلها أكثر كفاءة وأقل تلويثًا.

ويعد إنتاج الأمونيا (NH_3) مثالًا جيدًا على ذلك. أحد أهم العوامل في «تحسين» العملية هو جعلها أكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة. فذلك يقلل من حجم الغازات الملوثة الموجودة في الجو.

بعض العمليات الصناعية الأخرى، الأكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة/الأقل تلويثًا، تتضمن استخدام بعض أنواع البكتيريا وإيجاد عمليات بديلة مثل إنتاج الخارصين (Zn) عن طريق التحليل الكهربائي بدلًا من استخدام الفرن العالي (فرن الصهر). ويمكن إنتاج النحاس (Cu) عن طريق زرع بكتيريا على خام نحاس منخفض الدرجة. يتم الحصول على فلز النحاس الصلب عن طريق إزاحة أيونات النحاس (Cu^{2+}) من محلولها باستخدام فلز الخارصين (Zn) أو بالتحليل الكهربائي. يعد تصميم عمليات أكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة أحد جوانب الكيمياء الخضراء.

يمكن للأفكار حول عمليات التصنيع الصديقة للبيئة أن تتضمن ما يلي:

- ابحث عن طريقة أكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة، ويفضل أن تكون طرائق يمكن إجراؤها عند درجة حرارة وضغط الغرفة (استخدام الإنزيمات/البكتيريا). فكلما ارتفعت درجة الحرارة وازداد الضغط، ازداد استهلاك الطاقة.
- اقتصاد الذرة: صمم طرائق تستهلك المواد المتفاعلة إلى حدها الأقصى بحيث لا تنتج مخلفات غير مرغوب فيها في التفاعل، على سبيل المثال، حاول إيجاد طريقة تنتج مادة ناتجة واحدة من دون حدوث أي تفاعلات جانبية.
- حاول إيجاد طريقة تنتج مخلفات أقل خطورة.
- استخدم مواد كيميائية أقل خطورة: في حال حدوث تلوث، يتم تقليل المخاطر على البيئة، على سبيل المثال، حاول استخدام طرائق لا تتضمن استخدام السيانيد.
- استخدم مذيبات أكثر أمانًا. تستخدم المذيبات كوسط لإجراء التفاعل وتستخدم أيضًا كعوامل للفصل.
- استخدم عوامل حفازة لخفض متطلبات التفاعل من الطاقة. يعد من المهم تطوير عوامل حفازة أفضل وأكثر كفاءة.
- صمم مواد ناتجة قابلة للتفكك (للتحلل) بسهولة في البيئة إلى مواد لا تنتج غازات ضارة، على سبيل المثال، بوليمرات ناتجة من مواد النباتية أو حيوانية. (اذكر بعض «المواد البلاستيكية القابلة للتحلل» المنتجة لجسيمات مجهرية ضارة بالحياة البرية).
- قلل من استخدام «مواد الحشو» في المنتجات القابلة للتضخيم أو تمتلك خصائص أخرى، على سبيل المثال، اجعل البلاستيك أكثر أو أقل مرونة. قلل استخدام الصبغات والأحبار التي يحتمل أن تكون ضارة.
- أعد تصميم العمليات بحيث لا يتم استخدام مواد كيميائية مستخدمة عادة بهدف التغيير المؤقت لمواد كيميائية أخرى في عملية ما (لوقف التفاعلات غير المرغوب فيها). فذلك يخلف نفايات إضافية.
- راقب عملية التصنيع بأكملها باستمرار لتتمكن من إيقافها في حال انبعاث أيّة مواد سامة.
- راقب إجراءات السلامة لمنع الحوادث، سواء الناتجة من مواد كيميائية خطرة بحد ذاتها أو لتقليل مخاطر الحرائق أو الانفجارات الناتجة من الضغط العالي، وهكذا.
- ابتكر عمليات تعيد استخدام النفايات الناتجة أو تدويرها وتحولها إلى منتجات مفيدة يمكن إعادة تدويرها أيضًا.

نظرة عامة

تغطي هذه الوحدة جميع المواضيع التي تم تناولها في الوحدة الخامسة من كتاب الطالب وكتاب التجارب العملية والأنشطة ومنها:

- التفاعلات المنعكسة.
- الاتزان الديناميكي والظروف اللازمة لتحقيق الاتزان الكيميائي.
- مبدأ لوشاتيلييه.
- معادلات ثوابت الاتزان من حيث التراكيز (K_c) والضغوط الجزئية (K_p).
- تأثيرات التغيرات في درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط على مردود التفاعل الكيميائي أو على قيمة ثابت الاتزان.
- تطبيق هذه المبادئ لاستنتاج أفضل الظروف لعملية هابر وعملية التماس.

مخطط التدريس

أهداف الموضوع	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب التجارب العملية والأنشطة
٥-١، ٥-٢، ٥-٣	٥-١ التفاعلات المنعكسة والاتزان	٣	الأسئلة من ١ إلى ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ، ب) ٥(د)	نشاط ٥-١ الاتزان الكيميائي السؤالان ١، ٤(أ، ب) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(ب)
٥-٤، ٥-٥	٥-٢ حالة الاتزان	٥	الأسئلة من ٤ إلى ٧ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(هـ)، ٥(هـ، و)	نشاط ٥-١ الاتزان الكيميائي الأسئلة ٢، ٣، ٤(ج)، ٥ استقصاء عملي ٥-١ تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ج)، ٢(أ)
٥-٦، ٥-٧، ٥-٨، ٥-٩	٥-٣ معادلات الاتزان وثابت الاتزان (K_c)	٦	الأسئلة من ٨ إلى ١١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ج)، ٣	نشاط ٥-٢ معادلات الاتزان الأسئلة من ١ إلى ٣ نشاط ٥-٣ عمليات حسابية باستخدام (K_c) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(ب، ج)
٥-١٠، ٥-١١، ٥-١٢	٥-٤ الاتزان في تفاعلات الغازات وثابت الاتزان (K_p)	٤	الأسئلة من ١٢ إلى ١٥ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(أ، ب، ج، د) ٥(أ، ب، ج)	نشاط ٥-٢ معادلات الاتزان السؤال ٤ نشاط ٥-٤ عمليات حسابية باستخدام (K_p) أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(د، هـ)، ٢(د)
٥-١٣	٥-٥ الاتزان والصناعات الكيميائية	٢	السؤال ١٦	أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(هـ، و)

الموضوع ٥-١ التفاعلات المنعكسة والاتزان

الأهداف التعليمية

٥-١ يفهم المقصود بالتفاعل المنعكس.

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ثلاث حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-١ التفاعلات المنعكسة والاتزان – التفاعلات المنعكسة – خصائص تفاعل الاتزان الأسئلة من ١ إلى ٣ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(أ، ب) ٥(د)	• يصف التفاعلات المنعكسة • يشرح خصائص الاتزان الديناميكي • يفهم النظام المغلق
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-١ الاتزان الكيميائي السؤالان ١، ٤(أ، ب) أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ١(ب)	• يحدد المصطلحات المرتبطة بالتفاعلات المنعكسة

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يُعدّ من السهل على الطلبة أن يفترضوا أثناء دراستهم التفاعلات المنعكسة أن التفاعلات جميعها تكون منعكسة.

تتضمن الأمثلة على تفاعلات غير منعكسة تفاعلات الاحتراق والتعادل.

أنشطة تمهيدية

فكرة أ (٥ دقائق)

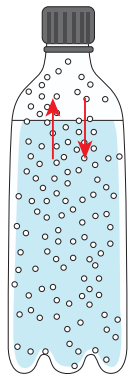
يقرأ الطلبة الموضوع ٥-١ التفاعلات المنعكسة والاتزان الوارد في كتاب الطالب ويشرحون السبب الذي يُعدّ فيه تسخين كبريتات النحاس (II) المائية تفاعلًا منعكسًا.

الأنشطة الرئيسية

فيما يلي يرد عدد من الأنشطة التعليمية التي يمكنك اختيار ما يناسبك منها لتكييف الدرس وفقًا لاحتياجات الطلبة.

١ التفاعلات المنعكسة والاتزان الكيميائي (٢٠ دقيقة)

اعرض على الطلبة زجاجة مغلقة من المياه الغازية واشرح التفاعل $CO_2(aq) \rightleftharpoons CO_2(g)$ الموجود فيها. يمكن استخدام الشكل (٥-١) لشرح الاتزان الديناميكي الموجود في زجاجة مغلقة من المياه الغازية.



الشكل ٥-١

يمكن للطلبة مناقشة معدلات سرعة التفاعلات الأمامية والعكسية وتراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان.

يُعرِّف الطلبة المقصود بمصطلح الاتزان الكيميائي. ينبغي مناقشة المعايير الآتية:

- يتطلب الاتزان الكيميائي نظامًا مغلقًا.
- الاتزان الكيميائي هو اتزان ديناميكي، الأمر الذي يعني أنه عند الاتزان يستمر التفاعلان الأمامي والعكسي، أي لا يتوقفان.
- عند الاتزان، يكون معدل سرعة التفاعل الأمامي مساويًا لمعدل سرعة التفاعل العكسي.
- عند الاتزان، تكون تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ثابتة.

› **فكرة للتقويم:** ارجع الى الشكل (٥-٤) الوارد في كتاب الطالب وطبّقه على التفاعل المنعكس في زجاجة المياه الغازية. كلف الطلبة شرح سبب الحاجة إلى نظام مغلق لتحقيق الاتزان.

يمكن للطلبة أيضًا الإجابة عن الأسئلة من ١ إلى ٣ الواردة في كتاب الطالب.

٢ التفاعل بين غاز الهيدروجين وبخار اليود (١٥ دقيقة)

يقرأ الطلبة الموضوع ٥-١ بعنوان ثبات تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد الناتجة عند الاتزان الوارد في كتاب الطالب. توضح التمثيلات البيانية في الشكلَين (٥-٢ و ٥-٣) كيف تتغيّر تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة مع استمرار التفاعل بين غاز الهيدروجين وبخار اليود في حاوية مغلقة.

كلف الطلبة أن يشرحوا ما يلي:

- ماذا يحدث عندما تكون خطوط المنحنى أفقية؟
- ما الفرق بين هذَين التمثيلَين البيانيَّين؟ وما الذي يوضحه هذا الفرق؟

› **فكرة للتقويم:** يستخدم الطلبة الشكلَين (٥-٢ و ٥-٣) للإجابة عن السؤال ١.

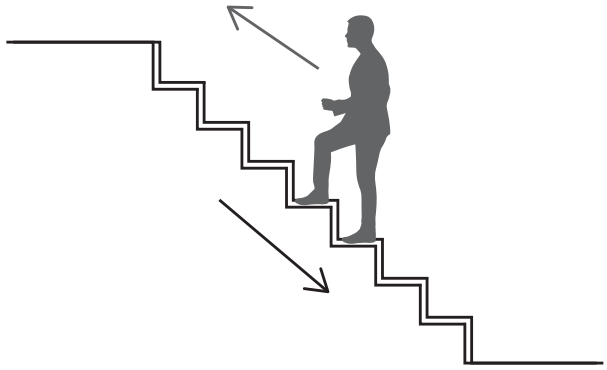
التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

ارسم كيف تتغير كميات بخار الماء وكبريتات النحاس اللامائية مع حدوث التفاعل وتحقق الاتزان.

الدعم

يواجه بعض الطلبة صعوبة في فهم المقصود بالاتزان الديناميكي. تتمثل إحدى طرائق تفسير ذلك في تصوير شخص يصعد سلمًا متحركًا يتحرك نحو الأسفل. إذا كان الشخص يصعد السلم المتحرك بالسرعة نفسها التي يتحرك بها السلم نحو الأسفل، فسيبدو الشخص ثابتًا على السلم المتحرك. ومع ذلك، لا يزال كل من الشخص والسلم المتحرك يتحركان. يُعدّ ذلك اتزانًا ديناميكيًا. يمكن القول إن صعود الشخص مشابه للتفاعل الأمامي ونزول السلم المتحرك مشابه للتفاعل العكسي.



الشكل ٥-٢ يتحرك الشخص صعودًا بالسرعة نفسها لتحرك السلم نزولًا.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

ادعُ الطلبة إلى مناقشة السؤال الآتي: لماذا يمكن أن تمثل التفاعلات المنعكسة مشكلة للصناعات الكيميائية؟

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

سلم متحرك

- يحتاج الطلبة إلى استخدام مصطلحات التفاعل المنعكس، والاتزان الديناميكي، والنظام المغلق بشكل صحيح.

المهارة الحسابية

- لا توجد روابط تتعلق بالحسابات في هذا الدرس.

الموضوع ٥-٢ حالة الاتزان

الأهداف التعليمية

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

خمس حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٢ حالة الاتزان – مبدأ لوشاتيلييه – تأثير التركيز على حالة الاتزان – تأثير الضغط على حالة الاتزان – تأثير درجة الحرارة على حالة الاتزان – تأثير العوامل الحفازه على حالة الاتزان الأسئلة من ٤ إلى ٧ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(هـ)، ٥(هـ، و)	• يعرف مبدأ لوشاتيلييه • يستخدم مبدأ لوشاتيلييه لشرح أثر التغير في درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط أو العامل الحفاز على نظام كيميائي في حالة الاتزان • يشرح تأثير درجة الحرارة على الاتزان الكيميائي • يذكر أن العوامل الحفازة ليس لها أي تأثير على موضع الاتزان، ولكن فقط على معدل السرعة الذي يتحقق به هذا الاتزان
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-١ الاتزان الكيميائي الأسئلة ٢، ٣، ٤(ج)، ٥ استقصاء عملي ٥-١ تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ١(أ، ج)، ٢(أ)	• يجيب عن الأسئلة المتعلقة بالتفاعلات المنعكسة ومبدأ لوشاتيلييه والجوانب الأخرى للاتزان الكيميائي • يستقصي تأثير التغيّر في التركيز ودرجة الحرارة على الاتزان الآتي: $[Cu(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CuCl_4]^{2-} + 6H_2O(l)$

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يخلط بعض الطلبة بين عدد الذرات في جزيء غاز ما والتناسب الكيميائي. ولشرح تأثير تغير الضغط على الاتزان في تفاعل بين مواد غازية، أكّد لهم ضرورة النظر في الأرقام الموجودة أمام الصيغ عند استخدام مبدأ لوشاتيلييه.
- يؤثر التغير في الضغط على المواد الغازية فقط دون المواد السائلة والمواد الصلبة. على سبيل المثال، في التفكك الحراري لكربونات الكالسيوم وفق المعادلة الآتية: ($CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$)، المادة الوحيدة التي تتأثر بتغيرات الضغط هي غاز ثاني أكسيد الكربون.

أنشطة تمهيدية

يرد فيما يلي فكرتان. سيعتمد الاختيار بين الأنشطة المستخدمة على الموارد، والوقت المتاح، ومدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

ارجع إلى زجاجة المياه الغازية التي تمّت مناقشتها في الدرس السابق، وذكر الطلبة بالاتزان الموجود في زجاجة مغلقة:

$CO_2(aq) \rightleftharpoons CO_2(g)$

يعمل الطلبة ضمن مجموعات ويناقشون ما يلي:

- ما الذي يلاحظونه عند نزع السدادة لبضع ثوان ثم إعادتها مجددًا؟
- ماذا يحدث لمعدلات سرعة التفاعلات الأمامية والعكسية؟
- ماذا يحدث لتراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟
- لماذا يتوقف حدوث أي تغير بعد مرور بضع دقائق؟

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

في حال توافر المعدات والأدوات المخبرية، قدم عرضًا توضيحيًا بالاستناد إلى السؤال ٣ الوارد في كتاب الطالب. ينبغي إغلاق وعاء البروم ووضعه في ماء دافئ أو في مخلوط ماء–ثلج. لاحظ أن هذا يُعدّ مثالًا على اتزان مرحلي (phase equilibrium) لأن البروم لم يتغير كيميائيًا. وإذا لم تتوافر المواد والأدوات يمكن تقديم عرض مرئي لهذا المثال.

الأنشطة الرئيسية

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

١ تأثير العامل الحفاز وتغير الضغط ودرجة الحرارة على الاتزان الكيميائي (١٥ دقيقة)

قبل النظر في تأثيرات تغير الضغط ودرجة الحرارة على حالة الاتزان، برهن للطلبة أن العوامل الحفازة لا تؤثر على حالة الاتزان، وأنها فقط تزيد معدل سرعة الوصول إلى حالة الاتزان.

يناقش الطلبة الاتزان الغازي الموضح أدناه:

$$2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons Z(g) \qquad \Delta H = -70\ kJ/mol$$

اسأل الطلبة: «ما تأثير زيادة الضغط على هذا الاتزان؟» يجب تشجيعهم على اعتماد طريقة تفكير منطقية عند الإجابة عن أسئلة مماثلة.

أبدأ دائمًا بمبدأ لو شاتيلييه.

↓

فيما يتعلق بهذا السؤال، يذكر المبدأ أن موضع الاتزان سينزاح في اتجاه تقليل الضغط.

↓

يحقق التفاعل ذلك عن طريق إنتاج عدد أقل من جزيئات الغاز.

↓

لذلك، سينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن لإنتاج المزيد من Z.

يجب عليهم بعد ذلك إجراء مناقشة حول الاتزان نفسه ولكن هذه المرة في ضوء التغيرات في درجة الحرارة.

ما هو تأثير زيادة درجة الحرارة على هذا الاتزان؟

أبدأ دائمًا بمبدأ لو شاتيلييه.

↓

فيما يتعلق بهذا السؤال، يذكر المبدأ أن موضع الاتزان سينزاح في اتجاه خفض درجة الحرارة.

↓

يحقق التفاعل ذلك عن طريق دعم الاتجاه الذي يؤدي إلى خفض درجة الحرارة، أي التفاعل الماص للحرارة. توضح المعلومات أن التفاعل الأمامي طارد للحرارة حيث إن إشارة تغيّر المحتوى الحراري سالبة.

↓

لذلك، سينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر لأن هذا هو التفاعل الماص للحرارة، وإذا حدث هذا التفاعل، فسيتبع ذلك انخفاض في درجة الحرارة.

› **فكرة للتقويم:** وزّع الطلبة في مجموعات من ثلاثة أفراد. كلفهم الرجوع إلى الجدول (٥-٣) الوارد في كتاب الطالب وإلى موضوع تفكك يوديد الهيدروجين لإنتاج غاز الهيدروجين وبخار اليود. اعتمد على بيانات تغير المحتوى الحراري المعطاة مع المعادلة، وكلفهم استخدام مبدأ لوشاتيلييه للتنبؤ بتأثير ازدياد درجة الحرارة، ثم تحليل البيانات الموجودة في الجدول وشرح كيفية تتناسب البيانات مع توقعاتهم.

اسأل الطلبة: لماذا لا يكون لتغير الضغط على هذا الاتزان أي تأثير؟

٢ استقصاء عملي ٥-١: تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان (٣٠ دقيقة)

يتضمن هذا الاستقصاء العملي التفاعل المنعكس الآتي:

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

ذكّر الطلبة بأنهم تعلموا في الوحدة الثالثة عن الرابطة التناسقية في المعقدَين الأيونيَّين $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$ و $[CuCl_4]^{2-}$ في هذا الاستقصاء العملي، يمكن للطلبة العمل ضمن ثنائيات. ترد التفاصيل في كتاب التجارب العملية والأنشطة (الاستقصاء العملي ٥-١). تأكد من أنهم على معرفة بمخاطر كلتا المجموعتَين من المواد الكيميائية المستخدمة خلال

الاستقصاء، وأخبرهم بأن جزءًا من التقويم سيشمل مدى التزامهم شروط الأمان. سيحتاجون إلى الاحتفاظ بواحدة أو أكثر من أنابيب الاختبار للجزء الثاني من الاستقصاء الذي يتضمن تغيرات في درجة الحرارة.

› **فكرة للتقويم:** يمكن تقويم الثنائيات من حيث التزامهم شروط الأمان. كلفهم الإجابة عن الأسئلة الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة. بما أن الإجابات متوافرة في دليل المعلم، يمكن تحويلها إلى مخطط للدرجات، ومن ثم توزيعها على الطلبة عند الانتهاء من الاستقصاءات العملية.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يتمّ إنتاج الإيثانول من الإيثين وبخار الماء عبر التفاعل الآتي:

$$C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons C_2H_5OH(g) \qquad \Delta H = -56\ kJ/mol$$

كلف الطلبة شرح سبب استخدام مصنّعي الإيثانول وفقًا لهذه الطريقة لضغط مرتفع يبلغ 50 atm.

الدعم

يمكن تلخيص تأثير درجة الحرارة عبر التذكير بأن الارتفاع في درجة الحرارة يدعم دائمًا التفاعل الماص للحرارة. إذا تمكنوا من تذكر ذلك، فيمكنهم أن يتذكروا أن الانخفاض في درجة الحرارة يدعم دائمًا التفاعل الطارد للحرارة.

كلف الطلبة بالإجابة على السؤال ٥ الوارد في كتاب الطالب. وللتأكيد على التعليق الوارد في الموضوع الخاص بالمفاهيم الخاطئة الشائعة، يمكنك أن تسأل الطلبة عن تأثير ازدياد الضغط على التفاعل (ب) الوارد في السؤال ٥.

اسأل الطلبة عن مدى تمكنهم من تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الأسئلة المتعلقة بالاتزان.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يتضمن تطبيق مبدأ لوشاتيلييه سلسلة من البراهين المنطقية والتي يمكن الاستناد إليها بسهولة.

المهارة الحسابية

توجد حاجة إلى التناسب الكيميائي للمعادلات لشرح تأثير تغير الضغط على الاتزان الكيميائي. يجب أن يتذكروا أن الرقم الموجود قبل صيغة الجزيء في المعادلة مهم جدًا.

الموضوع ٥-٣ معادلات الاتزان وثابت الاتزان (K_c)

الأهداف التعليمية

٥-٦ يستنتج علاقة ثابت الاتزان من حيث التراكيز K_c

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

ست حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٣ معادلات الاتزان وثابت الاتزان (K_c) – معادلات الاتزان – أمثلة على حسابات الاتزان الأسئلة من ٨ إلى ١١ أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ج)، ٣	• يكتب معادلات الاتزان للتفاعلات المختلفة • يحسب وحدات قياس (K_c) للتفاعلات المختلفة • يسقط تراكيز المواد الصلبة والسوائل النقية في التفاعلات غير المتجانسة من معادلات (K_c) • يحسب التركيزات عند تحقيق الاتزان
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-٢ معادلات الاتزان الأسئلة من ١ إلى ٣ نشاط ٥-٣ عمليات حسابية باستخدام (K_c) أسئلة نهاية الوحدة: الأسئلة ٢(ب، ج)، ٣(ب)	• أفكار عامة حول معادلة الاتزان • يكتب معادلات الاتزان للتفاعلات المختلفة • يحلل مخاليط الاتزان من حيث المواد المتفاعلة للتفاعل بين إيثانوات الإيثيل والماء عن طريق المعايرة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

في بعض الأسئلة، لا تتوافق الكميات الابتدائية للمواد المتفاعلة مع التناسب الكيميائي في المعادلة. أعط المثال الوارد في الأنشطة الرئيسية مرة أخرى لتوضيح السؤال. على الرغم من أن الطلبة على معرفة جيدة بالعملية، فقد يعتقدون أنه نظرًا لاستخدام 2 mol من Y، فإن ضعفَي الكمية سيتفاعلان. وكما هو موضح في المعادلة أدناه، إذا تفاعل 0.5 mol من X، فإن 0.25 mol فقط من Y سيتفاعل وليس أكثر.

	$2X$	+	Y	$\rightleftharpoons$	$2Z$
في البداية:	2 mol		2 mol		0

أنشطة تمهيدية

يرد فيما يلي فكرتان. سيعتمد الاختيار بين الأنشطة المستخدمة على الموارد والوقت المتاح، ومدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (١٠ دقائق)

استخدم الأسئلة الأول والثاني والرابع في الفقرة «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة» الواردة في كتاب الطالب. سوف تتطلب الدروس القليلة التالية من الطلبة أن يتعاملوا بثقة مع المولات والتناسب الكيميائي ووحدات القياس.

٢ فكرة ب (١٠ دقائق)

سيؤدي البحث السريع على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن «رسوم متحركة حول التناسب الكيميائي» إلى تحقيق الهدف نفسه الذي تقوم بتحقيقه من خلال الأسئلة «قبل أن تبدأ بدراسة الوحدة» المشار إليها تحت العنوان ١ الفكرة أ. إذا حصل ذلك، يمكن إيقاف الرسوم المتحركة عند نقاط متنوعة لفتح المجال أمام الطلبة لمناقشة مسألة معيّنة أو طرح موضوع ما.

الأنشطة الرئيسية

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

١ معادلات الاتزان (١٥-٢٠ دقيقة)

اسأل الطلبة: لماذا نحتاج إلى «إعطاء عدد» أو تحديد كميات اتزان ما؟ اشرح لهم أن العديد من العمليات الصناعية تستخدم تفاعلات منعكسة، وبهدف زيادة الجدوى الاقتصادية (الربح)، تسعى هذه العمليات إلى الحصول على الحد الأقصى من المواد التي تنتج من التفاعل.

اعرض مفهوم معادلات الاتزان. يقدم الموضوع ٥-٣ من كتاب الطالب التفاعل العام أدناه كنموذج:

$$mA + nB \rightleftharpoons pC + qD$$

يمكننا من هذه المعادلة العامة كتابة معادلة الاتزان الآتية: $K_c = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^m[B]^n}$

اعتمد هذا المثال، لتكلف الطلبة بكتابة معادلات الاتزان لعدد من التفاعلات. سيكون جيدًا أن تتضمن بعض هذه الأمثلة مواد صلبة أو سائلة؛ على سبيل المثال، يوضح التفاعلان الآتيان المطلوب:

١. $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ $\quad K_c = [CO_2]$

يكون تركيزا كربونات الكالسيوم وأكسيد الكالسيوم ثابتين؛ لأنهما مادتان صلبتان نقيتان.

٢. $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$ $\quad K_c = [H^+][OH^-]$

يكون تركيز الماء ثابتًا لأنه سائل نقي.

من المهم أن يكون ممكنًا حساب وحدات قياس (K_c).

يُعدّ المثالان ١ و ٢ جيّدَين، ولكن تبقى الحاجة إلى المزيد من الأمثلة.

بالنسبة إلى التفاعل ١، وحدة قياس التركيز هي، mol/L.

بالنسبة إلى التفاعل ٢ (تركيز) × (تركيز) = (تركيز)^2

mol^2/L^2 = mol/L × mol/L

وفي حال حساب ثابت الاتزان؛ على سبيل المثال، بالنسبة إلى التفاعل أدناه:

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

تكون معادلة ثابت الاتزان: $K_c = \frac{[C_2H_5OH(g)]}{[C_2H_4(g)][H_2O(g)]}$

ووحدة القياس: $L \times \frac{1}{mol}$، والتي يمكن التعبير عنها بـ $L.mol^{-1}$ أو L/mol، حيث تُوضع وحدة القياس ذات العدد الصحيح الموجب أولًا.

› **فكرة للتقويم ١:** يتضمن النشاط ٥-٢ السؤال (٣) من كتاب التجارب العملية والأنشطة على عدة أمثلة. تتضمن هذه الأمثلة معادلات (K_c) ووحدات القياس لكل معادلة. يُقترح القيام بهذا العمل ضمن مجموعات من طالبين إلى ثلاثة طلبة لأن كل سؤال يُعدّ عملية متكاملة، ويجب تشجيع الطلبة على مناقشة العمليات التي ينفذونها.

٢ حساب (K_c) (٣٠ دقيقة)

يتضمن الموضوع ٥-٣ من كتاب الطالب «بعض الأمثلة على حسابات الاتزان»، «مهم» ملخصًا جيدًا لكيفية إجراء العمليات الحسابية لـ (K_c)؛ وهي عملية من خمس خطوات. الخطوة الثالثة في هذه العملية هي الخطوة المهمة، أي استنتاج تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان. يجب التأكيد على أن التناسب الكيميائي لمعادلة التفاعل هو الدليل لهذه الخطوة. يمكن عرض المثال الآتي على الطلبة. افترض أن الحجم = 1 L

الخطوة الأولى ١: اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة	2X	+	Y	⇌	2Z
الخطوة الثانية ٢: أعط المعلومات في البداية	2 mol		1 mol		0
الخطوة الثالثة ٣: استنتج التراكيز عند الاتزان					

عند الاتزان تكوّن 0.5 mol من Z. وباستخدام التناسب الكيميائي للمعادلة، تكون الخطوات التالية صحيحة. لكل جزيء متكوّن من Z، يتفاعل جزيء واحد من X (2X : 2Z، أي نسبة 1 : 1). لذلك، يجب أن يتفاعل 0.5 mol من X. كذلك، لكل جزيئَين متكوّنَين من Z، يتفاعل جزيء واحد من Y. لذلك، فإن عدد مولات Y التي تتفاعل = 0.25 mol.

بالتالي عند الاتزان، تكون أعداد المولات:

تركيز X عند الاتزان mol/L	تركيز Y عند الاتزان mol/L	تركيز Z عند الاتزان mol/L
2 – 0.5 = 1.5	1 – 0.25 = 0.75	0.5

الخطوة ٤: اكتب معادلة الاتزان:

$$(K_c) = \frac{[Z]^2}{[X]^2[Y]}$$

وحدة القياس هي: $\frac{[mol/L]^2}{[mol/L]^2[mol/L]} = L/mol$

الخطوة ٥: استبدل قيم التراكيز للحصول على (K_c):

$$(K_c) = \frac{[0.5]^2}{[1.5]^2[0.75]} = 0.148\ L/mol$$

نظرًا لأن الخطوة الثالثة في هذه الحسابات تُعدّ مهمة، فمن الضرورة أن يتدرب الطلبة على إتقان هذه العملية.

من المهم أن يدرك الطلبة أهمية التناسب الكيميائي للمعادلة والحسابات باستخدام هذا التناسب. مرة أخرى، ينبغي وضع الطلبة ضمن مجموعات، حتى يتمكنوا من مناقشة الخطوات واعتماد المنطق في حساباتهم. سيساعدهم هذا التعبير اللفظي على الفهم والتذكر.

فكرة للتقويم: لتوفير الوقت، اقترح أمثلة «نظرية». يجب إضافة ما يلي:
في المثالين الآتيين، نفترض أن حجم مخلوط التفاعل يساوي 1 L ويبقى ثابتًا خلال التفاعل.

مثال ١: في التفاعل $2A + 2B \rightleftharpoons C + D$، عندما يتم خلط 2 mol من A و 1 mol من B ليتفاعلا وصولًا إلى الاتزان، فإن 25 % من A يكون قد تفاعل.

١. احسب عدد مولات كل مادة في التفاعل عند الاتزان.

٢. احسب قيمة (K_c) لهذا التفاعل ووحدة القياس لها.

مثال ٢: في التفاعل $P + Q \rightleftharpoons 2R + S$، عندما يتم خلط 1 mol من P و 1.5 mol من Q ليتفاعلا وصولًا إلى الاتزان، يبقى 0.2 mol من P.

١. احسب عدد مولات كل مادة في التفاعل عند الاتزان.

٢. احسب قيمة (K_c) لهذا التفاعل ووحدة القياس لها.

يرد الحل في الجدول (١-٥) أدناه.

مثال ١	D	+	C	$\rightleftharpoons$	2B	+	2A
في البداية	0 mol		0 mol		1 mol		2 mol
عند الاتزان قد تفاعل 25% من A	0.25 mol		0.25 mol		1 – 0.5 = 0.5 mol		25% من A = 0.5 mol 2 – 0.5 = 1.5 mol
$K_c = \frac{[C][D]}{[A]^2[B]^2} = \frac{[0.25][0.25]}{[1.5]^2[0.5]^2} = 0.11$ الوحدة $= \frac{[mol/L][mol/L]}{[mol/L]^2[mol/L]^2} = L^2/mol^2$ إذا افترضنا أن الحجم هو 1 L، عندها نستخدم القيم نفسها لأعداد المولات كتراكيز، وتصبح الوحدة:							

مثال ٢	S	+	2R	$\rightleftharpoons$	Q	+	P
في البداية	0 mol		0 mol		1.5 mol		1 mol
عند الاتزان يبقى 0.2 mol من P	0.8 mol		1.6 mol		تفاعل العدد نفسه من Q 1.50 – 0.8 = 0.7 mol		لأنه بقي 0.2 mol، لذلك يجب أن يكون قد تفاعل P من 0.8 mol
عند الاتزان	0.8 mol		1.6 mol		0.7 mol		0.2 mol
$K_c = \frac{[R]^2[S]}{[P][Q]} = \frac{[1.6]^2[0.8]}{[0.2][0.7]} = 14.6$ الوحدة $= \frac{[mol/L]^2[mol/L]}{[mol/L][mol/L]} = mol/L$ إذا افترضنا أن الحجم هو 1 L، عندها نستخدم القيم نفسها لأعداد المولات كتراكيز، وتصبح الوحدة:							

الجدول ١-٥

٣ تأثيرات تغيّر التركيز والضغط ودرجة الحرارة على (K_c) (١٥ دقيقة)

أبلغ الطلبة أن التغيرات في التركيز ليس لها أي تأثير على قيمة (K_c). ستؤثر التغيرات في هذه الكميات على المردود في حال انزاح موضع الاتزان في اتجاه أحد الطرفَين. يكون لتغيّر درجة الحرارة فقط تأثير على قيمة (K_c).

سيرغب الطلبة في معرفة سبب عدم تأثير التغيرات في التركيز على قيمة (K_c). يُعدّ الاتزان: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ مثالًا جيدًا يمكن الاستعانة به لأنه يحتوي على مكونَين فقط.

كلف الطلبة بكتابة معادلة الاتزان لهذا التفاعل: $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$

إذا تمّت مضاعفة $[N_2O_4]$ فسوف تنخفض قيمة (K_c) ولن يكون النظام في حالة اتزان. لذلك، ستزداد قيمة $[NO_2]$ وسوف تنخفض $[N_2O_4]$ حتى تعود (K_c) إلى قيمتها الصحيحة.

هذا يعني أن زيادة تركيز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين ينتج منه تكوّن المزيد من ثنائي أكسيد النيتروجين، أي سينزاح موضع الاتزان في اتجاه الطرف الأيمن. وهذا ما يتوقعه مبدأ لوشاتيلييه. المهم هنا، هو أن قيمة ثابت الاتزان لا تتغير، ولكن مردود المادة الناتجة يزداد.

› **فكرة للتقويم:** وزّع الطلبة في مجموعات من ثلاثة أشخاص وكلفهم مناقشة ما يعرفونه حول تأثير زيادة درجة الحرارة على قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ماص للحرارة. كلفهم كتابة إجاباتهم القصيرة على ورقة أو على الألواح الخاصة بهم، ثم اعرض إجاباتهم أمام الجميع.

كلف المجموعات التي أعطت الإجابة الصحيحة «ازدياد» أو «تصبح أكبر» تبرير إجابتهم. يجب أن تتبع إجاباتهم التفسير المنطقي الآتي:

> الارتفاع في درجة الحرارة يدعم التفاعل الماصّ للحرارة. هذا يعني أن موضع الاتزان سينزاح نحو تكوين المواد الناتجة، وبالتالي ستزداد قيمة ثابت الاتزان.

في مجموعاتهم المكونة من ثلاثة أشخاص، كلف الطلبة الإجابة عن السؤال ١١ الوارد في كتاب الطالب.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

قد يحاول الطلبة حل المسألة الآتية: في عملية هابر يتم تحويل 20% من النيتروجين إلى أمونيا. يساوي حجم الحاوية 1 L.

يوضح أدناه معادلة التفاعل والظروف الابتدائية:

$N_2(g)$	+	$3H_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3(g)$
1 mol		3 mol		0 mol

استخدم هذه المعلومات لحساب قيمة (K_c) مع تحديد وحدة القياس لها. [الإجابة: $1.45 \times 10^{-2}\ L^2/mol^2$]

في كتاب التجارب العملية والأنشطة، أسئلة نهاية الوحدة، السؤال ٢(ج). المطلوب في هذا السؤال حساب تركيز أحد المكونات باستخدام (K_c).

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يُعدّ السؤال ١٠ الوارد في كتاب الطالب الذي يتناول تكوّن الأمونيا نقطة جيدة لاختتام هذا الدرس.
ترد الإجابات الصحيحة في الجدول (٥-٢) أدناه بمحاذاة الأفكار غير الصحيحة التي يمكن أن تؤدّي إلى إجابات غير صحيحة.

الإجابة	التعليق
أ	إجابة غير صحيحة. لم يلاحظ الطالب عدد مولات الأمونيا والهيدروجين.
ب	إجابة غير صحيحة. لاحظ الطالب عدد مولات الأمونيا والهيدروجين ولكنه استخدم نسبة 3 : 2 بشكل غير صحيح بالقسمة على ⅔.
ج	إجابة صحيحة.
د	إجابة غير صحيحة. لقد قدّر الطالب عدد مولات الأمونيا، ولكنه لم يأخذ في الاعتبار وجود ثلاثة مولات من الهيدروجين، أو أخطأ واستخدم النيتروجين بدل الهيدروجين.

الجدول ٥-٢

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

كما هو مبيّن في الأنشطة الرئيسية، فإن العمل ضمن مجموعات حيث يتم تشجيع النقاش، يُعدّ طريقة جيدة للطلبة لمعالجة المعلومات وشرح كيفية تنفيذ العملية بأساليبهم الخاصة.

هذه القدرة على التعبير اللفظي عمّا يبدو أنه مجرد عنصر أو مادة حسابية، تشجعهم على استخدام المصطلحات الصحيحة وفهم ما يحدث في شكل أكمل.

المهارة الحسابية

يوجد عدد من العمليات الحسابية المطلوبة في هذا الدرس. يتضمن ذلك استخدام التناسب الكيميائي للمعادلة لحساب النسب والمولات وحساب وحدات القياس المشتقة من معادلة الاتزان.

الموضوع ٥-٤ الاتزان في تفاعلات الغازات وثابت الاتزان (K_p)

الأهداف التعليمية

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

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

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

أربع حصص.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٤ الاتزان في تفاعلات الغازات وثابت الاتزان (K_p) – الضغط الجزئي – معادلات اتزان تتضمّن ضغوطًا جزئية – عمليات حسابية تستخدم الضغوط الجزئية – الضغط الجزئي والكسر المولي الأسئلة من ١٢ إلى ١٥ أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(أ، ب، ج، د) ٥(أ، ب، ج)	• يحسب الضغوط الجزئية للغازات الموجودة في التفاعل • يكتب معادلات الاتزان للتفاعلات المختلفة التي تتضمن ضغوطًا جزئية • يحسب وحدات قياس (K_p) للتفاعلات المختلفة • العلاقة بين الضغط الجزئي والكسر المولي
كتاب التجارب العملية والأنشطة	نشاط ٥-٢ معادلات الاتزان السؤال ٤ نشاط ٥-٤ عمليات حسابية باستخدام (K_p) أسئلة نهاية الوحدة: السؤالان ١(د، هـ)، ٢(د)	• العمليات الحسابية التي تتضمن (K_p)

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

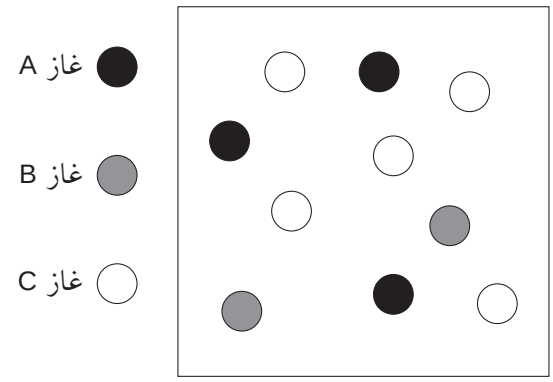
نظرًا لأن الاتزان غالبًا ما ينزاح في اتجاه أحد الطرفَين، يعتقد الطلبة خطأً أنه إذا تغيرت التراكيز أو الضغط، فستتغير قيمة (K_c) أو (K_p) كذلك. فالمردود فقط يتغير، ولكن ثابت الاتزان لا يتغير.

أنشطة تمهيدية

يرد فيما يلي اقتراحان. سيعتمد الاختيار بين الأنشطة المستخدمة على الموارد، والوقت المتاح، ومدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

اشرح للطلبة مفهوم الضغط الجزئي. يُعدّ فهم هذا المفهوم سهلًا جدًا بالنسبة إلى الطلبة، وباستخدام مخططات بيانية يمكنك أيضًا شرح الكسور المولية. كما يمكنك استخدام مخطط مشابه للشكل (٥-٢).



الشكل ٥-٣

الكسور المولية هي كما يلي:

الكسر المولي للغاز A: $\frac{3}{10} = 0.3$

الكسر المولي للغاز B: $\frac{2}{10} = 0.2$

يمكن حساب الكسر المولي للغاز C بالطريقة نفسها لحساب الكسر المولي للغازَين A و B أو، لأنه الغاز الوحيد المتبقي، باستخدام المعادلة الآتية:

الكسر المولي للغاز C: $1 - (0.2 + 0.3) = 0.5$

إذا كان الضغط الكلي يساوي 1×10^5 Pa، يمكن حساب الضغوط الجزئية بتطبيق قانون دالتون.

	غاز A	غاز B	غاز C
الكسر المولي	$\frac{3}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{5}{10}$
الضغط الجزئي/Pa	$\frac{3}{10} \times 10^5$	$\frac{2}{10} \times 10^5$	$\frac{5}{10} \times 10^5$
	$= 3 \times 10^4$	$= 2 \times 10^4$	$= 5 \times 10^4$

يمكن أيضًا حساب P_C من خلال: $(1 \times 10^5 - (3 \times 10^4 + 2 \times 10^4)) = 5 \times 10^4$ Pa

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

ابحث في الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن رسوم متحركة/مقاطع فيديو عن الضغوط الجزئية. يمكن لهذا الأمر أن يمثل مقدمة سريعة جدًا إلى الموضوع.

› **فكرة للتقويم للنشاطَين التمهيديَّين:** أجب عن السؤال ١٢ الوارد في كتاب الطالب.

الأنشطة الرئيسية

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

١ معادلات الاتزان التي تتضمن (K_p) (١٠ دقائق)

تشبه معادلات ثابت الاتزان (K_p) إلى حدّ كبير معادلات ثابت الاتزان (K_c). يحتوي النشاط ٥-٢ السؤال ٤ والنشاط ٥-٤ الواردان في كتاب التجارب العملية والأنشطة والسؤال ١٢ الوارد في كتاب الطالب على أمثلة كافية لتدريب الطلبة وإتقان هذا المفهوم. وتؤمّن هذه الأسئلة أيضًا فرصًا كثيرة لإجراء حسابات وحدات القياس.

٢ حساب (K_p) (٢٥ دقيقة)

يمكن استخدام المثالَين ١٠ و ١١ الواردَين في كتاب الطالب كأمثلة على هذا النوع من الحسابات. المثال ١٠ واضح جدًا، ولكن المثال ١١ يظهر اختلافًا طفيفًا لأن على الطلبة أن يحسبوا الضغط الجزئي لأحد المكونات قبل أن يتم حساب (K_p).

إذا تضمن الحسابُ حسابَ عدد المولات في البداية، فإن المرحلة الحاسمة تبقى المرحلة الثالثة، حيث يتم حساب عدد المولات عند الاتزان. بالنسبة إلى حسابات (K_p)، توجد بعض الخطوات الإضافية حيث يجب حساب العدد الكلي للمولات الموجودة عند الاتزان قبل التمكن من حساب الضغوط الجزئية لكل مكوّن. ويرد فيما يلي مثال:

اكتب المعادلة:	$C_2H_5OH(g)$	$\rightleftharpoons$	$H_2O(g)$	+ $C_2H_4(g)$
أعط المعلومات عند بداية التفاعل:	0		2 mol	1 mol
عدد المولات عند الاتزان	0.4 mol		2 − 0.4 = 1.6 mol	1 − 0.4 = 0.6 mol

الضغط = 5×10^6 Pa

عند الاتزان، يتحول 40% من الإيثين إلى إيثانول، وبالتالي يكون. 40% من 1 mol = 0.4 mol

هذه هي الخطوة الحاسمة: ملاحظة: كمية بخار الماء المتفاعل هي نفسها كمية الإيثين المتفاعل في المعادلة الكيميائية الموزونة.

احسب العدد الكلي للمولات عند الاتزان: 0.6 + 1.6 + 0.4 = 2.6 mol

احسب الضغط الجزئي لكل مكوّن:

الكسر المولي للإيثين: $\frac{0.6}{2.6} = 0.231$ $P_{\text{الإيثين}} = 0.231 \times 5 \times 10^6 = 1.15 \times 10^6$ Pa

الكسر المولي لبخار الماء: $\frac{1.6}{2.6} = 0.615$ $P_{\text{البخار}} = 0.615 \times 5 \times 10^6 = 3.08 \times 10^6$ Pa

الكسر المولي للإيثانول: $\frac{0.4}{2.6} = 0.154$ $P_{\text{الإيثانول}} = 0.154 \times 5 \times 10^6 = 7.70 \times 10^5$ Pa

اكتب معادلة ثابت الاتزان (K_p) واحسب قيمته ووحدة قياسه:

$$K_p = \frac{P_{\text{الإيثانول}}}{P_{\text{الإيثين}} \times P_{\text{البخار}}} = \frac{7.70 \times 10^5}{(1.15 \times 10^6 \times 3.08 \times 10^6)}$$

$$= 2.17 \times 10^{-7}\ Pa^{-1}$$

يمكن حساب وحدة قياس (K_p) لهذا التفاعل من المعادلة: $\frac{Pa}{Pa^2} = Pa^{-1}$

وكما في حالة (K_c)، يمكن اقتراح أسئلة "نظرية" على الطلبة. النقطة المهمة هي أنهم يتدربون على حساب عدد مولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان والضغوط الجزئية للمكوّنات الغازية.

› **فكرة للتقويم:** يمكن للطلبة الإجابة عن أسئلة نهاية الوحدة ٥ (أ – هـ) الواردة في كتاب الطالب وعن النشاط ٥-٤ الوارد في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

في نهاية النشاط يمكن إعطاؤهم مخططات توزيع الدرجات لكلا السؤالَين؛ ويمكن للطلبة تقييم أقرانهم.

تُعدّ أسئلة نهاية الوحدة ١ و ٢ الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة أيضًا ذات صلة بهذا الموضوع.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

بالنسبة إلى الطلبة الأكثر قدرة، قد ترغب في استخدام السؤال الآتي لاختبار مستوى فهمهم للموضوع:

يُعدّ أحادي أكسيد النيتروجين (NO) مركبًا شديد النشاط الكيميائي وهو يؤدّي دورًا رئيسيًا كجزيء لنقل إشارات القلب والأوعية الدموية. يتكون أحادي أكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي نتيجة التفاعل بين النيتروجين والأكسجين.

ترد أدناه معادلة تكوّن أحادي أكسيد النيتروجين من النيتروجين والأكسجين وفقًا لهذه الطريقة:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) \qquad \Delta H = +180\ kJ/mol$$

في الهواء يكون تركيز كل من الأكسجين والنيتروجين 8.24×10^{-3} mol/L و 3.59×10^{-2} mol/L على التوالي. عند درجة الحرارة 20 °C يساوي ثابت اتزان التفاعل 4×10^{-31}.

أ. اكتب معادلة ثابت الاتزان (K_c) وأعط وحدة القياس له.

ب. احسب تركيز (NO) في هذه الظروف. افترض أن تراكيز الأكسجين والنيتروجين تبقى ثابتة.

الدعم

يمكن تزويد الطلبة بمخططات تلخص العمليات الموضحة في هذا الدرس.

تلخيص الأفكار والتأمّل فيها

يُعد السؤال ١٥ الوارد في كتاب الطالب حول الزئبق وأيونات الزئبق طريقة جيدة لمراجعة الموضوع على الرغم من أنه يتعلق بـ (K_c). ترد الإجابات وسوء الفهم المحتمل في الجدول ٥-٣.

الإجابة	التعليق
أ	إجابة صحيحة.
ب	إجابة غير صحيحة. فلز الزئبق سائل لا يتغير تركيزه وبالتالي لا يظهر في معادلة الاتزان.
ج	إجابة غير صحيحة. يعتقد الطالب أن ذرتَي الزئبق في Hg_2^{2+} يجب أن تكونا في معادلة اتزان في صورة عنصر تربيعي.
د	إجابة غير صحيحة. لم يأخذ الطالب في الاعتبار الحالات الفيزيائية للزئبق وأيوناته.

الجدول ٥-٣

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

تُعدّ الروابط الرئيسية في هذه الموضوعات رقمية، ولكن من المهم جدًا إجراء مناقشات لإعطاء معنى للعمليات.

المهارة الحسابية

تُستخدم النسب والتناسب الكيميائي كثيرًا في الحسابات.

الموضوع ٥-٥ الاتزان والصناعات الكيميائية

الأهداف التعليمية

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

عدد الحصص المقترحة للتدريس

حصتان.

المصادر المرتبطة بالموضوع

المصدر	الموضوع	الوصف
كتاب الطالب	٥-٥ الاتزان والصناعات الكيميائية – الاتزان وإنتاج الأمونيا – الاتزان وإنتاج حمض الكبريتيك السؤال ١٦	• تفاصيل الظروف المستخدمة لكل من عملية هابر وعملية التماس
كتاب التجارب العملية والأنشطة	أسئلة نهاية الوحدة: السؤال ٢(هـ، و)	• ظروف عملية هابر وعملية التماس

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

لا تُعدّ 450 °C درجة حرارة مرتفعة؛ وإنما هي درجة حرارة معتدلة.

أنشطة تمهيدية

يرد فيما يلي فكرتان. سيعتمد الاختيار بين الأنشطة المستخدمة على الموارد، والوقت المتاح، ومدى تقدم الطلبة في هذا الموضوع.

١ فكرة أ (٥ دقائق)

ابحث على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن «استخدامات الأمونيا». ستجد العديد من مقاطع الفيديو القصيرة التي يمكنك استخدامها للتأكيد على أهمية الأمونيا، الرابط الآتي يوضح عملية إنتاج الأمونيا واستخداماتها.

https://www.youtube.com/watch?v=o1_D4FscMnU

٢ فكرة ب (٥ دقائق)

يمكن إجراء بحث مشابه «لاستخدامات الأمونيا» على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية (الإنترنت) عن «استخدامات حمض الكبريتيك»:

https://ak.picdn.net/shutterstock/videos/1045699444/preview/stock-footage-ascending-drone-shot-of-volcanic-sulfur-fields-of-dallol-in-the-famous-danakil-depression-hot.webm

https://www.youtube.com/watch?v=BkdjR5DZBl0

الأنشطة الرئيسية

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

١ عملية هابر (١٥ دقيقة)

يقرأ الطلبة موضوع «تحسين الكفاءة» الوارد في بداية الوحدة الخامسة من كتاب الطالب. يوضح هذا الموضوع بالتفصيل كيف تغيرت الطرائق المستخدمة لإنتاج الأمونيا لتقليل استهلاك الطاقة. وزّع الطلبة في مجموعات وكلفهم مناقشة الظروف اللازمة لإعطاء المردود الأكبر من الأمونيا. كلفهم كتابة إجاباتهم على جانب واحد من ورقة A4، ثم أعطهم الظروف الفعلية ليتم مقارنتها بإجاباتهم.

› **فكرة للتقويم:** يقوم الطلبة بكتابة وصف موجز مع تفصيل بعض الظروف المستخدمة وذكر السبب الرئيسي في اختيارها. يتضمن الوصف شرح حلول تم تطبيقها خلال العمليات الصناعية؛ وتتضمن التفاصيل المذكورة طريقتَين على الأقل لتوفير الطاقة/الجدوى الاقتصادية (الربح) في العملية.

٢ عملية التماس (١٠ دقائق)

مرة أخرى، وكما تم مع عملية هابر، يكتب الطلبة ما يعتقدونه أفضل الظروف لإنتاج المردود الأكبر من ثلاثي أكسيد الكبريت. ثم اعرض على المجموعات الظروف الفعلية المستخدمة، وكلفهم مقارنتها بإجاباتهم.

› **فكرة للتقويم:** يقوم الطلبة بكتابة وصف موجز مع تفصيل بعض الظروف المستخدمة وذكر السبب الرئيسي وراء اختيارها. يتضمن الوصف شرح حلول تم تطبيقها خلال العمليات الصناعية؛ وتتضمن التفاصيل المذكورة طريقتَين على الأقل لتوفير الطاقة/الجدوى الاقتصادية (الربح) في العملية.

التعليم المتمايز (تفريد التعليم)

التوسّع والتحدّي

يجيب الطلبة عن السؤال ٢(د) من أسئلة نهاية الوحدة الواردة في كتاب التجارب العملية والأنشطة.

قد ترغب في استخدام السؤال «حساب (K_p) لعملية هابر» لاختبار فهم الطلبة.

تُعدّ عملية هابر عملية صناعية بالغة الأهمية تنتج الأمونيا.

ترد أدناه معادلة هذا التفاعل:

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

عندما تكون النسبة المولية للنيتروجين: الهيدروجين 1 : 3 ودرجة الحرارة 450 °C والضغط 2×10^7 Pa، يتم تحويل 15% من النيتروجين إلى أمونيا.

أ. اكتب معادلة (K_p) لهذا التفاعل وأعط وحدة القياس.

ب. احسب قيمة (K_p) تحت هذه الظروف.

ج. ماذا تستدل من قيمة (K_p) حول موضع الاتزان؟

د. تقل قيمة (K_p) مع ازدياد درجة الحرارة.
علامَ تستدل من تفاعل تكوّن الأمونيا؟ اشرح إجابتك.

هـ. إذا تم تغيير الضغط من 2×10^7 Pa إلى 1×10^7 Pa، فما تأثير ذلك على ما يلي:
١. مردود الأمونيا؟ اشرح إجابتك.
٢. قيمة (K_p)؟ اشرح إجابتك.

الإجابات:

أ. $K_p = \frac{P^2_{(NH_3)}}{P_{(N_2)} \times P^3_{(H_2)}}$

وحدة القياس هي: Pa^{-2}.

لأن: $K_p = \frac{Pa^2}{Pa^4}$

ب.

التجربة	$N_2(g)$	$3H_2(g)$	$2NH_3(g)$	
عدد المولات الابتدائي (mol)	1	3	0	
عند الاتزان تفاعل 15% من N_2. عدد المولات عند الاتزان	1 − 0.15 = 0.85	3 − 0.45 = 2.55	0.30	العدد الكلي للمولات = 3.7
الضغط الجزئي (Pa)	$\frac{0.85}{3.7} \times 2 \times 10^7$ $= 4.59 \times 10^6$	$\frac{2.55}{3.7} \times 2 \times 10^7$ $= 1.38 \times 10^7$	$\frac{0.30}{3.7} \times 2 \times 10^7$ $= 1.62 \times 10^6$	

بما أن المواد المتفاعلة ممزوجة في نسب 1:3، بحسب عدد المولات الابتدائي مع التناسب الكيميائي في المعادلة الموزونة، وبما أن 15% من غاز النيتروجين قد تفاعل عند الاتزان يجب أن يكون هناك 0.15) mol – 1) موجودة عند الاتزان. 1 mol من النيتروجين تتفاعل مع 3 mol من غاز الهيدروجين. عند الاتزان يجب أن يكون هناك 0.45 mol – 3 من غاز الهيدروجين. بما أن كل 1 mol من نيتروجين تنتج 2 mol أمونيا، بالتالي فإن 0.15 mol نيتروجين سوف تنتج 0.30 mol أمونيا.

بالتالي:

$$K_p = \frac{(1.62 \times 10^6)^2}{(4.59 \times 10^6)(1.38 \times 10^7)^3} = 2.18 \times 10^{-16}\ Pa^{-2}$$

ج. بما أن قيمة ثابت الاتزان أقل من واحد فسوف ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر للمعادلة (الاتجاه العكسي) نحو المواد المتفاعلة.

د. الانخفاض في (K_p) يعني انخفاض مردود التفاعل من المواد الناتجة.

يدعم ازدياد درجة الحرارة التفاعل العكسي.

لذا، يكون التفاعل العكسي ماصًا للحرارة.

أي أن التفاعل الأمامي طارد للحرارة.

هـ. ١. سينخفض مردود الأمونيا الناتجة لأن الانخفاض في الضغط سيدعم انزياح موضع الاتزان إلى الطرف الذي ينتج المزيد من الجزيئات للحد من تاثير انخفاض الضغط (مبدأ لوشاتيلييه).

٢. لا تتغيّر قيمة (K_p).

فقط درجة الحرارة تؤثر على قيمة (K_p).

الدعم

ينبغي ألّا تطرح المفاهيم الواردة في هذا الدرس أيّة صعوبات.

التكامل مع المناهج

مهارة القراءة والكتابة

يتطلب تلخيص الظروف المستخدمة في عملية هابر وأسباب استخدامها عرضًا منظمًا للوقائع.

المهارة الحسابية

لحساب قيم (K_p) و (K_c)، سيحتاج الطلبة إلى استخدام التناسب الكيميائي للمعادلات الكيميائية وحساب الكميات المولية الموجودة عند الاتزان.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. **أ.** وفقًا لمعادلة التفاعل، يتفكك (HI) ليكوّن أعدادًا متساوية من مولات الهيدروجين واليود.

ب. يكون الغاز في الوعاء بدايةً عديم اللون، ثم تزداد شدة اللون الأرجواني تدريجيًا، حيث يتشكل المزيد من بخار اليود الناتج من تفكك يوديد الهيدروجين. وفي النهاية، يصبح لون المخلوط الغازي ثابتًا عند الوصول إلى الاتزان.

ج. ينتج 1 mol من اليود عندما يتفكك 2 mol من يوديد الهيدروجين، ولإنتاج 0.68×10^{-3} mol من اليود يتفكك 1.36×10^{-3} mol من يوديد الهيدروجين. وبالتالي يكون عدد مولات يوديد الهيدروجين عند الاتزان =

$$(1 \times 10^{-2}) - (1.36 \times 10^{-3}) = 8.64 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

٢. **أ.** لا يحدث أي فقد للمادة.

ب. معدل سرعة حركة أيونات (Na^+) و (Cl^-) من المحلول إلى الحالة الصلبة = معدل سرعة حركة هذه الأيونات من المادة الصلبة إلى المحلول.

٣. في البداية يكون معدل سرعة تبخر جزيئات البروم أكبر من معدل سرعة عودتها إلى الحالة السائلة. لذلك يزداد تركيز البروم في البخار ويصبح اللون داكنًا أكثر. عند تحقق الاتزان، يصبح تركيز البروم في البخار ثابتًا، ويكون لون الغاز ثابتًا أيضًا. وذلك لأن معدل سرعة تحول جزيئات البروم من الغاز إلى السائل = معدل سرعة تحول هذه الجزيئات من السائل إلى الغاز.

٤. **أ.** ١. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر (العكسي)/ينتج المزيد من حمض الإيثانويك والإيثانول؛ ينزاح موضع الاتزان في اتجاه تقليل تأثير إيثانوات الإيثيل المضاف؛ لذلك ينخفض تركيز إيثانوات الإيثيل والماء.

٢. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر/ ينتج المزيد من حمض الإيثانويك والإيثانول؛ ينزاح موضع الاتزان في اتجاه تقليل تأثير إزالة الإيثانول، لذا يتكوّن المزيد من الإيثانول وحمض الإيثانويك.

ب. ١. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن/ يتكوّن المزيد من (Ce^{3+}) و(Fe^{3+})؛ ينزاح موضع الاتزان في اتجاه تقليل تأثير زيادة تركيز (Fe^{2+})؛ لذلك ينخفض تركيزا (Ce^{4+}) و (Fe^{2+}).

٢. لا يتغير موضع الاتزان – يخفف الماء تراكيز جميع الأيونات بالتساوي – لذلك لا يوجد أي تغيير في نسب المواد المتفاعلة إلى المواد الناتجة.

٥. **أ.** ١. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر مع وجود عدد أقل من جزيئات الغاز على هذا الطرف.

٢. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر حيث لا توجد جزيئات غاز على هذا الطرف، ولكن يوجد ثاني أكسيد الكربون على الطرف الأيمن.

ب. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن حيث يوجد عدد أكبر من جزيئات الغاز على هذا الطرف.

٦. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن حيث إن ازدياد درجة الحرارة يدعم التفاعل الماص للحرارة الأمر الذي يعني ازدياد مردود تكوّن المواد الناتجة.

٧. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن للحد من تأثير ارتفاع درجة الحرارة. التفاعل ماص للحرارة.

٨. أ. $K_c = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$

الوحدة: L^2/mol^2

ب. $K_c = \frac{[H_2O]^2[Cl_2]^2}{[HCl]^4[O_2]}$

الوحدة: L/mol

٩.

	CO(g)	$H_2O(g)$	$CO_2(g)$	$H_2(g)$
التراكيز الابتدائية	0	0	10.00	10.00
التراكيز عند الاتزان	9.47	9.47	10.00 – 9.47 = 0.53	10.00 – 9.47 = 0.53

$K_c = \frac{(9.47)^2}{(0.53)^2} = 319.3$

١٠. ج

١١. أ. التفاعل طارد للحرارة – لذلك يؤدي ازدياد درجة الحرارة إلى انزياح موضع الاتزان باتجاه المواد المتفاعلة – لذلك ينخفض (K_c)

ب. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن/يدعم تكوّن المواد الناتجة؛ يتّحد الأكسجين مع (NO) لتكوين المزيد من (NO_2) حتى تعود (K_c) إلى قيمتها الأصلية.

١٢. الضغط الجزئي لـ NO:

$= (10.00 \times 10^4) - (4.85 \times 10^4 + 4.85 \times 10^4)$

$= 0.30 \times 10^4 \text{ Pa} = 3 \times 10^3 \text{ Pa}$

١٣. أ. Pa

ب. Pa^{-2}

ج. لا توجد وحدة قياس

١٤. أ. لإيجاد قيمة ضغط (I_2) عند الاتزان نقوم بإيجاد قيمة X

$2HI = 2X = 7.72 \times 10^6$

$X = 3.86 \times 10^6$

عند الاتزان

$P(I_2) = 4.22 \times 10^6 - 3.86 \times 10^6$

$P(I_2) = 3.6 \times 10^5 \text{ Pa}$

أو

$= 0.36 \times 10^6 \text{ Pa}$

ب. $K_p = \frac{(7.72 \times 10^6)^2}{(3.41 \times 10^6) \times (0.36 \times 10^6)}$

$= 48.5$

١٥. أ

١٦. أ. التفاعل طارد للحرارة. لذلك تدعم زيادة درجة الحرارة التفاعل العكسي، ينزاح موضع الاتزان بعكس اتجاه تكوّن الأمونيا عند ازدياد درجة الحرارة.

ب. مع زيادة الضغط، ينزاح موضع الاتزان في اتجاه تقليل عدد مولات الغاز؛ أي اتجاه التفاعل الأمامي. لذلك يتكوّن المزيد من الأمونيا.

ج. إزالة الأمونيا تدعم إزاحة موضع الاتزان في اتجاه التفاعل الأمامي؛ فيزداد إنتاج الأمونيا.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. الضغط الذي يمارسه أحد الغازات بمفرده/ ضغط الغاز الفردي في مخلوط من الغازات.

ب. $13.455 \times 10^6 \text{ Pa} = 1.3455 \times 10^7 \text{ Pa}$

ج. $K_p = \frac{p_{HI}^2}{p_{H_2} \times p_{I_2}}$

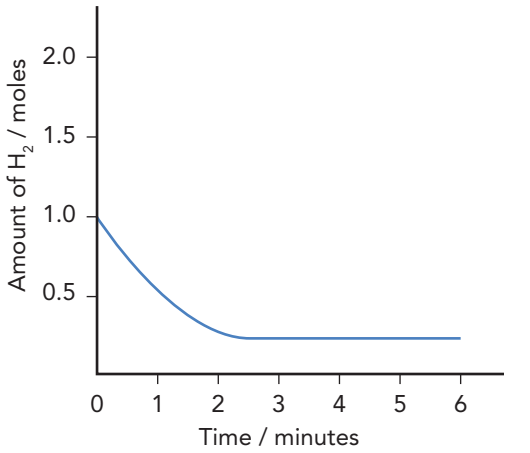
د. $K_p = \frac{(10.200 \times 10^6)^2}{(2.33 \times 10^6) \times (0.925 \times 10^6)} = 48.3$

لا وحدة قياس

هـ. ١. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر. يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى ازدياد طاقة محيط التفاعل لذلك؛ يسير التفاعل في الاتجاه الذي يقلل من ازدياد الطاقة.

٢. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر. لأن هنالك حاجة إلى تكوين المزيد من اليود لتعويض الكمية التي تمت إزالتها؛ فيتفكك المزيد من يوديد الهيدروجين؛ حتى تتم استعادة قيمة ثابت الاتزان (K_p)/ للحفاظ على القيمة الثابتة لـ (K_p).

٢. **أ.**



تبدأ كمية الهيدروجين عند 1.00 mol؛ ثم تقل كميته تدريجيًا خلال المدة الزمنية التي يزداد فيها عدد مولات بروميد الهيدروجين؛ إلى أن تثبت هذه الكمية عند 0.25 mol.

ب. 0.25 mol؛ عدد مولات البروم يساوي عدد مولات الهيدروجين عند الاتزان (راجع التمثيل البياني أعلاه).

(0.5 mol من (Br_2) يتفاعل لكل 1 mol من (HBr) يتم تكوينه. الأمر الذي يعني أن 0.75 mol من (Br_2) قد تفاعل؛ فيكون عدد مولات (Br_2) عند الاتزان: 1.00 – 0.75 = 0.25 mol)

ج. ١. $K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$

٢. $K_c = \frac{(1.50)^2}{(0.25) \times (0.25)} = 36$

لا وحدة قياس

٣. **أ.** حمض الإيثانويك = 0.8 mol/L

الإيثانول = 0.8 mol/L

ب. حمض الإيثانويك = 0.24 mol/L

الإيثانول = 0.24 mol/L

ج. إيثانوات الإيثيل = 0.56 mol/L

الماء = 0.56 mol/L

د. ١. $K_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}$

٢. $K_c = \frac{(0.56) \times (0.56)}{(0.24) \times (0.24)} = 5.44$

٣. تلغي وحدات تراكيز الاتزان في أعلى معادلة الاتزان وأسفلها بعضها بعضًا.

هـ. لا تغيير

و. يقل مردود إيثانوات الإيثيل؛ لأن موضع الاتزان ينزاح إلى الطرف الأيسر.

٤. **أ.** $K_p = \frac{p_{C_2H_5OH}}{p_{C_2H_4} \times p_{H_2O}}$

ب. Pa^{-1}

ج. ١. $[7.00 - (4.20 + 1.50)] \times 10^6 =$

1.30×10^6 Pa

٢. $K_p = \frac{(1.30 \times 10^6)}{(1.50 \times 10^6) \times (4.20 \times 10^6)}$

$= 0.206 \times 10^{-6} = 2.06 \times 10^{-7}$ (Pa^{-1})

د. هو النظام الذي لا تتسرب منه المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة من مخلوط التفاعل.

هـ. يوجد عدد أكبر من جزيئات الغاز على الطرف الأيسر؛ لذا فإن موضع الاتزان ينزاح إلى الطرف الأيمن في اتجاه تكوّن الإيثانول؛ فينخفض الضغط حتى استعادة قيمة (K_p).

و. مع ارتفاع درجة الحرارة، تنخفض النسبة المئوية من الإيثين المحوّل؛ الأمر الذي يعني أن ازدياد درجة الحرارة يدعم التفاعل العكسي؛ يتم دعم التفاعل العكسي لأن التفاعل الأمامي طارد للحرارة، لذا فإن التغير في المحتوى الحراري يكون سالبًا.

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات الأنشطة

نشاط ٥-١

١. ١ (ب)؛ ٢ (أ)؛ ٣ (و)؛ ٤ (هـ)؛ ٥ (ج)؛ ٦ (د).

٢. أ. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن للحد من الزيادة في هذا التركيز.

ب. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر للحد من الزيادة في هذا التركيز.

ج. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر في اتجاه تكوين عدد أكبر من الجزيئات/المولات.

د. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر (التفاعل العكسي) للحد من الزيادة في درجة الحرارة لأن التفاعل الأمامي طارد للحرارة.

هـ. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن/ تكوين مزيد من الأمونيا (بسبب إزالتها من مخلوط التفاعل) ما يؤدي إلى زيادة تركيز الأمونيا.

٣. أ. لا يوجد تأثير لأن عدد الجزيئات/المولات الغازية متساوٍ على طرفَي المعادلة.

ب. لا يوجد تأثير. لا يؤثر العامل الحفاز على حالة الاتزان، بل يؤثر فقط على معدل سرعة التفاعل.

ج. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر للحد من الزيادة في هذا التركيز.

د. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر فيزداد تركيز المادة المتفاعلة.

٤. أ. $Cl_2 + ICl \rightleftharpoons ICl_3$

ب. تتحول المادة الصلبة الصفراء إلى سائل بنّي مع تسرب الكلور. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر لتعويض الكلور المُزال، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة تركيزه.

ج. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن لتقليل تركيز الكلور المضاف.

٥. إذا تغير أيّ من العوامل المؤثرة على الاتزان الديناميكي لنظام كيميائي ما، على سبيل المثال: الضغط، أو التركيز (درجة الحرارة) أو درجة الحرارة (التركيز)، ينزاح موضع الاتزان في الاتجاه الذي يحد من تأثير هذا التغير.

نشاط ٥-٢

١. تربط معادلة الاتزان تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد الناتجة مع النسب الكيميائية للمعادلة. في ظل الظروف المذكورة، تسمى القيمة المحسوبة من معادلة الاتزان ثابت الاتزان.

٢. ج و د

٣.

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

٤.

المعادلة الكيميائية	معادلة الاتزان	وحدات القياس
$2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$	$K_p = \frac{p^2_{NO} \times p_{O_2}}{p^2_{NO_2}}$	Pa (atm)
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$	$K_p = \frac{p^2_{SO_3}}{p^2_{SO_2} \times p_{O_2}}$	$1/Pa\ (Pa^{-1})$ أو $1/atm\ (atm^{-1})$
$2HI(g) \rightleftharpoons I_2(g) + H_2(g)$	$K_p = \frac{p_{I_2} \times p_{H_2}}{p^2_{HI}}$	لا يوجد
$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$	$K_p = \frac{p_{Cl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{Cl_5}}$	Pa (atm)
$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$	$K_p = \frac{p^4_{H_2}}{p^4_{H_2O}}$	لا يوجد

نشاط ٥-٣

١. أ. $K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]}$

ب. $\frac{(2.52 \times 10^{-2})^2}{(1.14 \times 10^{-2}) \times (0.12 \times 10^{-2})} = 46.4$

لا توجد وحدة قياس

ج. تلغي وحدات تراكيز الاتزان في أعلى معادلة الاتزان وأسفلها بعضها بعضًا.

٢. أ. عدد مولات البنتين عند تحقق الاتزان =

$(6.40 \times 10^{-3}) - (7.84 \times 10^{-4})$

$= 5.62 \times 10^{-3}$ mol

ب. عدد مولات حمض الإيثانويك عند تحقق الاتزان =

$= (1.00 \times 10^{-3}) - (7.84 \times 10^{-4})$ =

2.16×10^{-4} mol

ج. تركيز البنتين عند تحقق الاتزان =

7.03×10^{-3} mol/L

د. تركيز حمض الإيثانويك عند تحقق الاتزان =

2.70×10^{-4} mol/L

هـ. $K_c = \frac{[CH_3CO_2C_5H_{11}]}{[C_5H_{10}][CH_3CO_2H]}$

و. تركيز إيثانوات البنتيل =

$\frac{9.80 \times 10^{-4}}{(7.03 \times 10^{-3}) \times (2.70 \times 10^{-4})} = 516$ L/mol

نشاط ٥-٤

١. النسبة المولية لغاز معيّن (محدد) موجود في مخلوط من الغازات.

أو

$$\frac{\text{عدد مولات غاز محدد } (n_x)}{\text{العدد الكلي لمولات الغازات جميعها الموجودة في المخلوط } (n_T)}$$

٢. أ. 5.0 mol

ب. $N_2 = \frac{1.0}{5.0} \times 40 = 8$ atm

$H_2 = \frac{3.5}{5.0} \times 40 = 28$ atm

$A_r = \frac{0.5}{5.0} \times 40 = 4$ atm

٣. أ. عدد مولات (He) = 0.15 mol، عدد مولات (CH_4) = 0.40 mol، عدد مولات (O_2) = 0.30 mol.

العدد الإجمالي للمولات = 0.85 mol

الكسر المولي للميثان = $\frac{0.40}{0.85} = 0.47$

ب. الضغط الجزئي لـ (CH_4) =

$\frac{0.40}{0.85} \times 200 = 94.1$ atm

٤. أ. العدد الإجمالي للمولات = 1.02 mol

الضغط الجزئي لـ NO_2:

$\frac{0.96}{1.02} \times 2 \times 10^4 = 1.88 \times 10^4$ Pa

الضغط الجزئي لـ NO:

$\frac{0.04}{1.02} \times 2 \times 10^4 = 7.84 \times 10^2$ Pa

الضغط الجزئي لـ O_2:

$\frac{0.02}{1.02} \times 2 \times 10^4 = 3.92 \times 10^2$ Pa

ب. $K_p = \frac{P^2NO_2}{P^2N \times PO_2}$

ج. $\frac{(1.88 \times 10^4)^2}{(7.84 \times 10^2)^2 \times (3.92 \times 10^2)} = 1.47$ Pa^{-1}

إجابات الاستقصاءات العملية

التحضير للاستقصاءات

- يجب أن يكون الطلبة على دراية بمفهوم الاتزان الكيميائي وتطبيق مبدأ لوشاتيلييه لتوقع نتائج التغير في ظروف الاتزان وشرحه.
- يجب أن يكون الطلبة قادرين على توقع تأثيرات درجة الحرارة على الاتزان.
- يجب أن يكون الطلبة قادرين أيضًا على تفسير إشارات التغيرات (سالبة أو موجبة) في المحتوى الحراري لكل من اتجاهَي الاتزان نتيجة تأثير التغيرات في درجات الحرارة على حالة الاتزان.
- سيحتاج الطلبة إلى بعض الخبرة في كيفية حساب ثابت الاتزان لنظام في حالة اتزان. ينبغي ألّا يكون الاستقصاء العملي ٥-٢ هو المرة الأولى التي يقوم فيها الطلبة بهذا النوع من الحسابات.

استقصاء عملي ٥-١: تطبيق مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان

المقدمة

خلال هذا الاستقصاء، سيطبق الطلبة مبدأ لوشاتيلييه على الاتزان المائي الموضح أدناه:

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

المدة

سيستغرق إجراء هذا النشاط العملي ٤٥ دقيقة.

ستحتاج إلى

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

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

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

توجيهات حول الاستقصاء

- يجب أن يكون حجم القطرات المضافة إلى كل من مخاليط التفاعل ثابتًا. لهذا السبب يجب استخدام قطارة واحدة فقط. فبعد إضافة أيونات النحاس (II)، يجب غسل القطارة جيدًا باستخدام الماء المقطر ثم حمض الهيدروكلوريك المركز.
- عندما يجري الطلبة الجزء الثاني من التجربة عن تأثير درجة الحرارة، يكون الاختلاف في اللون بين مخلوطَي التفاعل عند 0 ˚C ودرجة حرارة الغرفة صغيرًا جدًا. وإذا تم إخراج أنبوبتَي الاختبار من الكؤوس الزجاجية، يصبح تقدير الاختلاف أصعب.

بعد إجراء التجارب، يمكن طرح السؤال الآتي على الطلبة: لماذا يُعدّ التفاعل بين أيونات $Cl^-(aq)$ و$[Cu(H_2O)_6]^{2+}(aq)$ طاردًا للحرارة؟

إجابة: تنجذب أيونات $Cl^-(aq)$ سالبة الشحنة إلى أيونات Cu^{2+} بقوة أكبر مقارنةً بجزيئات الماء المتعادلة، لذلك تتكوّن روابط أقوى، ويكون التفاعل طاردًا للحرارة.

أ. لماذا يُعدّ التفاعل العكسي ماصًا للحرارة؟

إجابة: عندما تحل جزيئات الماء محل أيونات Cl^-، يجب كسر الروابط الأقوى وذلك يتطلب امتصاص الطاقة من المحيط، وبالتالي يكون التفاعل ماصًا للحرارة.

ب. ما هي التجربة (التجارب) الإضافية التي يمكن إجراؤها للحصول على المزيد من الأدلة حول هذا الاستقصاء الحراري-الكيميائي؟

إجابة: يمكن تسخين أنبوبة واحدة حتى 100 ˚C ويمكن إضافة أنبوبة أخرى إلى مخلوط مجمِّد (مبرِّد) من الثلج وكلوريد الصوديوم، أو من الثلج وكلوريد الكالسيوم، حيث ستكون درجة الحرارة أقل من 0 ˚C.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- لا يجد الطلبة عادة صعوبة في متابعة هذا الاستقصاء؛ فمن السهل رؤية تغيّر اللون، وتدرجه يكون واضحًا.
- ليس من الصعب تفسير تأثير درجة الحرارة إذا تمّ تطبيق مبدأ لوشاتيلييه.

النتائج

الجزء ١: تأثير تغيرات التركيز على حالة الاتزان

التدرج في اللون مع ازدياد تركيز حمض الهيدروكلوريك (ازدياد تركيز أيونات Cl^-):

أزرق ← أزرق مخضر ← أخضر ← أخضر مصفر ← أصفر

الجزء ٢: تأثير درجة الحرارة على حالة الاتزان

الظروف	الملاحظات
الثلج 0 °C	يصبح لون المخلوط أشدّ اصفرارًا.
درجة حرارة الغرفة	التجربة الضابطة – لون أخضر مصفر.
الماء المغلي	يبيّن المخلوط لونًا أخضر داكنًا

الجدول ٥-١

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

الجزء ١

مع ازدياد تركيز Cl^-، ووفقًا لمبدأ لوشاتيلييه، سينزاح موضع الاتزان في الاتجاه الذي يؤدي إلى خفض تركيزه، ويحدّ من تأثير هذا التغير. يحدث ذلك عن طريق دعم التفاعل الأمامي، وبالتالي تكوين الأيون الأصفر $[CuCl_4]^{2-}$. فترجع الألوان الوسيطة إلى مخاليط من هذا الأيون الأصفر والأيون الأزرق $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$.

الجزء ٢

١. أ. يزداد التركيز.

ب. ينخفض التركيز.

٢. يجب أن يكون التفاعل الأمامي الذي يتكون فيه $[CuCl_4]^{2-}$ طاردًا للحرارة لأن انخفاض درجة الحرارة يدعم هذا التفاعل. ووفقًا لمبدأ لوشاتيلييه، فإن التفاعل الطارد للحرارة سوف يحدّ من الانخفاض في درجة الحرارة.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

السؤال ١

أ. زيادة تركيز الهيدروجين (أو أحادي أكسيد الكربون أو إزالة الميثانول)/زيادة الضغط/خفض درجة الحرارة.

ب. ١. تتحوّل المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة في الوقت نفسه الذي تتحوّل فيه المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة.

أو يبقى تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ثابتًا عند ظروف محددة.

أو يتساوى معدل سرعة التفاعل الأمامي ومعدل سرعة التفاعل العكسي.

٢. النظام الذي لا تتسرب منه المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة من مخلوط التفاعل.

ج. لا تأثير/فقط يزيد من معدل سرعة التفاعل.

د. ١. $K_p = \frac{P_{CH_3OH}}{P^2_{H_2} \times P_{CO}}$

٢. $(9.92 \times 10^1)/(6.67 \times 10^4)^2 \times (3.33 \times 10^4)$

$= 6.7 \times 10^{-13}\ Pa^{-2}$

هـ. الضغط الجزئي للهيدروجين:

$$\frac{16.8}{7.2 + 16.8} \times 5.00 \times 10^4 = 3.50 \times 10^4\ Pa$$

السؤال ٢

أ. ١. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيسر، للحد من تأثير إزالة الكبريت ولاستعادة الاتزان.

٢. **ملاحظة:** على المعلم أن يوضح للطلبة أن هذا التفاعل طارد للحرارة.

ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن، لأنه في حال كان هناك انخفاض في درجة الحرارة، فإن التفاعل سوف ينزاح في اتجاه إنتاج مزيد من الحرارة.

الإجابة: لأن التفاعل طارد للحرارة

٣. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن، إذ يتجه نحو تقليل عدد المولات/الجزيئات للحد من تأثير ازدياد الضغط.

ب. $K = \frac{[H_2S]^2}{[H_2]^2[S_2]}$

ج. ١. L/mol

٢. $9.40 \times 10^5 = \frac{(0.442)^2}{(0.234)^2 \times [S_2]}$

$[S_2] = \frac{(0.442)^2}{(0.234)^2} \times (9.40 \times 10^5)$

$= 3.80 \times 10^{-6}\ (mol/L)$

د. ١. $K_p = \frac{P^2_{SO_3}}{P^2_{SO_2} \times P_{O_2}}$

٢. $K_p = \frac{(80100)^2}{(10100)^2 \times (68800)}$

$= 9.14 \times 10^{-4}\ Pa^{-1}$

هـ. ١. ينزاح موضع الاتزان إلى الطرف الأيمن/يسير في اتجاه إنتاج المزيد من المواد الناتجة.

٢. الضغط العالي خطِر/تصبح المواد أكالة أكثر عند الضغط العالي/الضغوط الأعلى أكثر تكلفة.

يتجه التفاعل كثيرًا إلى الطرف الأيمن.

٣. تدعم درجة الحرارة المرتفعة التفاعل الماص للحرارة (التفاعل العكسي/نحو الطرف الأيسر) فيصبح المردود أقل.

عند درجات الحرارة المنخفضة يكون معدل التفاعل بطيئًا جدًا.

و. عامل حفاز من الحديد.

درجة الحرارة: 450 °C (تقبل مع ±20 °C)

الضغط: 200 atm (تقبل مع ± 2000 kPa / 20 atm)

رقم الإيداع : ٢٠٢٣/٦٣٣٣

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.

www.moe.gov.om

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS