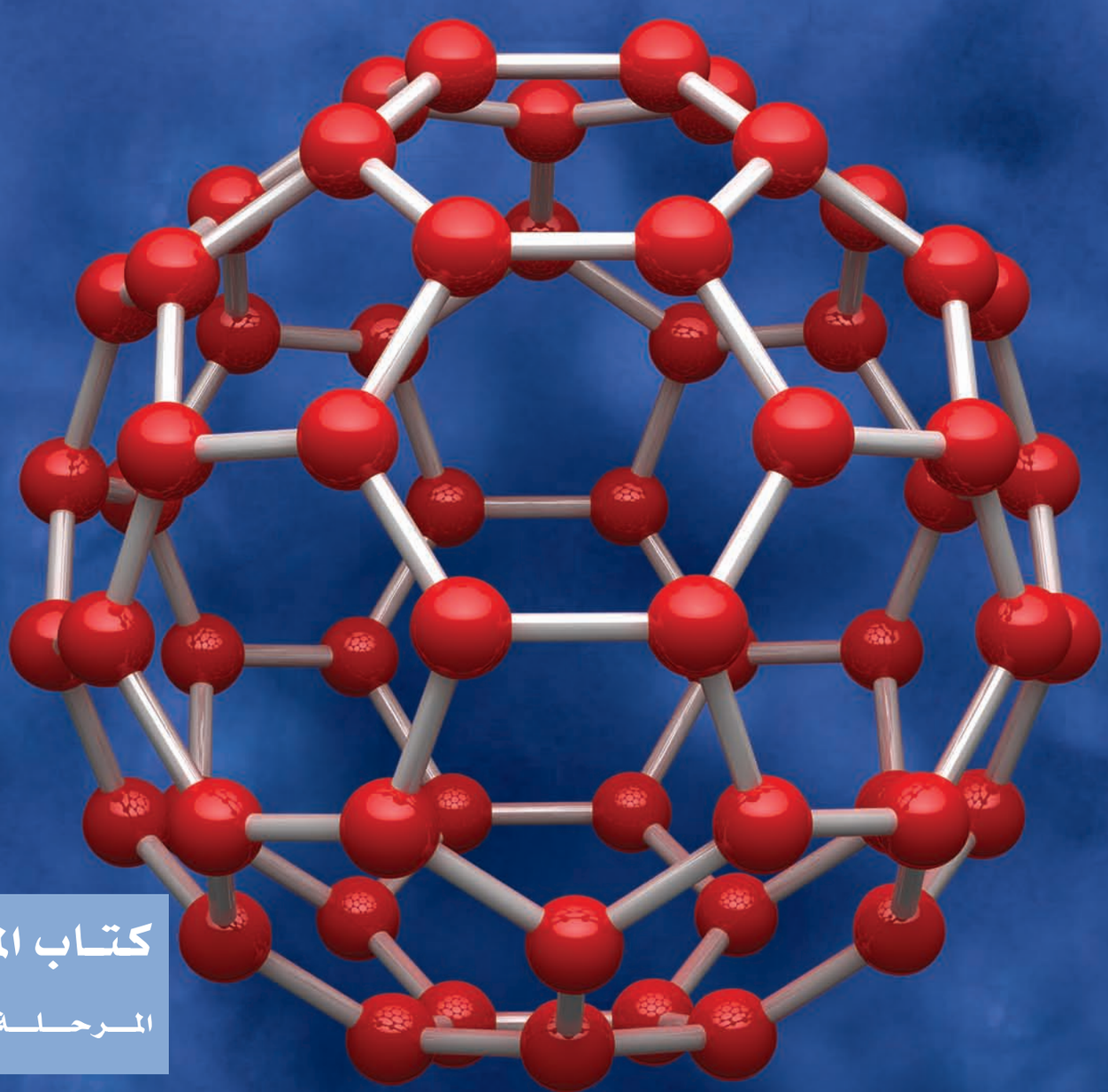
Y kuwait.net
منتديات ياكويت

وزارة التربية

الكيمياء 10

الصف العاشر

الجزء الثاني



كتاب المعلّم

المرحلة الثانوية

الكيمياء

كتاب المعلّم

الصفّ العاشر 10

الجزء الثاني

المرحلة الثانويّة

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. برّاك مهدي برّاك (رئيسا)

أ. راشد طاهر الشمالي　　أ. سعاد عبد العزيز الرشود

أ. مصطفى محمد مصطفى　　أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. تهاني ذعار المطيري

الطبعة الأولى

1434 - 1435 هـ

2013 - 2014 م

kuwait.net
منتديات ياكويت

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب الكيمياء للصف العاشر الثانوي

أ. نبيل محي الدين حسن الجعفري

أ. ضياء عبدالعال محمد
أ. لولوة خلف منصور العنزي
أ. حياة حسين محمود مندني
أ. دلع عبدالله عبداللطيف الأدلبي

دار التَّربَويّون House of Education **ش.م.م. وبيرسون إديوكيشن 2012**

© جَميع الحقوق مَحفوظة: لا يَجوز نشْر أيّ جُزء من هذا الكِتاب أو تَصويره أو تَخزينه أو تَسجيله بأيّ وَسيلَة دُون مُوَافقَة خطّيَّة مِنَ النّاشِر.

الطبعة الأولى 2013/2012 م

صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي عهد دولة الكويت

مقدمـــة

في ضوء ما شهدته السنوات الأخيرة من طفرة هائلة في المستحدثات التكنولوجية المرتبطة بمجال التعليم، كان على منظومة التعليم بمستوياتها وعناصرها المختلفة بدولة الكويت أن تتأثر بهذا التطور، فحرصت وزارة التربية على تطوير مناهج العلوم والرياضيات لتصبح قادرة على استيعاب المتغيرات التربوية والعلمية الحديثة.

ولما كان من الضروري أن يعايش المتعلم المعلومات المتدفقة من مصادر تعز عن الحصر، وأن يستعد لأداء دور فاعل في أي موقع من مواقع العمل الوطني، ويصنع مع أقرانه حياة الأمن والعزة والنماء، فيتحقق للوطن المكانة التي يرجوها بين دول العالم.

وكان على النظم التعليمية أن تعيد النظر في المناهج لإعداد الأبناء بالكفايات اللازمة والمهارات المتنوعة المستجيبة لكل تغيير في هذه الحياة.

عندئذ كفل المنهج الجديد تغيير دور المتعلم نتيجة لهذه المستحدثات، ليخرج من حيز المتلقي إلى دائرة المتفاعل الناشط، والمشارك في المواقف التعليمية، عندما يبحث ويقارن ويستنبط ويتعامل بنفسه مع المواد التعليمية، حتى يسهم في تحقيق الاكتفاء الذاتي لوطنه اقتصاديًّا واجتماعيًّا وثقافيًّا، وسد حاجاته من العمالة الوطنية في مختلف المجالات.

لقد أتاح المنهج الجديد للعلوم والرياضيات للمتعلم الارتباط بالبيئة من خلال طبيعة الأنشطة التعليمية، واكتساب الطلاب مهارات التعلم الذاتي وغرس حب المعرفة وتحصيلها استجابة لأهداف المنهج الرئيسية.

ولقد انتظم التغيير أهداف المنهج ومحتواه وأنشطته، وطرائق عرضها وتقديمها وأساليب تقويمها، ضمن مشروع التطوير.

وكان اختيار هذه السلسلة من المناهج بصورة تتماشى مع الاتجاهات التربوية الحديثة في التعليم والتعلم، وتراعي المعايير الدولية في تعليم العلوم والرياضيات.

وإذا كانت هذه السلسلة لم تغفل دور ولي الأمر في عملية التعليم، فإنها ركزت على دور المعلم، حيث يسهّل عملية التعليم، لطلابه ويصمم بيئة التعليم، ويشخص مستويات طلابه، وييسر لهم صعوبات المادة العلمية، فتزداد معايير الجودة التعليمية.

والآن نطرح بين أيديكم هذه المجموعة من كتب العلوم والرياضيات الجديدة التي تتضمن كتابًا للمتعلم وآخر للمعلم، وكراسة للتطبيقات، من إعداد ذوي الكفايات العالمية والخبرات المتطورة، أملًا في الوصول إلى الغايات المرجوة من أقرب طريق إن شاء الله.

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

أ. مريم محمد الوتيد

المحتويات

الجزء الأوّل

الوحدة الأولى: الإلكترونات في الذرّات والدورية الكيميائية

الوحدة الثانية: الروابط الكيميائية (الأيونية والتساهمية والتناسقية)

الوحدة الثالثة: كيمياء العناصر

الجزء الثاني

الوحدة الرابعة: التفاعلات الكيميائية والكيمياء الكمّية

الوحدة الخامسة: مركّبات الكربون

محتويات الجزء الثاني

الوحدة الرابعة: التفاعلات الكيميائية والكيمياء الكمّية	15
الفصل الأوّل: أنواع التفاعلات الكيميائية	17
الدرس 1–1: التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية	18
الدرس 1–2: التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة	23
الفصل الثاني: الكيمياء الكمّية	32
الدرس 2–1: الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية	33
الدرس 2–2: النسب المئوية لتركيب المكوّنات	38
الدرس 2–3: المعادلة الكيميائية وحساب كمّية الموادّ	43
مراجعة الوحدة الرابعة	48
أسئلة مراجعة الوحدة الرابعة	50

الوحدة الخامسة: مركّبات الكربون 58

الفصل الأوّل: مركّبات الكربون غير العضوية 60

الدرس 1–1: خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري 61

الدرس 1–2: تكنولوجيا النانو 64

الدرس 1–3: خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية 67

الفصل الثاني: مركّبات الكربون العضوية 70

الدرس 2–1: خواصّ مركّبات الكربون العضوية 71

الدرس 2–2: تركيب مركّبات الكربون العضوية 74

مراجعة الوحدة الخامسة 76

أسئلة مراجعة الوحدة الخامسة 77

الهدف الشامل للتربية في دولة الكويت

تهيئة الفرص المناسبة لمساعدة الأفراد على النمو الشامل المتكامل روحيًا وخلقيًا وفكريًا واجتماعيًا وجسمانيًا إلى أقصى ما تسمح به استعداداتهم وإمكاناتهم في ضوء طبيعة المجتمع الكويتي وفلسفته وآماله وفي ضوء المبادئ الإسلامية والتراث العربي والثقافة المعاصرة بما يكفل التوازن بين تحقيق الأفراد لذواتهم وإعدادهم للمشاركة البناءة في تقدم المجتمع الكويتي والمجتمع العربي والعالم عامه.

الأهداف العامة لتعليم العلوم

تؤكد أهداف تعليم العلوم في مراحل التعليم العام على تنمية الخبرات المختلفة: الجانب المعرفي والجانب المهاري والجانب الوجداني. هذا وقد صيغت الأهداف التالية لكي تحقق الجوانب الثلاثة بحيث تساعد المتعلم على:

1. تعميق الإيمان بالله سبحانه وتعالى من خلال تعرفه على بديع صنع الله وتنوع خلقه في الكون والإنسان.
2. استيعاب الحقائق والمفاهيم العلمية، واستخدامها في مواجهة المواقف اليومية، وحل المشكلات، وصنع القرارات.
3. اكتساب بعض مفاهيم ومهارات التقانة بما ينمي لديه الوعي المهني، وحب وتقدير العمل اليدوي، والرغبة في التصميم والابتكار.
4. اكتساب قدر مناسب من المعرفة والوعي البيئي بما يمكنه من التكيف مع بيئته، وصيانتها، والمحافظة عليها، وعلى الثروات الطبيعية.
5. اكتساب قدر مناسب من المعرفة الصحية والوعي الوقائي بما يمكنه من ممارسة السلوك الصحي السليم والمحافظة على صحته وصحة بيئته ومجتمعه.
6. اكتساب مهارات التفكير العلمي وعمليات التعلم وتنميتها وتشجيعه على ممارسة أساليب التفكير العلمي وحل المشكلات في حياته اليومية.
7. تنمية مهارات الاتصال، والتعلم الذاتي المستمر، وتوظيف تقنيات المعلومات ومصادر المعرفة المختلفة.
8. فهم طبيعة العلم وتاريخه وتقدير العلم وجهود العلماء عامه والمسلمين والعرب خاصة والتعرف على دورهم في تقدم العلوم وخدمة البشرية.
9. اكتساب الميول والاتجاهات والعادات والقيم وتنميتها بما يحقق للمتعلم التفاعل الإيجابي مع بيئته ومجتمعه ومع قضايا العلم والتقانة والمجتمع.

الأهداف العامة لتدريس مادة الكيمياء

يهتم علم الكيمياء بدراسة تركيب المواد المختلفة وخصائصها، والتغيرات التي تحدث لهذه المواد، وأسباب حدوثها، والطرق والأساليب التي تمكّن الإنسان من الحصول عليها. وعلم الكيمياء له أهمية كبرى في حياتنا اليومية، فهو يبتكر مواد ومركّبات تعزّز رُقي الإنسان، وتساعد في تقدّمه ورفاهيّته.

الأهداف المعرفية

يتعرف المفاهيم، والمبادئ، والحقائق العامة لعلم الكيمياء:

- الإلكترونات في الذرات، والدورية الكيميائية
- الروابط الكيميائية
- كيمياء العناصر
- التفاعلات الكيميائية، والكيمياء الكمية
- مركّبات الكربون

الأهداف المهارية

1. يكتسب مهارات يدوية تكون حصيلة العمل المخبري.
2. يتبع قواعد السلامة، ويتوخى الدقة والحذر أثناء العمل في مختبر الكيمياء.
3. يكتسب روح التعاون بين الطلاب من خلال العمل المخبري.
4. يكتسب اتجاهًا علميًّا يتميز بسعة الأفق، والموضوعية والعقلانية، واحترام آراء الآخرين، وتقبل وجهات النظر المغايرة المستندة إلى أدلة علمية سليمة، وحب الاستطلاع الموجّه، والتواضع، والأمانة العلمية.
5. يتعرف خصائص العلم التجريبي الذي يقوم عليه علم الكيمياء.
6. يكتسب الخطوات المتّبعة في التفكير العلمي، ومن ثم تطبيقها.
7. يكتسب طرق فهم بعض الفرضيات والنظريات، وتحليلها وتطبيقها.
8. يكتسب مهارات عقلية مناسبة: تحليل التفاعلات وتفسيرها، تصميم التجارب، إدراك العلاقات، اقتراح النماذج، حل التمارين، كتابة التقرير العلمي، استخدام الأدوات والمواد الكيميائية، إجراء التجارب، قياس الوزن، التسجيل الدقيق.

الأهداف الوجدانية [المواقف، والميول، والاتجاهات]

1. يتذوق العلم، ويقدّر جهود العلماء ودورهم في تقدم العلم والإنسانية.
2. يقدّر دور العلماء وإسهاماتهم في تطور علم الكيمياء.
3. يقدّر أثر علم الكيمياء في تطور التقنية، وأثره على تطور المجتمع ورقيه من خلال ملاحظة التطبيقات الحياتية لعلم الكيمياء، وتفاعل المجتمع معها.
4. يكتسب القيم والاتجاهات التالية: الموضوعية، الأمانة العلمية، الاقتصاد، نبذ الخرافات، احترام العمل اليدوي.
5. يقدّر الجهود المبذولة لترشيد استغلال الثروات الطبيعية.
6. يقدّر الأهمية الاقتصادية لبعض المواد، وتأثيراتها على الصحة العامة والبيئة.

مخطط الوحدة الرابعة: التفاعلات الكيميائية والكيمياء الكمّية

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص	معالم الوحدة
1. أنواع التفاعلات الكيميائية	1–1 التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية	• كتابة المعادلات الكيميائية الموزونة باستخدام أسماء المتفاعلات وصيغها والموادّ الناتجة من التفاعل الكيميائي وصيغها. • كتابة معادلات نصف التفاعلات الكيميائية باستخدام الرموز المناسبة.	2	اكتشف بنفسك: تفاعل متجانس أم غير متجانس؟
	2–1 التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة	• تعريف التفاعل المتجانس. • تعريف التفاعل غير المتجانس • التمييز بين التفاعل المتجانس والتفاعل غير المتجانس.	5	علم التصنيف: الكيمياء الحيوية
2. الكيمياء الكمية	1–2 الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية	• توضيح علاقة عدد أفوجادرو بالمول لأيّ مادّة. • احتساب كتلة المول لأيّة مادّة. • استخدام الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمادّة.	3	الكيمياء الرياضية: الكسور والنسب والنسب المئوية
	2–2 النسب المئوية لتركيب المكوّنات	• احتساب النسبة المئوية لمكوّنات مادّة ما بالاستعانة بصيغتها الكيميائية أو بالنتائج التجريبية. • استنباط الصيغة الأوّلية والصيغة الجزيئية للمركّب بالاستعانة بالنتائج التجريبية.	4	الكيمياء في خدمة الانسان: الماء الصالح للشرب
	2–3 المعادلة الكيميائية وحساب كمّية المواد	• تعيين واستخدام المادّة المتفاعلة المحدّدة في التفاعل لحساب أقصى كمّية للناتج المتكوّن، وكمّية المادّة المتفاعلة ذات الكمّية الزائدة. • احتساب كمّية الناتج النظري وكمّية الناتج الفعلي والنسبة المئوية للناتج.	7	
مراجعة الوحدة			3	
إجمالي عدد الحصص			24	

الوحدة الرابعة

التفاعلات الكيميائية والكيمياء الكمّية

مكونات الوحدة

الفصل الأوّل: أنواع التفاعلات الكيميائية

الدرس 1–1: التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

الدرس 1–2: التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

الفصل الثاني: الكيمياء الكمّية

الدرس 2–1: الكتلة المولية الذرية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

الدرس 2–2: النسب المئوية لتركيب المكوّنات

الدرس 2–3: المعادلة الكيميائية وحساب كمّية الموادّ

مقدمة

تهدف دراستنا للتفاعلات الكيميائية والكيمياء الكمّية إلى معرفة بعض القوانين الضابطة لهذه التفاعلات، حيث يشمل المحتوى معظم جوانب التفاعلات الكيميائية، والتي سبق وأن درس الطالب بعضًا منها في الصفّ التاسع. وسنعالج بعض المواضيع باستخدام بعض المفاهيم الحديثة للتفاعلات الكيميائية، مثل المول، والتي هي أساس دراسة الحسابات الكيميائية.

تتضمّن الوحدة فصلين هما:

- أنواع التفاعلات الكيميائية
- الكيمياء الكمّية

في الفصل الأوّل، سيدرس الطالب أنواع التفاعلات الكيميائية من خلال دراسته التفاعلات والمعادلات الكيميائية والتفاعلات المتجانسة وغير المتجانسة، وما يرتبط بها من تطبيقات رياضية وعملية. أمّا في الفصل الثاني، فسوف يدرس الطالب الكيمياء الكمّية. سيبدأ بدراسة الكتلة المولية الذرية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية، والنسب المئوية لتركيب المكوّنات، ومن ثم المعادلة الكيميائية وحساب كمّية الموادّ. وتشمل هذه الوحدة بعض التطبيقات، والأمثلة، والاستكشافات، والتجارب العملية التي تُعزّز فهم الطالب للمحتوى.

التعليق على الصورة الافتتاحية للوحدة

اطلب إلى الطلّاب تفحّص الصورة الافتتاحية للوحدة، والتعليق ووصف ما يرونه، واستنتاج أنّ الصخور التي يرونها ما هي إلّا نتيجة تفاعلات كيميائية حدثت في الكهف عبر التاريخ.

الوحدة الرابعة

التفاعلات الكيميائية والكيمياء الكمّية

Chemical Reactions and Quantitative Chemistry

هناك ملايين من التفاعلات الكيميائية تحصل من حولنا، بعضها طبيعية، وبعضها الآخر نتيجة لأنشطة الإنسان. ففي داخل أجسامنا يحدث للطعام سلسلة من التفاعلات المعقّدة لتُزوّدنا بالطاقة. وفي المختبرات يستخدم العلماء التفاعلات الكيميائية لتصنيع الأدوية، أو لحفظ الأغذية، أو لتحويل النفط إلى أنواع الوقود، أو لتوفير الموادّ العديدة لإعداد ملابسنا وتجهيز منازلنا.

كيف تتكوّن الصواعد والهوابط الكلسية التي نراها في الكهوف المثيرة للإعجاب؟

ما هي وحدة القياس التي استخدمها العلماء في الحسابات الكيميائية؟

كيف استخدم العلماء المعادلات الكيميائية لدراسة العلاقات الكمّية بين الموادّ المتفاعلة والناتجة؟

اكتشف بنفسك

تفاعل متجانس أم غير متجانس؟

لإجراء هذا النشاط يجب توفّر ما يلي: كأس زجاجية، ماء مقطّر، ملح كبريتات النحاس (II)، محلول كلوريد الباريوم.

1. أذب قليلًا من كبريتات النحاس (II) في ماء مقطّر.
2. أضف قطرات من محلول كلوريد الباريوم إلى المحلول السابق.
3. ماذا تُلاحظ؟
4. هل التفاعل السابق هو تفاعل متجانس أو غير متجانس؟ وضّح السبب.
5. اكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل السابق.

12

فصول الوحدة

الفصل الأوّل

- أنواع التفاعلات الكيميائية

الفصل الثاني

- الكيمياء الكمّية

أهداف الوحدة

- يُعرّف أنواع التفاعلات الكيميائية من حيث الحالة الفيزيائية للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.
- يُعرّف المعادلات الكيميائية بأنّها معادلات يُستخدَم فيها أسماء المتفاعلات وصيغها والموادّ الناتجة من التفاعل الكيميائي.
- يفهم بأنّ المعادلات الكيميائية الموزونة تُستخدَم لدراسة العلاقات الكمّية بين الموادّ المتفاعلة والناتجة.
- يُدرك بأنّ المول هو وحدة القياس لكمّية المادّة التي استخدمها العلماء في الحسابات الكيميائية.

معالم الوحدة

اكتشف بنفسك: تفاعل متجانس أم غير متجانس؟

علم التصنيف: الكيمياء الحيوية

الكيمياء الرياضية: الكسور والنسب والنسب المئوية

الكيمياء في خدمة الإنسان: الماء الصالح للشرب

إجابات أسئلة مقدّمة الوحدة

[تتكوّن الصواعد والهوابط في الكهوف نتيجة تحوّل كربونات الكالسيوم الهيدروجينية إلى كربونات الكالسيوم:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + CaCO_3$$

المول هي وحدة القياس لكمّية المادّة التي استخدمها العلماء في الحسابات الكيميائية.

احتساب نسب المولات للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة، ومن ثمّ احتساب كتل أو أحجام الموادّ المتفاعلة أو الناتجة]

اكتشف بنفسك

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعات والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الطالب ص 12.

الإجابات:

3. نلاحظ تكون راسب أبيض.

4. معادلة التفاعل الكيميائي:

$$CuSO_{4\,(aq)} + BaCl_{2\,(aq)} \rightarrow BaSO_{4\,(s)}\downarrow + CuCl_{2\,(aq)}$$

5. إنّ التفاعل السابق غير متجانس.

الأهداف المتوقع اكتسابها بعد دراسة الوحدة الرابعة

الأهداف الخاصّة

أتوقع أن يكون الطالب قادرًا على أن:

1. **يُحدّد المفردات والعبارات الكيميائية التالية:**

تفاعل متجانس، تفاعل غير متجانس، المول، عدد أفوجادرو، الوحدة البنائية، الكتلة المولية الذرية، الكتلة المولية الجزيئية، الكتلة المولية، النسبة المئوية للمكوّنات، الصيغة الأوّلية، الصيغة الجزئية، المعادلة الكيميائية، المعادلة الهيكلية، العامل الحفّاز، المعاملات، المعادلة الموزونة، المادّة المتفاعلة المحدّدة، المادّة المتفاعلة ذات الكمّية الزائدة، النسبة المئوية للناتج.

2. **يتعرّف المفاهيم العلمية التالية:**

- علاقة المول لأيّ مادّة بعدد أفوجادرو.
- كتلة المول لأيّ مادّة واستخدام الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمادّة.
- النسبة المئوية لمكوّنات مادّة ما.
- الصيغة الأوّلية والصيغة الجزئية للمركّب.
- كيفية كتابة معادلات تصف التفاعلات الكيميائية.
- تعيين واستخدام المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة.

3. **يُعطي أمثلة عن التطبيقات العملية الحياتية لمفاهيم هذه الوحدة ويُفسّرها، مثل:**

- المواصفات القياسية العالمية للموادّ الموجودة في ماء الشرب
- استعمال الأسمدة التي تحتوي على نسب عالية من النيتروجين، البوتاسيوم والفوسفور

الأهداف المهارية

أتوقع أن يكتسب الطالب المهارات التالية:

- تطبيق الحسابات الرياضية المختلفة المتعلّقة بالمول والنسبة المئوية والمادّة المتفاعلة المحدّدة، النسبة المئوية للناتج ... إلخ.
- كتابة بعض المعادلات الكيميائية الموزونة.
- استنباط الصيغة الأوّلية والجزئية للمركّب واستنتاجها.
- إجراء التجارب الكيميائية المستخدمة في التفاعلات الكيميائية.
- استخدام المعطيات الخاصّة بالمادّة المتفاعلة المحدّدة لحساب أقصى كمّية للناتج المتكوّن وتطبيق ذلك في الحياة العملية.

الأهداف الانفعالية

يجب أن يكتسب الطالب:

1. **الاتجاهات التالية:**

- الاتّجاه نحو إجراء التجارب لتوضيح بعض القوانين العلمية وإثباتها.
- الاتّجاه نحو الدقّة في حلّ مشكلة أو ظاهرة ما بناءً على مفهومها العلمي.

2. **الميول العلمية المناسبة التالية:**

- وضع خرائط للمفاهيم توضح مفاهيم الوحدة.
- تخصيص ملف يجمع فيه الطالب الأبحاث والدراسات التي قام بها خلال دراسته لهذه الوحدة.
- صنع لافتات إرشادية للتوعية إلى أخطار التلوّث.

3. **أوجه التقدير التالية:**

- تقدير الأهمّية الاقتصادية لبعض الموادّ وتأثيراتها على الصحّة العامّة.
- تقدير الجهود المبذولة لترشيد استغلال الثروات الطبيعية في دولة الكويت.
- تقدير جهود العلماء عامّة، وعلماء الكيمياء خاصّة، وإسهاماتهم.

أنواع التفاعلات الكيميائية

دروس الفصل

الدرس 1–1: التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

الدرس 1–2: التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

في هذا الفصل، سوف يدرس الطالب أنواع التفاعلات الكيميائية بشكل أعمق بما يتناسب مع مستواه العقلي في هذه المرحلة. فسيدرس التفاعلات والمعادلات الكيميائية بالإضافة إلى مفاهيم جديدة حول المعادلة الأيونية الكلّية والصافية والأيونات المتفرّجة، وأنواع التفاعلات الكيميائية من متجانسة وغير متجانسة.

سينفّذ الطلّاب في هذا الفصل تجارب عملية تُعزّز فهمهم للتفاعلات الكيميائية:

- تفاعلات الترسيب
- أنصاف التفاعلات

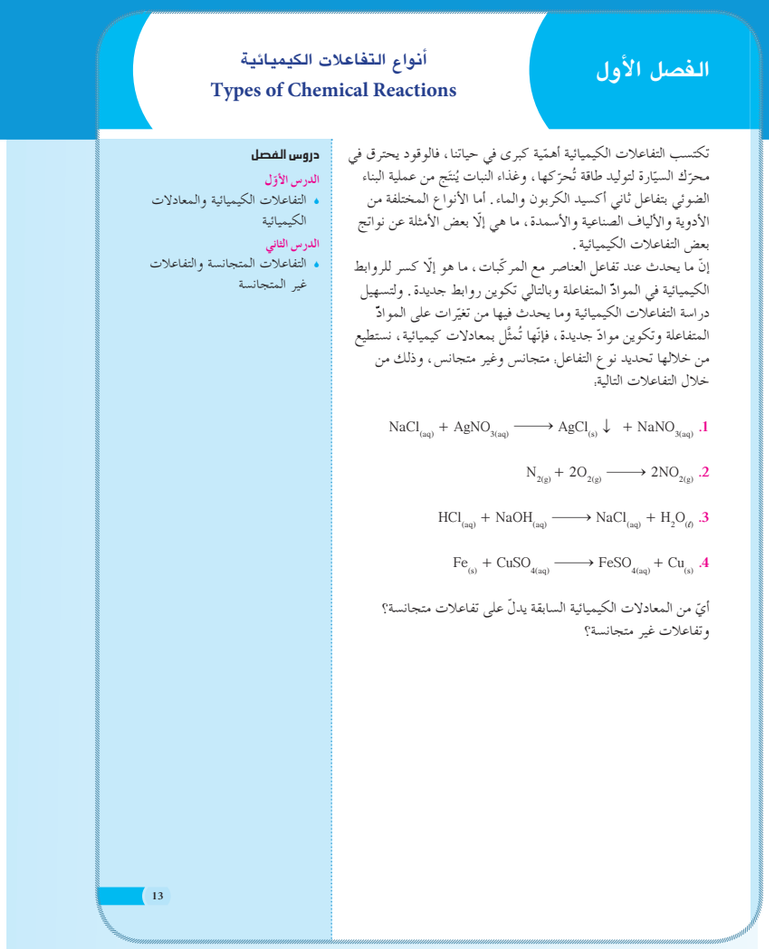
اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

- وجّه أسئلة حول التفاعلات الكيميائية التي سبق أن درسها الطلّاب، وذلك تمهيدًا للدرس.
- قسّم الطلّاب إلى مجموعات.
- كلّف المجموعات بملء الجدول التالي بالمعلومات المطلوبة بناءً على ما درسوه سابقًا (تفاعل اتّحاد، تفاعل تبادل أو إحلال، تفاعل تحلّل أو تفكّك).

معادلة التفاعل	نوع التفاعل
$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 2H_{2(g)}$	
$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	
$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2MgO_{(s)}$	

استخدام المعادلات الكيميائية في افتتاحية الفصل

- اعرض على الطلّاب المعادلات الكيميائية الموجودة في افتتاحية الفصل مستخدمًا المسلاط الضوئي.
- اطلب إلى الطلّاب تصنيف هذه المعادلات إلى متجانسة وغير متجانسة. **[متجانسة: 2، وغير متجانسة: 1 و3 و4]**



خلفية علمية

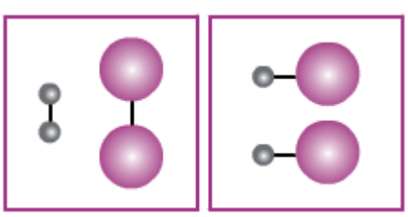
التفاعل الكيميائي

عملية كيميائية تشمل موادّ متفاعلة ونواتج. تتركّب المادّة المتفاعلة مع مادّة أخرى، فيتكوّن نتيجة لذلك ناتج جديد. يطرأ على العملية الكيميائية تغيّر في التركيبة الكيميائية للموادّ المتفاعلة.

تشمل التفاعلات الكيميائية تفكّك روابط الموادّ المتفاعلة لإنتاج روابط جديدة في الموادّ الناتجة، ما يؤدّي إلى تكوين موادّ جديدة مختلفة في صفاتها الكيميائية والفيزيائية.

متفاعلات ← **نواتج**

روابط متفكّكة **روابط متكوّنة**



تشمل التفاعلات الكيميائية تغيّرًا في ترتيب الذرّات في الجزيئات الكيميائية، فنشهد اتّحاد بعض الجزيئات بطرق أخرى لتكوين شكل من مركّب أكبر، أو تفكّك المركّبات لتكوين جزيئات أصغر، أو إعادة ترتيب الذرّات في المركّب.

الدرس 1-1

الأهداف:

- يكتب المعادلات الكيميائية الموزونة مستخدمًا أسماء ورموز وصيغ المتفاعلات والموادّ الناتجة من التفاعل الكيميائي.
- يكتب معادلات تصف التفاعلات الكيميائية باستخدام الرموز المناسبة.

الأدوات المستعملة: الموادّ المذكورة في الاستعراض العملي 2.2 و 4.2، نماذج الذرّات، جهاز العرض العلوي (شفافية دلالات التفاعل الكيميائي)، لوحة الجدول الدوري، أفلام فيديو علمية توضح أمثلة لتفاعلات يصعب تحضيرها في المختبر

صفحات التلميذ: من ص 14 إلى ص 22

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلّاب يتفحّصون الصورة الافتتاحية للدرس (شكل 1)، ويقرأون التعليق الخاصّ بها، ثمّ وضّح أنّ المنطاد كان يحتوي على الهيدروجين لكونه أخفّ العناصر، وعند اشتعاله في الهواء حدث تفاعل عنيف وقوي أدّى إلى الكارثة. كلّف الطلّاب بشرح النتائج المترتّبة على هذا التفاعل، مع كتابة المعادلة الكتابية الخاصّة بتفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء، واطرح السؤال التالي:

- هل هناك طريقة أسهل لكتابة المعادلة الكيميائية؟ **[نعم، بكتابة المعادلة الرمزية باستخدام الرموز الكيميائية لوصف التفاعل.]**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

إجابة السؤال المذكور في السطر 17 ص 14 تحت عنوان "التفاعل الكيميائي"

[لا يبدّل التغيّر الفيزيائي في تركيب المادّة، بعكس التغيّر الكيميائي.]

إجابة السؤال المذكور في السطر 23 ص 14 تحت عنوان "التفاعل الكيميائي"

[تغيّر في تركيب المادّة وخصائصها.]

الدرس 1-1
التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية
Chemical Reactions and Chemical Equations

الأهداف العامة
- يكتب المعادلات الكيميائية الموزونة، مستخدمًا أسماء المتفاعلات وصيغها، والموادّ الناتجة من التفاعل الكيميائي وصيغها.
- يكتب معادلات نصف التفاعلات الكيميائية باستخدام الرموز المناسبة.

شكل (1)
منطاد هندنبرغ

بعد رحلة تاريخية عبر فيها المحيط الأطلسي، هبط المنطاد الألماني الضخم ذي المحرّك المسمّى هندنبرج (شكل 1)، في بحيرة هيرست في نيوجرسي في الولايات المتّحدة الأميركية عام 1937. أثناء الهبوط اشتعل المنطاد وتحوّل إلى كتلة من النيران، إذ انفجر خزّان الوقود المحتوي على 210 آلاف متر مكعّب من غاز الهيدروجين. وقد توفّي ثلاثون شخصًا في هذه الكارثة وسببها حدوث التفاعل العنيف للهيدروجين مع الأكسجين مصحوبًا بانفجار وتكوّن الماء.

التغيّرات الفيزيائية	التغيّرات الكيميائية
لا تُغيّر في تركيب المادّة	تُغيّر في تركيب المادّة

1. التفاعل الكيميائي Chemical Reaction

سبق أن تعلّمت في الصفّ الثامن عن التفاعل الكيميائي وعن دلالاته. هل تذكر الفرق بين التغيّر الفيزيائي والتغيّر الكيميائي؟ أعط أمثلة عن كلّ نوع تغيّر.

تحدث التغيّرات المختلفة على المادّة أمامنا كلّ لحظة، فنُشاهد مثلًا صدأ الحديد، وتعفّن الخبز، وحرق الخشب، والإنسان يمضغ الطعام ويهضمه، وورقة الشجرة تصنع السكّر والنشا من موادّ بسيطة .... إلخ.

كيف تعرف أنّ التفاعل الكيميائي قد حدث؟

استخدم (الجدول 1) لتعرّف دلالات التفاعل الكيميائي.

14

2. علِّم وطبّق

1.2 مناقشة

اعرض شفافية عن دلالات التفاعل الكيميائي، وناقشها مع الطلّاب واطلب إليهم إعطاء أمثلة تطبيقية عن هذه الدلالات.

اعرض احتراق الميثان مع الأكسجين مستخدمًا النموذج الذرّي الموضّح في (شكل 2) لشرح عمليتي تفكّك وتكوّن الروابط في التفاعل الكيميائي، لكي يُصار إلى تعريف التفاعل الكيميائي بأنه تغيّر في صفات الموادّ المتفاعلة وظهور صفات جديدة في النواتج. أظهر من خلال النموذج كيف تفكّكت روابط الموادّ المتفاعلة وكيف تكوّنت روابط جديدة في النواتج.

إجابة السؤال المذكور في (شكل 2) ص 15

[تفكّك روابط C—H في الميثان ورابطة O=O في الأكسجين، وتكوّن روابط C=O في ثاني أكسيد الكربون و O—H من الماء]

2.2 استعراض عملي

لتوضيح التغيّر الكيميائي أجرِ التجربة التالية:

يوضع في معيار مكروي حوالى 3g من السكّر. يُضاف من 10 إلى 15 نقطة من حمض الكبريتيك المركّز الذي يعمل على انتزاع الماء من السكّر، تاركًا الكربون الصلب كناتج للتفاعل.

يتمدّد الكربون الناتج ويأخذ شكل عمود أسطواني ذي ثقوب، مثل الإسفنج، نتيجة محاولة خروج بخار الماء المسخّن أثناء التفاعل.

3.2 مناقشة

أشر إلى أنّ كتابة معادلة خاصّة بتفاعل كيميائي تُشبه إلى حدٍّ كبير كتابة جملة، إذ يلزم لكتابة كلّ منهما مجموعة من القواعد. فكما يلزم لكتابة جملة ما فعل وفاعل ومفعول به، فإنّه يلزم لكتابة المعادلة الكيميائية موادّ متفاعلة ونواتج، ويجب أن تخضع المعادلة لقانون بقاء الكتلة.

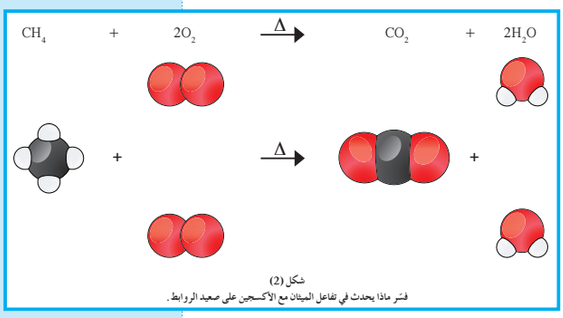
بحث

اطلب إلى الطلّاب إجراء بحث حول التفاعلات الكيميائية التي لها دور سلبي في حياتنا، وذلك بعد قراءتهم لموضوع التفاعلات الكيميائية في حياتنا ص 16.

دليل التفاعل	أمثلة
تصاعد غاز	يتصاعد غاز الهيدروجين عند وضع قطعة خارصين في محلول حمض الهيدروكلوريك المخفّف نتيجة التفاعل.
اختفاء اللون	يختفي لون سائل البروم البني المحمر عند إضافته إلى الهكسين (مركّب عضوي).
ظهور لون جديد	يظهر اللون الأزرق عند إضافة محلول اليود إلى النشا.
التغيّر في درجة الحرارة	ترتفع درجة حرارة المحلول الناتج من اضافة NaOH وHCl إلى بعضهما في كأس واحدة.
ظهور راسب	يترسّب كلوريد الفضّة عند تفاعل محلول نيترات الفضّة $AgNO_3$ مع محلول كلوريد الصوديوم NaCl.
سريان التيّار الكهربائي	يسري التيّار الكهربائي ليُضيء مصباحًا صغيرًا، إذا ما وصل قطباه بقطبين نحاس وخارصين مغموسين بمحلول حمض الكبريتيك المخفف نتيجة للتفاعل الحاصل.
تغيّر لون كاشف كيميائي	يتغيّر لون صبغة تبّاع الشمس عند إضافة نقط منه إلى محلول HCl أو محلول NaOH المخفّف.
ظهور ضوء أو شرارة	يحترق شريط المغنيسيوم عند إشعاله في الهواء الجوّي مظهرًا وميضًا نتيجة التفاعل.

جدول 1: دلالات التفاعل الكيميائي

مهما كانت الدلالة، **فالتفاعل الكيميائي هو تغيّر في صفات الموادّ المتفاعلة Reactants وظهور صفات جديدة في الموادّ الناتجة Products**، أو **كسر روابط الموادّ المتفاعلة وتكوين روابط جديدة في الموادّ الناتجة**، كما في احتراق الميثان مع الأكسجين (شكل 2).



شكل (2)
فسّر ماذا يحدث في تفاعل الميثان مع الأكسجين على صعيد الروابط.

2. المعادلة الكيميائية Chemical Equation

نعيش في بيئة مادّية مليئة بالتغيّرات، ومن هذه التغيّرات ما هو بسيط يُمكن التعبير عنه ببضع كلمات، أو بمعادلة رمزية واحدة، ومنها ما هو معقّد يصعب وصفه وتحليله.

حديد + أكسجين ⟵ أكسيد حديد (III)

تُسمّى هذه المعادلة **معادلة كتابية Literal Equation**، حيث يتمّ تفسير التفاعل الكيميائي، مثل صدأ الحديد، على أنّه تفاعل الحديد مع الأكسجين لتكوين أكسيد الحديد (III) (الصدأ).

وعلى الرغم من أنّ المعادلة الكتابية تصف جيّدًا التفاعلات الكيميائية، إلّا أنّها غير كافية للوصف الدقيق للموادّ الداخلة في التفاعل (المتفاعلات) والخارجة عن التفاعل (النواتج). لذلك، يُمكنك استخدام الصيغ الكيميائية لكتابة المعادلات.

وفي المعادلة الكيميائية، تُكتَب الصيغ الكيميائية للموادّ الموجودة قبل بدء التفاعل، وتُعرف بالموادّ المتفاعلة، على الجانب الأيسر من السهم، في حين تُكتَب الصيغ الكيميائية للموادّ الخارجة عن التفاعل، وتُعرَف بالموادّ الناتجة، عن الجانب الأيمن من السهم، وهي الموادّ التي تتكوّن نتيجة التفاعل. ويشير رأس السهم إلى النواتج.

ويُمكن تمثيل تفاعل الصدأ كما يلي:

$$Fe + O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$$

ومثل هذه المعادلات التي تُظهر فقط صيغ الموادّ المتفاعلة والناتجة من التفاعل تُعرف بالمعادلة الهيكلية.

المعادلة الهيكلية Skeleton Equation هي معادلة كيميائية تعبر عن الصيغ الكيميائية الصحيحة للموادّ المتفاعلة والناتجة، بدون الإشارة إلى الكمّيات النسبية للموادّ المتفاعلة والناتجة.

تُعتبَر الخطوة الأولى الهامّة للحصول على معادلة كيميائية سليمة وصحيحة. ومن الضروري أن تُوضّح ما إذا كانت الموادّ المتفاعلة والنواتج في تفاعل كيميائي، هي موادّ صلبة، أو سوائل، أو غازات مذابة في مذيب، مثل الماء. يُمكن تحقيق ذلك بكتابة الحروف التالية داخل أقواس بعد صيغ الموادّ في المعادلة، للمادّة الصلبة (s)، للمادّة السائلة (ℓ)، للغاز (g)، للمحلول المائي (aq). فتُكتَب، معادلة صدأ الحديد مثلًا كالتالي:

$$Fe_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow Fe_2O_{3(s)}$$

التفاعلات الكيميائية في حياتنا

أوّلًا. تفاعلات لها دور مهمّ في حياتنا، كتلك التي تُستخدَم في كثير من الصناعات، صناعة الأدوية، والأسمدة، والوقود، والبلاستيك.

ثانيًا. تفاعلات لها جوانب سلبية على البيئة، مثل:

1. تفاعلات ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون الذي يرفع درجة حرارة الجوّ، في ما يُعرَف بالاحتباس الحراري.
2. تفاعلات ينتج عنها أوّل أكسيد الكربون الذي يُسبّب الصداع، الدوران والإغماء حادّة في المعدة.
3. تفاعلات تنتج عنها أكاسيد الكبريت، والتي تُسبّب تكوّن أمطار حمضية وتُهيّج الجهاز التنفّسي، وتُسبّب تآكل المباني.
4. تفاعل الأكسجين مع النيتروجين أثناء البرق الذي يُكوّن أكسيد النيتريك (غاز سامّ) الذي يُسبّب تهيّج الجهاز العصبي والتهاب العيون.
5. تفاعلات أثناء احتراق الألياف الجافّة، مثل السجائر التي تُكوّن غازات تُسبّب سرطان الرئة.

4.2 استعراض عملي

أضف 2mL من محلول 0.1M من كلوريد النحاس (II) في معيار مكروي.

يتمّ تقطيع قطعة من رقاقة الألمنيوم مساحتها $5\ cm^2$ وتشكيلها على هيئة كرة في محلول النحاس، ويُطلب إلى الطلّاب ملاحظة أيّ دليل لحدوث تغيّر كيميائي.

يبدأ المحلول بتكوين راسب بنّي مائل إلى الاحمرار من النحاس في قاع الكأس.

قُم بكتابة جملة على السبّورة تصف فيها التفاعل، واطلب إلى الطلّاب كتابة المعادلة الهيكلية في الكرّاسات الخاصّة بهم.

$$[CuCl_{2(aq)} + Al_{(s)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + Cu_{(s)}]$$

تأكّد من استخدام الطلّاب للرموز الصحيحة في كتابة المعادلة، ثمّ اطلب إليهم وزن المعادلة.

$$[3CuCl_{2(aq)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2AlCl_{3(aq)} + 3Cu_{(s)}]$$

5.2 مناقشة

راجع قانون بقاء الكتلة، وشدّد على أنّ الكتلة أو المادّة لا تُخلق ولا تُفنى، وبالتالي فإنّ المعادلة الكيميائية لا تكتمل إلا بعد إتمام وزنها.

6.2 مناقشة

غالبًا ما يعتقد الطلّاب أنّهم يمكنهم وزن المعادلة بتغيّر الأعداد المكتوبة أسفل الرموز في الصيغة. يُعرض المثال التالي لتصويب المفهوم الخاطئ هذا:

$$H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

هل يُمكِن وزن المعادلة المذكورة بتغيّر صيغة ناتج التفاعل إلى H_2O_2 بدلًا من H_2O؟

بالطبع لا، لأنّ H_2O_2 (فوق أكسيد الهيدروجين) هو مادّة مختلفة عن الماء، ويُؤدّي هذا التغيير إلى نشوء تفاعل آخر تمامًا.

لمساعدة الطلّاب على تدارك هذا الخطأ والتغلّب عليه، اقترح عليهم رسم مربّعات على كلّ رمز أو صيغة للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة قبل البدء بوزن المعادلة. وأخبرهم بأنّ هذا المربّع يُمثّل حدودًا لما بداخله، أي لا يُمكِن تغيير أيّ عدد داخل هذا المربّع.

وفي الكثير من التفاعلات الكيميائية، يُستخدَم **عامل حفّاز Catalyst وهو مادّة تغير من سرعة التفاعل، ولكنّها لا تشترك فيه**، أي أنّ العامل الحفّاز لا يُعتبَر من الموادّ المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل الكيميائي، ولذلك تُكتَب الصيغة الكيميائية الخاصّة به فوق السهم في المعادلة الكيميائية. ومثال ذلك استخدام ثاني أكسيد المنجنيز (IV) للتحفيز، (شكل 3)، أي زيادة سرعة تفكّك المحلول المائي لفوق أكسيد الهيدروجين، كما هو موضّح في المعادلة الهيكلية التالية.

$$H_2O_{2(aq)} \xrightarrow{MnO_2} H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

3. وزن المعادلة الكيميائية
Chemical Equation Balancing

إلامَ ترمز المعادلات في المعادلة الكيميائية؟

لقد درست في السنوات الدراسية الماضية عن التفاعلات الكيميائية وعن المعادلات الكيميائية ووزنها.

سنُحاول في هذا القسم مراجعة خطوات وزن المعادلة الكيميائية.

الخطوة الأولى: حدّد الصيغ الصحيحة للمتفاعلات والنواتج، مع كتابة حالتها الفيزيائية في أقواس بعد كلّ صيغة.

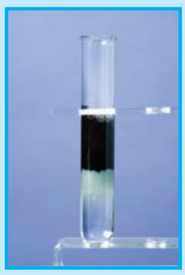
الخطوة الثانية: اكتب صيغ الموادّ المتفاعلة على اليسار، وصيغ الموادّ الناتجة على اليمين وضع بينهما سهمًا، وإذا كان هناك أكثر من متفاعل واحد، وأكثر من ناتج واحد، ضع بينهما علامة (+). وإذا استُخدم عامل حفّاز، أكتب صيغته الكيميائية فوق السهم، وإذا استُخدمت الحرارة، أكتب رمزها (Δ) أيضًا فوق السهم. وبذلك تكون قد أتممت كتابة المعادلة الكيميائية.

الخطوة الثالثة: احسب عدد الذرّات لكلّ عنصر في طرفي المعادلة أي للمتفاعلات والنواتج. (وفي حال وجود أيون عديد الذرّات غير متغيّر على طرفي المعادلة، يُحسَب هذا كوحدة واحدة.)

الخطوة الرابعة: زن المعادلة بضبط المعاملات أمام الصيغ حتّى تحصل على أعداد متساوية بين كلّ عنصر من الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة من التفاعل. واعرف ضمنًا أنّ عدم وجود معامل أمام الصيغة، يعني أنّ المعامل يُساوي الواحد الصحيح، والأفضل أن تبدأ عملية الوزن بالعناصر التي تظهر مرّة واحدة فقط في طرفي المعادلة. ويُلاحَظ في عملية الوزن أنّه لا يُمكن تغيير أيّ رقم مكتوب أسفل الرموز لأنّ ذلك يُغيّر من طبيعة المواد.

الخطوة الخامسة: تأكّد من تساوي عدد كلّ ذرّة أو أيون عديد الذرّات في كلّ من طرفي المعادلة لتتأكّد من وزن المعادلة تحقيقًا لقانون بقاء الكتلة.

الخطوة السادسة: تأكّد أخيرًا من أنّك استخدمت المعاملات في أقلّ نسبة ممكنة لموازنة المعادلة.



شكل (3)
يتفكّك ماء الأكسجين بسرعة بإضافة ثاني أكسيد المنجنيز لتكوّن ماء وأكسجينًا.

مثال (1)

تتفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية (بيكربونات صوديوم) مع حمض الهيدروكلوريك لتكوّن محلولًا مائيًّا من كلوريد الصوديوم والماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

اكتب المعادلة الهيكلية لكلّ من المتفاعلات الكيميائية والنواتج مستخدمًا الرموز.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال**

اكتب الصيغة الصحيحة لكلّ مادّة في التفاعل. افصل المتفاعلات عن النواتج، ووضّح الحالة الفيزيائية لكلّ مادّة.

2. **حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال**

أوّلًا: اكتب الصيغ الكيميائية والحالة الفيزيائية للمتفاعلات.

كربونات صوديوم هيدروجينية (بيكربونات صوديوم) الصلبة $NaHCO_{3(s)}$

محلول مائي من حمض الهيدروكلوريك $HCl_{(aq)}$

ثانيًا: اكتب الصيغ الكيميائية والحالة الفيزيائية للنواتج.

محلول مائي من كلوريد الصوديوم $NaCl_{(aq)}$

الماء $H_2O_{(l)}$

غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_{2(g)}$

ثالثًا: اكتب المعادلة الكيميائية الهيكلية للتفاعل.

$$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

لقد اتّبعت قواعد كتابة المعادلة الهيكلية بطريقة صحيحة، وهي كتابة صيغ المتفاعلات أوّلًا يعقبها سهم، ثمّ صيغ الموادّ الناتجة من التفاعل.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. اكتب المعادلة الهيكلية لكلّ من المتفاعلات الكيميائية والنواتج مستخدمًا الرموز.

(أ) احتراق الكبريت في الأكسجين مكوّنًا ثاني أكسيد الكبريت.

الحلّ: $S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$

(ب) تسخين كلورات البوتاسيوم في وجود ثاني أكسيد المنجنيز كعامل حفّاز مكوّنًا غاز الأكسجين وكلوريد البوتاسيوم الصلب.

الحلّ: $KClO_{3(s)} \xrightarrow[MnO_2]{\Delta} KCl_{(s)} + O_{2(g)}$

2. اكتب تعليقًا يصف التفاعلات التالية.

(أ) $KOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + K_2SO_{4(aq)}$

الحلّ: يخلط محلول مائي من هيدروكسيد البوتاسيوم مع محلول مائي من حمض الكبريتيك، يتكوّن ماء ومحلول مائي من كبريتات البوتاسيوم.

(ب) $Na_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

الحلّ: بإضافة الصوديوم الصلب إلى الماء يتكوّن غاز الهيدروجين ومحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم.

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

لتقييم فهم الطلّاب لكيفية كتابة المعادلات الكيميائية وتفسيرها، أجرِ الخطوات التالية:

1. كتابة بعض التفاعلات الكيميائية على السبّورة، والطلب إلى الطلّاب كتابة المعادلات الهيكلية وتضمينها الرموز الخاصّة بها.
2. كتابة بعض المعادلات غير الموزونة على السبّورة، والطلب إلى الطلّاب وزنها ووصف كلّ منها بالكتابة.
3. كتابة بعض المعادلات على السبّورة ووزنها بتغيير الأعداد المكتوبة أسفل الرموز والصيغ، وعند اعتراض الطلّاب يجب سؤالهم عن سبب خطأ هذه الطريقة.

2.3 إعادة التعليم

راجع مع الطلّاب الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الموزونة، واطلب إليهم عرض هذه الخطوات على ورق كبير يتضمّن التالي:

1. تحديد الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة من التفاعل مع تحديد الحالة الفيزيائية.
2. كتابة الصيغ الأيونية والجزيئية صحيحة مستخدمًا الجدول الدوري.
3. كتابة الشروط الضرورية للتفاعل.
4. إضافة المعاملات لتطبيق قانون بقاء الكتلة.

مثال (2)

يتفاعل الألمنيوم مع الأكسجين في الهواء ليُكوّن طبقة رقيقة من أكسيد الألمنيوم تُغطّي الألمنيوم وتحميه من الأكسدة. زن معادلة هذا التفاعل:

$$Al_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)}$$

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال**

طبّق قواعد وزن المعادلات الكيميائية.

2. **حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال**

زن أوّلًا عدد ذرّات الألمنيوم في كلّ من طرفي المعادلة بوضع المعامل 2 أمام Al.

$$2Al_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)}$$

تظهر هنا مشكلة تتكرّر كثيرًا في وزن المعادلات الكيميائية، ويُمكن تسميتها مشكلة الأعداد الزوجية والفردية، لأنّ أيّ معامل يوضع أمام O_2 سوف يُعطي أعدادًا زوجية من ذرّات الأكسجين في الطرف الأيسر، لأنّ هذا المعامل سوف يضرب باستمرار في رقم 2 (عدد ذرّات الأكسجين في جزيء غاز الأكسجين). كيف يُمكننا تحويل الرقم الفردي لذرّات الأكسجين الموجود في الطرف الأيمن للمعادلة، إلى رقم زوجي لكي يتّزن مع الرقم الزوجي لعدد ذرّات الأكسجين في الطرف الأيسر؟ أسهل طريقة للوصول إلى ذلك هي وضع معامل زوجي 2 أمام صيغة Al_2O_3 لتحويل عدد ذرّات الأكسجين الفردية إلى زوجية:

$$2Al_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

أصبح عدد ذرّات الأكسجين في الطرف الأيمن من المعادلة يُساوي 6 ذرّات، بينما في الطرف الأيسر ذرّتين فقط، فيلزم وضع معامل 3 أمام O_2، وكذلك تصحيح معامل الألمنيوم ليُصبح 4 بدلًا من 2.

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

هناك أعداد متساوية من ذرّات العناصر المتفاعلة والناتجة، كذلك المعاملات في أبسط نسبة عددية صحيحة. ولنفترض أنّنا كتبنا معادلة تكوين أكسيد الألمنيوم كما يلي:

$$8Al_{(s)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 4Al_2O_{3(s)}$$

تبدو هذه المعادلة صحيحة لأنّها تتّبع قانون بقاء الكتلة، وعلى الرغم من ذلك، ولكون المعاملات ليست في أبسط نسبة عددية صحيحة فيُمكن قسمة جميع المعاملات على 2 لنحصل على المعادلة التي حصلنا عليها من قبل، والتي تظهر فيها المعاملات في أصغر نسبة عددية صحيحة.

مثال (3)

يتفاعل الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء. اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لهذا التفاعل.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال**

طبّق قواعد وزن المعادلات للمعادلة الكتابية التي تصف التفاعل.

2. **حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال**

اكتب الصيغة الصحيحة للمتفاعلات والنواتج لتحصل على المعادلة الهيكلية:

$$H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(\ell)}$$

إذا قمت بعدّ أعداد ذرّات الهيدروجين، تجد أنّها موزونة في طرفيّ المعادلة في حين أنّ أعداد ذرّات الأكسجين غير موزونة، وإذا قمت بوضع معامل 2 أمام H_2O فإنّه يُؤدّي إلى تساوي ذرّات الأكسجين في طرفي المعادلة:

$$H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(\ell)}$$

ولكنّك الآن تجد أنّ عدد ذرّات الهيدروجين في الطرف الأيمن ضعف عددها في الطرف الأيسر، ولهذا يجب وضع معامل 2 أمام H_2. بهذا تُصبح المعادلة موزونة:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(\ell)}$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

هناك 4 ذرّات هيدروجين، وذرّتا أكسجين في كلّ طرف من طرفي المعادلة، والصيغ الكيميائية للعناصر والمركّبات الموجودة في التفاعل صحيحة، كما أنّه تمّ وضع المعاملات أمام الصيغ في أقلّ نسبة ممكنة.

مثال (4)

يتفاعل فلزّ النحاس مع محلول مائي من نيترات الفضّة، فترسّب بلّورات الفضّة على سلك النحاس. زن معادلة هذا التفاعل:

$$AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + Ag_{(s)}$$

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال**

طبّق قواعد وزن المعادلات الكيميائية، حيث إنّ أنيون النيترات، وهو أنيون عديد الذرّات يتواجد في المتفاعلات والنواتج، فيُمكن وزنه كوحدة واحدة.

2. **حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال**

ضع معامل 2 أمام $AgNO_3$ لوزن أنيون النيترات.

$$2AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + Ag_{(s)}$$

بالنظر إلى هذه المعادلة، نُلاحظ أنّ الفضّة غير موزونة في الطرفين، ولذا يوضع معامل 2 أمام Ag:

$$2AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

المعادلة موزونة والصيغ الكيميائية صحيحة، والمعاملات في أقلّ نسبة عددية صحيحة.

إجابات أسئلة الدرس 1 – 1

1. **(أ)** كبريتيد النحاس (II) + أكسجين ← نحاس + ثاني أكسيد الكبريت

(ب) كربونات الصوديوم الهيدروجينية $\xleftarrow{\Delta}$ كربونات الصوديوم + ثاني أكسيد الكربون + ماء

(جـ) هيدروجين + أكسجين ← ماء + حرارة

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

(ب) $Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$

(جـ) $4P + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$

(د) $2Al + N_2 \rightarrow 2AlN$

3. **(أ)** $SO_{3\,(g)}$

(ب) $KNO_{3\,(aq)}$

(جـ) $\xrightarrow{\Delta}$

(د) $Cu_{\,(s)}$

(هـ) $Hg_{\,(l)}$

(و) $\xrightarrow{ZnCl_2}$

4. عند وزن المعادلة يكون عدد ذرّات الموادّ المتفاعلة ونوعها يُساوي عدد ونوع ذرّات الموادّ الناتجة من التفاعل، وهكذا تكون الذرّات والكتل خاضعة لقانون بقاء الكتلة.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. زن المعادلات التالية:

(أ) $CO_{(g)} + Fe_2O_{3\,(s)} \longrightarrow Fe_{(s)} + CO_{2\,(g)}$

الحلّ: $3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$

(ب) $FeCl_{3(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(aq)} + NaCl_{(aq)}$

الحلّ: $FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(aq)} + 3NaCl_{(aq)}$

(جـ) $CS_{2(aq)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow CCl_{4(aq)} + S_2Cl_{2\,(aq)}$

الحلّ: $CS_{2(aq)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow CCl_{4(aq)} + S_2Cl_{2(aq)}$

(د) $CH_{4(g)} + Br_{2(\ell)} \longrightarrow CH_3Br_{(g)} + HBr_{(g)}$

الحلّ: $CH_{4(g)} + Br_{2(\ell)} \longrightarrow CH_3Br_{(g)} + HBr_{(g)}$

(هـ) $AgNO_{3(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow Ag_2S_{(s)} + HNO_{3(aq)}$

الحلّ: $2AgNO_{3(aq)} + H_2S_{(g)} \longrightarrow Ag_2S_{(s)} + 2HNO_{3(aq)}$

(و) $MnO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow MnCl_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)} + Cl_{2\,(g)}$

الحلّ: $MnO_{2(s)} + 4\,HCl_{(aq)} \longrightarrow MnCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} + Cl_{2(g)}$

(ز) $Zn(OH)_{2(s)} + H_3PO_{4(aq)} \longrightarrow Zn_3(PO_4)_{2(s)} + H_2O_{(\ell)}$

الحلّ: $3Zn(OH)_{2(s)} + 2H_3PO_{4(aq)} \longrightarrow Zn_3(PO_4)_{2(s)} + 6H_2O_{(\ell)}$

2. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الكربون مع الأكسجين لتكوين أوّل أكسيد الكربون.

الحلّ: $2C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)}$

3. اكتب معادلة كيميائية موزونة من التفاعلات التالية:

(أ) هيدروجين + كبريت ⟵ كبريتيد الهيدروجين

الحلّ: $H_{2(g)} + S_{(s)} \longrightarrow H_2S_{(g)}$

(ب) كلوريد الحديد (III) + هيدروكسيد الكالسيوم ⟵ هيدروكسيد الحديد (III) + كلوريد الكالسيوم

الحلّ: $2FeCl_{3(aq)} + 3Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow 2Fe(OH)_{3(s)} + 3CaCl_{2(aq)}$

(جـ) صوديوم + ماء ← هيدروكسيد صوديوم + هيدروجين

الحلّ: $2Na_{(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2\,(g)}$

(د) هيدروكسيد الكالسيوم + حمض الكبريتيك ⟵ كبريتات الكالسيوم + ماء

الحلّ: $Ca(OH)_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow CaSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)}$

مراجعة الدرس 1-1

1. اكتب المعادلات الكتابية للتفاعلات الكيميائية التالية:

(أ) يُمكن الحصول على النحاس النقي بتسخين كبريتيد النحاس (II) في وجود الهواء الجوّي، ويتكوّن أيضًا غاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا التفاعل.

(ب) عند تسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية (بيكربونات الصوديوم)، تتفكّك مكوّنة كربونات الصوديوم، وثاني أكسيد الكربون والماء.

(جـ) التفاعل بين غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين مصحوب بانفجار وينتج عنه ماء.

2. زن المعادلات التالية:

(أ) $SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{3(g)}$

(ب) $Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_{(g)} + H_2O_{\,(g)}$

(جـ) $P_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow P_4O_{10(s)}$

(د) $Al_{(s)} + N_{2(g)} \longrightarrow AlN_{(s)}$

3. اكتب الصيغ والرموز الأخرى لكل مما يلي:

(أ) غاز ثالث أكسيد الكبريت.

(ب) نيترات البوتاسيوم ذائبة في الماء.

(جـ) استخدام الحرارة في تفاعل كيميائي.

(د) فلزّ نحاس.

(هـ) سائل زئبق.

(و) كلوريد الخارصين كعامل حفّاز.

4. ما هي علاقة قانون بقاء الكتلة ووزن المعادلة الكيميائية؟

الدرس 1-2

التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

الأهداف:

- يُعرّف التفاعل المتجانس.
- يُعرّف التفاعل غير المتجانس.
- يُميّز بين التفاعل المتجانس والتفاعل غير المتجانس.

الأدوات المستعملة: الموادّ المذكورة في النشاطين 2.2 و 5.2، لوحة الجدول الدوري، الموادّ والأدوات اللازمة لإجراء الأنشطة الإضافية والعملية الواردة في الدرس العملي (نشاط 1)، (نشاط 2).

صفحات التلميذ: من ص 23 إلى ص 38

صفحات الأنشطة: من ص 15 إلى ص 21

عدد الحصص: 5

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الإفتتاحية للدرس

دع الطلّاب يتفحّصون الصورة الافتتاحية للدرس (شكل 4) ويقرأون التعليق الخاصّ بها. وضّح لهم أنّ ما حدث في الصورة هو عبارة عن تفاعلات كيميائية.

اطرح السؤال التالي: اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات الكيميائية التي تحدث عند ظهور البرق، مستخدمًا الحالات الفيزيائية للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} \quad (1)$$

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \quad (2)$$

$$2NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HNO_{3(aq)} + HNO_{2(aq)} \quad (3)$$

يُعتبر التفاعلان (1) و(2) متجانسان والتفاعل (3) غير متجانس.]

إجابات الأسئلة الموجودة في سطر 19 ص 23

[تفاعلات التفكّك: $2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2$

تفاعلات الاتّحاد المباشر: $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

تفاعلات الإزاحة: $CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu$

تفاعلات التبادل المزدوج: $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$**]**

الدرس 1-2

التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

Homogeneous Reactions and Heterogeneous Reactions

الأهداف العامة

- يُعرّف التفاعل المتجانس.
- يُعرّف التفاعل غير المتجانس.
- يُميّز بين التفاعل المتجانس والتفاعل غير المتجانس.

شكل (4)

يعمل البرق على تكوين أكاسيد النيتروجين

تتكوّن الكمأة الفَقْع في باطن الأرض الصحراوية بسبب اشتداد الرعد والبرق (شكل 4). ولأنّ البرق يعمل على تكوين أكاسيد النيتروجين (NO وNO_2) في الهواء الجوّي وتذوب هذه الأكاسيد مع مياه المطر، لتُكوّن الأحماض النيتروجينية (HNO_2 وHNO_3) التي لها دور هامّ في زيادة خصوبة الأرض كسماد.

اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات الكيميائية التي تحدث عند ظهور البرق، مستخدمًا الحالات الفيزيائية للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.

حدّد أيًّا من التفاعلات هي متجانسة وأيًّا منها غير متجانسة.

سبق أن تعلّمت في الصفّ الثامن، الأنواع الأربعة للتفاعلات الكيميائية اعتمادًا على آلية التفاعل. هل تذكر هذه الأنواع الأربعة؟ أعط أمثلة عن كلّ نوع من أنواع التفاعلات.

بغرض تسهيل دراسة التغيّرات الكيميائية وتخفيف الكثير من التفاصيل، قام العلماء بتصنيف التفاعلات الكيميائية اعتمادًا على مشاهداتهم، وأبحاثهم، والظواهر التي تحدث أمامهم.

يُمكن تصنيف التفاعلات الكيميائية بطرق مختلفة تعتمد على ناحية معيّنة من نواحي التفاعل يتمّ التقسيم على أساسها، أو على أساس الفرع الكيميائي الذي تندرج ضمنه.

تمّ إحدى الطرق لتصنيف التفاعلات الكيميائية تبعًا للحالة الفيزيائية للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.

علم التصنيف

الكيمياء الحيوية هي أحد فروع العلوم الطبيعية ويختصّ بدراسة التركيب الكيميائي لأجزاء الخليّة في مختلف الكائنات الحية. يدرس المتخصّصون في الكيمياء الحيوية، الجزيئات والتفاعلات الكيميائية المحفّزة من قبل الأنزيمات التي تُسهم في كلّ العمليات الحيوية ضمن الكائن الحيّ. يُقدّم علم الأحياء الجزيئي تخطيطًا ووصفًا للعلاقة الداخلية بين الكيمياء الحيوية، وعلم الأحياء، وعلم الوراثة.

23

2. علّم وطبّق

1.2 مناقشة

بعد قراءة علم التصنيف الموجود ص 23، شدّد على أهمّية هذا العلم في دراسة العلوم، وصنّف التفاعلات الكيميائية تبعًا للحالة الفيزيائية للموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة، عارضًا بعض التفاعلات بين الغازات والتفاعلات بين السوائل والتفاعلات بين الأجسام الصلبة.

اطرح عملية هابر لتحضير الأمونيا من خلال معادلة كيميائية، والتي تعلّمها الطالب سابقًا، واطلب إلى الطلّاب كتابة معادلات كيميائية لتفاعل متجانس بين الغازات. ثم، اطرح عملية تحضير الأسترات من خلال معادلة كيميائية، واطلب إلى الطلّاب كتابة معادلات كيميائية لتفاعل متجانس بين السوائل.

وأخيرًا، اطرح معادلة تفاعل بين الحديد والكبريت، واطلب إلى الطلّاب كتابة معادلات كيميائية لتفاعل متجانس بين الأجسام الصلبة.

2.2 نشاط إضافي

أجرِ النشاط التالي:

أضف قليلًا من محلول كلوريد الصوديوم إلى قليل من محلول نترات الفضة في أنبوب اختبار. اسأل الطلّاب عن ملاحظاتهم **[يتكوّن راسب أبيض من كلوريد الفضة].**

وضّح للطلّاب مفهوم كلمة الراسب (غير قابل للذوبان في الماء)، واطلب إليهم كتابة معادلات كيميائية (نصف المعادلات الأيونية وأيونية نهائية) لتفاعل غير متجانس يتكوّن خلاله راسب ما.

بحث

كلّف الطلّاب بالعمل في مجموعات للبحث في الشبكة الإلكترونية، وفي الموسوعات العلمية المتوفّرة في المكتبة لكتابة تقارير حول الوسادة الهوائية (المُستخدَمة في السيّارة). اطلب إليهم كتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل الذي يحدث داخل الوسادة الهوائية وتحديد نوع التفاعل بأنّه غير متجانس.

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «تفاعلات الترسيب: تكوين المواد الصلبة» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص 15.

1. التفاعلات المتجانسة Homogeneous Reactions

التفاعلات المتجانسة هي تفاعلات تُكوّن الموادّ المتفاعلة، والموادّ الناتجة عنها من الحالة الفيزيائية نفسها. ومن أهمّ التفاعلات المتجانسة، هي: التفاعلات بين الغازات، التفاعلات بين السوائل، التفاعلات بين الأجسام الصلبة.

1.1 التفاعلات بين الغازات Reactions between Gases

لإنتاج الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين تجاريًا، يخضع مزيج من هذه الغازات لضغط جوّي مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة أيضًا (شكل 5)، وفي هذه الظروف تتّحد ثلاثة جزيئات من الهيدروجين مع جزيء واحد من النيتروجين لتُكوّن بذلك الأمونيا، ويكون اتّحاد جزيئات الهيدروجين مع جزيء النيتروجين على سطح عامل حفّاز صلب من أكسيد الألمنيوم، وأكسيد البوتاسيوم وفق التفاعل المتجانس التالي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow{K_2O, Al_2O_3} 2NH_{3(g)}$$

شكل (5)
تحضير الأمونيا تجاريًا

2.1 التفاعلات بين السوائل Reactions between Liquids

يتفاعل الحمض العضوي مع الكحول، حيث ينتج أستر عضوي وماء، (شكل 6) وفق التفاعل المتجانس التالي:

$$RCOOH_{(\ell)} + ROH_{(\ell)} \longrightarrow RCOOR_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$$

شكل (6)
تحضير الأستر

3.1 التفاعلات بين الأجسام الصلبة Reactions between Solids

عند تسخين خليط من مسحوق زهر الكبريت ومسحوق الحديد إلى أن يتوهّج، يستمرّ توهّج الخليط توهّجًا شديدًا رغم إبعاد الموقد (شكل 7). ويتكوّن جسم صلب رمادي اللون يميل إلى الأسود هو كبريتيد الحديد (II)، وفق التفاعل المتجانس التالي:

$$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$$

اكتب معادلات كيميائية تدلّ على تفاعل متجانس شبيه بالتفاعلات السابقة.

شكل (7)
تفاعل الحديد مع الكبريت

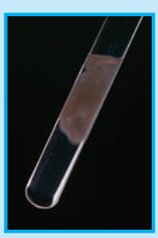
2. التفاعلات غير المتجانسة Heterogeneous Reactions

التفاعلات غير المتجانسة، هي تفاعلات تُكوّن الموادّ المتفاعلة، والموادّ الناتجة عنها من حالتين فيزيائيتين أو أكثر. ومن أهمّ التفاعلات غير المتجانسة هي تفاعلات الترسيب، وتفاعلات تكوين الغاز، وتفاعلات الأحماض والقواعد، وتفاعلات الأكسدة والاختزال.

1.2 تفاعلات الترسيب Precipitation Reactions

يحدث الترسيب عند خلط محلولين مائيين لملحين مختلفين. كاتيون الفلزّ لأحد الملحين يتّحد مع الأنيون السالب للملح الآخر مكوّنًا مركّبًا أيونيًا جديدًا، لا يذوب في الماء. على سبيل المثال، عند خلط محلول نيترات الفضّة المائي مع محلول كلوريد الصوديوم المائي، يتكوّن كلوريد الفضّة، وهو ملح لا يذوب في الماء، (شكل 8) وفق التفاعل غير المتجانس التالي:

$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)}\downarrow + NaNO_{3(aq)}$$



شكل (8)
ترسيب كلوريد الفضة من خلال تفاعل كلوريد الصوديوم مع نيترات الفضة

نستطيع أن نكتب المعادلة الأيونية الكاملة التي تُظهر جميع الموادّ الذائبة في صورتها المفكّكة بأيونات حرّة في المحلول، ونكتب صيغة كلوريد الفضّة في الشكل الجزيئي:

$$Ag^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}\downarrow + Na^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

يُمكن تبسيط المعادلة السابقة، وذلك بإزالة **الأيونات المتفرجة Spectator Ions**، وهي **أيونات لا تشارك أو تتفاعل خلال تفاعل كيميائي** مثل (Na^+ و NO_3^-)، فنحصل على المعادلة الأيونية النهائية، والتي تُشير إلى الجسيمات التي شاركت في التفاعل:

$$Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)}\downarrow$$

وعند كتابة المعادلات الأيونية النهائية الموزونة، فإنّه يجب وزن الشحنة الأيونية في جانبي المعادلة، وبالنظر إلى المعادلة السابقة، فإنّنا نجد أنّ الشحنة الأيونية النهائية على جانبي المعادلة تُساوي صفرًا.

اكتب معادلات كيميائية تدلّ على تفاعل غير متجانس شبيه بالتفاعل السابق.

3.2 مناقشة

قسّم الطلّاب إلى مجموعات، واطلب إلى كلّ مجموعة إجراء مقابلة مع طبيب أخصائي معدة حول مضادّات الحموضة. بعد كتابة جميع المعادلات الكيميائية (أيونية كاملة وأيونية نهائية) الناتجة من استخدام مضادّات الحموضة التي حصل عليها الطلّاب، اختصر هذه المعادلات بالمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل بين الأحماض والقواعد.

4.2 معلومة إثرائية

التحضير

يتم الحصول على أزيد الصوديوم بمردود جديد من تفاعل أميد الصوديوم مع غاز الضحك (أكسيد النتروس)

$$NaNH_2 + N_2O \rightarrow NaN_3 + H_2O$$
$$NaNH_2 + H_2O \rightarrow NaOH + NH_3$$
$$2NaNH_2 + N_2O \rightarrow NaN_3 + NaOH + NH_3$$

الخواص

يتفكك أزيد الصوديوم عند درجات حرارة أعلى من 300 °C إلى الصوديوم وغاز النيتروجين حسب المعادلة:

$$2NaNH_2 \rightarrow 2Na + 3N_2$$

وعلى أساس هذا التفاعل يعتمد عمل الوسائد الهوائية (Airbags) في السيارات.

الاستخدمات

له تطبيق مهم في الوسائد الهوائية للسيارات.

يعتمد عمل الوسادة من وجهة نظر كيميائية على ثلاثة مكونات رئيسية.

1. أزيد الصوديوم NaN_3
2. نترات البوتاسيوم KNO_3
3. ثنائي أكسيد السيليكون SiO_2

لحظة حدوث التصادم يتم إشعال أزيد الصوديوم كهربائيًا حيث يتفكك بشكل متفجر مولدًا غاز النيتروجين خلال ما يقارب 40 ميلي ثانية فيملأ بالتالي كيس البولي أميد فينتفخ بسرعة.

$$2NaN_3 \rightarrow 2Na + 3N_2$$

أكثر من ذلك الصوديوم لناتج يتفاعل مع نيترات البوتاسيوم المتواجدة في الكيس فيعطي أكسيد الصوديوم وأكسيد البوتاسيوم بالإضافة إلى كمية أخرى من غاز النيتروجين

$$10Na + 2KNO_3 \rightarrow K_2O + N_2$$

أكسيد المعدنين القلويين يتفاعلان بالنهاية مع أكسيد السيليكون ليعطي السيليكات الموافقة.

مثال (1)

عيّن الأيونات المتفرّجة واكتب المعادلة الأيونية النهائية الموزونة للتفاعلات التالية:

(أ) $Cl_{2(g)} + NaBr_{(aq)} \rightarrow Br_{2(\ell)} + NaCl_{(aq)}$

(ب) اخلط محلولًا مائيًا من كلوريد الحديد (III) ومحلولًا مائيًا من هيدروكسيد البوتاسيوم لتكوين راسب من هيدروكسيد الحديد (III).

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال

اكتب المعادلة الأيونية الكاملة لكلّ تفاعل مبيّنًا المركّبات الأيونية الذائبة في صورة أيونات منفردة، والأيونات المائية التي تظهر على جانبي المعادلة في المتفاعلات والنواتج المتماثلة (هي أيونات متفرّجة). وبحذفها، نحصل على المعادلة الأيونية النهائية، والتي نستطيع وزنها بعد ذلك.

2. حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال

(أ) اكتب المعادلة الأيونية الكاملة:

$$Cl_{2(g)} + Na^+_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \longrightarrow Br_{2(\ell)} + Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

الأيون المتفرّج هو Na^+، والمعادلة الأيونية النهائية الموزونة هي:

$$Cl_{2(g)} + 2Br^-_{(aq)} \longrightarrow Br_{2(\ell)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

(ب) اكتب المعادلة الأيونية الكاملة:

$$Fe^{3+}_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)} + 3K^+_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)} + 3K^+_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)}$$

الأيونات المتفرّجة هي Cl^- وK^+ والمعادلة الأيونية النهائية الموزونة هي:

$$Fe^{3+}_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3(s)}$$

3. قيّم: هل النتيجة لها معنى؟

في كلّ معادلة أيونية نهائية موزونة، عدد الذرّات ونوعها في الطرف الأيسر من المعادلة يُساوي عدد الذرّات ونوعها في الطرف الأيمن. وكذلك الشحنة النهائية لجميع المتفاعلات في الطرف الأيسر، تُساوي الشحنة النهائية لجميع النواتج في الطرف الأيمن.

2.2 تفاعلات تكوين الغاز

Gas Formation Reactions

يتم اشعال أزيد الصوديوم Sodium Azide NaN_3 كهربائيًا لحظة حدوث التصادم، فيتفكّك بشكل متفجّر مولّدًا غاز النيتروجين N_2. يملأ غاز النيتروجين بالتالي كيس البولي اميد Polyamide (من اللدائن) فينتفخ بسرعة (الشكل 9). تتمّ هذه العملية وفق التفاعل غير المتجانس التالي:

$$2NaN_{3(s)} \longrightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

3.2 تفاعلات الأحماض والقواعد

Acid Base Reactions

يُعاني الكثير من الناس، هذه الأيّام، من الحموضة. وعلى الرغم من وجود حمض الهيدروكلوريك في المعدة، إلّا أنّ زيادة منه تُسبّب حرقة في فم المعدة وغثيانًا، ولإزالة هذه الأعراض، يتمّ تناول مضادّات للحموضة. والمادّة الفعّالة في مضادّات الحموضة هي كربونات الصوديوم الهيدروجينية، أو هيدروكسيد الألمنيوم، أو هيدروكسيد المغنيسيوم.

تتفاعل الأحماض والقواعد معًا لإنتاج ملح وماء. وقد يكون الملح ذائبًا أو راسبًا، ويكون التفاعل مصحوبًا بالحرارة.

يُمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة التالية:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

وبما أنّ كلًّا من HCl وNaOH موادّ متأيّنة في الماء، فإنّه يُمكن كتابة المعادلة الأيونية الكاملة على الشكل التالي:

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

وحيث إنّ أيوني Na^+ وCl^- هما أيونان متفرّجان، فإنّه يُمكن حذفهما من المعادلة، وبذلك تُصبح المعادلة الأيونية النهائية كالتالي:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(\ell)}$$

اكتب معادلات كيميائية تدلّ على تفاعل غير متجانس شبيه بالتفاعل السابق.

شكل (9)
الوسادة الهوائية
تعمل هذه التقنية بإحداث تفاعل كيميائي سريع ينتج غازًا ينفخ الوسادة الهوائية في المقود خلال أقلّ من 0.015 جزء من الثانية عند حوادث السيّارات التي تسير بسرعة كبيرة، بينما يمتلئ خلال 0.025 جزء من الثانية في حالة الحوادث متوسّطة السرعة.

الزاء: أزيد الصوديوم

أزيد الصوديوم هو مركّب كيميائي غير عضوي له صيغة جزيئية NaN_3. يُعرف أزيد الصوديوم بالأزيوم، ويكون على شكل مسحوق بلوري أبيض. يذوب أزيد الصوديوم في الماء بشكل جيّد، فينكوّن محلول قلوي لا لون له ولا رائحة، كما يذوب أزيد الصوديوم في الأمونيا السائل. بالكاد يذوب أزيد الصوديوم Na^+ والأزيد N_3^-.

يتمثّل جزيء أزيد الصوديوم بالصيغة البنائية التالية:

$$Na^+$$
$$N^- = N^+ = N^-$$

كما يمكن تمثيله بصيغة لويس النقطية:

$$Na^+ \quad :\ddot{N} = N^+ = \ddot{N}:$$

يُستخدم أزيد الصوديوم في الوسائد الهوائية للسيارات وفي مخارج الطائرات، حيث يولّد غاز النيتروجين الذي يملأ أكياس المزالق. يُستخدم أيضًا كمادّة حافظة لمنع نموّ البكتيريا في الكواشف الكيميائية التي تُستخدم في التجارب.

على الرغم من تعدّد استخداماته، يُعتبر أزيد الصوديوم مادّة خطرة. فيُصنّف كمادّة سامّة جدًا وشديدة الانفجار عندما تتعرّض لاصطدام أو تُسخّن. يتفاعل أزيد الصوديوم مع المعادن الثقيلة، لذلك ينبغي عدم سكبه في مصارف الماء، حيث يتفاعل مع الرصاص والنحاس لينتج أزيد الرصاص وأزيد النحاس، وهما مادّتان شديدتا الانفجار.

5.2 استخدام الصورة

ادرس (شكل 12) ص 29 واقرأ التعليق الخاصّ به، واشرح أنّ الفلزّات تصدأ، لأن معظمها يفقد إلكترونات بسهولة لموادّ مستقبلة لهذه الإلكترونات، مثل الأكسجين أو الماء. اطلب إلى الطلّاب التفكير في كيفية تسريع الملح لعملية الصدأ بناءً على ميكانيكية انتقال الإلكترونات، ثمّ اطرح السؤال التالي:

كيف يُمكِن حماية السيّارات من الصدأ؟ **[باستخدام أجزاء بلاستيكية واقية أو دهن الأجزاء السفلية والداخلية بموادّ عازلة]**

اعرض المفهوم القديم لتفاعل الأكسدة والاختزال بتوجيه الأسئلة التالية إلى الطلّاب:

- ماذا يحدث لكلّ من المغنيسيوم والأكسجين عند تفاعلهما لتكوين أكسيد المغنيسيوم MgO؟ **[يفقد Mg إلكترونات ليتكوّن Mg^{2+}، ويكتسب O هذه الإلكترونات ليتكوّن O^{2-}.]**
- لماذا يصدأ الحديد بسهولة في حين لا يحدث ذلك للذهب؟ **[يُعطي الحديد إلكترونات بسهولة في حين لا ينطبق ذلك على الذهب]**
- إذا تحوّل H_2O إلى H_2O_2 فهل هذا يعني أن H_2O قد تأكسد؟ **[نعم، لأن الأكسجين قد أُضيف لتكوين H_2O_2]**

6.2 نشاط عملي

تُوضّح التجربة العملية التالية كيفية الحصول على الفلزّات النقية من أكاسيدها بواسطة عملية الاختزال (فقدان الأكسجين):

يُخلط 3 g من أكسيد النحاس ((II) CuO) مع 3 g من الفحم الحيواني (C) في بوتقة.

يوضع غطاء البوتقة وتُسخن على درجة عالية فوق لهب بنزن لمدّة 10 دقائق.

تُبرَّد البوتقة مع رفع غطائها.

تُفرّغ محتويات البوتقة النحاس (Cu) على طبق زجاجي يتداوله طلّاب الفصل ويقارنونها مع العيّنة الأصلية (قبل تسخين أكسيد النحاس (II)) بملاحظة التغيير في المظهر في كلّ حالة.

اكتب معادلة التفاعل على السبّورة:

$$2CuO_{(s)} + C_{(s)} \rightarrow 2Cu_{(s)} + CO_{2(g)}$$

اسأل الطلّاب عن الموادّ التي تأكسدت وتلك التي اختُزلت على أساس فقدان الأكسجين أو اكتسابه.

7.2 مناقشة

اطلب إلى الطلّاب تذكّر ومراجعة الترتيب الإلكتروني لذرّة الأكسجين وكيفية ارتباط ذرّاته بالذرّات الأخرى. تأكّد من قدرة الطلّاب على تعيين مصدر الإلكترونات التي تكتسبها ذرّة الأكسجين خلال تكوين الرابطة، مشيرًا إلى أنّه عندما يتّحد الفلزّ مع الأكسجين فإنّه يفقد إلكترونات، وعندما يُزال الأكسجين من أكسيد الفلزّ، فإنّ الفلزّ يكتسب إلكترونات. ويؤدّي هذا إلى تعريف أكثر عمومًا لعملية الأكسدة والاختزال من خلال تبادل الإلكترونات.

4.2 تفاعلات الأكسدة والاختزال

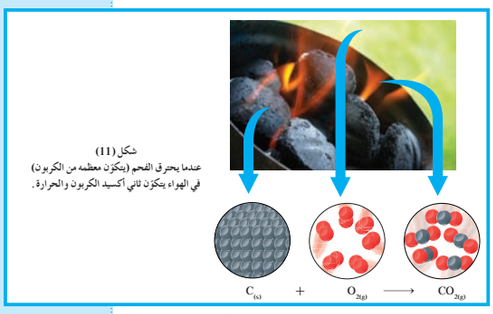
Oxidation–Reduction Reactions

غالبًا ما يُستعمَل الملح على الطرق والشوارع، خلال فصل الشتاء في المناطق الباردة، لتأثيره في ذوبان الجليد الذي يتسبّب بالتزحلق والكثير من الحوادث. وعلى الرغم من دور الملح في جعل قيادة السيّارات أكثر أمانًا، يُمكن أن يتسبّب بحدوث الصدأ لبعض الأجزاء المعدنية للسيّارات. وهذه مشكلة كبيرة لدرجة أنّ بعض الناس يخشون استعمال سيّاراتهم الحديديّة في فصل الشتاء لاحتمال حدوث الصدأ فيها، فتُصبح مثل السفينة الموضّحة في (الشكل 10).

شكل (10)
صدأ سفينة في البحر

(أ) الأكسجين في تفاعل الأكسدة والاختزال

احتراق الوقود في محرّكات السيّارات، واحتراق الخشب لغرض التدفئة والتغيّرات الكيميائية للطعام التي تحدث داخل الإنسان، كلّها تفاعلات تُمثّل مصادر للطاقة، وتتضمّن عملية تُسمّى الأكسدة. وكان تعريف الأكسدة قديمًا يعني اتّحاد العنصر بالأكسجين لتكوين الأكاسيد. وستتعلّم في هذا الجزء، أنّ للأكسدة معنى أحدث وأكثر انتشارًا. عندما يحترق الوقود أو الخشب في الهواء، فإنّه يتأكسد ويتكوّن ثاني أكسيد الكربون، مثلما يحدث للفحم، كما هو موضّح في (الشكل 11).



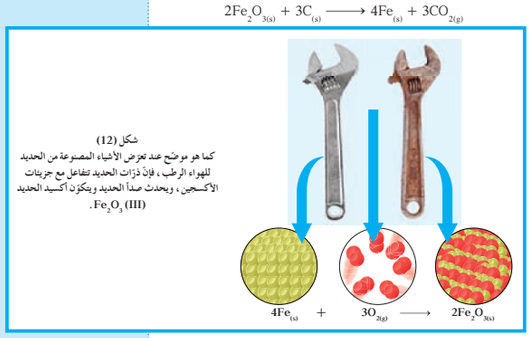
شكل (11)
عندما يحترق الفحم (يتكوّن معظمه من الكربون) في الهواء يتكوّن ثاني أكسيد الكربون والحرارة.

لا تتضمّن كلّ تفاعلات الأكسدة عملية احتراق، فإنّ عملية إزالة الألوان غير المرغوب فيها أو إزالة البقع من الأقمشة بواسطة مسحوق التبييض، هي عملية أكسدة لا تتضمّن احتراقًا. ومثل هذه المساحيق تحوي مثلاً هيبوكلوريت الكالسيوم $Ca(ClO)_2$ أو بورات الصوديوم Na_3BO_3.

مثال آخر على عملية أكسدة لا تتضمّن احتراقًا هو الصدأ، فعندما يتعرّض الحديد للصدأ، فإنه يتأكسد ببطء، ويُكوّن أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3. (شكل 12).

والعملية العكسية للأكسدة تُسمّى الاختزال، وهي تعني قديمًا فقد المركّب عنصر الأكسجين. وعلى سبيل المثال، اختزال خام الحديد Fe_2O_3 وتحويله إلى حديد فلزّي Fe يتضمّن إزالة الأكسجين من أكسيد الحديد (III)، وتجري هذه العملية بتسخين الخام مع الفحم النباتي حيث يحدث اختزال أكسيد الفلزّ إلى فلزّ، تُوضّح المعادلة التالية هذا التفاعل:

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$



شكل (12)
كما هو موضّح عند تعرّض الأشياء المصنوعة من الحديد للهواء الرطب، فإنّ ذرّات الحديد تتفاعل مع جزيئات الأكسجين، ويحدث صدأ الحديد ويتكوّن أكسيد الحديد Fe_2O_3 (III).

ويُلاحظ في معادلة الاختزال السابقة حدوث عملية أكسدة للكربون، وعلى ذلك، فإنّ عملية الأكسدة وعملية الاختزال تحدثان في وقت واحد، أو بمعنى آخر، إنّ عملية الأكسدة تُصاحبها دائمًا عملية اختزال، والعكس صحيح، فكما اختُزل أكسيد الحديد (III) إلى حديد بفقد الأكسجين، فإنّ الكربون تأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون، وذلك باكتسابه الأكسجين، ومثل هذه التفاعلات تُسمّى تفاعلات الأكسدة والاختزال.

(ب) انتقال الإلكترونات في تفاعلات الأكسدة والاختزال

يتضمّن مفهوم تفاعلات الأكسدة والاختزال الحديث الكثير من التفاعلات التي لا علاقة لها بالأكسجين، وأصبح المفهوم هو انتقال الإلكترونات بين المتفاعلات، وعلى ذلك أُعيد تعريف **عملية الأكسدة بأنّها تعني فقدانًا للإلكترونات، وعملية الاختزال هي كسب للإلكترونات.**

8.2 ممارسة الطلّاب للتفكير النقدي

عادة ما يستفيد الأشخاص الذين يعانون من فقر الدم (انخفاض عنصر الحديد في الدم) من طهي الصلصة، مثل صلصة الطماطم، في الأوعية المصنوعة من الحديد. اطلب إلى الطلّاب التفكير في صحة هذه المعلومة بناء على ما تعلّموه حتّى الآن. يمكن لفلزّ الحديد أن يتأكسد مباشرة إلى كاتيونات حديد ذائبة وجاهزة للتناول عن طريق الفم، وذلك بواسطة الحامض الموجود في الصلصة:

$$2Fe_{(s)} + 6H^{+}_{(aq)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$$

9.2 ورش عمل

قسّم الطلّاب إلى مجموعات يقوم فيها كلّ طالب باختيار فلزّ ولافلزّ من الجدول الدوري. يسأل الطالب زملاءه تعيين المركّب الأيوني الناتج من انتقال الإلكترون بين الفلزّ واللافلزّ، مع كتابة معادلة التفاعل وتحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

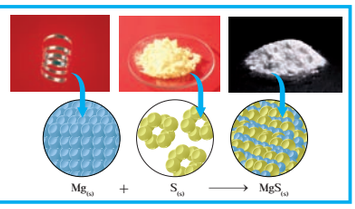
10.2 استعراض نشاط عملي يساعد الطلّاب على تعلّم الدرس

أجرِ النشاط التالي:

امزج 14g من بودرة الحديد و8g من بودرة الكبريت، ثم ضع 4g من المزيج في أنبوب اختبار. سدّ الأنبوب بقطعة من الصوف المعدني. قرّب أنبوب الاختبار من لهب موقد بنزن ولاحظ الوهج الذي ينتج.

اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة الأكسدة – الاختزال الذي يحدث في التفاعل السابق، ودعهم يكتبون أعداد التأكسد لكلّ عنصر. بناء على التغيّرات في هذه الأعداد، يستطيع الطلاب تحديد أيّ عنصر من العناصر تأكسد وأيّ منها اختزل.

والأمثلة التي تُوضّح ذلك هي التفاعلات التي تحدث بين الفلزّات واللافلزّات، فنجد أنّ الإلكترونات تنتقل من ذرّات الفلزّ إلى ذرّات اللافلزّ، ومثال ذلك، عند تسخين فلزّ المغنيسيوم مع اللافلزّ الكبريت، يتكوّن المركّب الأيوني كبريتيد المغنيسيوم (شكل 13).



شكل (13)
عند تسخين المغنيسيوم والكبريت، فإنّه يحدث تفاعل أكسدة واختزال لتكوين كبريتيد المغنيسيوم، وتُصبح ذرّات المغنيسيوم أكثر استقرارًا بفقدها إلكترونين (عملية أكسدة)، وتُصبح ذرّة الكبريت أكثر استقرارًا باكتسابها إلكترونين (عملية اختزال).

ونتيجة هذا التفاعل انتقال إلكترونين من ذرّة المغنيسيوم إلى ذرّة الكبريت. ولأنّ ذرّة المغنيسيوم فقدت إلكترونين، فإنّها تأكسدت إلى كاتيون المغنيسيوم. ومن ناحية أخرى، اكتسبت ذرّة الكبريت الإلكترونين، وعلى ذلك فإنّها اختُزلت إلى أنيون كبريتيد. والعملية ككلّ، ممثّلة في العمليتين الجزئيتين التاليتين:

فقد إلكترونات: $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$ **أكسدة**

كسب إلكترونات: $S + 2e^{-} \longrightarrow S^{2-}$ **اختزال**

والمادّة التي تفقد إلكترونات في تفاعلات الأكسدة والاختزال، تُسمّى عاملًا مختزلًا. لذا يُطلَق على ذرّة المغنيسيوم عاملًا مختزلًا نتيجة فقدانها الإلكترونات وإعطائها لذرّة الكبريت. **أمّا المادّة التي تكتسب إلكترونات في تفاعلات الأكسدة والاختزال تُسمّى عاملًا مؤكسدًا.** لذا يُطلَق على ذرّة الكبريت عاملًا مؤكسدًا نتيجة اكتسابها الإلكترونين من ذرّة المغنيسيوم.

Mg + S ⟶ MgS

عامل مختزل (عملية أكسدة) — عامل مؤكسد (عملية اختزال)

مثال (2)

وضّح في التفاعل التالي أيًّا من الموادّ حدث له عملية أكسدة، وأيًّا من الموادّ حدث له عملية اختزال. وحدّد العامل المؤكسد، والعامل المختزل:

$$2AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال**

ابدأ بإعادة كتابة المعادلة موضّحًا بها الأيونات، وحدّد أيًّا منها يفقد إلكترونات (أكسدة)، وأيًّا منها يكتسب إلكترونات (اختزال).

2. **حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال**

إعادة كتابة المعادلة موضّحًا بها الأيونات:

$$2Ag^{+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3\,(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3\,(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

في هذا التفاعل فقدت ذرّة النحاس إلكترونين، لأنّها تحوّلت إلى كاتيون نحاس (Cu^{2+})، ومن ناحية أخرى اكتسب كاتيونا الفضّة (Ag^{+}) هذين الإلكترونين فتحوّلا إلى ذرّتين متعادلتين:

فقد إلكترونات: $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$ **أكسدة**

كسب إلكترونات: $2Ag^{+} + 2e^{-} \longrightarrow 2Ag$ **اختزال**

تأكسدت ذرّة النحاس، ولهذا فهي عامل مختزل.

اختُزل كاتيون الفضّة ولهذا فهو عامل مؤكسد.

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

كاتيون الفضّة عامل مؤكسد اكتسب إلكترونًا، وبالتالي حدث له اختزال. وذرّة النحاس عامل مختزل فقدت إلكترونين، وبالتالي حدثت لها أكسدة. وبذلك تمّ تطبيق تعريفات الأكسدة والاختزال بطريقة صحيحة على المعادلة السابقة.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. وضّح أيًّا من المتفاعلات في المعادلات التالية حدث لها عملية أكسدة، وأيًّا منها حدث لها عملية اختزال، وعرّف العامل المؤكسد والعامل المختزل في كلّ معادلة:

(أ) $2Na_{(s)} + S_{(s)} \longrightarrow Na_2S_{(s)}$

الحلّ: Na: تأكسد (عامل مختزل)

S: اختزال (عامل مؤكسد)

(ب) $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

الحلّ: Al: تأكسد (عامل مختزل)

O_2: اختزال (عامل مؤكسد)

2. حدّد أيًّا من العمليات التالية أكسدة وأيًّا منها اختزال.

(أ) $Li \longrightarrow Li^{+} + e^{-}$ الحلّ: أكسدة

(ب) $2I^{-} \longrightarrow I_2 + 2e^{-}$ الحلّ: أكسدة

(ج) $Zn^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Zn$ الحلّ: اختزال

(د) $Br_2 + 2e^{-} \longrightarrow 2Br^{-}$ الحلّ: اختزال

11.2 مناقشة

ناقش قواعد تحديد أعداد التأكسد للعناصر الموجودة في المركّبات، وذلك بعرض أمثلة عديدة حتّى يتمّ استيعابها. اشرح أنّه يُمكن أن يكون للعنصر الواحد أعداد تأكسد عديدة، ويعتمد ذلك على المركّب الداخل في تكوين ذلك العنصر، كما هي حال عنصر اليود في المركّبات التالية: HI : (−1)، I_2 : (0)، HIO : (+1)، HIO_3 : (+5)، HIO_4 : (+7)

12.2 ورش عمل

اكتب على السبّورة عدّة صيغ لمركّبات أيونية وتساهمية. وقسّم الطلّاب إلى مجموعات تعمل كلّ منها على تحديد أعداد التأكسد الخاصّة بجميع العناصر لكلّ مركّب، مستعينًا بمثال رقم 3 ص33.

13.2 نشاط

قسّم الطلّاب إلى مجموعات، ووزّع على كلّ مجموعة ثلاث أنابيب اختبار تحتوي على كمّية صغيرة من الخارصين والنحاس والمغنيسيوم. يُضاف في كلّ أنبوب حوالى 10 قطرات من 0.1M HCl مع ملاحظة ما يحدث في كلّ تفاعل. سوف يُشاهد الطلّاب فقّاعات غازية في الأنابيب التي تحتوي على الخارصين والمغنيسيوم، في حين لن يلاحظوا أيّ تغيّر في الأنبوب الذي يحتوي على النحاس. اطلب إلى الطلّاب استنتاج نوع الغاز في الأنابيب التي تحتوي على الخارصين والمغنيسيوم **[غاز الهيدروجين]**، مع كتابة معادلات تفاعل كلّ منهما مع HCl، وتحديد ما إذا كانت هذه التفاعلات من نوع الأكسدة والاختزال، وتفسير ما قد يحدث إذا تعرّض كلّ من الذهب والصوديوم لمحلول حمض HCl، من دون إجراء التجربة للصوديوم أو الذهب.

14.2 ورش عمل

اكتب على السبّورة معادلات مختلفة لتفاعلات أكسدة واختزال، ثمّ قسّم الطلّاب إلى مجموعات لتحديد أعداد التأكسد لكلّ العناصر في كلّ تفاعل، مع تحديد أيّ من العناصر حدثت له عملية أكسده وأيّ منها حدثت له عملية اختزال بناء على التغيّرات في أعداد التأكسد.

(ج) أعداد التأكسد

عدد التأكسد هو عدد موجب أو سالب، يُنسَب إلى الذرّة طبقًا لمجموعة من القواعد. **يُمكن أن يُعرَّف عدد التأكسد بأنّه العدد الذي يمثل الشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة التي تحملها ذرّة العنصر في المركّب أو الأيون.**

يُستعمَل اصطلاح حالة التأكسد أيضًا بمعنى عدد التأكسد نفسه في المركّبات الأيونية الثنائية، مثل $CaCl_2$ و NaCl. فأعداد التأكسد للذرّات تُساوي الشحنة الأيونية الموجودة على كلّ ذرّة، ومثال ذلك مركّب كلوريد الصوديوم الذي يتكوّن من كاتيونات الصوديوم Na^+ وأنيونات الكلوريد Cl^-، وبذلك يكون عدد تأكسد الصوديوم هو (+1) والكلوريد هو (−1)، مع ملاحظة طريقة كتابة عدد التأكسد، وهو وضع الإشارة قبل العدد، ومثال ذلك الصوديوم في مركّب NaCl له شحنة أيونية تُساوي (+1) وعدد تأكسد يُساوي (+1).

ما هي أعداد التأكسد للكالسيوم والفلور في مركّب فلوريد الكالسيوم CaF_2؟

تُساعدنا القواعد التالية على تحديد أعداد التأكسد للذرّات المختلفة في مركّب ما:

1. في الأيونات وحيدة الذرّة يكون للأيون عدد تأكسد مساوٍ لعدد الشحنات التي يحملها الأيون، ومثال ذلك أنّ عدد تأكسد أيون البروميد Br^- يُساوي (−1)، وعدد تأكسد Fe^{3+} يُساوي (+3).
2. في معظم المركّبات التي تحوي الهيدروجين، يكون عدد التأكسد للهيدروجين مساويًا (+1) كما في مركّبات الماء H_2O وحمض الهيدروكلوريك HCl وغاز الميثان CH_4، وتَشذّ هذه القاعدة عندما يتّحد الهيدروجين بعناصر أقلّ سالبية كهربائية منه، مثل الفلزّات، كما في المركّبات التالية: AlH_3، CaH_2، NaH حيث يكون عدد التأكسد للهيدروجين في هذه المركّبات يُساوي (−1).
3. في معظم المركّبات التي تحوي الأكسجين يكون عدد التأكسد لكلّ ذرّة أكسجين مساويًا (−2)، مثل H_2O، Na_2O، H_3PO_4، ولكن عندما يكون الأكسجين مرتبطًا بنفسه O=O يكون عدد تأكسده يُساوي صفرًا (0). أمّا في البيروكسيدات Peroxides فيكون لكلّ ذرّة أكسجين O_2^{2-} عدد تأكسد يُساوي (−1)، مثل Na_2O_2 و H_2O_2 حيث إنّ أنيون البيروكسيد يحمل شحنتين سالبتين. هناك حالة شاذّة يكون فيها عدد التأكسد (+2)، كما في مركّب OF_2 حيث إنّ الفلور له سالبية كهربائية أكبر من الأكسجين.
4. في حالة ذرّة غير متّحدة أو ذرّة في جزيء أحد العناصر، تُعطى عادة عدد تأكسد مساويًا للصفر (0)، وعلى سبيل المثال، ذرّات الصوديوم في فلزّ الصوديوم Na أو ذرّات النيتروجين في غاز النيتروجين N_2، فإنّ عدد التأكسد لجميع الذرّات يُساوي صفرًا (0) (شكل 14).
5. مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرّات في مركّب متعادل، يُساوي صفرًا.

فوسفور أبيض

صوديوم

بروم

كبريت

كربون

شكل (14)
حالة التأكسد لأيّ عنصر في الحالة المنفردة، أو غير المتّحدة تُساوي صفرًا (0). والعناصر الموضّحة في الشكل من أعلى إلى أسفل هي الفوسفور الأبيض ويُحفظ تحت الماء، والصوديوم ويُحفظ تحت الزيت السائل، والبروم والكبريت والكربون.

6. المجموع الجبري لأعداد التأكسد في الأيون المتعدّد الذرّات يجب أن يُساوي شحنة الأيون.

وباستخدام القاعدتين 5 و6 يُمكن معرفة عدد التأكسد لبعض الذرّات التي لا يُمكن معرفة عدد تأكسدها باستخدام القواعد السابقة.

مثال على ذلك، في حمض الكبريتيك H_2SO_4 يكون عدد التأكسد للكبريت يُساوي (+6)، لأنّ كلّ ذرّة أكسجين عدد تأكسدها (−2)، وكلّ ذرّة هيدروجين (+1)، وحيث إنّ الجزيء متعادل فيكون:

$$S + 2 - 8 = 0$$
$$S = +6$$

في أنيون النيترات NO_3^-:

$$N + (-6) = -1$$
$$N = +5$$

في جزيء الأمونيا NH_3:

$$N + (+3) = 0$$
$$N = -3$$

مثال (3)

ما هو عدد التأكسد لكلّ ذرّة في المركّبات التالية:

(أ) SO_2 **(ب)** CO_3^{2-} **(جـ)** H_2SO_4

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال**

استخدم القواعد التي درستها لتحديد أعداد التأكسد، واحسب ما هو غير معلوم في الأسئلة أ، ب، جـ.

2. **حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال**

(أ) SO_2

$$S + [2 \times (-2)] = 0$$
$$S = +4$$

(ب) CO_3^{2-}

$$C + [3 \times (-2)] = -2$$
$$C = +4$$

(جـ) H_2SO_4

$$S + [2 \times (+1)] + [4 \times (-2)] = 0$$
$$S = +6$$

15.2 معلومة إثرائية

وضّح أنّ أنيونات اليوديد تستطيع أن تتفاعل مع فوق أكسيد الهيدروجين في وسط حمضي لتكوين أنيونات ثلاثي اليوديد وماء:

$$3I^-_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow I^-_{3(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

اكتب المعادلة على السبّورة واسأل الطلّاب تحديد ما إذا كان التفاعل السابق أكسدة أو اختزال، مع إعطائهم الفرصة لاستنتاج التغيّرات في أعداد التأكسد للمعادلة السابقة لإثبات صحّة إجاباتهم. يستطيع الطلّاب تعيين التغيّر في عدد تأكسد الأكسجين من1− إلى 2−، ما يعني وجود اختزال للأكسجين. ومن الصعب على الطلّاب تحديد تفاعل الأكسدة الملازم لتفاعل الاختزال السابق، حيث إنّه يصعب تحديد عدد تأكسد اليود في أيون ثلاثي اليوديد، ولهذا فهم لا يستطيعون ملاحظة زيادة في عدد التأكسد المطلوب لعملية الأكسدة. استخدم هذا المثال لإظهار القصور في استخدام أعداد التأكسد.

إجابة السؤال المذكور في (الشكل 15) ص 35

نقص عدد تأكسد الفضة؛ زيادة عدد تأكسد النحاس

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «أنصاف التفاعلات» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص 20.

تابع مثال (3)

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

النتائج متّفقة مع قواعد تحديد أعداد التأكسد، فقد استُخدِمت القاعدة رقم 2 لإيجاد عدد تأكسد ذرّة الهيدروجين في المركّب H_2SO_4، واستُخدِمت القاعدة رقم 3 لإيجاد عدد تأكسد ذرّة الأكسجين للمركّبات الثلاثة، واستُخدِمت القاعدة رقم 5 لإيجاد عدد تأكسد ذرّة الكبريت في المركّب SO_2 والمركّب H_2SO_4. واستُخدِمت القاعدة رقم 6 لإيجاد عدد تأكسد ذرّة الكربون في الأنيون CO_3^{2-} وأيضًا حاصل جمع أعداد التأكسد أدّى إلى الشحنة النهائية للأيون والمركّبين المتعادلين.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. عيّن عدد التأكسد لكلّ عنصر في الموادّ التالية:
   - أ) SO_3^{2-}
   - ب) O_2
   - جـ) $Al_2(SO_4)_3$
   - د) Na_2O_2

   الحلّ: أ) $S = +4$ و $O = -2$
   - ب) $O = 0$
   - جـ) $Al = +3$ و $O = -2$ و $S = +6$
   - د) $Na = +1$ و $O = -1$

2. أوجد عدد التأكسد لكلّ ذرّة في ما يلي:
   - أ) P_2O_5
   - ب) NH_4^+
   - جـ) $Na_2Cr_2O_7$
   - د) $Ca(OH)_2$

   الحلّ: أ) $P = +5$ و $O = -2$
   - ب) $H = +1$ و $N = -3$
   - جـ) $Na = +1$ و $O = -2$ و $Cr = +6$
   - د) $Ca = +2$ و $O = -2$ و $H = +1$

تغيير أعداد التأكسد في التفاعلات الكيميائية

الأكسدة عملية يصحبها دائمًا زيادة في عدد التأكسد لذرّة ما، في حين أنّ عملية الاختزال يصحبها نقص في عدد التأكسد، ويتّضح ذلك من المعادلة التالية:

$$\overset{+1+5-2}{2AgNO_{3(aq)}} + \overset{0}{Cu_{(s)}} \longrightarrow \overset{+2+5-2}{Cu(NO_3)_{2(aq)}} + \overset{0}{2Ag_{(s)}}$$

في هذا التفاعل، نُلاحظ نقص عدد تأكسد الفضّة من (+1) إلى (0) ممّا يعني حدوث عملية اختزال كاتيونات الفضّة إلى فلزّ الفضّة، وزيادة في عدد تأكسد النحاس من (0) إلى (+2)، ممّا يعني حدوث عملية أكسدة لفلزّ النحاس إلى كاتيونات النحاس (شكل 15).

ويرجع النقص أو الزيادة في أعداد التأكسد في عمليات التأكسد والاختزال إلى انتقال الإلكترونات من ذرّة إلى أخرى، وفي هذه الحالة يزداد عدد التأكسد للذرّة الأولى ويقلّ للذرّة الثانية، ولذلك لا بدّ أن يتمّ التأكسد والاختزال معًا. وممّا سبق يُمكن أن نُعرّف **العامل المؤكسد بأنّه يحوي ذرّة المادة التي ينقص عدد تأكسدها، والعامل المختزل بأنّه المادّة التي تحوي ذرّة يزداد عدد تأكسدها.** يُوضّح (شكل 16) تفاعل أكسدة واختزال لمسمار حديدي لامع مغمور في محلول كبريتات النحاس (II).

شكل (15)

عند غمر سلك من النحاس في محلول نيترات الفضّة (عديم اللون) (الصورة إلى اليسار) تترسّب بلّورات من الفضّة، وتُغطّي سلك النحاس (الصورة إلى اليمين) ويتحوّل لون المحلول ببطء إلى اللون الأزرق كنتيجة لتكوين نيترات النحاس (II). ما هو الغاز الذي حدث في عدد تأكسد الفضّة؟ وكيف تغيّر عدد تأكسد النحاس؟

شكل (16)

عند غمر مسمار حديدي لامع في محلول مائي من كبريتات النحاس يُغطّى المسمار بطبقة من النحاس، وعلى ذلك يختزل الحديد كاتيونات النحاس (II) في المحلول، وفي الوقت ذاته يتأكسد الحديد إلى كاتيونات حديد (II). اكتب المعادلة الأيونية الموزونة لهذا التفاعل.

4. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

لتقييم فهم الطلّاب لهذا الدرس، اطرح الأسئلة التالية على الطلاب:

- ما هي أعداد التأكسد للعناصر في المركّبات التالية؟

(أ) HNO_3 [H = +1، N = +5، O = −2]

(ب) Na_2SO_3 [Na = +1، S = +4، O = −2]

(ج) P_2O_5 [P = +5، O = −2]

(د) MgH_2 [Mg = +2، H = −1]

(هـ) ClF_3 [Cl = +3، F = −1]

(و) HIO [H = +1، I = +1، O = −2]

- ماذا تعني كلّ من الإشارة والقيمة التي يحملها عدد التأكسد لعنصر ما في مركّب؟

[الإشارة + تعني فقدان إلكترونات، والإشارة − تعني اكتساب إلكترونات، والقيمة العددية تعني عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة.]

- إذا تحوّل الفلور إلى أنيون فلوريد F^- من المركّب F_2، فما هو التغيّر في عدد التأكسد؟ وهل هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة أم اختزال؟ [التغيّر من 0 إلى −1، والتفاعل هو اختزال]

- إذا تحوّل الكبريت إلى SO_2 من المركّب PbS، فما هو التغير في عدد التأكسد؟ وهل هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة أم اختزال؟

[التغير من −2 إلى +4، التفاعل هو أكسدة]

2.3 إعادة التعليم

أكّد على الطلّاب أخذ عدد الذرّات في الإعتبار عند حساب أعداد التأكسد مع إعطاء المثالين التاليين: $Cr_2O_7^{2-}$ و Mn_2O_3

مثال (4)

استخدم التغيّرات في أعداد التأكسد لتُميّز الذرّات التي تأكسدت أو اختُزلت في كلّ من التفاعلات التالية:

(أ) $Cl_{2(g)} + 2HBr_{(aq)} \longrightarrow 2HCl_{(aq)} + Br_{2(\ell)}$

(ب) $C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$

(ج) $Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + 2NH_4Cl_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + Mn_2O_{3(s)} + 2NH_{3(g)} + H_2O_{(\ell)}$

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّل: صمّم خطّة إستراتيجية لحلّ السؤال

استخدم القواعد التي درستها لتحديد أعداد التأكسد، واحسب ما هو غير معلوم في الأسئلة أ، ب، جـ.

2. حلّ: طبّق الخطّة الإستراتيجية لحلّ السؤال

(أ)

$$\overset{0}{Cl_{2(g)}} + 2\overset{+1-1}{HBr_{(aq)}} \longrightarrow 2\overset{+1-1}{HCl_{(aq)}} + \overset{0}{Br_{2(\ell)}}$$

عنصر الكلور حدث له اختزال لأنّ عدد تأكسده نقص من (0) إلى (−1)، في حين تأكسد أنيون البروميد لأنّ عدد تأكسده زاد من (−1) إلى (0).

(ب)

$$\overset{0}{C_{(s)}} + \overset{0}{O_{2(g)}} \longrightarrow \overset{+4-2}{CO_{2(g)}}$$

تأكسد عنصر الكربون من (0) إلى (+4) في حين أنّ عنصر الأكسجين حدث له اختزال من (0) إلى (−2).

(جـ)

$$\overset{0}{Zn_{(s)}} + 2\overset{+4-2}{MnO_{2(s)}} + 2\overset{-3+1-1}{NH_4Cl_{(aq)}} \longrightarrow \overset{+2-1}{ZnCl_{2(aq)}} + \overset{+3-2}{Mn_2O_{3(s)}} + 2\overset{-3+1}{NH_{3(g)}} + \overset{+1-2}{H_2O_{(\ell)}}$$

تأكسد عنصر الخارصين من (0) إلى (+2)، في حين أنّ عنصر المنجنيز حدث له اختزال من (+4) إلى (+3).

3. قيّم: هل النتيجة لها معنى؟

بمراجعة النتائج التي حصلنا عليها، نجد أنّ تطبيق قواعد تحديد أعداد التأكسد صحيحة، بمعنى أنّه في كلّ حالة نجد أنّ النقص في عدد التأكسد استُخدم بطريقة صحيحة، ليُوضّح عملية الاختزال، وكذلك الزيادة في عدد التأكسد لتُوضّح عملية الأكسدة. ونتذكّر أيضًا أنّه في كلّ تفاعل أكسدة واختزال يوجد أيضًا عامل مؤكسد وعامل مختزل، فالعنصر الذي تأكسد يعمل كعامل مختزل، والعنصر الذي اختزل يعمل كعامل مؤكسد. وعلى ذلك عندما تُحدّد أيًا من العناصر حدث له أكسدة وأيًا منها حدث له اختزال، فإنّه من السهولة تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. استخدم التغيّرات التي تحدث في أعداد التأكسد لتُحدّد أيًا من الذرّات في كلّ من التفاعلات التالية حدث له عملية تأكسد وأيًا منها حدث له عملية اختزال.

(أ) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(\ell)}$

الحلّ: H_2 تأكسد وO_2 اختُزل.

(ب) $2KNO_{3(s)} \longrightarrow 2KNO_{2(s)} + O_{2(g)}$

الحلّ: O تأكسد و N اختُزل.

(ج) $NH_4NO_{2(s)} \longrightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

الحلّ: N تأكسد و N اختُزل.

(د) $PbO_{2(aq)} + 4HI_{(aq)} \longrightarrow I_{2(aq)} + PbI_{2(s)} + 2H_2O_{(\ell)}$

الحلّ: I تأكسد و Pb اختُزل.

إجابات أسئلة الدرس 1 – 2

1. (أ) $Pb^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(s)}$

(ب) $Pb^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)}$

(جـ) $Fe^{3+}_{(aq)} + PO^{3-}_{4(aq)} \rightarrow FePO_{4(s)}$

(د) $Co^{2+}_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow CoS_{(s)}$

(هـ) $6H^+_{(aq)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$

2. (أ) عدد تأكسد الذرّة غير المتّحدة يُساوي صفرًا.

(ب) مجموع أعداد التأكسد في مركّب متعادل يُساوي صفرًا.

(جـ) يجب أن يتساوى المجموع الجبري لأعداد التأكسد في الأيون المتعدّد الذرّات مع شحنة الأيون.

3. تُحدَّد أعداد التأكسد بقواعد خاصّة بناءً على قيم السالبية الكهربائية، وتُستخدم لتعيين عمليتي الأكسدة والاختزال، بالإضافة إلى العامل المؤكسد والعامل المختزل.

4. (أ) Na عملية أكسدة، Cl عملية اختزال

(ب) I عملية أكسدة، N عملية اختزال

(جـ) S عملية أكسدة، N عملية اختزال

(د) Pb عملية أكسدة وعملية اختزال

5. (أ) يشكّل Na عاملًا مختزلًا وCl عاملًا مؤكسدًا.

(ب) HNO_3 عامل مؤكسد و HI عامل مختزل

(جـ) HNO_3 عامل مؤكسد وH_2S عامل مختزل

(د) $PbSO_4$ عامل مؤكسد – عامل مختزل

مراجعة الدرس 1-2

1. اكتب المعادلات الأيونية النهائية الموزونة لكلّ تفاعل من التفاعلات التالية:

(أ) $Pb(NO_3)_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow PbSO_{4(s)} + HNO_{3(aq)}$

(ب) $Pb(C_2H_3O_2)_{2(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow PbCl_{2(s)} + HC_2H_3O_{2(aq)}$

(جـ) $Na_3PO_{4(aq)} + FeCl_{3(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + FePO_{4(s)}$

(د) $(NH_4)_2S_{(aq)} + Co(NO_3)_{2(aq)} \longrightarrow CoS_{(s)} + NH_4NO_{3(aq)}$

(هـ) $HCl_{(aq)} + Al_{(s)} \longrightarrow AlCl_{3(aq)} + H_{2(g)}$

2. (أ) ما هو عدد تأكسد النيتروجين في غاز النيتروجين؟ اشرح ما تقول.

(ب) كيف يُمكنك تحديد أعداد التأكسد للعناصر في المركّب؟

(جـ) كيف يُمكن استخدام الشحنة الأيونية لتحديد أعداد التأكسد للعناصر في الأيون المتعدّد الذرّات؟

3. كيف يُمكن تعيين أعداد التأكسد؟ وكيف تُستخدَم؟

4. استخدم التغيّرات في أعداد التأكسد لتُحدّد أيًّا من الذرّات في التفاعلات التالية حدث له عملية أكسدة وأي منها حدث له عملية اختزال:

(أ) $2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$

(ب) $2HNO_{3(aq)} + 6HI_{(aq)} \longrightarrow 2NO_{(g)} + 3I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$

(جـ) $3H_2S_{(aq)} + 2HNO_{3(aq)} \longrightarrow 3S_{(s)} + 2NO_{(g)} + 4H_2O_{(l)}$

(د) $2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)}$

5. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في تفاعلات السؤال رقم 4.

الفصل الثاني

الكيمياء الكمّية

دروس الفصل

الدرس 2–1: الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

الدرس 2–2: النسب المئوية لتركيب المكوّنات

الدرس 2–3: المعادلة الكيميائية وحساب كمّية الموادّ

في هذا الفصل، سوف يدرس الطالب كيفية إجراء الحسابات الكيميائية، سواء أكانت كمّيات الموادّ مقدّرة بالمول أم بوحدات الكتلة المعروفة (كالجرام أم الكيلوجرام وغيرها).

سيُنفّذ الطلّاب في هذا الفصل تجارب عملية تُعزّز فهمهم للكيمياء الكمّية:

- الوزن كوسيلة للعدّ
- النسبة المئوية للمكوّنات
- الموادّ المتفاعلة المحدّدة

كلّف الطلّاب بالبحث في الشبكة الإلكترونية عن أهمّية الحسابات الكيميائية في الصناعات المختلفة، ثمّ إعداد تقارير أو عروض تقديمية عن نتائج البحث التي تمّ التوصل إليها.

مهّد للفصل بإعطاء صورة عامّة عن الصناعات الكيميائية، وأهمّية الدقّة فيها، وضرورة إجراء حسابات دقيقة للموادّ المستخدمة. ثمّ وجّههم لقراءة جدول الفصل ص 39 (تتمّ قراءة المعادلة الكيميائية وفق المول الذي يُساوي العدد 6×10^{23} وتُساوي كتلته بالجرام كتلة هذا العدد من الجزيئات).

نشاط إضافي

يمكن للطلّاب الاحتفال باليوم العالمي للمول Mole Day، المصادف في الثالث والعشرين من شهر أكتوبر، وذلك كوسيلة لتثبيت المفهوم والتشديد على مدى أهمّيته.

إجابات أسئلة مقدمة الفصل

الكتلة المولية الذرّية لعنصر ما هي عبارة عن الكتلة الذرّية للعنصر مقاسة بوحدة الجرام.

تُساوي الكتلة المولية الجزيئية لمركّب ما مجموع كتل الذرّات الداخلة في تركيبه بوحدة الجرام.

المول هو كمّية من المادّة تحتوي على 6×10^{23} من الذرّات أو الجزيئات أو الأيونات، وكتلته بالجرام تُسمّى الكتلة المولية.

إذا ألقيت نظرة على ما يدور حولك، فستجد أنّ الكثير من الموادّ قد تمّت صناعتها أو تحضيرها من تفاعل عناصر محدّدة وبنسب ثابتة، وأنّه يُمكن حساب كمّيات الموادّ المتفاعلة والناتجة بدقّة، ويعتمد الكيميائيون في حساب هذه الكمّيات على المعادلات الكيميائية الموزونة.

ومن المعروف أنّ الذرّة صغيرة جدًّا، وبالتالي فنحن لا نستطيع أن نزن الذرّة، لذا لجأ العلماء إلى التعامل مع كمّيات قابلة للتداول، كالجرام مثلًا. وقد حاول العلماء استخدام وحدات كثيرة كأساس تُقاس إليه كتل العناصر الأخرى. لكنّها لم تكن مناسبة، وبعد جهود كبيرة تمّ اعتماد كتلة ذرّة الكربون ^{12}C –12 أساسًا لقياس الكتل الذرّية للعناصر مع الأخذ بالاعتبار نظائر العنصر ونسبها في الطبيعة.

وقد دأب العلماء على قياس كمّيات من المادّة يُمكن التعامل معها عمليًّا، وتوصّلوا إلى الكتلة المولية الذرّية لأيّ عنصر، والكتلة المولية الجزيئية لأيّ مركّب، وتحوي كلّ منها عددًا من ذرّات العنصر أو عددًا من جزيئات المركّب يُساوي 6.02×10^{23}. وقد سُمّي هذا العدد نسبة إلى العالم الإيطالي أفوجادرو تكريمًا له، وأُطلق عليه اسم مول (وللسهولة يتم تقريب الرقم إلى 6×10^{23}). وقد اصطُلح على تسمية كتلة المول بالكتلة المولية (الجدول أدناه). (علمًا أن Cl = 35.5 و H=1)

المعادلة الكيميائية	H_2	+	Cl_2	⟶	2HCl
عدد المولات n	1		1		2
عدد الجزيئات Nu	$1 \times 6 \times 10^{23}$		$1 \times 6 \times 10^{23}$		$2 \times 6 \times 10^{23}$
الكتلة المولية M.wt.	2×1 g/mol		2×35.5 g/mol		2×36.5 g/mol

ما هي الكتلة المولية الذرّية، والكتلة المولية الجزيئية؟

ما هو المول، والكتلة المولية؟

العنصر	الكتلة الذرّية	العنصر	الكتلة الذرّية	العنصر	الكتلة الذرّية
Li	6.9	P	31	N	14
K	39	Cl	35.5	H	1
Cr	52	Br	79.9	O	16
Ag	107	Hg	200.6	Ca	40
Al	27	S	32	F	19
		Fe	56	Mg	24.30

دروس الفصل

الدرس الأوّل
- الكتلة المولية الذرّية، الكتلة المولية الجزيئية، الكتلة المولية

الدرس الثاني
- النسب المئوية لتركيب المكوّنات

الدرس الثالث
- المعادلة الكيميائية وحساب كمّية الموادّ

شكل (18)
لورينزو روماتو امبدو افوجادرو (1776–1856).
ولد في تورينو – إيطاليا وعمل لاحقًا في جامعتها. طرح في العام 1811 فرضيته التي تعرف بقانون أفوجادرو. عمل في مجالات النظرية الجزيئية، فأطلق على عدد المكونات (ذرات، جزيئات أو أيونات ...) الموجودة في مول واحد من المادة اسم عدد أفوجادرو. يستخدم عدد أفوجادرو في الكيمياء والفيزياء، وهو يدل على عدد ذرات الكربون ^{12}C (الكربون –12) في 12g من هذا الكربون. يساوي عدد أفوجادرو 6.022×10^{23} تقريبًا ولكن يمكن استعمال 6×10^{23} – يمكن قياس عدد أفوجادرو بطريقة مباشرة وذلك بواسطة إحصاء عدد الذرات في البلورة. إذا استطعنا تحديد عدد الفراغات بين الذرات المتجاورة في البلودة (ثابت الشبيكة) من خلال تجارب حيود أشعة أكس، يمكننا أن نجد عدد أفوجادرو.

خلفية علمية

الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

هناك خلط بين العدد الكتلي للعناصر والكتلة الذرّية الخاصّة بها. فالعدد الكتلي يُساوي مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة (أي عدد مكوّنات النواة)، بينما يُمكن حساب الكتلة الذرّية النسبية للعناصر بناءً على الكتل الذرّية الخاصّة بنظائره ونسبة وجود كلّ منها في الطبيعة.

تشكّل الكتلة المولية الجزيئية للمادّة مجموع الكتل الذرّية الخاصّة بجميع الذرّات الموجودة في جزيء منها. والقيمة التقريبية لكتلة الجزيء معبّر عنها بوحدة كتلة ذرّية، كالكتلة المولية الجزيئية للماء التي تُساوي 18 وحدة كتلة ذرّية. لقياس الكتلة المولية الجزيئية لمادّة ما بدون معرفة الصيغة الكيميائية الخاصّة بها، يُستخدم جهاز خاصّ يُسمّى مطياف الكتلة Mass Spectrometer، الذي يجري عمليات قياس دقيقة للكتلة عبر مقارنة كتل الذرّات في العيّنة بالكتلة المولية الذرّية لنظير الكربون –12.

يُعدّ المول أساس الحسابات الكيميائية لمختلف الموادّ، وتُساوي كتلته كتلة عدد أفوجادرو من الذرّات أو الجزيئات أو الأيونات، والذي يُساوي 6×10^{23}.

الدرس 2-1

الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

الأهداف:

- يُوضّح علاقة عدد أفوجادرو بالمول الخاصّ بأيّ مادّة.
- يحسب كتلة المول لأيّ مادّة (عنصرية أو مركّبة).
- يستخدم الكتلة المولية للتحويل بين كتلة المادّة وعدد مولاتها.

الأدوات المستعملة: الموادّ المذكورة في النشاط 2.2، 3.1، 7.2، الداتاشو، لوحة الجدول الدوري عيّنات لموادّ كيميائية صلبة وسائلة وغازية تمثّل المول، وتصف المول ومضاعفاتها، الموادّ والأدوات اللازمة للدرس العملي (نشاط 3).

صفحات التلميذ: من ص 40 إلى ص 48

صفحات الأنشطة: من ص 22 إلى ص 23

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

ابسط كمّية من الرمال أمام الطلّاب وقُم بتوجيه السؤالين التاليين حول إمكانية قياس الرمل:

- هل يُعقل من الناحية العملية إحصاء حبّات الرمل؟ **[يجب أن يُدرك الطلّاب أنّه ليس ممكنًا من الناحية العملية قياس الرمل بإحصاء الحبّات المفردة المكوّنة له.]**
- ما هي الطريقة الأخرى لقياس أو تحديد مقدار الرمل؟ **[احتساب كتلة الرمل أو حجمه]**

أرشد الطلّاب مستعينًا بالتشبيه التالي: مثلما يحتوي الرمل على ملايين الجسيمات الصغيرة، كذلك هي الحال بالنسبة إلى الموادّ الكيميائية التي تحتوي على جسيمات صغيرة.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

يجب على الطلّاب مراجعة المفاهيم السابقة التي سيُعاد استخدامها في هذه الوحدة، مثل الكتلة والحجم والوحدات المستخدمة للتعبير عنها. قُم بتذكير الطلّاب عن الجسيمات المكوّنة للموادّ وعن المصطلحات المختلفة المتعلقة بها، مثل العنصر والمركّب والذرّة والجزيء والأيون.

3.1 استعراض عملي

اعرض عددًا من الأكياس يحتوي كلّ منها على مضاعفات العدد 12 من حبوب الفول الجافّة، ثمّ اطرح على الطلّاب السؤال التالي: كيف يُمكن التعبير عن كمّية الفول في كلّ كيس؟ **[يُمكن للطلّاب استخدام العدّ أو الوزن أو الحجم، وذلك باستخدام العدد 12 ومضاعفاته في كلّ كيس. يُمكن إرشاد الطلّاب إلى مفهوم قيمة الدرزن التي يُمكن استخدامها للتعبير عن كمّية الفول في كلّ كيس.]**

الدرس 2-1 الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

Atomic Molar Mass, Molecular Molar Mass and Molar Mass

الأهداف العامة

- يُعرّف المول، الكتلة المولية الذرّية، الكتلة المولية الجزيئية.
- يُوضّح علاقة عدد أفوجادرو بالمول الخاصّ بأيّ مادّة.
- يحسب كتلة المول لأيّ مادّة.
- يستخدم الكتلة المولية للتحويل بين كتلة المادة وعدد مولاتها.

شكل (19)

تُقام بطولة عالمية في صنع التماثيل من الرمال (شكل 19) كلّ عام. ويقوم كلّ متسابق بتقديم عمل فنّي جميل من ملايين الحبّات الرملية الصغيرة. وإذا افترضنا أنّ الرمل هو مادّة ثاني أكسيد السيليكون النقية SiO_2، فما هي الوحدة الكيميائية التي يُمكننا استخدامها لقياس كمّية الرمل في أحد التماثيل الرملية؟

1. ما هو المول؟ What is a Mole?

أنت تعيش في عالم كمّي، وأمثلة عن ذلك، الدرجة التي حصلت عليها في الامتحان الأخير، وثمن السيّارة التي ترغب في امتلاكها، كلّها كمّيات هامّة تُجيب عن أسئلتك. ما ثمن هذا؟ وكم عدد المرّات؟ ويقضي العلماء الكثير من وقتهم للإجابة عن أسئلة مشابهة لذلك، مثل: كم عدد جرامات الحديد التي يُمكنك الحصول عليها من كيلوجرام واحد من خام الحديد؟ وكم عدد الجرامات من عناصر الهيدروجين والنيتروجين التي يجب أن تتّحد مع الكربون والأكسيجين لتُعطي 200 جرام من سماد اليوريا؟

هذان السؤالان يُوضّحان أنّ الكيمياء عبارة عن علم كمّي، ففي دراستك في الكيمياء، سوف تُحلّل تركيب عيّنات من المادّة وستتعامل مع الحسابات الكيميائية الخاصّة بكمّيات الموادّ المتفاعلة والناتجة من التفاعل تبعًا للمعادلات الكيميائية. ولكي تحلّ هذه المسائل وغيرها، يجب أن تكون قادرًا على قياس كمّيات المادّة التي تحتاج إليها. وهنا يبرز السؤال: كيف نقيس المادّة؟

40

2. علّم وطبّق

1.2 مناقشة

يشمل هذا الدرس استخدام معاملات التحويل المختلفة، والموضّحة في الأمثلة المحلولة. اكتب بعض التعريفات والتحويلات العامّة على السبّورة وناقشها. (مثلاً: $1\ h = 60\ min$، $1\ m = 100\ cm$) مع الإشارة إلى أنّه يمكن كتابة هذه التحويلات بطريقة عكسية (أي يُمكن كتابة $1\ h = 60\ min$ كالتالي: $60\ min = 1\ h$).

قُم بتوجيه السؤال التالي:

كم عدد الثواني التي توجد في ساعة؟ **[$3600\ s$ وعلى الطلّاب أن يُوضّحوا طريقة معامل التحويل لحلّ السؤال السابق]**

2.2 استعراض عملي

اعرض هذا النشاط أمام الطلّاب بغرض الدراسة والفحص والملاحظة، وذلك بوضع $1\ mol$ لموادّ كيميائية مختلفة ومعروفة في أوعية زجاجية شفّافة محكمة الغلق، حتّى يتسنّى للطلّاب رؤيتها وملاحظة الفرق في كتلة كلّ مول وحجمه.

يجب أن تحتوي مجموعة الموادّ المختارة مادّتين على الأقلّ من الموادّ التالية:

جزيئات: مثل سكّروز، ماء، ثنائي كلوروبنزين (مبيد حشري).

وحدات الصيغة: مثل كلوريد الكوبلت (II)، هيدروكسيد البوتاسيوم، ثاني كرومات البوتاسيوم.

ذرّات: مثل الكبريت، الحديد، الكربون، الزئبق.

يُكتب على كل وعاء زجاجي كتلة كلّ عنصر وعدد المولات الخاصّة به. إذا افترضنا على سبيل المثال السكّروز $C_{12}H_{22}O_{11}$:

- $342\ g$
- $1\ mol$ من جزيئات السكّروز
- $12\ mol$ من ذرّات الكربون
- $22\ mol$ من ذرّات الهيدروجين
- $11\ mol$ من ذرّات الأكسجين

إذا افترضنا كلوريد الكوبلت $CoCl_2$:

- $130\ g$
- $1\ mol$ من كاتيونات الكوبلت
- $2\ mol$ من أنيونات الكلوريد

أشر إلى احتواء كلّ وعاء على مول من المادّة الكيميائية، بغضّ النظر إن كانت الوحدات البنائية لهذه المادّة هي جزيئات أو ذرّات أو وحدات صيغة. أشر إلى أن كتلة المول تختلف في كلّ مادّة، ولكنه يحتوي دائمًا على العدد نفسه من الوحدات البنائية:

6×10^{23}

إحدى الطرق بأن تُعدّ كمّية الأصناف الموجودة لديك، ومثال ذلك أن تقوم بعدّ الكتب التي تحتفظ بها في مكتبك.

وهناك طريقة أخرى، وهي تعيين الكتلة أو الوزن، مثل شراء البطاطا بالكيلوجرام، والذهب بالجرام. كما يُمكنك قياس المادّة من حجمها، مثال: شراء وقود السيّارات باللتر، وتناول أدوية الشراب، مثل دواء السعال وخلافها، بملعقة شاي أو بالمليلترات. غالبًا ما تدلّ بعض أنواع الوحدات المستخدمة في القياس على عدد معيّن من المفردات ومثال ذلك: زوج من الأشياء يعني اثنين، ودرزن من الأقلام تعني 12 قلمًا (شكل 20).

وفي علم الكيمياء، سوف تُجري حساباتك باستخدام وحدة للقياس تُعرَف بالمول، وهي وحدة قياس في النظام العالمي لقياس كمّيات المادّة النقية.

شكل (20)
هناك كلمات أخرى غير المول للتعبير عن عدد شيء ما، فمثلاً لُستخدم الدرزن (12) للبيض، والرزمة (500 ورقة) للورق.

2. عدد الجسيمات في المول
Number of Particles in a Mole

سبق أن درست أنّ المادّة تتكوّن من أنواع مختلفة من الجسيمات، وإحدى طرق قياس كمّية المادّة هي إيجاد عدد الوحدات في هذه المادّة، ونظرًا إلى أنّ الذرّات والجزيئات صغيرة للغاية، فإنّ عدد الوحدات المفردة في أيّ عيّنة من أيّ مادّة كبير للغاية، بالإضافة إلى أنّ عدّ الوحدات غير ممكن عمليًا.

وعلى الرغم من ذلك، يُمكنك تعيين عدد الوحدات إذا استخدمت مقدارًا يُمثّل عددًا معيّنًا من الوحدات.

كما أنّ درزن البيض يُمثّل 12 بيضة، نجد أنّ المول من أيّ مادّة يحتوي على 6×10^{23} وحدة بنائية منه، وهذا العدد تمّ التوصّل إليه تجريبيًا ويُعرَف بعدد أفوجادرو، تكريمًا للعالم أفوجادرو (شكل 18).

يُوضّح الجدول (2) الجسيمات الممثّلة وصيغها الكيميائية. املأ العامود الثالث بعدد الوحدات البنائية في المول الواحد.

المادّة	الوحدة البنائية	الصيغة الكيميائية	الوحدات البنائية في المول الواحد
النيتروجين الذرّي	الذرّة	N	
غاز النيتروجين	الجزيء	N_2	
الماء	الجزيء	H_2O	
كاتيون الكالسيوم	الأيون	Ca^{2+}	
فلوريد الكالسيوم	وحدة الصيغة	CaF_2	
السكّروز	الجزيء	$C_{12}H_{22}O_{11}$	
أنيون الكلوريد	أيون	Cl^-	

جدول (2)
حساب عدد الوحدات البنائية في المول الواحد

ما هي العلاقة الرياضية التي تربط المول بعدد أفوجادرو وبعدد الوحدات؟ لحساب عدد الوحدات الموجودة في مادّة ما، نستخدم المعادلة التالية، حيث:

$$n = \frac{N_u}{N_A}$$

n: عدد المولات للجسيم
N_u: عدد الوحدات
N_A: عدد أفوجادرو

مثال (1)

كم عدد مولات المغنيسيوم التي تحتوي على 1.25×10^{23} ذرّة منه؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّل: **ما هو المعلوم وغير المعلوم؟**
المعلوم: عدد الذرّات = 1.25×10^{23} ذرّات مغنيسيوم.
$1\ mol$ من المغنيسيوم = 6×10^{23} ذرّات مغنيسيوم.
غير المعلوم: عدد مولات المغنيسيوم.
التحويل المطلوب ذرّات ⟵ مولات

2. حلّ: **احسب غير المعلوم**
$$n = \frac{N_u}{N_A} \quad \text{إذًا} \quad n = \frac{1.25 \times 10^{23}}{6 \times 10^{23}}$$
$$n = 0.208\ mol$$

3. قيّم: **هل النتيجة لها معنى؟**
حيث إنّ عدد الذرّات المعطاة أقلّ من $\frac{1}{4}$ عدد أفوجادرو، فإنّ الإجابة يجب أن تكون أقلّ من $\frac{1}{4}\ mol$ من الذرّات.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. كم عدد مولات السيليكون التي تحتوي على 2.08×10^{24} ذرّة منه؟
الحلّ: $3.46\ mol$
2. كم عدد جزيئات الماء التي توجد في $0.360\ mol$ منه؟
الحلّ: 2.16×10^{23} جزيئات ماء

3.2 استخدام الصورة المرئية (شكل 20) ص 41

دع الطلّاب يتفحّصون (شكل 20) ويقرأون التعليق الخاصّ به، والذي يُلخّص العلاقة بين عدد الوحدات البنائية والمول. ثمّ وضّح أنّ المول يُمثّل عددًا معيّنًا، مثل الدرزن (12) والرزمة (500). يُلاحظ أنّه كلّما صغرت الكتلة، كَبر العدد المستخدم للتعبير عنها. فعلى سبيل المثال، نقول رزمة ورق ودرزن بيض، وليس العكس. وكذلك، يُعدّ مول (6×10^{23}) من الأصناف وهو يُستخدم لقياس الأشياء الصغيرة جدًّا.

4.2 مناقشة

اشرح أنّ الكتل المولية الذرّية لعنصرين تحتوي على العدد نفسه من الذرّات، لأنّ الكتل الذرّية للعناصر هي قيم نسبية. يُمكن توضيح ذلك بالعرض التالي:

إذا افترضنا أنّ كتلة ذرّة عنصر ما، وليكن رمزه (X)، أكبر بمقدار الضعف (مرّتين) من كتلة ذرّة عنصر آخر، وليكن رمزه (Z). وإذا افترضنا وجود 10 g من العنصر (X) و10 g من العنصر (Z)، هل تتوقّع أحتواء كلتا العيّنتين على العدد نفسه من الذرّات؟

[لا، لأنّ كتلة ذرّة العنصر (X) أكبر بمقدار الضعف من كتلة ذرّة العنصر (Z). وبالتالي، فإنّ العيّنة (X) تحتوي فقط على نصف عدد الذرّات التي تحتويها العيّنة (Z)]

ما الذي يجب فعله لكي يتساوى عدد الذرّات في كلتا العيّنتين؟

[يجب مضاعفة كتلة العنصر (X) بمقدار مرّتين]

5.2 مناقشة

وضّح للطلّاب أنّه على الرغم من إمكانية التعبير عن كتلة الذرّة الأحادية بوحدة الكتل الذرّية، إلّا أنّه في الواقع، لا يكون التعامل مع ذرّات أحادية بل مع أعداد كبيرة من الذرّات (مولات من الذرّات)، بحيث يُمكن التعبير عن الكتلة بالجرامات.

الكتلة المولية الذرّية لأيّ عنصر هي كتلة المول الواحد من ذرّات هذا العنصر، والتي يُعبّر عنها بالجرامات.

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «الوزن كوسيلة العد» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص 23.

6.2 استخدام الصورة المرئية (شكل 21) ص 44

قُم بدراسة (شكل 21)، واطلب إلى الطلّاب التأكّد من صحّة قيم الكتل المولية الذرّية المذكورة، وذلك عن طريق الجدول الدوري، مشيرًا إلى أنّ الكتلة المولية الذرّية لعنصر ما تساوي عدديًّا الكتلة الذرّية للعنصر نفسه. اعرض على الطلّاب بعض العيّنات من عناصر أخرى في عبّوات زجاجية محكمة الغلق، مكتوبًا على كلّ منها اسم العنصر، واطلب إليهم كتابة الكتلة المولية الذرية للعنصر، مماثلة لتلك الموضّحة في الشكل، لكلّ عنصر.

مثال (2)

كم عدد الذرّات في 2.12 mol من البروبان C_3H_8؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّل: ما هو المعلوم وغير المعلوم؟

المعلوم: عدد المولات = 2.12 mol من C_3H_8.

1 mol من C_3H_8 = 6×10^{23} جزيئًا من C_3H_8.

الجزيء الواحد من C_3H_8 = 11 ذرّة (3 كربون + 8 هيدروجين).

التحويل المطلوب: المول ⟵ جزيئات ⟵ ذرّات.

يُمكن كتابة معاملات التحويل المطلوبة وذلك باستخدام العلاقات التي تربط ما بين المول والجزيء والذرّة.

غير المعلوم: عدد الذرّات.

2. حلّ: احسب: غير المعلوم

$$n = \frac{N_u}{N_A}$$

$$N_u = n \times N_A$$

$$\therefore N_u = 2.12 \times 6 \times 10^{23}$$

جزيء $N_u = 12.7 \times 10^{23}$

$\therefore$ عدد الذرّات = $11 \times 12.7 \times 10^{23}$

$\therefore$ عدد الذرّات = 1.39×10^{25}

3. قيّم: هل النتيجة لها معنى؟

بما أنّه يوجد 11 ذرّة في كلّ جزيء من C_3H_8 ويوجد أكثر من 2 mol في C_3H_8، لذلك يجب أن تكون النتيجة أكبر من عدد أفوجادرو، وبمقدار 20 مرّة قدر عدد جزيئات البروبان.

أسئلة تطبيقيّة وحلّها

1. كم عدد الذرّات الموجودة في 1.14 mol من جزيئات SO_3؟

الحلّ: 2.73×10^{24} ذرّة.

2. كم عدد المولات الموجودة في 7.75×10^{24} من جزيئات NO_2؟

الحلّ: 12.91 mol من NO_2.

3. الكتلة المولية الذرّية Atomic Molar Mass

أنت تتعامل دائمًا مع عدد كبير من الذرّات حتّى في حال استخدامك كمّيات كتلتها مُقدّرة بالميكروجرام. فإذا كان لديك بليون ذرّة فإنّ كتلتها ستكون صغيرة جدًّا، ولكنّك تجد أنّ التعامل مع الجرامات من الذرّات أيسر. والكتلة المولية الذرّية لأيّ عنصر هي العدد الذرّي لذلك العنصر مقدّرًا بالجرامات. ومثال ذلك أنّ الكتلة المولية الذرّية للهيدروجين تُساوي 1 g والكتلة المولية الذرّية للكربون تُساوي 12 g. ويُوضّح (شكل 21)، الكتلة المولية الذرّية لكلّ من الكربون والحديد والزئبق والكبريت.

ويُمكننا الآن تعريف **المول بأنّه كمّيّة المادّة التي تحتوي على 6×10^{23} من الوحدات البنائية**، مثل عدد ذرّات الكربون في 12 g من الكربون ^{12}C –12. والكتلة المولية للكربون –12 تُساوي 12 g وهو ما يُعرّف بمول واحد من الكربون، وبالمثل فإنّ الكتلة المولية الذرّية لعنصر المغنيسيوم تُساوي 24.3 g، ولهذا فإنّ 24.3 g يُساوي مولًا واحدًا من عنصر المغنيسيوم أو 6×10^{23} ذرّة مغنيسيوم، وهكذا فإنّ **الكتلة المولية الذرّية لأيّ عنصر هي كتلة المول الواحد من ذرات ذلك العنصر معبّرًا عنها بالجرامات.**

4. الكتلة المولية الجزيئية Molecular Molar Mass

ما هي كتلة المول الواحد من أيّ مركّب كيميائي؟ للإجابة عن هذا السؤال، يجب أن نعرف أوّلًا الصيغة الكيميائية للمركّب وهي التي تدلّ على عدد ذرّات كلّ عنصر في كلّ صيغة من هذا المركّب، فالصيغة الكيميائية لمركّب الكبريت الجزيئي ثالث أكسيد الكبريت هي SO_3. يُمكنك حساب كتلة الجزيء الواحد من SO_3 وذلك بجمع الكتل المولية الذرّية لكلّ من الذرّات التي يتكوّن منها الجزيء الواحد.

M.wt. = $(32 \times 1) + (16 \times 3) = 80$ g/mol

الكتلة المولية الجزيئية M.wt. لأيّ مركّب جزيئي هي كتلة المول الواحد من جزيئات المركّب معبّرًا عنها بالجرام.

حاول حساب الكتل المولية الجزيئية لكلّ من المركّبات في (الجدول 3) إذا علمت أنّ الكتل المولية الذرّية للعناصر هي:

C = 12 g/mol، H = 1 g/mol، O = 16 g/mol، Cl =g/mol 35.5

الاسم	الصيغة
جلوكوز	$C_6H_{12}O_6$
ماء	H_2O
كلوروبنزين	C_6H_5Cl

جدول (3)
أسماء وصيغ بعض المركّبات

شكل (21)
الكتلة المولية الذرية لكلّ من عناصر الكربون والكبريت والزئبق والحديد، وكلّ من هذه الكمّيات يحتوي على مول واحد أو 6×10^{23} ذرّة من المادّة.

أسئلة إضافية

1. كم عدد المولات التي تُعادل 2×10^{24} وحدة صيغة كلوريد الصوديوم NaCl؟ **[4 mol]**
2. كم عدد المولات التي تُعادل 9×10^{24} ذرّة زئبق Hg؟ **[15 mol]**
3. كم عدد الذرّات التي تُعادل 4.5 mol من نحاس Cu؟ **[2.7×10^{24}]**
4. كم عدد الجزيئات التي تُعادل 100 mol من ثاني أكسيد الكربون CO_2؟ **[6×10^{25}]**
5. كم عدد وحدات الصيغة في 0.670 mol من كلوريد الصوديوم NaCl؟ **[4.02×10^{23}]**

7.2 استعراض عملي

مستعينًا بالاستعراض السابق، اختر بعض المركّبات الجزيئية، مثل الماء، ووضّح للطلّاب كيفية احتساب كتلة المول الواحد باستخدام الكتلة المولية الذرّية للعناصر المكوّنة للماء. وعند انتهاء الطلّاب من الحسابات، وضّح أنّ ما تمّ احتسابه هو الكتلة المولية الجزيئية للماء.

كرّر ما سبق مع عيّنات أخرى لمركّبات جزيئية وأيونية، واطرح على الطلّاب الأسئلة التالية:

1. كم عدد الذرّات في 1 mol من السكّروز $C_{12}H_{22}O_{11}$؟ **[2.7×10^{25}]**
2. كم عدد ذرّات الكربون في 2 mol من $C_{12}H_{22}O_{11}$؟ **[1.44×10^{25}]**
3. كم عدد ذرّات الهيدروجين في 2 mol من $C_{12}H_{22}O_{11}$؟ **[2.64×10^{25}]**
4. كم عدد ذرّات الأكسجين في 3.65 mol من $C_{12}H_{22}O_{11}$؟ **[2.4×10^{25}]**

سؤال إضافي

عيّن كتلة المول الواحد للمركّبات التالية: Br_2 **[159.8 g]**، SO_3 **[80.1 g]**، CO_2 **[44 g]**، NaOH **[40 g]**، N_2 **[28 g]**، H_2 **[2 g]**، $Ba(NO_3)_2$ **[261.3 g]**، $Al_2(SO_4)_3$ **[342.3 g]**.

8.2 مناقشة

ذكّر الطلّاب بأنّ المصطلحات الثلاثة التي تعلّموها، وهي الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية، كلّها تُعبّر عن العدد نفسه من الوحدات البنائية، ولكنّها تختلف في الوحدة الممثّلة المعبّر عنها.

مثال (3)

الصيغة الجزيئية لفوق أكسيد الهيدروجين هي H_2O_2. فما هي الكتلة المولية الجزيئية له؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**
المعلوم: الصيغة الجزيئية: H_2O_2
الكتل المولية الذرّية: $H = 1$ g/mol، $O = 16$ g/mol
غير المعلوم: الكتلة المولية الجزيئية = ؟g/mol
تُعطي الصيغة الجزيئية عدد مولات ذرّات كلّ عنصر في المول الواحد من فوق أكسيد الهيدروجين وهي 2 mol ذرّات هيدروجين و2 mol ذرّات أكسجين.
2. **احسب: حلّ غير المعلوم**
$M.wt. = 1 \times 2 + 16 \times 2 = 34$ g/mol
3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**
توضّح الإجابة عدد مولات ذرّات كلّ عنصر والكتل المولية الذرّية لكلّ عنصر.

5. الكتلة المولية الصيغية Molar Mass

كما سبق أن تعلّمت في الدرس 2–1، تتألّف المركّبات التساهمية من جزيئات وتتألف المركّبات الأيونية من وحدات صيغية. كتلة المركّب التساهمي الجزيئي هي كتلة جزيء واحد منه مُقدّرة حسب وحدة الكتل الذرّية a.m.u.. الكتلة المولية لجزيئاته هي كتلة مول واحد منه مُقدّرة بوحدة الجرام القياسية. الكتلة الصيغية لمركّب أيوني هي كتلة وحدة صيغية منه بحسب وحدة الكتلة الذرّية. الكتلة المولية هي كتلة مول من وحداته الصيغية مُقدّرة بوحدة الجرام.

كيفية حساب الكتلة المولية لكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ وهو مركّب أيوني:

ذرّة 1Ca	a.m.u.	$1 \times 40 = 40$
ذرّتان 2Cl	a.m.u.	$2 \times 35.5 = 71$
الكتلة الصيغية لـ $CaCl_2$		111 a.m.u.

كتلة مول واحد من $CaCl_2$ بحسب الوحدات الصيغية: 111g
الكتلةالمولية لكلوريد الكالسيوم = 111g/mol

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. أوجد الكتل المولية الجزيئية لكلّ من المركّبات التالية:
(أ) C_2H_6 الحلّ: 30 g/mol
(ب) PCl_3 الحلّ: 137.5 g/mol
(جـ) C_3H_7OH الحلّ: 60 g/mol
(د) N_2O_5 الحلّ: 108 g/mol
2. ما هي كتلة المول الواحد من كلّ من الموادّ التالية:
(أ) Cl_2 الحلّ: 71 g/mol
(ب) NO_2 الحلّ: 46 g/mol
(جـ) CBr_4 الحلّ: 332 g/mol
(د) SiO_2 الحلّ: 60 g/mol

6. الكتلة المولية للمادّة Molar Mass of a Substance

درسنا كل من الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية الصيغية. وكلّ هذه المصطلحات تُمثّل مولًا واحدًا من جسيمات نوعية معيّنة من المادّة. وعلى الرغم من اختلاف هذه المصطلحات في المعاني الخاصّة بها، فإنّه يُمكننا استخدام التعريف الأشمل وهو الكتلة المولية والذي يُمكن أن يدلّ على مول من عنصر أو مركّب جزيئي أو مركّب أيوني. وبناء على ذلك يُمكن تعريف **الكتلة المولية لأيّ مادّة على أنّها كتلة مول واحد من المادّة مقدّرة بالجرامات.**

ما العلاقة الرياضية التي تربط الكتلة المولية لمادّة ما بعدد المولات الموجودة في كتلة ما؟

العلاقة الرياضية التي تربط الكتلة المولية لمادّة ما بعدد المولات الموجودة في كتلة ما هي:

$$n = \frac{m_s}{M.wt.}$$

حيث إنّ:
n = عدد المولات (mol)
m_s = كتلة المادّة (g)
M.wt. = الكتلة المولية (g/mol)

مثال (4)

احسب الكتلة في 9.45 mol من ثالث أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_3؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**
المعلوم: عدد المولات = 9.45 mol من N_2O_3، الكتل المولية الذرّية $O = 16$ g/mol، $N = 14$ g/mol
الكتلة المولية N_2O_3 = 76 g/mol
غير المعلوم: الكتلة = ؟g N_2O_3

قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

لتقييم معرفة الطلّاب بمفاهيم الدرس، اطلب إليهم ما يلي:

- شرح ماذا يُمثّل المول الواحد من المادّة.

[6×10^{23} وحدات بنائية لتلك المادّة]

- توضيح كيفية تحويل عدد من الذرّات أو الجزيئات لمادّة ما إلى مولات.

[بقسمة عدد الذرّات أو الجزيئات على المقدار 6×10^{23}]

- تعيين الكتلة المولية للمركّب $Al_2(CO_3)_3$. **[234 g]**

احرص على تعرّف الطلّاب المفاهيم التالية:

- الكتلة المولية الذرّية **[كتلة مول واحد من الذرات معبّرًا عنها بالجرامات]**
- الكتلة المولية الجزئية **[كتل المول الواحد من المركّب الجزيئي معبّرا عنها بالجرامات]**
- الكتلة المولية الصيغية **[كتلة مول واحد من الأيون معبّرًا عنها بالجرامات]**

2.3 إعادة عرض الدرس

قسّم الطلّاب إلى مجموعات يتألّف كلّ منها من ثلاثة إلى أربعة طلّاب مع تخصيص طالب متميّز في كلّ مجموعة لمساعدتها في الحسابات، ثمّ اطلب إلى المجموعات الإجابة الأسئلة الخاصّة بمراجعة الدرس ص 48.

إجابات أسئلة الدرس 2 – 1

1. يحتوي المول الواحد لأيّ مادّة على عدد أفوجادرو 6×10^{23} من الجسيمات الممثّلة.
2. (أ) 46g
   (ب) 162.5 g
   (جـ) 74 g
3. (أ) 3
   (ب) 4
   (جـ) 3
   (د) 9
4. (أ) 2.50×10^{-1} mol من NH_3
   (ب) 1.66×10^{-15} mol من O_2
   (جـ) 0.1 mol من Br_2
   (د) 8mol من Li
5. (أ) 6.5 g من Be
   (ب) 67.2 g من N_2
   (جـ) 5.44 g من H_2O_2
   (د) 833 g من $Ca(NO_3)_2$
6. 7.83×10^{23} جزيء من NO_2
7. (أ) 2.5 mol من H_2
   (ب) 6.93 mol من Al
   (جـ) 2.12 mol من SnF_2

تابع مثال (4)

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**
   استخدم العلاقة التالية:
   $m_s = M.wt. \times n$
   $m_s = 76 \times 9.45$
   $m_s = 718.2\ g$
3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**
   بما أنّ المول الواحد من N_2O_3 كتلته 76 g ولدينا ما يقرب من 10 mol من المركّب، فإنّ النتيجة ستكون قريبة من 700 g، ويُلاحَظ أنّ الرقم الناتج قد تمّ تقريبه إلى أقرب عدد صحيح.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. أوجد كتلة ما يلي بالجرامات:
   (أ) 3.32 mol K — الحلّ: 1.3×10^2 g
   (ب) 4.52×10^{-3} mol $C_{20}H_{42}$ — الحلّ: 1.27 g
   (جـ) 0.0112 mol K_2CO_3 — الحلّ: 1.55 g
2. احسب الكتلة بالجرامات المقابلة لـ 2.5 mol للموادّ التالية:
   (أ) كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 — الحلّ: 355 g
   (ب) هيدروكسيد الحديد II $Fe(OH)_2$ — الحلّ: 225 g

مثال (5)

أوجد عدد المولات في 92.2 g أكسيد الحديد III Fe_2O_3؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**
   المعلوم: الكتلة = 92.2 g من Fe_2O_3
   الكتلة المولية Fe_2O_3 = 160 g/mol
   غير المعلوم: عدد المولات = Fe_2O_3 mol؟
2. **احسب: حلّ غير المعلوم**
   استخدم العلاقة التالية: $n = \frac{m_s}{M.wt.}$
   $n = \frac{92.2}{160}$
   $n = 0.57\ mol$
3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**
   نظرًا لأنّ الكتلة المعطاة (حوالى 90 g) أكبر من كتلة $\frac{1}{2}$ mol من Fe_2O_3، (حوالى 80 g) فإنّه من المتوقّع أن تكون الإجابة أكبر من 0.5 mol.

أسئلة تطبيقية وحلّها

B = 10.811 g/mol
TiO_2 = 80 g/mol
$CO_3(NH_4)_2$ = 96 g/mol
N_2O_3 = 76 g/mol
N_2 = 28 g/mol
Na_2O = 62 g/mol

1. أوجد عدد المولات في كلّ من الكمّيات التالية:
   (أ) 3.7×10^{-1} g من B — الحلّ: 3×10^{-2} mol
   (ب) 27.4 g من TiO_2 — الحلّ: 0.34 mol
   (جـ) 847 g من $CO_3(NH_4)_2$ — الحلّ: 8.82 mol
2. احسب عدد المولات الموجودة في 75 g لكلّ من الموادّ التالية:
   (أ) N_2O_3 — الحلّ: 0.98 mol
   (ب) N_2 — الحلّ: 2.67 mol
   (جـ) Na_2O — الحلّ: 1.20 mol

مراجعة الدرس 2–1

1. صف العلاقة بين عدد أفوجادرو والمول الواحد لأيّ مادّة.
2. أوجد الكتلة المولية لوحدة الصيغة لكلّ من المركّبات التالية:
   (أ) Li_2S (ب) $FeCl_3$ (جـ) $Ca(OH)_2$
3. كم عدد ذرّات الأكسجين الموجودة في كلّ من الموادّ التالية:
   (أ) نيترات الأمونيوم NH_4NO_3
   (ب) حمض الأسيتيل ساليسيليك $C_9H_8O_4$ (الأسبرين)
   (جـ) الأوزون O_3
   (د) نيتروجليسرين $C_3H_5(NO_3)_3$
4. كم عدد المولات في كلّ ممّا يأتي:
   (أ) 1.5×10^{23} جزيئات من NH_3 (ب) 10^9 جزيئات من O_2
   (جـ) 6×10^{22} جزيئات من Br_2 (د) 4.81×10^{24} ذرّة من Li
5. أوجد الكتلة لكلّ من الكمّيات التالية:
   (أ) 0.72 mol من Be (ب) 2.4 mol من N_2
   (جـ) 0.16mol من H_2O_2 (د) 5.08mol من $Ca(NO_3)_2$
6. احسب عدد الجزيئات الموجودة في 60 g من NO_2.
7. أوجد عدد المولات لكلّ من الكمّيات التالية:
   (أ) 5 g من جزيئات الهيدروجين
   (ب) 187 g من Al
   (جـ) 333 g من SnF_2

الدرس 2-2

النسب المئوية لتركيب المكوّنات

الأهداف:

- يحسب النسبة المئوية لمكوّنات مادّة بالاستعانة بصيغتها الكيميائية أو بالنتائج التجريبية.
- يستنبط الصيغة الأوّلية والصيغة الجزيئية للمركّب بالاستعانة بالنتائج التجريبية.

الأدوات المستعملة: جهاز العرض العلوي، الداتاشو، الموادّ والأدوات اللازمة للدرس العملي (نشاط 4).

صفحات التلميذ: من ص 49 إلى ص 58

صفحات الأنشطة: من ص 24 إلى ص 25

عدد الحصص: 4

1. قدِّم وحفِّز

1.1 مناقشة

اطلب إلى الطلّاب تفحّص (شكل 22) وقراءة الفقرة المتعلّقة باحتساب النسبة المئوية لمكوّنات مركّب ما، وملاحظة أنّه بجمع الأرقام الثلاثة في كل رسم دائري ينتج مجموع كلّي يُساوي 100%. ثمّ اطرح السؤال التالي:

أيّ المركبين $K_2Cr_2O_7$ أو K_2CrO_4 يُعتبر مصدرًا أفضل لعنصر البوتاسيوم؟

$[K_2CrO_4]$

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الحسابات الرياضية التي تتضمّن النسب المئوية، اطلب إليهم حلّ عدد من الأمثلة.

إجابة السؤال المذكور في سطر 5 تحت عنوان "حساب النسبة المئوية لمكوّنات مركّب ما" من ص 50

النسب المئوية لمكوّنات مركّب ثاني كروم البوتاسيوم هي:

26.5 % من K و 35.4 % من Cr و 38.1 % من O

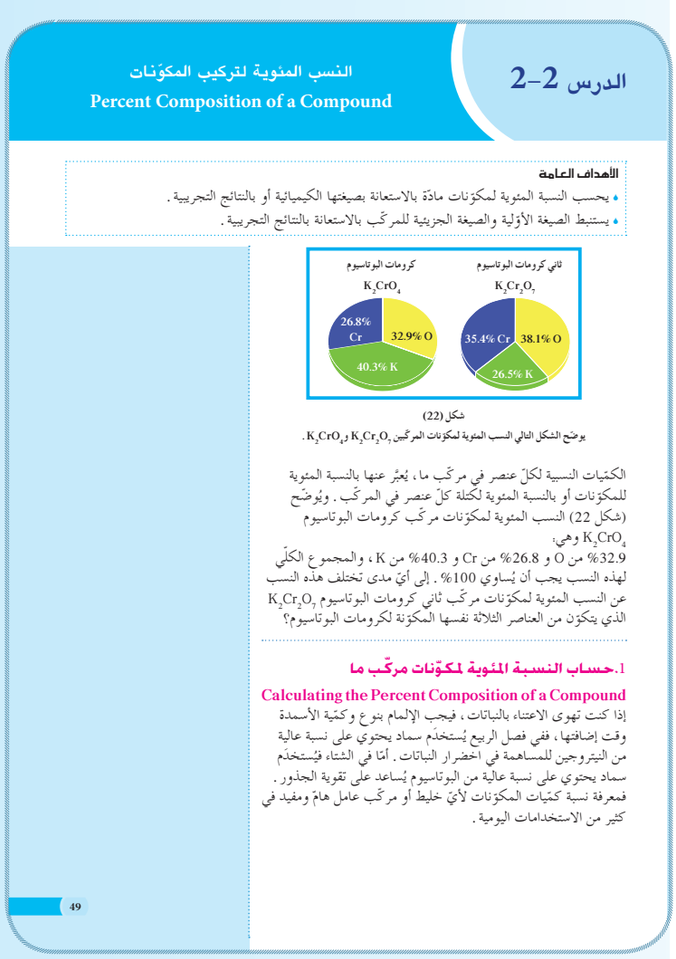
النسب المئوية لمكوّنات مركّب كرومات البوتاسيوم هي:

40.3 % من K و 26.8 % من Cr و 32.9 % من O

ويتّضح من ذلك أنّ مركّب كرومات البوتاسيوم يحتوي على عنصر البوتاسيوم بنسبة أكبر ممّا يحتويها مركّب ثاني كرومات البوتاسيوم، في حين يحتوي الأخير على نسبة أكبر من عنصري الكروم والأكسجين.

3.1 استخدام الصورة المرئية شكل 22 ص 49

دع الطلّاب يتفحّصون الصورة الافتتاحية للدرس (شكل 22) ويقرأون التعليق الخاصّ بها، ثمّ أشر إلى أنّه لكي يتمكّن الكيميائيون من كتابة صيغة مركّب ما، يجب أن يتعرّفوا على العناصر وكمّياتها في كمّية ثابتة من ذلك المركّب. بمعنى آخر، يجب على الكيميائيين تعيين النسبة المئوية لمكوّنات المركّب.



الدرس 2-2

النسب المئوية لتركيب المكوّنات

Percent Composition of a Compound

الأهداف العامة

- يحسب النسبة المئوية لمكوّنات مادّة بالاستعانة بصيغتها الكيميائية أو بالنتائج التجريبية.
- يستنبط الصيغة الأوّلية والصيغة الجزيئية للمركّب بالاستعانة بالنتائج التجريبية.

شكل (22)

يوضّح الشكل التالي النسب المئوية لمكوّنات المركّبين $K_2Cr_2O_7$ و K_2CrO_4.

الكمّيات النسبية لكلّ عنصر في مركّب ما، يُعبَّر عنها بالنسبة المئوية للمكوّنات أو بالنسبة المئوية لكتلة كلّ عنصر في المركّب. ويُوضّح (شكل 22) النسب المئوية لمكوّنات مركّب كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 وهي: 32.9% من O و 26.8% من Cr و 40.3% من K، والمجموع الكلّي لهذه النسب يجب أن يُساوي 100%. إلى أيّ مدى تختلف هذه النسب عن النسب المئوية لمكوّنات مركّب ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ الذي يتكوّن من العناصر الثلاثة نفسها المكوّنة لكرومات البوتاسيوم؟

1. حساب النسبة المئوية لمكوّنات مركّب ما

Calculating the Percent Composition of a Compound

إذا كنت تهوى الاعتناء بالنباتات، فيجب الإلمام بنوع وكمّية الأسمدة وقت إضافتها، ففي فصل الربيع يُستخدَم سماد يحتوي على نسبة عالية من النيتروجين للمساهمة في اخضرار النباتات. أمّا في الشتاء فيُستخدَم سماد يحتوي على نسبة عالية من البوتاسيوم يُساعد على تقوية الجذور. فمعرفة نسبة كمّيات المكوّنات لأيّ خليط أو مركّب عامل هامّ ومفيد في كثير من الاستخدامات اليومية.

49

اطرح السؤال التالي:

- كيف يتمكّن الكيميائيون من احتساب النسبة المئوية لمكوّنات المادّة؟

[يُمكن احتساب النسبة المئوية لمكوّنات مادّة معلومة الكتلة عبر قسمة كتلة كلّ عنصر مكوّن للمادّة على الكتلة الكلية للمركب أو الكتلة المولية للمركب ، وضرب الناتج بـ 100 للحصول على النسبة المئوية.]

2. علّم وطبّق

1.2 أسئلة تطبيقية وحلّها

1. يتّحد 2.64 g من الألمنيوم مع الأكسجين ليكوّنا 5.1 g من أكسيد الألمنيوم. ما هي النسبة المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

[51.8% من Al و 48.2% من O]

2. احسب النسب المئوية لمكوّنات مركّب ناتج من تفاعل 13.3 g من Fe تفاعلًا كاملًا مع 5.7 g من O.

[30 % من O و 70 % من Fe]

3. احسب النسب المئوية لمكوّنات مركّبات الأكاسيد التالية:

- Fe_2O_3

[69.9% من Fe و 30.1% من O]

- HgO

[92.6% من Hg و 7.39 % من O]

- Ag_2O

[93.1 % من Ag و 6.90 % من O]

- Na_2O

[74.2 % من Na و 25.8 % من O]

الطريقة السليمة والصحيحة للعناية بنموّ النباتات (شكل 23) تكمن في توفير الأسمدة والمخصّبات الزراعية لها. ويُلاحَظ على أكياس الأسمدة وجود ثلاثة أرقام هي 15– 10– 15، وتُشير هذه الأرقام إلى نسب كمّيات عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فيها. وهذه الكمّيات النسبية تُمكّننا من حساب النسبة المئوية للمكوّنات. ما هي النسب المئوية لمكوّنات مادّة ما؟ وكيف يُمكن حسابها؟

تُحسَب النسبة المئوية لكتلة أيّ عنصر في مركّب ما بقسمة كتلة العنصر في المركّب على الكتلة المولية للمركّب أو كتلته الكلّية والضرب في 100:

$$\text{النسبة المئوية لكتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركّب}}{\text{الكتلة المولية للمركّب}} \times 100$$

$$\text{النسبة المئوية لكتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{الكتلة الكلّية للمركّب}} \times 100$$

شكل (23)
تحتاج النباتات إلى أسمدة للنموّ بطريقة سليمة

مثال (1)

يتّحد 8.2 g من المغنيسيوم اتّحادًا تامًّا مع 5.4 g من الأكسجين لتكوين مركّب ما. ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: كتلة المغنيسيوم = 8.2 g

كتلة الأكسجين = 5.4 g

كتلة المركّب = 8.2 + 5.4 = 13.6 g

غير المعلوم: النسبة المئوية لعنصر المغنيسيوم = %Mg؟

النسبة المئوية لعنصر الأكسجين = %O؟

النسبة المئوية لكتلة أيّ عنصر في مركّب يُمكن الحصول عليها حسب العلاقة:

$$\text{النسبة المئوية لكتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{الكتلة الكلّية للمركّب}} \times 100$$

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

استخدم العلاقة السابقة:

$$\text{النسبة المئوية لعنصر المغنيسيوم} = \frac{8.2 \times 100}{13.6} = 60.3\%$$

$$\text{النسبة المئوية لعنصر الأكسجين} = \frac{5.4 \times 100}{13.6} = 39.7\%$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

جمع النسب المئوية للعناصر يُعطي 100 %:

60.3% + 39.7% = 100%

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. **(أ)** يتّحد 9.03 g من المغنيسيوم اتّحادًا تامًّا بـ 3.48 g من النيتروجين ليتكوّن مركّب ما. ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

الحلّ: 72.2% Mg 27.8% N

(ب) يتّحد 29 g من الفضّة اتّحادًا تامًّا بـ 4.3 g من الكبريت ليتكوّن مركّب ما. ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

الحلّ: 87.1% Ag 12.9% S

2. عندما تتحلّل عيّنة من أكسيد الزئبق (II) قدرها 14.2 g لعناصرها الأوّلية بالتسخين ينتج 13.2 g من الزئبق.

ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

الحلّ: 93% Hg 7% O

الكيمياء الرياضية

الكسور والنسب العادية والنسب المئوية

إنّنا نستخدم النسب المئوية في حياتنا اليومية، فنجد أنّ المحلّات تُجري تخفيضات دورية في أسعار السلع التي تبيعها وتُخصّص نسبة مئوية معيّنة لتخفيض سعر كلّ سلعة. يُعرَّف الكسر على أنّه قسمة مقدار جزء معيّن على مجموع الأجزاء الكلّي، فالمقدار 3 ÷ 4 يُمكن كتابته على هيئة كسر اعتيادي $\frac{3}{4}$ أو تقول ثلاثة أرباع، وهذا يعني أيضًا ثلاثة أجزاء من المقدار الكلّي الذي يُساوي أربعة أجزاء يُسمّى الرقم العلوي بالبسط والرقم السفلي بالمقام. وإذا كان كلّ من البسط والمقام أرقامًا للاختصار فإنّها تُقسَم على العامل المشترك الأكبر، فمثلًا $\frac{16}{20}$ تُختصَر إلى $\frac{4}{5}$ أي بقسمة كلّ من البسط والمقام على 4.

والنسب العادية هي مقارنة بين كمّيتين وغالبًا ما تُكتَب ككسر. فإذا كان لدينا عشرة أقلام وخمس عشرة كتاب، فإنّ النسبة بينها تكون 10 : 15 أو $\frac{10}{15}$ وتُختصَر إلى $\frac{2}{3}$. ويُمكنك قسمة أو ضرب كلّ من البسط والمقام في الرقم نفسه عدا الصفر من دون أن تتغيّر قيمة الكسر، فإذا ضربنا البسط والمقام للكسر $\frac{2}{3}$ في 5 تنتج النسبة الأصلية $\frac{10}{15}$ مرّة أخرى.

أمّا النسبة المئوية فإنّها عبارة عن مقارنة عدد ما إلى الرقم 100، فالنسبة $\frac{73}{100}$ تُكتَب على الصورة 73%، وتُمثّل النسبة 100% عددًا صحيحًا أي أنّ 100 % = 1.

2.2 مناقشة

من المهمّ أن يدرك الطلاب لماذا يحتاجون إلى تحديد شكل الجزيئات وتركيبتها. اطلب إليهم أن يعطوا أمثلة عن بعض الجزيئات وتركيبتها، وذكر نسبة ذرّات كلّ عنصر في هذا الجزيء إلى ذرّات العناصر الأخرى. مثال على ذلك، جزيء الماء H_2O حيث لكلّ ذرّة من عنصر الأكسجين ذرّتان من عنصر الهيدروجين.

تساعد هذه العلاقة على إيجاد العلاقة بين مولات العناصر في الجزيء، كما تساعد على إيجاد النسبة المئوية لكتلة كلّ عنصر في الجزيء.

ويُمكنك اعتبار النسبة 100% كمعامل تحويل من نسبة عادية إلى نسبة مئوية. ولتحويل كسر اعتيادي أو رقم عشري إلى نسبة مئوية نضرب في 100، ولذا فإنّ الكسر الاعتيادي $\frac{3}{5}$ يتحوّل للنسبة المئوية كالتالي:

$\frac{3}{5} \times 100 = 60\%$.

مثال (2)

يُمثّل الكبريت 26.7% من كتلة المركّب $NaHSO_4$. أوجد كتلة الكبريت في 16.8 g من $NaHSO_4$.

الحلّ: استخدم العلاقة التالية:

$$\text{النسبة المئوية لكتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر} \times 100}{\text{الكتلة الكلّية للمركّب}}$$

$$\text{كتلة الكبريت} = \frac{\text{النسبة المئوية للكبريت} \times \text{الكتلة الكلّية لـ } NaHSO_4}{100}$$

$$\text{كتلة الكبريت} = \frac{16.8 \times 26.7}{100} = 4.49\ g$$

مثال (3)

يحتوي 100 g من مركّب ما على 1.88 mol من O و1.25 mol من Fe. احسب النسبة الجزيئية للأكسجين إلى الحديد.

الحلّ: نسبة العنصرين في المركّب هي:

أكسجين 1.88 : حديد 1.25

لتحويل النسبة إلى أبسط صورة بالقسمة على العدد الأصغر:

$\frac{1.88}{1.25}$ ، $\frac{1.25}{1.25}$

1.5 : 1

لتحويل النسبة إلى أعداد صحيحة، نضرب في المعامل (2):

3 : 2

وبذلك تكون النسبة الجزيئية للأكسجين إلى الحديد هي 3:2.

مثال (4)

احسب النسبة المئوية لمكوّنات البروبان C_3H_8.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: الكتلة المولية للمركّب = 44 g/mol

كتلة الكربون في المول الواحد = 36 g

كتلة الهيدروجين في المول الواحد = 8 g

غير المعلوم: النسبة المئوية لعنصر الكربون = %C؟

النسبة المئوية لعنصر الهيدروجين = %H؟

النسبة المئوية لكتلة أيّ عنصر في مركّب يُمكن الحصول عليها بقسمة كتلة العنصر في مول واحد من المركّب على الكتلة المولية للمركّب.

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

استخدم العلاقة السابقة: النسبة المئوية لعنصر الكربون:

$\frac{36}{44} \times 100 = 81.8\ \%$

النسبة المئوية لعنصر الهيدروجين:

$\frac{8}{44} \times 100 = 18.2\%$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

جمع النسب المئوية للعناصر يُعطي 100%.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. احسب النسبة المئوية الكتلية للعناصر في:

(أ) C_2H_6

الحلّ: 80% C و20% H

(ب) NH_4Cl

الحلّ: 26.2% N و7.5% H و66.3% Cl

مثال (5)

احسب كتلة الكربون الموجودة في 82 g من غاز البروبان C_3H_8، مع العلم أنّ النسبة المئوية للكربون في C_3H_8 تُساوي 81.8 %.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: كتلة المركّب = 82 g

النسبة المئوية لعنصر الكربون = 81.8 %

غير المعلوم: كتلة الكربون

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

يُمكنك استخدام النسبة المئوية للمكوّنات لحساب كتلة عنصر في عيّنة من مركّب، ويتمّ ذلك بضرب كتلة المركّب بالنسبة المئوية للعنصر في المركّب.

$$\text{كتلة الكربون} = \frac{\text{النسبة المئوية لعنصر الكربون} \times \text{كتلة المركّب}}{100} = \frac{82 \times 81.8}{100} = 67.1\ g$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

نظرًا لأنّ الكربون يُمثّل نسبة حوالي 82% من كتلة البروبان، فمن المقبول أن تكون كتلة الكربون في الصيغة حوالي 67 g.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. باستخدام النسب المئوية للعناصر، احسب كتلة الهيدروجين في كلّ من المركّبات التالية:

(أ) C_2H_6 350 g

الحلّ: 70 g

(ب) $NaHSO_4$ 20.2 g

الحلّ: 0.17 g

(جـ) NH_4Cl 2.14 g

الحلّ: 0.16 g

3.2 مناقشة

ناقش الإختلافات في الصيغة الأوّلية والصيغة الجزئية والصيغة التركيبية (البنائية) للمركّبين H_2O وH_2O_2، ثمّ اطرح السؤال التالي: إذا افترضنا وجود عيّنة من مركّب يحتوي على هيدروجين وأكسجين والنسبة بين مولات كلّ منهما 1 :1، ما هي الصيغة الكيميائية لهذا المركّب؟ **[سوف يقترح العديد من الطلّاب الصيغة HO]** بعد اعتراضك على هذه الإجابة، اسألهم لماذا لا تكون الصيغة H_2O_2 أو H_3O_3، مستعينًا بفقرة تعيين الصيغة الأوّلية.

4.2 مناقشة

أكّد على أنّ الخطوة الأولى والأساسية لاحتساب الصيغة الأوّلية هي إيجاد نسبة المول للعناصر المكوّنة للمركّب. وأشر أنّه في حال كانت الأعداد المتضمّنة في هذه النسبة جميعها أعدادًا صحيحة، فهي تُكتب أسفل رموز العناصر في الصيغة. وإذا كان أحد الأعداد أو جميعها غير صحيح، يتمّ اللجوء إلى الحسابات الرياضية، كالموضّحة في المثال المحلول رقم (6)، حتّى نحصل على الأعداد الصحيحة للنسبة المولية.

إجابة السؤال المذكور في نهاية (الشكل 24) ص 55

[الصيغة الأوّلية = HC]

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

اسأل عن الخطوات التي يجب اتّباعها لاحتساب الصيغة الجزئية في الحالتين التاليتين:

- عند معرفة الصيغة الأوّلية والكتلة المولية
- عند معرفة النسبة المئوية لتركيب المكوّنات والكتلة المولية

2. تعيين الصيغة الأوّلية

Calculating Empirical Formulas

من التطبيقات الهامّة لحساب النسبة المئوية الكتلية لمكوّنات مركّب ما، تعيين الصيغة الأوّلية لذلك المركّب. **والصيغة الأوّلية تُعطي أقلّ نسبة للأعداد الصحيحة للذرّات العناصر التي يتكوّن منها المركّب**، أي أنّها تُعطي شكلًا مبسّطًا للنسبة بين أعداد ذرّات كلّ عنصر موجود في المركّب. وعلى سبيل المثال، يُمكن أن يكون لمركّب صيغة أوّلية CO، والصيغة الأوّلية يُمكن أن تمدّنا بمعلومات مفيدة وقيّمة تخصّ النوع والإحصاء النسبي للذرّات أو المولات في الجزيئات أو وحدات الصيغة في مركّب أيوني. الصيغة الأوّلية يُمكن أن تكون نفسها صيغة جزيئية لمركّب ما مثل CO_2 لأنّ جزيء ثاني أكسيد الكربون يتكوّن من ذرّتي أكسجين وذرّة كربون، كذلك الماء H_2O صيغة أوّلية وصيغة جزيئية لأنّ جزيء الماء يحتوي على ذرّتي هيدروجين وذرّة أكسجين. ولكن عند اختلاف الصيغة الأوّلية عن الصيغة الجزيئية، فإنّ الصيغة الجزيئية تتكوّن من المضاعفات البسيطة للصيغة الأوّلية. ومثال ذلك أنّ الصيغة الأوّلية لمركّب فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 هي HO، كذلك مركّب N_2H_4، الصيغة الأوّلية هي NH_2.

يُوضّح (شكل 24) مركّبين للكربون لهما الصيغة الأوّلية نفسها، ولكنّهما يختلفان في الصيغة الجزيئية.

C_2H_2 إيثين أو (أسيتيلين)

C_8H_8 ستايرين

شكل (24)

الأسيتيلين (C_2H_2) غاز يُستعمل في مصباح اللحام، والستايرين (C_8H_8) يُستعمل في صناعة البولي ستايرين. هذان المركّبان لهما الصيغة الأوّلية نفسها. ما هي الصيغة الأوّلية لهذين المركّبين؟

مثال (6)

ما هي الصيغة الأوّلية لمركّب يتكوّن من 25.9% من النيتروجين و74.1% من الأكسجين؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: النسبة المئوية لعنصر النيتروجين = 25.9%

النسبة المئوية لعنصر الأكسجين = 74.1%

كلّ 100 g من المركّب يحتوي على 25.9 g من N و74.1 g من O

غير المعلوم: الصيغة الأوّلية: N_xO_y

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

عدد مولات النيتروجين:

$n = \frac{m_s}{M.wt.}$ ، $M.wt. = 14\ g/mol$

$n = \frac{25.9}{14}$

$n = 1.85\ mol$

تابع مثال (6)

عدد مولات الأكسجين:

$n = \frac{m_s}{M.wt.}$ ، $M.wt. = 16\ g/mol$

$n = \frac{74.1}{16}$

$n = 4.63\ mol$

تُقسَم على أصغر قيمة لهما:

$\frac{1.85}{1.85} = 1$

$\frac{4.63}{1.85} = 2.50$

نحصل على النتيجة: $N_1O_{2.5}$

لا تُمثّل هذه الصيغة أصغر نسبة عددية صحيحة. نضرب في 2 لتحويل الكسر إلى عدد صحيح فنحصل على: N_2O_5.

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

الأعداد أسفل رموز العناصر هي أعداد صحيحة.

3. تعيين الصيغة الجزيئية

Calculating Molecular Formulas

بالنظر إلى سلسلة المركّبات في (الجدول 6)، نجد أنّ الأسيتيلين والبنزين لهما الصيغة الأوّلية (CH) نفسها، والجلوكوز وحمض الإيثانويك والميثانال لها الصيغة الأوّلية (CH_2O) نفسها. لكن يُمكنك أن ترى أنّ مركّبات كلّ سلسلة لها كتل مولية مختلفة تُساوي مضاعفات عددية صحيحة بسيطة من الكتل المولية للصيغ الأوّلية. ويُمكن للصيغة الجزيئية لمركّب أن تكون الصيغة الأوّلية نفسها المعيّنة تجريبيًا أو مضاعفات عددية صحيحة وبسيطة منها. ويُمكننا تعيين الصيغة الجزيئية لمركّب ما إذا علمنا صيغته الأوّلية والكتلة المولية. يُمكن حساب كتلة من الصيغة الأوّلية وهي ببساطة الكتلة المولية للصيغة الأوّلية. بقسمة الكتلة المولية المعلومة قيمتها على كتلة الصيغة الأوّلية، نحصل على عدد مرّات احتواء جزيء على وحدات الصيغة الأوّلية. وبضرب هذا المقدار في الصيغة الأوّلية، تنتج الصيغة الجزيئية.

الصيغة والاسم	تقسيم الصيغ	الكتلة المولية (g/mol)
CH	أوّلية	13
C_2H_2 الأسيتيلين	جزيئية	26
C_6H_6 البنزين	جزيئية	78
CH_2O الميثانال	أوّلية وجزيئية	30
$C_2H_4O_2$ حمض الإيثانويك	جزيئية	60
$C_6H_{12}O_6$ الجلوكوز	جزيئية	180

جدول 6: صيغ أوّلية وجزيئية

الكيمياء في خدمة الإنسان

الماء الصالح للشرب

يحتوي الماء على موادّ أخرى مثل الأملاح والكلور والبكتيريا. لذلك تهتمّ وزارة الكهرباء والماء بمدى نقاوة المياه الصالحة للشرب. فهناك معامل متخصّصة لتحليل الماء وتقدير نسبة المركّبات التي تحويها طبقًا لمعايير عالمية. فتُعالَج هذه المياه لتصل إلينا بصورة سليمة دون أن تُؤثّر على صحّتنا. فبعض المركّبات، إذا زادت عن الحدّ الأعلى المتعارف عليه عالميًّا، تُسبّب انتشار الأوبئة. تُقاس كمّية هذه المركّبات بوحدات صغيرة تُعرَف بجزء من المليون (ppm) لقياس كمّيات الصوديوم والكالسيوم والبكتيريا. وهناك وحدة أخرى أصغر من السابقة تُعرَف بجزء من البليون (ppb) لقياس كمّيات الفلزّات والمركّبات العضوية.

2.3 إعادة التعليم

وضّح للطلّاب أنّه عند معرفة النسبة المئوية لتركيب المكوّنات والكتلة المولية، يجب عليهم استخدام النسبة المئوية لتركيب المكوّنات أوّلًا لاحتساب الصيغ الأوّلية، ثمّ احتساب كتلة الصيغة الأوّلية ومقارنتها بالكتلة المولية لتعيين الصيغة الجزيئية.

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «النسبة المئوية» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص 25.

إجابات أسئلة الدرس 2 – 2

1. **(أ)** 74.2 % من N و 25.8 % من O
   (ب) 39.3 % من Na و 60.7 % من Cl
2. $C_5H_{10}O_2$
3. **(أ)** 25.4 % من Ca و 30.4 % من C و 3.8 % من H و 40.5 % من O
   (ب) 3.7 % من H و 44.4 % من C و 51.9 % من N
4. **(أ)** 4.7 g من H
   (ب) 13.98 g من H
5. **(أ)** صيغة جزيئية
   (ب) صيغة جزيئية
   (جـ) صيغة جزيئية أوّلية

مثال (7)

احسب الصيغة الجزيئية لمركّب كتلته المولية 60 g/mol وصيغته الأوّلية هي CH_4N.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**
   المعلوم: الصيغة الأوّلية = CH_4N
   الكتلة المولية = 60 g/mol
   غير المعلوم: الصيغة الجزيئية ؟
2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

الصيغة الأوّلية	كتلة الصيغة الأوّلية	الكتلة المولية الجزيئية / الكتلة المولية للصيغة الأوّلية	الصيغة الجزيئية
CH_4N	30	$\frac{60}{30} = 2$	$C_2H_8N_2$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**
   كتلة الصيغة الجزيئية هي الكتلة المولية للمركّب كما يُمكن اختصارها إلى كتلة الصيغة الأوّلية.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. أوجد الصيغة الجزيئية لكلّ من المركّبات التالية بمعلومية صيغها الأوّلية وكتلها المولية.
   (أ) CH_3O M.wt. = 62 g/mol
   الحلّ: $C_2H_6O_2$
   (ب) C_3H_2Cl M.wt. = 147 g/mol
   الحلّ: $C_6H_4Cl_2$

مراجعة الدرس 2–2

1. احسب النسبة المئوية لمكوّنات المركّبات الناتجة من التفاعلات التالية:
   (أ) 222.6 g من N تتّحد اتّحادًا تامًّا مع 77.4 g من O.
   (ب) تحلّل ملح الطعام والذي ينتج منه 2.62 g من Na و 4.04 g من Cl.
2. مركّب بيوتانوات الميثيل له رائحة التفّاح والنسبة المئوية لمكوّناته كالتالي:
   31.4 % O و 9.8 % H و 58.8 % C.
   وإذا علمت أنّ الكتلة المولية لهذا المركّب هي 102 g/mol، فما هي صيغته الجزيئية؟
3. احسب النسبة المئوية لمكوّنات كلّ من المركّبات التالية:
   (أ) $Ca(C_2H_3O_2)_2$
   (ب) HCN
4. باستخدام نتائج السؤال 3، احسب كتلة الهيدروجين في ما يلي:
   (أ) 124 g من $Ca(C_2H_3O_2)_2$
   (ب) 378 g من HCN
5. أيّ من الصيغ الجزيئية التالية تُعتبر أيضًا صيغًا أوّلية:
   (أ) $C_5H_{10}O_5$
   (ب) $C_6H_{12}O_2$
   (جـ) $C_{55}H_{72}MgN_4O_5$

الدرس 2-3

الأهداف:

- يُعيّن المادّة المتفاعلة المحدّدة في التفاعل.
- يستخدم المادّة المتفاعلة المحدّدة في التفاعل لحساب أقصى كمّية للناتج المتكوّن، وكمّية المادّة المتفاعلة ذات الكمّية الزائدة.
- يُعرّف كلًّا من المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة.
- يحسب كمّية الناتج النظري وكمّية الناتج الفعلي والنسبة المئوية للناتج.
- يُعرّف كلًا من الكمّية النظرية للناتج والكمّية الفعلية للناتج.

الأدوات المستعملة: الموادّ المذكورة في النشاط 2.2، جهاز العرض العلوي، الداتاشو، الموادّ والأدوات اللازمة للدرس العملي (نشاط 5).

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الإفتتاحية للدرس

دع الطلّاب يتفحّصون الصورة الافتتاحية للدرس (شكل 25) ويقرأون التعليق الخاصّ بها، ثمّ وضّح أنّ العملية الكيميائية (التفاعل الكيميائي) تشبه إلى حدّ كبير ما يحدث في المصنع من حيث عملية التجميع لمنتج ما. كذلك، فإنّ كمّية الناتج الممكن إنتاجها في التفاعل الكيميائي محدَّدة بكمّية الموادّ المتفاعلة المتوفّرة أثناء حدوث التفاعل. اطرح السؤال التالي:

- كيف تُؤثّر المادّة المتفاعلة المحدِّدة في التفاعل الكيميائي؟

[تحدّد المادّة المتفاعلة المحدّدة أقصى كمّية الناتج أو النواتج الممكن تكوينها في التفاعل الكيميائي.]

اطرح عملية هابر – بوش لتحضير الأمونيا من خلال معادلة كيميائية، والتي تعلّمها الطلّاب سابقًا، واطلب إليهم كتابة معادلات كيميائية لتفاعل متجانس بين الغازات والتعليق عليه من حيث عدد الجزيئات.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول العلاقات العددية والأسس النظرية في الكيمياء والحساب الكيميائي المبني على المولات والكتل، اكتب بعض المعادلات الموزونة على السبّورة، واطلب إلى الطلّاب حلّ بعض الأسئلة المتعلّقة بكمّية الموادّ المتفاعلة أو كمّية الموادّ الناتجة من التفاعل.

وضّح أنّه من المفترض أن تكون هذه المعادلات صحيحة نظريًا وفقًا للاتّحاد العنصري، بمعنى أنّ كمّية الموادّ المتفاعلة والناتجة من التفاعل كمّيات صحيحة.

صفحات التلميذ: من ص 59 إلى ص 69

صفحات الأنشطة: من ص 26 إلى ص 27

عدد الحصص: 7

الدرس 2-3

المعادلة الكيميائية وحساب كمّية المادّة

Chemical Equation and Calculation of Matter Quantity

الأهداف العامة

- يُعيّن المادّة المتفاعلة المحدّدة في التفاعل.
- يستخدم المادّة المتفاعلة المحدّدة في التفاعل لحساب أقصى كمّية للناتج المتكوّن، وكمّية المادّة المتفاعلة ذات الكمّية الزائدة.
- يُعرّف كلًّا من المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة.
- يحسب كمّية الناتج النظري وكمّية الناتج الفعلي والنسبة المئوية للناتج.
- يُعرّف الكمّية النظرية للناتج والكمّية الفعلية للناتج.

شكل (25)
نجار يعمل لصنع طاولة

أراد نجّار صنع طاولتي طعام، كلّ منهما مكوّنة من سطح خشبي وأربع قوائم. وكان لديه في الورشة سطحان وسبع قوائم فقط ممّا يكفي لصنع طاولة واحدة فقط. ويتبقّى ثلاث قوائم لا تكفي لصنع الطاولة الثانية (شكل 25). ولذلك يُقال في هذه الحالة إنّ عدد القوائم عامل محدّد في صنع طاولة ذات أربع قوائم. يُطبّق هذا المفهوم في الكيمياء أيضًا، كما سنرى في هذا الجزء.

كيف تُؤثّر المادّة المتفاعلة المحدّدة في تفاعل كيميائي؟

1. حساب كمّيات الموادّ المتفاعلة والناتجة من التفاعل

Calculating Reactants and Products Matter Quantities

هناك طريقتان لحساب كمّية الموادّ المتفاعلة والناتجة في التفاعل الكيميائي.

59

2. علّم وطبّق

1.2 استعراض عملي

وضّح مفهوم المادّة المتفاعلة المحدّدة بإعطاء المثال التالي:

أحضر 15 زجاجة بلاستيكية، و30 غطاء بلاستيكيًّا للزجاجات، و7 أطباق بلاستيكية صغيرة.

ضع 5 أغطية بلاستيكية لتغطية الزجاجات في كلّ طبق، وتناول واحدًا من هذه الأطباق.

اطرح على الطلّاب السؤالين التاليين:

كم زجاجة بلاستيكية مغلقة يُمكن الحصول عليها؟

ما العامل الذي يُحدّد العدد؟

تناول طبقًا ثانيًا واسأل الطلّاب عمّا سوف يحدث.

استمرّ بإحضار الأطباق المحتوية على الأغطية البلاستيكية، واسأل الطلّاب عن عدد الزجاجات المغلقة التي يُمكن الحصول عليها في كلّ حالة.

وضّح أنّه بوجود 3 أطباق محتوية على الأغطية، يُمكن الحصول على 15 زجاجة مغلقة بوضع غطاء لكلّ زجاجة، وبذلك تُعتَبر الأطباق المتبقية المحتوية على الأغطية كمّية زائدة والزجاجات التي تمّت تغطيتها هي العامل المحدِّد.

مقارنة

اعرض حلّ المثال (1) ص 60 والمثال (3) ص 64 من كتاب الطالب لمقارنة حساب كمّيات الموادّ المتفاعلة والناتجة عن التفاعل من خلال طريقتين: الأولى تعتمد على اتّحادية العناصر المعروفة بحساب العناصر المتفاعلة، والثانية تعتمد على تقدّم التفاعل.

أشِر إلى أنّ الطريقة الأولى يتمّ فيها حساب كمّيات الموادّ المتفاعلة والناتجة عن التفاعل فحسب بدون دراسة تطوّر التفاعل الكيميائي.

شدِّد على الطريقة الثانية لفوائدها الكثيرة في علم الكيمياء، حيث سيتدرّب الطالب على إنشاء جدول تقدّم التفاعل الذي سيستفيد منه في السنوات الدراسية اللاحقة عندما يدرس التوازن الكيميائي والكيمياء الحركية، وبخاصّة في التفاعلات البطيئة وكيمياء الأحماض والقواعد.

2.2 ورش عمل

قسّم الطلّاب للعمل في ثنائيات لحلّ بعض الأسئلة التطبيقية حول الموادّ المتفاعلة المحدّدة. ويجب أن تتضمّن هذه الأسئلة استخدام الحساب الكيميائي المبني على المولات حتّى يستوعب الطلّاب بالكامل مفهوم المادّة المتفاعلة المحدّدة، وذلك قبل استخدام الحساب الكيميائي المبني على الكتل.

وضّح للطلّاب أنّه في التفاعل الكيميائي، تشكّل المادّة التي تُستَهلك أوّلًا المادّة المتفاعلة المحدّدة وأشر أيضًا إلى أنّه ليس من الممكن تحديد المادّة التي سوف تُستَهلك أوّلًا عن طريق مقارنة عدد جرامات كلّ مادّة متفاعلة.

1.1 قياس اتّحادية العناصر، المعروفة بحساب العناصر المتفاعلة

Stoichiometry

تُعطي المعادلة الكيميائية الموزونة علاقات كيميائية بين جميع الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة. لذلك هي أساس جميع الحسابات التي تتضمّن كمّيات الموادّ الداخلة والناتجة في التفاعل. فإذا عرفت عدد مولات مادّة واحدة، تُساعدك المعادلة الكيميائية الموزونة في معرفة عدد مولات جميع الموادّ الاخرى المتضمّنة في التفاعل. في حالة تكوين الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين مثلًا، يُمكن كتابة المعادلة الموزونة كما يلي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

ومن هذه المعادلة، يتّضح أنّ المول الواحد من النيتروجين يتفاعل مع ثلاثة مولات من الهيدروجين ليتكوّن 2 مول من الأمونيا.

إنّ 1، 3، 2 هي معاملات N_2، H_2، NH_3 على التوالي. $n(N_2)$ هي عدد مولات النيتروجين المتفاعلة و$n(H_2)$ هي عدد مولات الهيدروجين المتفاعلة أمّا $n(NH_3)$ فهي عدد مولات الأمونيا الناتجة.

وبشكل عام، فإنّ قياس اتّحادية العناصر لأيّ تفاعل كيميائي يُعبَّر عنها بالعلاقة التالية:

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

$$\boxed{\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}}$$

حيث (a ، b ، c ، d) هي معاملات المتفاعلات والنواتج على الترتيب في المعادلة الموزونة، و$n(A)$ هي عدد مولات A المتفاعلة، $n(B)$ هي عدد مولات B المتفاعلة، $n(C)$ هي عدد مولات C الناتجة و$n(D)$ هي عدد مولات D الناتجة.

مثال (1)

احسب عدد مولات الأمونيا الناتجة من تفاعل 0.6 mol من النيتروجين مع الهيدروجين تبعًا للمعادلة الموزونة التالية: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: عدد مولات النيتروجين المتفاعلة = 0.6 mol

غير المعلوم: عدد مولات الأمونيا الناتجة = ؟mol

طبّق: بكتابة قياس اتّحادية العناصر للتفاعل يُمكن حساب عدد مولات الأمونيا الناتجة.

$$\frac{n(N_2)}{1} = \frac{n(H_2)}{3} = \frac{n(NH_3)}{2}$$

2. **احسب: عدد مولات الأمونيا**

$$\frac{0.6}{1} = \frac{n(NH_3)}{2} \Longleftarrow \text{عدد مولات } NH_3 = 1.2 \text{ mol}$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

كمّية الأمونيا الناتجة من العمليات الحسابية هي ضعف كمّية النيتروجين المستخدمة، وهذا يتماشى مع معاملات المعادلة الموزونة.

مثال (2)

احسب كتلة الأمونيا الناتجة من تفاعل 8.4 g من النيتروجين مع الهيدروجين؟ تبعًا للمعادلة الموزونة في المثال السابق.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: كتلة النيتروجين المتفاعلة = 8.4 g

غير المعلوم: كتلة الأمونيا الناتجة = ؟g

التحويل المطلوب: كتلة N_2 ⟵ عدد مولات N_2

عدد مولات NH_3 ⟵ كتلة NH_3

طبّق: بكتابة قياس اتحادية العناصر للتفاعل يُمكن حساب عدد مولات الأمونيا الناتجة.

$$\frac{n(N_2)}{1} = \frac{n(H_2)}{3} = \frac{n(NH_3)}{2}$$

2. **احسب:** عدد مولات النيتروجين،

$$n = \frac{m_s}{M.wt.}$$

$$\frac{8.4}{28} = 0.3 \text{ mol}$$

ولحساب عدد مولات الأمونيا،

$$\frac{0.3}{1} = \frac{n(NH_3)}{2}$$

عدد مولات NH_3 = 0.6 mol

عدد مولات الأمونيا، $n = \frac{m_s}{M.wt.}$

كتلة الأمونيا = 0.6 × 17 = 10.2 g

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

بما أنّ الكتلة المولية للأمونيا أصغر من الكتلة المولية للنيتروجين، وعدد مولات الأمونيا الناتجة من العمليات الحسابية هي ضعف عدد مولات النيتروجين المستخدمة، فكتلة الأمونيا الناتجة عن التفاعل يجب أن تكون أكبر من كتلة النيتروجين المتفاعلة.

3.2 مناقشة

ناقش الطلّاب في النتائج المترتّبة على تحديد المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة. وضّح أيضًا أهمّية الناتج في التفاعل الكيميائي، مع تذكير الطلّاب بأنّ الناتج الفعلي دائمًا ما يكون أقلّ من الناتج النظري، ثمّ اسألهم عن أهمّية ذلك في الصناعة، مشيرًا إلى أنّ هذه الأفكار تؤدّي دورًا واضحًا في الصناعات الكيميائية في تخطيط الإنتاج، ومن ثمّ الفوائد العائدة من ذلك. يستشير الكيميائيون الصناعيون والمهندسون الكيميائيون بعضهم البعض ويعملون معًا لإيجاد طرق لتحويل الموادّ المتفاعلة بالكامل إلى موادّ ناتجة كلّما أمكن ذلك. بمعنى آخر، يحاول الكيميائيون والمهندسون زيادة العائد بالوصول إلى أقصى ناتج من الموادّ الناتجة بأقلّ التكاليف. بالإضافة إلى ذلك، فإنّهم يتحكّمون بعناية وحرص في كمّيات الاتّحاد العنصري للموادّ المتفاعلة المستخدمة، آخذين في الاعتبار بعض الشروط الخاصّة بالتفاعلات مثل الحرارة والضغط التي قد تُؤثّر في كمّية الناتج. يستخدم الكثير من المصانع العوامل الحفّازة للتأكّد من حدوث التفاعلات في وقت قصير ومناسب. اطرح على الطلّاب السؤال التالي:

- في أيّ المجالات الحياتية الأخرى تؤدّي المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة دورًا مهمًّا؟

[إنتاج الأغذية، مصادر الطاقة المتاحة...]

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

لتقييم فهم الطلّاب للمادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة، اكتب عدة معادلات موزونة على السبّورة، وأعطِ الطلّاب كمّيات مختلفة من الموادّ المتفاعلة، واطلب إليهم احتساب الناتج النظري. كذلك، أعطِ الطلّاب قيمة افتراضية للناتج الفعلي واطلب إليهم أيضًا احتساب النسبة المئوية للناتج، ثمّ ضع قطعة صغيرة من الخارصين في كأس كبيرة تحتوي على HCl مخفّف، وقُم بشرح التفاعل للطلّاب.

$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

ثمّ اطرح الأسئلة التالية:

- أيّ من الموادّ المتفاعلة يكون هو المادّة المتفاعلة المحدّدة؟

[إذا تلاشى الخارصين بالكامل يُمكن للطلّاب أن يستنتجوا أن فلزّ الخارصين هو الذي قد تمّ استخدامه أوّلًا، وبالتالي، فهو المادّة المتفاعلة المحدّدة.]

- كيف يُمكن اختبار صحّة إجابتهم؟

[يتمّ تجميع وقياس حجم الهيدروجين المتكوّن نتيجة تفاعل كمّيات مختلفة من الخارصين المضاف لحجم ثابت من HCl. ثمّ، يتمّ تقدير الكمّية النظرية للخارصين اللازمة للاتّحاد العنصري طبقًا للمعادلة، وهي الكمّية التي تتفاعل لتعطي أكبر حجم من الهيدروجين.]

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. تُوضّح المعادلة التالية تفاعل الألمنيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الألمنيوم.

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

احسب كلًّا مما يلي:

(أ) عدد مولات الألمنيوم اللازمة لتكوين 3.7 mol من أكسيد الألمنيوم. الحلّ: 7.4 mol

(ب) عدد مولات الأكسجين اللازمة لتتفاعل بالكامل مع 14.8 mol من الألمنيوم. الحلّ: 11.1 mol

(ج) عدد مولات أكسيد الألمنيوم التي تتكوّن نتيجة تفاعل 0.78 mol أكسجين مع الألمنيوم. الحلّ: 0.52 mol

2. ينتج غاز الأسيتيلين C_2H_2 بإضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم CaC_2 طبقًا للمعادلة التالية:

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

(أ) احسب كتلة الأسيتيلين التي تنتج من إضافة الماء إلى 5 g من كربيد الكالسيوم. الحلّ: 2.03 g

(ب) احسب عدد مولات كربيد الكالسيوم التي تلزم لإتمام التفاعل مع 4.9 g من الماء. الحلّ: 0.136 mol

2.1 جدول تقدّم التفاعل

The Advancement Table of a Reaction

عندما تمزج مركّبات كيميائية، في ظروف معيّنة، يحدث تحوّل كيميائي، تختفي خلاله هذه المركّبات (وتُسمّى المتفاعلات)، وتظهر أنواع جديدة من المركّبات (وتُسمّى النواتج). نقول إنّ المجموعة الكيميائية (متفاعلات ونواتج) تتطوّر لأنّها تمرّ من حالة إبتدئية إلى حالة نهائية.

التفاعل الكيميائي هو نموذج وصفي للتحوّل الكيميائي، ويتمّ التعبير عنه بمعادلة تُسمّى معادلة التفاعل. تُكتب المعادلة الكيميائية بصفة عامّة على الشكل التالي:

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

توصف المجموعة الكيميائية في التفاعل الكيميائي بـ:

- أنواع المركّبات المتواجدة في المجموعة.
- كمّية المادّة لكلّ مركّب.
- الحالة الفيزيائية لكلّ مركّب كيميائي متواجد في المجموعة.
- درجة الحرارة (T) و الضغط (P).

تقدّم التفاعل — **Reaction Progress**

تقدّم التفاعل هو مقدار يُرمز إليه بالحرف x ويُعبَّر عنه بالمول ويُمكن من خلاله تتبّع التغيّر في كمّيات الموادّ للمجموعة الكيميائية أثناء التحوّل الكيميائي انطلاقًا من معرفة كمّيات الموادّ الابتدائية للمتفاعلات n_0. يُعرف تقدّم التفاعل x بالعلاقة التالية:

$$x = \frac{n_0(A) - n(A)}{a} = \frac{n_0(B) - n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$$

الجدول الوصفي للتفاعل — **Reaction Descriptive Table**

لتتبّع تطوّر كمّيات الموادّ للمجموعة الكيميائية، نقوم بإنشاء جدول وصفي خاصّ بالتفاعل، حيث يتمّ تحديد كمّية المادّة بدلالة تقدّم التفاعل x.

معادلة التفاعل		aA	+ bB	⟶ cC	+ dD
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول			
الحالة الإبتدائية	$x = 0$	$n(A)$	$n(B)$	0	0
خلال التحوّل	x	$n(A) - ax$	$n(B) - bx$	cx	dx
الحالة النهائية	x_{max}	$n(A) - ax_{max}$	$n(B) - bx_{max}$	cx_{max}	dx_{max}

تطبيق:

ينتج من تفاعل 0.03 mol من حمض الهيدروكلوريك مع 0.05 mol من كربونات الكالسيوم، تصاعد ثاني أكسيد الكربون وتكوّن كلوريد الكالسيوم والماء. أنشئ الجدول الوصفي.

معادلة التفاعل		$2HCl$	+ $CaCO_3$	⟶ $CaCl_2$	+ CO_2	+ H_2O
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول				
الحالة الابتدائية	$x = 0$	وفرة	0	0	0.05	0.03
خلال التحوّل	x	وفرة	x	x	$0.05 - x$	$0.03 - 2x$
الحالة النهائية	x_{max}	وفرة	x_{max}	x_{max}	$0.05 - x_{max}$	$0.03 - 2x_{max}$

التقدّم الأقصى والتقدّم المحدّد

Maximum Progress and Limiting Progress

تصل المجموعة الكيميائية لحالتها النهائية بانقضاء كمّية المادّة لأحد المتفاعلات على الأقلّ، ويُسمّى هذا المتفاعل بالمتفاعل المحدّد. يأخذ تقدّم التفاعل x قيمته القصوى التي تُسمّى بالتقدّم الأقصى x_{max}.

مفهوم التقدّم

مفهوم تقدّم التفاعل x يُعبّر عن كمّية المادّة المتفاعلة والمتشكّلة في لحظة ما. ووظيفة جدول التقدّم هي متابعة تطوّر التحوّل الكيميائي.

جدول التقدّم هو جدول تتمّ فيه دراسة كمّية المادّة خلال تفاعل ما وهو يتكوّن من 4 صفوف:

الصفّ الأوّل تُكتب فيه معادلة التفاعل.

الصفّ الثاني تُكتب فيه الحالة الابتدائية وهي كمّية المادّة في الزمن $t = 0$ للمتفاعلات والنواتج.

الصفّ الثالث تُكتب فيه الحالة خلال التحوّل وهي كمّية المادّة في حالة $t > 0$ للمتفاعلات والنواتج.

الصفّ الرابع تُكتب فيه الحالة النهائية وهي كمّية المادّة عند انتهاء التفاعل.

ومن فوائد جدول التقدّم الدراسة العملية للتجربة واكتشاف العامل المحدّد وغيرها من المهامّ.

أسئلة إضافية

يتفاعل حمض الفوسفوريك مع هيدروكسيد الصوديوم طبقًا للمعادلة التالية:

$$H_3PO_{4(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_3PO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

فإذا تفاعل 1.75 mol من H_3PO_4 مع 5 mol من NaOH، أوجد ما يلي:

- حدّد المادّة المتفاعلة المحدّدة.

[NaOH هي المادّة المتفاعلة المحدّدة]

- احسب عدد مولات Na_3PO_4 المتكوّنة.

[1.67 mol]

- احسب عدد مولات المادّة المتفاعلة الزائدة والمتبقّية.

[0.08 mol من H_3PO_4]

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «المواد المتفاعلة المحددة» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص 27.

2.3 إعادة التعليم

راجع مع الطلّاب أهمّية المعادلة الكيميائية الصحيحة والموزونة في احتساب أقصى كمّية للناتج النظري للتفاعل. وضّح أنّ الطريقة لتحديد أيّ من الموادّ المتفاعلة هي المادّة المتفاعلة المحدّدة، تتمثّل في مقارنة النسب المولية المطلوبة، كما هو موضّح في المعادلة الكيميائية الموزونة.

3.1 المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة
Limiting Reactant and Excess Reactant

تبعًا للمعادلة التالية:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

عندما يتفاعل 1 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين يتكوّن 2 mol من الأمونيا.

ماذا يحدث إذا تفاعل 2 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين؟ ما هي كمّية الأمونيا التي ستتكوّن؟

نستنتج من المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل أنّ مولًا واحدًا فقط من النيتروجين يتفاعل تفاعلًا تامًّا مع ثلاثة مولات من الهيدروجين ليتكوّن مولان من الأمونيا. وبعد استهلاك الهيدروجين لا يُمكن أن يحدث أيّ تفاعل ولا يتكوّن أيّ ناتج بل يبقى مول واحد من النيتروجين. يُطلَق على الهيدروجين اسم المتفاعل المحدّد وعلى النيتروجين اسم المتفاعل الزائد.

المادّة المتفاعلة المحدّدة هي المادّة التي تتفاعل كليًّا وتحدّد كمّية النواتج.

المادّة المتفاعلة الزائدة هي المادّة التي تتفاعل جزئيًّا.

لتحديد نوع المتفاعل (مادّة محدّدة أو مادّة زائدة) نستخدم إحدى الطريقتين التاليتين:

(أ) باستخدام قياس اتّحادية العناصر

إنّ قياس اتّحادية العناصر لأيّ تفاعل كيميائي $(aA + bB \longrightarrow cC + dD)$ هو:

$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$$

يتمّ حساب النسب (R)

$$R(A) = \frac{n(A)}{a} \text{ و } R(B) = \frac{n(B)}{b}$$

فإذا كان $R(A) > R(B)$ يكون A هو المادّة المتفاعلة الزائدة وB المادّة المتفاعلة المحدّدة.

وإذا كان $R(A) < R(B)$ يكون B هو المادّة المتفاعلة الزائدة وA المادّة المتفاعلة المحدّدة.

وإذا كان $R(A) = R(B)$ تتفاعل A وB كليًّا.

تُستخدَم كمّية المادّة المحدّدة لحساب كمّية النواتج.

(ب) باستخدام جدول تقدّم التفاعل

كما سبق وذكرنا في جدول تقدّم التفاعل، يتمّ حساب التقدّم الأقصى x_{max} بحيث هو أصغر قيمة يأخذها التقدّم x لكي تنعدم كمّية مادّة أحد المتفاعلات (المادّة المتفاعلة المحدّدة).

الخليط المتوازن Balanced Mixture

هو الخليط للمتفاعلات الابتدائية المتوازنة الذي تختفي فيه جميع المتفاعلات عند نهاية التفاعل.

(أ) تحديد التقدّم الأقصى:

يتمّ تحديد التقدّم الأقصى x_{max} انطلاقًا من الجدول الوصفي بحيث هو أصغر قيمة يأخذها التقدّم x لكي تنعدم كمّية مادّة أحد المتفاعلات، ومن التطبيق السابق:

$$0.03 - 2x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = 0.015$$
$$0.05 - x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = 0.05$$

نُلاحظ أنّ HCl هو المتفاعل المحدّد (القيمة الأصغر للتقدّم الأقصى).

(ب) حصيلة المادّة:

تُمكّن معرفة التقدّم الأقصى من تحديد كمّيات الموادّ لكلّ المتفاعلات والنواتج في الحالة النهائية. وهذا يُسمّى حصيلة المادّة.

معادلة التفاعل	$2HCl + CaCO_3 \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$				
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول			
الحالة الابتدائية	$x = 0$	وفرة	0	0.05	0.03
خلال التحوّل	x	وفرة	x	$0.05 - x$	$0.03 - 2x$
الحالة النهائية		وفرة	0.015	0.035	0

مثال (3)

كم عدد مولات الأمونيا الناتجة من تفاعل 0.6 mol من النيتروجين مع الهيدروجين؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: عدد مولات النيتروجين المتفاعلة = 0.6 mol

غير المعلوم: عدد مولات الأمونيا الناتجة = ?mol

طبّق: اعتمد على جدول تقدم التفاعل.

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

معادلة التفاعل	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$		
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول	
الحالة الابتدائية	$x = 0$	0	n_0	0.6
خلال التحوّل	x	$2x$	$n_0 - 3x$	$0.6 - x$
الحالة النهائية		1.2	$n_0 - 1.8$	0

$$0.6 - x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = 0.6 \text{ mol}$$

عدد مولات $NH_3 = 1.2$ mol

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

عدد مولات الأمونيا الناتجة من العمليات الحسابية هي ضعف مولات النيتروجين المستخدمة، وهذا يتماشى مع معاملات المعادلة الموزونة.

مثال (4)

يتفاعل 0.2 mol من الصوديوم مع 0.2 mol من غاز الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم طبقًا للتفاعل التالي:

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

حدّد المادّة المتفاعلة.

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: عدد مولات الصوديوم = 0.2 mol

عدد مولات غاز الكلور = 0.2 mol

غير المعلوم: المادّة المتفاعلة المحدّدة

طبّق: باستخدام النسب التالية يُمكن معرفة المادّة المحدّدة.

2. **احسب: حلّ غير المعلوم (هناك طريقتان)**

أوّلًا: باستخدام قياس اتحادية العناصر

$$R(Na) = \frac{n(Na)}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1$$

$$R(Cl_2) = \frac{n(Cl_2)}{1} = \frac{0.2}{1} = 0.2$$

$R(Na) < R(Cl_2)$، فيكون الصوديوم هو المادّة المتفاعلة المحدّدة.

ثانيًا: باستخدام جدول تقدّم التفاعل

معادلة التفاعل	$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$		
حالة التفاعل الابتدائية	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول	
الحالة الابتدائية	$x = 0$	0	0.2	0.2
خلال التحوّل	x	$2x$	$0.2 - x$	$0.2 - 2x$
الحالة النهائية		0.2	0.1	0

$$0.2 - 2x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = 0.1$$
$$0.2 - x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = 0.2$$

نُلاحظ أنّ الصوديوم هو المتفاعل المحدّد (القيمة الأصغر للتقدّم الأقصى).

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

بما أنّ النسبة المولية بين الصوديوم والكلور تُساوي 1:2 كما يتّضح من المعادلة الموزونة، يُعتبَر الصوديوم المادّة المتفاعلة المحدّدة وغاز الكلور المادّة المتفاعلة الزائدة.

إجابات أسئلة الدرس 2–3

1. المادّة المتفاعلة المحدّدة هي التي تُستَهلك أوّلًا، وهي التي تُحدّد كمّية الناتج المتكوّن في التفاعل. والمادّة المتفاعلة الزائدة هي المادّة التي لم تُستَخدم بالكامل في التفاعل.
2. يمثّل الناتج الفعلي كمّية الناتج التي تتكوّن فعليًّا أثناء إجراء التفاعل، أي هي قيمة مخبرية. أمّا الناتج النظري فهو قيمة محسوبة باستخدام المعادلة الكيميائية الموزونة. وعادة ما تكون كمّية الناتج النظري أكبر من كمّية الناتج الفعلي.

والنسبة المئوية للناتج هي: $\frac{\text{الكتلة الفعلية للناتج}}{\text{الكتلة النظرية للناتج}} \times 100$

3. **(أ)** 15.3 mol من O_2

(ب) 10.2 mol من CO_2 و 13.6 mol من H_2O

4. **(أ)** $4Al_{(s)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3\,(s)}$

(ب) 0.1 mol

(جـ)

معادلة التفاعل	$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$		
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات المادّة بالمول	
الحالة الابتدائية	$x=0$	0	0.03	0.1
خلال التحوّل	x	$2x$	$0.03-3x$	$0.1-4x$
الحالة النهائية	$x_{max}=0.01$	0.02	0	0.06

(د) 1.62 g من Al

2.04 g من Al_2O_3

مثال (5)

تتحلّل كربونات الكالسيوم تحت تأثير الحرارة كما هو مبيّن في المعادلة التالية:

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

(أ) ما هي الكمّية النظرية لأكسيد الكالسيوم التي قد تنتج إذا تمّ تسخين 25 g من كربونات الكالسيوم؟

(ب) ما هي النسبة المئوية لناتج أكسيد الكالسيوم إذا تكوّن 13 g منه؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّل: اذكر المعلوم وغير المعلوم**

المعلوم: كتلة كربونات الكالسيوم المتفاعلة = 25 g

الكتلة الفعلية لأكسيد الكالسيوم الناتجة = 13 g

غير المعلوم: الكتلة النظرية لأكسيد الكالسيوم الناتجة.

طبّق: باستخدام جدول التفاعل يُمكن حساب عدد مولات أكسيد الكالسيوم ومن ثمّ حساب الكتلة النظرية الناتجة.

2. **احسب: حلّ غير المعلوم**

عدد مولات كربونات الكالسيوم، $n = \frac{m_s}{M.wt.}$

$$n(CaCO_3) = \frac{25}{100} = 0.25 \text{ mol}$$

معادلة التفاعل	$CaCO_3 \longrightarrow CO_2 + CaO$		
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول	
الحالة الابتدائية	$x = 0$	0	0.25
خلال التحوّل	x	x	$0.25 - x$
الحالة النهائية		0.25	0

الكتلة النظرية لأكسيد الكالسيوم

$m_s = n \times M.wt.$

$m_s(CaO) = 0.25 \times 56 = 14 \text{ g}$

النسبة المئوية للناتج

$$\frac{13}{14} \times 100 = 92.8\%$$

3. **قيّم: هل النتيجة لها معنى؟**

إنّ النسبة المئوية للناتج هي أقلّ من 100.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. يتكوّن 54.3 g من الحديد عندما يتفاعل 84.8 g من أكسيد الحديد (III) مع كمّية زائدة من أوّل أكسيد الكربون.

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \longrightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

احسب النسبة المئوية للحديد الناتج في هذا التفاعل

الحلّ: 91.6%

2. يتكوّن 27.9 g من كربيد السيليكون إذا تمّ تسخين 50 g من ثاني أكسيد السيليكون مع كمّية زائدة من الكربون طبقًا للمعادلة التالية:

$$SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow SiC_{(s)} + 2CO_{(g)}$$

احسب النسبة المئوية لكربيد السيليكون الناتج في هذا التفاعل

الحلّ: 83.5%

مراجعة الدرس 2–3

1. عرّف المادّة المتفاعلة المحدّدة والمادّة المتفاعلة الزائدة.
2. عرّف الناتج الفعلي والناتج النظري.
3. يحترق C_3H_7OH في الهواء طبقًا للمعادلة التالية:

$$2C_3H_7OH_{(l)} + 9O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 8H_2O_{(g)}$$

(أ) احسب عدد مولات الأكسجين اللازمة لتتفاعل مع 3.4 mol من C_3H_7OH.

(ب) أوجد عدد مولات كلّ ناتج متكوّن عند تفاعل 3.4 mol من C_3H_7OH مع الأكسجين.

4. يتأكسد الألمنيوم بأكسجين الهواء الجوّي وينتج عنه أكسيد الألمنيوم حسب المعادلة التالية:

$$Al_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)}$$

(أ) زن المعادلة السابقة.

(ب) في التفاعل السابق كتلة الألمنيوم المستعملة كانت 2.7 g وعدد مولات الأكسجين 0.03 mol.

احسب كمّية المادّة للألمنيوم في الحالة الابتدائية بالمول.

(جـ) اكتب جدول تقدّم التفاعل، واستنتج التقدّم الأقصى والمتفاعل المحدّد.

(د) اكتب الحالة النهائية بالكتلة.

أسئلة تطبيقية وحلّها

1. ينتج غاز الأسيتيلين C_2H_2 بإضافة 0.1 mol من الماء إلى 0.1 mol من كربيد الكالسيوم CaC_2 طبقًا للمعادلة التالية:

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

احسب عدد مولات الأسيتيلين الناتجة **الحلّ:** 0.05 mol

2. تُوضّح المعادلة التالية تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

احسب كتلة كلوريد الهيدروجين الناتجة من تفاعل 0.4 g من الهيدروجين و 0.71 g من غاز الكلور **الحلّ:** 0.73 g

2. النسبة المئوية للناتج Percent Yield

عندما تُستخدم المعادلة الكيميائية لحساب كمّية الناتج التي يُمكن أن تتكوّن خلال التفاعل الكيميائي، فإنّ هذه الكمّية تُسمّى **بالكمّية النظرية للناتج Mass of Theoretical Yield وهي أقصى كمّية للناتج التي من الممكن الحصول عليها من الكمّيات المعطاة للموادّ المتفاعلة.**

أمّا عمليًّا، فإنّ الكمّية التي تتكوّن هي أقلّ من الكمّية النظرية وتُسمّى **الكمّية الفعلية للناتج Mass of Actual Yield**، وهي **الكمّية التي تتكوّن فعليًّا أثناء إجراء التفاعل في المختبر.**

النسبة المئوية للناتج هي مقياس لكفاءة التفاعل وتُعرّف كما يلي:

$$\text{النسبة المئوية للناتج} = \frac{\text{الكمّية الفعلية للناتج}}{\text{الكمّية النظرية للناتج}} \times 100$$

غالبًا ما تكون النسبة المئوية للناتج أقلّ من 100% وذلك لعدّة عوامل، منها عدم الاتّحاد الكلّي للموادّ المتفاعلة، استعمال موادّ متفاعلة غير نقية، حدوث بعض التفاعلات الجانبية إلى جانب التفاعل الأصلي، فقدان جزء من كمّية الناتج عن طريق ترشيحه أو نقله من إناء إلى آخر.

مراجعة الوحدة الرابعة

الملخّص

اطلب إلى الطلّاب تلخيص المفاهيم الأساسية للوحدة وذلك بكتابة نبذة صغيرة من سطرين عن كلّ درس في الوحدة. ويجب أن يتضمّن الملخّص أيضًا أمثلة عديدة من الأسئلة التطبيقية التي تقوم بطرحها للمناقشة، ويُمكن إجراء ذلك بتقسيم الطلّاب إلى مجموعات، ثمّ يُراجَع عمل المجموعات مع بعضها للتأكّد من أنّها شملت جميع مواضيع الوحدة. اطرح على الطلّاب الأسئلة التالية:

◄ لماذا يجب وزن المعادلة الكيميائية؟ **[الذرّات في التفاعل الكيميائي لا تُخلَق ولا تفنى، بل يُعاد ترتيبها في المركّبات الناتجة من التفاعل. وبالتالي، يحتوي كلّ طرف من طرفي المعادلة على العدد نفسه من ذرّات كلّ عنصر.]**

◄ ما هي المعلومة التي تُوضّحها المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة؟ **[تُوضّح المعاملات في المعادلة الكيميائية علاقات كمّية للاتّحاد العنصري بين الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة من التفاعل.]**

◄ ماذا يُقصد بالمصطلح النسبة المولية؟ **[يشير إلى الكمّيات النسبية لمادّتين في المعادلة الكيميائية، ويُستَخدم كمُعامل تحويل ليربط عدد مولات مادّة ما وعدد مولات مادّة أخرى]**

◄ ما الأهمّية التي تمثّلها المادّة المتفاعلة المحدّدة؟ **[يعتمد الناتج الفعلي للتفاعل على الكمّية الأساسية للمادّة المتفاعلة المحدّدة.]**

(تُصمَّم تكاليف العمليات الاقتصادية الحقيقية بهدف تقليل الكمّيات المفقودة بدون استخدام، وذلك بالتأكّد من عدم وجود مادّة متفاعلة محدّدة ضمن الموادّ الداخلة في التفاعل.)

◄ ما هي النسبة المئوية للناتج؟

$$\text{[النسبة المئوية للناتج} = \frac{\text{الكتلة الفعلية للناتج}}{\text{الكتلة النظرية للناتج}} \times 100\text{]}$$

مراجعة الوحدة الرابعة

المفاهيم

الاختزال	Reduction	الأكسدة	Oxidation
الأيونات المتفرّجة	Spectator Ions	التفاعل الكيميائي	Chemical Reaction
التفاعل المتجانس	Homogeneous Reaction	التفاعل غير المتجانس	Heterogeneous Reaction
تقدّم التفاعل x	Reaction Advancement x	الخليط المتوازن	Balanced Mixture
العامل المؤكسد	Oxidizing Ahent	الصيغة الجزيئية	Molecular Formula
عدد أفوجادرو	Avogadro Number	العامل المختزل	Reducing Agent
قياس اتّحادية العناصر	Stoichiometry	عدد التأكسد	Oxidation Number
الكتلة المولية الجزيئية	Molecular Molar Mass	الكتلة المولية	Molar Mass
الكمّية النظرية للناتج	Mass of Theoretical Yield	الكمّية الفعلية للناتج	Mass of Actual Yield
المادّة المتفاعلة الزائدة	Excess Reactant	الكتلة المولية الذرّية	Atomic Molar Mass
المعادلة الكيميائية	Chemical Equation	المادّة المتفاعلة المحدّدة	Limiting Reactant
المعاملات	Coefficients	المعادلة الموزونة	Balanced Equation
الموادّ الناتجة	Products	الموادّ المتفاعلة	Reactants
الناتج الفعلي	Practical Yield	المول	Mole
النسبة المئوية للناتج	Percent Yield	الناتج النظري	Theoretical Yield

ملخص لمفاهيم الأجزاء التي جاءت في الوحدة

(1 – 1) التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

- التفاعل الكيميائي هو تغيّر في صفات الموادّ المتفاعلة وظهور صفات جديدة في الموادّ الناتجة أو كسر روابط الموادّ المتفاعلة وتكوين روابط جديدة في الموادّ الناتجة.
- في المعادلة الكيميائية، تُكتَب الصيغ الكيميائية للموادّ المتفاعلة على الجانب الأيسر من السهم، في حين تُكتَب الصيغ الكيميائية للموادّ الناتجة من التفاعل على الجانب الأيمن من السهم. ويشير رأس السهم إلى النواتج.
- يُمكن تمثيل التفاعل الكيميائي بصورة مختصرة بالمعادلة الكيميائية.
- الموادّ المتفاعلة هي الموادّ التي يُمكن أن يحدث لها تغيّر كيميائي، والموادّ الناتجة هي الموادّ الجديدة المتكوّنة نتيجة التفاعل الكيميائي.
- لتوضيح الحالة الفيزيائية للموادّ المتفاعلة أو الناتجة، تُكتَب الحروف التالية داخل أقواس بعد رمز الموادّ في المعادلة: للمادّة الصلبة (s) للمادّة السائلة (l) للغاز (g) وللمحلول المائي (aq).
- العامل الحفّاز هو مادّة تغيّر من سرعة معدّل التفاعل، ولكنّها لا تشترك فيه وتُكتَب الصيغة الكيميائية الخاصّة به فوق السهم في المعادلة الكيميائية.
- طبقًا لقانون بقاء الكتلة فإنّ المعادلة الكيميائية يجب أن تكون موزونة. ولوزن المعادلة يُمكن استخدام معاملات لجعل عدد ذرّات كلّ عنصر في طرفي المعادلة متساويًا.
- عدد ونوع ذرّات الموادّ المتفاعلة يُساوي عدد ونوع ذرّات الموادّ الناتجة.

(1 – 2) التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

- التفاعلات المتجانسة هي تفاعلات تكون الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة فيها من الحالة الفيزيائية نفسها.
- التفاعلات غير المتجانسة هي تفاعلات تكون الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة فيها من حالتين فيزيائيتين أو أكثر، مثل تفاعلات الترسيب وتفاعلات الأحماض والقواعد وتفاعلات الأكسدة والاختزال وتفاعلات تكوين الغاز

(2 – 1) الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

- المول هو وحدة قياس في النظام العالمي لقياس كمّية المادّة.
- يحتوي المول من أيّ مادّة على عدد أفوجادرو وهو 6×10^{23} من الوحدات البنائية.
- الذرّة هي الوحدة البنائية لمعظم العناصر.
- الجزيء هو الوحدة البنائية للعناصر الجزيئية ثنائية الذرّة ولجميع المركبات الجزيئية.
- الكتلة المولية الذرّية والكتلة المولية الجزيئية وكتلة الصيغة هي كتل مول واحد من العنصر، وكتلة مول واحد من المركّب الجزيئي وكتلة مول واحد من المركّب الأيوني على التوالي. وحدة الصيغة هي الوحدة البنائية للمركّبات الأيونية.
- الكتلة المولية لأيّ مادّة هي كتلة مول واحد من تلك المادّة مقدّرة بالجرام.
- المول الواحد لأيّ مادّة يحتوي على نفس العدد من الوحدات البنائية التي توجد في المول الواحد لأيّ مادّة أخرى.
- تجمع المول بالكتلة علاقة $n = \frac{m_s}{M_{wt}}$

حيث n = عدد المولات (mol) و m_s = كتلة المادّة (g) و M_{wt} = الكتلة المولية (g/mol)

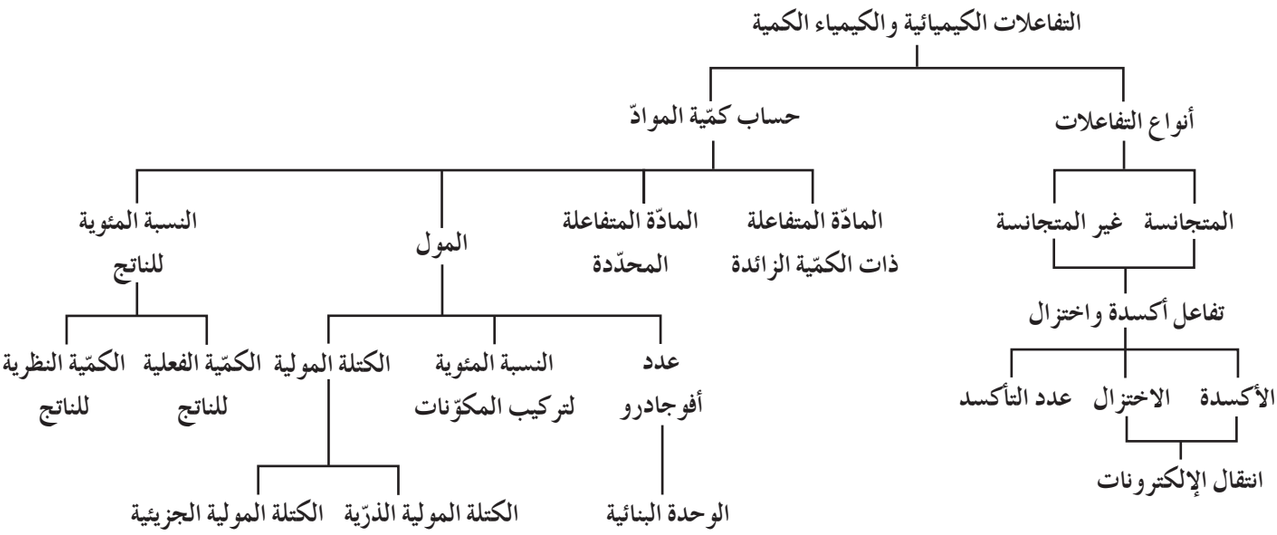
(2 – 2) النسب المئوية لتركيب المكوّنات

$$\text{النسبة المئوية لكتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركّب}} \times 100$$

الصيغة الأوّلية هي أبسط نسبة للأعداد الصحيحة لذرّات العناصر التي يتكوّن منها المركّب.

(2 – 3) المعادلة الكيميائية وحساب كمّية الموادّ

- المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة تدلّ على الأعداد النسبية لمولات الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة.
- يستخدم الكيميائيون المولات في الحساب الكيميائي.
- يجري تنفيذ جميع العمليات الحسابية المتضمّنة تفاعلات كيميائية عن طريق المعادلة الكيميائية الموزونة، وذلك لأنّها تخضع لقانون حفظ الكتلة.
- تُستخدم معاملات التحويل في الحسابات التي تُستخدَم في اتّحاد العناصر مع بعضها. تُستنتج هذه المعاملات من المعادلة الكيميائية الموزونة.
- النسبة المولية هي النسبة بين عدد مولات مادّة معيّنة معلومة بعدد مولات مادّة أخرى مطلوب تعيينها.
- عندما تتفاعل مادّتان أو أكثر في تفاعل كيميائي يجب تحديد المادّة المتفاعلة المحدّدة.
- المادّة المتفاعلة المحدّدة تُستهلَك بالكامل في التفاعل الكيميائي.
- كمّية المادّة المتفاعلة المحدّدة تُحدّد كمّية الناتج في التفاعل الكيميائي.
- إذا كان في تفاعل كيميائي مادّة متفاعلة محدّدة وحيدة فإنّ باقي الموادّ المتفاعلة تتواجد بكمّيات زائدة.



- قياس اتّحادية العناصر لأيّ تفاعل كيميائي: $aA + bB \longrightarrow cC + dD$

$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$$

- تقدّم التفاعل هو مقدار يُرمَز له بالحرف x ويُعبَّر عنه بالمول ويُمكّن من تتبّع تطوّر كمّيات المادّة للمجموعة الكيميائية أثناء تحوّل كيميائي انطلاقًا من معرفة كمّيات الموادّ الابتدائية n_0.
- يُعرَّف تقدّم التفاعل x بـ:

$$x = \frac{n_0(A) - n(A)}{a} = \frac{n_0(B) - n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$$

- لتتبّع تطوّر كمّيات الموادّ للمجموعة الكيميائية، نقوم بإنشاء جدول وصفي خاصّ بالتفاعل، حيث يتمّ تحديد كمّية المادّة لكلّ مجموعة كيميائية بدلالة تقدّم التفاعل x.

معادلة التفاعل		$aA + bB \longrightarrow cC + dD$			
حالة التفاعل	تقدّم التفاعل	كمّيات الموادّ بالمول			
الحالة الابتدائية	$x = 0$	0	0	$n(B)$	$n(A)$
خلال التحوّل	x	dx	cx	$n(B) - bx$	$n(A) - ax$
الحالة النهائية	x_{max}	dx_{max}	cx_{max}	$n(B) - bx_{max}$	$n(A) - ax_{max}$

- تصل المجموعة الكيميائية إلى حالتها النهائية بانقضاء كمّية المادّة لأحد المتفاعلات على الأقلّ، ويُسمّى هذا المتفاعل بالمتفاعل المحدّد. يأخذ تقدّم التفاعل x قيمته القصوى التي تُسمّى بالتقدّم الأقصى x_{max}.
- يتمّ تحديد التقدّم الأقصى x_{max} انطلاقًا من الجدول الوصفي بحيث هو أصغر قيمة يأخذها التقدّم x لكي تنعدم كمّية مادّة أحد المتفاعلات.
- كمّية الناتج النظري هي أقصى كمّية ناتج يُمكن الحصول عليها من الكمّيات المعطاة من الموادّ المتفاعلة في تفاعل كيميائي.
- كمّية الناتج الفعلي هي كمّية الناتج الذي يتكوّن فعليًّا أثناء إجراء التفاعل في المختبر.
- النسبة المئوية للناتج هي مقياس لكفاءة التفاعل وتُساوي:

$$\text{النسبة المئوية للناتج} = \frac{\text{الكمّية الفعلية للناتج}}{\text{الكمّية النظرية للناتج}} \times 100$$

خريطة مفاهيم الوحدة

استخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل التالي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة.

تحقق من فهمك

1. (أ) $2Al_{(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$

$2Al_{(s)} + 6H^+_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$

$2Al_{(s)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$

(ب) $2HCl_{(aq)} + Ba(OH)_{2(aq)} \rightarrow BaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

$2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

$2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

(جـ) $Au_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$ لا تفاعل

2. الأيون المتفرّج هو الأيون الذي لا يدخل مباشرة في التفاعل ويُشطَب من كلٍّ من طرفي المعادلة الأيونية الكاملة للحصول على المعادلة الأيونية النهائية.

3. (أ) $HNO_{3(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

(ب) $2HCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

(جـ) $H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

4. يكتسب العامل المؤكسد إلكترونات في عملية الأكسدة والاختزال، فيُختزَل.

5. يفقد العامل المختزل الإلكترونات في عملية الأكسدة، ويكتسب العامل المختزل الإلكترونات في عملية الاختزال.

6. تفاعلات الأحماض مع الفلزّات، تفاعلات نشاط الفلزّات

7. جميعها

8. (أ) عامل مؤكسد: PbO_2 وعامل مختزل: MnO

(ب) عامل مؤكسد: Cl_2 وعامل مختزل: Cl_2

(جـ) عامل مؤكسد: I_2O_5 وعامل مختزل: CO

9. (أ) $2HCl_{(aq)} + Mg(OH)_{2(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

(ب) $2HCl_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

(جـ) $3HCl_{(aq)} + Al(OH)_{3(s)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$

10. (أ) +4

(ب) +5

(جـ) +5

(د) +3

(هـ) +5

(و) +3

11. (أ) C

(ب) ClO_2.

تحقق من فهمك

1. أكمل المعادلات التالية، ثمّ اكتب المعادلة الأيونية النهائية.

(أ) $Al_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

(ب) $HCl_{(aq)} + Ba(OH)_{2(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

(جـ) $Au_{(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

2. ما هو الأيون المتفرّج؟

3. أكمل نواتج تفاعلات التعادل التالية، ثمّ اكتب المعادلات الموزونة لها:

(أ) $HNO_{3(aq)} + KOH_{(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

(ب) $HCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

(جـ) $H_2SO_{4(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

4. إشرح عملية الاختزال في تفاعلات الأكسدة والاختزال.

5. كيف تُفقد الإلكترونات في تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ وكيف تُكتسب؟

6. اذكر بعض الأنواع العامّة للتفاعلات التي تنطبق عليها صفات تفاعلات الأكسدة والاختزال.

7. أيّ من المعادلات غير الموزونة التالية تُمثّل تفاعلات أكسدة واختزال:

أ. ☐ $Li_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow LiOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

ب. ☐ $K_2Cr_2O_{7(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow KCl_{(aq)} + CrCl_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + Cl_{2(g)}$

جـ. ☐ $Al_{(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow AlCl_{3(aq)} + H_{2(g)}$

د. ☐ $P_{4(s)} + S_{8(s)} \longrightarrow P_2S_{5(s)}$

هـ. ☐ $MnO_{(s)} + PbO_{2(s)} \longrightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)}$ (وسط حمضي)

و. ☐ $Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow HCl_{(aq)} + HClO_{(aq)}$

ز. ☐ $I_2O_{5(s)} + CO_{(g)} \longrightarrow I_{2(s)} + CO_{2(g)}$

8. عيّن العامل المؤكسد والعامل المختزل لكلّ من التفاعلات (هـ)، (و)، (ز) في سؤال رقم 7.

9. اكتب معادلة تُوضّح تفاعل مضادّات الحموضة التالية مع حمض HCl.

(أ) هيدروكسيد المغنيسيوم

(ب) كربونات الكالسيوم

(جـ) هيدروكسيد الألمنيوم

10. عيّن عدد تأكسد الفوسفور في كلّ من الموادّ التالية.

(أ) P_4O_8

(ب) PO_4^{3-}

(جـ) P_2O_5

(د) P_4O_6

(هـ) H_3PO_4

(و) PO_3^{3-}

12. **(أ)** المادّة التي تأكسدت: HCl.

المادّة التي اختُزِلت: MnO_2.

العامل المؤكسد: MnO_2.

العامل المختزل: HCl.

(ب) المادّة التي تأكسدت: Cu.

المادّة التي اختُزِلت: HNO_3.

العامل المؤكسد: HNO_3.

العامل المختزل: Cu.

(جـ) المادّة التي تأكسدت: P.

المادّة التي اختُزِلت: HNO_3.

العامل المؤكسد: HNO_3.

العامل المختزل: P.

(د) المادّة التي تأكسدت: Na_2SnO_2.

المادّة التي اختُزِلت: $Bi(OH)_3$.

العامل المؤكسد: $Bi(OH)_3$.

العامل المختزل: Na_2SnO_2.

13. **(أ)** جزيء

(ب) جزيء

(جـ) وحدة الصيغة

(د) ذرّة

اختبر مهاراتك

1. **(أ)** 3 **(ب)** 9

(جـ) 2 **(د)** 10

2. تحتوي هذه الموادّ كلّها على 6×10^{23} جزيء

3. $1\ mol\ C_2H_6$

4. **(أ)** 1.81×10^{24} ذرّة Sn

(ب) 2.41×10^{23} وحدة صيغة KCl

(جـ) 4.52×10^{24} جزيء SO_2

(د) 5.06×10^{21} وحدة صيغة NaI

5. **(أ)** $98\ g/mol$

(ب) $76\ g/mol$

(جـ) $100\ g/mol$

(د) $132\ g/mol$

(هـ) $89\ g/mol$

(و) $160\ g/mol$

11. كلوريت الصوديوم مبيّض قوي يُستَخدم في صناعات الورق ويُحضَّر بالتفاعل التالي:

$$4NaOH_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} + C_{(s)} + 4ClO_{2(g)} \longrightarrow 4NaClO_{2(aq)} + CaCO_{3(s)} + 3H_2O_{(l)}$$

(أ) حدّد المادّة التي حدثت لها عملية أكسدة في التفاعل.

(ب) ما هو العامل المؤكسد في هذا التفاعل؟

12. حدّد المادّة التي حدثت لها عملية أكسدة والمادة التي حدثت لها عملية اختزل. والعامل المؤكسد والعامل المختزل في كلّ من تفاعلات الأكسدة والاختزال غير الموزونة التالية:

(أ) $MnO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow MnCl_{2(aq)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

(ب) $Cu_{(s)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + NO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

(جـ) $P_{(s)} + HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow NO_{(g)} + H_3PO_{4(aq)}$

(د) $Bi(OH)_{3(s)} + Na_2SnO_{2(aq)} \longrightarrow Bi_{(s)} + Na_2SnO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

13. اكتب أسماء الوحدات البنائية (الذرّة، الجزيء، وحدة الصيغة) للموادّ التالية:

(أ) الأكسجين

(ب) ثاني أكسيد الكبريت

(جـ) كبريتيد الصوديوم

(د) البوتاسيوم

تحقق من مهاراتك

1. كم عدد ذرّات الهيدروجين في الوحدة البنائية لكلّ من الموادّ التالية:

(أ) $Al(OH)_3$

(ب) $(NH_4)_2HPO_4$

(جـ) $H_2C_2O_4$

(د) $C_4H_{10}O$

2. أيّ من الموادّ التالية يحتوي على جزيئات أكثر:

(أ) $1\ mol$ من H_2O_2

(ب) $1\ mol$ من C_2H_6

(جـ) $1\ mol$ من CO

3. أيّ من الموادّ التالية يحتوي على ذرّات أكثر:

(أ) $1\ mol$ من H_2O_2

(ب) $1\ mol$ من C_2H_6

(جـ) $1\ mol$ من CO

4. أوجد عدد الوحدات البنائية في كلّ من الموادّ التالية:

(أ) $3\ mol$ من Sn

(ب) $0.4\ mol$ من KCl

(جـ) $7.5\ mol$ من SO_2

(د) $8.4 \times 10^{-3}\ mol$ من NaI

6. (أ) 0.258 mol من SiO_2

(ب) 0.000479 mol من AgCl

(جـ) 1.117 mol من Cl_2

(د) 0.106 mol من KOH

(هـ) 5.930 mol من $Ca(C_2H_3O_2)_2$

(و) 0.02 mol من Ca

7. (أ) 108 g من C_5H_{12}

(ب) 547 . 2 g من F_2

(جـ) 71.8 g من $Ca(CN)_2$

(د) 238 g من H_2O_2

(هـ) 224 g من NaOH

(و) 1.84 g من Ni

8. (أ) 180 g/mol من $C_9H_8O_4$

(ب) 3.46×10^{24} ذرّة من NH_4NO_3

9. (أ) H = 5.9 % و S = 94.1 %

(ب) N = 22.6 % و H = 6.5 % و C = 19.3 % و O = 51.6 %

(جـ) Mg = 41.4 % و H = 3.4 % و O = 55.2 %

(د) Na = 42.1 % و P = 18.9 % و O = 39 %

10. (أ) 3.33 g من S

(ب) 5.56 g من N

(جـ) 40.32 g من Mg

(د) 151 g من P

11. 77.7 % من Fe في FeO

12. H_2O_2

13. (أ) جزيئية

(ب) جزيئية

(جـ) أوّلية

(د) جزيئية

(هـ) أوّلية

14. (أ) $C_3H_6O_3$

(ب) Hg_2Cl_2

(جـ) $C_6H_{10}P_4$

15. (أ) H_2O_2

(ب) $C_4H_8O_4$

16. (أ) الموادّ المتفاعلة هي: الصوديوم والماء

الموادّ الناتجة هي: الهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم

(ب) الموادّ المتفاعلة هي: ثاني أكسيد الكربون والماء

الموادّ الناتجة هي: الأكسجين والجلوكوز

5. احسب الكتلة المولية لكلّ من الموادّ التالية:

(أ) H_3PO_4

(ب) N_2O_3

(جـ) $CaCO_3$

(د) $(NH_4)_2SO_4$

(هـ) $C_4H_8O_2$

(و) Br_2

6. كم عدد المولات في كلّ من الموادّ التالية:

(أ) 15.5 g من SiO_2

(ب) 0.0688 g من AgCl

(جـ) 79.3 g من Cl_2

(د) 5.96 g من KOH

(هـ) 937 g من $Ca(C_2H_3O_2)_2$

(و) 0.8 g من Ca

7. أوجد كتلة كلّ من الموادّ التالية:

(أ) 1.5 mol من C_5H_{12}

(ب) 14.4 mol من F_2

(جـ) 0.78 mol من $Ca(CN)_2$

(د) 7 mol من H_2O_2

(هـ) 5.6 mol من NaOH

(و) 3.12×10^{-2} mol من Ni

8. أوجد الكمّيات التالية:

(أ) الكتلة المولية الجزيئية لـ $C_9H_8O_4$

(ب) عدد الذرّات في 5.78 mol من NH_4NO_3

9. احسب النسب المئوية لمكوّنات المركّبات التالية:

(أ) H_2S

(ب) $(NH_4)_2C_2O_4$

(جـ) $Mg(OH)_2$

(د) Na_3PO_4

10. باستخدام إجابات السؤال السابق احسب كتلة العناصر التالية:

(أ) الكبريت في 3.54 g من H_2S

(ب) النيتروجين في 25 g من $(NH_4)_2C_2O_4$

(جـ) المغنيسيوم في 97.4 g من $Mg(OH)_2$

(د) الفوسفور في 804 g من Na_3PO_4

11. أيّ من المركّبات التالية يحتوي على أكبر نسبة مئوية من الحديد:

(أ) $FeCl_2$

(ب) $Fe(C_2H_3O_2)_3$

(جـ) $Fe(OH)_2$

(د) FeO

12. تحلّل 7.36 g من مركّب معيّن ليعطي 6.93 g من الأكسجين. إذا كان العنصر الآخر الوحيد في المركّب هو الهيدروجين، وعلمت أنّ الكتلة المولية للمركّب هي 34 g/mol فما هي الصيغة الجزيئية لهذا المركّب؟

13. صنّف الصيغ التالية كصيغة أوّلية أو صيغة جزيئية:

(أ) S_2Cl_2

(ب) $C_6H_{10}O_4$

(جـ) Na_2SO_3

(د) $C_5H_{10}O_5$

(هـ) $(NH_4)_2CO_3$

14. إذا علمت الصيغة الأوّلية والكتلة المولية للمركّبات التالية فما هي الصيغ الجزيئية لكلّ منها:

(أ) CH_2O و 90 g/mol

(ب) HgCl و 472.2 g/mol

(جـ) $C_3H_5P_2$ و 206 g/mol

15. عيّن الصيغة الجزيئية لكلّ من المركّبات التالية:

(أ) 94.1 %O ،5.9 %H ، الكتلة المولية له 34 g/mol

(ب) 40 %C ،6.6 %H ،53.4 %O ، الكتلة المولية له 120 g/mol

16. حدّد الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة في كلّ من التفاعلات التالية:

(أ) تكوّن غاز الهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم عند إلقاء الصوديوم في الماء.

(ب) يتفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء في عملية التركيب الضوئي ليتكوّن غاز الأكسجين والجلوكوز.

17. اكتب تعليقًا يصف كلًّا من التفاعلات الموضّحة في المعادلات الهيكلية التالية وصفًا كاملًا:

(أ) $NH_{3(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{Pt} NO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

(ب) $H_2SO_{4(aq)} + BaCl_{2(aq)} \longrightarrow BaSO_{4(s)} + HCl_{(aq)}$

(جـ) $N_2O_{3(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow HNO_{2(aq)}$

18. ما فائدة استخدام العامل الحفّاز؟

19. زن المعادلات التالية:

(أ) $PbO_2 \longrightarrow PbO + O_2$

(ب) $Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 + H_2O$

(جـ) $(NH_4)_2CO_3 \longrightarrow NH_3 + H_2O + CO_2$

(د) $NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + HCl$

(هـ) $H_2 + Fe_3O_4 \longrightarrow Fe + H_2O$

(و) $Al + CuSO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + Cu$

20. اشرح كلًّا من المعادلات الكيميائية التالية في ضوء عدد المولات لكلّ من الموادّ المتفاعلة والموادّ الناتجة:

(أ) $2KClO_{3(s)} \longrightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$

(ب) $4NH_{3(g)} + 6NO_{(g)} \longrightarrow 5N_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$

(جـ) $4K_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2K_2O_{(s)}$

17. (أ) يتفاعل غاز الأمونيا مع الأكسجين في وجود البلاتين كعامل حفّاز ليتكوّن غاز أكسيد النيتروجين وبخار الماء.
(ب) تتفاعل المحاليل المائية لكلّ من حمض الكبريتيك وكلوريد الباريوم لتكوين راسب من كبريتات الباريوم ومحلول مائي من حمض الهيدروكلوريك.
(جـ) يتفاعل غاز ثلاثي الأكسيد ثنائي النيتروجين مع الماء لتكوين محلول مائي من حمض النيتروز.

18. العامل الحفّاز يسرّع التفاعل بدون التعديل في الموادّ الناتجة.

19. (أ) $2PbO_2 \rightarrow 2PbO + O_2$
(ب) $2Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$
(جـ) $(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3 + H_2O + CO_2$
(د) $2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$
(هـ) $4H_2 + Fe_3O_4 \rightarrow 3Fe + 4H_2O$
(و) $2Al + 3CuSO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3Cu$

20. (أ) يتحلّل عدد اثنين من وحدات الصيغة للمركّب $KClO_3$ ليتكوّن عدد اثنين من وحدات الصيغة KCl وثلاثة جزيئات O_2.
(ب) تتفاعل أربعة جزيئات NH_3 مع 6 جزيئات NO لتتكوّن 5 جزيئات N_2 و6 جزيئات H_2O.
(جـ) تتفاعل 4 ذرّات K مع جزيء واحد O_2 لتتكوّن اثنتان من وحدات الصيغة للمركّب K_2O.

21. (أ) 0.54 mol
(ب) 13.6 mol
(جـ) 0.984 mol
(د) 236 mol

22. (أ) 11.25 mol من CO و22.5 mol من H_2
(ب) 112 g من CO و16 g من H_2
(جـ) 11.4 g من H_2

23. (أ) 372.2 g من F_2
(ب) 1.32 g من NH_3
(جـ) 123 g من N_2F_4

24. تُوضّح المعاملات الأعداد النسبية للمولات أو الجسيمات للموادّ المتفاعلة والناتجة.

25. تُحدّد كمّية المادّة المحدّدة أقصى كمّية للناتج الذي يُمكن أن يكون في التفاعل. وتُستهلك المادّة المتفاعلة الزائدة جزئيًّا في التفاعل.

26. لتحديد المادّة المحدّدة، فإنّه يجب التعبير عن كمّيات الموادّ المتفاعلة بالمولات، ومقارنتها بالنسبة المولية من المعادلة الموزونة.

21. يُحتبَر ثاني كبريتيد الكربون من المذيبات الصناعية الهامّة، ويُحضَّر بتفاعل الفحم مع ثاني أكسيد الكبريت:

$$5C_{(s)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(l)} + 4CO_{(g)}$$

(أ) كم عدد المولات من CS_2 التي تتكوّن بتفاعل 2.7 mol من C؟
(ب) كم عدد المولات من الكربون اللازمة لتتفاعل مع 5.44 mol من SO_2؟
(جـ) كم عدد المولات من أوّل أكسيد الكربون التي تتكوّن في الوقت نفسه الذي يتكوّن فيه 0.246 mol من CS_2؟
(د) كم مول من SO_2 يلزم لتكوين 118 mol من CS_2؟

22. يُستَخدم الميثانول في إنتاج الكثير من الموادّ الكيميائية، ويُحضَّر بتفاعل أوّل أكسيد الكربون والهيدروجين عند ضغط عالٍ ودرجة حرارة عالية:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CH_3OH_{(g)}$$

(أ) احسب عدد مولات كلّ من الموادّ المتفاعلة لتكوين 3.6×10^2 g من CH_3OH.
(ب) احسب كتلة لكلّ من الموادّ المتفاعلة اللازمة لإنتاج 4 mol من CH_3OH.
(جـ) احسب كتلة الهيدروجين اللازمة لتتفاعل مع 2.85 mol من CO.

23. يتفاعل الفلور مع الأمونيا، يتكوّن رابع فلوريد ثنائي النيتروجين وفلوريد الهيدروجين:

$$5F_{2(g)} + 2NH_{3(g)} \longrightarrow N_2F_{4(g)} + 6HF_{(g)}$$

(أ) إذا بدأت التفاعل بـ 66.6 g من NH_3 فما هي الكتلة اللازمة من F_2 لحدوث تفاعل تامّ؟
(ب) احسب كتلة NH_3 اللازمة لتكوين 4.65 g من HF.
(جـ) احسب كتلة N_2F_4 التي يُمكن أن تتكوّن من 225 g من F_2.

24. ما هي المعلومات التي يُمكن استخلاصها من المعادلات في المعادلة الكيميائية الموزونة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

25. ما هي دلالة المادّة المتفاعلة المحدّدة في تفاعل كيميائي؟ وماذا يحدث لأيّة مادّة تتواجد بكمّية زائدة في التفاعل؟

26. كيف يُمكنك تحديد المادّة المتفاعلة المحدّدة في تفاعل كيميائي؟

27. حدّد المادّة المتفاعلة المحدّدة لكلّ من التفاعلات التالية:

(أ) $2Al + 3Cl_2 \longrightarrow 2AlCl_3$
5.3 mol 3.6 mol

(ب) $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
3.4 mol 6.4 mol

(جـ) $2P_2O_5 + 6H_2O \longrightarrow 4H_3PO_4$
1.52 mol 10.48 mol

(د) $4P + 5O_2 \longrightarrow 2P_2O_5$
18 mol 14.5 mol

28. احسب عدد مولات كلّ ناتج من المعادلات السابقة.

29. احسب عدد مولات المادّة المتفاعلة ذات الكمّية الزائدة بعد نهاية تفاعل كلّ معادلة من معادلات السؤال رقم 27.

30. يتسخين خام كبريتيد الأنتيمون في وجود الحديد، يتكوّن عنصر الأنتيمون وكبريتيد الحديد (II):

$$Sb_2S_{3(s)} + 3Fe_{(s)} \longrightarrow 2Sb_{(s)} + 3FeS_{(s)}$$

إذا تفاعل 15 g من Sb_2S_3 مع زيادة من الحديد يتكوّن 9.84 g من Sb. ما هي النسبة المئوية للناتج في هذا التفاعل؟

27. (أ) Cl_2

(ب) H_2

(جـ) P_2O_5

(د) O_2

28. (أ) 2.4 mol من $AlCl_3$

(ب) 3.4 mol من H_2O

(جـ) 3.04 mol من H_3PO_4

(د) 5.8 mol من P_2O_5

29. (أ) 2.9 mol من Al

(ب) 4.7 mol من O_2

(جـ) 5.92 mol من H_2O

(د) 6.4 mol من P

30. 91.6 %

31. (ب) 0.842 mol من C_2H_4 تحتوي على أكبر عدد من الذرّات.

32. 24.5 g

33. (أ) CO

(ب) $C_2O_2NH_5$

(جـ) Cl_2OC

34. (أ) $CuBr_2$

(ب) CH_3

35. (أ) $Cl_{2(g)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + I_{2(s)}$

(ب) $2Fe_{(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2FeCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$

(جـ) $2Ag_2O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 4Ag_{(s)} + O_{2(g)}$

(د) $I_{2(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2ICl_{3(s)}$

(هـ) $4HgS_{(s)} + 4CaO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 4Hg_{(l)} + 3CaS_{(s)} + 3CaSO_{4(s)}$

36. (أ) 2.36 g من H_3PO_4

(ب) 1.79 g من CO_2

37. (أ) 0.61 g من Zn

(ب) 94.57 g من Zn

38. (أ) 96.6 %

(ب) 46.66 g

31. أيّ من المركّبات التالية يحتوي على أكبر عدد من الذرّات:
(أ) 42 g من Kr
(ب) 0.842 mol من C_2H_4
(جـ) 36 g من N_2

32. ما هي الكتلة لخليط من 3.5×10^{22} وحدات صيغة من Na_2SO_4 و0.5 mol من H_2O و7.23 g من AgCl؟

33. عيّن الصيغة الأوّلية لكلّ من المركّبات التالية التي تحتوي على:
(أ) 42.9 % C، 57.1 % O و M.wt. = 28 g/mol
(ب) 32 % C، 42.66 % O، 18.67 % N، 6.67 % H و M.wt. = 75 g/mol
(جـ) 71.72 % Cl، 16.16 % O، 12.12 % C و M.wt. = 99 g/mol

34. احسب الصيغة الأوّلية لكلّ من المركّبات التالية:
(أ) مركّب يتكوّن من 0.4 mol من Cu لكلّ 0.8 mol من Br.
(ب) مركّب فيه 4 ذرّات كربون لكلّ 12 ذرّة هيدروجين.

35. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لكلّ من التفاعلات التالية، مع استخدام الرموز اللازمة لوصف التفاعل وصفًا كاملًا:
(أ) إمرار غاز الكلور في محلول من يوديد البوتاسيوم ليتكوّن اليود ومحلول كلوريد البوتاسيوم.
(ب) تكوّن غاز الهيدروجين ومحلول مائي من كلوريد الحديد (II) عند غمر الحديد الفلزّي في حمض الهيدروكلوريك.
(جـ) تسخين أكسيد الفضّة الصلب لتتكوّن الفضّة وغاز الأكسجين.
(د) تتفاعل بلّورات اليود مع غاز الكلور ليتكوّن كلوريد اليود.
(هـ) يُمكن إنتاج فلزّ الزنبق بتسخين خليط من كبريتيد الزئبق (II) وأكسيد الكالسيوم. يُمكن أن تتكوّن أيضًا نواتج إضافية أخرى مثل كبريتيد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم.

36. تتفاعل كربونات الكالسيوم مع حمض الفوسفوريك لتكوين فوسفات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون والماء:

$$3CaCO_{3(s)} + 2H_3PO_{4(aq)} \longrightarrow Ca_3(PO_4)_{2(aq)} + 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

(أ) احسب كتلة حمض الفوسفوريك التي تتفاعل مع كربونات الكالسيوم المتواجد بكمّية زائدة لتكوين 3.74 g من $Ca_3(PO_4)_2$.
(ب) احسب كتلة CO_2 المتكوّنة عند تكوين 0.733 g من H_2O.

37. يتفاعل حمض النيتريك والخارصين لتتكوّن نيترات الخارصين ونيترات الأمونيوم وماء:

$$4Zn_{(s)} + 10HNO_{3(aq)} \longrightarrow 4Zn(NO_3)_{2(aq)} + NH_4NO_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

(أ) احسب كتلة الخارصين التي تتفاعل مع 1.49 g من HNO_3.
(ب) احسب كتلة الخارصين التي يجب أن تتفاعل مع حمض HNO_3 المتواجد بكمّية زائدة لتكوين 29.1 g من NH_4NO_3.

38. عند تسخين 50 g من ثاني أكسيد السيليكون مع كمّية زائدة من الكربون يتكوّن 32.2 g من كربيد السيليكون:

$$SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow SiC_{(s)} + 2CO_{(g)}$$

(أ) ما هي نسبة الناتج في هذا التفاعل؟
(ب) احسب كتلة CO المتكونة.

39. $CaSO_4$ من 10.7 kg

40. لا تُعتبَر تفاعلات التبادل المزدوج تفاعلات أكسدة واختزال لأنّه هناك تبادل للذرّات أو الأيونات من دون تغيير في عدد الأكسدة.

41. 9 g من الهيدروجين و 72 g من الأكسجين.

42. **(أ)**

H_2O (mol)	H_2O (g)	$CaCl_2$ (mol)	$CaCl_2$ (g)
0.312	5.62	0.155	17.3
0.877	15.80	0.439	48.8
2.238	40.30	1.117	124
6.055	109.00	3.036	337

(ب) نستنتج من الجدول السابق العلاقة التالية:

عدد مولات الماء = ضعف عدد مولات كلوريد الكالسيوم.

(جـ) عدد مولات الماء = 2

43. **(أ)** $5CO_{(g)} + I_2O_{5(s)} \rightarrow I_{2(s)} + 5CO_{2(g)}$

(ب) العنصر المؤكسد: اليود في I_2O_5 وهو الذي اختُزِل

العنصر المختزل: الكربون في CO وهو الذي تأكسد

(جـ) 0.229 g

مشاريع الوحدة

1. سوف تختلف الإجابات.
2. سوف تختلف الإجابات.
3. سوف تختلف الإجابات.

39. تُساوي النسبة المئوية لناتج التفاعل التالي 96.8%:

$$2CaCO_{3(s)} + 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CaSO_{4(s)} + 2CO_{2(g)}$$

احسب كتلة $CaSO_4$ المتكوّنة عند تفاعل 5.24 kg من SO_2 مع كمّية زائدة من $CaCO_3$ و O_2.

40. الكثير من تفاعلات التحلّل والاحتراق وتفاعلات أخرى هي تفاعلات أكسدة واختزال. لماذا لا تُعتبَر تفاعلات التبادل المزدوج تفاعلات أكسدة واختزال؟

41. احسب كتلة كلّ من الهيدروجين والأكسجين المطلوبة لتحضير 4.5 mol من الماء.

42. يُستَخدم كلوريد الكالسيوم الصلب الأبيض كعامل تجفيف، ويُوضّح الجدول التالي أقصى كمّية للماء التي تُمتَصّ بكمّيات مختلفة من كلوريد الكالسيوم:

H_2O (mol)	H_2O (g)	$CaCl_2$(mol)	$CaCl_2$(g)
	5.62		17.3
	15.80		48.8
	40.30		124
	109.00		337

(أ) أكمل الجدول.

(ب) ارسم علاقة بيانية بين كمّية الماء الممتصّة على المحور السيني وعدد مولات $CaCl_2$ على المحور الصادي.

(جـ) استنتج من العلاقة البيانية السابقة عدد جزيئات الماء التي تُمتَصّ بوحدة الصيغة $CaCl_2$ ومضاعفاتها.

43. يُمكن إزالة أوّل أكسيد الكربون من الهواء بإمراره فوق خامس أكسيد ثنائي اليود الصلب:

$$CO_{(g)} + I_2O_{5(s)} \longrightarrow I_{2(s)} + CO_{2(g)}$$

(أ) زن المعادلة.

(ب) عرّف العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختُزِل.

(جـ) احسب الكتلة التي يُمكن إزالتها من أوّل أكسيد الكربون من الهواء بواسطة 0.55 g من I_2O_5.

المشاريع

1. صمّم تجربة لاختبار كيفية فقدان العملة النحاسية لمعانها أو بريقها بسرعة. يجب أن تشمل التجربة طريقة لتنظيف العملة النحاسية من الطبقة التي تكوّنت عليها وتسبّبت بفقدان اللمعان، وكيفية الحفاظ أيضًا على العملة النحاسية الجديدة بدون أن تفقد لمعانها لاستخدامها كمرجع للمقارنة. اعرض تجربتك على معلّمك وإذا وافق عليها، فقم بتنفيذها مع زملائك في الصفّ.
2. عند قطع الفواكه، مثل التفّاح والموز، وتعرّضها للهواء تُلاحظ تلوّن السطح المقطوع المعرّض للهواء وتحوّله إلى اللون البنّي. سبب تكوّن هذا اللون هو وجود إنزيمات في مثل هذه الفواكه تحفّز تفاعل الأكسدة الذي ينتج عنه هذا اللون البنّي. إذا غمرنا السطح المقطوع من الفاكهة في عصير الليمون الذي يحتوي على موادّ مضادّة للأكسدة، يُمكنها منع تكوّن اللون البنّي. صمّم تجربة لاختبار فعّالية سوائل أخرى لمنع تكوّن اللون البنّي على الأسطح المقطوعة للفاكهة، مثل ماء الصنبور والماء الملحي والمشروبات الغازية وعصير الفاكهة.
3. اكتب في كرّاستك الخاصّة جميع التفاعلات الكيميائية التي تُلاحظها خلال أسبوع واحد في حياتك العملية، وقم بتصنيف كلّ تفاعل منها، واكتب مشاهداتك التي تُؤيّد حدوث التفاعل مع محاولة استنتاج نواتج كلّ تفاعل.

4. الألمنيوم هو إحدى الموادّ التي يُعاد تصنيعها باستخدام مفهوم المول. صمّم تجربة لمعرفة عدد ذرّات الألمنيوم في أنواع أخرى من علب الألمنيوم. هل جميعها يحتوي على العدد نفسه من الذرّات؟ اعرض النتائج على معلّم الفصل، وفي حالة الموافقة عليها ناقشها مع زملائك.
5. يحتوي خليط من برادة الحديد وملح الطعام على مول واحد من الجسيمات. صمّم تجربة تُساعدك على تعيين النسبة المئوية لكتلة كلّ من الحديد والملح في الخليط. هل هناك أكثر من طريقة لتعيين النسبة المئوية للمكوّنات في الخليط؟ صمّم عدّة تجارب يُمكنك بها تأدية الغرض المطلوب.
6. اكتب عيّنة من المسائل التي تُستخدَم فيها الحسابات المبيّنة على المول والكتلة، وتبادل مع زملائك التمارين على نوعية هذه المسائل.
7. ارسم نموذجًا لتوضيح الذرّات والجزيئات المتضمّنة في التفاعل الكيميائي بين 2.3 mol من الكبريت الصلب وغاز الأكسجين (ينتج عن هذا التفاعل ثالث أكسيد الكبريت). تأكّد أن يتضمّن النموذج أيضًا قيم الكتل لكلّ من الموادّ المتفاعلة والناتجة.
8. أي من العناصر الأخرى، غير الكربون، استُخدِمت لتعريف المول؟ اكتب تقريرًا مختصرًا يُلخّص المعلومات التي توصّلت إليها.
9. تُصنّف الأسمدة التجارية بأرقام تدلّ على النسبة المئوية لكتل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، وهي عناصر هامّة لنموّ النباتات. قم بدراسة بعض هذه الأسمدة، ثمّ اكتب تقريرًا عن العناصر الغذائية اللازمة لتلك النباتات.

4. يقوم الطلّاب بقياس كتلة العلبة بالجرامات وتحويل النتيجة إلى عدد ذرّات. تحتوي الأنواع الأخرى من علب الألمنيوم على كتل مختلفة، ويُمكن أن تأتي الأخطاء من عملية الوزن أو الميزان أو عدم نظافة علب الألمنيوم.
5. سوف تختلف التجارب، ولكنّها يجب أن تتضمّن طريقة لفصل الخليط حتّى نتمكّن من تعيين كتلة أحد من مكوّنات الخليط، الذي يُمكن فصله بواسطة مغناطيس أو إذابة الخليط في الماء ليذوب الملح. وتُنقَل برادة الحديد بسرعة من المحلول وتُجفَّف قبل عملية الوزن.
6. سوف تختلف الإجابات، وعليك مراجعة حسابات النسب المئوية والنتائج.
7. يقوم الطلّاب برسم النماذج باستخدام الكرات لتمثيل وتوضيح ذرّات الكبريت وجزيئات الأكسجين، ويتضمّن النموذج أيضًا شرح المعادلة التالية:

$$2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$$

8. سوف تختلف الإجابات، ولكن يجب التأكّد من تضمّن إجابات الطلّاب أمثلة عن كيفية تعيين عدد أفوجادرو تاريخيًّا. ويجب على الطلّاب أيضًا أن يكتشفوا أنّ عناصر أخرى، مثل الهيدروجين والنيتروجين والأكسجين، قد تمّ استخدامها كأساس للمول.
9. يجب أن يكتشف الطلّاب احتواء الأنواع المختلفة من الأسمدة على كمّيات نوعية من N–P–K تعتمد على ما تحتاجه النباتات. فعلى سبيل المثال، تتطلّب الطماطم والخضراوات سماد 18–18–21 في حين يتطلّب الورد سماد 8–12–4.

مخطط الوحدة الخامسة: مركّبات الكربون

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص	معالم الوحدة
1. مركبات الكربون غير العضوية	1–1 خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري	• تعداد خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري. • المقارنة بين الأشكال المتآصلة للكربون.	2	اكتشف بنفسك: التحلّل الحراري للسكّر الكيمياء في خدمة الصناعة: الماس الصناعي
	2–1 تكنولوجيا النانو	• يتعرّف إلى تكنولوجيا النانو وتطوّرها. • يتعرّف إلى أهمّية هذه التكنولوجيا واستخدامها. • يتعرّف إلى أحد أهمّ الأشكال المتآصلة للكربون ويُعدّد خواصّه.	2	
	3–1 خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية	• تعداد خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية CO و CO_2. • وصف الروابط الكيميائية في CO و CO_2. • تعداد فوائد ومضارّ CO و CO_2.	3	
2. مركبات الكربون العضوية	1–2 خواصّ مركّبات الكربون العضوية	• تعرّف خواصّ مركّبات الكربون العضوية.	3	
	2–2 تركيب مركّبات الكربون العضوية	• تعداد العناصر الأساسية لمركّبات الكربون العضوية.	3	
مراجعة الوحدة			3	
إجمالي عدد الحصص			16	

الوحدة الخامسة

مركّبات الكربون

مكونات الوحدة

الفصل الأوّل: مركّبات الكربون غير العضوية

الدرس 1–1: خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري

الدرس 1–2: تكنولوجيا النانو

الدرس 1–3: خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية

الفصل الثاني: مركّبات الكربون العضوية

الدرس 2–1: خواصّ مركّبات الكربون العضوية

الدرس 2–2: تركيب مركّبات الكربون العضوية

مقدمة

تهدف دراستنا لمركّبات الكربون إلى تعرّف خواصّ عنصر الكربون ومركّبات الكربون العضوية وغير العضوية. وسنعالج بعض المواضيع باستخدام بعض المفاهيم الحديثة لمركّبات الكربون مثل الأشكال التآصلية الجديدة للكربون.

تتضمّن الوحدة فصلين هما:

- مركّبات الكربون غير العضوية
- مركّبات الكربون العضوية

في الفصل الأوّل، سيدرس الطالب أكاسيد الكربون CO و CO_2 من خلال دراسته مركّبات الكربون غير العضوية، وما يرتبط بها من تطبيقات رياضية وعملية. أمّا في الفصل الثاني، فسوف يدرس الطالب مركّبات الكربون العضوية، مثل الهيدروكربون والمركّبات الأكسجينية والنيتروجينية. وتشمل هذه الوحدة بعض التطبيقات، والأمثلة، والاستكشافات، والتجارب العملية التي تُعزّز فهم الطالب للمحتوى.

التعليق على الصورة الافتتاحية للوحدة

اطلب إلى الطلّاب تفحّص الصورة الافتتاحية للوحدة، والتعليق عليها، ووصف ما يرونه، واستنتاج أن الكربون قد تمّ عزله قديمًا من خلال حرق أغصان الأشجار بمعزل عن الهواء.

إجابات أسئلة مقدّمة الوحدة

ثاني أكسيد الكربون

السكّر

أوّل أكسيد الكربون

الوحدة الخامسة

مركّبات الكربون
Carbon Compounds

عُرف عنصر الكربون منذ القدم حيث تمّ عزله من خلال حرق أغصان الأشجار بمعزل عن الهواء لصناعة الفحم. لذلك يرجع أصل كلمة كربون إلى «Carbo» التي تعني فحمًا باللغة اللاتينية. يُعتبَر عنصر الكربون العنصر الملك بين عناصر الجدول الدوري. فهو العنصر الأساسي لأكثر من عشرة ملايين مركّبًا عضويًّا معروفًا، وإنّ الآلاف منها أساسي للحياة، مثل البروتينات والسكّريات والدهنيات.

ما هو مركّب الكربون غير العضوي الذي يُعَدّ أساسيًّا في عملية البناء الضوئي عند النبات؟

ما هو مركّب الكربون العضوي الذي تُنتجه النباتات خلال عملية البناء الضوئي؟

ما هو مركّب الكربون غير العضوي المنبعث من عوادم السيّارات والمعروف بـ «القاتل الصامت»؟

اكتشف بنفسك

التحلّل الحراري للسكّر (سكّروز)

لإجراء هذا النشاط يجب استخدام المواد التالية: أنبوبة اختبار، ماسك، موقد بنزن، مكعّب سكّر.

ضع نظّارة الأمان، واتّبع خطوات الأمان الخاصّة بالعمل في مختبر الكيمياء.

1. ضع مكعّب السكّر في الأنبوبة.
2. سخّن الأنبوبة بشكل متجانس.
3. ماذا تُلاحظ؟
4. صف تغييرات لون السكّر.
5. ماذا تُلاحظ على جوانب أنبوبة الاختبار؟
6. سمّ المواد الناتجة.
7. أكمل هذا التفاعل: سكّر $\xrightarrow{\Delta}$ .... + ...

82

فصول الوحدة

الفصل الأوّل
- مركّبات الكربون غير العضوية

الفصل الثاني
- مركّبات الكربون العضوية

أهداف الوحدة
- يتعرّف خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري.
- يُدرك خواصّ بعض مركّبات الكربون غير العضوية.
- يعي فوائد ومضارّ بعض مركّبات الكربون غير العضوية.
- يُدرك خواصّ مركّبات الكربون العضوية.
- يتعرّف العناصر الأساسية لمركّبات الكربون العضوية.

معالم الوحدة
اكتشف بنفسك: التحلّل الحراري للسكّر (سكّروز)
الكيمياء في خدمة الصناعة: الماس الصناعي

اكتشف بنفسك

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعات والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الطالب ص 82

الإجابات:

عند تسخين الأنبوبة نلاحظ راسبًا أسود وتظهر فقاعات ماء على جوانب أنبوبة الاختبار. ينتج عن هذا الاحتراق كربون وماء.

سكّر $\xrightarrow{\Delta}$ كربون + ماء

الأهداف المتوقع اكتسابها بعد دراسة الوحدة الخامسة

الأهداف الخاصّة

أتوقع أن يكون الطالب قادرًا على أن:

1. **يُحدّد المفردات والعبارات الكيميائية التالية:**

المجموعة 4A، كربون، أوّل أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكربون، أشكال متآصلة، مركبات كربون غير عضوية، مركبات كربون عضوية، هيدروكربون، صيغة جزيئية، صيغة بنائية، التحليل العنصري العضوي، التحليل النوعي، التحليل الكمّي، تفاعل الاحتراق

2. **يتعرّف المفاهيم العلمية التالية:**

- العنصر الأساسي لمركّبات الكربون هو الكربون.
- الأشكال المتآصلة للكربون.
- تُعتبَر أكاسيد الكربون من مركّبات الكربون غير العضوية.
- مضارّ وفوائد كلّ من أوّل أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
- أصناف مركّبات الكربون العضوية.
- الصيغة الجزيئية والبنائية لمركّب كربون عضوي.
- التحليل العنصري الكيفي والكمّي لمركّب كربون عضوي.

3. **يُعطي أمثلة عن التطبيقات العملية الحياتية لمفاهيم هذه الوحدة ويُفسّرها، مثل:**

- التركيب الضوئي للنباتات
- تجنّب أوّل أكسيد الكربون

الأهداف المهارية

يُرجى أن يكتسب الطالب المهارات التالية:

- كتابة بعض المعادلات الكيميائية الموزونة.
- إجراء التجارب الكيميائية المستخدمة في مركّبات الكربون.

الأهداف الانفعالية

يجب أن يكتسب الطالب:

1. **الاتّجاهات التالية:**

- الاتّجاه نحو إجراء التجارب لتوضيح وإثبات بعض القوانين العلمية.
- الاتّجاه نحو الدقّة في حلّ مشكلة أو ظاهرة ما على أساس مفاهيم الوحدة.

2. **الميول العلمية المناسبة التالية:**

- وضع خرائط للمفاهيم توضح مفاهيم الوحدة.
- تخصيص ملف يجمع فيه الطالب الأبحاث والدراسات التي قام بها خلال دراسته لهذه الوحدة.
- وضع لافتات إرشادية تخدم البيئة للتوعية إلى إخطار التلوّث بعد دراسة هذه الوحدة.

3. **أوجه التقدير التالية:**

- تقدير الأهمّية الاقتصادية لبعض الموادّ، وتأثيراتها على الصحّة العامّة.
- تقدير الجهود المبذولة لترشيد استغلال الثروات الطبيعية في دولة الكويت.
- تقدير جهود العلماء عامّةً، وعلماء الكيمياء خاصّة، وإسهاماتهم.

الفصل الأول

مركّبات الكربون غير العضوية

دروس الفصل

الدرس 1–1: خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري

الدرس 1–2: تكنولوجيا النانو

الدرس 1–3: خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية

في هذا الفصل، سوف يدرس الطالب خواصّ عناصر المجموعة الرابعة في الجدول الدوري بشكل أعمق بما يتناسب مع مستواه العقلي في هذه المرحلة. فسيدرس بشكل خاصّ خواصّ عنصر الكربون مع التركيز على الأشكال التآصلية له واستخداماتها في الحياة الصناعية. كما سيتمّ التركيز على مركّبات الكربون غير العضوية، ولاسيّما أوّل وثاني أكسيد الكربون، ومضارّ وفوائد هذه الأكاسيد.

سيُنفّذ الطلّاب في هذا الفصل تجربة عملية تُعزّز فهمهم لمركّبات الكربون غير العضوية:

- تحضير غاز ثاني أكسيد الكربون والكشف عنه

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

اعرض على الطلّاب صور الفصل، مستخدمًا جهاز العرض العلوي. وجّه أسئلة حول أكاسيد الكربون، وذلك تمهيدًا للدرس.

إجابات أسئلة مقدمة الفصل

[يدخل ثاني أكسيد الكربون في عملية تكوين السكّر الضروري لغذاء النباتات.]

[يُساهم ثاني أكسيد الكربون في ازدياد الاحتباس الحراري، حيث تخترق أشعّة الشمس الغلاف الجوّي ما يُساعد في إكساب الأرض حرارتها المطلوبة. إلّا أنّ ذلك الغاز وتركيزاته العالية تمنع بعضًا من هذه الحرارة من الانعكاس إلى الفضاء.]

[يرجع التسمّم بأوّل أكسيد الكربون إلى كونه يتّحد بقوّة مع هيموجلوبين الدم. ويعمل الهيموجلوبين على حمل الأكسجين من الرئة إلى كلّ أنسجة الجسم. فإذا دخل أوّل أكسيد الكربون إلى الرئة، حمله الهيموجلوبين واتّحد به وبالتالي لا يُمكنه حمل الأكسجين، ما يُسبّب الاختناق.]

خلفية علمية

ثاني أكسيد الكربون

هو مركّب كيميائي وأحد مكوّنات الغلاف الجوّي. يتّخذ ثاني أكسيد الكربون شكل غاز في الحالة الطبيعية، ولكنّه يُستخدَم أيضًا في حالته الصلبة ويُعرَف عادة باسم الثلج الجافّ.

ينتج ثاني أكسيد الكربون طبيعيًّا من احتراق الموادّ العضوية، وعمليات التخمّر، كما ينتج كناتج ثانوي للعديد من الصناعات الكيميائية. ويشتهر هذا المركّب بتسبّبه بظاهرة الدفيئة الزجاجية، التي تُؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة احتباس الحرارة في غلافها الجوّي.

وفي السنوات الأخيرة، استحوذ ثاني أكسيد الكربون على اهتمام خاصّ، وذلك لإمكانية استخدامه في الصناعات المختلفة كبديل عن المذيبات العضوية المضرّة بالبيئة والتي يصعب التخلّص منها. اليوم، يُعتبَر هذا الغاز المنبعث من المصانع مضرًّا بالبيئة والإنسان، وقد أظهرت دراسة قام بها باحثون في الولايات المتّحدة الأميركية أنّ طبقة «الثيرموسفير»، وهي الطبقة الخارجية للغلاف الجوّي، مهدّدة بالانكماش نتيجة زيادة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري، والذي يشمل النفط والغاز.

الدرس 1-1 خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري

الأهداف:
- يُعدّد خواصّ عناصر المجموعة الرابعة في الجدول الدوري.
- يُقارن بين الأشكال المتآصلة للكربون.

الأدوات المستعملة: شفافية تظهر احتراق الكربون مع الأكسجين، جهاز العرض العلوي، شفافية لأشكال التآصل للكربون، نماذج الذرّات، أفلام تعليمية عن تقنية النانو، عيّنات من عناصر المجموعة الرابعة 4A

صفحات الطالب: من ص 84 إلى ص 87

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

اطلب إلى الطلّاب تفحّص الصورة الافتتاحية للدرس، وإعطاء أسماء عناصر المجموعة الرابعة من الجدول الدوري، وكتابة الترتيب الإلكتروني الخاصّ بها ومن ثمّ تحديد تحت المستوى الخارجي لكلّ منها [**تشغل عناصر المجموعة 4A المنطقة اليمنى من الجدول الدوري، وهي تحتوي على العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في تحت المستوى np^2.**]

2. علِّم وطبّق

1.2 استعراض عملي

استعرض احتراق الكربون مع الأكسجين في كلتا الحالتين (في حالة وجود كمّية وافرة وكمّية ناقصة من الأكسجين) مستخدمًا النموذج الذرّي لشرح عمليتي تفكّك وتكوّن الروابط في تفاعل الاحتراق، وتكوّن ثاني أكسيد الكربون وأوّل أكسيد الكربون. ثم اطلب إلى الطلّاب كتابة المعادلات الكيميائية لهذين التفاعلين:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$$

بحث

اطلب إلى الطلّاب إجراء بحث حول استخدامات الكربون في الحياة العامّة.

الدرس 1-1 خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري
Properties of Group 4A Elements in the Periodic Table

الأهداف العامة
- يُعدّد خواصّ عناصر المجموعة 4A في الجدول الدوري.
- يُقارن بين الأشكال المتآصلة للكربون.

تعلّمت أنّ في الجدول الدوري 8 مجموعات A. جميع عناصر المجموعة الأولى والثانية فلزّات. وجميع عناصر المجموعة السابعة والثامنة لافلزّات. عناصر المجموعات 3 و5 و6 تحتوي على فلزّات ولافلزّات وأشباه فلزّات.
ستتعلّم في هذا الدرس خصائص عناصر المجموعة 4A (شكل 26).

4A
C Carbon 12.011
Si Silicon 28.09
Ge Germanium 72.61
Sn Tin 118.71
Pb Lead 207.2

شكل (26) عناصر المجموعة 4A

4A
p block

1. الكربون والمجموعة 4A — Carbon and Group 4A

1.1 عناصر المجموعة 4A — Group 4A Elements

تشغل عناصر المجموعة 4A المنطقة اليمنى من الجدول الدوري. وهي تحتوي على العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في تحت المستوى (np^2).
استخدم الجدول الدوري لتسمية عناصر المجموعة 4A.
هل جميع العناصر فلزّات؟

2.1 الكربون — Carbon

(أ) وجوده — Existence

الكربون هو العنصر السابع عشر الأكثر وفرة في القشرة الأرضية. فهو يُشكّل حوالى 0.02% من القشرة حتّى عمق 16 km. يتواجد الكربون في الحالة الحرّة في الفحم والماس وبشكل مركّب في البترول ومشتقّاته وفي الهواء (CO_2) وفي الكثير من الخامات بشكل أنيون الكربونات (CO_3^{2-}).

84

2.2 مناقشة

اعرض الأشكال المتآصلة للكربون، مستخدمًا جهاز العرض العلوي (الماس، الجرافيت، الفوليرين، أنابيب الكربون النانوية، فقّاعات الكربون الدقيقة).

ثم، ناقش خصائص هذه الأشكال وسبب تسميتها بالمتآصلة **[اختلاف مادّتين في الشكل، وتماثلها في التركيب الكيميائي]**

اطلب إجراء بحث حول الصناعات المهمّة المبنية على الأشكال المتآصلة للكربون.

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

أشِر إلى المجموعة الرابعة في الجدول الدوري، واطلب إلى الطلّاب تعريف خواصّ هذه المجموعة، وتعداد استخدامات الأشكال المتآصلة لعنصر الكربون.

2.3 إعادة التعليم

أحضر عيّنات من عناصر تنتمي إلى المجموعة الرابعة، واعرضها على الطلّاب أثناء مراجعة الخواصّ الفيزيائية والكيميائية، واطرح الأسئلة التالية:

- أيّ عنصر من العناصر يُستخدَم لتحضير أكاسيد الكربون؟ **[الكربون]**
- اكتب المعادلات الكيميائية لتحضير هذه الأكاسيد.

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

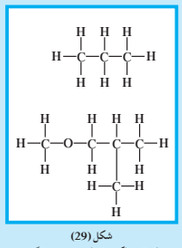
$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$$

- عدّد بعض استخدامات الأشكال المتآصلة للكربون.

[الماس: قطع الزجاج، الجرافيت: صناعة أقلام الرصاص، أنابيب الكربون النانوية: صناعة الإلكترونات والبصريات، فقّاعات الكربون الدقيقة: استخدامات طبّية]

شكل (27)
إنتاج الفحم

شكل (28)
روابط الكربون



شكل (29)
ترتبط ذرّات الكربون بالهيدروجين والأكسجين لتكوين مركّبات مختلفة.

(ب) استخلاصه Extraction

عُرِف الكربون في عصور ما قبل التاريخ. فقد كان يُستخلَص بحرق الموادّ العضوية بمعزل عن الهواء لتصنيع الفحم (شكل 27). وفي القرن الثامن عشر استنتج الكيميائيون من خلال التجارب أنّ الماس والجرافيت (المستخدم في أقلام الرصاص) هما شكلان مختلفان للكربون.

(جـ) خواصّه الفيزيائية Physical Properties

تختلف الخواصّ الفيزيائية للكربون باختلاف أشكاله ما بين الماس والجرافيت. فتختلف درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة والتوصيل الكهربائي والصلابة بشكل واضح بين الشكلين.

(د) خواصّه الكيميائية Chemical Properties

ترتبط ذرّات الكربون ببعضها بعضًا بروابط تساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية (شكل 28) مشكّلة سلاسل كربونية مختلفة إلى مدى غير محدود. كما أنّ ذرّة الكربون ترتبط بالعناصر الأخرى مثل الهيدروجين والأكسجين لتكوين أشكال مختلفة من المركّبات (شكل 29).

يتفاعل الكربون مع كمّية وافرة من الأكسجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$$

وفي حالة النقص في كمّية الأكسجين فإنّ التفاعل يُنتج أوّل أكسيد الكربون:

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)}$$

لا يتفاعل الكربون مع الماء في الظروف الطبيعية ولكن تحت ظروف خاصّة من الحرارة والضغط ومع عامل حفّاز، يتفاعل الكربون مع الماء لإنتاج غاز الهيدروجين وغاز أوّل أكسيد الكربون:

$$C_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CO_{(g)} + H_{2(g)}$$

(هـ) استخداماته Usage

- يُستخدَم الكربون والكثير من مركّباته كوقود أساسي في حياتنا اليومية بسبب الطاقة المهمّة الناتجة من عملية الاحتراق.
- يُضاف الكربون بكمّيات ضئيلة إلى الحديد لإنتاج الصلب.
- يُستخدَم الجرافيت في أقلام الرصاص.
- يُستخدَم الفحم في الطبّ على شكل أقراص أو مسحوق لامتصاص الغازات السامّة من الجهاز الهضمي.

3.1 العناصر الأخرى Other Elements

السيليكون والجرمانيوم والقصدير والرصاص هي العناصر الأخرى في المجموعة الرابعة 4A.

السيليكون هو العنصر الثاني الأكثر وفرة في القشرة الارضية. فهو مكوّن أساسي للرمل (ثاني أكسيد السيليكون SiO_2). يُستخدَم الجرمانيوم والسيليكون في صناعة المعدّات الالكترونية والخلايا الضوئية التي تدخل في وحدات الطاقة الشمسية.

القصدير فلزّ ليّن له بريق فضّي ويُمكن لفّه في صفائح رقيقة، وهو يُستخدَم كغطاء واقٍ للحديد في المعلّبات. وكذلك يُستخدَم في صناعة سبائك البرونز (سبيكة من القصدير والنحاس).

أصبحت استخدامات الرصاص مقيّدة بسبب الأضرار الصحّية التي يُسبّبها. لذلك أصبح البنزين خاليًا من مركّبات الرصاص التي كانت تُضاف إليه. ولكنّه ما زال يُستخدَم في صناعة أقطاب البطّاريّات (المركم الرصاصي) المستخدمة في وسائل النقل المختلفة.

2. الأشكال المتآصلة للكربون

Allotropic Forms of Carbon

الفحم والماس مادّتان مختلفتان في الشكل واللون والخواصّ والاستخدامات. ولكن هل تعلم أنّ الفحم والماس هما شكلان مختلفان لعنصر واحد؟ ما هو هذا العنصر؟

توجد بعض العناصر في عدّة أشكال، مختلفة في الخواصّ الفيزيائية ومتشابهة في الخواصّ الكيميائية ويُعرَف هذا **بظاهرة التآصل Allotropy**. **وهي وجود العنصر الواحد في الطبيعة في أكثر من صورة تختلف في خواصها الفيزيائية وتتشابه في خواصها الكيميائية**. يتميّز الكربون بهذه الظاهرة. فالكربون يوجد في صور مختلفة مثل الماس والجرافيت والفوليرين، وعلى الرغم من أنّ هذه الأشكال تتكوّن من ذرّات الكربون نفسها إلّا أنّ الذرّات يُمكن ترتيبها بطرق مختلفة في كلّ منهم.

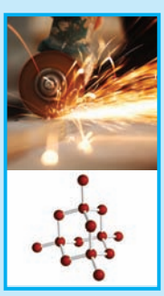
(أ) الماس

يتكوّن الماس في باطن الأرض نتيجة تعرّض الكربون للضغط الشديد والحرارة المرتفعة. يُعتبَر الماس من أصلب الموادّ، لذلك يُستخدَم في قطع الزجاج وفي الحفر والنقش. وبسبب ارتفاع أسعار الماس، تمّت صناعة الماس مخبريًّا وذلك بتعريض الكربون لضغط شديد وحرارة عالية جدًّا شبيهة لتلك التي في باطن الأرض. يُستخدَم الماس الصناعي في كلّ من الزينة والأغراض الصناعية المختلفة (شكل 30).

الكيمياء في خدمة الصناعة

الماس الصناعي

الماس أفضل صديق للمهندسين، فهو يُعَدّ من أصلب الموادّ، لذلك يُستخدَم صناعيًّا في القطع والحفر والنقش. ولكن تكمن المشكلة في استخراجه، فهي عملية مكلفة. اكتشف العلماء طرقًا لصناعة الماس الذي يُضاهي بصلابته الماس الطبيعي الذي يتكوّن من الكربون المسخّن بمعزل عن الهواء على درجة حرارة وتحت ضغط مرتفعين. تُستخدَم الطبقات الرقيقة من الماس في تغطية العدسات لحمايتها من الخدش وفي صناعة رقائق الكومبيوتر الفائقة السرعة، وكذلك في الأدوات الحادّة المستخدمة في القطع والتي لا تحتاج إلى سنّها.



شكل (30)
تركيب الماس

إجابات أسئلة الدرس 1 – 1

1. مركّبات كربون عضوية: السكّر، البروتينات، الاسترات
   مركّبي كربون غير عضويين: أوّل وثاني أكسيد الكربون
2. الكربون، السيليكون، الجرمانيوم، القصدير، الرصاص
3. اختلاف مادّتين في الشكل وتماثلهما في التركيب الكيميائي.
   الماس، جرافيت، فوليرين
4. $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$
5. كثرة وجود مركّبات كربونية

(أ) $\cdot\dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot$

(ب) رابطة تساهمية

(جـ) روابط تساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية

(ب) الجرافيت

يتكوّن الجرافيت في باطن الأرض نتيجة تعرّض الكربون للضغط والحرارة المعتدلين. يتميّز الجرافيت بتركيبه الطبقي (على شكل طبقات)، إلّا أنّ الروابط في ما بين الطبقات تكون ضعيفة، لذلك يسهل قطعه.
يُعتبَر الجرافيت موصلًا جيّدًا للكهرباء، ويُستخدَم بكثرة في صناعة الأقطاب الكهربائية وفي عمليات التحليل الكهربائي، ويُستخدَم كذلك في صناعة أقلام الرصاص. (شكل 31)

(جـ) الفوليرين

يتكوّن الفوليرين من ذرّات كربون مترابطة على شكل كريّات. اكتُشِف الفوليرين بالصدفة عام 1944، ولكن لم تتمّ متابعة الاكتشاف حتّى عام 1985 حيث تمّ اكتشاف C_{60} بواسطة المهندس الأميركي بوكمينستر فولير Fuller، لذلك سُمّي هذا الجزيء "فوليرين". (شكل 32)

(د) أنابيب الكربون النانوية

هي متّصلات كربونية ذات تركيبات نانوية أسطوانية الشكل وهي أقوى وأخفّ وزنًا من الصلب، وتُستخدَم في صناعة الإلكترونيات والبصريات. (شكل 33)

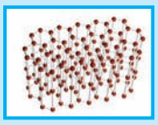
(هـ) فقّاعات الكربون الدقيقة

هي مادّة مسامية سوداء تبدو كشبكة مغناطيسية بالغة الدقّة قليلة الكثافة ويُتوقّع أن يكون لها استخدامات طبّية. (شكل 34)

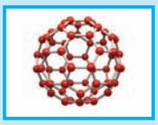
مراجعة الدرس 1-1

1. اذكر ثلاثة مركّبات كربون عضوية ومركّبي كربون غير عضويين.
2. سمّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري.
3. اشرح التآصل وسمّ ثلاثة أشكال تآصلية لعنصر الكربون.
4. اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الكربون بكمّية زائدة من الأكسجين.
5. اشرح ما المقصود بأنّ الكربون هو العنصر الملك في الجدول الدوري.

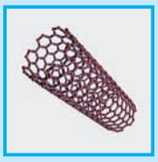
(أ) اكتب ترتيب لويس لعنصر الكربون.
(ب) ما نوع الرابطة التي تتكوّن بين الكربون وعنصر آخر؟
(جـ) ما نوع الروابط التي يُمكن أن تتكوّن بين ذرّتي كربون؟



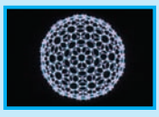
شكل (31)
تركيب الجرافيت



شكل (32)
تركيب الفوليرين



شكل (33)
أنابيب الكربون النانوية



شكل (34)
فقّاعات الكربون الدقيقة

87

الدرس 1-2

تكنولوجيا النانو

الأهداف:

- يتعرّف إلى تكنولوجيا النانو وتطوّرها.
- يتعرّف إلى أهمّية هذه التكنولوجيا واستخدامها.
- يتعرّف إلى أحد أهمّ الأشكال المتآصلة للكربون ويُعدّد خواصّه.

الأدوات المستعملة: جهاز العرض العلوي، أفلام تعليمية توضح بعض أشكال تكنولوجيا النانو واستخداماتها

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

اطلب إلى الطلّاب قراءة افتتاحية الدرس، ثم اطرح عليهم السؤالين التاليين:

هل كان الكاتب سترجيون على علم بتكنولوجيا النانو؟ **[كلّا، بل كانت قصّته من قصص الخيال العلمي.]**

كيف ربط قصّته الخيالية بتكنولوجيا النانو التي كان يجهلها؟ **[بالنيوتريكس، وهي كائنات صغيرة أوجدت بفضل تفاعل كيميائي وبإمكانها أن تنمو وتتطور بصورة سريعة جدًّا.]**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول تكنولوجيا النانو، اطلب إليهم أن يذكروا بعض مركّبات الكربون غير العضوية وبعض الصور المتآصلة للكربون.

وضّح لهم أنه سيتم إلقاء الضوء على علم تكنولوجيا النانو مع شرح بعض خصائص أنابيب الكربون النانوية وأشكالها.

صفحات الطالب: من ص 88 إلى ص 92

عدد الحصص: 2

الدرس 1-2

تكنولوجيا النانو
Nano Technology

الأهداف العامة

- يتعرّف إلى تكنولوجيا النانو وتطوّرها.
- يتعرّف إلى أهمّية هذه التكنولوجيا واستخدامها.
- يتعرّف إلى أحد أهمّ الأشكال المتآصلة للكربون ويُعدّد خواصّه.

شكل (35)

بدأ الحديث عن تكنولوجيا النانو مع قصص الخيال العلمي. عام 1941، أصدر الكاتب ثيودور سترجيون Theodore Sturgeon قصّة بعنوان "الإله الميكروكوني" أو Microcosmic God. يقوم بطل القصّة بإيجاد مجتمع من الكائنات الصغيرة الـ "نيوتريكس" من خلال تفاعل كيميائي. يُمكن لهذه الكائنات أن تنمو وتتطوّر بصورة سريعة جدًّا محقّقة إنجازات تكنولوجية مذهلة (شكل 35).

1. ما هو هذا العلم؟ What Is this Science?

تأتي لفظة "نانو" من اليونانية وتعني "القزم"، كما يعني تعبير "نانو تكنولوجيا" "المقياس القزم" الذي يستخدمه العلم لقياس أبعاد مكوّنات الذرّة والإلكترونات التي تدور حول نواتها.

يُشتَقّ مصطلح "نانو تكنولوجيا" من النانومتر nm وهو مقياس مقداره واحد من ألف من مليون من المتر (الواحد على مليار من المتر) 0.000 000 001 m.

تكنولوجيا النانو هي علم تعديل الذرّات لصنع منتجات جديدة. ويُطلَق هذا الاسم على التقنيات التي تعمل على قياسات متناهية في الصغر.

هل تعلم؟

بادرت دول شرق أوسطية إلى الاهتمام بتطبيقات النانو. المملكة العربية السعودية هي أوّل دولة عربية بدأت بتطبيق تكنولوجيا النانو. وهناك تقدّم في هذا المجال، وقد تمّ إنشاء مركز النانوتكنولوجيا في دولة الكويت حديثًا.

إثراء

$1nm = 10^{-9}m$

88

2. علِّم وطبّق

1.2 مناقشة

عرّف لفظة "نانو" واربطها بالمعادلة التالية $1nm = 10^{-9}m$. اعطِ أمثلة عن بعض القياسات التي يمكن أن يواجهها الطلاب (مثلًا مقارنة النانو بقطر شعرة الرأس....)، ثم أعطِ أمثلة عن استخدامات هذه الوحدة في بعض القياسات.

اطلب إلى الطلاب الإجابة على الأسئلة التالية: ما هو المكوّن الأساسي للصور المتآصلة للكربون؟ **[عنصر الكربون]**

ناقش مع الطلاب المحطّات الأساسية في تطوّر هذه التكنولوجيا. ثم اعرض معهم مجالات استخدام هذه التكنولوجيا مع إعطاء بعض الأمثلة. ناقش معهم أنابيب الكربون النانوية واذكر أشكالها وخصائصها.

2.2 نشاط

تطبيقات تقنية النانو واسعة وتكاد تشمل جميع أنواع العلوم والصناعات. وخلال فترة وجيزة، سوف تصبح هذه التكنولوجيا قادرة على التأثير في كافة مجالات الحياة وعلى نطاق واسع. دع الطلاب يجرون بحثًا عن بعض العلماء وبعض الاكتشافات المتعلّقة بهذه التكنولوجيا وتطويرها. مثال على ذلك:

- العالم دافيد بيشوب الذي يعمل في مختبرات شركة "بيل" في نيوجيرسي
- الباحثة الكيميائية سالي رامسي التي نجحت باستخدام جزيئات نانو صغيرة جدًّا من أكسيدات معدنية لصنع طبقة عازلة للماء
- الماوس اللاسلكي الليزري الخالي من الميكروبات.

اسأل الطلاب أن يوضحوا أهمّية هذه التكنولوجيا، وفسّر لهم أنّ ما أُنجز حتّى الآن ما هو إلّا القليل ممّا يمكن أن ينتج عن هذه التكنولوجيا.

ناقش المشروع مع الطلاب ثم دعهم يعرضونه أمام زملائهم في الفصل.

2. كيف تطور هذا العلم؟
How Did this Science Develop?

يُعتبَر العام 1986 البداية الفعلية لهذا العلم حيث نشر عالم الفيزياء الأميركي أريك دريكسلر Eric Drexler (شكل 36) كتابًا بعنوان "محرّكات التكوين" Engines of Creation.
شرح دريكسلر في هذا الكتاب الأفكار الأساسية لهذا العلم بشكل مبسّط، كما عرض المخاطر الكبرى المرافقة له.

أنشأ دريكسلر في العام 1989 معهد "فورسايت" Foresight Institute للنانو تكنولوجيا في ولاية كاليفورنيا. لا يسعى هذا المعهد وراء الربح المادّي بل يهدف إلى توعية الرأي العام حول التقدّم في هذا العلم، وإلى المساعدة في إعداد المجتمعات وتهيئتها لهذه التكنولوجيا التي هي بصدد التحوّل إلى واقع.
في العام 1991، اكتشف العالم الياباني سوميو إيجيما Sumio Iijima أنابيب الكربون الثانوية التي تتألّف من شبكة من الذرّات الكربونية، وذلك في معامل أبحاث شركة "نيبون الكتريك كومباني" Nippon Electric Company (NEC) للصناعات الإلكترونية في اليابان.
في العام 1991، تمكّن الباحثان وارين روبنييت Warren Robinett وستان وليامز Stan Williams من جامعة كارولينا الشمالية في أميركا، من اختراع المعالج النانومتري (Nano manipulator) "النانومانيبولاتور". يُعَدّ هذا الاختراع أحدث معالج بحث حسّي دقيق، إذ سمح للعلماء أن يلمسوا الجزيئات المتناهية في الصغر ويشعروا بها.

شكل (36)
إريك دريكسلر عالم فيزياني أميركي، يُعتبر المؤسس العملي لعلم تكنولوجيا النانو.

معلومات إضافية

أجيال عالم الإلكترونيات
الجيل الأوّل:
التلفزيون
الجيل الثاني:
المحوّل
الجيل الثالث:
الدوائر التكاملية IC
الجيل الرابع:
الكومبيوتر

3. استخدامات تكنولوجيا النانو
Uses of Nano Technology

يُعتبَر علم تكنولوجيا النانو الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات. تكاد تشمل تطبيقات تقنية النانو أنواع العلوم والصناعات كلّها. ستكون هذه التقنية قادرة في فترة قريبة على التأثير في كلّ مجالات الحياة (شكل 37).
تُستخدم تكنولوجيا النانو اليوم في الكثير من المجالات:

(أ) في الصناعة
تُستخدَم في صنع بعض الموادّ لجعلها أكثر متانة، مثلًا: مضارب التنس والبيسبول، الدرّاجات الهوائية، وصولًا إلى السيّارات والطائرات...

(ب) في الكيمياء
تُستخدَم البلّورات النانوية المركّبة لجعل الموادّ الكيميائية الخام أكثر فعّالية، أكثر توفيرًا للطاقة وتنتج مخلّفات أقلّ.

(ج) في الصيدلة
تمّت إعادة تشكيل العديد من المنتجات الصيدلية نانويًّا بجزيئات نانوية لتسهيل تعاطيها ولتطوير قابليتها للامتصاص.

(د) في الطبّ
طوّر علماء من مركز السرطان الأميركي قنابل مجهرية ذكية تخترق الخلايا السرطانية وتُفجّرها.

(هـ) في تكنولوجيا المعلومات
جاء علم تكنولوجيا النانو ليحلّ معضلة التصغير في الصناعات الإلكترونية ممّا يسمح بإنتاج ذاكرات أضخم وسرعات أعلى من تلك المُستخدَمة في الإلكترونيات المايكروية. تُستثمَر اليوم هذه التكنولوجيا كثيرًا في الأجهزة الحديثة من كمبيوترات وهواتف محمولة وغيرها.

(و) في المجال العسكري
يُشكّل المجال العسكري المجال الأبرز الذي تُستخدَم فيه هذه التقنية. يقول البعض بكلّ بساطة إنّ أيّ حرب مقبلة تُستعمَل فيها هذه التقنية سوف تكون مدمّرة.

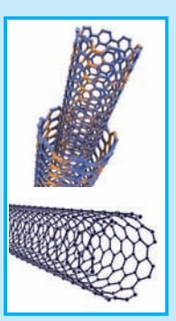
شكل (37)
بعض استخدامات تكنولوجيا النانو.

4. الأشكال المختلفة لأنابيب الكربون النانوية
Different Shapes of Carbon Nanotubes

الأنابيب النانوكربونية
في العام 1991، لاحظ سوميو أيجيما وجود أنابيب نانوكربونية أحادية الطبقة (Simple Walled) بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني (TEM) في مختبرات شركة NEC. ثمّ لاحظ بعد سنتين وجود أنابيب متعدّدة الطبقات (Multi walled) (شكل 38).
تُشبه الأنابيب النانوكربونية طبقة من الجرافيت ضُمّت أطرافها معًا لتكوّن أسطوانة بقطر متناهي الصغر، ممّا يجعل نسبة طولها إلى عرضها كبيرة جدًّا.
تتميّز الأنابيب النانوكربونية برابطة بين ذرّتي كربون أقصر من الرابطة في حالة الماس. لذلك، يُرجَّح أن تكون الأنابيب النانوكربونية أقوى من الماس حيث إنّ قوّة الرابطة تزداد كلّما قصرت.
تتواجد الذرّات في الأنبوب النانوكربوني في ثلاثة أشكال أو ترتيبات وهي:

- Armchair أريكية
- Zigzag متعرّج (زجزاج)
- Chiral الدواني

تُؤثّر هذه الأشكال على الخواصّ الكهربائية للأنبوب النانوكربوني (شكل 40).



شكل (38)
أنابيب نانوكربونية أحادية الطبقة وأنابيب نانوكربونية متعدّدة الطبقات.

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

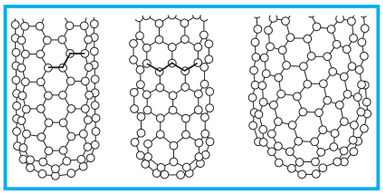
اشِر إلى تأثير شكل أنابيب الكربون النانوية على خصائصها. اطلب منهم ذكر بعض الخصائص وربطها بالشكل 39.

2.3 إعادة التعليم

استخدم تعريف النانو لربطه بتكنولوجيا النانو. استعن أيضًا باستخدامات تكنولوجيا النانو لتقارنها مع الطلاب بالتكنولوجيا التقليدية. وضّح لهم أنّ الموادّ عند مقياس النانو تظهر خصائص فريدة وغير اعتيادية من الناحية الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

إجابات أسئلة الدرس 1–2

1. تأتي لفظة "النانو" من اليونانية وتعني "القزم". فتكنولوجيا النانو تعني "المقياس القزم" الذي يستخدمه العلم لقياس أبعاد مكوّنات الذرّة والإلكترونات التي تدور حول نواتها.
2. يُعتبَر العام 1986 البداية الفعلية لهذه التكنولوجيا.
انشاء معهد فورسايت في العام 1985.
اكتشاف أنابيب الكربون النانوية في العام 1991 على يد العالم الياباني سوميو إيجيما.
3. في الصناعة: لإضافة المتانة إلى بعض الموادّ.
في الطبّ: تطوير قنابل مجهرية ذكية تخترق الخلايا السرطانية وغيرها.
ملاحظة: يمكن أن تتفاوت إجابات الطلاب وفقًا للمجالات المذكورة.
4. أنابيب الكربون النانوية أحادية الطبقة
أنابيب الكربون النانوية متعدّدة الطبقات
من أهمّ خصائصها: الخصائص الميكانيكية، الخصائص الكهربائية، الخصائص الحرارية



الدوائي متعرّج (زجزاج) أريكية

شكل (39)
أنبوب الكربون النانوي أحادي الطبقة له ثلاثة أشكال أو ترتيبات للذرّات بداخله، وهي chiral، zigzag، armchair، ولذلك تأثيره على خواصها الكهربائية.

5. ما هي حدود هذه التقنية ومخاطرها؟

Limitations and Risks of this Technique

تُعتبَر الاستخدامات والتطبيقات السابقة بسيطة بالنسبة إلى ما يدور في الخفاء في مختبرات الدول التي ترصد مليارات الدولارات سنويًّا في سبيل تطوير هذه التقنية.

ويخشى بعض العلماء استخدام تقنيات النانو لأغراض غير إنسانية، فعندها تكون نهاية أشكال الحياة على الكوكب.

والحقيقة أنّ هذا النوع من التكنولوجيا المتقدّمة جدًّا له جوانب سلبية عند استخدامه في مجالات غير سلمية، ولهذا السبب يسعى البعض إلى الحدّ من استخدامه حفاظًا على السرّية.

6. خواصّ أنابيب الكربون النانوية

Properties of Carbon Nanotubes

(أ) الخواص الميكانيكية **Mechanical Properties**

تُعتبَر أنابيب الكربون النانوية من أقوى الموادّ المعروفة على الإطلاق لأنّها تمتلك مقاومة شدّ عالية جدًّا.

كما أنّ لها معامل مرونة عالٍ جدًّا، ويعني هذا مقاومتها لأيّ تغيّر في طولها أو مساحة مقطعها عند تحميلها وزنًا كبيرًا.

وتنشأ هذه القوّة بسبب وجود الروابط التساهمية القوية بين ذرّات الكربون وبعضها بعضًا.

تبلغ كثافة أنابيب الكربون النانوية حوالى $1.4 - 1.33\ mg/cm^3$ وهذا يعني أنّها خفيفة جدًّا مقارنة بموادّ مثل الألمنيوم والصلب.

لأنابيب الكربون النانوية قوّة نوعية عالية جدًّا، والقوّة النوعية تربط القوّة بالوزن؛ فكلّما كانت المادّة أقوى وأخفّ عنى ذلك أنّ لها قوّة نوعية أعلى.

هل تعلم؟

حاز العالم المصري الأصل الدكتور مصطفى السيّد أعلى وسام أميركي في العلوم عن علاج السرطان بالذهب. يعمل الدكتور مصطفى السيّد ونجله أيمن على تطوير تكنولوجيا النانو التي تساعد على اكتشاف الخلايا السرطانية التي يمكن تحديدها عند تسخين جزيئات الذهب النانوية.

(ب) الخواص الكهربائية **Electrical Properties**

تمتلك أنابيب الكربون النانوية القدرة على توصيل الكهرباء، بالإضافة إلى خاصّية تُسمّى النقل الإلكتروني القذفي، وهذا يعني أنّها موصّلات ممتازة على طول الأنبوب.

تستطيع أنابيب الكربون الفلزّية أن تحمل تيّارًا كهربائيًّا أعلى 1000 مرّة من قدرة موصّل جيّد للكهرباء، مثل النحاس.

(جـ) الخواص الحرارية **Thermal Properties**

أنابيب الكربون النانوية موصّلات حرارية ممتازة على طول الأنبوب، وهي تقريبًا عازلة عموديًّا على محور الأنبوب، ما يُسمّى التوصيل القذفي.

الثبات الحراري: تظلّ أنابيب الكربون النانوية محتفظة بخواصّها وبناء مادّتها حتّى تصل إلى درجات حرارة مرتفعة.

مراجعة الدرس 1–2

1. ماذا يعني تعبير نانو تكنولوجيا؟
2. عدّد أهمّ محطّات تطوّر خلالها علم تكنولوجيا النانو.
3. عدّد اثنين من مجالات الحياة حيث تُستخدَم تقنية النانو، واذكر كيف تُستخدَم لخدمة الإنسان.
4. تُعتبَر الأنابيب النانو كربونية من أهمّ الأشكال المتأصلة للكربون. عدّد أنواعها واذكر أهمّ خصائصها.

الدرس 1-3

خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية

الأهداف:

- يُعدّد خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية CO و CO_2.
- يصف الروابط الكيميائية في CO و CO_2.
- يُعدّد فوائد وأضرار CO و CO_2.

الأدوات المستعملة: شفافية تظهر فوائد وأضرار كلّ من CO و CO_2، جهاز العرض العلوي، نماذج الذرّات، الموادّ والأدوات اللازمة للدرس العملي (نشاط 6)، أفلام تعليمية توضّح فوائد وأضرار كلّ من CO و CO_2

صفحات الطالب: من ص 93 إلى ص 96

صفحات الأنشطة: من ص 28 إلى ص 29

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

اطلب إلى الطلّاب تفحّص الصورة الافتتاحية للدرس المتعلّقة بجزيء أوّل أكسيد الكربون، ثم اطلب إليهم كتابة الصيغ التركيبية لكلّ من أوّل وثاني أكسيد الكربون.

$:C \equiv O:$

$:\ddot{O} = C = \ddot{O}:$

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

اطلب إلى الطلّاب تسمية أكاسيد الكربون **[أوّل أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون]**، وإعطاء ضرر واحد لكلّ أكسيد **[على سبيل المثال، يُسبّب أوّل أكسيد الكربون بعض حالات الإختناق، ويساهم ثاني أكسيد الكربون في ازدياد الاحتباس الحراري.]**

2. علّم وطبّق

1.2 مناقشة

ناقش مع الطلّاب فوائد وأضرار كلّ من أوّل أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، واعرضها مستخدمًا جهاز العرض العلوي. خلال العرض، يتمّ مناقشة خواصّ هذه الأكاسيد (فيزيائية وكيميائية)، والتشديد على استخدام أوّل أكسيد الكربون في استخلاص الفلزّات من أكاسيدها وفق المعادلات التالية:

$PbO_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Pb_{(s)} + CO_{2(g)}$

$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$

بحث

اطلب إلى الطلّاب إجراء بحث حول أوّل أكسيد الكربون كقاتل صامت، وحول ثاني أكسيد الكربون كثلج جافّ.

الدرس 1-3

خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية

Non Organic Carbon Compounds Properties

الأهداف العامة

- يُعدّد خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية، CO و CO_2.
- يصف الروابط الكيميائية في CO و CO_2.
- يُعدّد فوائد وأضرار CO و CO_2.

شكل (40)
جرّتي أوّل أكسيد الكربون

أوّل أكسيد الكربون (شكل 40) هو غاز ينتج من عملية الأكسدة الجزئية (الاحتراق غير التامّ) للكربون والمركّبات العضوية مثل الفحم، وهذا يحدث عند ندرة الأكسجين.

ثاني أكسيد الكربون أو الغاز الفحمي هو مركّب كيميائي واحد مكوّنات الغلاف الجوّي. يكون على شكل غاز في الحالة الطبيعية، ولكنّه يُستخدَم أيضًا في حالته الصلبة ما يُعرَف باسم الثلج الجافّ.

ما خواصّ كلّ من هذين الأكسيدين؟

1. أوّل أكسيد الكربون CO Carbon Monoxide CO

1.1 مصادر إنتاجه Production Sources

يُنتَج أوّل أكسيد الكربون من مواقد الغاز ومن المولّدات التي تعمل بالغاز أو الديزل وبعض أنواع السجائر وعوادم السيّارات.

2.1 خصائصه Properties

هو غاز عديم اللون والطعم والرائحة وهو من الجزيئات ثنائية الذرّة غير المتجانسة، لأنّه يحتوي على عنصرين مختلفين وهما الأكسجين والكربون. ومن الممكن أن يحترق هذا الغاز، فيُكوّن ثاني أكسيد الكربون:

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{2(g)}$

93

2.2 مناقشة

اطلب إلى الطلّاب استنتاج الروابط الكيميائية في أوّل أكسيد الكربون [رابطة تساهمية ثنائية ورابطة تناسقية] وثاني أكسيد الكربون [رابطتين تساهميتين ثنائيتين]

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «تحضير غاز ثاني أكسيد الكربون والكشف عنه» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص 28.

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

اذكر مركّبات الكربون غير العضوية (أكاسيد الكربون)، واسأل الطلّاب تعريف خواصّ هذه الأكاسيد وتعداد أضرارها وفوائدها.

2.3 إعادة التعليم

اعرض فيلمًا وثائقيًّا (إذا أمكن) عن أوّل أكسيد الكربون كقاتل صامت، وآخر عن ثاني أكسيد الكربون كغاز مسبّب للاحتباس الحراري، واطرح السؤالين التاليين:

- لماذا يُسبّب أوّل أكسيد الكربون حالات وفاة؟ **[يرجع التسمّم بأوّل أكسيد الكربون إلى اتّحاده مع هيموجلوبين الدم الذي يعمل على حمل الأكسجين من الرئة إلى كلّ أنسجة الجسم. فإذا دخل أوّل أكسيد الكربون إلى الرئة، حمله الهيموجلوبين واتّحد به وبالتالي لا يُمكنه حمل الأكسجين، ما يُسبّب الاختناق.]**
- لماذا يُسبّب ثاني أكسيد الكربون الاحتباس الحراري؟ **[تخترق أشعّة الشمس الغلاف الجوّي ما يُساعد في إكساب الأرض حرارتها المطلوبة. ولكن، وجود غاز ثاني أكسيد الكربون بتركيزات عالية، يمنع بعضًا من هذه الحرارة من الانعكاس إلى الفضاء مما يؤدي إلى إرتفاع حرارة الأرض وبالتالي إلى الاحتباس الحراري.]**

يذوب غاز أوّل أكسيد الكربون جزئيًا في الماء، درجة غليانه 190 °C−، ودرجة تجمّده 205 °C−.

يتكوّن غاز أوّل أكسيد الكربون (CO) عند احتراق مركّبات الكربون كالنفط مثلًا في أجواء قليلة الأكسجين كالغرف المغلقة.

3.1 فوائده Advantages

- له أهمّية صناعية، إذ إنّ المصانع تستعمله كوقود لتوليد الحرارة في معظم الصناعات الحديثة.
- يُساعد في علاج بعض أمراض الرئة عند المرضى الذين يُعانون من الربو.
- يُستخدَم غاز أوّل أكسيد الكربون بشكل رئيس في استخلاص الفلزّات من أكاسيدها عن طريق انتزاع الأكسجين منها.

يُستخدَم غاز أوّل أكسيد الكربون في استخلاص فلزّ الحديد من أكسيد الحديد (III) المعروف بخام الهيماتيت Hematite، ويتمّ الاستخلاص بإدخال خام الحديد وفحم الكوك والحجر الجيري من فتحة الفرن العلوية، ويدخل الهواء الساخن (الأكسجين) من الفتحة السفلية للفرن اللافح المُستخدَم في استخلاص الحديد.

ويُمكن تمثيل التفاعل الإجمالي فيها على النحو التالي:

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \xrightarrow{\Delta} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

4.1 أضراره Disadvantages

هو مسؤول عن كثير من الوفيات سنويًّا، حيث يتّحد مع هيموجلوبين الدم عند استنشاقه مكوّنًا مركب عضوي (كاربوكسي هيموجلوبين). بذلك يمنع الأكسجين من الاتّحاد مع الهيموجلوبين لأن جزيئاته أنشط من الأكسجين، وبهذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأكسجين.

5.1 الروابط الكيميائية في أوّل أكسيد الكربون

Chemical Bonds in Carbon Monoxide

يعتبر جزيء أوّل أكسيد الكربون مثالًا للرابطة التساهمية التناسقية كما سبق وتعلّمت في الجزء الأوّل. تعطي ذرّة الأكسجين زوجًا من إلكتروناتها غير المشاركة في الرابطة التساهمية كرابطة إضافية للرابطة التساهمية الثنائية بين ذرّتي الكربون والأكسجين.

$:C \equiv O:$

2. غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 Carbon Dioxide CO_2

ثاني أكسيد الكربون أو الغاز الفحمي هو مركّب كيميائي وأحد مكوّنات الغلاف الجوّي، يتكوّن من ذرّة كربون مرتبطة بذرّتي أكسجين (شكل 41). وهو يكون على شكل غاز في الحالة الطبيعية، ولكنّه يُستخدم أيضًا في حالته الصلبة ما يُعرف باسم الثلج الجافّ.

شكل (41)
جزيء ثاني أكسيد الكربون

القاتل الصامت
أوّل أكسيد الكربون
إنّه غاز سامّ، وإذا تمّ استنشاقه يتفاعل مع الهيموجلوبين الموجود في كريات الدم الحمراء، ويقوم بتعطيل عمله في حمل الأكسجين إلى خلايا الجسم. إذا وُجد أوّل أكسيد الكربون في الجوّ فإنّه يرتبط بمادّة الهيموجلوبين بدلًا من الأكسجين لأنّ تفاعل أوّل أكسيد الكربون مع هيموجلوبين الدم أسرع بمئتي مرّة من تفاعل الأكسجين مع الهيموجلوبين. هذا يُؤدّي إلى نقص مقدار الأكسجين اللازم تزويده لخلايا الأنسجة، ويُسمّى التسمّم. ولإزالة التسمّم يلزم أن تزداد نسبة الأكسجين الداخل للرئتين وذلك بتعريض المتسمّم للهواء الطلق.

1.2 مصادر إنتاجه Production Sources

يحتوي الهواء الجوّي على كمّيات بسيطة من غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). ينتج بعضه من تنفّس الكائنات الحيّة، وبعضه الآخر من احتراق النفط والغاز والخشب والفحم، وغيره من عمليات تخمّر المواد العضوية التي تحتوي على مركّبات الكربون. كذلك تنتج الثورات البركانية انبعاثات صلبة وغازية من بينها ثاني أكسيد الكربون. وغاز ثاني أكسيد الكربون هو ناتج ثانوي للعديد من الصناعات الكيميائية مثل صناعة الاسمنت.

2.2 خصائصه Properties

- يُشكّل حوالي 0.04% من غازات الهواء الجوّي.
- غاز لا لون ولا رائحة ولا طعم له.
- كثافته مرتفعة مقارنة ببخار الماء والأكسجين.
- ينتقل من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة عند خفض درجة الحرارة إلى 78 °C−.

3.2 فوائده Advantages

- يُساعد في التوازن البيئي لنظام الحياة على الكرة الأرضية لأنه مركّب أساسي في عملية البناء الضوئي.
- يُستخدَم في إنتاج بعض المواد الكيميائية.
- يُستخدَم في بعض الصناعات كبديل عن المذيبات العضوية ذات التأثير السلبي على البيئة والتي يصعب التخلص منها.
- يُستخدَم في مطفأة الحرائق.
- يُستخدَم في المشروبات الغازية.
- يُستخدَم في عمليات تبريد الأغذية المغلّفة عند نقلها (الثلج الجافّ) (شكل 42) والتي قد تتعفّن عند تبريدها في الثلج الرطب.
- يُستخدَم في حفظ الدم والأدوية التي تحتاج إلى درجة حرارة منخفضة جدًّا عند نقلها من مكان إلى آخر.

4.2 أضراره Disadvantages

- يشتهر هذا المركّب بتسبّبه في ظاهرة الاحتباس الحراري والتي تُؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض والتغيير المناخي.
- يُؤثّر على عملية الاتّزان البيئي التي تُذيب غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوّنًا حمضًا ضعيفًا يُعرَف باسم حمض الكربونيك الذي يتفاعل مع بعض الرواسب في البحر.
- يُسبّب الوفاة في حال التعرّض له لفترة محدّدة بسبب الاختناق.

شكل (42)
الثلج الجافّ
يُعرف ثاني أكسيد الكربون بالثلج الجافّ، ويُمكن أن يُسبّب جرح جلد الإنسان إذا وضع عليه لأنه أبرد بكثير من الثلج العادي (78 °C−). لماذا لا يُسبّب استخدام الثلج الجافّ تبلّل المكان بالمقارنة مع الثلج العادي؟

إجابات أسئلة الدرس 1–3

1. أوّل أكسيد الكربون:
   - له أهمّية صناعية، إذ إن المصانع تستعمله كوقود لتوليد الحرارة في معظم الصناعات الحديثة (فائدة)
   - هو مسؤول عن كثير من الوفيات سنويًّا (مضارّ)

   ثاني أكسيد الكربون:
   - يُستخدَم في مطافئ الحريق (فائدة)
   - يتسبّب في ظاهرة الاحتباس الحراري (مضارّ)
2. يُؤدّي قطع الأشجار إلى ازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء لأنّها تحتاج إليه في عملية البناء الضوئي، فإذا قلّ عدد الأشجار، قلّ استهلاك ثاني أكسيد الكربون وزادت نسبته في الهواء.
3. ينتج خلال عمليات الاحتراق في غرف مغلقة أوّل أكسيد الكربون الذي يُسبّب التسمّم.
4. يُعكّر ثاني أكسيد الكربون ماء الجير.

ما هي التأثيرات الضارّة على الأنسان؟

يُضاف ثاني أكسيد الكربون إلى المشروبات الغازية بكمّية كبيرة، لذلك سُمّيت هذه المشروبات بالغازية، فهي لا توفّر للجسد أي فائدة غذائية.
يؤدّي غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في المشروبات الغازية إلى حرمان المعدة من الخمائر الهاضمة الموجودة في اللعاب الهامّة في عملية الهضم، ما يؤدّي إلى إلغاء دور الأنزيمات التي تفرزها المعدة التي تنتج بعض السموم التي تنتقل مع الدم إلى خلايا الجسم، مسبّبة العديد من الأمراض.
كما تحتوي هذه المشروبات على أحماض الكربونيك والماليك والفوسفوريك التي تسبّب تآكل الميناء الحامية للأسنان، كما يؤدّي إلى هشاشة وضعف العظام، بخاصّة في سنّ المراهقة، ما يجعلها أكثر عرضة للكسر.

5.2 الروابط الكيميائية في ثاني أكسيد الكربون

Chemical Bonds in Carbon Dioxide

يتقاسم الكربون زوجين من الإلكترونات مع كلّ ذرّة أكسجين مكوّنًا رابطتين تساهميتين ثنائيتين بين الكربون والأكسجين:

:Ö =C=Ö:

مراجعة الدرس 1–3

1. اذكر فائدة ومضارّ لكلّ من أوّل أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
2. اشرح لماذا يُؤدّي قطع الأشجار إلى ازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء.
3. "احذروا عمليات الاحتراق في غرف مغلقة تجنّبًا للتسمّم." اشرح السبب.
4. كيف يتمّ الكشف عن ثاني أكسيد الكربون؟

مركّبات الكربون العضوية

دروس الفصل

الدرس 2–1: خواصّ مركّبات الكربون العضوية

الدرس 2–2: تركيب مركّبات الكربون العضوية

في هذا الفصل، سوف يدرس الطالب خواصّ مركّبات الكربون العضوية الفيزيائية والكيميائية، وأصناف مركّبات الكربون العضوية حيث سيتمّ تقسيمها بحسب التركيب العنصري (المركّبات الهيدروكربونية، المركّبات الأكسجينية، المركّبات النيتروجينية) وبحسب الروابط (مركّبات مشبّعة، مركّبات غير مشبّعة). كما سيتمّ التركيز على الخواصّ الأساسية لمركّبات الكربون العضوية (الصيغة الجزيئية، الصيغ البنائية أو التركيبية، التحليل العضوي العنصري النوعي والكمّي).

سيُنفّذ الطلّاب في هذا الفصل تجربة عملية تعزّز فهمهم لمركّبات الكربون العضوية:

- الكشف عن العناصر الأساسية في مركّب كربون عضوي.

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

اعرض على الطلّاب صور الفصل، مستخدمًا جهاز العرض العلوي. وجّه أسئلة حول مركّبات الكربون العضوية، وذلك تمهيدًا للدرس.

إجابات أسئلة مقدمة الفصل

[اشتقّ اسم الكيمياء العضوية من كلمة "Organism" التي تعني «الكائن الحي».]

[تُسمّى بكيمياء الكربون لأنّ المركّبات تحتوي على الكربون.]

[يعود سبب اهتمامنا بمركّبات الكربون العضوية لأهمّيتها في حياة الإنسان، كالطعام، والطاقة، والأدوية، والأصباغ، والمنظّفات، ومنتجات أخرى عديدة.]

خلفية علمية

مركّبات الكربون العضوية

لقد ساد قديمًا اعتقاد باستحالة الحصول على المركّبات العضوية إلّا من الكائنات الحية، وذلك نتيجة لقوة حيوية ما. وقد اشتقّ اسم الكيمياء العضوية من كلمة Organism التي تعني «الكائن الحي». وفي عام 1828، قام العالم الألماني فوهلر بتسخين سيانات الأمونيوم التي اشتقّت من موادّ غير عضوية، فحصل على مركّب عضوي هو اليوريا:

$$NH_4CNO \xrightarrow{\Delta} NH_2CONH_2$$

في العام 1850، ونتيجة لمحاولات عدّة لتصنيع مركّبات عضوية، تمّ إثبات عدم صحّة نظرية القوّة الحياتية، فتركّز الاهتمام على المركّبات العضوية المحتوية على الكربون. وبهذا، فإنّ الكيمياء العضوية هي كيمياء مركّبات الكربون. ومن الجدير ذكره أنّ المركّبات العضوية مهمّة في حياة الإنسان، كالطعام، والطاقة، والأدوية، والأصباغ، والمنظّفات، ومنتجات أخرى عديدة.

تتكوّن مركّبات الكربون العضوية البسيطة من الكربون والهيدروجين فقط، ولذلك سُمّيت بالهيدروكربونات (مركّبات هيدروكربونية).

وتنقسم الهيدروكربونات وفقًا لخواصّها الكيميائية إلى ثلاث مجموعات: هيدروكربونات مشبعة، وهيدروكربونات غير مشبعة، وهيدروكربونات أروماتية (عطرية).

وتُعتبَر الألكانات أبسط أنواع الهيدروكربونات لكون جميع الروابط بين ذرّاتها تساهمية أحادية، وهي تُقسم إلى ثلاثة أقسام بحسب تركيبها الكيميائي: ألكانات عادية ذات سلاسل مفتوحة، وألكانات متفرّعة، وألكانات حلقية.

ويُمكن أن تحوي مركّبات الكربون العضوية، بالإضافة إلى الكربون والهيدروجين، على عناصر أخرى مثل الأكسجين، والهالوجينات، والنيتروجين، والكبريت، والفوسفور. وقد حظيت هذه المركّبات بمكانة خاصّة لأهمّيتها وكثرة مركّباتها، وذلك لقدرة ذرّات الكربون على الارتباط مع بعضها لتكوين سلاسل طويلة متفرّعة وغير متفرّعة وحلقية، بفضل صغر حجم ذرّة الكربون الذي يسمح لها بذلك خلافًا لذرّة السيليكون ذات الحجم الأكبر في المجموعة نفسها.

شكل (43)

الدرس 2-1 خواصّ مركّبات الكربون العضوية

الأهداف:
- يتعرّف خواصّ مركّبات الكربون العضوية.

الأدوات المستعملة: جهاز العرض العلوي، الداتاشو، نماذج ذرّية، الموادّ والأدوات اللازمة للدرس العملي (نشاط 7)

صفحات الطالب: من ص 98 إلى ص 100

صفحات الأنشطة: من ص 30 إلى ص 31

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

اطلب إلى الطلّاب تفحّص الصورة الافتتاحية للدرس، ثمّ اطرح الأسئلة التالية:

- من هو فوهلر، وماذا قدّم للكيمياء؟ **[في العام 1828، قام العالم الألماني فوهلر بتسخين سيانات الأمونيوم التي اشتُقّت من موادّ غير عضوية، فحصل على مركّب عضوي هو اليوريا.]**
- هل من السهل التمييز بين مركّب كربون عضوي ومركّب كربون غير عضوي؟ **[تختلف الخواصّ الفيزيائية والكيميائية لأغلب مركّبات الكربون العضوية عن خصائص مركّبات الكربون غير العضوية، وذلك من حيث تشعّب الكربون في سلاسل.]**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول مركّبات الكربون العضوية، اكتب بعض مركّبات الكربون العضوية وغير العضوية على السبّورة، واطلب منهم التمييز بينهما.

وضّح أنّ هذه المركّبات تحتوي جميعها على عنصر الكربون، ولكنها تختلف في خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

2. علّم وطبّق

بحث

اطلب إلى الطلّاب إجراء بحث حول استخدامات مركّبات الكربون العضوية وأهمّيتها في الحياة.

الدرس 2-1
خواصّ مركّبات الكربون العضوية
Organic Carbon Compounds Properties

الأهداف العامة
- يتعرّف خواصّ مركّبات الكربون العضوية.

شكل (44)
فولر (1800 – 1882)

هل من السهل التمييز بين مركّب كربون عضوي ومركّب كربون غير عضوي؟ تختلف خواصّ مركّبات الكربون العضوية باختلاف تركيبتها. فتختلف درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة والحالة الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية.

يُعتبر فولر Wöhler (شكل 44)، أب الكيمياء العضوية.

1. خواصّ مركّبات الكربون العضوية
Organic Carbon Compounds' Properties

تختلف الخواصّ الفيزيائية والكيميائية لأغلب مركّبات الكربون العضوية عن خصائص مركّبات الكربون غير العضوية وذلك بتشعّب الكربون في سلاسل.

1.1 الخواصّ الفيزيائية **Physical Properties**

ترتبط بعض الخواصّ الفيزيائية (درجة الانصهار والغليان، الذوبانية، الكثافة...) بطول السلسلة الكربونية وطبيعتها وبالمجموعة الوظيفية للمركّب.

المركّبات العضوية أكثر تطايرًا من مركّبات الكربون غير العضوية، أغلبها يوجد في الظروف العادية لدرجة الحرارة والضغط في الحالة الغازية، كالغاز الطبيعي، أو في الحالة السائلة، مثل الكحولات. درجة انصهارها وغليانها منخفضة. لا تذوب مركّبات الكربون العضوية على العموم في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية كالبنزين والكحول والإيثر، وتستغل هذه الظاهرة في تنظيف الملابس والقطع المعدنية. مركّبات الكربون العضوية غير موصلة للتيّار الكهربائي.

الكيمياء العضوية

قديمًا كانت الكائنات الحية من نبات وحيوان، هي المصدر الأساسي للمركّبات العضوية، مثل الأدوية والعطور. حيث كانت النظرية السائدة تنص أن هذه المركّبات تأتي من قوة حيوية غامضة موجودة في الطبيعة. لذلك سُمّيت بالكيمياء العضوية. وبقي هذا الاعتقاد قائمًا حتّى العام 1828 حيث تمّ إنتاج موادّ عضوية في المختبر من موادّ غير عضوية. يُعتبر فولر Wöhler، أب الكيمياء العضوية، وبرثلو Berthelot من أبرز الكيميائيين الذين اهتمّوا بكيمياء الكربون العضوية، حيث إنهما أنتجا في المختبر العديد من المركّبات العضوية، دون الحاجة إلى النباتات أو إلى الحيوانات مثل العطور والنكهات المضافة للطعام، الشبيهة للمركّبات المستخرجة من النباتات.

98

1.2 مناقشة

أشِر إلى أنّ الخصائص الكيميائية لمركّبات الكربون العضوية تتعلّق بخصائص عنصر الكربون التالية:

- قدرة ذرّات الكربون على الارتباط ببعضها البعض في سلاسل مؤلّفة من أعداد كبيرة من الذرّات أو في حلقات ذات أحجام مختلفة.
- إمكانية ارتباط ذرّات الكربون بذرّات عناصر أخرى بروابط تساهمية قوية.
- إمكانية ارتباط ذرّات الكربون مع بعضها البعض في السلاسل والحلقات بروابط أحادية أو ثنائية أو ثلاثية.

2.2 مناقشة

أشِر إلى وجود أصناف عديدة من هذه المركّبات قد صُنِّفت إلى فئات رئيسة إمّا بحسب تركيبها العنصري (المركّبات الهيدروكربونية، والمركّبات الأكسجينية، والمركّبات النيتروجينية)، أو بحسب الروابط (مركّبات مشبعة ومركّبات غير مشبعة).

اطلب إلى الطلّاب إعطاء أمثلة عن كلّ صنف.

اطلب إلى الطلاب تنفيذ تجربة «الكشف عن العناصر الأساسية في مركب كربون عضوي» ضمن مجموعات، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة ص30.

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

ذكّر بأن تصنيف مركّبات الكربون العضوية يتمّ من حيث التركيب العنصري ونوع الروابط، واسأل الطلّاب تعريف بعض الخواصّ الفيزيائية والكيميائية الخاصّة بها.

2.3 إعادة التعليم

اعرض صيغ بعض مركّبات الكربون العضوية واطلب إلى الطلّاب ذكر استخداماتها اليومية.

2.1 خواصّ كيميائية Chemical Properties

ترتبط الخواصّ الكيميائية بطبيعة الرابطة ونوعها. هناك عدّة مميّزات لعنصر الكربون أدّت إلى كثرة مركّباته منها:

- قدرة ذرّات الكربون على الارتباط ببعضها بعضًا في سلاسل مؤلفة من أعداد كبيرة من الذرّات أو حلقات ذات أحجام مختلفة.
- إمكانيّة ارتباط ذرّات الكربون بذرّات العناصر الأخرى بروابط تساهمية.
- إمكانيّة ارتباط ذرّات الكربون مع بعضها بعضًا في السلاسل والحلقات بروابط أحادية أو ثنائية أو ثلاثية.
- اختلاف طريقة ارتباط ذرّات الكربون مع بعضها بعضًا أو مع العناصر الأخرى في المركّبات المكوّنة من نفس النوع والعدد وهو ما يُعرَف بظاهرة التشاكل.
- تفاعلات مركّبات الكربون العضوية عمومًا بطيئة ومعكوسة.
- يظهر عنصر الكربون، الموجود في المركّبات العضوية، دائمًا على شكل صلب أسود عند معاملتها حراريًّا.
- يُمكن اعتبار البناء الضوئي من جهة وتفاعلات الاحتراق (التنفس) من جهة أخرى ظاهرتين متعاكستين، وهما يُمكّنان الكربون من إتمام دورته في الغلاف الجوّي حيث الظاهرة الأولى تستهلك ثاني أكسيد الكربون بينما الثانية تُنتجه.

2. أصناف مركّبات الكربون العضوية

Types of Organic Carbon Compounds

نظرًا لكثرة عدد مركّبات الكربون العضوية، والذي يتزايد يومًا بعد يوم، فقد قُسِّمَت لتسهيل دراستها، إلى فئات رئيسة إمّا حسب تركيبها العنصري وإمّا حسب الروابط.

1.2 تقسيم حسب التركيب العنصري

Categories According to Elemental Composition

وأهمّ هذه الفئات هي:

المركّبات الهيدروكربونية: هي المركّبات التي تحتوي على عناصر الكربون والهيدروجين. صيغتها العامّة هي: C_xH_y (شكل 45).

المركّبات الأكسجينية: هي المركّبات التي تحتوي على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين. صيغتها العامّة هي: $C_xH_yO_z$ (شكل 46).

المركّبات النيتروجينية: هي المركّبات التي تحتوي على عناصر الكربون والهيدروجين والنيتروجين. صيغتها العامّة هي: $C_xH_yN_z$ (شكل 47).

شكل (45)
المركّبات الهيدروكربونية

شكل (46)
المركّبات الأكسجينية

شكل (47)
المركّبات النيتروجينية

إجابات أسئلة الدرس 2 – 1

1. قدرة ذرّات الكربون على الارتباط ببعضها البعض في سلاسل مؤلّفة من أعداد كبيرة من الذرّات أو حلقات ذات أحجام مختلفة.

إمكانية ارتباط ذرّات الكربون بذرّات العناصر الأخرى بروابط تساهمية قوية.

إمكانية ارتباط ذرّات الكربون مع بعضها البعض في السلاسل والحلقات بروابط أحادية أو ثنائية أو ثلاثية.

2. تُعدّ دورة الكربون من الدورات الحيوية المهمّة في حياة الكائنات الحية. فإذا توقّفت تلك الدورة لتوقّفت معها عملية تثبيت ثاني أكسيد الكربون الجوّي وعملية تحرير ثاني أكسيد الكربون.

وإذا اختلّت عمليتا أخذ ثاني أكسيد الكربون وإطلاقه، وتزايد محتوى الغلاف الجوّي، فإن ذلك يشكّل تهديدًا للحياة على الأرض حيث إنّ زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي سوف يزيد من سُمك الوشاح الحراري حول الأرض التي ستصبح بالتالي أكثر دفئًا، ما يُؤدّي إلى ظاهرة الاحتباس الحراري.

3. بحسب تركيبها العنصري

بحسب الروابط

4. ترتبط بعض الخواصّ الفيزيائية بطول السلسلة الكربونية وطبيعتها، وبالمجموعة الوظيفية للمركّب.

تُعدّ مركّبات الكربون العضوية أكثر تطايرًا من مركّبات الكربون غير العضوية، ويتواجد أغلبها في الظروف العادية لدرجة الحرارة والضغط في الحالة الغازية، كالغاز الطبيعي، أو في الحالة السائلة، كالكحولات. كذلك، هي تتمتّع بدرجة حرارة انصهار وغليان منخفضة. بشكل عام، لا تذوب مركّبات الكربون العضوية في الماء، ولكنّها تذوب في المذيبات العضوية كالبنزين والكحول والإيثر، ما يجعلها مناسبة لتنظيف الملابس والقطع المعدنية. وأخيرًا، فإن مركّبات الكربون العضوية غير موصّلة للتيّار الكهربائي.

2.2 تقسيم حسب الروابط

Categories According to Chemical Bonds

وأهمّ هذه الفئات هي:

مركّبات مشبعة: حيث جميع الروابط أحادية (الميثان والبروبان والبنتان الحلقي).

مركّبات غير مشبعة: حيث الروابط ثنائية أو ثلاثية (الإثيلين والأستيلين والبنزين العطري).

مراجعة الدرس 2-1

1. علّل سبب كثرة مركّبات الكربون العضوية.
2. فسّر دور الاحتراق والبناء الضوئي في دورة الكربون.
3. اذكر معيارين في تصنيف مركّبات الكربون العضوية.
4. اذكر ثلاث خواصّ فيزيائية لمركّبات الكربون العضوية.

100

الدرس 2-2

تركيب مركّبات الكربون العضوية

الأهداف:

- يُعدّد العناصر الأساسية لمركّبات الكربون العضوية.
- يحسب نسبة العناصر الأساسية في مركّب الكربون العضوي.

الأدوات المستعملة: جهاز العرض العلوي، نماذج ذرّية

صفحات الطالب: من ص 101 إلى ص 104

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصور الافتتاحية للدرس

اطلب إلى الطلّاب تفحّص الصورة الافتتاحية للدرس، ثمّ اطرح إليهم الأسئلة التالية:

- كيف تختلف الفاكهة من حيث لونها ومذاقها ورائحتها المميّزة؟

[تختلف من حيث احتواء فاكهة معيّنة نوعًا من المركّبات لا تحويها فاكهة أخرى]

- ما هي العناصر الأساسية في مركّب الكربون العضوي؟

[العنصران الأساسيان في مركّب الكربون العضوي هما: الكربون والهيدروجين.]

- كيف تحسب نسبة العناصر الأساسية في مركّب الكربون العضوي؟

[يتمّ أوّلًا تحليله وصفيًّا حيث يتمّ الكشف عن العناصر المكوّنة له وتحديد كمّياتها]

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول تركيب مركّبات الكربون العضوية، اكتب صيغ بعض مركّبات الكربون العضوية على السبّورة، واطلب إليهم تحديد كيفية احتساب نسبة العناصر الأساسية في مركّب الكربون العضوي.

وضّح أنّه سيتمّ شرح طريقة سهلة لاحتساب تركيب مركّبات الكربون العضوية.

2. علّم وطبّق

1.2 مناقشة

اعرض الصيغ الجزيئية لبعض مركّبات الكربون العضوية، واطلب إلى الطلّاب الإجابة على الأسئلة التالية:

- ما هو العنصر الأساسي في مركّبات الكربون العضوية؟

[الكربون]

- سمّ عناصر أخرى تحويها مركّبات الكربون العضوية.

[الهيدروجين، الأكسجين، النيتروجين...]

الدرس 2-2

تركيب مركّبات الكربون العضوية

Composition of Organic Carbon Compounds

الأهداف العامة

- يُعدّد العناصر الأساسية لمركّبات الكربون العضوية.

شكل (48)
مجموعة من الخضار والفاكهة

تحوي هذه الفواكه والخضار (شكل 48) العديد من المركّبات العضوية وغير العضوية. فهي غنية بالسكّريات، وكذلك بالأملاح المعدنية مثل الحديد والخارصين والبوتاسيوم والصوديوم.

قد تتشابه مركّبات الكربون العضوية مثل الجلوكوز والفركتوز بين فاكهة وأخرى وقد تختلف بحيث تحوي فاكهة معينة نوعًا من المركّبات لا تحويها فاكهة أخرى. فلكلّ فاكهة لونها ومذاقها ورائحتها المميزة.

ما هي العناصر الأساسية في مركّب الكربون العضوي؟

1. العنصر الأساسي لمركّبات الكربون العضوية

Principal Element for Organic Carbon Compounds

ما هو العنصر الأساسي في مركّبات الكربون العضوية؟ سمّ عناصر أخرى تحويها مركّبات الكربون العضوية.

101

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلّاب للدرس

أشر إلى الفرق بين الصيغة الجزيئية والصيغة البنائية لمركّب عضوي ما، واطلب إلى الطلّاب إعطاء أمثلة على ذلك. كذلك، اطلب إليهم تقديم شرح بسيط عن التحليل العضوي العنصري لمركّب عضوي ما.

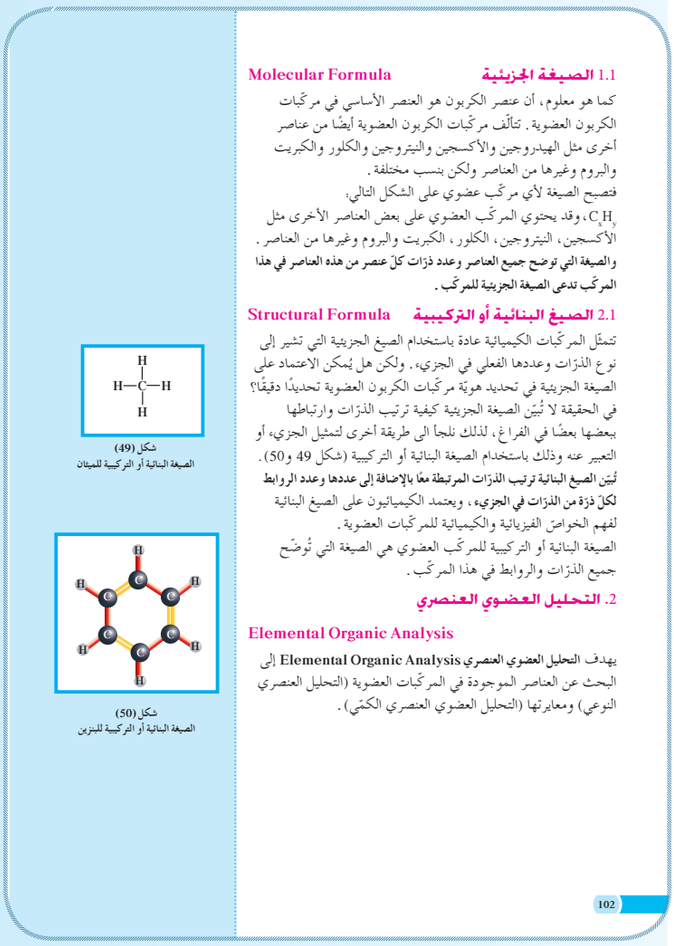
2.3 إعادة التعليم

اعرض خارطة مفاهيم عن التحليل العضوي العنصري، واطرح الأسئلة التالية:

- كيف يتمّ الكشف عن عناصر مركّب عضوي ما؟ ماذا نُسمّي هذه الطريقة؟

إجابات أسئلة الدرس 2 – 2

1. الصيغة الجزيئية العامّة لأيّ مركّب عضوي يتألّف من الكربون والهيدروجين والأكسجين والكلور هي:
$C_x H_y O_z Cl_t$
2. تتمثّل المركّبات الكيميائية بالصيغ التالية: جزيئية؛ بنائية أو تركيبية.
يعتمد الكيميائيون لفهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمركّبات العضوية على الصيغة البنائية أو التركيبية التي تبيّن ترتيب الذرّات المرتبطة، بالإضافة إلى عددها وعدد الروابط لكلّ ذرّة من الذرّات في الجزيء.
3. يتألّف التحليل العضوي العنصري من تحليلين:
التحليل العضوي العنصري النوعي
التحليل العضوي العنصري الكمّي.



1.1 الصيغة الجزيئية Molecular Formula

كما هو معلوم، أن عنصر الكربون هو العنصر الأساسي في مركّبات الكربون العضوية. تتألّف مركّبات الكربون العضوية أيضًا من عناصر أخرى مثل الهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكلور والكبريت والبروم وغيرها من العناصر ولكن بنسب مختلفة.
فتصبح الصيغة لأي مركّب عضوي على الشكل التالي:
$C_x H_y$، وقد يحتوي المركّب العضوي على بعض العناصر الأخرى مثل الأكسجين، النيتروجين، الكلور، الكبريت والبروم وغيرها من العناصر.
والصيغة التي توضح جميع العناصر وعدد ذرّات كلّ عنصر من هذه العناصر في هذا المركّب تدعى الصيغة الجزيئية للمركّب.

2.1 الصيغ البنائية أو التركيبية Structural Formula

تتمثّل المركّبات الكيميائية عادة باستخدام الصيغ الجزيئية التي تشير إلى نوع الذرّات وعددها الفعلي في الجزيء. ولكن هل يُمكن الاعتماد على الصيغة الجزيئية في تحديد هويّة مركّبات الكربون العضوية تحديدًا دقيقًا؟ في الحقيقة لا تُبيّن الصيغة الجزيئية كيفية ترتيب الذرّات وارتباطها ببعضها بعضًا في الفراغ، لذلك نلجأ الى طريقة أخرى لتمثيل الجزيء أو التعبير عنه وذلك باستخدام الصيغة البنائية أو التركيبية (شكل 49 و50).
تُبيّن الصيغ البنائية ترتيب الذرّات المرتبطة معًا بالإضافة إلى عددها وعدد الروابط لكلّ ذرّة من الذرّات في الجزيء، ويعتمد الكيميائيون على الصيغ البنائية لفهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركّبات العضوية.
الصيغة البنائية أو التركيبية للمركّب العضوي هي الصيغة التي تُوضّح جميع الذرّات والروابط في هذا المركّب.

شكل (49)
الصيغة البنائية أو التركيبية للميثان

شكل (50)
الصيغة البنائية أو التركيبية للبنزين

2. التحليل العضوي العنصري Elemental Organic Analysis

يهدف **التحليل العضوي العنصري Elemental Organic Analysis** إلى البحث عن العناصر الموجودة في المركّبات العضوية (التحليل العنصري النوعي) ومعايرتها (التحليل العضوي العنصري الكمّي).

1.2 الكشف عن العناصر الأساسية في المركّب العضوي (التحليل العنصري النوعي)

Elemental Qualitative Analysis

وهو مجموعة العمليات التي يتمّ فيها الكشف عن تركيب المواد أو المركّبات أو العناصر الداخلة في تركيب مادّة معيّنة.
يتلخّص التحليل العنصري النوعي لمركّب كربون عضوي بالكشف عن العناصر المكوّنة للمركّب، وهي: الكربون والهيدروجين والهالوجينات والنيتروجين والكبريت والفوسفور. أمّا الأكسجين فلا يبحث عنه عادة في التحليل العنصري النوعي.

2.2 حساب نسبة العناصر الأساسية في مركّب الكربون العضوي (التحليل العنصري الكمّي)

Elemental Quantitative Analysis

يعتمد التحليل العنصري الكمّي لمركّبات الكربون العضوية اعتمادًا كبيرًا على تفاعلات المجموعة الفعّالة أو النشيطة الموجودة في تلك المركّبات وهي تُميّز الخصائص الكيميائية لها وتُحدّد مسارها. يبحث التحليل العنصري الكمّي في تقدير كمّيات المكوّنات أو العناصر الداخلة في تركيب مركّب الكربون العضوي.
يتلخّص التحليل العنصري الكمّي بتحديد كمّية كلّ من العناصر الموجودة في المادّة العضوية. يُحوّل الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين إلى ماء على الترتيب. ويُمرّر الغاز والبخار على التعاقب في أنبوبَيْن يحوي الأوّل مادّة ماصّة للماء وغير ماصّة لثاني أكسيد الكربون، كحمض الكبريتك المركّز مثلًا، ويحوي الثاني مادّة ماصّة لثاني أكسيد الكربون كهيدروكسيد البوتاسيوم مثلًا. ويُحسب وزن كلّ من الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون من الفرق بين وزنَي الأنبوبتين قبل الامتصاص وبعده.

التحليل العنصري الكمّي للأكسجين
لم يكن الأكسجين يُعاير في السابق إلّا بطريقة البواقي، أي بالفرق المتبقّي بين وزن العيّنة الأصلية ومجموع أوزان العناصر الأخرى الموجودة فيها، أمّا اليوم فيُلجأ لمعايرة الأكسجين إلى الطريقة التالية: تُسخّن المادّة العضوية في جوّ خالٍ من الهواء وغاز CO_2، فيتحرّر أكسجينها على هيئة ماء أو غاز CO_2. ويتحوّل هذان الغازان بمرورهما على الكربون الصرف في الدرجة 1100°C إلى أوّل أكسيد الكربون.

مراجعة الدرس 2–2

1. اكتب الصيغة الجزيئية لمركّب الكربون العضوي الذي يتألّف من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين والكلور.
2. تتمثّل المركّبات الكيميائية بصيغ. عدّد هذه الصيغ واشرح إلى الصيغة التي يعتمد عليها الكيميائيون لفهم الخواصّ الفيزيائية والكيميائية للمركّبات العضوية.
3. يتألّف التحليل العضوي العنصري من تحليلين. اذكرهما واشرح إلامَ يهدف كلّ منهما.

مراجعة الوحدة الخامسة

الملخّص

قسّم الطلّاب إلى مجموعات لوضع خريطة مفاهيم مستخدمين المصطلحات الموضّحة في خريطة المفاهيم في الأسئلة التالية.

وبعد الإنتهاء من تصميمها، يُطلَب إلى كلّ مجموعة أن تُعدّل الخريطة لتشمل المواضيع التي نوقِشت في الدرس.

اطرح على الطلّاب الأسئلة التالية:

◄ ما الذي يميّز عنصر الكربون عن غيره من عناصر الجدول الدوري؟ **[ترتبط ذرّات الكربون ببعضها بعضًا بروابط تساهمية مشكّلة سلاسل كربونية مختلفة إلى مدى غير محدود.]**

◄ ما فوائد مركّبات الكربون غير العضوية (CO وCO_2) وأضرارها؟ **[أوّل أكسيد الكربون:**

يُستخدم في استخلاص الفلزّات من أكاسيدها.

يعيق عمليّة التنفّس وقد يسبّ الاختناق.

ثاني أكسيد الكربون:

يساعد في عملية البناء الضوئي.

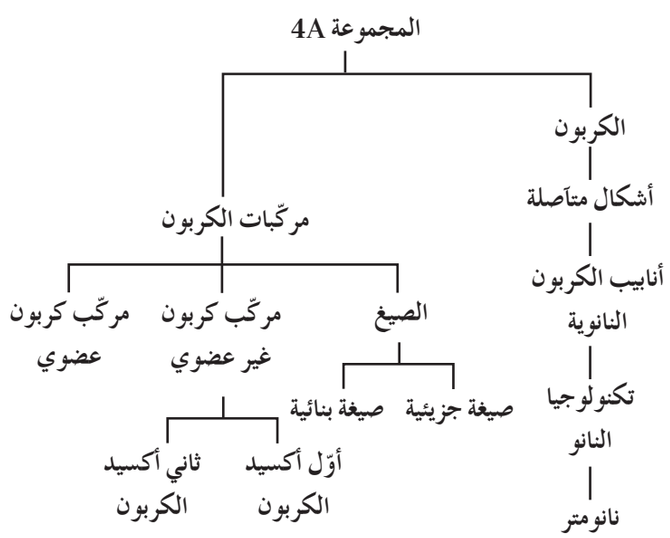
هو مركّب يسبّب ظاهرة الاحتباس الحراري.]

◄ كيف تُصنَّف مركّبات الكربون العضوية؟ **[بحسب الترتيب العضوي وبحسب الروابط]**

إضافة

اطلب إلى الطلّاب كتابة بحث حول الاحتباس الحراري.

اطلب إلى الطلّاب كتابة بحث حول تآصل الكربون.



مراجعة الوحدة الخامسة

المفاهيم

Allotropic Forms	أشكال متآصلة
Nano Technology	تكنولوجيا النانو
Nanometer	نانومتر
Carbon Nanotubes	أنابيب الكربون النانوية
Carbon Monoxide	أوّل أكسيد الكربون
Carbon Dioxide	ثاني أكسيد الكربون
Structural Formula	صيغة بنائية أو تركيبية
Group 4A	المجموعة 4A
Organic Carbon Compound	مركّب كربون عضوي
Non Organic Carbon Compound	مركّب كربون غير عضوي

ملخص لمفاهيم الأجزاء التي جاءت في الوحدة

(1 – 1) خواص عناصر المجموعة الرابعة في الجدول الدوري

- تشغل عناصر المجموعة 4A المنطقة اليمنى من الجدول الدوري. تحتوي على العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في تحت المستوى (np^2).
- الكربون هو العنصر السابع عشر الأكثر وفرة في القشرة الأرضية ويتميّز بظاهرة التآصل (الماس، جرافيت، الفوليرين).
- السيليكون والجرمانيوم والقصدير والرصاص هي العناصر الأخرى في المجموعة الرابعة.

(1 – 2) تكنولوجيا النانو

- علم تكنولوجيا النانو هو علم تعديل الذرات لصنع منتجات جديدة.
- من أهم الأشكال المتآصلة للكربون وأروعها الأنابيب النانوكربونية.
- يعتبر علم تكنولوجيا النانو الجيل الخامس في عالم الإلكترونيات وتكاد تطبيقاته تشمل أنواع العلوم والصناعات كلّها.

(1 – 3) خواص مركّبات الكربون غير العضوية

- أوّل أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة، له أهمّية صناعية، مسؤول عن كثير من الوفيّات، ويُعتبر مثالًا للرابطة التساهمية التناسقية.
- ثاني أكسيد الكربون غاز لا لون ولا رائحة ولا طعم له، يُستخدَم في بعض الصناعات، يُشتهر بتسبّبه في ظاهرة الاحتباس الحراري ويُعتبر مثالًا للرابطة التساهمية الثنائية.

(2 – 1) خواص مركّبات الكربون العضوية

لا تذوب في الماء، بل في المذيبات العضوية. قابلة للاشتعال، لا تُكوّن أيونات، لذا لا تُمرّر محاليلها التيّار الكهربائي. لها درجة انصهار منخفضة، درجة غليان منخفضة ورائحة مميّزة. إنّها بطيئة التفاعل.

(2 – 2) تركيب مركّبات الكربون العضوية

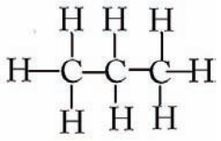
- صيغة أيّ مركّب عضوي: $C_xH_yO_zN_tCl_uS_vBr_w$.
- الصيغة الجزيئية للمركّب العضوي هي الصيغة التي تُوضّح جميع العناصر وعدد الذرّات لكلّ عنصر في هذا المركّب.
- الصيغة البنائية أو التركيبية للمركّب العضوي هي الصيغة التي تُوضّح ترتيب الذرّات المرتبطة معًا، بالإضافة إلى عددها وعدد الروابط لكلّ ذرّة من الذرّات في الجزيء.

خريطة مفاهيم الوحدة

استخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل الآتي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة.

تحقق من فهمك

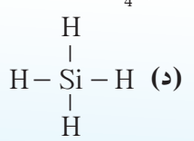
1. الكيمياء العضوية: هي أحد فروع علم الكيمياء الذي يهتمّ بدراسة عنصر الكربون بصفة أساسية.
   أسباب الاهتمام بالكيمياء العضوية:
   - أهمّية المركّبات العضوية في حياتنا
   - تتميّز المركّبات العضوية بخصائص مختلفة عن المركّبات غير العضوية
   - كثرة المركّبات العضوية
2. هناك أكثر من عشرة ملايين مركّب كربون عضوي، وذلك بسبب قدرة ذرّات الكربون على الارتباط ببعضها بروابط تساهمية، مكوّنة سلاسل مختلفة الأشكال والأحجام، وعلى الارتباط بذرّات عناصر أخرى كالهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والهالوجينات وغيرها.
3. القاتل الصامت هو غاز أوّل أكسيد الكربون. وقد سُمّي بذلك كونه يُسبّب الوفاة من دون أن تظهر له أيّ عوارض مرضية.
4. يتكوّن كلّ نوع من الفواكه من مركّبات خاصّة تتمتّع بخصائص كيميائية وفيزيائية تميّزه عن الأنواع الأخرى بسبب اختلاف ارتباط ذرّات الكربون.
5. يرتبط الكربون بعناصر أخرى عبر روابط تساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية.



6. $C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$
7. بالاستناد إلى قانون حفظ المادّة:
   $x = 2 \quad y = 6 \quad z = 1$ الصيغة الجزيئية C_2H_6O
8. الكربون هو العنصر الذي يُكوّن الماس
   $C + O_2 \rightarrow CO_2$
9. (أ) C_2H_6 (ب) C_2H_6O (جـ) $C_3H_4O_2$
   (د) $C_3H_6O_2$ (هـ) C_4H_8O (و) C_6H_{12}

اختبر مهاراتك

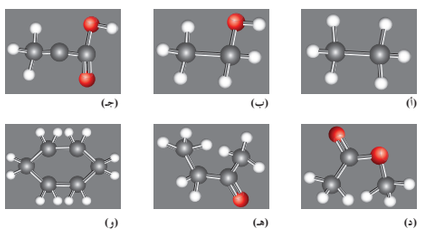
1. (أ) $_{14}Si$
   (ب) $\cdot\dot{\underset{\cdot}{Si}}\cdot$
   (جـ) SiH_4
   (د)



$Si - H$
رابطة تساهمية

تحقق من فهمك

1. ماذا تعني بالكيمياء العضوية؟ وما سبب اهتمامنا بها؟
2. يفوق عدد مركّبات الكربون العضوية العشرة ملايين مركّبًا. اشرح السبب.
3. أيّ مركّب هو «القاتل الصامت»؟ لماذا سمّي بالقاتل الصامت؟
4. لماذا تمتاز كلّ فاكهة بنكهة خاصّة بها؟
5. عدّد الروابط التي تربط الكربون بعناصر أخرى، وارسم الصيغة البنائية للبروبان C_3H_8.
6. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للاحتراق الكامل للبروبان.
7. يتفاعل مركّب كربون عضوي مع الأكسجين طبقًا للمعادلة التالية:
   $C_xH_yO_{z(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$
   أوجد الصيغة الجزيئية لهذا المركّب.
8. افترض أنّك تمكّنت من حرق الماس. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.
9. أعط الصيغة الجزيئية لكلّ من هذه المركّبات.



اختبر مهاراتك

1. السيليكون هو العنصر الثاني الأكثر وفرة في القشرة الأرضية. هو مكوّن أساسي للرمل بشكل ثاني أكسيد السيليكون SiO_2. يُستخدَم السيليكون في صناعة المعدّات الإلكترونية والخلايا الضوئية في وحدات الطاقة الشمسية. السيليكون هو العنصر الثاني في المجموعة 4A ويلي عنصر الكربون $_6C$ في المجموعة نفسها.
   (أ) ما هو العدد الذرّي لعنصر السيليكون؟
   (ب) اكتب رمز لويس النقطي لعنصر السيليكون.
   (جـ) ما هي أبسط صيغة جزيئية للمركّب الذي يمكن أن ينتج من تفاعل كيميائي بين عنصر السيليكون وغاز الهيدروجين.
   (د) اكتب الصيغة البنائية لهذا المركّب وحدّد نوع الرابطة التي تربط ذرّة السيليكون بذرّة الهيدروجين.

2. **(أ)** CO

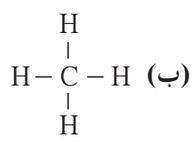
(ب) $:C \leqq O:$

(جـ) $CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

(د) راجع الصفحة 94 من كتاب الطالب (الفقرة في الهامش تحت عنوان "القاتل الصامت").

3. **(أ)** إنّها مركّبات مشبعة حيث جميع الروابط تساهمية أحادية.

(ب)



(جـ) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O +$ حرارة

CH_4 مركّب كربون عضوي؛ CO_2 مركّب كربون غير عضوي

(د) كمّية الميثان حوالى 1720

4. **(أ)** $:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$

$C=O$

رابطة تساهمية ثنائية

(ب) ثاني أكسيد الكربون هو مركّب كربون غير عضوي لأنّه ينتمي إلى المركّبات غير العضوية من أصول غير نباتية وغير حيوانية.

(جـ) كمّية ثاني أكسيد الكربون في الفترة الممتدّة بين 1950 و2000 أكبر من الكمّية في الفترة الممتدّة بين 1900 و1950.

يمكن الاستعانة بالكمّيات التالية:

1900 → 0.029

1950 → 0.031

2000 → 0.040

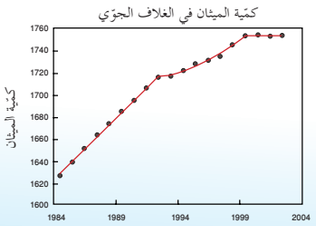
الأسباب: سوف تختلف إجابات الطلاب لكنّها قد تشمل: تزايد عدد السكّان؛ تزايد الطلب على الطاقة والصناعات الكبيرة.

- يؤدّي الاحتباس الحراري إلى ذوبان الثلوج في القطبين ما يسبّب في ارتفاع مستوى البحار وحدوث فياضانات، كما تؤدّي هذه الظاهرة إلى التصحّر.
- نعم، تُقبَل جميع الإجابات المنطقية، مثلًا: عدم الاعتماد على الوقود الأحفوري أو تقليل استعماله (الصناعات، السيّارات ووسائل النقل...)، الاعتماد على الطاقة البديلة المتجدّدة.

2. ينتج عن عملية الاحتراق غير التامّ للكربون والمركّبات العضوية غاز أوّل أكسيد الكربون.
(أ) ما هي الصيغة الجزيئية لهذا الغاز؟
(ب) يعتبر جزيء أوّل أكسيد الكربون مثالًا للرابطة التساهمية التناسقية، بيّن ذلك من خلال تمثيل لويس لجزيء أوّل أكسيد الكربون.
(جـ) يتفاعل أوّل أكسيد الكربون مع أكسجين الهواء لينتج ثاني أكسيد الكربون. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.
(د) بالعودة إلى الصفحة 94 "القاتل الصامت"، لماذا يُعتبَر أوّل أكسيد الكربون قاتلًا صامتًا. علّل إجابتك.

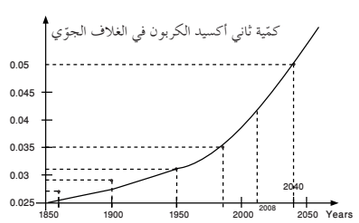
3. الميثان هو مكوّن رئيسي للغاز الطبيعي. يتمّ استخدامه من الرواسب الجيولوجية كما يمكن الحصول عليه من المصادر الطبيعية، مثل تحلّل المخلّفات العضوية، عملية الهضم لدى الحيوانات، وقود الحفريات، المستنقعات وغيرها. عندما يكون في الغلاف الجوّي، يمتصّ الميثان الأشعّة تحت الحمراء التي تنبعث عادة إلى الفضاء الخارجي. تجعل هذه الخاصّية من الميثان أحد غازات الانحباس الحراري. للميثان قدرة على تسخين الجوّ 25 مرّة أكثر من ثاني أكسيد الكربون.
(أ) ينتمي الميثان إلى الألكانات. بمَ تتميّز هذه المركّبات؟
(ب) الصيغة الجزيئية للميثان CH_4. اكتب تمثيل لويس لهذه الصيغة ($_1H$ و$_6C$).
(جـ) كمكوّن رئيسي للغاز الطبيعي، الميثان هو أحد أنواع الوقود المهمّة ويعرف بـ"غاز المدينة". عندما يحترق جزيء واحد من الميثان بوجود كمّية وافرة من الأكسيجين، ينتج جزيء ثاني أكسيد الكربون CO_2 وجزيئان من الماء H_2O.
- اكتب معادلة موزونة تمثّل هذا التفاعل.
- الميثان وثاني أكسيد الكربون هما مركّبان من مركّبات الكربون. أشر إلى أيّ من المركّبات (عضوية أو غير عضوية) ينتمي كلّ منهما.

(د) يوضّح الرسم البياني التالي كمّية الميثان في الغلاف الجوّي خلال السنوات العشرين بين 1984 و2004.



إستعِن بهذا الرسم وحدّد كمّية الميثان المتواجدة في الجوّ خلال العام 1995.

4. ثاني أكسيد الكربون أو الغاز الفحمي هو أحد مكونات الغلاف الجوّي. ينتج أكسيد الكربون طبيعيًّا كناتج احتراق المواد العضوية، كما ينتج عن عمليات التخمّر. يشتهر هذا المركّب بأنّه يسبّب ظاهرة الاحتباس الحراري التي تؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض. يُستخدَم ثاني أكسيد الكربون في العديد من الصناعات الغذائية والنفطية والكيميائية.
يتمثّل ثاني أكسيد الكربون بالصيغة الجزيئية التالية: CO_2.
(أ) اكتب الصيغة البنائية لثاني أكسيد الكربون وحدّد نوع الرابطة بين ذرّتي الأكسجين والكربون.
(ب) ثاني أكسيد الكربون هو مركّب من مركّبات عنصر الكربون. هل هذا المركّب عضوي أو غير عضوي؟ علّل إجابتك.
(جـ) يوضّح الرسم البياني التالي كمّية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي المتوقّعة بين عامي 1850 و2050.



- إستعِن بالرسم البياني لتقارن كمّية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي في الفترة الممتدّة بين عامي 1990 و1950، والفترة الممتدّة بين عامي 1950 و2000. أعطِ سببًا لهذا التغيّر.
- عدّد نتيجتين للاحتباس الحراري.
- هل من وسيلة للتخفيف من وطأة الاحتباس الحراري؟ إقترح وسيلة للمعالجة.

مشاريع الوحدة

1. يعرض الطالب نتائج البحث أمام زملائه.
أوضحت إحدى الدراسات العلمية أنّ المحيطات تمتصّ نصف كمّية غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوّي. ينشأ لدى العلماء قلق شديد بشأن الكمّية التي تمتصّها المحيطات من ثاني أكسيد الكربون، موضّحين أنّ استمرار الوضع كما هو عليه سيلحق الضرر بالمخلوقات البحرية ويُفقدها القدرة على تكوين غلافها الطبيعي وقوقعتها، ما سيُؤدّي بحلول نهاية القرن إلى انخفاض الكالسيوم المكوّن لقوقعة الأسماك بنسبة 20 إلى 45 %.
أمّا النباتات، فتمتصّ ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التركيب الضوئي. ويؤدّي قطع الأشجار إلى زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في المحيطات، وبالتالي يُسبّب الضرر للمخلوقات البحرية.
2. يعرض الطالب نتائج البحث أمام زملائه.
3. يعرض الطالب نتائج البحث أمام زملائه.
4. يعرض الطالب نتائج البحث أمام زملائه.

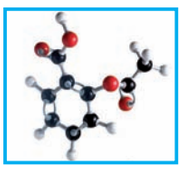
أسئلة مراجعة الوحدة 5

مشاريع الوحدة

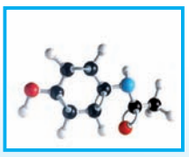
1. يُقال إنّ قطع الأشجار يُؤدّي إلى انعدام الحياة الحيوانية في المحيطات والبحار. قم ببحث لمعرفة السبب مركّزًا على دورة الكربون ودور كلّ من النباتات والمحيطات في هذه الدورة.
2. يُضاف مركّب رباعي أيثيل الرصاص إلى وقود السيّارات لرفع رقم الأوكتان للوقود، ولكن يُسبّب إضافته أيضًا ترسّب كمّية من الرصاص على جوانب المحرّك، وهي مادّة سامّة تُسبّب تلوّث الهواء عند خروجها من عوادم السيّارات.
ماذا يعني رقم الأوكتان في الوقود؟ وما الفرق بين الوقود 95 والوقود 98 أوكتان؟
ماذا فعلت شركات النفط للحفاظ على نوعية النفط وتجنّب التلوّث بسبب الرصاص؟
3. يُعتبَر النفط مصدرًا مهمًّا للطاقة ولكنّه طاقة غير متجدّدة، لذلك يجب على المجتمعات التي تعتمد على النفط كمصدر للطاقة البحث عن مصادر أخرى بديلة تكون متجدّدة.
ما هي هذه المصادر؟
ما هي إيجابياتها وسلبياتها؟
4. الغازات المنبعثة من عوادم السيّارات هي عدوّ أساسي للبيئة ولصحّة الإنسان. وتسعى الدول إلى الحدّ من هذه الغازات عن طريق استخدام عوادم سيّارات تحوي عوامل حفّازة.
قم ببحث عن هذه العوادم، واعرض نتائج البحث أمام زملائك.

خلفية علمية

- الأسبرين مركّب حمض الأسيتيل ساليسليك



- الباتادول مركّب الباراسيتامول

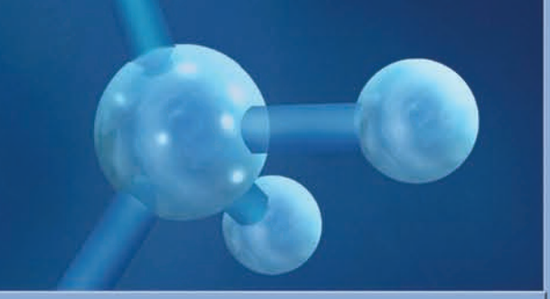


أسئلة مراجعة الوحدة 5

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات



تطرح سلسلة العلوم مضمونًا تربويًا منوَّعًا يتناسب مع جميع مستويات التعلُّم لدى الطلاّب.

يوفّر كتاب العلوم الكثير من فرص التعليم والتعلُّم العلمي والتجارب المعمليّة والأنشطة التي تعزز محتوى الكتاب.

يتضمّن هذا الكتاب ايضًا نماذج الإختبارات لتقييم استيعاب الطلاّب والتأكد من تحقيقهم للأهداف واعدادهم للاختبارات الدولية.

تتكوّن السلسلة من:

- كتاب الطالب
- كتاب المعلّم
- كرّاسة التطبيقات
- كرّاسة التطبيقات مع الإجابات

الصف العاشر 10

كتاب المعلّم

الجزء الثاني

ISBN 978-614-406-324-8

PEARSON Scott Foresman

مَركز البُحوث التّربَويَّة

الكيمياء