



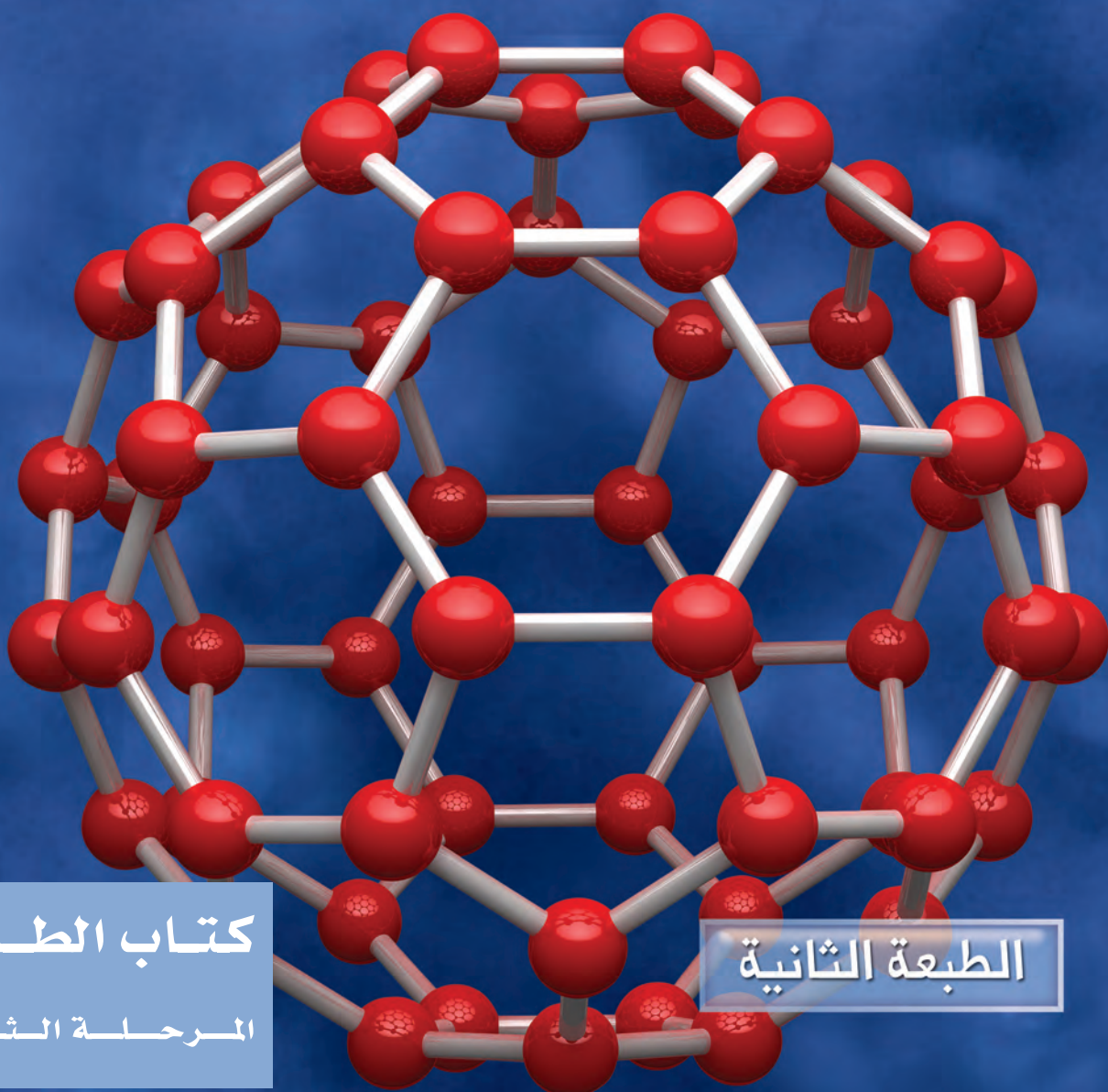
وزارة التربية

10

# الكيمياء

الصف العاشر

الجزء الثاني



كتاب الطالب

المرحلة الثانوية

الطبعة الثانية



وزارة التربية

# الكيمياء

10

الصفّ العاشر

كتاب الطالب

الجزء الثاني

المرحلة الثانويّة

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. برّاك مهدي برّاك (رئيساً)

أ. سعاد عبد العزيز الرشدود

أ. راشد طاهر الشمالي

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. مصطفى محمد مصطفى

أ. تهاني زعار المطيري

الطبعة الثانية

1437 - 1438 هـ

2016 - 2017 م





صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح  
أمير دولة الكويت





سَيِّدُ الشَّيْخِ نَوَافِ بْنِ عَبْدِ الرَّحْمَنِ السَّبَّاحِ

وَلِيِّ عَهْدِ دَوْلَةِ الْكُوَيْتِ



# مقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين، محمد بن عبدالله وصحبه أجمعين.

عندما شرعت وزارة التربية في عملية تطوير المناهج، استندت في ذلك إلى جملة من الأسس والمرتكزات العلمية والفنية والمهنية، حيث راعت متطلبات الدولة وارتباط ذلك بسوق العمل، وحاجات المتعلمين والتطور المعرفي والعلمي، بالإضافة إلى جملة من التحديات التي تمثلت بالتحدي القيمي والاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي وغيرها. وإن كنا ندرك أن هذه الجوانب لها صلة وثيقة بالنظام التعليمي بشكل عام وليس المناهج بشكل خاص.

وما يجب التأكيد عليه، أن المنهج عبارة عن كم الخبرات التربوية والتعليمية التي تُقدم للمتعلم، وهذا يرتبط أيضًا بعمليات التخطيط والتنفيذ، والتي في محصلتها النهائية تأتي لتحقيق الأهداف التربوية، وعليه أصبحت عملية بناء المناهج الدراسية من أهم مكونات النظام التعليمي، لأنها تأتي في جانبين مهمين لقياس كفاءة النظام التعليمي، فهي من جهة تمثل أحد المدخلات الأساسية ومقياسًا أو معيارًا من معايير كفاءته من جهة أخرى، عدا أن المناهج تدخل في عملية إنماء شخصية المتعلم في جميع جوانبها الجسمية والعقلية والوجدانية والروحية والاجتماعية.

من جانب آخر، فنحن في قطاع البحوث التربوية والمناهج، عندما نبدأ في عملية تطوير المناهج الدراسية، ننطلق من كل الأسس والمرتكزات التي سبق ذكرها، بل إننا نراها محفزات واقعية تدفعنا لبذل قصارى جهدنا والمضي قدمًا في البحث في المستجدات التربوية سواء في شكل المناهج أم في مضمونها، وهذا ما قام به القطاع خلال السنوات الماضية، حيث البحث عن أفضل ما توصلت إليه عملية صناعة المناهج الدراسية، ومن ثم إعدادها وتأليفها وفق معايير عالمية استعدادًا لتطبيقها في البيئة التعليمية.



ولقد كانت مناهج العلوم والرياضيات من أول المناهج التي بدأنا بها عملية التطوير. إيماناً بأهميتها وانطلاقاً من أنها ذات صفة عالمية، مع الأخذ بالحسبان خصوصية المجتمع الكويتي وبيئته المحلية، وعندما أدركنا أنها تتضمن جوانب عملية التعلم ونعني بذلك المعرفة والقيم والمهارات، قمنا بدراستها وجعلها تتوافق مع نظام التعليم في دولة الكويت، مركزين ليس فقط على الكتاب المقرر ولكن شمل ذلك طرائق وأساليب التدريس والبيئة التعليمية ودور المتعلم، مؤكداً على أهمية التكامل بين الجوانب العلمية والتطبيقية حتى تكون ذات طبيعة وظيفية مرتبطة بحياة المتعلم.

وفي ضوء ما سبق من معطيات وغيرها من الجوانب ذات الصلة التعليمية والتربوية تم اختيار سلسلة مناهج العلوم والرياضيات التي أكملناها بشكل ووقت مناسبين، ولنحقق نقلة نوعية في مناهج تلك المواد، وهذا كله تزامن مع عملية التقويم والقياس للأثر الذي تركته تلك المناهج، ومن ثم عمليات التعديل التي طرأت أثناء وبعد تنفيذها، مع التأكيد على الاستمرار في القياس المستمر والمتابعة الدائمة حتى تكون مناهجنا أكثر تفاعلية.

### **د. سعود هلال الحربي**

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

# المحتويات

## الجزء الأول

الوحدة الأولى: الإلكترونات في الذرات والدورية الكيميائية

الوحدة الثانية: الروابط الكيميائية (الأيونية والتساهمية والتناسقية)

الوحدة الثالثة: كيمياء العناصر

## الجزء الثاني

الوحدة الرابعة: التفاعلات الكيميائية والكمياء الكمية

الوحدة الخامسة: مركبات الكربون

# محتويات الجزء الثاني

12	الوحدة الرابعة: التفاعلات الكيميائية والكيمياء الكميّة
13	الفصل الأوّل: أنواع التفاعلات الكيميائية
14	الدرس 1-1: التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية
23	الدرس 1-2: التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة
26	الدرس 1-3: التفاعلات الكيميائية بحسب نوعها
41	الفصل الثاني: الكيمياء الكميّة
42	الدرس 2-1: الكتلة المولية الذريّة والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية
51	الدرس 2-2: النسب المئوية لتركيب المكوّنات
61	الدرس 2-3: المعادلة الكيميائية وحساب كميّة المادّة
72	مراجعة الوحدة الرابعة
76	أسئلة مراجعة الوحدة الرابعة

84	الوحدة الخامسة: مركّبات الكربون
85	الفصل الأوّل: مركّبات الكربون غير العضوية
86	الدرس 1-1: خواصّ عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري
90	الدرس 1-2: تكنولوجيا النانو
95	الدرس 1-3: خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية
99	الفصل الثاني: مركّبات الكربون العضوية
100	الدرس 2-1: خواصّ مركّبات الكربون العضوية
103	الدرس 2-2: تركيب مركّبات الكربون العضوية
106	مراجعة الوحدة الخامسة
108	أسئلة مراجعة الوحدة الخامسة

# التفاعلات الكيميائية والكمياء الكمية

## Chemical Reactions and Quantitative Chemistry

## الوحدة الرابعة

### فصول الوحدة

#### الفصل الأول

• أنواع التفاعلات الكيميائية

#### الفصل الثاني

• الكيمياء الكمية

### أهداف الوحدة

- يُعرّف أنواع التفاعلات الكيميائية من حيث الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.
- يُعرّف المعادلات الكيميائية بأنها معادلات يُستخدم فيها أسماء المتفاعلات وصيغها والمواد الناتجة من التفاعل الكيميائي.
- يفهم بأن المعادلات الكيميائية الموزونة تُستخدم لدراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة والناتجة.
- يدرك بأن المول هو وحدة القياس لكمية المادة 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

هناك ملايين من التفاعلات الكيميائية تحصل من حولنا، بعضها طبيعية، وبعضها الآخر نتيجة لأنشطة الإنسان. ففي داخل أجسامنا يحدث للطعام سلسلة من التفاعلات المعقدة لتزودنا بالطاقة. وفي المختبرات يستخدم العلماء التفاعلات الكيميائية لتصنيع الأدوية، أو لحفظ الأغذية، أو لتحويل النفط إلى أنواع الوقود، أو لتوفير المواد 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 الكمية بين المواد المتفاعلة والناتجة؟

### اكتشف بنفسك

تفاعل متجانس أم غير متجانس؟

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

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

### دروس الفصل

#### الدرس الأول

- التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

#### الدرس الثاني

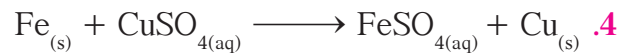
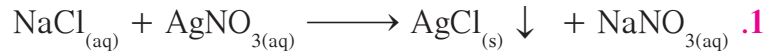
- التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

#### الدرس الثالث

- التفاعلات الكيميائية بحسب نوعها

تكتسب التفاعلات الكيميائية أهمية كبرى في حياتنا، فالوقود يحترق في محرّك السيارة لتوليد طاقة تُحرّكها، وغذاء النبات يُنتج من عملية البناء الضوئي بتفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء. أما الأنواع المختلفة من الأدوية والألياف الصناعية والأسمدة، ما هي إلا بعض الأمثلة عن نواتج بعض التفاعلات الكيميائية.

إنّ ما يحدث عند تفاعل العناصر مع المركّبات، ما هو إلا كسر للروابط الكيميائية في المواد المتفاعلة وبالتالي تكوين روابط جديدة. ولتسهيل دراسة التفاعلات الكيميائية وما يحدث فيها من تغيّرات على المواد المتفاعلة وتكوين موادّ جديدة، فإنّها تُمثّل بمعادلات كيميائية، نستطيع من خلالها تحديد نوع التفاعل: متجانس وغير متجانس، وذلك من خلال التفاعلات التالية:



أيّ من المعادلات الكيميائية السابقة يدلّ على تفاعلات متجانسة؟  
وتفاعلات غير متجانسة؟

الأهداف العامة

- يكتب المعادلات الكيميائية الموزونة، مستخدماً أسماء المتفاعلات وصيغها، والمواد الناتجة من التفاعل الكيميائي وصيغها.
- يكتب معادلات نصف التفاعلات الكيميائية باستخدام الرموز المناسبة.



شكل (1)

منطاد هندربرج

بعد رحلة تاريخية عبر فيها المحيط الأطلسي، هبط المنطاد الألماني الضخم ذي المحرك المسمى هندربرج (شكل 1)، في بحيرة هيرست في نيوجرسي في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1937. أثناء الهبوط اشتعل المنطاد وتحول إلى كتلة من النيران، إذ انفجر خزان الوقود المحتوي على 210 آلاف متر مكعب من غاز الهيدروجين. وقد توفي ثلاثون شخصاً في هذه الكارثة وسببها حدوث التفاعل العنيف للهيدروجين مع الأكسجين مصحوباً بانفجار وتكون الماء.

التغيرات الكيميائية	التغيرات الفيزيائية
تُغيّر في تركيب المادة	لا تُغيّر في تركيب المادة

## 1. التفاعل الكيميائي Chemical Reaction

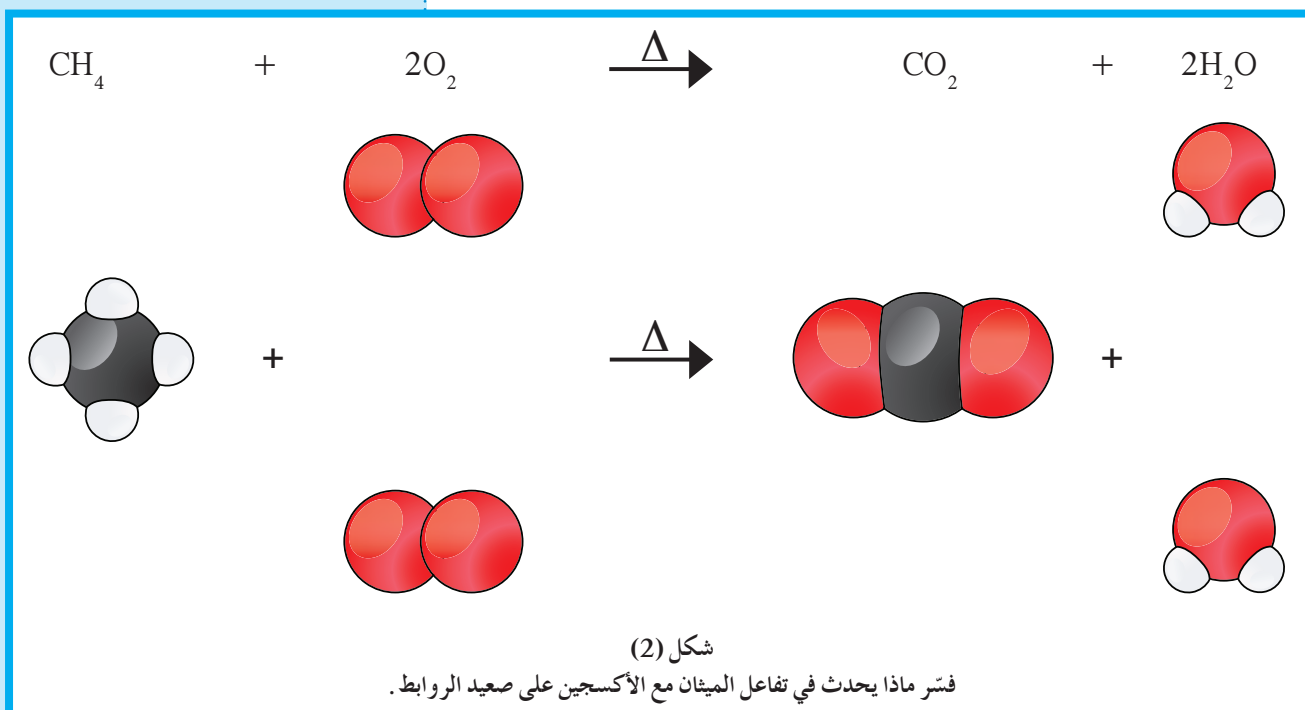
سبق أن تعلّمت في الصف الثامن عن التفاعل الكيميائي وعن دلالاته. هل تذكر الفرق بين التغير الفيزيائي والتغير الكيميائي؟ أعط أمثلة عن كلّ نوع تغيّر.

تحدث التغيرات المختلفة على المادة أمامنا كلّ لحظة، فنشاهد مثلاً صدأ الحديد، وتعفن الخبز، وحرق الخشب، والإنسان يمضغ الطعام ويهضمه، وورقة الشجرة تصنع السكر والنشا من مواد بسيطة... إلخ. كيف تعرف أنّ التفاعل الكيميائي قد حدث؟ استخدم (الجدول 1) لتعرف دلالات التفاعل الكيميائي.

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

جدول 1: دلالات التفاعل الكيميائي

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





## التفاعلات الكيميائية في حياتنا

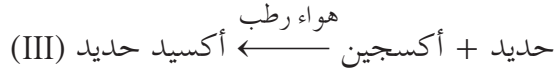
أولاً. تفاعلات لها دور مهم في حياتنا،  
كتلك التي تُستخدم في كثير  
من الصناعات: صناعة الأدوية،  
والأسمدة، والوقود، والبلاستيك.  
ثانياً. تفاعلات لها جوانب سلبية على  
البيئة، مثل:

1. تفاعلات ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون الذي يرفع درجة حرارة الجو، في ما يُعرف بالاحتباس الحراري.
2. تفاعلات ينتج عنها أول أكسيد الكربون الذي يُسبب الصداع، الدوران وآلاماً حادة في المعدة.
3. تفاعلات تنتج عنها أكاسيد الكبريت، والتي تُسبب تكوّن أمطار حمضية وتُهيج الجهاز التنفسي، وتُسبب تآكل المباني.
4. تفاعل الأكسجين مع النيتروجين أثناء البرق الذي يُكوّن أكسيد النيتريك (غاز سام) الذي يُسبب تهيج الجهاز العصبي والتهاب العيون.
5. تفاعلات أثناء احتراق الألياف الجافة، مثل السجائر التي تُكوّن غازات تُسبب سرطان الرئة.

## Chemical Equation

## 2. المعادلة الكيميائية

نعيش في بيئة مادية مليئة بالتغيرات، ومن هذه التغيرات ما هو بسيط يُمكن التعبير عنه ببضع كلمات، أو بمعادلة رمزية واحدة، ومنها ما هو معقد يصعب وصفه وتحليله.



تُسمّى هذه المعادلة **معادلة كتابية Literal Equation**، حيث يتمّ التعبير عن التفاعل الكيميائي، مثل صدأ الحديد، على أنه تفاعل الحديد مع الأكسجين لتكوين أكسيد الحديد (III) (الصدأ). وعلى الرغم من أنّ المعادلة الكتابية تصف جيّداً التفاعلات الكيميائية، إلّا أنّها غير كافية للوصف الدقيق للمواد الداخلة في التفاعل (المتفاعلات) والخارجة عن التفاعل (النواتج). لذلك، يُمكنك استخدام الصيغ الكيميائية لكتابة المعادلات.

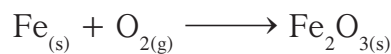
وفي المعادلة الكيميائية، تُكتب الصيغ الكيميائية للمواد الموجودة قبل بدء التفاعل، وتُعرف بالمواد المتفاعلة، على الجانب الأيسر من السهم، في حين تُكتب الصيغ الكيميائية للمواد الخارجة عن التفاعل، وتُعرف بالمواد الناتجة، عن الجانب الأيمن من السهم، وهي المواد التي تتكوّن نتيجة التفاعل. ويشير رأس السهم إلى النواتج. ويُمكن تمثيل تفاعل الصدأ كما يلي:

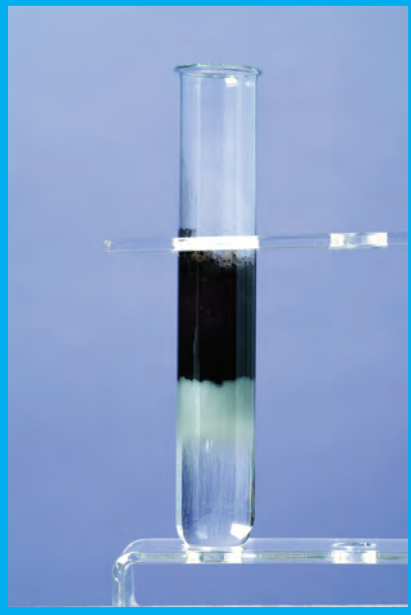


ومثل هذه المعادلات التي تُظهر فقط صيغ المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل تُعرف بالمعادلة الهيكلية.

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

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

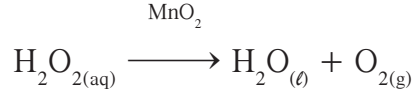




شكل (3)

يتفكك ماء الأكسجين بسرعة بإضافة ثاني أكسيد المنجنيز ليكوّن ماء وأكسجيناً .

وفي الكثير من التفاعلات الكيميائية، يُستخدم عامل حفّاز Catalyst وهو مادة تغير من سرعة التفاعل، ولكنها لا تشارك فيه، أي أنّ العامل الحفّاز لا يُعتبر من المواد المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل الكيميائي، ولذلك تُكتب الصيغة الكيميائية الخاصّة به فوق السهم في المعادلة الكيميائية. ومثال ذلك استخدام ثاني أكسيد المنجنيز (IV) للتحفيز، (شكل 3)، أي زيادة سرعة تفكك المحلول المائي لفوق أكسيد الهيدروجين، كما هو موضّح في المعادلة الهيكلية التالية:



### 3. وزن المعادلة الكيميائية

#### Chemical Equation Balancing

إلام ترمز المعاملات في المعادلة الكيميائية؟

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

سنحاول 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 المواد المتفاعلة على اليسار، وصيغ المواد 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 ( $\Delta$ ) 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، يُحسب هذا كوحدة واحدة .)

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

الخطوة الخامسة: تأكّد من تساوي عدد كلّ ذرّة أو أيون عديد الذرّات في كلّ من طرفي المعادلة لتتأكّد من وزن المعادلة تحقيقاً لقانون بقاء الكتلة .  
الخطوة السادسة: تأكّد أخيراً من أنّك استخدمت المعاملات في أقلّ نسبة عددية صحيحة لموازنة المعادلة .

## مثال (1)

تتفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية (بيكربونات صوديوم) مع حمض الهيدروكلوريك لتُكوّن محلولاً مائياً من كلوريد الصوديوم والماء وغاز ثاني أكسيد الكربون .  
اكتب المعادلة الهيكلية لكلّ من المتفاعلات الكيميائية والنواتج مستخدماً الرموز .

### طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّ:** صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال

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

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

أولاً: اكتب الصيغ الكيميائية والحالة الفيزيائية للمتفاعلات:

كربونات صوديوم هيدروجينية (بيكربونات صوديوم) الصلبة  $\text{NaHCO}_{3(s)}$

محلول مائي من حمض الهيدروكلوريك  $\text{HCl}_{(aq)}$

ثانياً: اكتب الصيغ الكيميائية والحالة الفيزيائية للنواتج:

محلول مائي من كلوريد الصوديوم  $\text{NaCl}_{(aq)}$

الماء  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

غاز ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_{2(g)}$

ثالثاً: اكتب المعادلة الكيميائية الهيكلية للتفاعل:  $\text{NaHCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$

3. **قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

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

## أسئلة تطبيقية وحلّها

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

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

**الحلّ:**  $\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} \text{SO}_{2(g)}$

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

**الحلّ:**  $\text{KClO}_{3(s)} \xrightarrow[\text{MnO}_2]{\Delta} \text{KCl}_{(s)} + \text{O}_{2(g)}$

2. اكتب تعليقاً يصف التفاعلات التالية:

(أ)  $\text{KOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{K}_2\text{SO}_{4(aq)}$

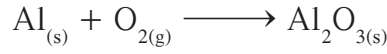
**الحلّ:** بخلط محلول مائي من هيدروكسيد البوتاسيوم مع محلول مائي من حمض الكبريتيك ، يتكوّن ماء ومحلول مائي من كبريتات البوتاسيوم .

(ب)  $\text{Na}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$

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

## مثال (2)

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



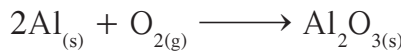
### طريقة التفكير في الحلّ

1. **حلّ:** صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال

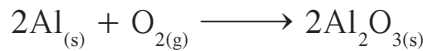
طبّق قواعد وزن المعادلات الكيميائية.

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

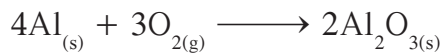
زن أولاً عدد ذرّات الألمنيوم في كلّ من طرفي المعادلة بوضع المعامل 2 أمام Al.



تظهر هنا مشكلة تتكرّر كثيراً في وزن المعادلات الكيميائية، ويُمكن تسميتها مشكلة الأعداد الزوجية والفردية، لأنّ أيّ معامل يوضع أمام  $\text{O}_2$  سوف يُعطي أعداداً 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  $\text{Al}_2\text{O}_3$  لتحويل عدد ذرّات الأكسجين الفردية إلى زوجية:

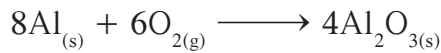


أصبح عدد ذرّات الأكسجين في الطرف الأيمن من المعادلة يُساوي 6 ذرّات، بينما في الطرف الأيسر ذرّتين فقط، فيلزم وضع معامل 3 أمام  $\text{O}_2$ ، وكذلك تصحيح معامل الألمنيوم ليُصبح 4 بدلاً من 2.



3. **قيّم:** هل النتيجة لها معنى؟

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



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

### مثال (3)

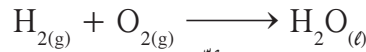
يتفاعل الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء. اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لهذا التفاعل.

#### طريقة التفكير في الحل

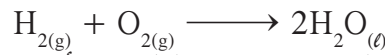
1. **حلل:** صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال  
طبّق قواعد وزن المعادلات للمعادلة الكتابية التي تصف التفاعل.

2. **حل:** طبّق الخطة الإستراتيجية لحلّ السؤال

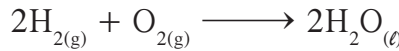
اكتب الصيغة الصحيحة للمتفاعلات والنواتج لتحصل على المعادلة الهيكلية:



إذا قمت بعدد أعداد ذرات الهيدروجين، تجد أنها موزونة في طرفي المعادلة في حين أن أعداد ذرات الأكسجين غير موزونة، وإذا قمت بوضع معامل 2 أمام  $\text{H}_2\text{O}$  فإنه يُؤدّي إلى تساوي ذرات الأكسجين في طرفي المعادلة:



ولكنك الآن تجد أن عدد ذرات الهيدروجين في الطرف الأيمن ضعف عددها في الطرف الأيسر، ولهذا يجب وضع معامل 2 أمام  $\text{H}_2$ . بهذا تُصبح المعادلة موزونة:

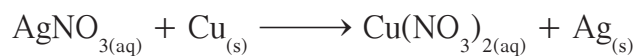


3. **قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

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

### مثال (4)

عند غمر سلك من فلزّ النحاس في محلول مائي من نترات الفضة، تترسّب بلورات الفضة على سلك النحاس. زن معادلة هذا التفاعل:



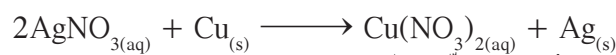
#### طريقة التفكير في الحل

1. **حلل:** صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال

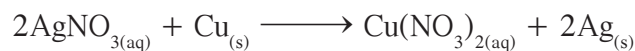
طبّق قواعد وزن المعادلات الكيميائية، حيث إنّ أنيون النترات، وهو أنيون عديد الذرات يتواجد في المتفاعلات والنواتج، فيمكن وزنه كوحدة واحدة.

2. **حل:** طبّق الخطة الإستراتيجية لحلّ السؤال

ضع معامل 2 أمام  $\text{AgNO}_3$  لوزن أنيون النترات:



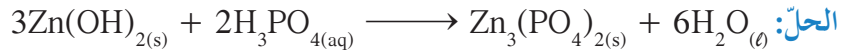
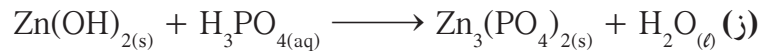
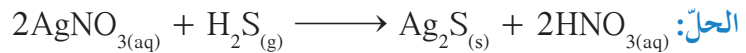
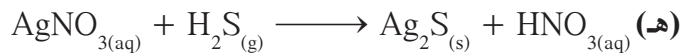
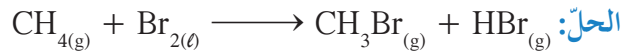
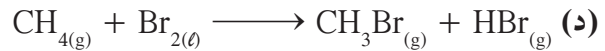
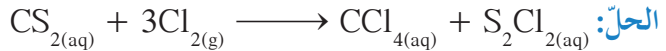
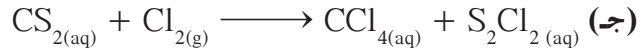
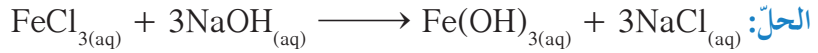
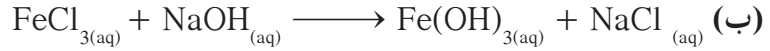
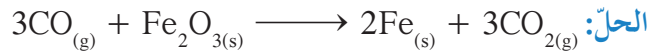
بالنظر إلى هذه المعادلة، نلاحظ أن الفضة غير موزونة في الطرفين، ولذا يوضّع معامل 2 أمام  $\text{Ag}$ :



3. **قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

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

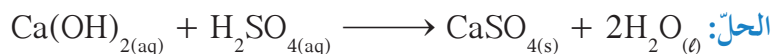
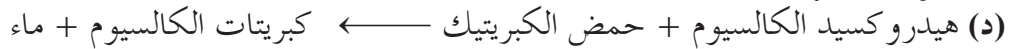
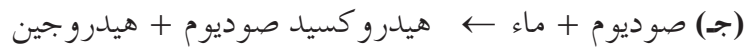
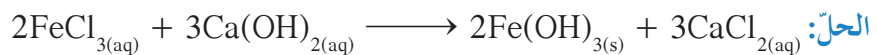
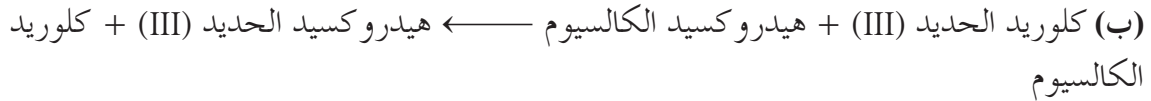
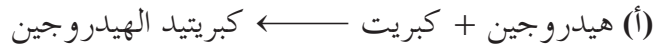
1. زن المعادلات التالية:



2. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الكربون مع الأوكسجين لتكوين أول أكسيد الكربون .



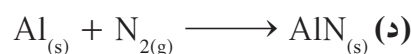
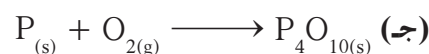
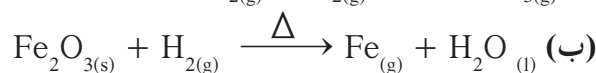
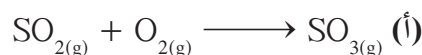
3. اكتب معادلة كيميائية موزونة من التفاعلات التالية:



## 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)، تتفكك مكونة كربونات الصوديوم، وثاني أكسيد الكربون والماء .
- (ج) التفاعل بين غاز الهيدروجين وغاز الأوكسجين مصحوب بانفجار وينتج عنه ماء .

2. زن المعادلات التالية:



3. اكتب الصيغ والرموز الأخرى لكل مما يلي:

(أ) غاز ثالث أكسيد الكبريت .

(ب) نترات البوتاسيوم ذائبة في الماء .

(ج) 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؟

## الأهداف العامة

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

## علم التصنيف

الكيمياء الحيوية هي أحد فروع العلوم الطبيعية ويختص بدراسة التركيب الكيميائي لأجزاء الخلية في مختلف الكائنات الحية. يدرس المتخصصون في الكيمياء الحيوية، الجزيئات والتفاعلات الكيميائية المحفزة من قبل الأنزيمات التي تسهم في كل العمليات الحيوية ضمن الكائن الحي. يُقدّم علم الأحياء الجزيئي تخطيطاً ووصفاً للعلاقة الداخلية بين الكيمياء الحيوية، وعلم الأحياء، وعلم الوراثة.



شكل (4)

يعمل البرق على تكوين أكاسيد النيتروجين

تتكوّن الكمأة الفقع في باطن الأرض الصحراوية بسبب اشتداد الرعد والبرق (شكل 4). ولأنّ البرق يعمل على تكوين أكاسيد النيتروجين (NO و NO<sub>2</sub>) في الهواء الجوّي وتذوب هذه الأكاسيد مع مياه المطر، لتكوّن الأحماض النيتروجينية (HNO<sub>2</sub> و HNO<sub>3</sub>) التي لها دور هامّ في زيادة خصوبة الأرض كسماد. اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات الكيميائية التي تحدث عند ظهور البرق، مستخدماً الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة. حدّد أيّاً من التفاعلات متجانس وأيّاً منها غير متجانس.

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

بغرض تسهيل دراسة التغيرات الكيميائية وتخفيف الكثير من التفاصيل، قام العلماء بتصنيف التفاعلات الكيميائية اعتماداً 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 تبعاً للحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.



## 1. التفاعلات المتجانسة Homogeneous Reactions

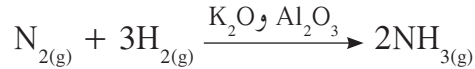
التفاعلات المتجانسة هي تفاعلات تُكوّن المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة عنها من الحالة الفيزيائية نفسها. ومن أهمّ التفاعلات المتجانسة، هي: التفاعلات بين الغازات، التفاعلات بين السوائل، التفاعلات بين الأجسام الصلبة.



شكل (5)  
تحضير الأمونيا تجاريًا

### 1.1 التفاعلات بين الغازات Reactions between Gases

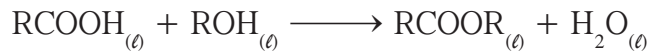
لإنتاج الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين تجاريًا، يخضع مزيج من هذه الغازات لضغط جوي مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة أيضًا (شكل 5)، وفي هذه الظروف تتحد ثلاثة جزيئات من الهيدروجين مع جزيء واحد من النيتروجين لتكوّن بذلك الأمونيا، ويكون اتحاد جزيئات الهيدروجين مع جزيء النيتروجين على سطح عامل حفّاز صلب من أكسيد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



### 2.1 التفاعلات بين السوائل

#### Reactions between Liquids

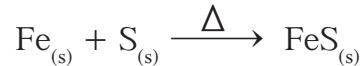
يتفاعل الحمض العضوي مع الكحول، حيث ينتج أستر عضوي وماء، (شكل 6) وفق التفاعل المتجانس التالي:



### 3.1 التفاعلات بين الأجسام الصلبة

#### Reactions between Solids

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



اكتب معادلات كيميائية تدلّ على تفاعل متجانس شبيه بالتفاعلات السابقة.



شكل (6)  
تحضير الأستر

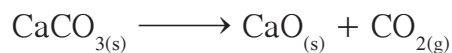
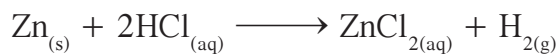


شكل (7)  
تفاعل الحديد مع الكبريت

## 2. التفاعلات غير المتجانسة

### Heterogeneous Reactions

التفاعلات غير المتجانسة، هي تفاعلات تُكوّن المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة عنها من حالتين فيزيائيتين أو أكثر.  
أمثلة:



### مراجعة الدرس 1-2

1. تُصنّف التفاعلات الكيميائية تبعًا للحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة. صنّف التفاعلات وأعطِ مثالاً عن كلّ صنف.

الأهداف العامة

- يعدّد أنواع التفاعلات الكيميائية.
- يصنّف التفاعلات الكيميائية بحسب أنواعها.



شكل (8)

الصدأ الظاهر على المسامير هو نتيجة تفاعل كيميائي بين فلز المسامير والماء.

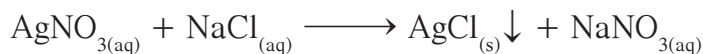
هل تساءلت يوماً كيف يصدأ مسامير من الحديد عند غمره في الماء لفترة من الزمن (شكل 8)؟ هل تعلم لماذا يميل لون تفاحة مقطّعة إلى الاصفرار عند تعرّضها للهواء؟

تحيط بنا المواد الكيميائية من كلّ جانب فنحن نستخدم العديد من التفاعلات الكيميائية البسيطة في حياتنا اليومية. تحدث التفاعلات الكيميائية في أجسامنا. يهضم الجسم المواد الغذائية والأطعمة التي تحتوي على الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات لإنتاج الطاقة التي يحتاجها، كما يشكل التنفس والعديد من التفاعلات الكيميائية الأخرى داخل الجسم للحياة. للتفاعلات الكيميائية التي تحدث حولنا أهمية كبيرة في حياتنا. فنحن نحرق المواد التي تحتوي على عنصر الكربون، مثل الخشب والفحم والغاز والبنزين، من أجل التدفئة وتوليد الطاقة واستخدام وسائل النقل، وبتناول العقاقير والأدوية عندما نصاب بصداع كي نشفى، كما ينتج غذاء النباتات من عملية البناء الضوئي وتنتج الألياف الصناعية والأسمدة عن تفاعلات كيميائية.

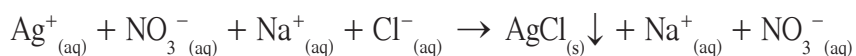
بعد مناقشة التفاعلات المتجانسة وغير المتجانسة في الدرس السابق، سوف نناقش أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية التي يمكن أن تحدث.

## 1. تفاعلات الترسيب Precipitation Reactions

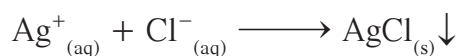
يحدث الترسيب عند خلط محلولين مائيين لملحين مختلفين. كاتيون الفلزّ لأحد الملحّين يتحدّ مع الأنيون السالب للملح الآخر مكونًا مركبًا أيونيًا جديدًا، لا يذوب في الماء. على سبيل المثال، عند خلط محلول نترات الفضة المائي مع محلول كلوريد الصوديوم المائي، يتكوّن كلوريد الفضة، وهو ملح لا يذوب في الماء، (شكل 9) وفق التفاعل غيرالمتجانس التالي:



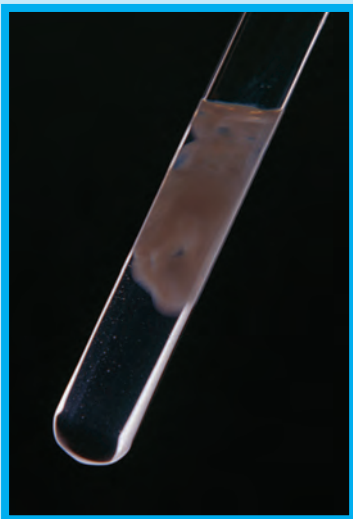
نستطيع أن نكتب المعادلة الأيونية الكاملة التي تُظهر جميع الموادّ الذائبة في صورتها المفكّكة بأيونات حرّة في المحلول، ونكتب صيغة كلوريد الفضة في صورتها غير المفكّكة:



يُمكن تبسيط المعادلة السابقة، وذلك بإزالة الأيونات المتفرّجة **Spectator Ions**، وهي أيونات لا تشارك أو تتفاعل خلال تفاعل كيميائي مثل  $(\text{NO}_3^- \text{ و } \text{Na}^+)$ ، فنحصل على المعادلة الأيونية النهائية، والتي تُشير إلى الجسيمات التي شاركت في التفاعل:



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

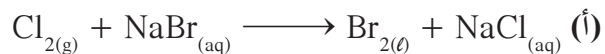


شكل (9)

ترسيب كلوريد الفضة من خلال تفاعل كلوريد الصوديوم مع نترات الفضة

## مثال (1)

عيّن الأيونات المتفّرجة واكتب المعادلة الأيونية النهائية الموزونة للتفاعلات التالية:



(ب) اخلط محلولاً مائياً من كلوريد الحديد (III) ومحلولاً مائياً من هيدروكسيد البوتاسيوم لتكوين راسب من هيدروكسيد الحديد (III).

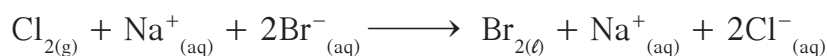
### طريقة التفكير في الحلّ

#### 1. حلّ: صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال

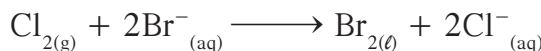
اكتب المعادلة الأيونية الكاملة لكلّ تفاعل مبيّنًا المركّبات الأيونية الذائبة في صورة أيونات منفردة، والأيونات المائية التي تظهر على جانبي المعادلة في المتفاعلات والنواتج المتماثلة (هي أيونات متفّرجة). وبحذفها، نحصل على المعادلة الأيونية النهائية، والتي نستطيع وزنها بعد ذلك.

#### 2. حلّ: طبق الخطة الإستراتيجية لحلّ السؤال

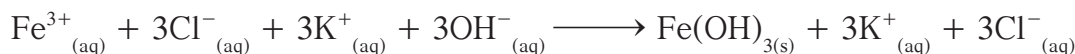
(أ) اكتب المعادلة الأيونية الكاملة:



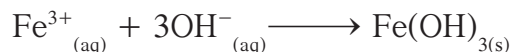
الأيون المتفّرج هو  $\text{Na}^+$ ، والمعادلة الأيونية النهائية الموزونة هي:



(ب) اكتب المعادلة الأيونية الكاملة:



الأيونات المتفّرجة هي  $\text{K}^+$  و  $\text{Cl}^-$ ، والمعادلة الأيونية النهائية الموزونة هي:



#### 3. قيم: 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.



شكل (10)

#### الوسادة الهوائية

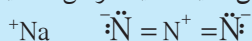
تعمل هذه التقنية بإحداث تفاعل كيميائي سريع يُنتج غازاً ينفخ الوسادة الهوائية في المقود خلال أقل من 0.015 جزء من الثانية عند حوادث السيارات التي تسير بسرعة كبيرة، بينما يمتلئ خلال 0.025 جزء من الثانية في حالة الحوادث متوسطّة السرعة.

#### أثر: أزيد الصوديوم

أزيد الصوديوم هو مركّب كيميائي غير عضوي له صيغة جزيئية  $\text{NaN}_3$ . يُعرف أزيد الصوديوم بالأزيم، ويكون على شكل مسحوق بلوري أبيض. يذوب أزيد الصوديوم في الماء بشكل جيد، فيتكوّن محلول قلوي لا لون له ولا رائحة، كما يذوب أزيد الصوديوم في الامونيا السائل. بالكاد يذوب أزيد الصوديوم  $\text{Na}^+$  والأزيد  $\text{N}_3^-$ . يتمثّل جزيء أزيد الصوديوم بالصيغة البنائية التالية:



كما يمكن تمثيله بصيغة لويس النقطية:



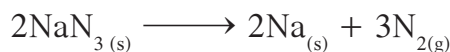
يُستخدم أزيد الصوديوم في الوسائد الهوائية للسيارات وفي مخارج الطائرات، حيث يولّد غاز النيتروجين الذي يملأ أكياس المزالق. يُستخدم أيضاً كمادّة حافظة لمنع نمو البكتيريا في الكواشف الكيميائية التي تُستخدم في التجارب.

على الرغم من تعدّد استخداماته، يُعتبر أزيد الصوديوم مادّة خطيرة. فيصنّف كمادّة سامة جداً وشديدة الانفجار عندما تتعرّض لاصطدام أو تُسخن. يتفاعل أزيد الصوديوم مع المعادن الثقيلة، لذلك ينبغي عدم سكه في مصارف الماء حيث يتفاعل مع الرصاص والنحاس لينتج أزيد الرصاص وأزيد النحاس، وهما مادّتان شديدتا الانفجار.

## 2. تفاعلات تكوين الغاز

### Gas Formation Reactions

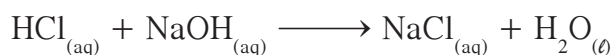
يتم اشعال أزيد الصوديوم  $\text{NaN}_3$  Sodium Azide كهربائياً لحظة حدوث التصادم، فيتفكك بشكل متفجّر مولدًا غاز النيتروجين  $\text{N}_2$ . يملأ غاز النيتروجين بالتالي كيس البولي اميد Polyamide (من اللدائن) فينتفخ بسرعة (الشكل 10). تتمّ هذه العملية وفق التفاعل غير المتجانس التالي:



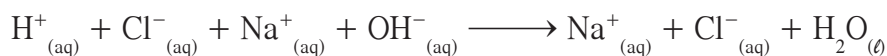
### 3. تفاعلات الأحماض والقواعد

#### Acid Base Reactions

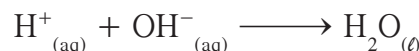
يُعاني الكثير من الناس، هذه الأيام، من الحموضة. وعلى الرغم من وجود حمض الهيدروكلوريك في المعدة، إلا أنّ زيادة منه تُسبّب حرقة في فم المعدة وغثياناً، ولإزالة هذه الأعراض، يتمّ تناول مضادّات للحموضة. والمادّة الفعّالة في مضادّات الحموضة هي كربونات الصوديوم الهيدروجينية، أو هيدروكسيد الألمنيوم، أو هيدروكسيد المغنيسيوم. تتفاعل الأحماض والقواعد معاً لإنتاج ملح وماء. وقد يكون الملح ذائباً أو راسباً، ويكون التفاعل مصحوباً بالحرارة. يُمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة التالية:



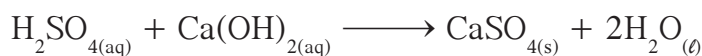
وبما أنّ كلّاً من  $\text{HCl}$  و  $\text{NaOH}$  و  $\text{NaCl}$  موادّ متأينة في الماء، فإنّه يُمكن كتابة المعادلة الأيونية الكاملة على الشكل التالي:



وحيث إنّ أيوني  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  هما أيونان متفّرجان، فإنّه يُمكن حذفهما من المعادلة، وبذلك تُصبح المعادلة الأيونية النهائية كالتالي:



اكتب معادلات كيميائية تدلّ على تفاعل شبيه بالتفاعل المذكور في المثال التالي:



#### 4. تفاعلات الأكسدة والاختزال

### Oxidation–Reduction Reactions

غالبًا ما يُستعمل الملح على الطرق والشوارع، خلال فصل الشتاء في المناطق الباردة، لتأثيره في ذوبان الجليد الذي يتسبب بالترحلق والكثير من الحوادث. وعلى الرغم من دور الملح في جعل قيادة السيارات أكثر أمانًا، يُمكن أن يتسبب بحدوث الصدأ لبعض الأجزاء الحديدية للسيارات. وهذه مشكلة كبيرة لدرجة أن بعض الناس يخشون استعمال سياراتهم في فصل الشتاء لاحتمال حدوث الصدأ فيها، فتُصبح مثل السفينة الموضحة في (الشكل 11).

#### (أ) الأكسجين في تفاعل الأكسدة والاختزال

احتراق الوقود في محركات السيارات، واحتراق الخشب لغرض التدفئة والتغيرات الكيميائية للطعام التي تحدث داخل الإنسان، كلها تفاعلات تُمثل مصادر للطاقة، وتتضمن عملية تُسمى الأكسدة. وكان تعريف الأكسدة قديمًا يعني اتحاد العنصر بالأكسجين لتكوين الأكاسيد. وستتعلم في هذا الجزء، أن للأكسدة معنى أحدث وأكثر انتشارًا. عندما يحترق الوقود أو الخشب في الهواء، فإنه يتأكسد ويتكوّن ثاني أكسيد الكربون، مثلما يحدث للفحم، كما هو موضح في (الشكل 12).

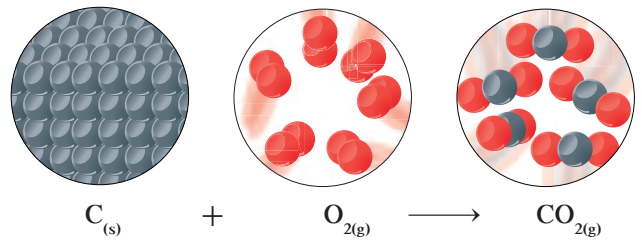


شكل (11)  
صدأ سفينة في البحر



شكل (12)

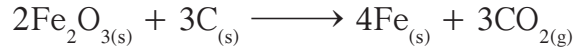
عندما يحترق الفحم (يتكوّن معظمه من الكربون) في الهواء يتكوّن ثاني أكسيد الكربون والحرارة.



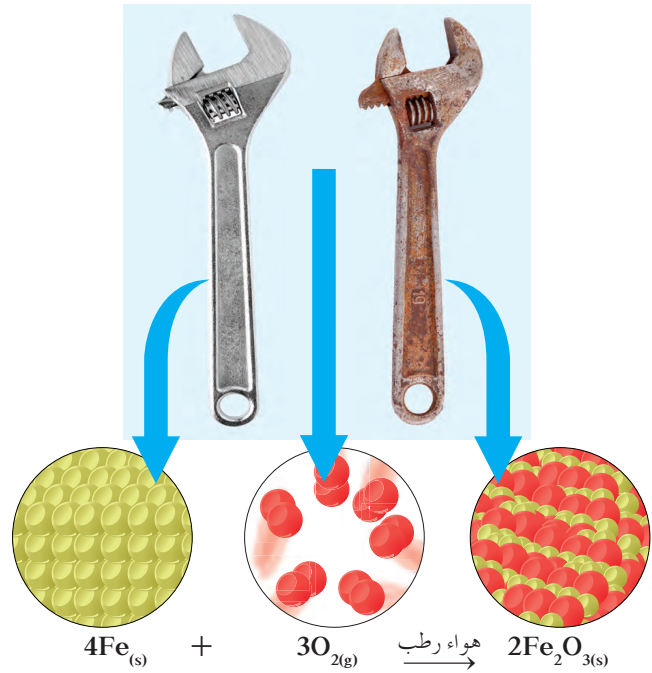
لا تتضمن كل تفاعلات الأكسدة عملية احتراق، فإن عملية إزالة الألوان غير المرغوب فيها أو إزالة البقع من الأقمشة بواسطة مسحوق التبييض، هي عملية أكسدة لا تتضمن احتراقًا. ومثل هذه المساحيق تحوي مثلًا هيبوكلوريت الكالسيوم  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  أو بورات الصوديوم  $\text{Na}_3\text{BO}_3$ .

مثال آخر على عملية أكسدة لا تتضمن احتراقاً هو الصدأ، فعندما يتعرّض الحديد للصدأ، فإنه يتأكسد ببطء، ويُكوّن أكسيد الحديد (III)  $Fe_2O_3$ . (شكل 13).

والعملية العكسية للأكسدة تُسمّى الاختزال، وهي تعني قديماً فقد المركّب عنصر الأكسجين. وعلى سبيل المثال، اختزال خام الحديد  $Fe_2O_3$  وتحويله إلى حديد فلزي Fe يتضمن 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:



شكل (13)  
كما هو موضّح عند تعرّض الأشياء المصنوعة من الحديد للهواء الرطب، فإنّ ذرات الحديد تتفاعل مع جزيئات الأكسجين، ويحدث صدأ الحديد ويتكوّن أكسيد الحديد  $Fe_2O_3$  (III).



ويلاحظ 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 دائماً عملية اختزال، والعكس صحيح، فكما اختزل 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

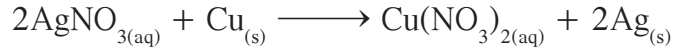
يتضمّن مفهوم تفاعلات الأكسدة والاختزال الحديث الكثير من التفاعلات التي لا علاقة لها بالأكسجين، وأصبح المفهوم هو انتقال الإلكترونات بين المتفاعلات، وعلى ذلك أُعيد تعريف عملية الأكسدة بأنها تعني فقداناً للإلكترونات، وعملية الاختزال هي كسب للإلكترونات.





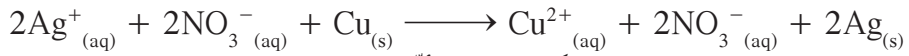
## مثال (2)

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

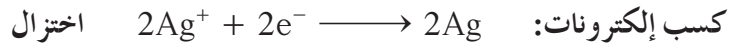
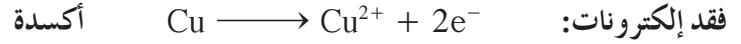


### طريقة التفكير في الحلّ

- حلّ:** صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال  
ابدأ بإعادة كتابة المعادلة موضّحاً بها الأيونات، وحدّد أيّاً منها يفقد إلكترونات (أكسدة)، وأيّاً منها يكتسب إلكترونات (اختزال).
- حلّ:** طبّق الخطة الإستراتيجية لحلّ السؤال  
إعادة كتابة المعادلة موضّحاً بها الأيونات:



في هذا التفاعل فقدت ذرّة النحاس إلكترونين، لأنّها تحوّلت إلى كاتيون نحاس ( $\text{Cu}^{2+}$ )، ومن ناحية أخرى اكتسب كاتيون الفضة ( $\text{Ag}^+$ ) هذين الإلكترونين فتحوّلا إلى ذرتين متعادلتين:



تأكسدت ذرّة النحاس، ولهذا فهي عامل مختزل.

اختزل كاتيون الفضة ولهذا فهو عامل مؤكسد.

### 3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

كاتيون الفضة 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

- وضّح أيّاً من المتفاعلات في المعادلات التالية حدث لها عملية أكسدة، وأيّاً منها حدث لها عملية اختزال، وعرّف العامل المؤكسد والعامل المختزل في كلّ معادلة:



**الحلّ:** Na: تأكسد (عامل مختزل)

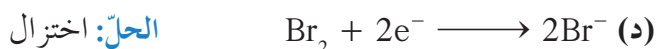
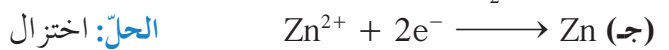
S: اختزال (عامل مؤكسد)



**الحلّ:** Al: تأكسد (عامل مختزل)

O<sub>2</sub>: اختزال (عامل مؤكسد)

- حدّد أيّاً من العمليات التالية أكسدة وأيّاً منها اختزال.



### (ج) أعداد التأكسد

عدد التأكسد هو عدد موجب أو سالب، يُنسب إلى الذرة طبقاً لمجموعة من القواعد. يُمكن أن يُعرّف عدد التأكسد بأنه العدد الذي يمثل الشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة التي تحملها ذرة العنصر في المركب أو الأيون.

يُستعمل اصطلاح حالة التأكسد أيضاً بمعنى عدد التأكسد نفسه في المركبات الأيونية الشائعة، مثل  $\text{CaCl}_2$  و  $\text{NaCl}$ . فأعداد التأكسد للذرات تُساوي الشحنة الأيونية الموجودة على كل ذرة، ومثال ذلك مركب كلوريد الصوديوم الذي يتكوّن من كاتيونات الصوديوم  $\text{Na}^+$  وأنيونات الكلوريد  $\text{Cl}^-$ ، 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 مركب  $\text{NaCl}$  له شحنة أيونية تُساوي (+1) وعدد تأكسد يُساوي (+1).

ما هي أعداد التأكسد للكالسيوم والفلور في مركب فلوريد الكالسيوم  $\text{CaF}_2$ ؟ تُساعدنا القواعد التالية على تحديد أعداد التأكسد للذرات المختلفة في مركب ما:

1. في الأيونات وحيدة الذرة يكون للأيون عدد تأكسد مساوٍ لعدد الشحنات التي يحملها الأيون، ومثال ذلك أنّ عدد تأكسد أيون البروميد  $\text{Br}^-$  يُساوي (-1)، وعدد تأكسد  $\text{Fe}^{3+}$  يُساوي (+3).
2. في معظم المركبات التي تحوي الهيدروجين، يكون عدد التأكسد للهيدروجين مساوياً (+1) كما في مركبات الماء  $\text{H}_2\text{O}$  وحمض الهيدروكلوريك  $\text{HCl}$  وغاز الميثان  $\text{CH}_4$ ، وتشدّد هذه القاعدة عندما يتحد الهيدروجين بعناصر أقلّ سالبة كهربائية منه، مثل الفلزّات، كما في المركبات التالية:  $\text{AlH}_3$ ،  $\text{CaH}_2$ ،  $\text{NaH}$  حيث يكون عدد التأكسد للهيدروجين في هذه المركبات يُساوي (-1).
3. في معظم المركبات التي تحوي الأكسجين يكون عدد التأكسد لكلّ ذرة أكسجين مساوياً (-2)، مثل  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ، ولكن عندما يكون الأكسجين مرتبطاً بنفسه  $\text{O}=\text{O}$  يكون عدد تأكسده يُساوي صفراً (0). أمّا في البيروكسيدات Peroxides فيكون لكلّ ذرة أكسجين  $\text{O}_2^-$  عدد تأكسد يُساوي (-1)، مثل  $\text{Na}_2\text{O}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}_2$  حيث إنّ أيون البيروكسيد يحمل شحنتين سالبتين. هناك حالة شاذة يكون فيها عدد التأكسد (+2)، كما في مركب  $\text{OF}_2$  حيث إنّ الفلور له سالبة كهربائية أكبر من الأكسجين.
4. في حالة ذرة غير متّحدة أو ذرة في جزيء أحد العناصر، تُعطي عادة عدد تأكسد مساوياً للصفّر (0)، وعلى سبيل المثال، ذرات الصوديوم في فلزّ الصوديوم  $\text{Na}$  أو ذرات النيتروجين في غاز النيتروجين  $\text{N}_2$ ، فإنّ عدد التأكسد لجميع الذرات يُساوي صفراً (0) (شكل 15).
5. مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في مركب متعادل، يُساوي صفراً.



فوسفور أبيض



صوديوم



بروم



كبريت



كربون

#### شكل (15)

حالة التأكسد لأيّ عنصر في الحالة المنفردة، أو غير المتّحدة تُساوي صفراً (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 المتعدد الذرات يجب أن يساوي شحنة الأيون .  
وباستخدام القاعدتين 5 و6 يُمكن معرفة عدد التأكسد لبعض الذرات التي لا يُمكن معرفة عدد تأكسدها باستخدام القواعد السابقة .  
مثال على ذلك ، في حمض الكبريتيك  $H_2SO_4$  يكون عدد التأكسد للكبريت يساوي (+6) ، لأنّ كلّ ذرّة أكسجين عدد تأكسدها (-2) ، وكلّ ذرّة هيدروجين (+1) ، وحيث إنّ الجزيء متعادل فيكون:

$$S + 2(-2) + 2(+1) = 0$$

$$S = +6$$

في أيون النترات  $NO_3^-$ :

$$N + 3(-2) = -1$$

$$N = +5$$

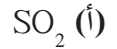
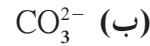
في جزيء الأمونيا  $NH_3$ :

$$N + 3(+1) = 0$$

$$N = -3$$

### مثال (3)

ما هو عدد التأكسد لكلّ ذرّة في المركّبات التالية:

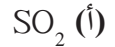


**طريقة التفكير في الحلّ**

1. **حلّ:** صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال

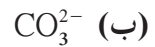
استخدم القواعد التي درستها لتحديد أعداد التأكسد ، واحسب ما هو غير معلوم في الأسئلة أ ، ب ، ج .

2. **حلّ:** طبق الخطة الإستراتيجية لحلّ السؤال



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

$$S = +4$$



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

$$C = +4$$



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

$$S = +6$$

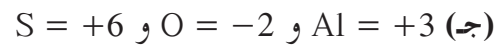
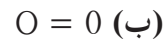
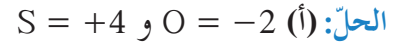
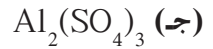
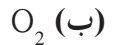
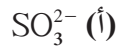
### تابع مثال (3)

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

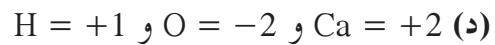
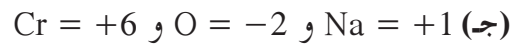
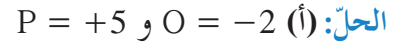
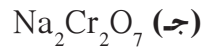
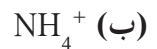
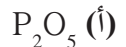
النتائج متفقة مع قواعد تحديد أعداد التأكسد، فقد استُخدمت القاعدة رقم 2 لإيجاد عدد تأكسد ذرة الهيدروجين في المركب  $H_2SO_4$ ، واستُخدمت القاعدة رقم 3 لإيجاد عدد تأكسد ذرة الأكسجين للمركبات الثلاثة، واستُخدمت القاعدة رقم 5 لإيجاد عدد تأكسد ذرة الكبريت في المركب  $SO_2$  والمركب  $H_2SO_4$ . واستُخدمت القاعدة رقم 6 لإيجاد عدد تأكسد ذرة الكربون في الأيون  $CO_3^{2-}$  وأيضاً حاصل جمع أعداد التأكسد أدى إلى الشحنة النهائية للأيون والمركبين المتعادلين.

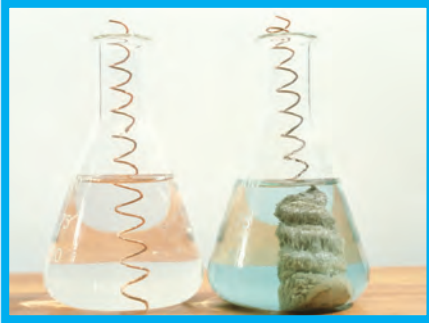
### أسئلة تطبيقية وحلها

1. عيّن عدد التأكسد لكلّ عنصر في الموادّ التالية:



2. أوجد عدد التأكسد لكلّ ذرة في ما يلي:





شكل (16)

عند غمر سلك من النحاس في محلول نترات الفضة (عديم اللون) (الصورة إلى اليسار) تترسب بلورات من الفضة، وتُغطّي سلك النحاس (الصورة إلى اليمين) ويتحوّل لون المحلول ببطء إلى اللون الأزرق كنتيجة لتكوين نترات النحاس (II). ما هو التغيّر الذي حدث في عدد تأكسد الفضة؟ وكيف تغيّر عدد تأكسد النحاس؟

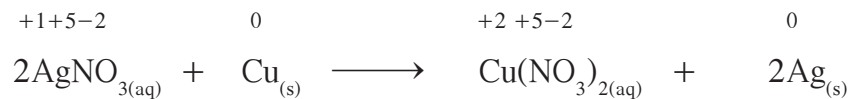


شكل (17)

عند غمر مسمار حديدي لامع في محلول مائي من كبريتات النحاس يُغطّي 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.

### (د) تغيير أعداد التأكسد في التفاعلات الكيميائية

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

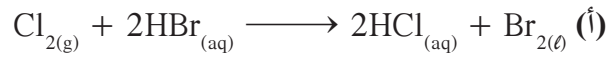


في هذا التفاعل، نلاحظ نقص عدد تأكسد الفضة من (+1) إلى (0) ممّا يعني حدوث عملية اختزال كاتيونات الفضة إلى فلزّ الفضة، وزيادة في عدد تأكسد النحاس من (0) إلى (+2)، ممّا يعني حدوث عملية أكسدة لفلزّ النحاس إلى كاتيونات النحاس (شكل 16).

ويرجع النقص أو الزيادة في أعداد التأكسد في عمليات التأكسد والاختزال إلى انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى، وفي هذه الحالة يزداد عدد التأكسد للذرة الأولى ويقلّ للذرة الثانية، ولذلك لا بدّ أن يتمّ التأكسد والاختزال معاً. وممّا سبق يُمكن أن نعرّف العامل المؤكسد بأنّه يحوي ذرة المادة التي ينقص عدد تأكسدها، والعامل المختزل بأنّه المادة التي تحوي ذرة يزداد عدد تأكسدها. يُوضّح (شكل 17) تفاعل أكسدة واختزال لمسمار حديدي لامع مغمور في محلول كبريتات النحاس (II).

## مثال (4)

استخدم التغيرات في أعداد التأكسد لتمييز الذرات التي تأكسدت أو اختزلت في كل من التفاعلات التالية:

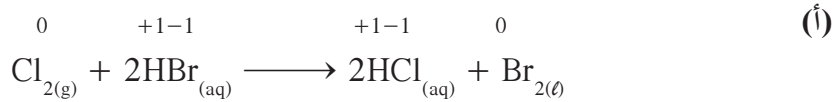


### طريقة التفكير في الحل

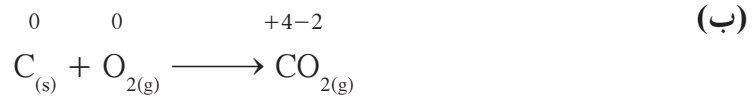
#### 1. حل: صمّم خطة إستراتيجية لحلّ السؤال

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

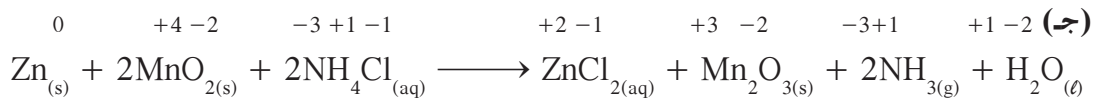
#### 2. حل: طبق الخطة الإستراتيجية لحلّ السؤال



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).



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



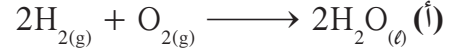
تأكسد عنصر الخارصين من (0) إلى (+2)، في حين أنّ عنصر المنجنيز حدث له اختزال من (+4) إلى (+3).

#### 3. قيم: 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 تُوضّح عملية الأكسدة. وتذكّر 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 أيًّا من العناصر حدث له أكسدة وأيًّا منها حدث له اختزال، فإنّه من السهولة تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

## أسئلة تطبيقية وحلها

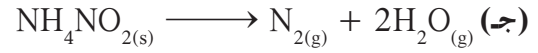
1. استخدم التغيرات التي تحدث في أعداد التأكسد لتحديد أيًا من الذرات في كلٍّ من التفاعلات التالية حدث له عملية تأكسد وأيًّا منها حدث له عملية اختزال:



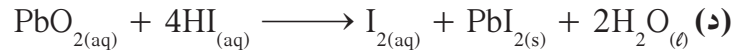
الحل:  $\text{H}_2$  تأكسد و  $\text{O}_2$  اختزل.



الحل: O تأكسد و N اختزل.



الحل: N تأكسد و N اختزل.

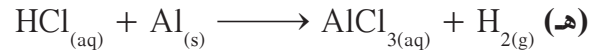
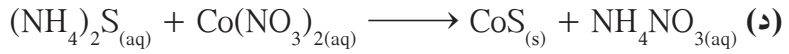
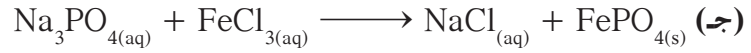
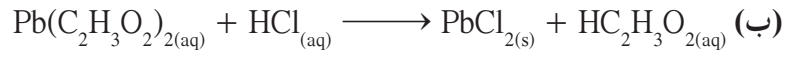
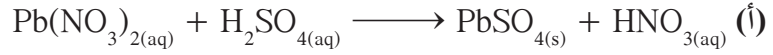


الحل: I تأكسد و Pb اختزل.



## مراجعة الدرس 1-3

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



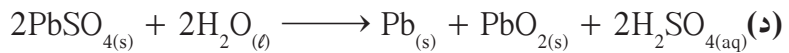
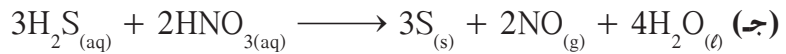
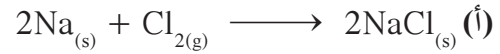
2. (أ) ما هو عدد تأكسد النيتروجين في غاز النيتروجين؟ اشرح ما تقول.

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

(ج) كيف يُمكن استخدام الشحنة الأيونية لتحديد أعداد التأكسد للعناصر في الأيون المتعدد الذرات؟

3. كيف يُمكن تعيين أعداد التأكسد؟ وكيف تُستخدم؟

4. استخدم التغيرات في أعداد التأكسد لتحديد أيًا من الذرات في التفاعلات التالية حدث له عملية أكسدة وأي منها حدث له عملية اختزال:



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

دروس الفصل

الدرس الأول

- الكثلة المولية الذرية، الكثلة المولية الجزيئية، الكثلة المولية

الدرس الثاني

- النسب المئوية لتركيب المكوّنات

الدرس الثالث

- المعادلة الكيميائية وحساب كمية المواد



شكل (18)

لورينزو رومانو اميدو افوجادرو

(1776-1856).

ولد في تورينو - إيطاليا وعمل لاحقاً 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  $^{12}\text{C}$  (الكربون -12) في 12g من هذا الكربون. يساوي عدد أفوجادرو  $6.022 \times 10^{23}$  تقريباً ولكن يمكن استعمال  $6 \times 10^{23}$  - يمكن قياس عدد أفوجادرو بطريقة مباشرة وذلك بواسطة إحصاء عدد الذرات في البلورة. إذا استطعنا تحديد عدد الفراغات بين الذرات المتجاورة في البلورة (ثابت الشبكة) من خلال تجارب حيود أشعة أكس، يمكننا أن نجد عدد أفوجادرو.

إذا أُلقيت نظرة على ما يدور حولك، فستجد أن الكثير من المواد قد تمّت صنعها أو تحضيرها من تفاعل عناصر محدّدة وبنسب ثابتة، وأنّه يُمكن حساب كمّيات المواد المتفاعلة والنتيجة بدقّة، ويعتمد الكيميائيون في حساب هذه الكمّيات على المعادلات الكيميائية الموزونة.

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

وقد دأب العلماء على قياس كمّيات من المادة يُمكن التعامل معها عملياً، وتوصّلوا إلى الكثلة المولية الذرية لأيّ عنصر، والكثلة المولية الجزيئية لأيّ مركّب، وتحتوي كلّ منها عدداً من ذرات العنصر أو عدداً من جزيئات المركّب يُساوي  $6.02 \times 10^{23}$ . وقد سُمّي هذا العدد نسبة إلى العالم الإيطالي أفوجادرو تكريماً له، وأُطلق عليه اسم مول (وللسهولة يتم تقريب الرقم إلى  $6 \times 10^{23}$ ). وقد اصطلح على تسمية كتلة المول بالكثلة المولية (الجدول أدناه). (علمًا أن  $\text{Cl} = 35.5$  و  $\text{H} = 1$ )

المعادلة الكيميائية			
$\text{H}_2$	+	$\text{Cl}_2$	$\longrightarrow 2\text{HCl}$
1		1	2
$1 \times 6 \times 10^{23}$		$1 \times 6 \times 10^{23}$	$2 \times 6 \times 10^{23}$
$2 \times 1 \text{ g/mol}$		$2 \times 35.5 \text{ g/mol}$	$2 \times 36.5 \text{ g/mol}$
			عدد المولات n
			عدد الجزيئات Nu
			الكثلة المولية M.wt.

ما هي الكثلة المولية الذرية، والكثلة المولية الجزيئية؟  
ما هو المول، والكثلة المولية؟

العنصر	الكثلة الذرية	العنصر	الكثلة الذرية	العنصر	الكثلة الذرية
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

### الأهداف العامة

- يُعرّف المول: الكتلة المولية الذرية، الكتلة المولية الجزيئية.
- يُوضّح علاقة عدد أفوجادرو بالمول الخاص بأيّ مادة.
- يحسب كتلة المول لأيّ مادة.
- 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 فنيّ جميل من ملايين الحبات الرملية الصغيرة. وإذا افترضنا أنّ الرمل هو مادة ثاني أكسيد السيليكون النقية  $\text{SiO}_2$ ، فما هي الوحدة الكيميائية التي يُمكننا استخدامها لقياس كمية الرمل في أحد التماثيل الرملية؟

## What is a Mole?

### 1. ما هو المول؟

أنت تعيش في عالم كمّي، وأمثلة عن ذلك، الدرجة التي حصلت عليها في الامتحان الأخير، وثمان السيارة التي ترغب في امتلاكها، كلّها كمّيات هامة 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 والنتروجين التي يجب أن تتحد مع الكربون والأكسجين لتُعطي 200 جرام من سماد اليوريا؟

هذان السؤالان يُوضّحان أنّ الكيميائيّ عبارة عن علم كمّي، ففي دراستك في الكيمياء، سوف تُحلّل تركيب عيّات من المادة وستتعامل مع الحسابات الكيميائية الخاصة بكمّيات المواد المتفاعلة والنتيجة من التفاعل تبعاً للمعادلات الكيميائية. ولكي تحلّ هذه المسائل وغيرها، يجب أن تكون قادرًا على قياس كمّيات المادة التي تحتاج إليها.

وهنا يبرز السؤال: كيف نقيس المادة؟



شكل (20)

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

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 بالمليترات. 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 تُعرّف بالمول، وهي وحدة قياس في النظام العالمي لقياس كمّيات المادّة النقية.

## 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  $6 \times 10^{23}$  وحدة بنائية منه، وهذا العدد تمّ التوصل إليه تجريبيًا ويُعرّف بعدد أفوجادرو، تكريمًا للعالم أفوجادرو (شكل 18). يُوضّح الجدول (2) الجسيمات الممثّلة وصيغها الكيميائية. املاء 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 <sub>2</sub>	
الماء	الجزيء	H <sub>2</sub> O	
كاتيون الكالسيوم	الأيون	Ca <sup>2+</sup>	
فلوريد الكالسيوم	وحدة الصيغة	CaF <sub>2</sub>	
السكرّوز	الجزيء	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	
أنيون الكلوريد	أيون	Cl <sup>-</sup>	

جدول (2)

حساب عدد الوحدات البنائية في المول الواحد

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

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

حيث:

n: عدد المولات للجسيم

$N_u$ : عدد الوحدات

$N_A$ : عدد أفوجادرو

## مثال (1)

كم عدد مولات المغنيسيوم التي تحتوي على  $1.25 \times 10^{23}$  ذرة منه؟

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** ما هو المعلوم وغير المعلوم؟

المعلوم: عدد الذرات =  $1.25 \times 10^{23}$  ذرات مغنيسيوم.

1 mol من المغنيسيوم =  $6 \times 10^{23}$  ذرات مغنيسيوم.

غير المعلوم: عدد مولات المغنيسيوم.

التحويل المطلوب ذرات ← مولات

**2. حلّ:** احسب غير المعلوم

$$n = \frac{1.25 \times 10^{23}}{6 \times 10^{23}} \quad \text{إذاً} \quad n = \frac{N_u}{N_A}$$

$$n = 0.208 \text{ mol}$$

**3. قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

حيث إنّ عدد الذرات المعطاة أقلّ من  $\frac{1}{4}$  عدد أفوجادرو، فإنّ الإجابة يجب أن تكون أقلّ من  $\frac{1}{4}$  mol من الذرات.

## أسئلة تطبيقية وحلّها

**1.** كم عدد مولات السيليكون التي تحتوي على  $2.08 \times 10^{24}$  ذرة منه؟

**الحلّ:** 3.46 mol

**2.** كم عدد جزيئات الماء التي توجد في 0.360 mol منه؟

**الحلّ:**  $2.16 \times 10^{23}$  جزيئات ماء

## مثال (2)

كم عدد الذرات في 2.12 mol من البروبان  $C_3H_8$ ؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّ: ما هو المعلوم وغير المعلوم؟

المعلوم: عدد المولات = 2.12 mol من  $C_3H_8$ .

1 mol من  $C_3H_8$  =  $6 \times 10^{23}$  جزيئاً من  $C_3H_8$ .

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

التحويل المطلوب: المول ← جزيئات ← ذرات.

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

غير المعلوم: عدد الذرات.

2. حلّ: احسب: غير المعلوم

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

$$N_u = n \times N_A$$

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

$$N_u = 12.7 \times 10^{23} \text{ جزيء}$$

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

$$\therefore \text{عدد الذرات} = 1.39 \times 10^{25}$$

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

بما أنه يوجد 11 ذرة 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 تطبيقية وحلّها

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

الحلّ:  $2.73 \times 10^{24}$  ذرة.

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

الحلّ: 12.91 mol من  $NO_2$ .

### Atomic Molar Mass

### 3. الكتلة المولية الذرية

أنت تتعامل دائماً مع عدد كبير من الذرات حتى في حال استخدامك كميات كتلتها مُقدَّرة بالميكروجرام. فإذا كان لديك بليون ذرة فإن كتلتها ستكون صغيرة جداً، ولكنك تجد أن التعامل مع الجرامات من الذرات أيسر. والكتلة المولية الذرية لأي عنصر هي العدد الذري لذلك العنصر مقدراً بالجرامات. ومثال ذلك أن الكتلة المولية الذرية للهيدروجين تُساوي 1 g والكتلة المولية الذرية للكربون تُساوي 12 g. ويوضح (شكل 21)، الكتلة المولية الذرية لكل من الكربون والحديد والزئبق والكبريت.



الكتلة المولية الذرية للزئبق  
Hg = 200.6 g/mol



الكتلة المولية الذرية للكبريت  
S = 32.1 g/mol



الكتلة المولية الذرية للحديد  
Fe = 55.8 g/mol



الكتلة المولية الذرية للكربون  
C = 12 g/mol

شكل (21)

الكتلة المولية الذرية لكل من عناصر الكربون والكبريت والزئبق والحديد، وكل من هذه الكميات يحتوي على مول واحد أو  $6 \times 10^{23}$  ذرة من المادة.

### Molecular Molar Mass

### 4. الكتلة المولية الجزيئية

ما هي كتلة المول الواحد من أي مركب كيميائي؟ للإجابة عن هذا السؤال، يجب أن نعرف أولاً الصيغة الكيميائية للمركب وهي التي تدل على عدد ذرات كل عنصر في كل صيغة من هذا المركب، فالصيغة الكيميائية لمركب الكبريت الجزيئي ثالث أكسيد الكبريت هي  $SO_3$ . يُمكنك حساب كتلة الجزيء الواحد من  $SO_3$  وذلك بجمع الكتل المولية الذرية لكل من الذرات التي يتكوّن منها الجزيء الواحد:

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

الكتلة المولية الجزيئية M.wt. لأي مركب جزيئي هي كتلة المول الواحد من جزيئات المركب معبّراً عنها بالجرام.

حاول حساب الكتل المولية الجزيئية لكل من المركبات في (الجدول 3) إذا علمت أن الكتل المولية الذرية للعناصر هي:

$$C = 12 \text{ g/mol}, H = 1 \text{ g/mol}, O = 16 \text{ g/mol}, Cl = 35.5 \text{ g/mol}$$

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

جدول (3)

أسماء وصيغ بعض المركبات

### مثال (3)

الصيغة الجزيئية لـ فوق أكسيد الهيدروجين هي  $H_2O_2$ . فما هي الكتلة المولية الجزيئية له؟

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** اذكر المعلوم وغير المعلوم

المعلوم: الصيغة الجزيئية:  $H_2O_2$

الكتل المولية الذرية:  $O = 16 \text{ g/mol}$  ،  $H = 1 \text{ g/mol}$

غير المعلوم: الكتلة المولية الجزيئية =  $g/mol$ ؟

تُعطي الصيغة الجزيئية عدد مولات ذرات كلّ عنصر في المول الواحد من فوق أكسيد الهيدروجين وهي 2 ذرات هيدروجين و 2 ذرات أكسجين.

**2. احسب:** حلّ غير المعلوم

$$M.wt. = 1 \times 2 + 16 \times 2 = 34 \text{ g/mol}$$

**3. قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

توضّح الإجابة عدد مولات ذرات كلّ عنصر والكتل المولية الذرية لكلّ عنصر.

### 5. الكتلة المولية الصيغية Molar Mass

كما سبق أن تعلّمت في الدرس 1-2، تتألّف المركّبات التساهمية من جزيئات وتتألّف المركّبات الأيونية من وحدات صيغية. كتلة المركّب التساهمي الجزيئي هي كتلة جزيء واحد منه مُقدّرة حسب وحدة الكتل الذرية 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 الذرية. الكتلة المولية هي كتلة مول من وحداته الصيغية مُقدّرة بوحدة الجرام. كيفية حساب الكتلة المولية لكلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$  وهو مركّب أيوني:

$$1 \times 40 = 40 \quad \text{a.m.u.} \quad \text{ذرة } 1Ca$$

$$2 \times 35.5 = 71 \quad \text{a.m.u.} \quad \text{ذرتان } 2Cl$$

$$111 \text{ a.m.u.} \quad \text{الكتلة الصيغية لـ } CaCl_2$$

كتلة مول واحد من  $CaCl_2$  بحسب الوحدات الصيغية: 111g

$$111 \text{ g/mol} = \text{الكتلة المولية لكلوريد الكالسيوم}$$



## أسئلة تطبيقية وحلها

1. أوجد الكتلة المولية الجزيئية لكلّ من المركّبات التالية:

الحلّ: 30 g/mol	(أ) $C_2H_6$
الحلّ: 137.5 g/mol	(ب) $PCl_3$
الحلّ: 60 g/mol	(ج) $C_3H_7OH$
الحلّ: 108 g/mol	(د) $N_2O_5$

2. ما هي كتلة المول الواحد من كلّ من الموادّ التالية:

الحلّ: 71 g/mol	(أ) $Cl_2$
الحلّ: 46 g/mol	(ب) $NO_2$
الحلّ: 332 g/mol	(ج) $CBr_4$
الحلّ: 60 g/mol	(د) $SiO_2$

## 6. الكتلة المولية للمادة Molar Mass of a Substance

درسنا كل من الكتلة المولية الذرية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية الصيغية . وكلّ هذه المصطلحات تُمثّل مولاً واحداً من جسيمات نوعية معيّنة من المادة . وعلى الرغم من اختلاف هذه المصطلحات في المعاني الخاصة 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 مادة على أنّها كتلة مول واحد من المادة مقدّرة بالجرامات .

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

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

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

حيث إنّ:

$n$  = عدد المولات (mol)

$m_s$  = كتلة المادة (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. حلّ: اذكر المعلوم وغير المعلوم

المعلوم: عدد المولات = 9.45 mol من  $N_2O_3$ ، الكتلة المولية الذرية  $N = 14$  g/mol ،  $O = 16$  g/mol

الكتلة المولية  $N_2O_3 = 76$  g/mol

غير المعلوم: الكتلة = ؟g  $N_2O_3$

## تابع مثال (4)

2. احسب: حلّ غير المعلوم

استخدم العلاقة التالية:

$$m_s = M.wt. \times n$$

$$m_s = 76 \times 9.45$$

$$m_s = 718.2 \text{ g}$$

3. قيم: 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، ويلاحظ أنّ الرقم الناتج قد تمّ تقريبه إلى أقرب عدد صحيح.

## أسئلة تطبيقية وحلّها

1. أوجد كتلة ما يلي بالجرامات:

الحلّ:  $1.3 \times 10^2 \text{ g}$  (أ) 3.32 mol K

الحلّ: 1.27 g (ب)  $4.52 \times 10^{-3} \text{ mol C}_{20}\text{H}_{42}$

الحلّ: 1.55 g (ج) 0.0112 mol  $K_2CO_3$

2. احسب الكتلة بالجرامات المقابلة ل 2.5 mol للموادّ التالية:

الحلّ: 355 g (أ) كبريتات الصوديوم  $Na_2SO_4$

الحلّ: 225 g (ب) هيدروكسيد الحديد II  $Fe(OH)_2$

## مثال (5)

أوجد عدد المولات في 92.2 g أكسيد الحديد III  $Fe_2O_3$ ؟

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّ: اذكر المعلوم وغير المعلوم

المعلوم: الكتلة = 92.2 g من  $Fe_2O_3$

الكتلة المولية  $Fe_2O_3 = 160 \text{ g/mol}$

غير المعلوم: عدد المولات =  $Fe_2O_3$  mol؟

2. احسب: حلّ غير المعلوم

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

$$n = \frac{92.2}{160}$$

$$n = 0.57 \text{ mol}$$

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

نظرًا لأنّ الكتلة المعطاة (حوالي 90 g) أكبر من كتلة  $\frac{1}{2} \text{ mol}$  من  $Fe_2O_3$  (حوالي 80 g) فإنّه من المتوقع أن تكون الإجابة أكبر من 0.5 mol.

## أسئلة تطبيقية وحلها

$$B = 10.811 \text{ g/mol}$$

$$\text{TiO}_2 = 80 \text{ g/mol}$$

$$\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2 = 96 \text{ g/mol}$$

$$\text{N}_2\text{O}_3 = 76 \text{ g/mol}$$

$$\text{N}_2 = 28 \text{ g/mol}$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 62 \text{ g/mol}$$

1. أوجد عدد المولات في كلٍّ من الكميات التالية:

الحل:  $3 \times 10^{-2} \text{ mol}$  (أ)  $3.7 \times 10^{-1} \text{ g}$  من B

الحل:  $0.34 \text{ mol}$  (ب)  $27.4 \text{ g}$  من  $\text{TiO}_2$

الحل:  $8.82 \text{ mol}$  (ج)  $847 \text{ g}$  من  $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$

2. احسب عدد المولات الموجودة في  $75 \text{ g}$  لكلٍّ من المواد التالية:

الحل:  $0.98 \text{ mol}$  (أ)  $\text{N}_2\text{O}_3$

الحل:  $2.67 \text{ mol}$  (ب)  $\text{N}_2$

الحل:  $1.20 \text{ mol}$  (ج)  $\text{Na}_2\text{O}$

## مراجعة الدرس 1-2

1. صف العلاقة بين عدد أفوجادرو والمول الواحد لأي مادة .

2. أوجد الكتلة المولية لوحدة الصيغة لكلٍّ من المركبات التالية:

(أ)  $\text{Li}_2\text{S}$  (ب)  $\text{FeCl}_3$  (ج)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

3. كم عدد ذرات الأكسجين الموجودة في كلٍّ من المواد التالية:

(أ) نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

(ب) حمض الأسيتيل ساليسيليك  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$  (الأسبرين)

(ج) الأوزون  $\text{O}_3$

(د) نيتروجليسرين  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3$

4. كم عدد المولات في كلٍّ مما يأتي:

(أ)  $1.5 \times 10^{23}$  جزيئات من  $\text{NH}_3$  (ب)  $10^9$  جزيئات من  $\text{O}_2$

(ج)  $6 \times 10^{22}$  جزيئات من  $\text{Br}_2$  (د)  $4.81 \times 10^{24}$  ذرة من

Li

5. أوجد الكتلة لكلٍّ من الكميات التالية:

(أ)  $0.72 \text{ mol}$  من Be (ب)  $2.4 \text{ mol}$  من  $\text{N}_2$

(ج)  $0.16 \text{ mol}$  من  $\text{H}_2\text{O}_2$  (د)  $5.08 \text{ mol}$  من  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

6. احسب عدد الجزيئات الموجودة في  $60 \text{ g}$  من  $\text{NO}_2$  .

7. أوجد عدد المولات لكلٍّ من الكميات التالية:

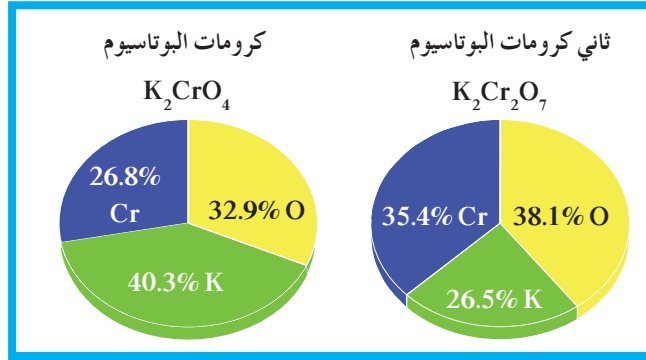
(أ)  $5 \text{ g}$  من جزيئات الهيدروجين

(ب)  $187 \text{ g}$  من Al

(ج)  $333 \text{ g}$  من  $\text{SnF}_2$

الأهداف العامة

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



شكل (22)

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

الكمّيات النسبية لكلّ عنصر في مركّب ما، يُعبّر عنها بالنسبة المئوية للمكوّنات أو بالنسبة المئوية لكتلة كلّ عنصر في المركّب. ويوضّح (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 الكليّ 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 يُستخدم سماد يحتوي على نسبة عالية من النيتروجين للمساهمة في اخضرار النباتات. أمّا في الشتاء فيُستخدم 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.



شكل (23)

تحتاج النباتات إلى أسمدة للنمو بطريقة سليمة

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

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

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

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

## مثال (1)

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

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** 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:

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

**2. احسب:** حلّ غير المعلوم

استخدم العلاقة السابقة:

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

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

**3. قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

جمع النسب المئوية للعناصر يُعطي 100 %:

$$60.3\% + 39.7\% = 100\%$$

## أسئلة تطبيقية وحلها

1. (أ) يتحد 9.03 g من المغنيسيوم اتحاداً تاماً بـ 3.48 g من النيتروجين ليتكوّن مركّب ما . ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

الحل: 72.2% Mg 27.8% N

(ب) يتحد 29 g من الفضة اتحاداً تاماً بـ 4.3 g من الكبريت ليتكوّن مركّب ما . ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

الحل: 87.1% Ag 12.9% S

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

ما هي النسب المئوية لمكوّنات هذا المركّب؟

الحل: 93% Hg 7% O

## الكيمياء الرياضية

### الكسور والنسب العادية والنسب المئوية

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

والنسب العادية هي مقارنة بين كميتين وغالباً ما تُكتب ككسر . فإذا كان لدينا عشرة أقلام وخمس عشرة كتاب، فإنّ النسبة بينها تكون 10 : 15 أو  $\frac{10}{15}$  وتُختصر 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  $\frac{73}{100}$  تُكتب على الصورة 73%، وتُمثّل النسبة 100% عدداً صحيحاً أي أن  $100\% = 1$  .

وَيُمْكِنُكَ اَعْتَبَارُ النِّسْبَةِ 100% كَمَعَامِلِ تَحْوِيلٍ مِنْ نِسْبَةٍ عَادِيَةٍ إِلَى نِسْبَةٍ مِئْوِيَّةٍ. وَلِتَحْوِيلِ كَسْرٍ اَعْتِيَادِيٍّ أَوْ رَقْمٍ عَشْرِيٍّ إِلَى نِسْبَةٍ مِئْوِيَّةٍ نَضْرِبُ فِي 100، وَلِذَا فَإِنَّ الكَسْرَ اَلْعَتِيَادِيَّ  $\frac{3}{5}$  يَتَحَوَّلُ لِلنِّسْبَةِ المِئْوِيَّةِ كَالتَّالِي:  $60\% = 100 \times \frac{3}{5}$ .

## مثال (2)

يُمَثِّلُ الكَبْرِيَّتُ 26.7% مِنْ كِتْلَةِ المَرْكَبِ  $\text{NaHSO}_4$ . أَوْجِدْ كِتْلَةَ الكَبْرِيَّتِ فِي 16.8 g مِنْ  $\text{NaHSO}_4$ .  
الحل: اِسْتِخْدَمِ العِلَاقَةَ التَّالِيَةَ:

$$\frac{\text{كِتْلَةُ العِنْصَرِ} \times 100}{\text{الْكِتْلَةُ الكُلِّيَّةُ لِلْمَرْكَبِ}} = \text{النِّسْبَةُ المِئْوِيَّةُ لِكِتْلَةِ العِنْصَرِ}$$

$$\text{كِتْلَةُ الكَبْرِيَّتِ} = \frac{\text{النِّسْبَةُ المِئْوِيَّةُ لِلْكَبْرِيَّتِ} \times \text{الْكِتْلَةُ الكُلِّيَّةُ لـ } \text{NaHSO}_4}{100}$$

$$\text{كِتْلَةُ الكَبْرِيَّتِ} = \frac{16.8 \times 26.7}{100} = 4.49 \text{ g}$$

## مثال (3)

يَحْتَوِي 100 g مِنْ مَرْكَبٍ مَا عَلَي 1.88 mol مِنْ O وَ 1.25 mol مِنْ Fe. اِحْسَبِ النِّسْبَةَ الجِزْيِيَّةَ لِلْأَكْسِجِينِ إِلَى الحَدِيدِ.

الحل: نِسْبَةُ العِنْصَرَيْنِ فِي المَرْكَبِ هِيَ:

$$\text{أَكْسِجِين} 1.88 : \text{حَدِيد} 1.25$$

لِتَحْوِيلِ النِّسْبَةِ إِلَى أبْسَطِ صُورَةٍ بِالْقِسْمَةِ عَلَى العَدَدِ الأَصْغَرِ:

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

$$1 : 1.5$$

لِتَحْوِيلِ النِّسْبَةِ إِلَى أَعْدَادٍ صَحِيحَةٍ، نَضْرِبُ فِي المَعَامِلِ (2):

$$2 : 3$$

وَبِذَلِكَ تَكُونُ النِّسْبَةُ الجِزْيِيَّةُ لِلْأَكْسِجِينِ إِلَى الحَدِيدِ هِيَ 2:3.

## مثال (4)

احسب النسبة المئوية لمكوّنات البروبان  $C_3H_8$ .

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** 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:

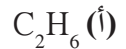
$$\frac{8}{44} \times 100 = 18.2 \%$$

**3. قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

جمع النسب المئوية للعناصر يُعطي 100%.

## أسئلة تطبيقية وحلّها

**1.** احسب النسبة المئوية الكتلية للعناصر في:



الحلّ: 80% C و 20% H



الحلّ: 26.2% N و 7.5% H و 66.3% Cl



## مثال (5)

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

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** 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.

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

**3. قيم:** 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

(ج)  $NH_4Cl$  2.14 g

الحلّ: 0.16 g

## 2. تعيين الصيغة الأولية

### Calculating Empirical Formulas

من التطبيقات الهامة لحساب النسبة المئوية الكتلية لمكوّنات مركّب ما، تعيين الصيغة الأولية لذلك المركّب. والصيغة الأولية تُعطي أقل نسبة للأعداد الصحيحة لذرات العناصر التي يتكوّن منها المركّب، أي أنّها تُعطي شكلاً مبسّطاً للنسبة بين أعداد ذرات كلّ عنصر موجود في المركّب. وعلى سبيل المثال، يُمكن أن يكون لمركّب صيغة أولية CO، والصيغة الأولية يُمكن أن تمدّنا بمعلومات مفيدة وقيمة تخصّ النوع والإحصاء النسبي للذرات أو المولات في الجزيئات أو وحدات الصيغة في مركّب أيوني. الصيغة الأولية يُمكن أن تكون نفسها صيغة جزيئية لمركّب ما مثل CO<sub>2</sub> لأنّ جزيء ثاني أكسيد الكربون يتكوّن من ذرتي أكسجين وذرة كربون، كذلك الماء H<sub>2</sub>O صيغة أولية وصيغة جزيئية لأنّ جزيء الماء يحتوي على ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. ولكن عند اختلاف الصيغة الأولية عن الصيغة الجزيئية، فإنّ الصيغة الجزيئية تتكوّن من المضاعفات البسيطة للصيغة الأولية. ومثال ذلك أنّ الصيغة الأولية لمركّب فوق أكسيد الهيدروجين H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> هي HO، كذلك مركّب N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>، الصيغة الأولية هي NH<sub>2</sub>. يُوضّح (شكل 24) مركّبين للكربون لهما الصيغة الأولية نفسها، ولكنهما يختلفان في الصيغة الجزيئية.



C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> إيثاين أو (أسيتيلين)



C<sub>8</sub>H<sub>8</sub> ستايرين

شكل (24)

الأسيتيلين (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) غاز يُستعمل في مصباح اللحام، والستايرين (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>) يُستعمل في صناعة البولي ستايرين. هذان المركّبان لهما الصيغة الأولية نفسها. ما هي الصيغة الأولية لهذين المركّبين؟

### مثال (6)

ما هي الصيغة الأولية لمركّب يتكوّن من 25.9% من النيتروجين و 74.1% من الأكسجين؟

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** 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 و 74.1 g من O

غير المعلوم: الصيغة الأولية: N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>

**2. احسب:** حلّ غير المعلوم

عدد مولات النيتروجين:

$$M.w.t. = 14 \text{ g/mol} , n = \frac{m_s}{M.w.t.}$$

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

$$n = 1.85 \text{ mol}$$

## تابع مثال (6)

عدد مولات الأكسجين:

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

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

$$n = 4.63 \text{ mol}$$

تقسّم 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. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

الأعداد أسفل رموز العناصر هي أعداد صحيحة.

### 3. تعيين الصيغة الجزيئية

#### Calculating Molecular Formulas

بالنظر إلى سلسلة المركبات في (الجدول 6)، نجد أن الأستييلين والبنزين لهما الصيغة الأولية (CH) نفسها، والجلوكوز وحمض الإيثانويك والميثانال لها الصيغة الأولية (CH<sub>2</sub>O) نفسها. لكن يُمكنك أن ترى أن مركبات كل سلسلة لها كتل مولية مختلفة تُساوي مضاعفات عددية صحيحة بسيطة من الكتل المولية للصيغ الأولية. ويُمكن للصيغة الجزيئية لمركب أن تكون الصيغة الأولية نفسها المعيّنة تجريبياً أو مضاعفات عددية صحيحة وبسيطة منها. ويُمكننا تعيين الصيغة الجزيئية لمركب ما إذا علمنا صيغته الأولية والكتلة المولية. يُمكن حساب كتلة من الصيغة الأولية وهي ببساطة الكتلة المولية للصيغة الأولية. بقسمة الكتلة المولية المعلومة قيمتها على كتلة الصيغة الأولية، نحصل على عدد مرّات احتواء جزيء على وحدات الصيغة الأولية. وبضرب هذا المقدار في الصيغة الأولية، تنتج الصيغة الجزيئية.

الصيغة والاسم	تقسيم الصيغ	الكتلة المولية (g/mol)
CH	أولية	13
الأستييلين C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	جزيئية	26
البنزين C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	جزيئية	78
الميثانال CH <sub>2</sub> O	أولية وجزيئية	30
حمض الإيثانويك C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	جزيئية	60
الجلوكوز C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	جزيئية	180

جدول 6: صيغ أولية 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 متخصصة لتحليل الماء وتقدير نسبة المركّبات التي تحويها طبقاً لمعايير عالمية. فتعالج هذه المياه لتصل إلينا بصورة سليمة دون أن تُؤثر على صحتنا. فبعض المركّبات، إذا زادت عن الحدّ الأعلى المتعارف عليه عالمياً، تُسبّب انتشار الأوبئة. تُقاس كميّة هذه المركّبات بوحدات صغيرة تُعرّف بجزء من المليون (ppm) لقياس كمّيات الصوديوم والكالسيوم والبكتيريا. وهناك وحدة أخرى أصغر من السابقة تُعرّف بجزء من البليون (ppb) لقياس كمّيات الفلزّات والمركّبات العضوية.

## مثال (7)

احسب الصيغة الجزيئية لمركب كتلته المولية 60 g/mol وصيغته الأولية هي  $\text{CH}_4\text{N}$ .

**طريقة التفكير في الحل**

**1. حل:** اذكر المعلوم وغير المعلوم

المعلوم: الصيغة الأولية =  $\text{CH}_4\text{N}$

الكتلة المولية = 60 g/mol

غير المعلوم: الصيغة الجزيئية ؟

**2. احسب:** حل غير المعلوم

الصيغة الجزيئية	$\frac{\text{الكتلة المولية الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}}$	كتلة الصيغة الأولية	الصيغة الأولية
$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$	$\frac{60}{30} = 2$	30	$\text{CH}_4\text{N}$

**3. قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

كتلة الصيغة الجزيئية هي الكتلة المولية للمركب كما يمكن اختصارها إلى كتلة الصيغة الأولية.

## أسئلة تطبيقية وحلها

**1.** أوجد الصيغة الجزيئية لكل من المركبات التالية بمعلومية صيغتها الأولية وكتلتها المولية.

M.wt. = 62 g/mol  $\text{CH}_3\text{O}$  (أ)

الحل:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$

M.wt. = 147 g/mol  $\text{C}_3\text{H}_2\text{Cl}$  (ب)

الحل:  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$

## مراجعة الدرس 2-2

1. احسب النسبة المئوية لمكوّنات المركّبات الناتجة من التفاعلات التالية:  
(أ) 222.6 g من N تتحدّ اتحاداً تاماً 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:  
O 31.4% و H 9.8% و C 58.8% .  
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)  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$   
(ب) HCN
4. باستخدام نتائج السؤال 3 ، احسب كتلة الهيدروجين في ما يلي:  
(أ) 124 g من  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$   
(ب) 378 g من HCN
5. أيّ من الصيغ الجزيئية التالية تُعتبر أيضاً صيغاً أولية:  
(أ)  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$   
(ب)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$   
(ج)  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{MgN}_4\text{O}_5$

الأهداف العامة

- يُعيّن المادة المتفاعلة المحددة في التفاعل .
- يستخدم المادة المتفاعلة المحددة في التفاعل لحساب أقصى كمية للنواتج المتكوّن، وكمية المادة المتفاعلة ذات الكمية الزائدة .
- يُعرّف كلاً من المادة المتفاعلة المحددة والمادة المتفاعلة الزائدة .
- يحسب كمية الناتج النظري وكمية الناتج الفعلي والنسبة المئوية للناتج .
- يُعرّف الكمية النظرية للناتج والكمية الفعلية للناتج .



شكل (25)

نجار يعمل لصنع طاولة

أراد نجار 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. ويتبقى 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 أيضاً، كما سنرى في هذا الجزء.

كيف تُؤثر المادة المتفاعلة المحددة في تفاعل كيميائي؟

1. حساب كمّيات المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل

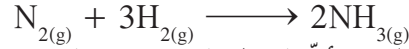
Calculating Reactants and Products Matter  
Quantities

هناك طريقتان لحساب كمية المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل الكيميائي .

## 1.1 قياس اتحادية العناصر، المعروفة بحساب العناصر المتفاعلة

### Stoichiometry

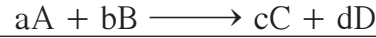
تُعطي المعادلة الكيميائية الموزونة علاقات كيميائية بين جميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة. لذلك هي أساس جميع الحسابات التي تتضمن كميات المواد الداخلة والناتجة في التفاعل. فإذا عرفت عدد مولات مادة واحدة، تُساعدك المعادلة الكيميائية الموزونة في معرفة عدد مولات جميع المواد الأخرى المتضمنة في التفاعل. في حالة تكوين الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين مثلاً، يُمكن كتابة المعادلة الموزونة كما يلي:



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

إنّ 1، 3، 2 هي معاملات  $\text{N}_2$ ،  $\text{H}_2$ ،  $\text{NH}_3$  على التوالي.  $n(\text{N}_2)$  هي عدد مولات النيتروجين المتفاعلة و  $n(\text{H}_2)$  هي عدد مولات الهيدروجين المتفاعلة أمّا  $n(\text{NH}_3)$  فهي عدد مولات الأمونيا الناتجة.

وبشكل عام، فإنّ قياس اتحادية العناصر لأيّ تفاعل كيميائي يُعبّر عنها بالعلاقة التالية:

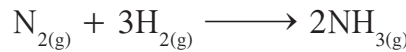


$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$$

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 تبعاً للمعادلة الموزونة التالية:



طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّ: اذكر المعلوم وغير المعلوم

المعلوم: عدد مولات النيتروجين المتفاعلة = 0.6 mol

غير المعلوم: عدد مولات الأمونيا الناتجة = ؟ mol

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

$$2. \text{ احسب: عدد مولات الأمونيا } \frac{n(\text{N}_2)}{1} = \frac{n(\text{H}_2)}{3} = \frac{n(\text{NH}_3)}{2}$$

$$1.2 \text{ mol} = \text{NH}_3 \text{ عدد مولات } \longleftarrow \frac{0.6}{1} = \frac{n(\text{NH}_3)}{2}$$

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

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

## مثال (2)

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

**طريقة التفكير في الحلّ**

**1. حلّ:** 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:  $n = \frac{m_s}{M.wt.}$

$$10.2 \text{ g} = 17 \times 0.6 = \text{كتلة الأمونيا}$$

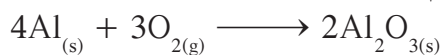
**3. قيّم:** هل النتيجة لها معنى؟

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 .



## أسئلة تطبيقية وحلها

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



احسب كلاً مما يلي:

(أ) عدد مولات الألمنيوم اللازمة لتكوين 3.7 mol من أكسيد

الألمنيوم. **الحل:** 7.4 mol

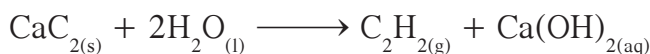
(ب) عدد مولات الأكسجين اللازمة لتتفاعل بالكامل مع

14.8 mol من الألمنيوم. **الحل:** 11.1 mol

(ج) عدد مولات أكسيد الألمنيوم التي تتكوّن نتيجة تفاعل

0.78 mol أكسجين مع الألمنيوم. **الحل:** 0.52 mol

2. ينتج غاز الأسيتيلين  $\text{C}_2\text{H}_2$  بإضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم  $\text{CaC}_2$  طبقاً للمعادلة التالية:



(أ) احسب كتلة الأسيتيلين التي تنتج من إضافة الماء إلى 5 g من

كربيد الكالسيوم. **الحل:** 2.03 g

(ب) احسب عدد مولات كربيد الكالسيوم التي تلزم لإتمام

التفاعل مع 4.9 g من الماء. **الحل:** 0.136 mol

## 2.1 جدول تقدم التفاعل

### The Advancement Table of a Reaction

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

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



توصّف المجموعة الكيميائية في التفاعل الكيميائي بـ:

- أنواع المركبات المتواجدة في المجموعة.
- كمية المادة 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  $x$  ويُعبّر عنه بالمول ويُمكن من خلاله تتبّع التغيّر في كمّيات الموادّ للمجموعة الكيميائية أثناء التحوّل الكيميائي انطلاقاً من معرفة كمّيات الموادّ الابتدائية للمتفاعلات  $n_0$ . يُعرّف 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

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

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

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

## التقدّم الأقصى والتقدّم المحدّد

## Maximum Progress and Limiting Progress

تصل المجموعة الكيميائية لحالتها النهائية بانقضاء كمّية المادة 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 المادة المتفاعلة والمتشكلة في لحظة ما. ووظيفة جدول التقدّم هي متابعة تطوّر التحوّل الكيميائي.

جدول التقدّم هو جدول تتمّ فيه دراسة كمّية المادة خلال تفاعل ما وهو يتكوّن من 4 صفوف: الصفّ الأوّل تُكتَب فيه معادلة التفاعل.

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

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

الصفّ الرابع تُكتَب فيه الحالة النهائية وهي كمّية المادة عند انتهاء التفاعل.

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

### (أ) تحديد التقدّم الأقصى:

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

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

$$0.05 - x_{\max} = 0 \implies x_{\max} = 0.05$$

نلاحظ أن HCl هو المتفاعل المحدد (القيمة الأصغر للتقدّم الأقصى).

### (ب) حصيلة المادّة:

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

معادلة التفاعل					معدّلات التفاعل	
كمّيات الموادّ بالمول					تقدّم التفاعل	حالة التفاعل
0.03	0.05	0	0	وفرة	$x = 0$	الحالة الابتدائية
$0.03 - 2x$	$0.05 - x$	$x$	$x$	وفرة	$x$	خلال التحوّل
0	0.035	0.015	0.015	وفرة		الحالة النهائية

### مثال (3)

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

#### طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّ: 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			معدّلات التفاعل	
كمّيات الموادّ بالمول			تقدّم التفاعل	حالة التفاعل
0.6	$n_0$	0	$x = 0$	الحالة الابتدائية
$0.6 - x$	$n_0 - 3x$	$2x$	$x$	خلال التحوّل
0	$n_0 - 1.8$	1.2		الحالة النهائية

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

عدد مولات  $\text{NH}_3$  = 1.2 mol

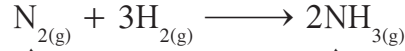
3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

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

### 3.1 المادة المتفاعلة المحددة والمادة المتفاعلة الزائدة

#### Limiting Reactant and Excess Reactant

تبعاً للمعادلة التالية:



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 كمية الأمونيا التي ستتكوّن؟

نستنتج من المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل أنّ مولاً واحداً فقط من النيتروجين يتفاعل تفاعلاً تاماً 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 . يُطلق على الهيدروجين اسم المتفاعل المحدد وعلى النيتروجين اسم المتفاعل الزائد .

المادة المتفاعلة المحددة هي المادة التي تتفاعل كلياً وتحدّد كمية النواتج .  
المادة المتفاعلة الزائدة هي المادة التي تتفاعل جزئياً .  
لتحديد نوع المتفاعل (مادة محدّدة أو مادة زائدة) نستخدم إحدى الطريقتين التاليتين:

#### (أ) باستخدام قياس اتّحادية العناصر

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

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

يتمّ حساب النسب (R)

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

فإذا كان  $R(A) > R(B)$  يكون A هو المادة المتفاعلة الزائدة و B المادة المتفاعلة المحددة .

وإذا كان  $R(A) < R(B)$  يكون B هو المادة المتفاعلة الزائدة و A المادة المتفاعلة المحددة .

وإذا كان  $R(A) = R(B)$  تتفاعل A و B كلياً .

تُستخدم كمية المادة المحددة لحساب كمية النواتج .

#### (ب) باستخدام جدول تقدّم التفاعل

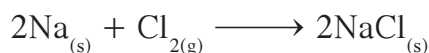
كما سبق وذكرنا في جدول تقدّم التفاعل ، يتمّ حساب التقدّم الأقصى  $x_{\max}$  بحيث هو أصغر قيمة يأخذها التقدّم  $x$  لكي تنعدم كمية مادة أحد المتفاعلات (المادة المتفاعلة المحددة) .

#### Balanced Mixture الخليط المتوازن

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

## مثال (4)

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



حدّد المادّة المتفاعلة .

### طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّ: 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)

أولاً: باستخدام قياس اتحادية العناصر

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

$$R(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{Cl}_2)}{1} = \frac{0.2}{1} = 0.2$$

$R(\text{Na}) < R(\text{Cl}_2)$ ، فيكون الصوديوم هو المادّة المتفاعلة المحدّدة .

ثانياً: باستخدام جدول تقدّم التفاعل

معادلة التفاعل			معدّلات التفاعل	
$2\text{Na}_{(s)}$	+	$\text{Cl}_{2(g)}$	$\longrightarrow$	$2\text{NaCl}_{(s)}$
كمّيات الموادّ بالمول				
			تقدّم التفاعل	حالة التفاعل الابتدائية
0.2		0.2	$x = 0$	الحالة الابتدائية
$0.2 - 2x$		$0.2 - x$	$x$	خلال التحوّل
0		0.1	0.2	الحالة النهائية

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

$$0.2 - x_{\max} = 0 \implies x_{\max} = 0.2$$

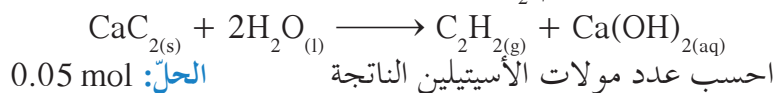
نلاحظ أنّ الصوديوم هو المتفاعل المحدّد (القيمة الأصغر للتقدّم الأقصى) .

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

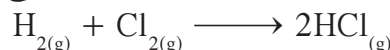
بما أنّ النسبة المولية بين الصوديوم والكلور تساوي 1:2 كما يتّضح من المعادلة الموزونة، يُعتبر الصوديوم المادّة المتفاعلة المحدّدة وغاز الكلور المادّة المتفاعلة الزائدة .

## أسئلة تطبيقية وحلها

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



2. توضح المعادلة التالية تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور



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

## 2. النسبة المئوية للناتج Percent Yield

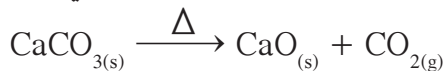
عندما تُستخدم المعادلة الكيميائية لحساب كمية الناتج التي يُمكن أن تتكوّن خلال التفاعل الكيميائي، فإنّ هذه الكمية تُسمّى بالكمية النظرية للناتج **Mass of Theoretical Yield** وهي أقصى كمية للناتج التي من الممكن الحصول عليها من الكميات المعطاة للمواد المتفاعلة. أما عملياً، فإنّ الكمية التي تتكوّن هي أقلّ من الكمية النظرية وتُسمّى الكمية الفعلية للناتج **Mass of Actual Yield**، وهي الكمية التي تتكوّن فعلياً أثناء إجراء التفاعل في المختبر. النسبة المئوية للناتج هي مقياس لكفاءة التفاعل وتُعرّف كما يلي:

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

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

## مثال (5)

تتحلل كربونات الكالسيوم تحت تأثير الحرارة كما هو مبين في المعادلة التالية:



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

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

**طريقة التفكير في الحل**

**1. حل:** 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 .

طبق: باستخدام جدول التفاعل يُمكن حساب عدد مولات أكسيد الكالسيوم ومن ثم حساب الكتلة النظرية الناتجة .

**2. احسب:** حل غير المعلوم

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

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{25}{100} = 0.25 \text{ mol}$$

معادلة التفاعل			معدلة التفاعل	
CaCO <sub>3</sub> → CO <sub>2</sub> + CaO			تقدّم التفاعل	حالة التفاعل
كميات المواد بالمول				
0.25	0	0	x = 0	الحالة الابتدائية
0.25 - x	x	x	x	خلال التحوّل
0	0.25	0.25		الحالة النهائية

الكتلة النظرية لأكسيد الكالسيوم

$$m_s = n \times \text{M.wt.}$$

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

النسبة المئوية للنتاج

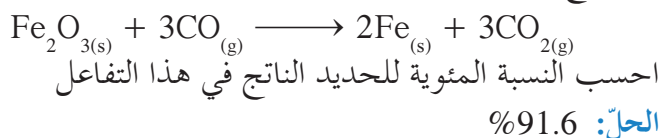
$$\frac{13}{14} \times 100 = 92.8\%$$

**3. قيم:** هل النتيجة لها معنى؟

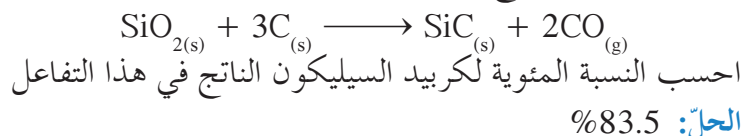
إنّ النسبة المئوية للنتاج هي أقلّ من 100 .

## أسئلة تطبيقية وحلها

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



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

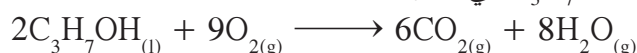


## مراجعة الدرس 2-3

1. عرّف المادة المتفاعلة المحددة والمادة المتفاعلة الزائدة .

2. عرّف الناتج الفعلي والناتج النظري .

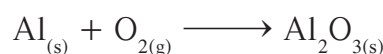
3. يحترق  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  في الهواء طبقاً للمعادلة التالية:



- (أ) احسب عدد مولات الأكسجين اللازمة لتفاعل مع 3.4 mol من  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ .

- (ب) أوجد عدد مولات كلّ ناتج متكوّن عند تفاعل 3.4 mol من  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  مع الأكسجين .

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



- (أ) زن المعادلة السابقة .

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

- احسب كمية المادة للألمنيوم في الحالة الابتدائية بالمول .

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

- (د) اكتب الحالة النهائية بالكتلة .



## مراجعة الوحدة الرابعة

### المفاهيم

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

### ملخص لمفاهيم الأجزاء التي جاءت في الوحدة

#### (1 - 1) التفاعلات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

- التفاعل الكيميائي هو تغيّر في صفات المواد المتفاعلة وظهور صفات جديدة في المواد الناتجة أو كسر روابط المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة في المواد الناتجة .
- في المعادلة الكيميائية، تُكتب الصيغ الكيميائية للمواد المتفاعلة على الجانب الأيسر من السهم، في حين تُكتب الصيغ الكيميائية للمواد الناتجة من التفاعل على الجانب الأيمن من السهم. ويشير رأس السهم إلى النواتج.
- يُمكن تمثيل التفاعل الكيميائي بصورة مختصرة بالمعادلة الكيميائية .
- المواد المتفاعلة هي المواد التي يُمكن أن يحدث لها تغيّر كيميائي، والمواد الناتجة هي المواد الجديدة المتكوّنة نتيجة التفاعل الكيميائي .
- لتوضيح الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة أو الناتجة، تُكتب الحروف التالية داخل أقواس بعد رمز المواد في المعادلة: للمادة الصلبة (s) للمادة السائلة (l) للغاز (g) وللمحلول المائي (aq) .
- العامل الحفّاز هو مادة تغيّر من سرعة معدّل التفاعل، ولكنها لا تشارك فيه وتُكتب الصيغة الكيميائية الخاصّة به فوق السهم في المعادلة الكيميائية .
- طبقاً 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 المواد المتفاعلة يُساوي عدد ونوع ذرّات المواد الناتجة .

## (1 - 2) التفاعلات المتجانسة والتفاعلات غير المتجانسة

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

## (2 - 1) الكتلة المولية الذرية والكتلة المولية الجزيئية والكتلة المولية

- المول هو وحدة قياس في النظام العالمي لقياس كمية المادة.
- يحتوي المول من أيّ مادة على عدد أفوجادرو وهو  $6 \times 10^{23}$  من الوحدات البنائية.
- الذرة هي الوحدة البنائية لمعظم العناصر.
- الجزيء هو الوحدة البنائية للعناصر الجزيئية ثنائية الذرة ولجميع المركبات الجزيئية.
- الكتلة المولية الذرية والكتلة المولية الجزيئية وكتلة الصيغة هي كتل مول واحد من العنصر، وكتلة مول واحد من المركب الجزيئي وكتلة مول واحد من المركب الأيوني على التوالي. وحدة الصيغة هي الوحدة البنائية للمركبات الأيونية.
- الكتلة المولية لأيّ مادة هي كتلة مول واحد من تلك المادة مقدرة بالجرام.
- المول الواحد لأيّ مادة يحتوي على نفس العدد من الوحدات البنائية التي توجد في المول الواحد لأيّ مادة أخرى.

$$n = \frac{m_s}{M_{wt}}$$

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

## (2 - 2) النسب المئوية لتركيب المركبات

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

الصيغة الأولية هي أبسط نسبة للأعداد الصحيحة لذرات العناصر التي يتكوّن منها المركب.

## (2 - 3) المعادلة الكيميائية وحساب كمية المواد

- المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة تدلّ على الأعداد النسبية لمولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.
- يستخدم الكيميائيون المولات في الحساب الكيميائي.
- يجري تنفيذ جميع العمليات الحسابية المتضمنة تفاعلات كيميائية عن طريق المعادلة الكيميائية الموزونة، وذلك لأنها تخضع لقانون حفظ الكتلة.
- تُستخدم معاملات التحويل في الحسابات التي تُستخدم في اتحاد العناصر مع بعضها. تُستنتج هذه المعاملات من المعادلة الكيميائية الموزونة.
- النسبة المولية هي النسبة بين عدد مولات مادة معينة معلومة بعدد مولات مادة أخرى مطلوب تعيينها.
- عندما تتفاعل مادّتان أو أكثر في تفاعل كيميائي يجب تحديد المادة المتفاعلة المحددة.
- المادة المتفاعلة المحددة تُستهلك بالكامل في التفاعل الكيميائي.
- كمية المادة المتفاعلة المحددة تُحدّد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.
- إذا كان في تفاعل كيميائي مادة متفاعلة محدّدة وحيدة فإن باقي المواد المتفاعلة تتواجد بكميات زائدة.

• قياس اتحادية 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 يُرمز له بالحرف  $x$  ويُعبّر عنه بالمول ويُمكن من تتبّع تطوّر كمّيات المادّة للمجموعة الكيميائية أثناء تحوّل كيميائي انطلاّقاً من معرفة كمّيات الموادّ الابتدائية  $n_0$ .

• يُعرّف تقدّم التفاعل  $x$  بـ:

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

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

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

• 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  $x_{\max}$  انطلاّقاً 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 فعلياً أثناء إجراء التفاعل في المختبر.

• النسبة المئوية للناتج هي مقياس لكفاءة التفاعل وتساوي:

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

## خريطة مفاهيم الوحدة

استخدم المفاهيم الموضحة في الشكل التالي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة:



## تحقق من فهمك

1. أكمل المعادلات التالية، ثم اكتب المعادلة الأيونية النهائية:



2. ما هو الأيون المتفرّج؟

3. أكمل نواتج تفاعلات التعادل التالية، ثم اكتب المعادلات الموزونة لها:

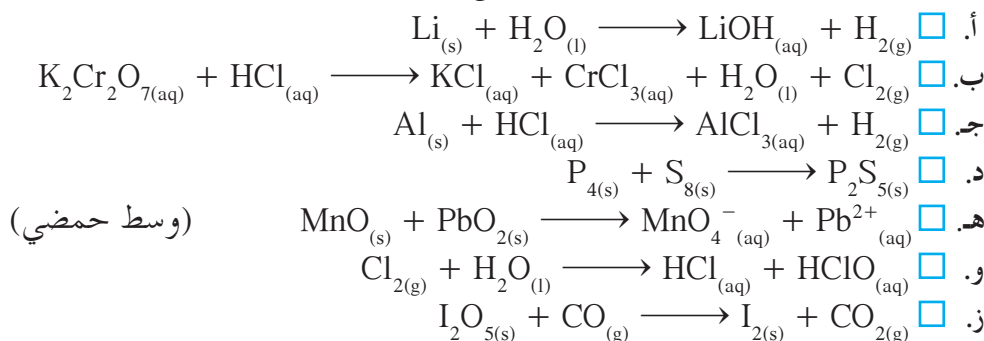


4. اشرح عملية الاختزال في تفاعلات الأكسدة والاختزال.

5. كيف تُفقد الإلكترونات في تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ وكيف تُكتسب؟

6. اذكر بعض الأنواع العامة للتفاعلات التي تنطبق عليها صفات تفاعلات الأكسدة والاختزال.

7. أي من المعادلات غير الموزونة التالية تُمثّل تفاعلات أكسدة واختزال:



8. عيّن العامل المؤكسد والعامل المختزل لكلّ من التفاعلات (هـ)، (و)، (ز) في سؤال رقم 7.

9. اكتب معادلة توضّح تفاعل مضادّات الحموضة التالية مع حمض HCl.

(أ) هيدروكسيد المغنيسيوم

(ب) كربونات الكالسيوم

(ج) هيدروكسيد الألمنيوم

10. عيّن عدد تأكسد الفوسفور في كلّ من الموادّ التالية:

(أ)  $\text{P}_4\text{O}_8$

(ب)  $\text{PO}_4^{3-}$

(ج)  $\text{P}_2\text{O}_5$

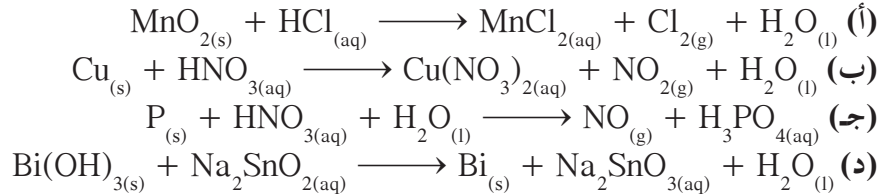
(د)  $\text{P}_4\text{O}_6$

(هـ)  $\text{H}_3\text{PO}_4$

(و)  $\text{PO}_3^{3-}$

11. كلوريت الصوديوم مبيض قوي يُستخدم في صناعات الورق ويُحضّر بالتفاعل التالي:
- $$4\text{NaOH}_{(aq)} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} + \text{C}_{(s)} + 4\text{ClO}_{2(g)} \longrightarrow 4\text{NaClO}_{2(aq)} + \text{CaCO}_{3(s)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
- (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:

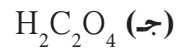


13. اكتب أسماء الوحدات البنائية (الذرة، الجزيء، وحدة الصيغة) للموادّ التالية:

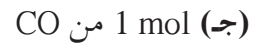
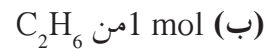
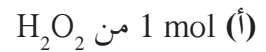
- (أ) الأكسجين  
 (ب) ثاني أكسيد الكبريت  
 (ج) كبريتيد الصوديوم  
 (د) البوتاسيوم

#### تحقق من مهاراتك

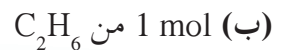
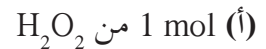
1. كم عدد ذرات الهيدروجين في الوحدة البنائية لكلّ من الموادّ التالية:



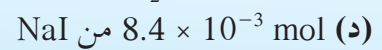
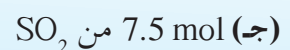
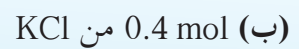
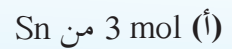
2. أيّ من الموادّ التالية يحتوي على جزيئات أكثر:



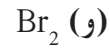
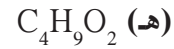
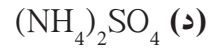
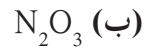
3. أيّ من الموادّ التالية يحتوي على ذرات أكثر:



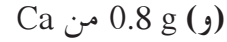
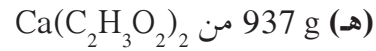
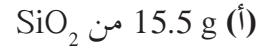
4. أوجد عدد الوحدات البنائية في كلّ من الموادّ التالية:



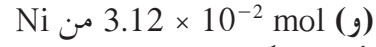
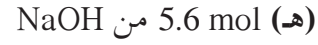
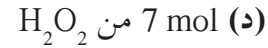
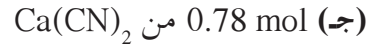
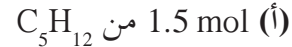
5. احسب الكتلة المولية لكلّ من الموادّ التالية:



6. كم عدد المولات في كلّ من الموادّ التالية:



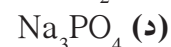
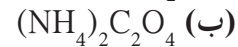
7. أوجد كتلة كلّ من الموادّ التالية:



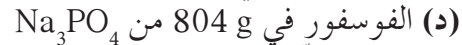
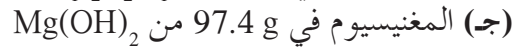
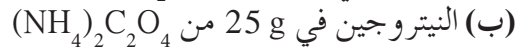
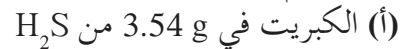
8. أوجد الكمّيات التالية:



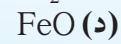
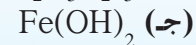
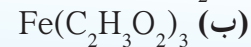
9. احسب النسب المئوية لمكوّنات المركّبات التالية:



10. باستخدام إجابات السؤال السابق احسب كتلة العناصر التالية:

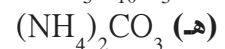
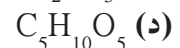
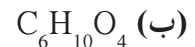
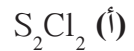


11. أيّ من المركّبات التالية يحتوي على أكبر نسبة مئوية من الحديد:

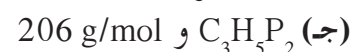
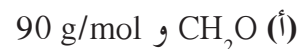


12. تحلل 7.36 g من مركب معين ليعطي 6.93 g من الأكسجين . إذا كان العنصر الآخر الوحيد في المركب هو الهيدروجين ، وعلمت أن الكتلة المولية للمركب هي 34 g/mol فما هي الصيغة الجزيئية لهذا المركب؟

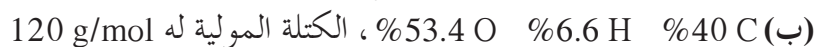
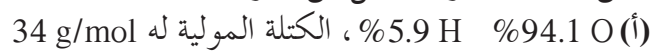
13. صنف الصيغ التالية كصيغة أولية أو صيغة جزيئية:



14. إذا علمت الصيغة الأولية والكتلة المولية للمركبات التالية فما هي الصيغ الجزيئية لكلّ منها:



15. عين الصيغة الجزيئية لكلّ من المركبات التالية:

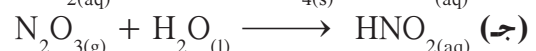
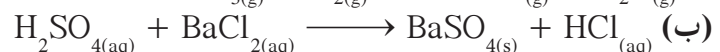
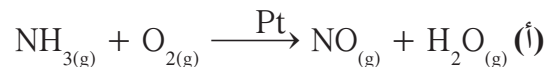


16. حدّد المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في كلّ من التفاعلات التالية:

(أ) تكوّن غاز الهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم عند إلقاء الصوديوم في الماء .

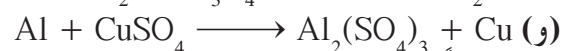
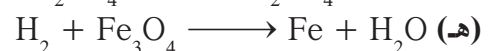
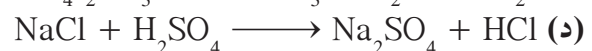
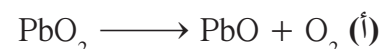
(ب) يتفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء في عملية التركيب الضوئي ليتكوّن غاز الأكسجين والجلوكوز .

17. اكتب تعليقاً يصف كلاً من التفاعلات الموضّحة في المعادلات الهيكلية التالية وصفًا كاملاً:

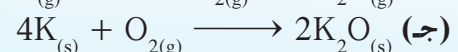
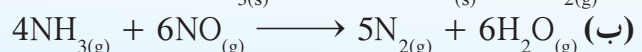
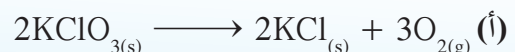


18. ما فائدة استخدام العامل الحفاز؟

19. زن المعادلات التالية:

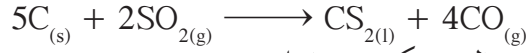


20. اشرح كلاً من المعادلات الكيميائية التالية في ضوء عدد المولات لكلّ من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة:

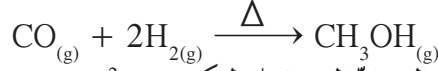




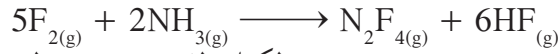
21. يُعتبر ثاني كبريتيد الكربون من المذيبات الصناعية الهامة، ويُحضّر بتفاعل الفحم مع ثاني أكسيد الكبريت:



- (أ) كم عدد المولات من  $CS_2$  التي تتكوّن بتفاعل 2.7 mol من C؟  
 (ب) كم عدد المولات من الكربون اللازمة لتفاعل مع 5.44 mol من  $SO_2$ ؟  
 (ج) كم عدد المولات من أول 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. يُستخدم الميثانول في إنتاج الكثير من المواد الكيميائية، ويُحضّر بتفاعل أول أكسيد الكربون والهيدروجين عند ضغط عال ودرجة حرارة عالية:



- (أ) احسب عدد مولات كلّ من المواد المتفاعلة لتكوين  $3.6 \times 10^2$  g من  $CH_3OH$ .  
 (ب) احسب كتلة لكلّ من المواد المتفاعلة اللازمة لإنتاج 4 mol من  $CH_3OH$ .  
 (ج) احسب كتلة الهيدروجين اللازمة لتفاعل مع 2.85 mol من CO.
23. يتفاعل الفلور مع الأمونيا، يتكوّن رابع فلوريد ثنائي النيتروجين وفلوريد الهيدروجين:



- (أ) إذا بدأت التفاعل بـ 66.6 g من  $NH_3$  فما هي الكتلة اللازمة من  $F_2$  لحدوث تفاعل تام؟  
 (ب) احسب كتلة  $NH_3$  اللازمة لتكوين 4.65 g من HF.  
 (ج) احسب كتلة  $N_2F_4$  التي يُمكن أن تتكوّن من 225 g من  $F_2$ .
24. ما هي المعلومات التي يُمكن استخلاصها من المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

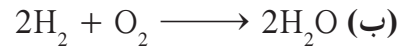
25. ما هي دلالة المادة المتفاعلة المحددة في تفاعل كيميائي؟ وماذا يحدث لأية مادة تتواجد بكمية زائدة في التفاعل؟

26. كيف يُمكنك تحديد المادة المتفاعلة المحددة في تفاعل كيميائي؟

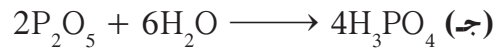
27. حدّد المادة المتفاعلة المحددة لكلّ من التفاعلات التالية:



5.3 mol    3.6 mol



3.4 mol    6.4 mol



1.52 mol    10.48 mol



18 mol    14.5 mol

28. احسب عدد مولات كلّ ناتج من المعادلات السابقة.

29. احسب عدد مولات المادة المتفاعلة ذات الكمية الزائدة بعد نهاية تفاعل كلّ معادلة من معادلات السؤال رقم 27.

30. بتسخين خام كبريتيد الأنثيمون في وجود الحديد، يتكوّن عنصر الأنتيمون وكبريتيد الحديد (II):



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؟

31. أيّ من المركّبات التالية يحتوي على أكبر عدد من الذرّات:

(أ) 42 g من Kr

(ب) 0.842 mol من  $C_2H_4$

(ج) 36 g من  $N_2$

32. ما هي الكتلة لخليط من  $3.5 \times 10^{22}$  وحدات صيغة من  $Na_2SO_4$  و 0.5 mol من  $H_2O$  و 7.23 g من AgCl؟

33. عيّن الصيغة الأولى 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

(ج) 71.72% Cl ، 16.16% O ، 12.12% C ، و M.wt. = 99 g/mol

34. احسب الصيغة الأولى 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 كاملاً:

(أ) إمرار غاز الكلور في محلول من يوديد البوتاسيوم ليتكوّن اليود ومحلول كلوريد البوتاسيوم .

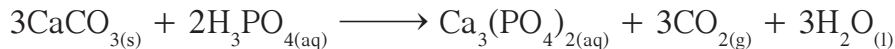
(ب) تكوّن غاز الهيدروجين ومحلول مائي من كلوريد الحديد (II) عند غمر الحديد الفلزّي في حمض الهيدروكلوريك .

(ج) تسخين أكسيد الفضة الصلب لتكوّن الفضة وغاز الأكسجين .

(د) تفاعل بلورات اليود مع غاز الكلور ليتكوّن كلوريد اليود .

(هـ) يُمكن إنتاج فلزّ الزئبق بتسخين خليط من كبريتيد الزئبق (II) وأكسيد الكالسيوم . يُمكن أن تتكوّن أيضًا نواتج إضافية أخرى مثل كبريتيد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم .

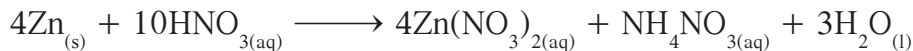
36. تتفاعل كربونات الكالسيوم مع حمض الفوسفوريك لتكوين فوسفات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون والماء:



(أ) احسب كتلة حمض الفوسفوريك التي تتفاعل مع كربونات الكالسيوم المتواجد بكميّة زائدة لتكوين 3.74 g من  $Ca_3(PO_4)_2$  .

(ب) احسب كتلة  $CO_2$  المتكوّنة عند تكوين 0.733 g من  $H_2O$  .

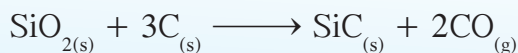
37. يتفاعل حمض النيتريك والخارصين لتكوّن نترات الخارصين ونترات الأمونيوم وماء:



(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 بكميّة زائدة لتكوين 29.1 g من  $NH_4NO_3$  .

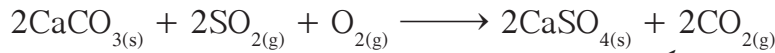
38. عند تسخين 50 g من ثاني أكسيد السيليكون مع كمّيّة زائدة من الكربون يتكوّن 32.2 g من كربيد السيليكون:



(أ) ما هي نسبة الناتج في هذا التفاعل؟

(ب) احسب كتلة CO المتكوّنة .

39. تُساوي النسبة المئوية لنواتج التفاعل التالي 96.8%:



- احسب كتلة  $\text{CaSO}_4$  المتكوّنة عند تفاعل 5.24 kg من  $\text{SO}_2$  مع كمّية زائدة من  $\text{CaCO}_3$  و  $\text{O}_2$ .  
 40. الكثير من تفاعلات التحلل والاحتراق وتفاعلات أخرى هي تفاعلات أكسدة واختزال. لماذا لا تُعتبر تفاعلات التبادل المزدوج تفاعلات أكسدة واختزال؟  
 41. احسب كتلة كلّ من الهيدروجين والأكسجين المطلوبة لتحضير 4.5 mol من الماء.  
 42. يُستخدم كلوريد الكالسيوم الصلب الأبيض كعامل تجفيف، ويوضّح الجدول التالي أقصى كمّية للماء التي تُمتصّ بكمّيات مختلفة من كلوريد الكالسيوم:

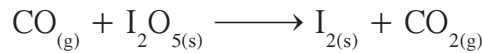
$\text{H}_2\text{O}$ (mol)	$\text{H}_2\text{O}$ (g)	$\text{CaCl}_2$ (mol)	$\text{CaCl}_2$ (g)
	5.62		17.3
	15.80		48.8
	40.30		124
	109.00		337

(أ) أكمل الجدول.

(ب) ارسم علاقة بيانية بين كمّية الماء الممتصّة على المحور السيني وعدد مولات  $\text{CaCl}_2$  على المحور الصادي.

(ج) استنتج من العلاقة البيانية السابقة عدد جزيئات الماء التي تُمتصّ بوحدة الصيغة  $\text{CaCl}_2$  ومضاعفاتها.

43. يُمكن إزالة أوّل أكسيد الكربون من الهواء بإمراره فوق خامس أكسيد ثنائي اليود الصلب:



(أ) زن المعادلة.

(ب) عرّف العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل.

(ج) احسب الكتلة التي يُمكن إزالتها من أوّل أكسيد الكربون من الهواء بواسطة 0.55 g من  $\text{I}_2\text{O}_5$ .

## المشاريع

- صمّم تجربة لاختبار كيفية فقدان العملة النحاسية لمعانها أو بريقها بسرعة. يجب أن تشمل التجربة طريقة لتنظيف العملة النحاسية من الطبقة التي تكوّنت عليها وتسببت بفقدان اللمعان، وكيفية الحفاظ أيضاً على العملة النحاسية الجديدة بدون أن تفقد لمعانها لاستخدامها كمرجع للمقارنة. اعرض تجربتك على معلّمك وإذا وافق عليها، فقم بتنفيذها مع زملائك في الصفّ.
- عند قطع الفواكه، مثل التفّاح والموز، وتعرّضها للهواء نلاحظ تلوّن السطح المقطوع المعرض للهواء وتحوّله إلى اللون البنيّ. سبب تكوّن هذا اللون هو وجود إنزيمات في مثل هذه الفواكه تحفّز تفاعل الأكسدة الذي ينتج عنه هذا اللون البنيّ. إذا غمرنا السطح المقطوع من الفاكهة في عصير الليمون الذي يحتوي على موادّ مضادّة للأكسدة، يُمكنها منع تكوّن اللون البنيّ. صمّم تجربة لاختبار فعالية سوائل أخرى لمنع تكوّن اللون البنيّ على الأسطح المقطوعة للفاكهة، مثل ماء الصنبور والماء الملحي والمشروبات الغازية وعصير الفاكهة.
- اكتب في كراسيتك الخاصّة جميع التفاعلات الكيميائية التي تلاحظها خلال أسبوع واحد في حياتك العملية، وقمّ بتصنيف كلّ تفاعل منها، واكتب مشاهداتك التي تُؤيّد حدوث التفاعل مع محاولة استنتاج نواتج كلّ تفاعل.

4. الألمنيوم هو إحدى المواد 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 تُستخدم فيها الحسابات المبيّنة على المول والكتلة ، وتبادل مع زملائك التمارين على نوعية هذه المسائل .
7. ارسم نموذجًا لتوضيح الذرّات والجزئيات المتضمّنة في التفاعل الكيميائي بين  $2.3 \text{ mol}$  من الكبريت الصلب وغاز الأكسجين (ينتج عن هذا التفاعل ثالث أكسيد الكبريت). تأكّد أن يتضمّن النموذج أيضًا قيم الكتل لكلّ من المواد المتفاعلة والنتيجة .
8. أي من العناصر الأخرى ، غير الكربون ، استُخدمت لتعريف المول؟ اكتب تقريرًا مختصرًا يُلخّص المعلومات التي توصلت إليها .
9. تُصنّف الأسمدة التجارية بأرقام تدلّ على النسبة المئوية لكتل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، وهي عناصر هامة لنموّ النباتات . قم بدراسة بعض هذه الأسمدة ، ثمّ اكتب تقريرًا عن العناصر الغذائية اللازمة لتلك النباتات .

فصول الوحدة

الفصل الأول

• مرکبات الكربون غير العضوية

الفصل الثاني

• مرکبات 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 للسكر (سكروز)  
الكيمياء في خدمة الصناعة: الماس الصناعي



عُرِف 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 . يُعتَبَر عنصر الكربون العنصر الملك بين عناصر الجدول الدوري . فهو العنصر الأساسي لأكثر من عشرة ملايين مركّبًا عضويًا معروفًا ، وإنّ الآلاف منها أساسي للحياة ، مثل البروتينات والسكريات والدهنيات .

ما هو مركّب الكربون غير العضوي الذي يُعدّ أساسيًا 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 السيارات والمعروف بـ «القاتل الصامت»؟

اكتشف بنفسك

التحلّل الحراري للسكر (سكروز)

لإجراء هذا النشاط يجب استخدام الموادّ التالية: أنبوبة اختبار ، ماسك ، موقد بنزن ، مكعب سكر .  
ضع نظارة الأمان ، واتبع خطوات الأمان الخاصّة بالعمل في مختبر الكيمياء .

1. ضع مكعب السكر في الأنبوبة .
2. سخّن الأنبوبة بشكل متجانس .
3. ماذا تلاحظ؟
4. صف تغييرات لون السكر .
5. ماذا تلاحظ على جوانب أنبوبة الاختبار؟
6. سمّ الموادّ الناتجة .
7. أكمل هذا التفاعل: سكر  $\xrightarrow{\Delta}$  ... + ...

## مركبات الكربون غير العضوية Non Organic Carbon Compounds

### دروس الفصل

#### الدرس الأول

- خواص عناصر المجموعة الرابعة 4A في الجدول الدوري

#### الدرس الثاني

- تكنولوجيا النانو

#### الدرس الثالث

- خواص مركبات الكربون غير العضوية

يُعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) نعمة ونقمة . فهو المركب الأساسي في عملية البناء الضوئي حيث يتم فيها تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية . لكنه المركب الأساسي في عملية الاحتباس الحراري الذي يؤدي إلى ارتفاع درجات حرارة الأرض عن معدلها الطبيعي . ما هو دور ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي عند النبات؟ كيف يساعد ثاني أكسيد الكربون في ارتفاع درجات حرارة الأرض؟



يُعرف غاز أول أكسيد الكربون ( $CO$ ) المنبعث من عوادم السيارات بالقاتل الصامت بسبب الأمراض التي يُسببها .

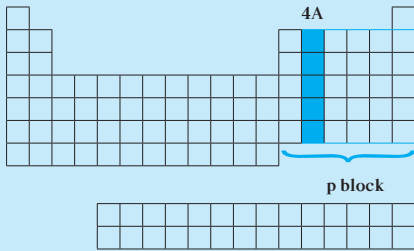


كيف يُسبب أول أكسيد الكربون التسمم عند الإنسان؟

Properties of Group 4A Elements in the Periodic Table

الأهداف العامة

- يُعدّد خواصّ عناصر المجموعة 4A في الجدول الدوري .
- يُقارن بين الأشكال المتأصلة للكربون .



4A

6 C Carbon 12.01 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>
14 Si Silicon 28.09 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
32 Ge Germanium 72.61 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>
50 Sn Tin 118.71 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>
82 Pb Lead 207.20 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>

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 . ستتعلم في هذا الدرس خواصّ عناصر المجموعة 4A (شكل 26) .

شكل (26)

عناصر المجموعة 4A

Carbon and Group 4A

1. الكربون والمجموعة 4A

Group 4A Elements

1.1 عناصر المجموعة 4A

تشغل عناصر المجموعة 4A المنطقة اليمنى من الجدول الدوري . وهي تحتوي على العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في تحت المستوى (np<sup>2</sup>) . استخدم الجدول الدوري لتسمية عناصر المجموعة 4A . هل جميع العناصر فلزّات؟

Carbon

2.1 الكربون

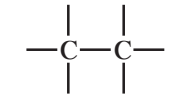
Existence

(أ) وجوده

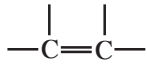
الكربون هو العنصر السابع عشر الأكثر وفرة في القشرة الأرضية . فهو يُشكّل حوالي 0.02% من القشرة حتّى عمق 16 km . يتواجد الكربون في الحالة الحرّة في الفحم والماس والجرافيت وبشكل مركّب في البترول ومشتقاته وفي الهواء (CO<sub>2</sub>) وفي الكثير من الخامات بشكل أيون الكربونات (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) .



شكل (27)  
إنتاج الفحم



رابطة تساهمية أحادية

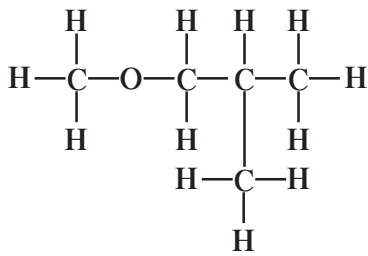
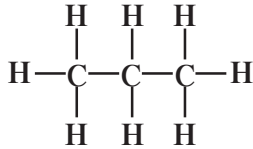


رابطة تساهمية ثنائية



رابطة تساهمية ثلاثية

شكل (28)  
روابط الكربون



شكل (29)

ترتبط ذرات الكربون بالهيدروجين والأكسجين لتكوين مركبات مختلفة.

## Extraction

### (ب) استخلاصه

عُرِف الكربون في عصور ما قبل التاريخ. فقد كان يُستخلص بحرق المواد 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.

## Physical Properties

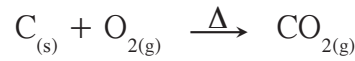
### (ج) خواصه الفيزيائية

تختلف الخواص الفيزيائية للكربون باختلاف أشكاله ما بين الماس والجرافيت. فتختلف درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة والتوصيل الكهربائي والصلابة بشكل واضح بين الشكلين.

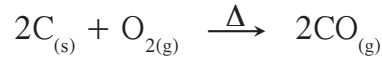
## Chemical Properties

### (د) خواصه الكيميائية

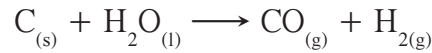
ترتبط ذرات الكربون ببعضها بعضاً بروابط تساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية (شكل 28) مشكلة سلاسل كربونية مختلفة إلى مدى غير محدود. كما أنّ ذرة الكربون ترتبط بالعناصر الأخرى مثل الهيدروجين والأكسجين لتكوين أشكال مختلفة من المركبات (شكل 29). يتفاعل الكربون مع كمية وافرة من الأكسجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون:



وفي حالة النقص في كمية الأكسجين فإنّ التفاعل يُنتج أول أكسيد الكربون:



لا يتفاعل الكربون مع الماء في الظروف الطبيعية ولكن تحت ظروف خاصة من الحرارة والضغط ومع عامل حفّاز، يتفاعل الكربون مع الماء لإنتاج غاز الهيدروجين وغاز أول أكسيد الكربون:



## Usage

### (هـ) استخداماته

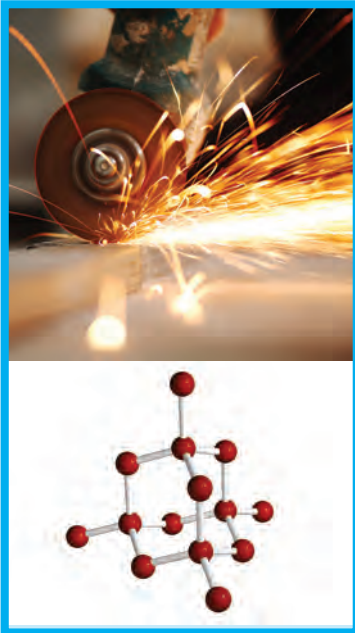
- يُستخدم الكربون والكثير من مركباته كوقود أساسي في حياتنا اليومية بسبب الطاقة المهمة الناتجة من عملية الاحتراق.
- يُضاف الكربون بكميات ضئيلة إلى الحديد لإنتاج الصلب.
- يُستخدم الجرافيت في أقلام الرصاص.
- يُستخدم الفحم في الطبّ على شكل أقراص أو مسحوق لامتناس الغازات السامة من الجهاز الهضمي.



## الكيمياء في خدمة الصناعة

### الماس الصناعي

الماس أفضل صديق للمهندسين ، فهو يُعدّ من أصلب الموادّ ، لذلك يُستخدم صناعياً في القطع والحفر والنقش . ولكن تكمن المشكلة في استخراجها ، فهي عملية مكلفة . اكتشف العلماء طرقاً لصناعة الماس الذي يُضاهي بصلابته الماس الطبيعي الذي يتكوّن من الكربون المسخن بمعزل عن الهواء على درجة حرارة وتحت ضغط مرتفعين . تُستخدم الطبقات الرقيقة من الماس في تغطية العدسات لحمايتها من الخدش وفي صناعة رقائق الكمبيوتر الفائقة السرعة ، وكذلك في الأدوات الحادة المستخدمة في القطع والتي لا تحتاج إلى ستنها .



شكل (30)

تركيب الماس

## Other Elements

## 3.1 العناصر الأخرى

السيليكون والجرمانيوم والقصدير والرصاص هي العناصر الأخرى في المجموعة الرابعة 4A . السيليكون هو العنصر الثاني الأكثر وفرة في القشرة الأرضية . فهو مكوّن أساسي للرمال (ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$ ) . يُستخدم الجرمانيوم والسيليكون في صناعة المعدّات الإلكترونية والخلايا الضوئية التي تدخل في وحدات الطاقة الشمسية . القصدير فلزّ لين له بريق فضّي ويُمكن لفّه في صفائح رقيقة ، وهو يُستخدم كغطاء واقٍ للحديد في المعلّبات . وكذلك يُستخدم في صناعة سبائك البرونز (سبيكة من القصدير والنحاس) . أصبحت استخدامات الرصاص مقيّدة بسبب الأضرار الصحيّة التي يُسببها . لذلك أصبح البنزين خالياً من مركّبات الرصاص التي كانت تُضاف إليه . ولكنه ما زال يُستخدم في صناعة أقطاب البطاريّات (المركم الرصاصي) المستخدمة في وسائل النقل المختلفة .

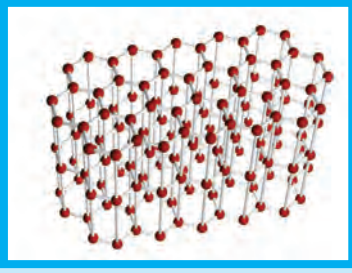
## 2. الأشكال المتأصلة للكربون

### Allotropic Forms of Carbon

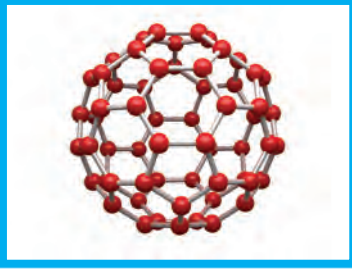
الفحم والماس مادّتان مختلفتان في الشكل واللون والخواصّ والاستخدامات . ولكن هل تعلم أنّ الفحم والماس هما شكلان مختلفان لعنصر واحد؟ ما هو هذا العنصر؟ توجد بعض العناصر في عدّة أشكال ، مختلفة في الخواصّ الفيزيائية ومتشابهة في الخواصّ الكيميائية ويُعرّف هذا بظاهرة التأصل Allotropy . وهي وجود العنصر الواحد في الطبيعة في أكثر من صورة تختلف في خواصها الفيزيائية وتشابه 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 إلا أنّ الذرّات يُمكن ترتيبها بطرق مختلفة في كلّ منهم .

### (أ) الماس

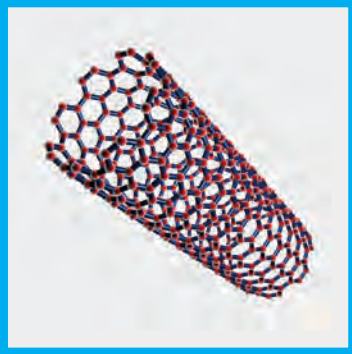
يتكوّن الماس في باطن الأرض نتيجة تعرّض الكربون للضغط الشديد والحرارة المرتفعة . يُعتبر الماس من أصلب الموادّ ، لذلك يُستخدم في قطع الزجاج وفي الحفر والنقش . وبسبب ارتفاع أسعار الماس ، تمّت صناعة الماس مخبرياً وذلك بتعريض الكربون لضغط شديد وحرارة عالية جداً شبيهة لتلك التي في باطن الأرض . يُستخدم الماس الصناعي في كلّ من الزينة والأغراض الصناعية المختلفة (شكل 30) .



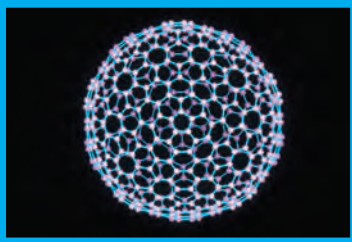
شكل (31)  
تركيب الجرافيت



شكل (32)  
تركيب الفوليرين



شكل (33)  
أنابيب الكربون النانوية



شكل (34)  
فقاعات الكربون الدقيقة

## (ب) الجرافيت

يتكوّن الجرافيت في باطن الأرض نتيجة تعرّض الكربون للضغط والحرارة المعتدلين. يتميز الجرافيت بتركيبه الطبقي (على شكل طبقات)، إلا أنّ الروابط في ما بين الطبقات تكون ضعيفة، لذلك يسهل قطعه. يُعتبر الجرافيت موصلًا جيدًا للكهرباء، ويُستخدم بكثرة في صناعة الأقطاب الكهربائية وفي عمليات التحليل الكهربائي، ويُستخدم كذلك في صناعة أقلام الرصاص. (شكل 31)

## (ج) الفوليرين

يتكوّن الفوليرين من ذرات كربون مترابطة على شكل كريات. اكتُشف 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 وزناً من الصلب، وتُستخدم في صناعة الإلكترونيات والبصريات. (شكل 33)

## (هـ) فقاعات الكربون الدقيقة

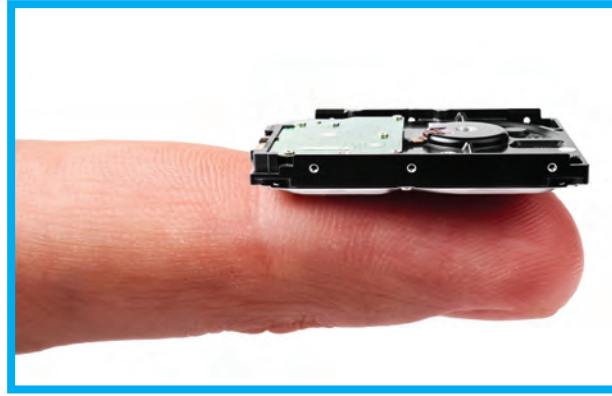
هي مادة مسامية سوداء تبدو كشبكة مغناطيسية بالغة الدقة قليلة الكثافة ويُتوقّع أن يكون لها استخدامات طبيّة. (شكل 34)

## 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 التّأصل وسمّ ثلاثة أشكال تّأصلية لعنصر الكربون.
4. اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الكربون بكمّيّة 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؟  
(ج) ما نوع الروابط التي يُمكن أن تتكوّن بين ذرتي كربون؟

الأهداف العامة

- يتعرّف إلى تكنولوجيا النانو وتطوّرها .
- يتعرّف إلى أهمّية هذه التكنولوجيا واستخدامها .
- يتعرّف إلى أحد أهمّ الأشكال المتّصلة للكربون ويُعدّد خواصّه .



شكل (35)

هل تعلم؟

بادرت دول شرق أوسطية إلى الاهتمام بتطبيقات النانو. المملكة العربية السعودية هي أول دولة عربية بدأت بتطبيق تكنولوجيا النانو. وهناك تقدّم في هذا المجال، وقد تمّ إنشاء مركز النانوتكنولوجيا في دولة الكويت حديثاً.

إثراء

$$1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$$

بدأ الحديث عن تكنولوجيا النانو مع قصص الخيال العلمي. عام 1941، أصدر الكاتب ثيودور سترجيون Theodore Sturgeon قصة بعنوان "الإله الميكروكوني" أو "Microcosmic God". يقوم بطل القصة بإيجاد مجتمع من الكائنات الصغيرة الـ "نيوتريكس" من خلال تفاعل كيميائي. يُمكن لهذه الكائنات أن تنمو وتتطوّر بصورة سريعة جداً محقّقة إنجازات تكنولوجية مذهلة (شكل 35).

What Is this Science?

1. ما هو هذا العلم؟

تأتي لفظة "نانو" من اليونانية وتعني "القزم"، كما يعني تعبير "نانو" تكنولوجيا "المقياس القزم" الذي يستخدمه العلم لقياس أبعاد مكّونات الذرّة والإلكترونات التي تدور حول نواتها. يُشتقّ مصطلح "نانو تكنولوجيا" من النانومتر nm وهو مقياس مقداره واحد من ألف من مليون من المتر (الواحد على مليار من المتر)  $0.000\ 000\ 001\ \text{m}$ . تكنولوجيا النانو هي علم تعديل الذرّات لصنع منتجات جديدة. ويُطلَق هذا الاسم على التقنيات التي تعمل على قياسات متناهية في الصغر.

## 2. كيف تطور هذا العلم؟

### How Did this Science Develop?



شكل (36)

إريك دريكسلر عالم فيزيائي أمريكي، يُعتبر المؤسس العملي لعلم تكنولوجيا النانو .

يُعتبر العام 1986 البداية الفعلية لهذا العلم حيث نشر عالم الفيزياء الأمريكي أريك دريكسلر Eric Drexler (شكل 36) كتابًا بعنوان "محركات 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 تتألف من شبكة من الذرات الكربونية، وذلك في معامل أبحاث شركة "نيبون الكتريك كومباني" Nippon Electric Company (NEC) للصناعات الإلكترونية في اليابان . في العام 1991، تمكّن الباحثان وارين روبنيتت Warren Robinett وستان وليامز Stan Williams من جامعة كارولينا الشمالية في أميركا، من اختراع المعالج النانومتري (Nano manipulator) "النانومانيبولاتور" . يُعدّ هذا الاختراع أحدث معالج بحث حسيّ دقيق، إذ سمح للعلماء أن يلمسوا الجزيئات المتناهية في الصغر ويشعروا بها .

## 3. استخدامات تكنولوجيا النانو

### Uses of Nano Technology

يُعتبر 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) .

تُستخدَم تكنولوجيا النانو اليوم في الكثير من المجالات:

#### (أ) في الصناعة

تُستخدَم في صنع بعض الموادّ لجعلها أكثر متانة، مثلاً: مضارب التنس والبيسبول، الدراجات الهوائية، وصولاً إلى السيارات والطائرات ...

#### (ب) في الكيمياء

تُستخدَم البلّورات النانوية المركّبة لجعل الموادّ الكيميائية الخام أكثر فعالية، أكثر توفيراً للطاقة وتنتج مخلفات أقلّ .

#### معلومات إضافية

أجيال عالم الإلكترونيات

الجيل الأوّل:

التلفزيون

الجيل الثاني:

المحوّل

الجيل الثالث:

الدوائر التكاملية IC

الجيل الرابع:

الكمبيوتر

### (ج) في الصيدلة

تمت إعادة تشكيل العديد من المنتجات الصيدلانية نانويًا بجزيئات نانوية لتسهيل تعاطيها ولتطوير قابليتها للامتصاص.

### (د) في الطب

طوّر علماء من مركز السرطان الأميركي قنابل مجهرية ذكية تخترق الخلايا السرطانية وتُفجّرُها.

### (هـ) في تكنولوجيا المعلومات

جاء علم تكنولوجيا النانو ليحلّ معضلة التصغير في الصناعات الإلكترونية مما يسمح بإنتاج ذاكرات أضخم وسرعات أعلى من تلك المُستخدمة في الإلكترونيات المايكروية. تُستثمر اليوم هذه التكنولوجيا كثيرًا في الأجهزة الحديثة من كمبيوترات وهواتف محمولة وغيرها.

### (و) في المجال العسكري

يُشكّل المجال العسكري المجال الأبرز الذي تُستخدم فيه هذه التقنية. يقول البعض بكلّ بساطة إنّ أيّ حرب مقبلة تُستعمل فيها هذه التقنية سوف تكون مدمرة.

## 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، مما يجعل نسبة طولها إلى عرضها كبيرة جدًا.

تتميّز الأنابيب النانوكربونية برابطة بين ذرتي كربون أقصر من الرابطة في حالة الماس. لذلك، يُرجّح أن تكون الأنابيب النانوكربونية أقوى من الماس حيث إنّ قوّة الرابطة تزداد كلما قصرت.

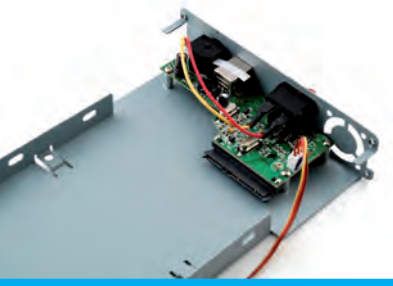
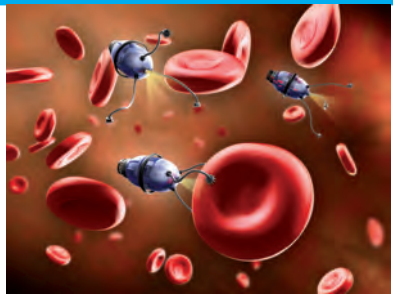
تتواجد الذرّات في الأنبوب النانوكربوني في ثلاثة أشكال أو ترتيبات وهي:

• Armchair أريكية

• Zigzag متعرج (زجاج)

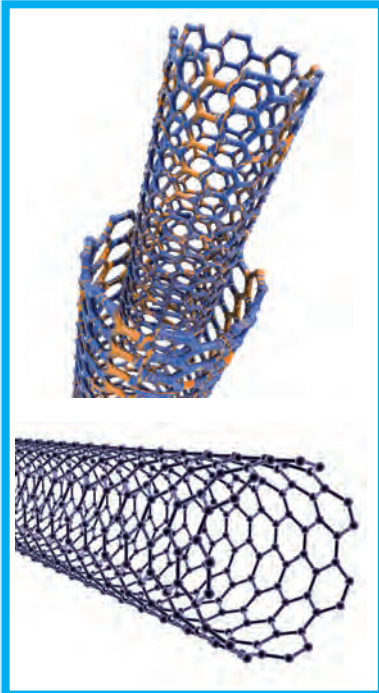
• Chiral الدواني

تؤثر هذه الأشكال على الخواصّ الكهربائية للأنبوب النانوكربوني (شكل 40).



شكل (37)

بعض استخدامات تكنولوجيا النانو .

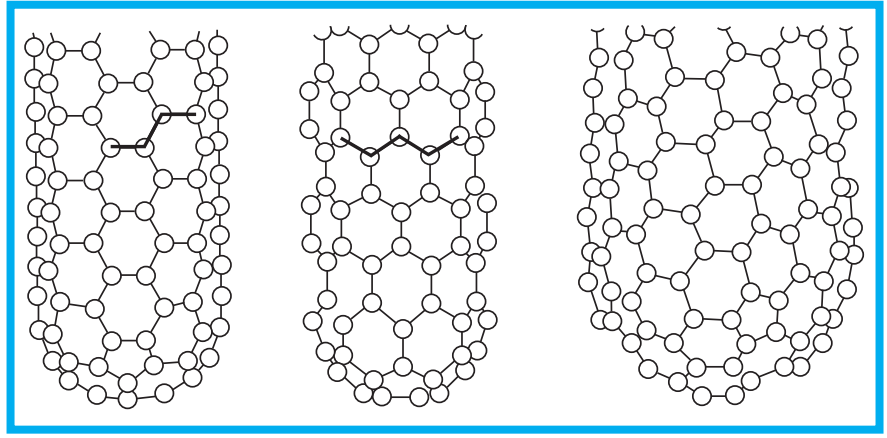


شكل (38)

أنابيب نانوكربونية أحادية الطبقة وأنابيب نانوكربونية متعدّدة الطبقات .

شكل (39)

أنبوب الكربون النانوي أحادي الطبقة له ثلاثة أشكال أو ترتيبات للذرات بداخله، وهي *armchair*، *zigzag*، و*chiral*، ولذلك تأثيره على خواصها الكهربائية.



أريكية

متعرج (زجاج)

الدواني

## 5. ما هي حدود هذه التقنية ومخاطرها؟

### Limitations and Risks of this Technique

تُعتبر الاستخدامات والتطبيقات السابقة بسيطة بالنسبة إلى ما يدور في الخفاء في مختبرات الدول التي ترصد مليارات الدولارات سنوياً 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 المتقدمة جداً له جوانب سلبية عند استخدامه في مجالات غير سلمية، ولهذا السبب يسعى البعض إلى الحدّ من استخدامه حفاظاً على السريّة.

## 6. خواصّ أنابيب الكربون النانوية

### Properties of Carbon Nanotubes

#### Mechanical Properties

#### (أ) الخواصّ الميكانيكية

تُعتبر أنابيب الكربون النانوية من أقوى الموادّ المعروفة على الإطلاق لأنّها تمتلك مقاومة شدّ عالية جداً.

كما أنّ لها معامل مرونة عالٍ جداً، ويعني هذا مقاومتها لأيّ تغيير في طولها أو مساحة مقطعها عند تحميلها وزناً كبيراً.

وتنشأ هذه القوّة بسبب وجود الروابط التساهمية القوية بين ذرّات الكربون وبعضها بعضاً.

تبلغ كثافة أنابيب الكربون النانوية حوالي  $1.33 - 1.4 \text{ mg/cm}^3$  وهذا يعني أنّها خفيفة جداً مقارنة بموادّ مثل الألمنيوم والصلب.

لأنابيب الكربون النانوية قوّة نوعية عالية جداً، 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 خاصية تُسمّى النقل الإلكتروني القذفي، وهذا يعني أنّها موصلات ممتازة على طول الأنابيب.

تستطيع أنابيب الكربون الفلزيّة أن تحمل تيارًا كهربائيًا أعلى 1000 مرّة من قدرة موصل جيّد للكهرباء مثل النحاس.

## (ج) الخواص الحرارية

## Thermal Properties

أنابيب الكربون النانوية موصلات حرارية ممتازة على طول الأنابيب، وهي تقريبًا عازلة عموديًا على محور الأنبوب، ما يُسمّى التوصيل القذفي.

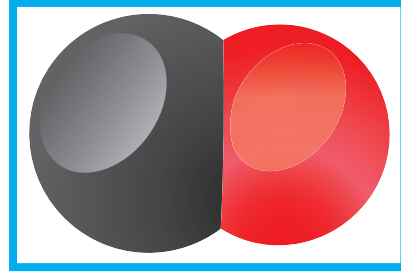
الثبات الحراري: تظلّ أنابيب الكربون النانوية محتفظة بخواصها وبناء مادّتها حتّى تصل إلى درجات حرارة مرتفعة.

## مراجعة الدرس 1-2

1. ماذا يعني تعبير نانو تكنولوجيا؟
2. عدّد أهمّ محطات تطوّر خلالها علم تكنولوجيا النانو.
3. عدّد اثنين من مجالات الحياة حيث تُستخدم تقنية النانو، واذكر كيف تُستخدم لخدمة الإنسان.
4. تُعتبر الأنابيب النانو كربونية من أهمّ الأشكال المتأصلة للكربون. عدّد أنواعها واذكر أهمّ خواصها.

## الأهداف العامة

- يُعدّد خواصّ مركّبات الكربون غير العضوية: CO و CO<sub>2</sub>.
- يصف الروابط الكيميائية في CO و CO<sub>2</sub>.
- يُعدّد فوائد وأضرار CO و CO<sub>2</sub>.



شكل (40)

جرئي أول أكسيد الكربون

أول أكسيد الكربون (شكل 40) هو غاز ينتج من عملية الأكسدة الجزئية (الاحتراق غير التام) للكربون والمركّبات العضوية مثل الفحم، وهذا يحدث عند ندرة الأكسجين. ثاني أكسيد الكربون أو الغاز الفحمي هو مركّب كيميائي وأحد 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؟

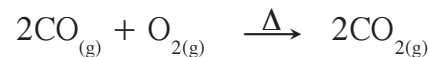
## 1. أول أكسيد الكربون CO Carbon Monoxide CO

## 1.1 مصادر إنتاجه Production Sources

يُنتج أول 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، فيكوّن ثاني أكسيد الكربون:

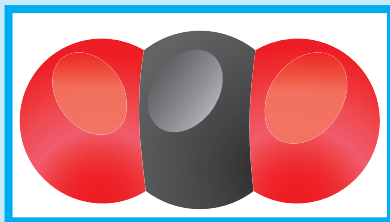




## القاتل الصامت

### أول أكسيد الكربون

إنه غاز سام، وإذا تمّ استنشاقه يتفاعل مع الهيموجلوبين الموجود في كريات الدم الحمراء، ويقوم بتعطيل عمله في حمل الأكسجين إلى خلايا الجسم. إذا وُجد أول أكسيد الكربون في الجوّ فإنّه يرتبط بمادّة الهيموجلوبين بدلاً من الأكسجين لأنّ تفاعل أول 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. وإزالة التسمّم يلزم أن تزداد نسبة الأكسجين الداخل للرتين وذلك بتعريض المتسمّم للهواء الطلق.



شكل (41)

جزيء ثاني أكسيد الكربون

يدوب غاز أول أكسيد الكربون جزئياً في الماء، درجة غليانه  $190^{\circ}\text{C}$  -، ودرجة تجمّده  $205^{\circ}\text{C}$  -.

يتكوّن غاز أول أكسيد الكربون (CO) عند احتراق مركّبات الكربون كالنفط مثلاً في أجواء قليلة الأكسجين كالغرف المغلقة.

## Advantages

### 3.1 فوائده

- له أهميّة 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 أول أكسيد الكربون بشكل رئيس في استخلاص الفلزّات من أكاسيدها عن طريق انتزاع الأكسجين منها.
- يُستخدَم غاز أول 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.
- ويمكن تمثيل التفاعل الإجمالي فيها على النحو التالي:



## Disadvantages

### 4.1 أضراره

هو مسؤول عن كثير من الوفيات سنوياً، حيث يتّحد مع هيموجلوبين الدم عند استنشاقه مكوّناً مركب عضوي (كاربو كسي 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 أول أكسيد الكربون

## Chemical Bonds in Carbon Monoxide

يعتبر جزيء أول أكسيد الكربون مثلاً للرابطة التساهمية التناسقية كما سبق وتعلّمت في الجزء الأول. تعطي ذرّة الأكسجين زوجاً من إلكتروناتها غير المشاركة في الرابطة التساهمية كرابطة إضافية للرابطة التساهمية الثنائية بين ذرتي الكربون والأكسجين.



### 2. غاز ثاني أكسيد الكربون $\text{CO}_2$ Carbon Dioxide

ثاني أكسيد الكربون أو الغاز الفحمي هو مركّب كيميائي وأحد مكوّنات الغلاف الجوّي، يتكوّن من ذرّة كربون مرتبطة بذرتي أكسجين (شكل 41). وهو يكون على شكل غاز في الحالة الطبيعية، ولكنّه يُستخدَم أيضاً في حالته الصلبة ما يُعرف باسم الثلج الجافّ.

## 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 الموادّ 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  $-78^\circ C$ .

## 3.2 فوائده

## Advantages

- يُساعد في التوازن البيئي لنظام الحياة على الكرة الأرضية لأنه مركّب أساسي في عملية البناء الضوئي.
- يُستخدم في إنتاج بعض الموادّ الكيميائية.
- يُستخدم في بعض الصناعات كبديل عن المذيبات العضوية ذات التأثير السلبي على البيئة والتي يصعب التخلص منها.
- يُستخدم في مطفاة الحرائق.
- يُستخدم في المشروبات الغازية.
- يُستخدم في عمليات تبريد الأغذية المغلّفة عند نقلها (الثلج الجاف) (شكل 42) والتي قد تتعفن عند تبريدها في الثلج الرطب.
- يُستخدم في حفظ الدم والأدوية التي تحتاج إلى درجة حرارة منخفضة جدًّا عند نقلها من مكان إلى آخر.

## 4.2 أضراره

## Disadvantages

- يشتهر هذا المركّب بتسببه في ظاهرة الاحتباس الحراري والتي تُؤدّي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض والتغيير المناخي.
- يُؤثر على عملية الاتزان البيئي التي تُذيب غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوّنًا حمضًا ضعيفًا يُعرّف باسم حمض الكربونيك الذي يتفاعل مع بعض الرواسب في البحر.
- يُسبب الوفاة في حال التعرّض له لفترة محدّدة بسبب الاختناق.



شكل (42)  
الثلج الجاف

يُعرف ثاني أكسيد الكربون بالثلج الجاف، ويمكن أن يُسبب جرح جلد الإنسان إذا وضع عليه لأنه أبرد بكثير من الثلج العادي ( $-78^\circ C$ ). لماذا لا يُسبب استخدام الثلج الجاف تبلّل المكان بالمقارنة مع الثلج العادي؟

ما هي التأثيرات الضارة على الإنسان؟

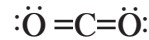
يُضاف ثاني أكسيد الكربون إلى المشروبات الغازية بكمية كبيرة، لذلك سُميت هذه المشروبات بالغازية، فهي لا توفر للجسد أي فائدة غذائية. يؤدي غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في المشروبات الغازية إلى حرمان المعدة من الخمائر الهاضمة الموجودة في اللعاب الهامة في عملية الهضم، ما يؤدي إلى إلغاء دور الأنزيمات التي تفرزها المعدة التي تنتج بعض السموم التي تنتقل مع الدم إلى خلايا الجسم، مسببة العديد من الأمراض.

كما تحتوي هذه المشروبات على أحماض الكربونيك والماليك والفوسفوريك التي تسبب تآكل المينا الحامية للأسنان، كما يؤدي إلى هشاشة وضعف العظام، بخاصة 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 كل ذرة أكسجين مكوناً رابطتين تساهميتين ثنائيتين بين الكربون والأكسجين:



## مراجعة الدرس 1-3

1. اذكر فائدة ومضار لكل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
2. اشرح لماذا يؤدي قطع الأشجار إلى ازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء.
3. "احذروا عمليات الاحتراق في غرف مغلقة تجنباً للتسمم." اشرح السبب.
4. كيف يتم الكشف عن ثاني أكسيد الكربون؟

دروس الفصل

الدرس الأول

• خواص مركبات الكربون العضوية

الدرس الثاني

• تركيب مركبات الكربون العضوية

كيمياء المركبات العضوية هي أحد فروع علم الكيمياء التي تهتم بدراسة مركبات الكربون. ولكن هل تعلم لماذا سُميت بهذا الاسم؟ ولماذا تُسمى أيضًا بكيمياء الكربون؟ ما سبب اهتمامنا بمركبات الكربون العضوية؟

تحتل مركبات الكربون العضوية مكانة مهمة بالنسبة للإنسان. فالغذاء والسكن والملابس والأدوية والمنظفات والمبيدات الحشرية ومواد التجميل معظمها من المركبات العضوية.

تتألف مركبات الكربون العضوية من عنصر الكربون كعنصر أساسي لذلك تُسمى بكيمياء الكربون.

هناك أكثر من عشرة ملايين مركب كربون عضوي وذلك بسبب قدرة ذرات الكربون على الارتباط ببعضها بروابط تساهمية مكونة سلاسل مختلفة الأشكال والأحجام وكذلك قدرتها على الارتباط بذرات عناصر أخرى كالهيدروجين والأكسجين والنتروجين والهالوجينات وغيرها.



شكل (43)

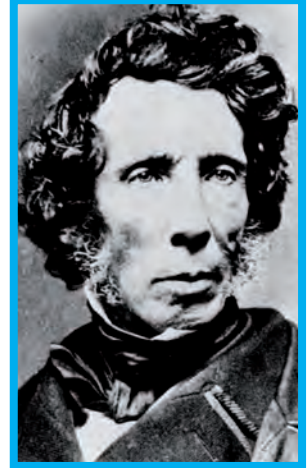
الأهداف العامة

• يتعرّف خواصّ مركّبات الكربون العضوية.

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 حتى 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 اهتموا 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.

هل من السهل التمييز بين مركّب كربون عضوي ومركّب كربون غير عضوي؟  
تختلف خواصّ مركّبات الكربون العضوية باختلاف تركيبها. فتختلف درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة والحالة الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية.  
يُعتبر فولر Wöhler (شكل 44)، أب الكيمياء العضوية.



شكل (44)  
فولر (1800 – 1882)

1. خواصّ مركّبات الكربون العضوية

Organic Carbon Compounds' Properties

تختلف الخواصّ الفيزيائية والكيميائية لأغلب مركّبات الكربون العضوية عن خصائص مركّبات الكربون غير العضوية وذلك بتشعب الكربون في سلاسل.

Physical Properties

1.1 الخواصّ الفيزيائية

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 للتيار الكهربائي.

## Chemical Properties

## 2.1 خواص كيميائية

ترتبط الخواص 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.
- إمكانية ارتباط ذرّات الكربون بذرّات العناصر الأخرى بروابط تساهمية.
- إمكانية 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 يُعرّف بظاهرة التشاكل.

• تفاعلات مركّبات الكربون العضوية عمومًا بطيئة ومعكوسة.

• يظهر عنصر الكربون، الموجود في المركّبات العضوية، دائمًا على شكل صلب أسود عند معاملتها حراريًا.

• يُمكن اعتبار البناء الضوئي من جهة وتفاعلات الاحتراق (التنفس) من جهة أخرى ظاهرتين متعاكستين، وهما يُمكنان 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 قُسمت لتسهيل دراستها، إلى فئات رئيسة إمّا حسب تركيبها العنصري وإمّا حسب الروابط.

### 1.2 تقسيم حسب التركيب العنصري

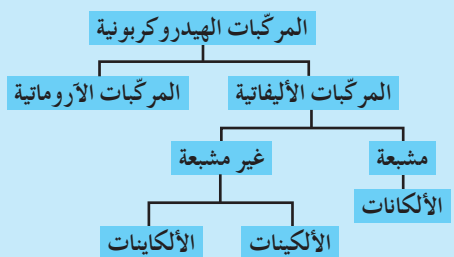
### Categories According to Elemental Composition

وأهمّ هذه الفئات هي:

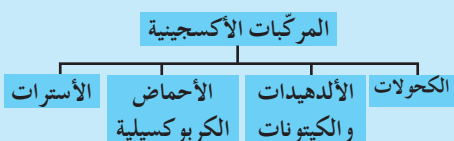
المركّبات الهيدروكربونية: هي المركّبات التي تحتوي على عناصر الكربون والهيدروجين. صيغتها العامّة هي:  $C_xH_y$  (شكل 45).

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

## 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 1-2

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 .

الأهداف العامة

• يُعدّد العناصر الأساسية لمركّبات الكربون العضوية.



شكل (48)  
مجموعة من الخضار والفاكهة

تحتوي هذه الفواكه والخضار (شكل 48) العديد من المركّبات العضوية وغير العضوية. فهي غنية بالسكّريات، وكذلك بالأملاح المعدنية مثل الحديد والخاصين والبوتاسيوم والصوديوم. قد تتشابه مركّبات الكربون العضوية مثل الجلوكوز والفركتوز بين فاكهة وأخرى وقد تختلف بحيث تحوي فاكهة معينة نوعاً من المركّبات لا تحويها فاكهة أخرى. فكلّ 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.



## Molecular Formula

## 1.1 الصيغة الجزيئية

كما هو معلوم، أن عنصر الكربون هو العنصر الأساسي في مركبات الكربون العضوية. تتألف مركبات الكربون العضوية أيضاً من عناصر أخرى مثل الهيدروجين والأكسجين والنتروجين والكلور والكبريت والبروم وغيرها من العناصر ولكن بنسب مختلفة.

فتصبح الصيغة لأي مركب عضوي على الشكل التالي:

$C_xH_y$ ، وقد يحتوي المركب العضوي على بعض العناصر الأخرى مثل الأكسجين، النيتروجين، الكلور، الكبريت والبروم وغيرها من العناصر. والصيغة التي توضح جميع العناصر وعدد ذرات كل عنصر من هذه العناصر في هذا المركب تدعى الصيغة الجزيئية للمركب.

## 2.1 الصيغ البنائية أو التركيبية Structural Formula

تتمثل المركبات الكيميائية عادة باستخدام الصيغ الجزيئية التي تشير إلى نوع الذرات وعددها الفعلي في الجزيء. ولكن هل يمكن الاعتماد على الصيغة الجزيئية في تحديد هوية مركبات الكربون العضوية تحديداً دقيقاً؟

في الحقيقة لا تُبين الصيغة الجزيئية كيفية ترتيب الذرات وارتباطها ببعضها بعضاً في الفراغ، لذلك نلجأ إلى طريقة أخرى لتمثيل الجزيء أو التعبير عنه وذلك باستخدام الصيغة البنائية أو التركيبية (شكل 49 و 50).

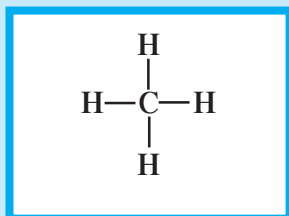
تُبين الصيغ البنائية ترتيب الذرات المرتبطة معاً بالإضافة إلى عدد الروابط لكل ذرة من الذرات في الجزيء، ويعتمد الكيميائيون على الصيغ البنائية لفهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية.

الصيغة البنائية أو التركيبية للمركب العضوي هي الصيغة التي تُوضح جميع الذرات والروابط في هذا المركب.

## 2. التحليل العضوي العنصري

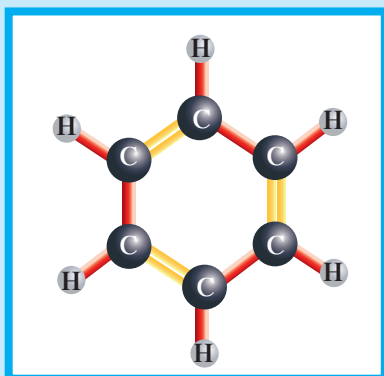
## Elemental Organic Analysis

يهدف التحليل العضوي العنصري Elemental Organic Analysis إلى البحث عن العناصر الموجودة في المركبات العضوية (التحليل العنصري النوعي) ومعايرتها (التحليل العضوي العنصري الكمي).



شكل (49)

الصيغة البنائية أو التركيبية للميثان



شكل (50)

الصيغة البنائية أو التركيبية للبنزين

## 1.2 الكشف عن العناصر الأساسية في المركب العضوي (التحليل العنصري النوعي)

### Elemental Qualitative Analysis

وهو مجموعة العمليات التي يتم فيها الكشف عن تركيب المواد أو المركبات أو العناصر الداخلة في تركيب مادة معينة .

يتلخص التحليل العنصري النوعي لمركب كربون عضوي بالكشف عن العناصر المكوّنة للمركب ، وهي: الكربون والهيدروجين والهالوجينات والنتروجين والكبريت والفوسفور . أمّا الأكسجين فلا يبحث عنه عادة في التحليل العنصري النوعي .

## 2.2 حساب نسبة العناصر الأساسية في مركب الكربون العضوي (التحليل العنصري الكمي)

### Elemental Quantitative Analysis

يعتمد التحليل العنصري الكمي لمركبات الكربون العضوية اعتماداً كبيراً على تفاعلات المجموعة الفعّالة أو النشيطة الموجودة في تلك المركبات وهي تُميّز الخصائص الكيميائية لها وتُحدّد مسارها . يبحث التحليل العنصري الكمي في تقدير كميات المكوّنات أو العناصر الداخلة في تركيب مركب الكربون العضوي .

يتلخص التحليل العنصري الكمي بتحديد كمية كل من العناصر الموجودة في المادة العضوية: يُحوّل الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين إلى ماء على الترتيب . ويُمرّر الغاز والبخار على التعاقب في أنبوبين يحوي الأول مادة ماصة للماء وغير ماصة لثاني أكسيد الكربون ، كحمض الكبريتيك المركز مثلاً ، ويحوي الثاني مادة ماصة لثاني أكسيد الكربون كهيدروكسيد البوتاسيوم مثلاً . ويُحسب وزن كل من الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون من الفرق بين وزني الأنبوبتين قبل الامتصاص وبعده .

### التحليل العنصري

#### الكمّي للاكسجين

لم يكن الأكسجين يُعاير في السابق إلا بطريقة البواقي ، أي بالفرق المتبقي بين وزن العينة الأصلية ومجموع أوزان العناصر الأخرى الموجودة فيها ، أمّا اليوم فيلجأ لمعايرة الأكسجين إلى الطريقة التالية: تُسخّن المادة العضوية في جوّ خالٍ من الهواء وغاز  $CO_2$  ، فيتحرّر أكسجينها على هيئة ماء أو غاز  $CO_2$  . ويتحوّل هذان الغازان بمرورهما على الكربون الصنف في الدرجة  $100\text{ }^\circ\text{C}$  إلى أول أكسيد الكربون .

## مراجعة الدرس 2-2

1. اكتب الصيغة الجزيئية لمركب الكربون العضوي الذي يتألّف من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين والكلور .
2. تتمثل المركبات الكيميائية بصيغ . عدّد هذه الصيغ واثر إلى الصيغة التي يعتمد عليها الكيميائيون لفهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية .
3. يتألّف التحليل العضوي العنصري من تحليّلين . اذكرهما واثر إلامّ يهدف كل منهما .

## مراجعة الوحدة الخامسة

### المفاهيم

Allotropic Forms	أشكال متآصلة
Nano Technology	تكنولوجيا النانو
Nanometer	نانومتر
Carbon Nanotubes	أنابيب الكربون النانوية
Carbon Monoxide	أول أكسيد الكربون
Carbon Dioxide	ثاني أكسيد الكربون
Structural Formula	صيغة بنائية أو تركيبية
Group 4A	المجموعة 4A
Organic Carbon Compound	مركب كربون عضوي
Non Organic Carbon Compound	مركب 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 ويتميز بظاهرة التآصل (الماس، جرافيت، الفوليرين).
- السيليكون والجرمانيوم والقصدير والرصاص هي العناصر الأخرى في المجموعة الرابعة.

#### (2 - 1) تكنولوجيا النانو

- علم تكنولوجيا النانو هو علم تعديل الذرات لصنع منتجات جديدة.
- من أهم الأشكال المتآصلة للكربون وأروعها الأنابيب النانوية الكربونية.
- يعتبر علم تكنولوجيا النانو الجيل الخامس في عالم الإلكترونيات وتكاد تطبيقاته تشمل أنواع العلوم والصناعات كلها.

#### (3 - 1) خواص مركبات الكربون غير العضوية

- أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة، له أهمية صناعية، مسؤول عن كثير من الوفيات، ويُعتبر مثالاً للرابطة التساهمية التناسقية.
- ثاني أكسيد الكربون غاز لا لون ولا رائحة ولا طعم له، يُستخدم في بعض الصناعات، يُشتهر بتسببه في ظاهرة الاحتباس الحراري ويُعتبر مثالاً للرابطة التساهمية الثنائية.

## (2-1) خواص مركبات الكربون العضوية

لا تذوب في الماء، بل في المذيبات العضوية. قابلة للاشتعال، لا تُكوّن أيونات، لذا لا تُمرّر محاليلها التيار الكهربائي. لها درجة انصهار منخفضة، درجة غليان منخفضة ورائحة مميزة. إنَّها بطيئة التفاعل.

## (2-2) تركيب مركبات الكربون العضوية

• صيغة أيّ مركّب عضوي:  $C_x H_y O_z N_t Cl_u S_v Br_w$ .

• الصيغة الجزيئية للمركّب العضوي هي الصيغة التي تُوضّح جميع العناصر وعدد الذرات لكلّ عنصر في هذا المركّب.

• الصيغة البنائية أو التركيبية للمركّب العضوي هي الصيغة التي تُوضّح ترتيب الذرات المرتبطة معاً، بالإضافة إلى عددها وعدد الروابط لكلّ ذرة من الذرات في الجزيء.

## خريطة مفاهيم الوحدة

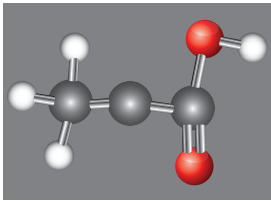
استخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل الآتي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة:



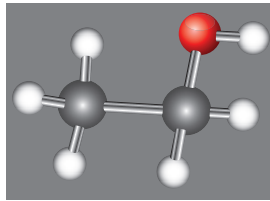
تحقق من فهمك

1. ماذا نعني 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:  

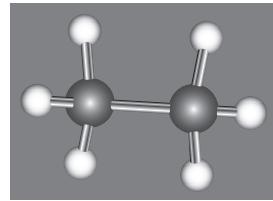
$$C_xH_yO_z(l) + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$
 أوجد الصيغة الجزيئية لهذا المركّب.
8. افترض أنّك تمكّنت من حرق الماس. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.
9. أعط الصيغة الجزيئية لكلّ من هذه المركّبات.



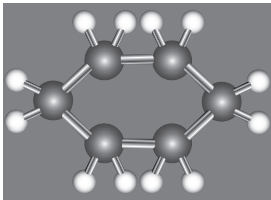
(ج)



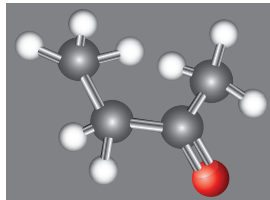
(ب)



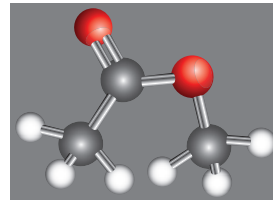
(أ)



(و)



(هـ)



(د)

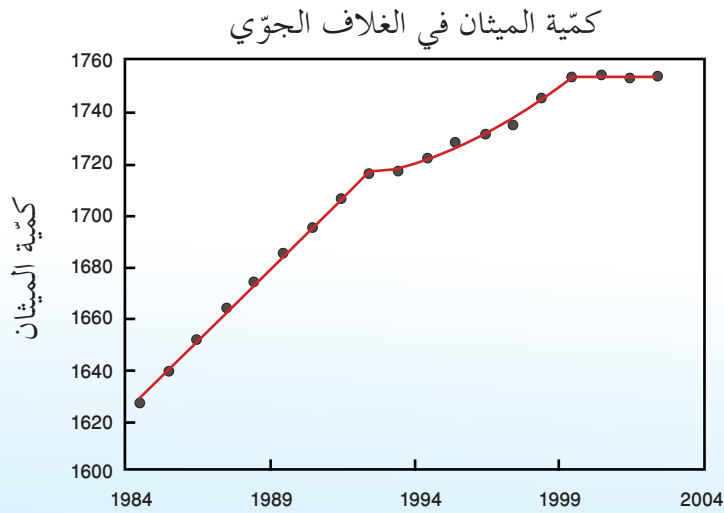
اختبر مهاراتك

1. السيليكون هو العنصر الثاني الأكثر وفرة في القشرة الأرضية. هو مكوّن أساسي للرمل بشكل ثاني أكسيد السيليكون  $SiO_2$ . يُستخدم السيليكون في صناعة المعدّات الإلكترونية والخلايا الضوئية في وحدات الطاقة الشمسية. السيليكون هو العنصر الثاني في المجموعة 4A ويلي عنصر الكربون  $C$  في المجموعة نفسها.
- (أ) ما هو العدد الذري لعنصر السيليكون؟
- (ب) اكتب رمز لويس النقطي لعنصر السيليكون.
- (ج) 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. ينتج عن عملية الاحتراق غير التام للكربون والمركبات العضوية غاز أول أكسيد الكربون .  
 (أ) ما هي الصيغة الجزيئية لهذا الغاز؟  
 (ب) يعتبر جزيء أول أكسيد الكربون مثالاً للرابطة التساهمية التناسقية، بين ذلك من خلال تمثيل لويس لجزيء أول أكسيد الكربون .  
 (ج) يتفاعل أول أكسيد الكربون مع أكسجين الهواء لينتج ثاني أكسيد الكربون . اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل .  
 (د) بالعودة إلى الصفحة 94 "القاتل الصامت" ، لماذا يُعتبر أول أكسيد الكربون قاتلاً صامتاً . علّل إجابتك .

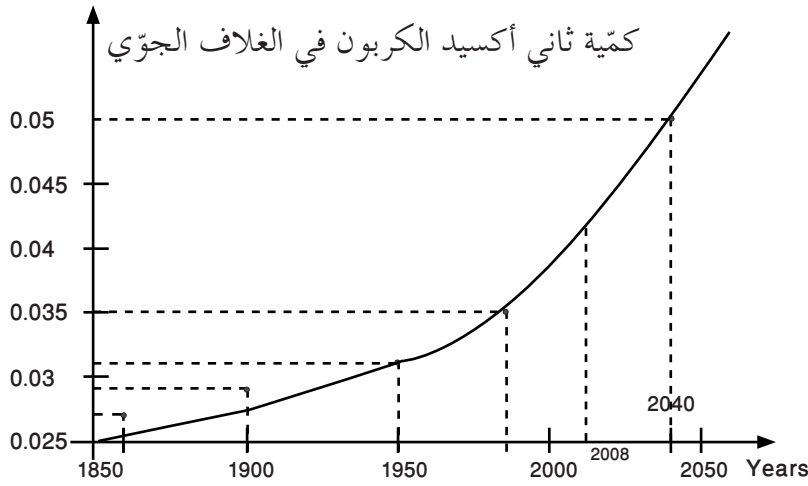
3. الميثان هو مكوّن رئيسي للغاز الطبيعي . يتم استخدامه من الرواسب الجيولوجية كما يمكن الحصول عليه من المصادر الطبيعية، مثل تحلل المخلفات العضوية، عملية الهضم لدى الحيوانات، وقود الحفريات، المستنقعات وغيرها . عندما يكون في الغلاف الجوّي، يمتصّ الميثان الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث عادة إلى الفضاء الخارجي . تجعل هذه الخاصية من الميثان أحد غازات الانحباس الحراري . للميثان قدرة على تسخين الجوّ 25 مرّة أكثر من ثاني أكسيد الكربون .

- (أ) ينتمي الميثان إلى الألكانات . بمّ تميّز هذه المركّبات؟  
 (ب) الصيغة الجزيئية للميثان  $CH_4$  . اكتب تمثيل لويس لهذه الصيغة ( $C$  و  $H$ ) .  
 (ج) كمكوّن رئيسي للغاز الطبيعي، الميثان هو أحد أنواع الوقود المهمّة ويعرف بـ "غاز المدينة" . عندما يحترق جزيء واحد من الميثان بوجود كمّية وافرة من الأوكسجين، 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 و 2004 .



استعن 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 طبيعياً كنتاج احتراق المواد العضوية ، كما ينتج عن عمليات التخمر . يشتهر هذا المركب بأنه يسبب ظاهرة الاحتباس الحراري التي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض . يُستخدم ثاني أكسيد الكربون في العديد من الصناعات الغذائية والنفطية والكيميائية .
- يتمثل ثاني أكسيد الكربون بالصيغة الجزيئية التالية:  $CO_2$  .
- (أ) اكتب الصيغة البنائية لثاني أكسيد الكربون وحدد نوع الرابطة بين ذرتي الأكسجين والكربون .
- (ب) ثاني أكسيد الكربون هو مركب من مركبات عنصر الكربون . هل هذا المركب عضوي أو غير عضوي؟ علّل إجابتك .
- (ج) يوضح الرسم البياني التالي كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي المتوقعة بين عامي 1850 و 2050 .



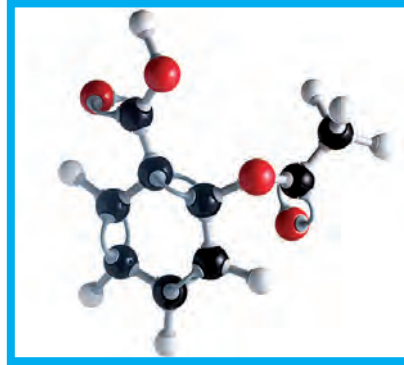
- استعن بالرسم البياني لتقارن كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي في الفترة الممتدة بين عامي 1990 و 1950 ، والفترة الممتدة بين عامي 1950 و 2000 . أعط سبباً لهذا التغير .
- عدّد نتيجتين للاحتباس الحراري .
- هل من وسيلة للتخفيف من وطأة الاحتباس الحراري؟ اقترح وسيلة للمعالجة .

## مشاريع الوحدة

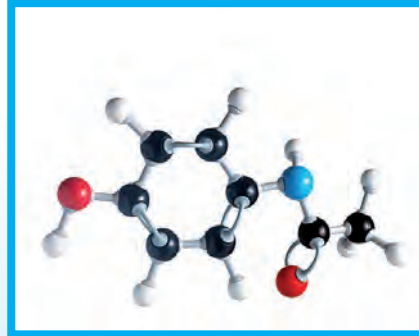
1. يُقال إن قطع الأشجار يُؤدّي إلى انعدام الحياة الحيوانية في المحيطات والبحار. قم ببحث لمعرفة السبب مركزًا على دورة الكربون ودور كلّ من النباتات والمحيطات في هذه الدورة.
  2. يُضاف مركّب رباعي أيثيل الرصاص إلى وقود السيارات لرفع رقم الأوكتان للوقود، ولكن يُسبّب إضافته أيضًا ترسّب كمّية من الرصاص على جوانب المحرّك، وهي مادّة سامة تُسبّب تلوث الهواء عند خروجها من عوادم السيارات.
- 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. يُعتبر 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 السيارات هي عدوّ أساسي للبيئة ولصحة الإنسان. وتسعى الدول إلى الحدّ من هذه الغازات عن طريق استخدام عوادم سيارات تحوي عوامل حفّازة.
- قم ببحث عن هذه العوادم، واعرض نتائج البحث أمام زملائك.

## خلفية علمية

• الأسبرين مركّب حمض الأسيتيل ساليسليك



• البانادول مركّب الباراسيتامول







شركة مطابع الرسالة - الكويت  
أودع بمكتبة الوزارة تحت رقم (٩٢) بتاريخ ٩/٦/٢٠١٤م