دليل المُعلِّم

الكيمياء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الثاني

10

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

بلال فارس محمود

تيسير عبد المالك الصبيحات

الناشر

المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، ووزارة التربية والتعليم – إدارة المناهج والكتب المدرسية، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الدليل عن طريق العناوين الآتية: هاتف: 8-5/4617304، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118، أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

الوحدةُ الرابعة : التفاعلات والحسابات الكيميائية

تجربةٌ استهلاليةٌ: المعادلة الكيميائية			
الدرس	نتاجات التعلم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: التفاعلات الكيميائية	• أعبر عن التغير الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة. • أستكشف أنواع التفاعلات الكيميائية، وأميز بينها.	○ تفاعل الاتحاد. ○ تفاعل التحلل. ○ تفاعل الإحلال الأحادي.	3
الثاني: المول والكتلة المولية	• أوضح مفهوم المول. • أربط بين المول وعدد أفوجادرو. • أتعرف الكتلة الذرية النسبية، والكتلة الجزيئية ، والكتلة المولية وكتلة الصيغة. • أوظف مفهوم المول في بعض الحسابات الكيميائية.		2
الثالثُ: الحسابات الكيميائية	• أحسب النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب. • أحدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركب. • أحسب عدد مولات مركب وكتلته المتفاعلة أو الناتجة. • أحسب المردود المئوي للتفاعل.		4

النتاجات السابقة واللاحقة المتعلقة بالوحدة الرابعة – التفاعلات والحسابات الكيميائية

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• أوظف التفاعلات الكيميائية، مثل تفاعلات الفلزات، مع الأكسجين والماء، وتفاعلات اللافلزات مع الأكسجين.	الثامن		
• أتعرف تفاعلات الاستبدال. • أستقصي تفاعلات الفلزات مع الماء والأكسجين وحمض الهيدروكلوريك. • أستنتج سلسلة النشاط الكيميائي.	التاسع	• أستقصي أنواع التفاعلات الكيميائية.	الحادي عشر

التفاعلاتُ والحساباتُ الكيميائيةُ
Reactions and Stoichiometry

أتأمَّل الصورة

- وجِّه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم اسألهم:
  - ماذا ينتج عن تفاعل العناصر أو المركبات؟
- تقبل منهم الإجابات، ولا تستبعد أيًّا منها.

من الإجابات المحتملة: تكوُّن مركبات جديدة، تكوُّن مواد جديدة.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - كيف نعبر عن التفاعل الكيميائي؟
- استمع لإجابات الطلبة، ثم ناقشهم للتوصل معهم إلى التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية موزونة تبين رموز المواد المتفاعلة والناتجة وصيغها، وكمياتها، وشروط حدوث التفاعل من: حرارة وضغط وغيرهما.
- بيِّن للطلبة أن عمل قالب الحلوى أو العصائر يحتاج إلى أوزان محددة من المواد كالسكر والماء وغيرهما. وهكذا الصناعات الكيميائية مثل: صناعات الأدوية والأسمدة تعتمد على حساب كميات محددة من المواد المتفاعلة؛ لإنتاج مواد جديدة حسب المواصفات المرغوبة.

التفاعلاتُ والحساباتُ الكيميائيةُ
Reactions and Stoichiometry

أتأمَّلُ الصورةَ

تُنتَجُ الموادُّ الكيميائيةُ المختلفةُ منْ تفاعلِ العناصرِ والمركباتِ، فما التفاعلُ الكيميائيُّ؟ وكيفَ نعبِّرُ عنهُ؟ وكيفَ نحسبُ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ؟

الفكرة العامة:

- اقرأ الفكرة العامة للوحدة للطلبة، واكتبها على السبورة، ثم مهِّد للوحدة بالحديث عن مفهوم المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، واذكر لهم أن المتفاعلات تكتب يسار السهم في المعادلة الكيميائية، في حين تكتب النواتج يمين السهم. وأنه يُعبَّر عن كل من المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة بصيغ كيميائية للمركبات، ورموز للعناصر.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر: صوديوم، مغنيسيوم، المنيوم، كلور، نيتروجين، أكسجين، كبريت؟

– ما الصيغة الكيميائية لكل من: نترات البوتاسيوم، كبريتات الكالسيوم، هيدروكسيد الصوديوم، الأمونيا، حمض الهيدروكلوريك؟

– تقبل إجابات الطلبة، وصحح الخطأ منها.

- بيِّن للطلبة أنهم سوف يدرسون في هذه الوحدة المعادلة الكيميائية الموزونة، وبعضًا من أنواع التفاعلات الكيميائية، ومفهوم المول لقياس كمية المادة، وإجراء حسابات كيميائية؛ لتحديد نسبة أية مادة متفاعلة أو ناتجة في تفاعل كيميائي، وكتلتها.

مشروع الوحدة:

- وزع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى كل مجموعة تصميم نموذج لأحد التفاعلات الكيميائية؛ مبينًا فيه المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وحالاتها الفيزيائية، والشروط اللازمة لحدوث التفاعل. واترك لهم حرية اختيار الطريقة المناسبة للتصميم مثل: مجسم كرتوني، أو برمجية إلكترونية.
- بيِّن للطلبة إلى أن تقييم العمل سيعتمد على دقة المعلومات، وجاذبية التصميم.

الفكرةُ العامةُ:

تعبِّرُ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ عنِ التفاعلِ الكيميائيِّ، وتعدُّ الأساسَ في حسابِ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ.

الدرسُ الأولُ: التفاعلاتُ الكيميائيةُ

الفكرةُ الرئيسةُ: يُعبَّرُ عنِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ المختلفةِ بمعادلاتٍ موزونةٍ تبينُ الموادَّ المتفاعلةَ والناتجةَ ونِسَبَ كمياتِها وحالاتِها الفيزيائيةَ.

الدرسُ الثاني: المولُ والكتلةُ المولية

الفكرةُ الرئيسةُ: يرتبطُ مفهومُ المولِ في الكتلةِ المولية وكتلةِ الصيغةِ والكتلةِ الذريةِ.

الدرسُ الثالثُ: الحساباتُ الكيميائيةُ

الفكرةُ الرئيسةُ: يمكنُ حسابُ نسبِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ وكمياتِها في التفاعلاتِ المختلفةِ بالاعتمادِ على المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ.

الهدف: كتابة المعادلة الكيميائية

زمن التنفيذ: 5 دقائق.

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة:

- توجيه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمن وإرشادات السلامة في المختبر.
- توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوة (2) وجِّه انتباه الطلبة إلى استعمال المخبار المدرج؛ لقياس الكميات المحددة من محلول بروميد البوتاسيوم ومحلول نترات الرصاص.
- في الخطوة(3) اطلب إلى الطلبة إضافة محتويات الكأس الاولى ببطء إلى الكأس الثانية مع التحريك، وملاحظة التغيرات التي تطرأ.
- تجوَّل بين الطلبة مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأَدِرْ نقاشًا معهم لاستنتاج التفاعل الحاصل وقانون حفظ الكتلة.

النتائج المتوقعة:

قد يعتقد بعض الطلبة أن قراءة الميزان قبل خلط المادتين تختلف عنها بعد خلطهما.

التحليل والاستنتاج:

1. لم تتغير قراءة الميزان.
2. تكوُّن راسب.
3. $Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbI_{2(s)}$

المعادلةُ الكيميائيةُ

المـوادُّ والأدواتُ: محلـولُ نتـراتِ الرصـاصِ (II) $Pb(NO_3)_2$، محلـولُ يوديـدِ البوتاسـيومِ KI، ميـزانٌ حسـاسٌ، مخبـارٌ مـدرجٌ، كأسـانِ زجاجيتـانِ سـعةُ كلٍّ منْهـا 100 ml.

إرشاداتُ السلامةِ: أحذرُ عندَ التعاملِ معَ الأدواتِ الزجاجيةِ والموادِّ الكيميائيةِ، وأرتدي القفازاتِ والنظاراتِ الواقيةَ، ومعطفَ المختبرِ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ كأسيْنِ زجاجيتيْنِ على الميزانِ الحساسِ، وأضبطهُ للحصولِ على قراءةِ مؤشرٍ صفرٍ.
2. **أقيسُ:** أضعُ (10 ml) منْ محلولِ يوديدِ البوتاسيومِ في إحدى الكأسيْنِ، وأضعُ (10 ml) منْ محلولِ نتراتِ الرصاصِ في الكأسِ الأخرى. ثمَّ أسجلُ قراءةَ الميزانِ.
3. **ألاحظُ:** أضيفُ محتوياتِ الكأسِ الأولى إلى الكأسِ الثانيةِ، وأُبقي الكأسيْنِ على الميزانِ. ماذا يحصلُ؟ أسجلُ قراءةَ الميزانِ.
4. أنظفُ مكانَ عملي وأغسلُ يديَّ جيدًا بعدَ الانتهاءِ منَ العملِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أقارنُ** التغيرَ في قراءةِ الميزانِ قبلَ خلطِ المادتيْنِ وبعدَها.

2- **ألاحظُ:** ما الذي أرشدَني إلى حدوثِ التفاعلِ؟

3- أعبرُ عنِ التفاعلِ الحاصلِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ متضمنًا الحالةَ الفيزيائيةَ للموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سلم تقدير عددي.

الرقم	معيار الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيدجدا (3)	ممتاز (4)
1	يقيس كميات المواد بدقة				
2	يسجل قراءة الميزان قبل الخلط وبعده بدقة				
3	يصف النتائج بصورة علمية				
4	يكتب معادلة موزونة للتفاعل				

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية:** الأمن والسلامة.

وجِّه الطلبة إلى أنه من أساسيات العمل المخبري مراعاة الأمن والسلامة في التعامل مع المواد الكيميائية والأدوات، وأن الكثير من المهام التي يؤديها في حياته أو الأجهزة والأدوات التي يستعملها تتطلب إجراءات سلامة يجب التقيد بها؛ حتى لا تتعرض حياته للخطر.

الدرس 1

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم مهد للدرس بالحديث عن تمثيل التفاعلات الكيميائية المختلفة بمعادلات كيميائية موزونة.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– لماذا يتم التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية؟

نظم جلسة عصف ذهني، وتقبل إجابات الطلبة.

من الإجابات المحتملة: تسهيل دراسة التفاعلات، تصنيف التفاعلات، معرفة المواد المتفاعلة والناتجة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- راجع الطلبة بما درسوه سابقًا من تفاعلات كيميائية، مثل تفاعل التعادل بين الحموض والقواعد، وتفاعلات التأكسد والاختزال، واستخلاص الفلزات وتفاعلها مع الأكسجين وحمض HCl.
- أخبر الطلبة أنه توجد أنواع رئيسة من التفاعلات الكيميائية ستجري دراستها في هذا الدرس وهي: الاحتراق، الاتحاد، التحلل، الإحلال الأحادي.

2 التدريس

نشاط سريع التغير الفيزيائي.

- أحضر قطعة من الجليد وضعها في جفنة، ثم عرِّضها للتسخين، ثم ناقش الطلبة في عملية التحول الحاصل (جليد– ماء– بخار) والعكس، وبيِّن لهم أن هذا يسمى تغيرًا فيزيائيًّا، حيث يتغير شكل الماء ومظهره الخارجي ولا يتغير تركيبه الكيميائي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(1)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:
- ما المواد المتفاعلة للتفاعل الذي تشاهده في الصورة؟ ما المادة البيضاء الناتجة؟ كيف تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة؟ (اشتعال شريط مغنيسيوم ، شريط مغنيسيوم وأكسجين)، (المادة الناتجة مركب أكسيد المغنيسيوم، ويظهر على شكل رماد أبيض اللون، في حين أن المادة المتفاعلة هي عنصر المغنيسيوم، وهو فلز له لمعان).

الفكرةُ الرئيسةُ :
يعبِّرُ عنِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ المختلفةِ بمعادلاتٍ موزونةٍ تبينُ الموادَّ المتفاعلةَ والناتجةَ وكمياتِها وحالاتِها الفيزيائيةَ.

نتاجاتُ التعلمِ :
- أعبرُ عنِ التغيرِ الكيميائيِّ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ .
- أستكشفُ أنواعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وأميزُ بينَها.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :
تفاعلٌ كيميائيٌّ Chemical Reaction
تغيرٌ كيميائيٌّ Chemical Change
قانونُ حفظِ الكتلةِ Law of Conservation of Mass
تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction
تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction
تفاعلُ التحللِ(التفككِ)الحراريِّ Thermal Decomposition Reaction
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction

التغيرُ الكيميائيُّ Chemical Exchange

تطرأُ عادةً على المادةِ تغيراتٌ؛ فيزيائيةٌ أوكيميائيةٌ. تؤثرُ التغيراتُ الفيزيائيةُ في الخواصِّ الفيزيائيةِ للمادةِ كحالةِ المادةِ (صلبةً كانتْ، أوْ سائلةً، أوْ غازيةً) وشكلِها وحجمِها، ولا ينتجُ عنها تغيُّرٌ في تركيبِ المادةِ نفسِها؛ فمثلًا عندَ تجمدِ الماءِ تتغيرُ حالتهُ منَ الحالةِ السائلةِ إلى الصلبةِ، ولكنَّهُ يبقى ماءً.

أما التغيراتُ الكيميائيةُ فينتجُ عنْها موادٌّ جديدةٌ تختلفُ في خصائصِها عنْ خصائصِ الموادِّ الأصليةِ. فعندَما يحترقُ عنصرُ المغنيسيومِ بوجودِ غازِ الأكسجينِ ينتجُ رمادٌ أبيضُ اللونِ يُسمّى أكسيدَ المغنيسيومِ MgO يختلفُ في خصائصهِ عنْ خصائصِ كلٍّ منْ العنصرَيْنِ: المغنيسيومِ والأكسجينِ اللذيْنِ يتكونُ منهُما، أنظرُ الشكلَ (1).

الشكلُ (1) احتراقُ فلزِّ المغنيسيومِ؛ لإنتاجِ مركبِ أكسيدِ المغنيسيومِ.

بناء المفهوم:

التغير الكيميائي والتغير الفيزيائي.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما الفرق بين التغير الفيزيائي والكيميائي؟

التغير الفيزيائي لا يغير في تركيب المادة، أما التغير الكيميائي فيغير في تركيب المادة.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(2)، ثم ناقشهم في التغير الكيميائي الحاصل؛ إذ إن صفات الصوديوم (فلز فضي اللون نشيط كيميائيًّا)، وصفات الكلور (غاز أصفر مخضر اللون، نشيط كيميائيًّا)، والناتج كلوريد الصوديوم (ملح الطعام: بلورات بيضاء اللون).
- وجه الطلبة إلى دراسة الشكل(3)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد ذرات كل من H و Cl في المواد المتفاعلة والناتجة؟

– صف التغير الحاصل في ترتيب الذرات.

– ما الروابط التي تكسرت والروابط التي تكونت؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى:

ذرتي H وذرتي Cl في كل من المواد المتفاعلة والناتجة.

في المواد المتفاعلة ترتبط ذرتا الهيدروجين معا (H-H) وترتبط ذرتا الكلور معا (Cl-Cl)، في حين ترتبط كل ذرة H مع ذرة Cl في المواد الناتجة، وعدد الذرات ثابت.

الروابط التي تكسرت H-H و Cl-Cl، والروابط التي تكونت H-Cl.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالتفاعل الكيميائي؟

استمع لإجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الكلمات المفتاحية للإجابة الصحيحة: تكسير روابط ، تكوين روابط ، ترتيب ذرات، عدد الذرات ونوعها لم يتغير، إنتاج مواد جديدة ، صفات فيزيائية وكيميائية جديدة.

أفكّر

الشكل الثاني؛ لأنه حدث تغير في ترتيب الكرات؛ مما يشير إلى تكسُّر روابط وتكوُّن أخرى.

الشكلُ (2). تفاعلُ عنصرَيِ الصوديومِ والكلورِ لإنتاجِ مركبِ كلوريدِ الصوديوم

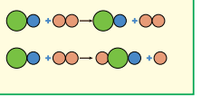
يمتازُ الصوديومُ بأنَّهُ فلزٌّ يتفاعلُ بشدةٍ معَ الماءِ، أما الكلورُ فغازٌ سامٌّ لونهُ أصفرُ مخضرٌّ، وينتجُ عنْ تفاعلِهما مركبُ كلوريدِ الصوديومِ (ملحُ الطعامِ) الأبيضُ، الذي يحتاجُ الجسمُ إليهِ، أنظرُ الشكلَ(2).

تُسمى العمليةُ التي تحدثُ فيها تغيراتٌ كيميائيةٌ: التفاعلَ الكيميائيَّ Chemical Reaction. فما التفاعلُ الكيميائيُّ؟ وكيفَ نعبرُ عنهُ بمعادلةٍ كيميائيةٍ؟ وما أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ؟

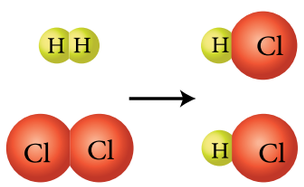
يتفاعلُ غازُ الهيدروجينِ H_2 معَ غازِ الكلورِ Cl_2 لإنتاجِ غازِ كلوريدِ الهيدروجينِ HCl كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (3)؛ حيثُ تتكسرُ الروابطُ بينَ ذراتِ كلٍّ منْ H_2، وذراتِ Cl_2، وتتكونُ روابطُ كيميائيةٌ جديدةٌ بينَ ذراتِ H وذراتِ Cl منتجةً جزيئاتِ HCl .

وتختلفُ صفاتُ كلوريدِ الهيدروجينِ الناتجِ عنْ صفاتِ كلٍّ منْ عنصرَيِ الهيدروجينِ والكلورِ المكونيْنِ لهُ. ويُعرَّفُ التفاعلُ الكيميائيُّ Chemical Reaction بأنَّهُ عمليةٌ يحدثُ فيها تكسيرُ الروابطِ بينَ ذراتِ عناصرِ الموادِّ المتفاعلةِ، وتكوينُ روابطَ جديدةٍ بينَ ذراتِ عناصرِ الموادِّ الناتجةِ، وكذلكَ إعادةُ ترتيبِ للذراتِ دونَ المساسِ بنوعِها وعددِها، وتختلفُ الصفاتُ الفيزيائيةُ والكيميائيةُ للموادِّ الناتجةِ عنْها للموادِّ المتفاعلةِ.

أفكّرُ: أيُّ الشكلينِ الآتيينِ يمثلُ تفاعلاً كيميائيًّا؟ أفسّرُ إجابتي.



أصممُ باستخدامِ برنامجِ السكراتشِ (Scratch) عرضًا يوضحُ كيفَ يتفاعلُ جزيءٌ منَ الهيدروجينِ معَ جزيءٍ منَ الكلورِ؛ لإنتاجِ جزيئينِ منْ كلوريدِ الهيدروجينِ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.



الشكلُ (3): تفاعلُ جزيئاتِ H_2 معَ الكلورِ Cl_2 لإنتاجِ جزيئاتِ HCl.

أتوقعُ: ما نوعُ الرابطةِ الكيميائيةِ بينَ ذراتِ H-H , Cl-Cl , H-Cl؟

إجابة سؤال الشكل (3):

جميعها روابط تساهمية.

التدريس المدمج: تفاعل الهيدروجين مع الكلور

وجِّه الطلبة إلى استخدام برنامج السكراتش (Scratch)؛ لتصميم عرض عن تفاعل الهيدروجين مع الكلور، ثم عرضه على الزملاء.

◄ بناء المفهوم:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المعلومات التي تزودنا بها المعادلة الكيميائية الموزونة؟

- نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة ودوِّن إجاباتهم على السبورة، ثم ناقشهم فيها للتوصل إلى الإجابات الآتية:

أسماء المواد المتفاعلة والناتجة، ورموزها، وصيغها الكيميائية، وحالاتها الفيزيائية، وعدد الذرات المتفاعلة والناتجة وترتيبها، والنسب التي تتفاعل بها الذرات، ونوع الروابط الكيميائية بينها، والشروط اللازمة لحدوث التفاعل مثل: الحرارة والضغط والعوامل المساعدة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(4)، ثم ناقشهم فيه؛ للتوصل إلى أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي كتلة المواد الناتجة.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(5)، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما العلاقة بين أعداد الذرات المتفاعلة والناتجة وأنواع كل منها، وكيف نعبر عنها بمعادلة كيميائية موزونة؟

استمع لإجابات الطلبة، ووضح لهم أن أعداد الذرات المتفاعلة وأنواعها هي نفسها أعداد الذرات الناتجة وأنواعها. وأنه يمكن التعبير عن الشكل بالمعادلة الموزونة الآتية:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

◄ تعزيز:

- راجع الطلبة في التجربة الاستهلالية، وناقشهم في دلالة ثبات قراءة الميزان قبل خلط المادتين وبعد خلطهما؛ لاستنتاج قانون حفظ الكتلة، (كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة).

المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ Balanced Chemical Equation

يمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ الكيميائيِّ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ Balanced Chemical Equation وهيَ تعبيرٌ بالرموزِ والصيغِ يبينُ الموادَّ المتفاعلةَ والناتجةَ، ونسبَ تفاعلِها، وحالاتِها الفيزيائيةَ، والظروفَ التي يُجرى فيها التفاعلُ بما يحققُ قانونَ حفظِ الكتلةِ.

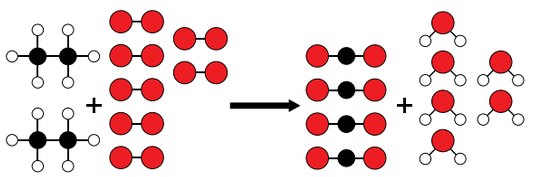
ينصُّ قانونُ حفظِ الكتلةِ Law of Conservation of Mass على أنَّ المادةَ لا تفنى ولا تُستحدثُ منَ العدمِ؛ وبهذا فإنَّ مجموعَ كتلِ الموادِّ المتفاعلةِ يساوي مجموعَ كتلِ الموادِّ الناتجةِ، أنظرُ الشكلَ (4)؛ ما يشيرُ الى أنَّ عددَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ ونوعَها في الموادِّ المتفاعلةِ يماثلُ عددَ ذراتِهِ ونوعَها في الموادِّ الناتجةِ، وهذا يفسرُ قانونَ حفظِ الكتلةِ. ويبينُ الشكلُ (5) تمثيلًا مبسطًا لاحتراقِ غازِ الإيثانِ بوجودِ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ وبخارِ الماءِ:

ويصفُ الكيميائيونَ هذا التفاعلَ بالمعادلةِ الرمزيةِ الموزونةِ كما يأتي:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

ولكتابةِ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ لتفاعلٍ ما، ينبغي أولاً: كتابةُ معادلةٍ كيميائيةٍ لفظيةٍ تصفُ التفاعلَ، وبعدَها تُحوَّلُ الكلماتُ إلى رموزٍ وصيغٍ كيميائيةٍ؛ لتصبحَ معادلةً رمزيةً، وتتضمنُ الحالةَ الفيزيائيةَ لكلِّ مادةٍ . أخيرًا تجري موازنةُ المعادلةِ بجعلِ عددِ ذراتِ عناصرِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ التي منَ النوعِ نفسهِ متساويةً على طرفَيْ المعادلةِ.

الشكلُ (4): قانونُ حفظِ الكتلةِ.



الشكلُ (5): تمثيلٌ مبسطٌ لاحتراقِ غازِ الإيثانِ بوجودِ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ وبخارِ الماءِ.

أفسرُ: كيفَ تغيرَ ترتيبُ ذراتِ العناصرِ بالنسبةِ إلى بعضِها؟

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما خطوات كتابة معادلة كيميائية موزونة؟

تقبل إجابات الطلبة، ثم ناقشهم للتوصل إلى: كتابة المعادلة اللفظية (بالكلمات)، ثم تُحوَّل إلى معادلة رمزية (رموز وصيغ) تتضمن الحالة الفيزيائية لكل مادة ، ثم موازنة المعادلة بجعل عدد ذرات عناصر المواد المتفاعلة والناتجة التي من النوع نفسه متساوية على طرفي المعادلة.

المثالُ 1

أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ غازِ الهيدروجينِ معَ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ الماءِ السائلِ.

الحلُّ:

• كتابةُ المعادلةِ بالرموزِ والصيغِ: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$

• موازنةُ المعادلةِ: أحددُ عددَ ذراتِ كلِّ نوعٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجة.

	H	O
عددُ الذراتِ المتفاعلةِ	2	2
عددُ الذراتِ الناتجةِ	2	1

نلاحظُ أنَّ عددَ ذراتِ H المتفاعلةِ يساوي عددَها في المادةِ الناتجةِ، في حينِ يختلفُ عددُ ذراتِ O المتفاعلةِ عنِ الناتجةِ. ولمساواةِ عددِ ذراتِ O في طرفَيْ المعادلةِ أستخدمُ طريقةَ المحاولةِ والخطأِ، وفي هـذا التفاعلِ إذا وُضعَ الرقمُ 2 أمامَ الصيغةِ H_2O كما يأتي: $2H_2O$ يصبحُ عددُ ذراتِ O متساويًا في طرفَيْ المعادلةِ.

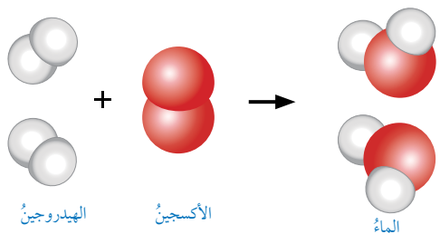
	H	O
عددُ الذراتِ المتفاعلةِ	2	2
عددُ الذراتِ الناتجةِ	4	2

ونتيجةً لذلكَ سوفَ يختلفُ عددُ ذراتِ H، ولمساواةِ عددِها يوضعُ الرقمُ 2 أمامَ الصيغةِ H_2 في الموادِّ المتفاعلةِ؛ فيصبحُ عددُ ذراتِها في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ متساويًا، وهوَ 4.

وبذلكَ تصبحُ المعادلةُ موزونةً، وتُكتَبُ متضمِّنةً الحالةَ الفيزيائيةَ للموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، كالآتي:

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

وعندَ موازنةِ المعادلةِ الكيميائيةِ يجبُ المحافظةُ على الصيغةِ الكيميائيةِ للمادةِ حتى لا يتناقضَ ذلكَ معَ قانونِ حفظِ الكتلةِ؛ لذلكَ يوضعُ الرقمُ 2 أمامَ الصيغةِ H_2O أيْ: $2H_2O$، وهذا يعني جزيئيْنِ منَ الماءِ، أمّا لوْ جرتِ الموازنةُ بوضعِ الرقمِ 2 يمينَ الصيغةِ، أيْ، H_2O2 فهذا سوفَ يُنتجُ مركبًا جديدًا هوَ H_2O_2 الذي يختلفُ في الخواصِّ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ عنْ H_2O برغمِ أنَّ عددَ ذراتِ H و O متساوٍ في طرفَيْ المعادلةِ الكيميائيةِ، أنظرُ الشكلَ (6).



الشكلُ (6): نموذجُ تفاعلِ الأوكسجينِ معَ الهيدروجينِ لإنتاجِ الماءِ.

المناقشة:

- وضِّح للطلبة مبدأ طريقة المحاولة والخطأ في موازنة المعادلة الكيميائية، وهي تعتمد على تجريب أبسط الأرقام لمساواة أعداد الذرات المتفاعلة والناتجة.
- بيِّن للطلبة أنه يجب المحافظة على الصيغة الكيميائية الصحيحة؛ وذلك بأن يوضع معامل الموازنة يسار الصيغة وليس يمينها، وناقشهم في اختلاف $2H_2O$ عن H_2O2 رغم أن عدد ذرات H و O متساو.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(6)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد الذرات المتفاعلة؟ والناتجة؟ وما أنواع كل منهما؟

استمع لإجابات الطلبة، ثم ناقشهم فيها للتوصل إلى أن عدد الذرات يبقى نفسه، وكذلك أنواعها.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (1). ثم وجههم إلى حل المثال:

أزن المعادلة الآتية:

$$Al_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow AlCl_{3(s)}$$

الحل:

$$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$$

طريقة أُخرى للتدريس

- اطلب إلى الطلبة ملاحظة الرسم الملون المبسط للتفاعل، وناقشهم في عدد كل لون على طرفي المعادلة؛ حيث يرمز كل لون مثلًا إلى نوع من الذرات.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (2). ثم وجههم إلى حل المثال:

أزن المعادلة الآتية:

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

الحل:

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

المثالُ 2

أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ غازِ الميثانِ CH_4 معَ غازِ الأكسجينِ O_2 لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 وبخارِ الماءِ.

الحلُّ:

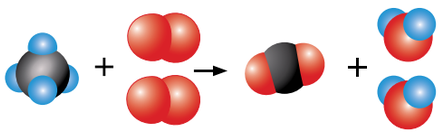
• كتابةُ المعادلةِ بالرموزِ والصيغِ: $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

• موازنةُ المعادلةِ: أحددُ عددَ ذراتِ كلِّ نوعٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، وأوازنُها:

الموادُّ الناتجةُ	الموادُّ المتفاعلةُ	
$CO_2 + H_2O$	$CH_4 + O_2$	الموادُّ المتفاعلةُ والناتجةُ
1C , 2H , 3O	1C , 4H , 2O	أعُدُّ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ
$CO_2 + 2H_2O$	$CH_4 + O_2$	أزيدُ عددَ ذراتِ H الناتجةِ أضعُ الرقمَ 2 أمامَ الصيغةِ H_2O
1C , 4H , 4O	1C , 4H , 2O	أعُدُّ الذراتِ المتفاعلةَ والناتجةَ مرةً أخرى
$CO_2 + 2H_2O$	$CH_4 + 2O_2$	أزيدُ عددَ ذراتِ O المتفاعلةِ أضعُ الرقمَ 2 أمامَ الصيغةِ O_2
1C , 4H , 4O	1C , 4H , 4O	أتأكدُ منْ عددِ الذراتِ المتفاعلةِ والناتجةِ في المعادلةِ

تلاحظُ أنَّ المعادلةَ موزونةٌ وتُكتَبُ على النحوِ الآتي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$



أفكِّرُ كيفَ يتحققُ قانونُ حفظِ الكتلةِ في تفاعلِ المثالِ السابقِ؟

أتحقَّقُ: أزنُ المعادلةَ الكيميائيةَ الآتيةَ:

$$Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

أفكِّرُ

عدد الذرات في المواد المتفاعلة ونوعها نفسه في المواد الناتجة.

أتحقَّقُ:

$$2Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ:

1- تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction

تفاعلُ الاحتراقِ combustion reaction هوَ تفاعلُ مادةٍ ما (عنصرٍ أوْ مركبٍ) معَ غازِ الأكسجينِ ويصاحبُ التفاعلَ بشكلٍ عامٍّ انطلاقُ طاقةٍ في صورةِ حرارةٍ أوْ ضوءٍ. فمثلاً احتراقُ قطعةٍ منَ الفحمِ (الكربونِ) بوجودِ غازِ الأكسجينِ يؤدي إلى انطلاقِ حرارةٍ Heat، أنظرُ الشكلَ(7)، حيثُ يمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + Heat$$

والأمثلةُ على تفاعلاتِ الاحتراقِ كثيرةٌ؛ كاحتراقِ الخشبِ واحتراقِ أنواعِ الوقودِ المختلفةِ. وتفيدُنا الحرارةُ الناتجةُ في التدفئةِ وتحريكِ وسائلِ المواصلاتِ وطهيِ الطعامِ وغيرِها. بالإضافةِ إلى أنَّ احتراقَ الغذاءِ في الجسمِ يزودهُ بالطاقةِ اللازمةِ لأداءِ وظائفهِ الحيويةِ المتنوعةِ. وعادةً عندَ احتراقِ المركباتِ التي تتكونُ منَ الهيدروجينِ والكربونِ (الهيدروكربوناتِ) فإنَّهُ يُنتجُ غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ، وبخارُ الماءِ، فضلًا عنِ انطلاقِ حرارةٍ، كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$2C_5H_{10(g)} + 15O_{2(g)} \rightarrow 10CO_{2(g)} + 10H_2O_{(g)} + Heat$$

2- تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction

تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction: هو تفاعلُ مادتيْنِ أوْ أكثرَ (عناصرَ أوْ مركباتٍ) ليُنتجَ مركبًا واحدًا جديدًا. فمثلًا يتفاعلُ عنصرُ النحاسِ معَ عنصرِ الكبريتِ ليُنتجَا مركبَ كبريتيدِ النحاسِ (II)، ويُعبَّرُ عنِ التفاعلِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$Cu_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} CuS_{(s)}$$

حيثُ يشيرُ الرمزُ (Δ) إلى التسخينِ (حرارة).

الشكلُ (7): تفاعلُ احتراقِ قطعِ منَ الفحمِ.

أفكّرُ: عندَ حرقِ (100 g) منَ الفحمِ في كميةٍ معلومةٍ منْ غازِ الأكسجينِ حرقًا تامًّا، فإنَّ كميةَ الناتجِ تكونُ أقلَّ منَ المتوقعِ.

أعملُ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، يوضحُ أنواعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ: (وهيَ الاحتراقُ، التحللُ، الاتحادُ، الإحلالُ البسيطُ)، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفلمُ على مفهومِ كلٍّ منها، ومعادلةِ التفاعلِ، وعلى وصورٍ لأمثلةٍ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

التدريس المدمج: أنواع التفاعلات الكيميائية

وجِّه الطلبة لاستخدام برنامج صانع الأفلام؛ لتمثيل أنواع التفاعلات الكيميائية، وإعطاء أمثلة عليها، واطلب إليهم تبادل مقاطع الأفلام مع بعضهم.

إضاءة للمُعلِّم

يعد تفاعل الاحتراق تفاعل أكسدة. ولكن ليس كل تفاعل أكسدة تفاعل احتراق؛ فمثلاً اختفاء لمعان الأواني الفضية وصدأ الحديد وظهور اللون البني على قطعة من التفاح ، كلها تعد تفاعلات أكسدة ولا يصاحبها انطلاق طاقة حرارية أو ضوئية. إن نواتج الاحتراق تعتمد على كمية الأكسجين المستخدمة؛ فمثلا عند احتراق الكربون احتراقا تاما بوجود كمية وافرة من الأكسجين يكون الاحتراق تامًّا فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، وعند نقص كمية الأكسجين يكون الاحتراق غير تام فينتج سناج الكربون وغاز أول اكسيد الكربون، إضافة إلى النواتج السابقة.

المناقشة:

- راجع الطلبة في ما تعلموه سابقا عن التفاعلات الكيميائية، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعلات الاحتراق؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الاحتراق وهو:

تفاعل مادة ما (عنصر أو مركب)، مع غاز الأكسجين، ويصاحب التفاعل بشكل عام انطلاق طاقة في صورة حرارة أو ضوء.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف نعبر عن احتراق الفحم بمعادلة كيميائية؟

من الإجابات المحتملة: $C + O_2 \rightarrow CO_2 + Heat$ فحم

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– عبر بمعادلة عامة عن تفاعل احتراق الهيدروكربونات.

وجه الطلبة الى الاجابة:

$O_2 +$ الهيدروكربونات $\rightarrow CO_2 + H_2O + Heat$

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما فائدة الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؟

نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة، وتقبل منهم الإجابات، ومنها: (تحريك وسائل المواصلات المتنوعة، التدفئة، طهي الطعام، القدرة على أداء الأعمال، صهر الفلزات، تسخين المياه، توليد الكهرباء،.....).

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة لدراسة الشكل(7)، ثم اطرح عليهم السؤال:

– ما نوع التفاعل الذي تشاهده في الشكل؟ وما شكل الطاقة المصاحبة للتفاعل؟ (تفاعل احتراق ويصاحبه طاقة حرارية).

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعل الاتحاد؟ أعط مثالًا عليه.

- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الاتحاد وهو: تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لينتج مركبًا واحدًا جديدًا. ومثال ذلك:

$$Cu(s) + S(s) \xrightarrow{\Delta} CuS(s)$$

أفكّرُ:

جزء مفقود على شكل حرارة، أو بخار لم يتم ضبطه.

بناء المفهوم:

تفاعل الاتحاد

- صمم نموذجًا لتفاعل الاتحاد باستخدام الكرات، واعرضه على الطلبة، واطرح عليهم السؤال الآتي:
  – ما عدد المواد المتفاعلة و المواد الناتجة؟
- وجِّه الطلبة إلى أنه تنتج مادة واحدة جديدة من تفاعل مادتين. وأعط مثالاً على ذلك: معادلة تفاعل CO_2 مع MgO باعتباره تطبيقًا على تفاعل الاتحاد.

الربط بالحياة

- وضِّح للطلبة تغيُّر لون أوراق الشجر الخضراء إلى اللونين الأصفر والبرتقالي خلال فصل الخريف، وأن ذلك يعتمد على تفاعل يسمى التحلل.

نشاط سريع

- ضع ملعقة من كبريتات النحاس الزرقاء في أنبوب أختبار، ثم سخنه بمصدر لهب إلى أن يختفي اللون الأزرق، ثم ناقش الطلبة في التغير اللوني الحاصل (اختفاء اللون الأزرق)، وأن هذا التحول ناتج عن التسخين، واربط ذلك بمفهوم تفاعل التحلل الحراري وهو: تحلل مركب واحد بالحرارة منتجًا مادتين أو أكثر، وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات.

التجربة 1

تفاعل الاتحاد

الهدف: تفاعل الاتحاد

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

زمن التنفيذ 4 دقائق.

ارشادات الأمن والسلامة:

- توجيه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمن وإرشادات السلامة في المختبر.
- توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- في الخطوة(1) وجِّه الطلبة إلى استعمال معلقة نظيفة وورقة؛ لقياس كتلة برادة الحديد، وكذلك الحال لقياس كتلة الكبريت.
- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج نوع التفاعل الحاصل ونواتجه.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير لون برادة الحديد والكبريت ونتج مادة واحدة منهما ذات لون أسود تقريبًا.
2. $Fe(s) + S(s) \xrightarrow{\Delta} FeS(s)$

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سلم تقدير عددي.

الرقم	معيار الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيدجدا (3)	ممتاز (4)
1	يجري خطوات التجربة بتسلسل				
2	يصف النتائج بصورة علمية				
3	يكتب معادلة موزونة للتفاعل				

التجربة 1

تفاعلُ الاتحادِ

الموادُ والأدواتُ: برادةُ الحديدِ Fe، مسحوقُ الكبريتِ S، جفنةُ تسخينٍ، لهبُ بنسن، ملعقةٌ، ميزانٌ حساسٌ، منصبٌ ثلاثيٌّ، مغناطيسٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- أحذرُ عندَ التعاملِ معَ اللهبِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازينِ، وأضعُ النظاراتِ الواقيةَ.

خطواتُ العملِ:

1. **أزنُ** 6g منْ برادةِ الحديدِ و 3g منَ الكبريتِ وأخلطُهما معًا في جفنةِ التسخينِ.
2. **ألاحظُ:** أقرِّبُ طرفَ المغناطيسِ منَ الخليطِ، وألاحظُ: أيُّ المادتينِ تنجذبُ إليهِ؟
3. **ألاحظُ:** أضعُ المادتينِ مرةً أخرى في الجفنةِ، وأخلطُهما خلطًا جيدًا، وأسخنُ الجفنةَ على اللهبِ أربعَ دقائقَ، ثمَّ أتركُ الجفنةَ حتى تبردَ، وألاحظُ التغيرَ الحاصلَ.
4. **ألاحظُ:** أقرِّبُ طرفَ المغناطيسِ منَ المادةِ الموجودةِ في الجفنةِ، وألاحظُ: هلْ تنجذبُ إليهِ؟
5. **ألاحظُ:** وأسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أصفُ** التغيرَ الذي حدثَ لكلٍّ منَ الحديدِ والكبريتِ بعدَ تسخينِ مخلوطِهما.

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

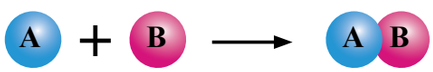
الربطُ معَ الأحياءِ

تحتوي أوراقُ كثيرٍ منَ الأشجارِ على اللونينِ البرتقاليِّ والأصفرِ، ويغطيهما لونُ الكلوروفيلِ الأخضرُ، وفي فصلِ الخريفِ تتغيرُ ألوانُ أوراقِ الشجرِ؛ نتيجةَ تفاعلٍ كيميائيٍّ يتكسرُ فيهِ الكلوروفيلُ بمعدلٍ أكبرَ منْ إنتاجهِ؛ مما يسببُ ظهورَ اللونينِ البرتقاليِّ والأصفرِ على الأوراقِ.

ومنَ الأمثلةِ أيضًا تفاعلُ أكسيدُ المغنيسيومِ، معَ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ؛ لإنتاجِ كربوناتِ المغنيسيومِ كما هوَ موضحٌ في المعادلةِ الآتيةِ:

$$MgO_{(s)} + CO_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}$$

وعادةً يمكنُ تمثيلُ تفاعلاتِ الاتحادِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



3- تفاعلُ التحللِ (التفككِ) الحراريِّ

Thermal Decompostion Reaction

تفاعلُ التحللِ (التفككِ) الحراريِّ Thermal Decompostion Reaction هوَ تحللُ مركبٍ واحدٍ بالحرارةِ منتجًا مادتينِ أوْ أكثرَ وقدْ تكونُ النواتجُ عناصرَ أوْ مركباتٍ. فمثلاً تتحللُ كربوناتُ النحاسِ بالحرارةِ، منتجةً أكسيدَ النحاسِ وغازَ ثاني أكسيدِ الكربونِ ويُعبَّرُ عنْ تفاعلِها بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$CuCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

التجربة 2

تفاعلُ التحللِ

الموادُّ والأدواتُ: هيدروكسيدُ النحاسِ $Cu(OH)_2$، جفنةُ تسخينٍ، لهبُ بنسن، ملعقةٌ، منصبٌّ ثلاثيٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- أحذرُ عندَ التعاملِ معَ اللهبِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازينِ، وأضعُ النظاراتِ الواقيةَ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ ملعقةً منْ هيدروكسيدِ النحاسِ في الجفنةِ.
2. أسخنُ الجفنةَ على اللهبِ خمسَ دقائقَ، ثم أتركُ الجفنةَ حتى تبردَ.
3. **الاحظُ** التغيرَ الذي حدثَ على هيدروكسيدِ النحاسِ، ثمَّ أسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أصفُ** التغيرَ الذي حدثَ للمادةِ المتفاعلةِ قبلَ التسخينِ وبعدَهُ.

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

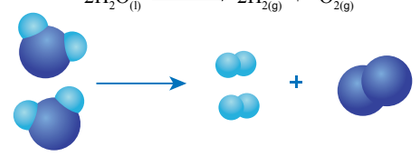
ومنَ الأمثلةِ أيضًا على هذهِ التفاعلاتِ تحللُ نتراتِ الأمونيومِ بالحرارةِ منتجةً أكسيدَ ثنائي النيتروجينِ وبخارَ الماءِ، كما يأتي:

$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

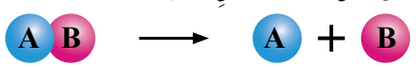
وكذلكَ تتحللُ دايكروماتُ الأمونيومِ $(NH_4)_2Cr_2O_7$ بالحرارةِ منتجةً أكسيدَ الكرومِ وغازَ النيتروجينِ وبخارَ الماءِ؛ حيثُ تسببُ الغازاتُ الناتجةُ فورانًا يشبهُ البركانَ، أنظرُ الشكلَ(8).

وقدْ تعتمدُ بعضُ تفاعلاتِ التحللِ على استخدامِ التيارِ الكهربائيِّ بدلًا منَ الحرارةِ، فمثلًا يتحللُ الماءُ تحللًا كهربائيًّا إلى عنصرَيْ الهيدروجينِ والأكسجينِ، كما يأتي:

$$2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تحلل كهربائي}} 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$



وعادةً يمكنُ تمثيلُ تفاعلاتِ التحللِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



الشكلُ (8): التحللُ الحراريُّ لمركَّبِ دايكروماتِ الأمونيومِ.

أكتبُ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ للتفاعلِ.

التجربة 2

تفاعل التحلل

الهدف: تفاعل التحلل الحراري

زمن التنفيذ: 5 دقائق.

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

ارشادات الأمن والسلامة:

توجيه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمن وإرشادات السلامة في المختبر.

توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

1. نبِّه الطلبة في الخطوة (2) إلى ضرورة توخي الحيطة والحذر عند تسخين هيدروكسيد النحاس.
2. استراتيجية العمل التعاوني: وزع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إليهم إجراء التجربة، وتسجيل النتائج؛ تمهيدًا لعرضها.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير اللون الأزرق إلى اللون الأسود.
2. $Cu(OH)_2(s) \xrightarrow{\Delta} CuO(s) + H_2O(g)$

◄ استخدام الصور والأشكال:

- نفذ التفاعل المبين في الشكل(8)، وذلك بوضع ملعقة من دايكرومات الامونيوم في صحن خزفي، وقرِّب منها عود ثقاب مشتعلًا، واطلب إلى الطلبة ملاحظة التفاعل الحاصل بدقة، ثم ناقش الطلبة في التغير اللوني الذي حصل (اللون البرتقالي لدايكرومات الأمونيوم تحول إلى الأخضر -أكسيد الكروم-).

إجابة سؤال الشكل (8):

معادلة التفاعل:

$$(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_3(s) + 4H_2O(g) + N_2(g)$$

◄ المناقشة:

- ناقش الطلبة في معادلة تفاعل تحلل نترات الأمونيوم بالحرارة؛ مبينًا لهم نواتج التفاعل.

◄ بناء المفهوم:

- صمم نموذجًا لتفاعل التحلل باستخدام الكرات، واعرضه على الطلبة، واطرح عليهم السؤال الآتي:

- ما عدد المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟

وجِّه الطلبة إلى أنه ينتج مادتين (أو أكثر) من تحلل مادة واحدة. ، واربط ذلك بتحلل الماء إلى مكوناته، وهما الهيدروجين والأكسجين.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعل الإحلال الأحادي ؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الإحلال الأحادي وهو: تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطا منه في أحد أملاحه.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(9)، ثم اطرح عليهم السؤال:

– كيف يحدث هذا التفاعل؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها للتوصل إلى أن عنصر الحديد يحل محل أيونات النحاس في المحلول، وينتج عن ذلك محلول كبريتات الحديد، وتترسب ذرات النحاس. وناقشهم في معادلة التفاعل المذكورة.

◄ بناء المفهوم:

- صمم نموذجًا لتفاعل الإحلال الأحادي باستخدام الكرات، واعرضه على الطلبة، واطرح عليهم السؤال الآتي:

– لماذا يحل عنصر محل عنصر آخر أثناء التفاعل الكيميائي؟

استمع لاجابات الطلبة وناقشهم فيها للتوصل إلى أن العنصر الأكثر نشاطًا كيميائيًّا يحل محل العنصر الأقل نشاطًا.

أفكّر: لأن عنصر الخارصين أنشط من عنصر النيكل؛ لذلك تحل ذرات عنصر النيكل محل أيونات النيكل؛ فتترسب ذرات النيكل وتنتج كبريتات الخارصين، ويعبر عن ذلك بالمعادلة:

$$Zn(s) + NiSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Ni\ (s)$$

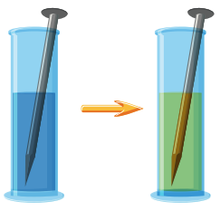
✓ أتحقَّق:

تفاعل الاتحاد: تفاعل بين مادتين أو أكثر؛ لإنتاج مادة واحدة جديدة.

تفاعل التحلل: مادة واحدة تتحلل منتجة مادتين أو أكثر.

◄ تعزيز:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة تفاعل عنصر النحاس مع محلول نترات الفضة، وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن عنصر النحاس يحل محل أيونات الفضة؛ فتترسب ذرات الفضة، وتنتج نترات النحاس.



الشكلُ (9): تفاعلُ إحلالِ عنصرِ الحديدِ محلَّ أيوناتِ النحاسِ.

أفكّر: لماذا تترسبُ ذراتُ النيكل Ni عندَ وضعِ قطعةٍ منْ عنصرِ الخارصينِ Zn في محلولٍ منْ كبريتاتِ النيكل $NiSO_4$؟ وأكتبُ معادلةَ التفاعلِ الحاصلِ.

4 ـ تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction

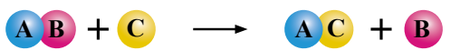
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction؛ هوَ تفاعلٌ يحلُّ فيهِ عنصرٌ نشطٌ محلَّ عنصرٍ آخرَ أقلَّ نشاطًا منهُ في أحدِ أملاحِهِ. فمثلًا عندَ وضعِ مسمارٍ منَ الحديدِ في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ (II)، أنظرُ الشكلَ (9)، فإنَّ عنصرَ الحديدِ يحلُّ محلَّ أيوناتِ النحاسِ في المحلولِ، وينتجُ عنْ ذلكَ محلولُ كبريتاتِ الحديدِ، وتترسبُ ذراتُ النحاسِ، ويُعبَّرُ عنِ التفاعلِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

ومنَ الأمثلةِ أيضًا تفاعلُ عنصرِ النحاسِ معَ محلولِ نتراتِ الفضةِ؛ فتنتجُ نتراتُ النحاسِ، وتترسبُ ذراتُ الفضةِ ؛ كما في معادلةِ التفاعلِ الآتيةِ:

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

ويمكنُ عادةً تمثيلُ تفاعلاتِ الإحلالِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



✓ **أتحقَّقُ:** بماذا يختلفُ تفاعلُ الاتحادِ عنْ تفاعلِ التحللِ الحراريِّ؟

التجربةُ 3
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ

الموادُّ والأدواتُ: كبريتاتُ النحاسِ (II) $CuSO_4$، ماءٌ مقطرٌ، كأسٌ زجاجيةٌ بسعةِ 250 ml، ملعقةٌ، صفيحةُ خارصينِ Zn.

إرشاداتُ السلامةِ: أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازينِ، وأضعُ النظاراتِ الواقيةَ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ ملعقةً منْ كبريتاتِ النحاسِ في الكأسِ الزجاجيةِ، وأضيفُ إليها 20 ml منَ الماءِ المقطرِ، ثمَّ أحركُ الخليطَ جيدًا؛ حتى يذوبَ تمامًا.
2. أغمسُ صفيحةَ الخارصينِ في المحلولِ منْ خمسِ دقائقَ إلى عشرِ دقائقَ.
3. **ألاحظُ** التغيرَ الذي حدثَ لصفيحةِ الخارصينِ والمحلولِ، وأسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- ماذا حدثَ للونِ صفيحةِ الخارصينِ ولونِ المحلولِ في الكأسِ الزجاجيةِ؟

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

التجربة 3
تفاعل الاتحاد

الهدف: تفاعل الإحلال الأحادي

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

ارشادات الأمن والسلامة:

توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة في الخطوة (1) إلى أنه يمكن استخدام الميزان ذي الكفتين لوزن (30g) من كبريتات النحاس.

التحليل والاستنتاج:

1. اختفاء تدريجي للون المحلول الأزرق، ويظهر اللون البني المحمر؛ نتيجة ترسب ذرات النحاس على صفيحة الخارصين، وفي المحلول.
2. $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سلم تقدير عددي.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	يصف النتائج بصورة علمية		
2	يستنتج معادلة التفاعل الحاصل		

مراجعةُ الدرسِ

1- **الفكرةُ الرئيسةُ:** أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منْ:

- تفاعلِ الاتحادِ.
- التفاعلِ الكيميائيّ.
- تفاعلِ التحللِ الحراريِّ.
- تفاعلِ الاحتراقِ.
- تفاعلِ الإحلالِ الأحاديِّ.

2- **أفسرُ** قانونَ حفظِ الكتلةِ.

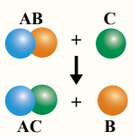
3- **أزنُ** المعادلاتِ الكيميائيةَ الآتيةَ:

$$H_2S_{(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow SO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)}$$
$$C_2H_{6\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)}$$
$$Fe_2O_{3\,(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + CO_{2\,(g)}$$

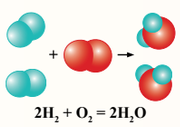
4- **أصنفُ** التفاعلاتِ الآتيةَ إلى أنواعِها (وهيَ: الاتحادُ، التحللُ، الاحتراقُ، الإحلالُ الأحاديُّ):

$$S_{(s)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgS_{(s)}$$
$$2HgO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Hg_{(l)} + O_{2\,(g)}$$
$$2Zn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2ZnO_{(s)}$$
$$Fe_{(s)} + Pb(NO_3)_{2\,(aq)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2\,(aq)} + Pb_{(s)}$$

5- **أميزُ** التفاعلَ الآتيَ الموضحَ في الشكلِ، وأفسرهُ.



6- **أفسرُ** قانونَ حفظِ الكتلةِ منْ خلالِ التفاعلِ الآتي:



3 التقويم

مراجعة الدرس

1. ارجع إلى المحتوى.
2. عدد الذرات في المواد المتفاعلة ونوعها يماثل عددها ونوعها في المواد الناتجة، وهذا يقود إلى أن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة.
3. $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(g)$
   $2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$
   $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$
4. على الترتيب: الاتحاد ، التحلل، الاحتراق (وكذلك يمكن اعتباره اتحادًا) ، الإحلال الأحادي.
5. تفاعل الإحلال الأحادي؛ حيث يحل العنصر الافتراضي ذو الرمز C محل أيونات العنصر ذو الرمز B.
6.

نوع الذرات	عدد الذرات المتفاعلة	عدد الذرات الناتجة
الهيدروجين	4	4
الأكسجين	2	2

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي الصحي.**

أخبِر الطلبة أن إرشادات السلامة الخاصة بالتجربة مرتبطة بقضايا الوعي الصحي التي يتعيَّن على الجميع الالتزام بها؛ تجنُّبًا لوقوع أيِّ حوادث، ولذلك يجب التعامل مع المواد والأدوات في المختبر بحذر، والتخلص من النفايات بطريقة آمنة.

الدرس 2

المول والكتلة المولية
The Mole and Molar Mass

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم مهد للدرس بالحديث عن مفهوم: الكتلة والمول؛ لقياس كمية المادة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- راجع الطلبة في ما درسوه سابقا من: استخدام وحدات القياس للطول والمسافة والزمن والوزن، والكتلة وبيِّن لهم أن كل صفة فيزيائية لها وحدة قياس خاصة بها.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(10)، ثم ناقشهم في أن إنتاج قالب الحلوى يعتمد على استخدام كميات مناسبة من المواد، وأن هذه الكميات تقاس بأدوات قياس مناسبة .

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

يرتبطُ مفهومُ المولِ بالكتلةِ المولية وكتلةِ الصيغةِ، والكتلةِ الذريةِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضحُ مفهومَ المولِ.
- أربطُ بينَ المولِ وعددِ أفوجادرو.
- أتعرفُ الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ، والكتلةَ الجزيئيةَ النسبيةَ، والكتلةَ المولية وكتلةَ الصيغةِ النسبيةِ.
- أوظفُ مفهومَ المولِ في بعضِ الحساباتِ الكيميائيةِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المولُ Mole

عددُ أفوجادرو Avogadro's Number

الكتلةُ المولية Molar Mass (M_r)

الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ Relative Atomic Mass (A_m)

الكتلةُ الجزيئيةُ Molecular Mass (M_m)

كتلةُ الصيغةِ Formula Mass (F_m)

الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ Relative Atomic Mass(RAM)

هلْ شاهدتَ والدتكَ وهيَ تصنعُ قالبًا منَ الحلوى؟ هلِ استخدمتْ أداةَ القياسِ ذاتَها لتحضيرِ جميعِ المكوناتِ؟ هلْ عدَّتْ حباتِ الدقيقِ، أوْ حباتِ السكرِ التي استخدمتْها؟ أنظرُ الشكلَ (10).

لعلكَ لاحظتَ اختلافَ وحداتِ القياسِ المستخدمةِ في إعدادِ قالبِ الحلوى بحسبِ المكونِ وطبيعتِهِ؛ فالطحينُ مثلًا يُقاسُ بالكتلةِ، وتعدُّ حباتُ البيضِ بالحبةِ، ويُستخدَمُ مقياسُ الحجمِ للزيوتِ والحليبِ والماءِ، والملعقةُ للكمياتِ الصغيرةِ منَ الملحِ ومنْ كربوناتِ الصوديومِ الهيدروجينيةِ (مسحوقِ الخَبيزِ).

نستخدمُ في حياتِنا اليوميةِ أدواتٍ مختلفةً لقياسِ الأشياءِ منْ حولِنا، فيُستخدَمُ (الميزانُ) لقياسِ الكتلةِ، وتُقاسُ المسافاتُ وأطوالُ الأجسامِ باستخدامِ المترِ أوِ المسطرةِ، ونستخدمُ بعضَ المصطلحاتِ التي تعبِّرُ عنْ عددٍ محددٍ منَ الأشياءِ مثلَ: كلمةِ زوجٍ "pair" التي تدلُّ على العددِ اثنيْنِ (2) من أيِّ شيْءٍ، وكلمةِ دزينةٍ "dozen" للدلالةِ على عددِ اثنَيْ عشرَ (12) من أيِّ شيءٍ قابلٍ للعدِّ، بغضِّ النظرِ عنِ المادةِ المعدودةِ.

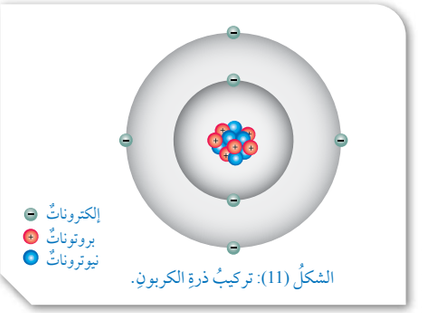
الشكلُ (10): مكوناتُ قالبِ حلوى

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ بناء الشخصية: إدارة الضغوط

أخبِرِ الطلبة أنَّ إدارة الضغوط تُنمّي مهارات التعلُّم، مثل: حل المشكلات، وتحديد المهام والأولويات، وإدارة الوقت، والتعامل مع التحديات.

وقدْ توصلَ العلماءُ إلى أنَّ ذرةَ العنصرِ تتكونُ منْ إلكتروناتٍ وبروتوناتٍ ونيوتروناتٍ متناهيةٍ في الصغرِ، فكتلةُ كلٍّ منَ البروتونِ أوِ النيوترونِ تقريبًا تساوي 1.67×10^{-24}g، وكتلةُ الإلكترونِ تساوي 1/1840 منْ كتلةِ البروتونِ. وحيثُ إنَّ كتلةَ الذرةِ صغيرةٌ جدًّا؛ فقدْ وجدَ العلماءُ صعوبةً في التعاملِ معَها باستخدامِ أدواتِ القياسِ الشائعةِ، فلجؤوا إلى طريقةٍ لقياسِ كتلةِ الذرةِ بالنسبةِ إلى كتلةِ ذرةٍ معياريةٍ، وقدِ اعتمدوا ذرةَ الكربونِ ^{12}C التي تحتوي 6 بروتوناتٍ و 6 نيوتروناتٍ باعتبارِها أساسًا لقياسِ كتلِ الذراتِ الأخرى، أنظرُ الشكلَ (11). وكتلةُ هذهِ الذرة تساوي 12 وحدةً سُمِّيَتْ كلٌّ منْها (وحدةَ كتلةٍ ذريةٍ) (amu). وبذلكَ؛ فإنَّ وحدةَ الكتلةِ الذريةِ (amu) لأيِّ عنصرٍ تساوي $\frac{1}{12}$ منْ كتلةِ ذرةِ الكربونِ ^{12}C.



الشكلُ (11): تركيبُ ذرةِ الكربونِ.

إنَّ كتلةَ الذرةِ تعتمدُ على كتلةِ البروتوناتِ والنيوتروناتِ فيها؛ وبما أنَّ كتلةَ البروتونِ أوِ النيوترونِ تساوي 1 amu تقريبًا، لذا؛ يُتوقَّعُ أنْ تكونَ الكتلةُ الذريةُ للعنصرِ رقمًا صحيحًا، ولكنْ في الواقعِ فإنَّ القيمَ المَقيسةَ تحتوي عادةً على كسورٍ؛ نظرًا لوجودِ نظائرَ للعنصرِ لَها كتلٌ مختلفةٌ؛ ولذلكَ فإنَّ متوسطَ كتلِها ليسَ رقمًا صحيحًا. وبهذا تمَّ حسابُ الكتلةِ الذريةِ النسبيةِ (Relative Atomic Mass(A_m) وهيَ متوسطُ الكتلِ الذريةِ لنظائرِ ذرةِ عنصرٍ ما.

وعندَ حسابِ الكتلةِ الذريةِ النسبيةِ للعنصرِ يجبُ أخذُ نظائرِهِ ونسبِ توافرِها في الطبيعةِ بالاعتبارِ؛ فالكتلُ الذريةُ التي تُستخدَمُ في الجدولِ الدوريِّ تُعبِّرُ عنْ متوسطِ الكتلِ الذريةِ النسبيةِ لنظائرِ ذراتِ العنصرِ. ولتسهيلِ التعاملِ معَها نستخدمُ قيمًا تقريبيةً كما في الأمثلةِ الواردةِ في الجدول(1).

وتُقاسُ الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ بوحدةِ الكتلِ الذريةِ amu. أو (g).

الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ A_m = (الكتلةُ الذريةُ للنظيرِ 1 $\times$ $\frac{\text{نسبةُ توافرِهِ في الطبيعةِ}}{100}$) + (الكتلةُ الذريةُ للنظيرِ 2 $\times$ $\frac{\text{نسبةُ توافرِهِ في الطبيعةِ}}{100}$).

الجدولُ (1): الكتلُ الذريةُ النسبيةُ والتقريبيةُ لبعضِ الذراتِ.

العنصرُ	الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ	الكتلةُ الذريةُ التقريبيةُ
H	1.008	1
N	14.007	14
O	15.999	16
Na	22.989	23

طريقة أخرى للتدريس

- أحضر نموذجًا للجدول الدوري للعناصر، وعلقه على اللوح مثلًا، ثم قارن للطلبة بين قيمة الكتلة الذرية المذكورة في الجدول لعدد من العناصر وبين القيمة التقريبية لها، ثم وضِّح لهم أن الكتلة الذرية لأي عنصر يمكن استنتاجها من الجدول الدوري مباشرة، ووحدة قياسها amu أو g، وكذلك يمكن استنتاجها من مجموع البروتونات والنيوترونات في ما يسمى بالعدد الكتلي الذي يساوي تقريبًا قيمة الكتلة الذرية للعنصر.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة الى دراسة الشكل (11)، ثم ناقشهم في التركيب الالكتروني لذرة الكربون من حيث: عدد البروتونات والنيوترونات في النواة، وعدد الإلكترونات في مستويات الطاقة حول النواة، وأن كتلة ذرة الكربون تتركز في نواتها.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تم التوصل إلى قياس كتل الذرات المختلفة؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن كتلة ذرة الكربون الواحدة تساوي 12 وحدة، وكل وحدة سميت وحدة كتلة ذرية، وتُقاس بوحدة amu وبذلك تعد ذرة الكربون أساسًا لقياس كتل الذرات الأخرى، حيث كتلة ذرة أي عنصر تساوي 1/12 من كتلة ذرة الكربون.

◄ قراءة الجداول:

- وجِّه الطلبة الى دراسة الجدول (1)، ووضِّح لهم أن الكتلة الذرية تحتوي على كسور؛ بسبب وجود نظائر للعنصر، وأنه تستخدم قيم تقريبية؛ لتسهيل التعامل مع كتلة ذرة العنصر.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بالكتلة الذرية النسبية للعنصر؟ وكيف يجري حسابها؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أنها متوسط الكتل الذرية لنظائر العنصر، وأنها تحسب بدلالة كتلة النظير ونسبة وجوده في الطبيعة؛ من خلال العلاقة الرياضية المذكورة.

إضاءة للمُعلِّم

تدرجت جهود العلماء في اختيار الوحدة المناسبة لقياس كتل ذرات العناصر؛ ففي البداية اقترح العالم دالتون ذرة الهيدروجين، ثم اقترح العالم استون ذرة الأكسجين. ثم اعتمد الاتحاد الدولي للكيمياء التطبيقية ذرة الكربون ^{12}C بصفتها وحدة قياس للكتل الذرية؛ وذلك لأن هذه الذرة هي الأكثر استقرارا في الطبيعة.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، وناقشهم في مجموع الكتلة الذرية لكل من الأكسجين والهيدروجين، وأنه يساوي الكتلة الجزيئية للماء، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما المقصود بالكتلة الجزيئية Mm، وكيف يتم حسابها؟

استمع إلى إجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الإجابة الصحيحة : مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية، وبيِّن لهم أنه يمكن حساب الكتلة الجزيئية؛ باستخدام العلاقة الآتية:

الكتلة الجزيئية = (الكتلة الذرية للعنصر 1 × عدد ذراته) + (الكتلة الذرية للعنصر 2 × عدد ذراته) + ...

طريقة أخرى للتدريس

- قسم الطلبة إلى مجموعات عدد أفراد كل منها من (4 -6)، ووزع عليهم بطاقات عمل تتضمن: تعريف الكتلة الذرية والكتلة الجزيئية، وحساب الكتلة الجزيئية لعدد من المركبات مثل: NH_4Cl , $FeSO_4$, HNO_3 , $K_2Cr_2O_7$

المثال 3

إذا علمتُ أن من نظائرِ عنصرِ الليثيوم في الطبيعةِ النظيرَ $^{6}_{3}Li$ ، وأنَّ كتلتَهُ الذريةَ = 6.02 بنسبةِ 7.5% ، والنظيرَ $^{7}_{3}Li$ وأنَّ كتلتَهُ الذريةَ 7.02 بنسبةِ 92.5% ، فأحسبُ الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ لعنصرِ الليثيومِ.

الحلُّ:

$$= \left(\frac{7.5}{100} \times 6.02\right) + \left(\frac{92.5}{100} \times 7.02\right)$$

$$= 0.4515 + 6.4935 = 6.945 \text{ amu}$$

الكتلةُ الجزيئيةُ (M_m) Molecular Mass

تختلفُ المركباتُ الكيميائيةُ بحسبِ أنواعِ الذراتِ المكونةِ لَها وأعدادِها. وبمعرفةِ الصيغةِ الجزيئيةِ للمركبِ فإنَّهُ يمكنُ حسابُ الكتلةِ الجزيئيةِ للجزيءِ الواحدِ في المركبِ التساهميِّ.

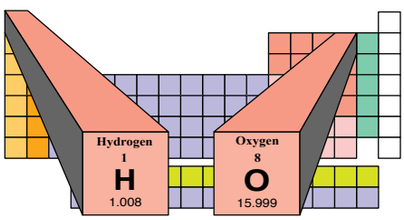
وتُعرَّفُ الكتلةُ الجزيئيةُ Molecular Mass (M_m) بأنَّها مجموعُ الكتلِ الذريةِ للذراتِ الموجودةِ في الجزيءِ الذي ترتبطُ ذراتُهُ بروابطَ تساهميةٍ مقيسةٍ بوحدةِ amu فمثلًا الكتلةُ الجزيئيةُ لجزيءِ الماء H_2O تُحسَبُ كما يأتي:

الكتلةُ الجزيئيةُ M_m = (الكتلةَ الذريةَ للهيدروجينَ × عددِ الذراتِ N) + (الكتلةُ الذريةُ للأكسجينِ × عددِ الذراتِ N)

$$M_m = A_{m_H} \times N + A_{m_O} \times N$$

$$M_m = (2 \times 1) + (16 \times 1) = 18 \text{ amu}$$

ويوضحُ الشكلُ (12) الكتلَ الذريةَ النسبيةَ للهيدروجينِ والأوكسجينِ.



الشكلُ (12): الكتلُ الذريةُ النسبيةُ للهيدروجينِ والأكسجينِ.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (3)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

– احسب الكتلة الذرية لعنصر من المعلومات الآتية لنظائره، ونسبة وجودها في الطبيعة:

الكتلة الذرية للنظير	نسبة وجوده ٪
27,977	92.21
28,971	4,70
29,974	3,09

الحل:

$$\frac{(27.977 \times 92.21) + (28.971 \times 4.70) + (29.974 \times 3.09)}{100} = 28.02 \text{amu}$$

المثالُ 4

أحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ للجزيءِ HNO_3 علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ لذراتِ العناصرِ هيَ: (O = 16 , N = 14 , H = 1).

الحلُّ:

يُلاحَظُ أنَّ الجزيءَ HNO_3 يتكونُ منْ ذرةِ هيدروجينٍ H وذرةِ نيتروجينٍ N، وثلاثِ ذراتِ أكسجينٍ O، وبذلكَ نحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ لهُ على النحوِ الآتي:

الكتلةُ الجزيئيةُ = (الكتلةَ الذريةَ للهيدروجينِ × عددِ الذراتِ) + (الكتلةُ الذريةُ للنيتروجينِ × عددِ الذراتِ) + (الكتلةُ الذريةُ للأكسجينِ × عددِ الذراتِ).

$$M_m = A_{m_H} \times N + A_{m_N} \times N + A_{m_O} \times N$$
$$= (1 \times 1) + (14 \times 1) + (16 \times 3)$$
$$= 1 + 14 + 48 = 63 \text{ amu}$$

كتلةُ الصيغةِ Formula Mass (F_m)

ترتبطُ الأيوناتُ الموجبةُ والسالبةُ بروابطَ أيونيةٍ، وتُسمّى الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ الأيونيِّ وحدةَ الصيغةِ الكيميائيةِ Chemical Formula Unit وتمثلُ أبسطَ نسبةٍ للأيوناتِ في المركبِ الأيونيِّ. ويُعرَفُ مجموعُ الكتلِ الذريةِ للعناصرِ في وحدةِ الصيغةِ الكيميائيةِ بكتلةِ الصيغةِ Formula Mass(F_m)، وتُقاسُ بوحدةِ amu.

تُحسَبُ كتلةُ الصيغةِ بالطريقةِ نفسِها المتبعةِ لحسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ.

أتحقَّقُ:

1- أحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ لجزيءِ الجلوكوزِ $C_6H_{12}O_6$

2- أحسبُ كتلةَ الصيغةِ للمركبِ NaCl

المثالُ 5

أحسبُ كتلةَ الصيغةِ النسبيةِ للمركبِ $Al(NO_3)_3$

الحلُّ:

الكتلُ الذريةُ: (Al = 27 , N = 14 , O = 16)

يُلاحَظُ منْ صيغةِ المركبِ أنَّها تتكونُ منْ 9 ذراتِ O، و 3 ذراتِ N ، وذرةِ Al:

$$F_m = (27 \times 1) + (14 \times 3) + (16 \times 9)$$
$$= 27 + 42 + 144 = 213 \text{ amu}$$

أتحقَّقُ:

1. الكتلة الجزيئية للجزيء $C_6H_{12}O_6$، الكتل الذرية (O = 16 , C = 12 , H = 1).

$$Mm = (Am\ H \times N) + (Am\ C \times N) + (Am\ O \times N)$$
$$= (12 \times 1) + (12 \times 6) + (16 \times 6)$$
$$= 12 + 72 + 96 = 180 \text{ amu}$$

2. كتلة الصيغة للمركب NaCl، الكتل الذرية (Cl = 35.5 , Na = 23).

$$Fm = (Am\ Na \times N) + (Am\ Cl \times N)$$
$$= (23 \times 1) + (35.5 \times 1) = 58.5 \text{ amu}$$

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (4)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الإضافي الآتي:

احسب الكتلة الجزيئية للجزيء $HClO_2$؛ علمًا بأن الكتل الذرية (O = 16 , Cl = 35.5 , H = 1).

الحل:

$$Mm = (Am\ H \times N) + (Am\ Cl \times N) + (Am\ O \times N)$$
$$= (1 \times 1) + (35.5 \times 1) + (16 \times 2)$$
$$= 1 + 35.5 + 32 = 68.5 \text{ amu}$$

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بكتلة الصيغة Fm؟

استمع إلى إجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن كتلة الصيغة تستخدم لحساب كتل المركبات الآيونية، وهي تساوي مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (5) ثم وجههم الى حل المثال الآتي:

كتلة الصيغة للمركب KBr؛ علمًا بأن الكتل الذرية (K = 39, Br = 80).

الحل:

$$Fm = (Am\ K \times N) + (Am\ Br \times N)$$
$$= (39 \times 1) + (80 \times 1) = 119 \text{ amu}$$

نشاط سريع

- اطلب إلى الطلبة تخيل عدد حبات السكر في (1Kg) منه، أو عدد حبات الأرز في كيس منه.

تقبل منهم الإجابات. ثم بيّن لهم طبيعة استخدام مفهوم المول؛ بصفته وحدة دولية لقياس كمية المادة .

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما عدد الجسيمات الموجودة في مول واحد من المادة؟

استمع الى اجابات الطلبة ووضح لهم أن المول الواحد من المادة يحوي (6.022×10^{23}) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة. وسُمّي هذا العدد بعدد أفوجادرو.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالكتلة المولية؟

استمع إلى إجابات الطلبة، وناقشهم للتوصل إلى أن المول الواحد من المادة له كتلة تسمى الكتلة المولية، ويُرمَز إليها بالرمز: (M_r)، وتُقاس بوحدة (g/mol) وبيّن لهم أن الكتلة المولية للعنصر تساوي عدديًّا كتلته الذرية، وأن الكتلة المولية للجزيء تساوي عدديًّا كتلته الجزيئية. فمثلاً مول واحد من عنصر الصوديوم يحوي عدد أفوجادرو من الذرات وكتلته المولية (23 g).

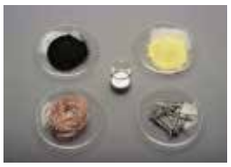
◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى دراسة الشكل(13)، ووضّح لهم أن المول من مادة ما يختلف في نوع الجسيمات التي يتكون منها من مادة إلى أخرى؛ فمثلًا جسيمات مول من الحديد تختلف عن جسيمات مول من الصوديوم من حيث نوع الجسيمات، ولكن عدد الجسيمات في كل منهما هو عدد أفوجادرو.
- وجه الطلبة الى دراسة الشكل (14)، ووضح لهم أن المول الواحد من المادة يختلف في كتلته عن مول من مادة أخرى سواء كانت المادة عناصر أم جزيئات؛ أي أن المواد تختلف عن بعضها في كتلتها المولية.

المولُ The Mole

تُسمّى الوحدةُ الدوليةُ التي تُستخدَمُ في قياسِ كميةِ المادةِ المولَ (Mole)، ويساوي عددَ ذراتِ الكربونِ ^{12}C التي توجدُ في 12 g منهُ. وقدْ توصلَّ الفيزيائيُّ الإيطاليُّ أفوجادرو إلى أنَّ المولَ الواحدَ منَ المادةِ يحوي 6.022×10^{23} منَ الذراتِ أوِ الجزيئاتِ أوِ الأيوناتِ أوِ وحداتِ الصيغةِ. وسُمّيَ هذا العددُ بعددِ أفوجادرو Avogadro's Number تكريمًا لهُ، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ N_A.

يختلفُ المولُ الواحدُ لكلٍّ منَ الحديدِ وملحِ الطعامِ والماءِ مثلاً في الجسيماتِ التي يتكونُ منْها، كما يبينُ الشكلُ (13).



الشكلُ (13): مولٌ واحدٌ منْ عناصرَ مختلفةٍ.

وبناءً عليهِ؛ فإنَّ كتلةَ المولِ الواحدِ تختلفُ منْ مادةٍ إلى أخرى، إلّا أنَّها تحوي العددَ نفسَهُ منَ الجسيماتِ N يساوي عددَ أفوجادرو، مثلًا كتلةُ مولٍ منَ الهيليومِ 4 g تحوي عددَ أفوجادرو منْ ذراتِ الهيليومِ، وكتلةُ مولٍ منَ الأكسجينِ 32 g تحوي عددَ أفوجادرو من جزيئاتِ الأكسجينِ، كما يبينُ الشكلُ (14):

اصْطُلِحَ على استخدامِ مفهومِ الكتلةِ المولية Molar Mass للدلالةِ على كتلةِ المولِ الواحدِ منَ المادةِ؛ ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (M_r) وتُقاسُ بوحدةِ g/mol، فمثلًا كتلةُ المولِ الواحدِ منْ ذراتِ العنصرِ تُسمّى الكتلةَ المولية للعنصرِ، وهيَ تساوي عدديًّا كتلتَهُ الذريةَ، فمثلًا إنَّ مولًا واحدًا منْ ذراتِ عنصرِ المغنيسيومِ يحوي عددَ أفوجادرو منْ ذراتِ المغنيسيومِ، وكتلتهُ 24g.

الشكلُ (14): كتلةُ مولٍ واحدٍ منْ عناصرِ الهيليومِ والأكسجينِ والنيتروجينِ.

طريقة أخرى للتدريس

- قارن بين (1 mol) من كل من المغنيسيوم، الماء ، وكلوريد الصوديوم كما في الجدول، ثم ناقش الطلبة؛ للتوصل إلى أن كتلة المول الواحد من العنصر أو الجزيء أو المركب تحوي عدد أفوجادرو من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة، وأن كتلة المول الواحد تختلف من مادة لأخرى.

الجسيمات	Mg	H_2O	NaCl
كتلة المول الواحد	24 g	18 g	58.5 g
عدد الجسيمات في المول	6.022×10^{23}	6.022×10^{23}	6.022×10^{23}
نوع الجسيمات	ذرات	جزيئات	أيونات

المناقشة:

- ناقش الطلبة في العلاقة الرياضية التي تربط عدد الجسيمات بعدد أفوجادرو وعدد المولات، وكذلك العلاقة الرياضية التي تربط عدد مولات المادة بكتلتها وكتلتها المولية، مبينًا لهم الرموز التي تشير إلى كل منها.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (6)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
- احسب عدد مولات ثاني أكسيد الكربون CO_2 التي تحتوي على 9.022×10^{23} جزيء.

الحل:

$N = N_A \times n$

$9.022 \times 10^{23} = 6.022 \times 10^{23} \times n$

$n = 1.5 \text{ mol}$

أفكّرُ

Na: ذرات

N_2: جزيئات

K^+: أيونات

NaCl: وحدات صيغة.

وكتلةُ المولِ الواحدِ من الجزيء تُسمّى الكتلةَ المولية للجزيء، وتساوي عدديًّا كتلتَهُ الجزيئيةَ، فمثلًا مولٌ واحدٌ من جزيئاتِ CO_2 يحوي عددَ أفوجادرو من جزيئات CO_2 وكتلتهُ 44g .

ويرتبطُ عددُ المولاتِ (n) Moles بعلاقةٍ رياضيةٍ معَ عددِ أفوجادرو (N_A) وعددِ الجسيماتِ (N) منَ الذراتِ أوِ الجزيئاتِ أوِ الأيوناتِ أوْ وحداتِ الصيغةِ، كما يأتي:

عددُ الجسيماتِ = عددَ المولاتِ × عددِ أفوجادرو

$$N = N_A \times n$$

أفكّرُ ما نوعُ الجسيماتِ في كلٍّ ممّا يأتي:

$NaCl$ ، K^+ ، N_2 ، Na؟

وكذلكَ يرتبطُ عددُ مولاتِ المادةِ (n)، بكتلةِ المادةِ (m) مقيسةً بوحدةِ g وكتلتُها المولية (M_r)، كما يأتي:

$$\text{عددُ المولاتِ} = \frac{\text{كتلةُ المادةِ}}{\text{كتلتِها المولية}}$$

$$n = \frac{m}{M_r}$$

المثالُ 6

أحسبُ عددَ مولاتِ (n) الكربونِ التي تحتوي على 3.01×10^{23} ذرةٍ.

الحلُّ:

$$\text{عددُ مولاتِ الكربونِ} = \frac{\text{عددُ ذراتِ الكربونِ}}{\text{عددِ أفوجادرو}}$$

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

$$n = \frac{3.01 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5 \text{ mol}$$

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثالين (7 و 8)، ثم وجِّههم إلى حل المثالين الآتيين:

1. احسب عدد الذرات الموجودة في 2 mol من عنصر الألمنيوم Al

الحل:

$$N = N_A \times n$$
$$= 6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24}$$

2. احسب الكتلة المولية للمركب $CaCO_3$؛ علمًا بأن الكتل الذرية (O = 16 , C = 12 , Ca = 40).

الحل:

$$Mr = (16 \times 3) + (12 \times 1) + (40 \times 1) = 100 \text{ g/mol}$$

أتحقَّق:

1. $N = N_A \times n$
   $= 6.022 \times 10^{26}$ atom
2. $n = 0.1$ mol

المثالُ 7

أحسبُ عددَ الجزيئاتِ (N) الموجودةِ في 3 مولٍ منْ غازِ الميثانِ CH_4:

الحلُّ:

$$N = N_A \times n$$
$$= 6.02 \times 10^{23} \times 3$$
$$= 1.806 \times 10^{24}$$

المثالُ 8

أحسبُ كتلةَ مول منْ جزيئاتِ H_2O؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ لكلٍّ منْ O = 16, H = 1

الحلُّ:

نحسبُ الكتلةَ المولية Mr للجزيءِ، بطريقةِ حسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ لهُ نفسِها.

$$Mr = (16 \times 1) + (1 \times 2) = 18 \text{ g/mol}$$

أتحقَّقُ:

1- أحسبُ عددَ ذراتِ عنصرِ البوتاسيومِ K الموجودةِ في 1×10^3 mol منهُ؟

2- عينةٌ منْ مركبٍ ما كتلتُها 4 g، والكتلةُ المولية Mr للمركبِ؛ 40 g/mol فما عددُ المولاتِ n؟

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 ارجع إلى المحتوى.

2 $C_2H_5OH = 46\ g/mol$, $CH_4 = 16\ g/mol$

3 $Mg(NO_3)_2 = 128\ g/mol$, $Ca(OH)_2 = 74 g/mol$

$n = 3\ mol$

4

0.1 مول كتلته 2.7 g

5

$N = 6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24}$

6

عدد أفوجادرو هو 6.022×10^{23} من الذرات أو

7 الأيونات أو الجزيئات أو وحدات الصيغة.

8

	HCl	Cl_2	H_2
عدد المولات	2	1	1
عدد الجزيئات	عدد أفوجادرو	عدد أفوجادرو	عدد أفوجادرو
الكتلة المولية	36.5 g/mol	71 g/mol	2 g/mol

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الأفكارُ الرئيسةُ:** أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منَ:

الكتلةِ الذريةِ. الكتلةِ الجزيئية. الكتلةِ المولية. كتلةِ الصيغةِ. المولِ.

2 – **أجدُ** الكتلةَ المولية (M_r) لكلٍّ منْ C_2H_5OH, CH_4.

3 – **أجدُ** كتلةَ الصيغةِ (F_m) للمركبيْنِ: $Mg(NO_3)_2$ ، $Ca(OH)_2$.

4 – **أحسبُ** عددَ المولاتِ (n) الموجودةِ في 72g منْ عنصرِ المغنيسيومِ.

5 – **أحسبُ** كتلةَ 0.1 mol منْ ذراتِ الألمنيومِ.

6 – **أحسبُ** عددَ جزيئاتِ NH_3 الموجودةِ في 2 مولٍ منْها.

7 – أوضحُ المقصودَ بعددِ أفوجادرو.

8 – أكملُ الجدولَ الآتيَ: $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$.

	HCl	Cl_2	H_2
عددُ المولاتِ n			
عددُ الجزيئاتِ N			
الكتلةُ المولية M_r			

الدرس 3

الحسابات الكيميائية
Stoichiometry

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم مهد للدرس بالحديث عن أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة في حساب الكميات الدقيقة من المواد المتفاعلة والناتجة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- راجع الطلبة بأهمية موازنة المعادلة الكيميائية، وقانون حفظ الكتلة، وأثر ذلك في تحديد كميات دقيقة من المواد المتفاعلة والناتجة.

2 التدريس

نشاط سريع مفهوم طول الموجة.

- اطلب إلى الطلبة تشكيل مجموعات رباعية، ووزع عليهم عبوات عصير مختلفة وزجاجات ماء أو أي عبوات مناسبة عليها ملصق، ثم اسألهم عن أسماء المكونات المكتوبة على الملصق، ونسب وجودها.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بالنسبة المئوية لكتلة العنصر؟ وما أهمية معرفتها؟

- استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى ضرورة معرفةِ العناصر الداخلة في تركيب المادة، والنسبة المئوية لكتل هذه العناصرِ؛ ما يساهم في معرفة الصيغة الكيميائية للمركب، وتطوير خصائصه وتحسينها، وفي أن النسبة المئوية للعنصر هي نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.
- وجِّه الطلبة إلى دراسة قانون حساب النسبة المئوية بالكتلة؛ تمهيدًا لتطبيق مسائل حسابية عليه.

الفكرةُ الرئيسةُ:
اعتمادًا على المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ؛ يمكنُ حسابُ النسبِ المحددةِ منْ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ ومكوناتِها بدقةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أحسبُ النسبةَ المئويةَ لكتلةِ عنصرٍ في مركبٍ.
- أحددُ الصيغةَ الأوليةَ والصيغةَ الجزيئيةَ للمركبِ .
- أحسبُ عددَ مولاتِ مركبٍ وكتلتَهُ المتفاعلةَ أوِ الناتجةَ.
- أحسبُ المردودَ المئويَّ للتفاعلِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
النسبةُ المئويةُ بالكتلةِ
Percent Composition
الصيغةُ الأوليةُ Empirical Formula
الصيغةُ الجزيئيةُ Molecular Formula
المردودُ المئويُّ Percentage Yield
النسبةُ المولية Mole Percentage

الحساباتُ المبنيةُ على الكميات
Calculations based on quantities

تُعدُّ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ الركيزةَ الأساسيةَ للحساباتِ الكيميائيةِ، ويمكنُ عنْ طريقِها تحديدُ عددِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ؛ مما يساعدُ في تحديدِ كتلِها بدقةٍ، وكذلكَ في تحديدِ النسبةِ المئويةِ لكتلةِ عنصرٍ في مركبٍ، وتحديدِ المردودِ المئويِّ لناتجِ تفاعلٍ ما.

النسبةُ المئويةُ لكتلةِ العنصرِ Percent Composition

عندَ تفحصكَ بطاقةَ المعلوماتِ الملصقةَ على عبواتِ ماءِ الشربِ مثلًا ستلاحظُ أنَّهُ مكتوبٌ عليْها أسماءُ الموادِّ المكونةِ لهُ، ونسبةُ وجودِها في حجمٍ معينٍ في العبوةِ. ويشبهُ هذا الحالُ المركباتِ الكيميائيةَ؛ حيثُ تتكونُ منْ عناصرَمحددةٍ بنسبٍ معينةٍ. ويُجري بعضُ الكيميائيين الأبحاثَ المتنوعةَ لمعرفةِ المُكوناتِ الأساسيةِ للمادةِ لتحديدِ العناصرِ الداخلةِ في تركيبِها، والنسبةِ المئويةِ لكتلِ هذهِ العناصرِ؛ ما يساهمُ في معرفةِ الصيغةِ الكيميائيةِ للمركبِ وتطويرِ خصائصهِ وتحسينِها. وتُعرَّفُ النسبةُ المئويةُ لكتلةِ العنصرِ Percent Composition بأنَّها نسبةُ كتلةِ العنصرِ في المركبِ إلى الكتلةِ الكليةِ للمركبِ. وتُحسَبُ هذهِ النسبةُ لأيِّ عنصرٍ بقسمةِ كتلةِ العنصرِعلى كتلةِ المركبِ مضروبًا في (100%)، ويمكنُ التعبيرُعن ذلكَ بالقانونِ الآتي:

$$\text{النسبةُ المئويةُ بالكتلةِ (للعنصرِ)} = \frac{\text{كتلةُ العنصرِ}}{\text{كتلةُ المركبِ}} \times 100\%$$

$$\text{Percent Composition} = \frac{m.\text{element}}{m.\text{Compound}} \times 100\%$$

المثال 9

عينةٌ نقيةٌ منْ مركبِ كبريتيدِ الحديدِ FeS تكونتْ منْ تفاعلِ 6.4 g منْ عنصرِ الحديدِ معَ 3.2 g منْ عنصرِ الكبريتِ. أحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لكلٍّ منَ العنصرينِ Fe و S في العينةِ؟

الحلُّ:

نحسبُ كتلةَ المركبِ كبريتيدِ الحديدِ FeS كما يأتي:

$$m\,(FeS) = m\,(Fe) + m\,(S)$$
$$= 6.4 + 3.2$$
$$= 9.6\ g$$

- نحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ Fe كما يأتي:

$$\text{Percent Composition (Fe)} = \frac{m.\text{element}}{m.\text{Compound}} \times 100\%$$
$$= \frac{6.4}{9.6} \times 100\% = 67\%$$

- نحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ S كما يأتي:

$$\text{Percent Composition (S)} = \frac{3.2}{9.6} \times 100\% = 33\%$$

يُلاحَظُ أنَّ مجموعَ النسبِ المئويةِ بالكتلةِ للعناصرِ المكونةِ للمركبِ تساوي 100%.

ويمكنُ بواسطةِ معرفةِ صيغةِ المركبِ وكتلتِهِ المولية حسابُ نسبةِ العنصرِ كما يلي:

المثال 10

أحسبُ النسبةَ المئويةَ لكلٍّ منْ عنصري الكربونِ والهيدروجينِ في جزيءِ الجلوكوزِ الذي صيغتهُ $C_6H_{12}O_6$ وكتلتهُ المولية؛ 180 g/mol علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (C = 12 , O = 16 , H = 1).

الحلُّ:

$$\text{Percent Composition} = \frac{A_m}{M_r} \times 100\%$$

$$C\,\% = \frac{72}{180} \times 100\% = 40\%$$

$$H\,\% = \frac{12}{180} \times 100\% = 6.67\%$$

أتحقَّقُ:

1- أحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ H في مركبٍ كتلتهُ 4.4g ويحتوي 0.8g منهُ.

2- أحسبُ النسبةَ المئويةَ لعنصرِ الأكسجينِ في جزيءِ الجلوكوزِ الذي صيغتهُ $C_6H_{12}O_6$.

أتحقَّقُ:

1. $\frac{0.8}{4.4} \times 100\% = 18\%$

2. $\frac{96}{180} \times 100\% = 53\%$

$$M_r\,(C_6H_{12}O_6) = 180\ g/mol$$

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثالين (9 و 10)، ثم وجِّههم الى حل المثالين الآتيين:

1. أحسب نسبة كل من: الكربون والأكسجين في عينة نقية كتلتها 8.8 g تتكون من 2.4 g كربون و 6.4 g أكسجين.

الحل:

$$C\% = \frac{2.4}{8.8} \times 100\% = 27\%$$

$$O\% = \frac{6.4}{8.8} \times 100\% = 73\%$$

2. أحسب نسبة كل من: الكربون والأكسجين في عينة نقية من CO_2 كتلته المولية 44 g.

الحل:

$$C\% = \frac{12}{44} \times 100\% = 27\%$$

$$O\% = \frac{32}{44} \times 100\% = 73\%$$

تعزيز:

- اكتب على السبورة صيغًا كيميائية لعدد من المركبات، ثم اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - ما نوع الذرات المكونة للمركب؟ وما عددها؟
  - تقبل إجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الإجابات الصحيحة.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما المقصود بكل من الصيغة الكيميائية للمركب والصيغة الأولية؟
- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، وبيِّن لهم أن الصيغة الكيميائية طريقة للتعبير عن عدد ذرات العناصر المكونة له ونوعها، وأن الصيغة الأولية تمثل أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب.

إضاءة للمُعلِّم

لبعض المركبات المختلفة الصيغة الأولية نفسها؛ فمثلاً مركبا الإيثاين C_2H_2 والبنزين C_6H_6 لهما الصيغة الأولية CH، وكذلك المركبات ميثانال CH_2O وحمض الإيثانويك $C_2H_4O_2$ والجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ لها الصيغة الأولية CH_2O.

الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ Chemical Formula

تعدُّ الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ طريقةً للتعبيرِ عنْ عددِ ذراتِ العناصرِ المكونةِ لهُ ونوعِها؛ حيثُ يظهرُ في الصيغةِ الرمزُ الكيميائيُّ للعنصرِ، وعددُ ذراتِهِ.

الصيغةُ الأوليةُ Empirical Formula

تُسمّى الصيغةُ التي تدلُّ على أبسطِ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ بينَ ذراتِ العناصرِ المكونةِ للمركبِ الصيغةَ الأوليةَ Empirical Formula، ويمكنُ حسابُها مثلَما في المثالَينِ الآتيينِ:

المثالُ 11

ما الصيغةُ الأوليةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يحتوي (60 g) كربونًا، و (20 g) هيدروجينًا؛ علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (H = 1 ,C = 12)؟

الحلُّ: أتبعُ الإجراءاتِ المبسطةَ الآتيةَ:

	C	H
أكتبُ كتلةَ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ المذكورةِ في السؤالِ.	60	20
أجدُ عددَ مولاتِ كلِّ عنصرٍ؛ حيثُ $(n = \frac{m}{M_r})$.	$\frac{60}{12} = 5$	$\frac{20}{1} = 20$
أجدُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ (أقسمُ عددَ مولاتِ العنصرِ على القيمةِ الأقلِّ لعددِ المولاتِ).	$\frac{5}{5} = 1$	$\frac{20}{5} = 4$

وحيثُ إنَّ النسبةَ بينَ ذراتِ C : H هيَ 1:4 على الترتيبِ؛ فإنَّ الصيغةَ الأوليةَ للمركبِ هيَ CH_4.

المثالُ 12

ما الصيغةُ الأوليةُ لمركبٍ يتكونُ منْ 40 % منَ الكالسيومِ، 12% منَ الكربونِ، 48 % منَ الأكسجينِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ (Ca = 40 ,O = 16 ,C = 12)؟

الحلُّ:

	Ca	C	O
أكتبُ النسبةَ المئويةَ لكلِّ عنصرٍ.	40	12	48
أجدُ عددَ مولاتِ كلِّ عنصرٍ $(n = \frac{m}{M_r})$.	$\frac{40}{40} = 1$	$\frac{12}{12} = 1$	$\frac{48}{16} = 3$
أجدُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ (أقسمُ عددَ مولاتِ العنصرِ على القيمةِ الأقلِّ لعددِ المولاتِ).	1	1	3

وبذلكَ تكونُ الصيغةُ الأوليةُ للمركبِ $CaCO_3$.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثالين (11 و 12)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
  - ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من 94.1% من الأكسجين، و 5.9% من الهيدروجين؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ (O = 16 ,H = 1)؟

الحل:

	H	O
النسبة المئوية لكل عنصر	5.9	94.1
عدد مولات كل عنصر	$\frac{5.9}{1} = 5.9$	$\frac{94.1}{16} = 5.9$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية HO

الصيغةُ الجزيئية Molecular Formula

منَ المُلاحَظِ أنَّ الصيغةَ الأوليةَ تدلُّ على أبسطِ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ لذراتِ العناصرِ في المركبِ، لكنَّها قدْ لا تُبيِّنُ العددَ الفعليَّ لهذهِ الذراتِ؛ فمثلًا قدْ تكونُ الصيغةُ الأوليةُ لأحدِ الجزيئاتِ CH_3، ولكنْ لا يوجدُ في الطبيعةِ جزيءٌ صيغتهُ CH_3، وإنَّما مضاعفاتٌ منْ عددِ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ، وفي الواقعِ فإنَّ الجزيءَ الواحدَ منْ هذا المركبِ يحتوي على ستِّ ذراتِ H وذرَّتَيْ C، وبالتاليِ؛ تكونُ صيغتهُ الفعليةُ C_2H_6، وتُسمّى الصيغةَ الجزيئيةَ Molecular Formula للمركبِ، وهيَ صيغةٌ تُبيِّنُ الأعدادَ الفعليةَ للذراتِ وأنواعَها.

ولمعرفةِ الصيغةِ الجزيئيةِ للمركبِ يجبُ تحديدُ الكتلةِ الموليةِ لهُ منْ خلالِ التجاربِ العمليةِ أولًا، ومنْ ثَمَّ مقارنتُها بكتلةِ الصيغةِ الأوليةِ. فمثلًا لوْ كانتِ الكتلةُ الموليةُ للجزيءِ CH_3 15 g/mol فإنَّ صيغةَ الأوليةَ هي صيغتُهُ الجزيئيةُ، في حينِ أنَّهُ إذا كانتْ كتلتُهُ الموليةُ 30 g/mol فتكونُ صيغتُهُ الجزيئيةُ C_2H_6.

المثالُ 13

ما الصيغةُ الأوليةُ، والصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يتكونُ منْ 85.7% منَ الكربونِ، 14.3% منَ الهيدروجينِ. علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (H = 1 ,C = 12)، والكتلةَ المولية للمركبِ 56 g/mol؟

الحلُّ:

	C	H
أكتبُ النسبةَ المئويةَ لكلِّ عنصرٍ.	85.7	14.3
أجدُ عددَ المولاتِ n.	$\frac{85.7}{12} = 7.1$	$\frac{14.3}{1} = 14.3$
أجدُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ.	$\frac{7.1}{7.1} = 1$	$\frac{14.3}{7.1} = 2$

تستنتجُ أنَّ الصيغةَ الأوليةَ للمركبِ هيَ CH_2، وكتلةَ هذهِ الصيغةِ 14 g، وبما أنَّ الكتلةَ المولية للمركبِ 56 g/mol، فإنَّ العددَ الفعليَّ للذراتِ يُحسَبُ على النحوِ الآتي:

$$\text{العددُ الفعليُّ للذراتِ} = \text{عددَ ذراتِ العنصرِ في الصيغةِ الأوليةِ} \times \frac{\text{الكتلةِ المولية للمركبِ}}{\text{كتلةِ الصيغةِ الأوليةِ}}$$

$$N = N.\,\text{emp} \times \frac{M_r}{m.\text{emp}}$$

$$N_C = 1 \times \frac{56}{14} = 4 \qquad N_H = 2 \times \frac{56}{14} = 8$$

وبذلكَ تكونُ الصيغةُ الجزيئيةُ C_4H_8

✓ **أتحقَّقُ:** ما الصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ كتلتُهُ المولية 58 g/mol، وصيغتُهُ الأوليةُ C_2H_5 علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (H = 1 ,C = 12)؟

✓ **أتحقَّقُ:**

m. emp = 29 g

$$N_C = 2 \times \frac{58}{29} = 4$$

$$N_H = 5 \times \frac{58}{29} = 10$$

الصيغة الجزيئية : C_4H_{10}

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما الصيغ الكيميائية لمركبات تتكون من عنصري النيتروجين والأكسجين لها الصيغة الأولية NO؟

- نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة، وتقبل منهم جميع الإجابات، ومنها:

.(NO_2، N_2O ، N_2O_4 ، NO ، N_2O_5 ،.....)

- ناقش الطلبة في أن مضاعفات الصيغة الأولية ينتج عنها أعداد فعلية من الذرات؛ لتتوصل معهم إلى مفهوم الصيغة الجزيئية التي تبين الأعداد الفعلية من الذرات وأنواعها. وأنه يتم تحديدها عن طريق معرفة الصيغة الأولية، والكتلة المولية للمركب.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (13)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
- ما الصيغة الجزيئية لمركب صيغته الأولية CH_4N، وكتلته المولية (60 g/mol)؟

الحل:

كتلة الصيغة الأولية = 30 g/mol

لإيجاد الصيغة الجزيئية تجري قسمة الكتلة المولية (60 g/mol) على كتلة الصيغة الأولية 30g/mol، والرقم الناتج يضرب في عدد ذرات الصيغة الأولية.

$$\frac{60}{30} = 2$$

$$(CH_4N) \times 2 = \mathbf{C_2H_8N_2}$$

المناقشة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة التفاعل $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$، ثم ناقشهم في نسبة عدد مولات كل من: (H_2 الى N_2)، (NH_3 الى H_2)، (NH_3 الى N_2)، مبينًا لهم أن النسبة المولية هي النسبة بين عدد مولات مادة وعدد مولات مادة أخرى.
- وضِّح للطلبة أن النسبة المولية تختلف باختلاف البسط والمقام، كما يأتي:

$$\frac{n\,H_2}{n\,N_2} = \frac{3}{1}$$

$$\frac{n\,N_2}{n\,H_2} = \frac{1}{3}$$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

- يجب موازنة المعادلة بتحديد عدد المولات بدقة، ثم تحديد النسبة المولية، أما كتابة النسبة المولية من دون موازنة المعادلة – فيؤدي إلى نتائج خاطئة.

الحساباتُ المبنيةُ على المولِ- الكتلةِ
Calculations based on Mole - Mass

يُستخدَمُ مفهومُ المولِ في الحساباتِ الكيميائيةِ باعتبارِهِ وحدةَ قياسٍ للمادةِ؛ إذْ تُستخدَمُ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ لتحديدِ عددِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ. فعلى سبيلِ المثالِ في المعادلةِ الموزونةِ.

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

يُلاحَظُ منَ المعادلةِ أنَّهُ عندِ تفاعلِ 3 mol منْ H_2 معَ 1 mol منِ N_2 فإنَّهُ ينتجُ 2 mol من NH_3، وتكونُ النسبةُ بينَ عددِ المولاتِ ($NH_3 : N_2 : H_2$) هي 2 : 1 : 3) على الترتيبِ، وتُسمّى النسبةَ المولية Mole Percentage وهيَ: النسبةُ بينَ عددِ مولاتِ موادٍ إلى عددِ مولاتِ موادٍ أخرى، ويمكنُ كتابةُ النسبةِ المولية للهيدروجينِ مثلاً H_2 بدلالةِ عددِ مولاتهِ إلى عددِ مولاتِ النيتروجينِ N_2، كما يأتي:

$$\frac{n\,H_2}{n\,N_2} = \frac{3}{1}$$

وأيضًا يمكنُ كتابةُ النسبةِ المولية للهيدروجينِ H_2 بدلالةِ عددِ مولاتهِ إلى عددِ مولاتِ NH_3، كما يأتي:

$$\frac{n\,H_2}{n\,NH_3} = \frac{3}{2}$$

وكذلكَ الحالُ عندَ كتابةِ النسبةِ المولية للنيتروجينِ N_2 بدلالةِ H_2 أو NH_3.

$$\frac{n\,N_2}{n\,H_2} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{n\,N_2}{n\,NH_3} = \frac{1}{2}$$

حساباتُ (المولِ – المولِ) Calculations Mole-Mole

تُستخدَمُ النسبةُ المولية في تحويلِ عددِ مولاتِ المادةِ المعلومةِ إلى عددِ مولاتِ المادةِ الأخرى المطلوبِ حسابُها في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ، وعلى سبيلِ المثالِ في المعادلةِ السابقةِ عندَ تفاعلِ 0.1 mol منَ الهيدروجينِ فإنَّهُ يمكنُ حسابُ عددِ مولاتِ النيتروجينِ المتفاعلةِ على النحوِ الآتي:

نحددُ النسبةَ المولية للمادةِ المطلوبةِ، وهيَ النيتروجينُ N_2.

$$\frac{n\ N_2}{n\ H_2} = \frac{1}{3}$$

نحسبُ عددَ مولاتِ النيتروجينِ اللازمةِ للتفاعلِ، وذلكَ بضربِ النسبةِ المولية لهُ في عددِ مولاتِ الهيدروجينِ المعطاةِ في السؤالِ، كما يأتي:

$$n\ N_2 = \frac{1}{3} \times 0.1\ mol = 0.03\ mol$$

المثالُ 14

في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

أحسبُ عددَ مولاتِ H_2O الناتجةِ عنْ تفاعلِ 4 mol منْ O_2 معَ كميةٍ كافيةٍ منَ الهيدروجينِ.

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ، نجدُ النسبةَ المولية لـ H_2O بدلالةِ O_2 كالآتي:

$$\frac{n\ H_2O}{n\ O_2} = \frac{2}{1}$$

ولحسابِ عددِ مولاتِ H_2O الناتجةِ نضربُ النسبةَ المولية لَها في عددِ مولاتِ O_2 المُعطاةِ في السؤالِ،كما يأتي:

$$n\ H_2O = \frac{2}{1} \times 4\ mol = 8\ mol$$

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما أهمية معرفة النسبة المولية؟

- استمع الإجابات الطلبة، ثم بيِّن لهم أهميتها في تحويل عدد مولات مادة إلى أخرى.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (14)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$$

احسب عدد مولات N_2 اللازمة للتفاعل مع كمية كافية من الأكسجين؛ لإنتاج 15 mol من NO .

الحل:

$$\frac{n\ N_2}{n\ NO} = \frac{1}{2}$$

وبضرب النسبة المولية في عدد مولات المادة المعطاة في السؤال ينتج عدد المولات المطلوبة، أي أن:

عدد المولات المطلوبة = النسبة المولية × عدد المولات المعطاة

$$\frac{1}{2} \times 15 = 7.5\ mol$$

المناقشة:

- وجه الى الطلبة السؤال الاتي: ما اهمية معرفة عدد مولات المواد الفعلية في التفاعل؟
- وضِّح للطلبة أنه بمعرفة عدد مولات المادة فإنه يمكن معرفة كتلة المادة اللازمة للتفاعل أو الناتجة عنه، مبينًا لهم كتل المواد المتفاعلة والناتجة في معادلة التفاعل الموزونة $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$ كالآتي:

	2Mg	O_2	2MgO
n	2	1	1
Mr	24	32	40
m	48	32	80

حساباتُ (مولٍ – كتلةٍ) Mass- Mole Calculations

يُلاحَظُ مما سبقَ أنَّ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونة تشيرُ إلى نسبِ أَعدادِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ. وحيثُ يمثلُ المولُ الواحدُ منْ أيةِ مادةٍ الكتلةَ المولية لَها؛ فإنَّهُ يمكنُ حسابُ كتلِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ في المعادلةِ الموزونةِ بمعرفةِ عددِ مولاتِها، ففي المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ مثلاً:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

يُلاحَظُ أَنَّهُ تفاعَلَ 2 mol منْ Mg معَ 1 mol منْ O_2 لتكوينِ 2 mol منْ MgO، وبتحويلِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ إلى كتلٍ، ينتجُ:

$$(48g)\ Mg + (32g)\ O_2 \rightarrow (80g)\ MgO$$

يُلاحظُ أنَّ مجموعَ كتلِ الموادِّ المتفاعلةِ يساوي كتلةَ المادةِ الناتجةِ، وهذا يتفقُ معَ قانونِ حفظِ الكتلةِ.

المثالُ 15

في معادلةِ التفاعلِ الموزونةِ: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$

أحسبُ كتلةَ H_2 اللازمةَ للتفاعلِ معَ 7 mol منْ O_2، علمًا بأنَّ كتلةَ 1 mol منْ H_2 تساوي 2 g/mol.

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى معادلةِ التفاعلِ الموزونةِ نجدُ أنَّ النسبةَ المولية لـ H_2 هيَ:

$$\frac{n\ H_2}{n\ O_2} = \frac{2}{1}$$

نستخدمُ النسبةَ المولية لتحويلِ مولاتِ O_2 إلى مولاتِ H_2 المطلوبةِ كما يأتي:

$$n\ H_2 = \frac{2}{1} \times 7\ mol = 14\ mol$$

فإنَّهُ يمكنُ تحويلُ مولاتِ الهيدروجينِ إلى كتلةٍ كما يأتي:

$$m\ H_2 = \frac{2\ g}{1\ mol} \times 14\ mol = 28\ g$$

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (15)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

في معادلة التفاعل الموزونة $4Al_{(s)} + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

احسب كتلة Al_2O_3 الناتجة عن تفاعل 24 mol من Al مع كمية كافية من الأكسجين؛ علمًا بأن الكتلة المولية Al_2O_3 تساوي 102 g/mol

الحل:

$$\frac{n\ Al_2O_3}{n\ Al} = \frac{2}{4}$$

$$\frac{2}{4} \times 24 = 12\ mol$$

$$m = 12 \times 102 = 1224\ g$$

المثالُ 16

أحسبُ كتلةَ Fe الناتجةَ عنْ تفاعلِ 9 mol منَ الكربونِ C، وفقَ المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ: (علمًا بأنَّ كتلةَ المولِ: Fe = 56 g/mol)

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

الحلُّ:

$$\frac{n\ Fe}{n\ C} = \frac{2}{3}$$

$$n\ Fe = \frac{2}{3} \times 9\ mol = 6\ mol$$

$$m\ Fe = \frac{56\ g}{1\ mol} \times 6\ mol = 336\ g$$

حساباتُ (كتلةٍ – كتلةٍ) Mass - Mass Calculations

منَ المُلاحَظِ في ما سبقَ أنَّهُ بمعرفةِ عددِ مولاتِ المادةِ المتفاعلةِ أوِ الناتجةِ والنسبةِ المولية لَها، يمكنُ حسابُ عددِ مولاتِ مادةٍ أخرى وكتلتِها. وبهذا؛ يمكنُ أيضًا حسابُ كتلةِ مادةٍ متفاعلةٍ أوْ ناتجةٍ عنْ طريقِ معرفةِ كتلةِ مادةٍ أخرى في المعادلةِ الموزونةِ كالآتي:

المثالُ 17

في معادلةِ التفاعلِ الآتيةِ: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

أحسبُ كتلةَ الأمونيا NH_3 الناتجةَ عنْ تفاعلِ 56g منَ النيتروجينِ، والكتلَ الذريةَ (H = 1 , N = 14)

الحلُّ:

أحوِّلُ كتلةَ النيتروجينِ المعلومةَ في السؤالِ إلى مولاتٍ:

$$n\ N_2 = 56\ g \times \frac{1\ mol\ N_2}{28\ g} = 2\ mol$$

أجدُ النسبةَ المولية لـ NH_3

$$= \frac{n\ NH_3}{n\ N_2} = \frac{2}{1}$$

أحسبُ عددَ مولاتِ NH_3:

$$n\ NH_3 = \frac{2}{1} \times 2mol = 4\ mol$$

ومنْها أحسبُ كتلتَها:

$$m\ NH_3 = \frac{17\ g}{1\ mol} \times 4\ mol = 68\ g$$

✓ أتحقَّقُ: اعتمادًا على المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ: $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

1 – أحسبُ عددَ مولاتِ O_2 اللازمةِ للتفاعلِ مع 5 mol منْ عنصرِ Mg

2 – أحسبُ كتلةَ MgO الناتجةَ عنِ احتراقِ 6g منْ عنصرِ Mg احتراقًا تامًّا، بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ.

✓ أتحقَّقُ:

1.

$$\frac{n\ O_2}{n\ Mg} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{2}{1} \times 5 = 2.5\ mol$$

2.

$$n\ Mg = 6g \times \frac{1}{24} = 0.25\ mol = nMgO$$

$$m\ MgO = 40 \times 0.25 = 10\ g$$

إضاءة للمُعلِّم

يمكن تجميع حسابات كتلة– كتلة في خطوة واحدة كما يأتي:

$$g\ A \xrightarrow{\div\ MrA} mol\ A \xrightarrow{\times\ Mol\ Percent} mol\ B \xrightarrow{g\ B} \times MrB$$

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثال (16)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

احسب كتلة Br_2 اللازمة للتفاعل مع كمية كافية من الهيدروجين؛ لإنتاج 10mol من HBr، وفق المعادلة الموزونة الآتية:

($Mr\ Br_2 = 160$ g/mol)

$$H + Br_2 \rightarrow 2HBr$$

الحل:

$$\frac{n\ Br_2}{n\ HBr} = \frac{1}{2}$$

$$n\ Br_2 = 10\ mol \times \frac{1}{2}$$

$$= 5\ mol$$

$$m\ Br_2 = 160 \times 5 = 800g$$

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثال (17)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

احسب كتلة NOCl الناتجة عن تفاعل 7.1g من Cl_2، وفق المعادلة الموزونة:

$$2NO + Cl_2 \rightarrow 2NOCl$$

(Mr g/mol $Cl_2 = 71$, $NOCl = 65{,}5$)

الحل:

$$\frac{n\ NOCl}{n\ Cl_2} = \frac{2}{1}$$

$$nCl_2 = 0.1\ mol$$

$$n\ NOCl = 2 \times 0.1 = 0.2mol$$

$$m\ NOCl = 0.2 \times 65.5 = 13.1g$$

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بكل من المردود المتوقع (النظري)، المردود الفعلي (الحقيقي)، المردود المئوي؟

- تقبل إجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الإجابة الصحيحة، المردود المتوقع (Py): كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل. أما المردود الفعلي (Ay): فهو كمية المادة الناتجة فعليًّا من التفاعل. المردود المئوي (Y): النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري.
- وجِّه الطلبة إلى دراسة العلاقة الرياضية للمردود المئوي؛ تمهيدًا لتطبيق حسابات كيميائية عليه.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (18)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
- في تفاعل ما تم الحصول على 15g فقط من مادة، فإذا كان المردود المتوقع 25 g؛ فاحسب المردود المئوي للتفاعل.

الحل:

$$Y = \frac{Py}{Ay} \times 100\%$$

$$= \frac{15}{25} \times 100\% = 60\%$$

أبحثُ

وجِّه الطلبة إلى موضوع (ابحث)، وبيِّن لهم أنه سيتم تقييمه على تسلسل الأفكار، وتوثيق المراجع، وتدعيم البحث بالصور والأشكال.

✓ أتحقَّقُ:

المردود الفعلي هو كمية المادة الفعلية الناتجة من التفاعل، والتي يحددها الكيميائي من التجارب الدقيقة. أما المردود المتوقع فهو كمية المادة الناتجة المسحوبة نظريًّا.

أفكِّرُ

– استخدام مواد متفاعلة غير نقية.

– أو يكون التفاعل غير تام.

– أو يحدث فقدان لجزء من كمية الناتج؛ بسبب نقله من وعاء إلى آخر، أو عمليات الترشيح، أو أية عمليات كيميائية أخرى.

المردودُ المئويُّ Percentage Yield

تعلمتُ في الحساباتِ السابقةِ حسابَ كميةِ مادةٍ ناتجةٍ عنِ التفاعلِ منْ معرفةِ كميةِ مادةٍ أخرى في التفاعلِ، ومعادلةِ التفاعلِ الكيميائيةِ الموزونةِ، وتُسمّى كميةُ المادةِ الناتجةُ المحسوبةُ منَ التفاعلِ المردودَ المتوقعَ (النظريَّ) Predict Yield ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (P_y). أمّا كميةُ المادةِ الناتجةُ فعليًّا منَ التفاعلِ التي يحددُها الكيميائيُّ منَ التجاربِ الدقيقةِ فتُسمّى المردودَ الفعليَّ(الحقيقيَّ) Actual Yield . ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (A_y).

وبمعرفةِ المردودِ النظريِّ والمردودِ الفعليِّ للمادةِ الناتجةِ يمكنُ حسابُ المردودِ المئويِّ Percentage Yield(Y) وهوَ النسبةُ المئويةُ للمردودِ الفعليِّ إلى المردودِ النظريِّ، ويُعبَّرُ عنهُ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$\text{المردودُ المئويُّ للتفاعلِ} = \frac{(\text{المردودَ الفعليَّ})}{(\text{المردودِ المتوقعِ})} \times 100\ \%$$

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\ \%$$

أفكِّرُ لماذا تكونُ نسبةُ المردودِ الفعليِّ أقلَّ بشكلٍ عامٍّ منْ نسبةِ المردودِ المتوقعِ؟

أبحثُ

أرجعُ إلى المواقعِ الإلكترونيةِ عبرَ شبكةِ الإنترنتِ، وأكتبُ تقريرًا عنِ النسبةِ المئويةِ لنقاوةِ المادةِ (Percentage Purity) مبينًا أهميتَها في الصناعاتِ الكيميائيةِ، وكيفَ يجري حسابُها. وأناقشهُ معَ زملائي ومعلمي.

المثالُ 18

في تفاعلٍ ما حصلْنا على 2.64 g منْ كبريتاتِ الأمونيومِ. فإذا علمتُ أنَّ المردودَ المتوقعَ 3.3g فأحسبُ المردودَ المئويَّ للتفاعلِ.

الحلُّ:

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\%$$

$$= \frac{2.64}{3.3} \times 100\% = 80\%$$

✓ أتحقَّقُ:

ما الفرقُ بينَ المردودِ الفعليِّ، والمردودِ المتوقعِ للتفاعلِ؟

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ**: ما أهميةُ الحساباتِ الكيميائيةِ؟

2 – **أوضحُ** المقصودَ بكلٍّ منَ:

- النسبةِ المئويةِ بالكتلةِ لعنصرٍ.
- الصيغةِ الأوليةِ.
- الصيغةِ الجزيئيةِ.
- المردودِ المئويِّ للتفاعلِ.

3 – ما الصيغةُ الأوليةُ لمركبٍ يتكونُ منْ تفاعلِ 2.3g منَ الصوديومِ Na معَ 8g منَ البرومِ Br؟

4 – ما الصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يتكونُ منْ 92.3% منَ الكربونِ، و 7.7% منَ الهيدروجينِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للمركبِ 26 g /mol؟

5 – **أحسب** كتلةَ أكسيدِ الحديدِ (III) Fe_2O_3 الناتجةَ منْ تفاعلِ 9.12g منْ كبريتاتِ الحديدِ (II) $FeSO_4$ علمًا بأنَّ معادلةَ التفاعلِ الموزونةَ هيَ:

$$2FeSO_{4(s)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

6 – **أحسبُ** عددَ مولاتِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 الناتجةِ عنِ احتراقِ 6 mol منْ غازِ الإيثانِ C_2H_6 احتراقًا تامًّا في كميةٍ وافرةٍ منْ غازِ الأكسجينِ. وذلكَ حسبَ المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

7 – **أحسبُ** المردودَ المئويَّ لتفاعلٍ ما لإنتاجِ أكسيدِ الكالسيومِ؛ علمًا بأنَّ المردودَ المتوقعَ 5.6g والمردودَ الفعليَّ 2.8g

مراجعة الدرس

1 ارجع إلى محتوى الدرس.

2 ارجع إلى محتوى الدرس.

3

	Na	Br
كتلة العنصر	2.3	8
عدد مولات كل عنصر	$\frac{2.3}{23}=0.1$	$\frac{8}{80}=0.1$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية **NaBr**

4

	C	H
النسبة المئوية لكل عنصر	92.3	7.7
عدد مولات كل عنصر	$\frac{92.3}{12}=7.7$	$\frac{7.7}{1}=7.7$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية **CH** ومنها تحسب الصيغة الجزيئية كما يأتي: $\frac{26}{13}=2$

5

$2 \times (CH) = \mathbf{C_2H_2}$

Mr بوحدة g/mol لكل من $FeSO_4$ (152) و Fe_2O_3 (160)

$$\frac{n Fe_2O_3}{n\ FeSO_4} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \times 0.06 = 0.03 \text{ mol}$$

$$m = 160 \times O.03 = 4.8 \text{ g}$$

6 عدد المولات المطلوبة = النسبة المولية × عدد المولات المعطاة

$$\frac{4}{2} \times 6 = 12 \text{ mol}$$

7

$$Y = \frac{2.8}{5.6} \times 100\% = 50\%$$

الإثراء والتوسع

الوسادة الهوائية Air Bags

الهدف: البحث في عمل الوسادة الهوائية في السيارات الحديثة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطرح عليهم الأسئلة التالية، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في عمل الوسادة الهوائية، ووجِّههم الى إجابة الأسئلة الآتية:

- ما أهمية استخدام الوسادة الهوائية في السيارات؟

لمنع ارتطام السائق بمقود السيارة لحظة اصطدام السيارة بسيارة أخرى أو بأي جسم آخر؛ حيث يتمدد الهواء داخل الوسادة فتنتفخ وتتضخم، وتعمل على حماية السائق.

- ما أثر الحسابات الكيميائية في استخدام كمية هواء مناسبة للوسادة؟

لتقدير الكميات الدقيقة من المواد الكيميائية اللازمة للتفاعل داخل الوسادة؛ حتى يكون نظام الأمان فعّالًا.

- ما المواد الكيميائية المستخدمة في الوسادة وما عملها؟

أزايد الصوديوم NaN_3 ونترات البوتاسيوم KNO_3 وعند حدوث التصادم يتحلل أزيد الصوديوم منتجًا الصوديوم وغاز النيتروجين، أما نترات البوتاسيوم فتتفاعل مع الصوديوم لمنع تفاعله مع الماء.

- ما التفاعلات الكيميائية التي تحصل في الوسادة؟

$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$

$10Na(s) + 2KNO_3(s) \rightarrow K_2O(s) + 5Na_2O(s) + N_2$

الوسادةُ الهوائيةُ Air Bags

تُستخدَمُ في السياراتِ الحديثةِ الصنعِ وسادةٌ هوائيةٌ؛ لمنعِ ارتطامِ السائقِ بمقودِ السيارةِ لحظةَ اصطدامِ السيارةِ بسيارةٍ أخرى أوْ بأيِّ جسمٍ آخرَ؛ حيثُ يتمددُ الهواءُ داخلَ الوسادةِ فتنتفخُ وتتضخمُ، وتعملُ على حمايةِ السائقِ. وفي حالةِ احتواءِ الوسادةِ على كميةٍ كبيرةٍ منَ الهواءِ فإنَّها تصبحُ قاسيةً، وهوَ ما قدْ يسببُ جروحًا بسببِ عدمِ تخفيفِ تاثيرِ الصدمةِ. وفي المقابلِ فإنَّ كميةَ الهواءِ القليلةَ تكونُ غيرَ كافيةٍ لمنعِ تأثيرِ ارتطامِ السائقِ.

ولذلكَ يستخدمُ المهندسونَ الحساباتِ الكيميائيةَ لتقديرِ الكمياتِ الدقيقةِ منَ الموادِّ الكيميائيةِ اللازمةِ للتفاعلِ داخلَ الوسادةِ؛ حتى يكونَ نظامُ الأمانِ فعالًا.

ومنَ الموادِّ المستخدمةِ في الوسادةِ الهوائيةِ مركَّبا أزايدِ الصوديومِ NaN_3، ونتراتِ البوتاسيومِ KNO_3، وعندَ حدوثِ التصادمِ تحدثُ سلسلةٌ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، منْها تحللُ مركبِ أزايدِ الصوديومِ منتجًا الصوديومَ وغازَ النيتروجينِ كما يأتي:

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

حيثُ يتسببُ غازُ النيتروجينِ بانتفاخِ الوسادةِ الهوائيةِ. في حينِ تتفاعلُ نتراتُ البوتاسيومِ معَ الصوديومِ وذلكَ لمنعِ تفاعلِهِ معَ الماءِ، كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$10Na_{(s)} + 2KNO_{3(s)} \rightarrow K_2O_{(s)} + 5Na_2O_{(s)} + N_{2(g)}$$

وفي المحصلةِ فإنَّ الموادَّ الناتجةَ عنْ هذهِ التفاعلاتِ تكونُ غيرَ ضارةٍ.

في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ تركيبِ الوسادةِ الهوائيةِ وكيفيةِ عملِها، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أُناقِشُهُ معَ زملائي.

مراجعةُ الوحدةِ

1. ما المقصودُ بكلٍّ منَ المصطلحاتِ الكيميائيةِ الآتيةِ:
   - المولُ.
   - الكتلةُ الجزيئيةُ.
   - التفاعلُ الكيميائيُّ.
   - قانونُ حفظِ الكتلةِ.
   - المردودُ المئويُّ للتفاعلِ.
   - النسبُ المئويةُ لكتلةِ عنصرٍ في مركبٍ.

2. أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً تمثلُ:
   أ . تفاعلَ عنصرِ الحديدِ الصلبِ معَ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ أكسيدِ الحديدِ (III) الصلبِ.
   ب.تفاعلَ كربوناتِ الكالسيومِ الصلبةِ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ لإنتاجِ كلوريدِ الكالسيومِ الصلبِ وغازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ والماءِ السائلِ.
   جـ.تفاعلَ أيوناتِ الفضةِ معَ أيوناتِ البروميدِ؛ لتكوينِ راسبٍ منْ بروميدِ الفضةِ.

3. **أستنتجُ** الصيغةَ الأوليةَ للمركبِ في كلٍّ منَ الحالاتِ الآتيةِ:
   أ . تفاعلُ 2.3 g منَ الصوديومِ معَ 8 g منَ البرومِ.
   ب.تفاعلُ 0.6 g منَ الكربونِ معَ الأكسجينِ لتكوينِ 2.2 g منْ أكسيدِ الكربونِ.

4. **أستنتجُ** الصيغةَ الجزيئيةَ لمركبٍ صيغتُهُ الأوليةُ CH_2 وكتلتُهُ الموليةُ 28 g .

5. يحترقُ عنصرُ المغنسيومِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

   أ . **أحسبُ** كتلةَ المغنيسيومِ اللازمةَ لإنتاجِ 8 g منِ أكسيدِ المغنيسيومِ.
   ب.**أحسبُ** كتلةَ الأكسجينِ اللازمةَ لإنتاجِ 20 g منِ أكسيدِ المغنيسيومِ.

6. **أحسبُ** عددَ المولاتِ في: 9.8 g منْ حمضِ الكبريتيكِ H_2SO_4

7. تتحللُ كربوناتُ الكالسيومِ بالحرارةِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

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

   فإذا علمتُ أنَّ الكتلَ الذريةَ:(C = 12, O = 16, Ca = 40)
   أ . **فأحسبُ** كتلةَ أكسيدِ الكالسيومِ الناتجةَ عنْ تسخينِ 50 g منْ كربوناتِ الكالسيومِ.
   ب.**وأحسبُ** المردودَ المئويَّ للتفاعلِ إذا حصلْنا على 15 g فقطْ منْ أكسيدِ الكالسيومِ.

8. كربيدُ السيلكونِ SiC مادةٌ قاسيةٌ تستخدمُ في صناعةِ ورقِ الزجاجِ وحجرِ الجلخِ، ويتمُّ الحصولُ عليهِ منْ تسخينِ أكسيدِ السيلكونِ معَ الكربونِ وفقَ المعادلةِ:

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

فإذا عُلِمَ أنَّ الكتلَ الذريةَ للعناصرِ المذكورةِ كالآتي: (C = 12, O = 16, Si = 28)

7 أ . 28 g

ب . تقريبا 54%

8 أ . $SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + 2CO(g)$

ب . 1mol

جـ . 53.3 g

د . 30%

1 ارجع إلى المحتوى.

2 المعادلات:

أ . $Fe(s) + O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s)$

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

جـ . $Ag^+(aq) + Br^-(aq) \rightarrow AgBr(s)$

3 أ . NaBr

ب . CO_2

4 $\frac{28}{14} = 2$

$2\ (CH_2) = C_2H_4$

5 أ .

$$n\ MgO = \frac{1\ mol}{40\ g} \times 8\ g = 0{,}2\ mol$$

$$\frac{n\ Mg}{n\ MgO} = \frac{2}{2} = 1$$

$$n\ Mg = 0.2\ mol$$

$$m\ Mg = \frac{24g}{1\ mol} \times 0.2\ mol = 4.8\ g$$

ب .

$$n\ MgO = 0.625\ mol$$

$$\frac{n\ O_2}{n\ MgO} = \frac{1}{2}$$

$$n\ O_2 = 0.625 \times \frac{1}{2}$$

$$m\ O2 = 0.3125 \times 0.625 = 0.2\ g$$

6 0.1 mol

8 أ . $SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + 2CO(g)$

ب . 1mol

جـ . 53.3 g

د . 30%

9 على الترتيب: اتحاد ، إحلال أحادي ، تحلل

10 1 . جـ

2 . جـ

3 . أ

11 a . اتحاد (مادتان تنتجان مادة واحدة).

b . تحلل (مادة واحدة تنتج مادتين).

c . احلال احادي (استبدال ذرة محل ذرة)

12 أ . C% = 81.8 , H% = 18.2

ب . C_3H_8

أ . **فازِنْ** معادلةَ التفاعلِ.

ب.**أحسبْ** عددَ مولاتِ CO الناتجةِ عنْ تفاعلِ 0.5 mol منْ SiO_2

جـ.**أحسبْ** كتلةَ SiC الناتجةَ عنْ تفاعلِ 4 mol منْ ذراتِ الكربونِ.

د . **أحسبْ** النسبةَ المئويةَ لعنصرِ الكربونِ في المركبِ SiC.

9. **أصنفُ** المعادلاتِ الآتيةَ حسبَ أنواعِها: (إلى اتحادٍ، أوْ تحللٍ، أوْ إحلالٍ أحاديٍّ):

$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$

$Mg_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + MgSO_{4(aq)}$

$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_{3(s)} + 4H_2O_{(g)} + N_{2(g)}$

10. أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ في كلٍّ ممّا يأتي:

1. ما عددُ مولاتِ ذراتِ الأكسجينِ الموجودةِ في 1 mol منْ $AgNO_3$؟

أ . 1 ب. 2 جـ. 3 د. 4

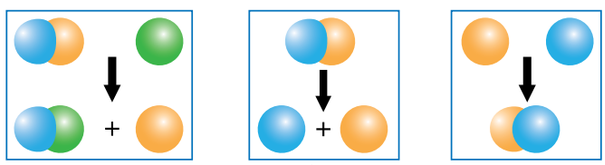
2. أيٌّ منَ الآتيةِ يعدُّ الكتلةَ المولية لمركبِ Na_2SO_4 (بوحدةِ g /mol)؟

أ . 71 ب. 119 جـ. 142 د. 183

3. تُسمّى كميةُ المادةِ الناتجةِ المحسوبةُ منَ التفاعلِ:

أ . المردودَ المتوقعَ. ب. المردودَ الفعليَّ. جـ. الكتلةَ المولية. د . المولَ.

11. **أميزُ** التفاعلاتِ الواردةَ في النماذجِ الآتيةِ وأفسرُها:



c b a

12. مركبٌ كتلتهُ 8.8 g يتكونُ فقطْ منْ عنصريْ الكربونِ والهيدروجينِ، وكتلةُ الهيدروجينِ: 1.6 g

أ .**أحسبْ** النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصريْ الكربونِ والهيدروجينِ في المركبِ.

ب.**أستنتجُ:** أيُّ الصيغتيْنِ تمثلُ المركبَ C_2H_6 أم C_3H_8؟