تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

تجميعة صفحات الكتاب وفق الهيكل الوزاري منهج بريدج

موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف العاشر المتقدم ⇦ كيمياء ⇦ الفصل الثاني ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف

تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2025-03-02 22:27:38

المزيد من مادة كيمياء:	ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس
	إعداد: كوثر هنداوي

التواصل الاجتماعي بحسب الصف العاشر المتقدم

صفحة المناهج الإماراتية على فيسبوك					
المواد على تلغرام	التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات	

المزيد من الملفات بحسب الصف العاشر المتقدم والمادة كيمياء في الفصل الثاني

1	مراجعة شاملة على شاكلة الاختبار الالكتروني
2	الهيكل الوزاري الامتحاني الجديد منهج انسباير
3	تجميعة صفحات الكتاب وفق الهيكل الوزاري
4	الهيكل الوزاري الامتحاني الجديد منهج بريدج
5	عرض بوربوينت درس القسم الأول قياس المادة

التفاعلات الكيميائية

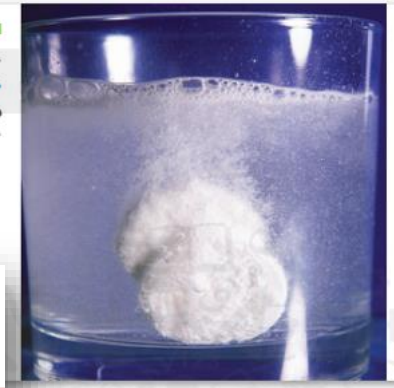
كيف تؤثر التفاعلات الكيميائية على حياتنا ؟

هل تعلم أن الطعام الذي تتناوله والأنسجة في ملابسك والبلاستيك في أقراصك المضغوطة تشترك في شيء ما؟ ينتج الطعام والأنسجة والبلاستيك عندما يعاد ترتيب الذرات في المواد لتكوين مواد جديدة. لقد أعيد ترتيب الذرات خلال حريق الغابات الظاهر في الصورة في بداية الوحدة. وأعيد ترتيبها أيضًا عندما ألقيت قرصًا فوارًا في وعاء يحتوي على ماء وكاشف خلال التجربة الاستهلالية.

العملية التي يعاد فيها ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة تسمى **التفاعل الكيميائي**. التفاعل الكيميائي هو تسمية أخرى للتغير الكيميائي الذي قرأت عنه في السابق. تؤثر التفاعلات الكيميائية على كل جزء من حياتك. فهي تحلل طعامك وتنتج الطاقة التي تحتاج إليها كي تحيا. كذلك، تحدث تفاعلات كيميائية داخل محركات السيارات والحافلات، فتزودها بالطاقة كي تعمل. ومن خلالها، تُنتج الأنسجة مثل القطن والصوف في النباتات والحيوانات. أما في المعامل فهي تُنتج الأنسجة الصناعية مثل النايلون [illegible].

الدليل على حدوث تفاعل كيميائي كيف تستطيع معرفة أن تفاعلًا كيميائيًا قد حدث؟ رغم أنه من الصعب اكتشاف حدوث بعض التفاعلات الكيميائية، إلا أن الكثير من التفاعلات تعطينا أدلة على حدوث هذه التفاعلات. التغير في درجة الحرارة يمكن أن يشير إلى حدوث تفاعل كيميائي. ثمة العديد من التفاعلات، كتلك التي تحدث خلال إحتراق الخشب، تطلق طاقة في صورة حرارة وضوء. في حين أن تفاعلات أخرى تمتص حرارة أثناء حدوثها.

الشكل 1 عندما يتفاعل ثاني كلوريد الأديبيل في وجود ثنائي كلوروميثان مع ثنائي أمينو هكسان، ينتج النايلون. يُستعمل النايلون في الكثير من المنتجات، منها صناعة السجاد والملابس والمعدات الرياضية والإطارات.



الشكل 2 تبين كل من هذه الصور دليلًا على حدوث تفاعلًا كيميائيًا.
صِف الدليل الوارد في كل من الصورتين والذي يشير إلى أن تفاعلًا كيميائيًا قد حدث.

بالإضافة إلى التغير في درجة الحرارة، قد تشير بعض الأدلة الأخرى إلى أن تفاعلًا كيميائيًا قد حدث. أحد الأدلة على حدوث تفاعل كيميائي هو تغير اللون. فربما لاحظت مثلًا أن لون بعض المسامير التي تُركت في الخارج يتغير من الفضي إلى البرتقالي المائل إلى البني في وقت قصير. تغير اللون دليل على حدوث تفاعل كيميائي بين الحديد في المسمار والأكسجين الموجود في الهواء. كما إن تغيّر لون الموزة، من الأخضر إلى الأصفر يعدّ دليلًا على أن تفاعلًا كيميائيًا قد حدث. الرائحة وتصاعد الغاز وتكوّن مادة صلبة هي أدلة أخرى على حدوث تغير كيميائي. تظهر كل من الصور الموجودة في **الشكل 2** أدلة على حدوث تفاعل كيميائي.

تمثيل التفاعلات الكيميائية

يستخدم الكيميائيون عبارات تسمى "المعادلات" لتمثيل التفاعلات الكيميائية. تُظهر المعادلات **المتفاعلات** الداخلة في التفاعل، وهي المواد التي تبدأ بالتفاعل **والنواتج**، وهي المواد التي تكونت خلال التفاعل. لا تعبر المعادلات الكيميائية عن معادلات عددية كما في الرياضيات لأن المتفاعلات تُستهلك أثناء تكوّن النواتج في التفاعلات الكيميائية. بل عوضًا عن ذلك تُظهر المعادلات التي يستخدمها الكيميائيون الاتجاه الذي يسلكه التفاعل. وبالتالي يُستعمل السهم بدلًا من إشارة المساواة لفصل المتفاعلات عن النواتج. ويُقرأ السهم تتفاعل لتنتج أو تعطي. تُكتب التفاعلات على الجهة اليسرى من السهم وتُكتب النواتج على الجهة اليمنى من السهم. عندما يكون لدينا متفاعلًا أو أكثر، أو عندما يكون لدينا ناتجَين أو أكثر، نضع إشارة الجمع لفصل بين المتفاعلات أو النواتج. الحيلة أدناه توضح عناصر كتابة المعادلة.

الناتج 2+ الناتج 1 ← المتفاعل 2 + المتفاعل 1

في المعادلات، نستعمل الرموز لإظهار الحالات الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج يمكن أن تتواجد المتفاعلات والنواتج في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية أو الذائبة في الماء (محلول مائي). من المهم إظهار الحالات الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج في التفاعل لأن الحالات الفيزيائية تعطينا دلائل على كيفية حدوث التفاعل. بعض الرموز الأساسية التي تُستعمل في المعادلات مبينة في **الجدول 1**.

الجدول 1 الرموز المستخدمة في المعادلات

الرمز	الغرض
+	تفصل بين متفاعلين أو أكثر أو ناتجين أو أكثر
→	تفصل المتفاعلات عن النواتج
⇌	تفصل المتفاعلات عن النواتج وتدل على أن التفاعل انعكاسي.
(s)	تحدد حالة صلبة
(l)	تحدد حالة سائلة
(g)	تحدد حالة غازية
(aq)	تحدد محلولًا مائيًا

وزاري

Which of the following does Not show an evidence of a chemical reaction?

Which figures illustrates evidence of a chemical reaction?

يمثل دليلا على حدوث تفاعل كيميائي؟

1
A banana changing from

2
Fireworks

3
Water boiling

4
Chocolate

Learning Outcomes Covered
- CHM.5.3.01.013
- CHM.5.3.01.014

a. 1 and 3 only — 1 و 3 فقط
b. 1 and 2 only — 1 و 2 فقط
c. 3 and 4 only — 3 و 4 فقط
d. 2 and 3 only — 2 و 3 فقط

وزاري

أي الرموز التالية تُمثل الحالة الغازية للمادة؟

(l) (aq)

(s) (g)

T.KAWTHAR HENDAWI

وزاري

أي المعادلات التالية موزونة

$2Al_{(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2AlCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$

$2Al_{(s)} + 6HCl_{(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(\ell)} + 3H_{2(aq)}$

$2AlCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2Al_{(s)} + 6HCl_{(aq)}$

$3Al_{(aq)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow 3AlCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$

وزاري

ما المعامل الذي يزن بشكل صحيح المعادلة الكيميائية أدناه؟

$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + \cdots NaBr_{(aq)}$

1
3
2
4

■ **الشكل 4** المعلومات التي تخبرنا بها المعادلات بالصيغ محدودة. في هذه الحالة، تكون المعادلة بالصيغ م... لكنها لا تبين العدد الدقيق للذر... الداخلة في التفاعل والناتجة ع... **الجدول R-1** في كتيب موارد... لمعرفة دلالة لون الذرات.

المعادلات الكيميائية شأنها شأن المعادلات بالكلمات، تفتقر المعادلات بالصيغ إلى بعض المعلومات عن التفاعلات. تذكر أن قانون حفظ الكتلة ينص على أن الكتلة لا تُستحدث ولا تفنى خلال التغيّر الكيميائي. وبالتالي يجب أن تبين المعادلات الكيميائية أن المادة تُحفظ خلال التفاعل وهذا ما لا تبينه المعادلة بالصيغ.

انظر إلى الشكل 4. تُمثل المعادلة بالصيغ للتفاعل بين الألمنيوم والبروم أن ذرة من الألمنيوم تتفاعل مع ثلاثين من البروم لتعادل ... على ذرة واحدة من الألمنيوم وثلاث ذرات من البروم. هل استُحدثت ذرة أو فُقدت ذرة خلال التفاعل؟ لا يمكن للذرات أن تُستحدث خلال التفاعلات الكيميائية. لكن تبين المعادلة بدقة، نحتاج إلى المزيد من المعلومات.

ولتمثيل تفاعل كيميائي في معادلة بدقة، يجب أن تظهر المعادلة أن عدد ذرات المتفاعلات مساوٍ لعدد ذرات النواتج على كلا جانبي السهم. تسمى هذه المعادلة بـ "معادلة كيميائية موزونة". **المعادلة الكيميائية** هي عبارة تستعمل الصيغ الكيميائية لتبين ماهية المواد المشاركة في التفاعل الكيميائي وكميتها النسبية.

ن المعادلات الكيميائية

ادلة الموزونة للتفاعل بين الألمنيوم والبروم المبينة في **الشكل 5**.تعكس قانون ظ الكتلة. لوزن معادلة ما، يجب عليك إيجاد العدد الصحيح من المعاملات ي الكيميائية في المعادلة بالصيغ. **المعامل** في المعادلة الكيميائية هو الرقم ي يكتب قبل المتفاعل أو الناتج. عادة ما تكون المعاملات أعدادًا صحيحة. لذا ي لا تُكتب عادة إذا كانت القيمة واحدًا. تصف المعاملات في المعادلة الموزونة نسبة عددية صحيحة لكمية المتفاعلات والنواتج.

■ **الشكل 5** في المعادلة الكيميائية الموزونة، يكون عدد الجسيمات في جهة المتفاعلات من المعادلة مساويًا عدد الجسيمات في جهة النواتج من المعادلة. في هذه الحالة، تحتاج إلى ذرتي ألمنيوم وست ذرات من البروم في كلا جانبي المعادلة.

27. اكتب المعاملات المناسبة في الفراغ بالمعادلة الكيميائية التالية كي تصبح موزونة ؟

$C_{10}H_{16} + \cdots Cl_2 \rightarrow \ldots C + \ldots HCl$

المعادلات بالكلمات يمكنك استخدام عبارات تسمى "معادلات بالكلمات" للإشارة إلى المتفاعلات والنواتج في التفاعلات الكيميائية. تصف المعادلة بالكلمات أدناه التفاعل بين الألمنيوم (Al) والبروم (Br). كما يظهر في **الشكل 3**. الألمنيوم جسم صلب والبروم سائل. إنّ السحابة ذات اللون الأحمر المائل إلى البنّي، الظاهرة في الصورة، هي البروم الغائر. كما إنّ الجسيمات الصلبة المترسبة في قعر الإناء الزجاجي، هي ناتج هذا التفاعل. بروميد الألمنيوم ($AlBr_3$).

الناتج 1 → المتفاعل2 + المتفاعل 1

بروميد الألمنيوم الصلب → بروم سائل + ألمنيوم صلب

نَقرأ هذه المعادلة بالكلمات كالتالي: يتفاعل الألمنيوم الصلب مع البروم السائل لينتج بروميد الألمنيوم الصلب.

المعادلات بالصيغ بالرغم من أن المعادلات بالكلمات تساعد على وصف التفاعلات الكيميائية، إلا أنها تفتقر إلى معلومات هامة. تستعمل المعادلات بالصيغ الصيغ الكيميائية بدلاً من الكلمات لتحديد المتفاعلات والنواتج. مثلاً، المعادلة بالصيغ للتفاعل بين الألمنيوم والبروم تستعمل صيغ الألمنيوم والبروم وبروميد الألمنيوم عوضًا عن الكلمات.

$Al(s) + Br_2(l) \rightarrow AlBr_3(s)$

كيف تكتب المعادلة بالصيغ التي تصف التفاعل بين الكربون والكبريت لتكوين ثاني كبريتيد الكربون؟ الكربون والكبريت عنصران في الحالة الصلبة. أولاً، اكتب الصيغ الكيميائية للمتفاعلين الموجودين على يسار السهم. ثم، إشارة الجمع وحدد حالتهما الفيزيائية.

$C(s) + S(s) \rightarrow$

أخيرًا، اكتب الصيغة الكيميائية للناتج، ثاني كبريتيد الكربون السائل على يمين السهم وحدد الحالة الفيزيائية. النتيجة هي المعادلة بالصيغ للتفاعل.

$C(s) + S(s) \rightarrow CS_2(l)$

تشير هذه المعادلة إلى أنّ الكربون في الحالة الصلبة يتفاعل مع الكبريت في الحالة الصلبة لينتج ثاني كبريتيد الكربون في الحالة السائلة.

خطوات لوزن المعادلات تستطيع وزن معظم المعادلات الكيميائية باتباع الخطوات الواردة في **الجدول 2**. فعلى سبيل المثال، بإمكانك الاستعانة بهذه الخطوات لكتابة المعادلة الكيميائية لتفاعل الهيدروجين (H_2) مع الكلور (Cl_2) الذي ينتج غاز كلوريد الهيدروجين (HCl).

■ **الشكل 3** الكيمياء، كغيرها من فروع المعرفة، لديها لغة خاصة تسمح بتبادل معلومات معينة بشكل موحد. يمكن أن يوصف التفاعل بين الألمنيوم والبروم باستخدام معادلة بالكلمات أو معادلة بالصيغ أو معادلة كيميائية موزونة.

المفردات

مفردات علمية

الصيغة
تعبير يتطوي على رموز كيميائية لتمثيل تفاعل كيميائي. الصيغة الكيميائية للماء هي H_2O.

الجدول 2 خطوات لوزن المعادلات

الخطوة	العملية	مثال
1	اكتب المعادلة بالصيغ للتفاعل. تأكد من أن الصيغ الكيميائية تمثل المواد بالشكل الصحيح. السهم يفصل المتفاعلات عن النواتج وإشارة الجمع تفصل عدة متفاعلات ونواتج بعضها عن بعض. أوضح الحالات الفيزيائية لجميع المتفاعلات والنواتج.	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow HCl(g)$
2	أحسب عدد ذرات العناصر في المتفاعلات. إذا كان التفاعل يتضمن عددًا مطابقًا من الأيونات متعددة الذرات في المتفاعلات والنواتج، فاحسب كل أيون متعدد الذرات كوحدة واحدة. هذا التفاعل لا يتضمن أي أيون متعدد الذرات. ذرتا هيدروجين تتفاعلان مع ذرتي كلور.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow$ ذرتا H و ذرتا Cl
3	أحسب عدد ذرات العناصر في النواتج. ذرة واحدة من الهيدروجين وذرة واحدة من الكلور قد نتجتا.	HCl ذرة H + ذرة Cl
4	غيّر المعاملات لجعل عدد ذرات كل عنصر متساويًا في كلا طرفي المعادلة. لا تغير العدد السفلي إطلاقًا في الصيغة الكيميائية كي تزن المعادلة لأن القيام بذلك يغير ماهية المادة.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ ذرتا H — ذرتا Cl — ذرتا H و ذرتا Cl
5	اكتب المعاملات في أصغر نسبة ممكنة لها. ينبغي أن يكون المعامل أصغر عدد صحيح ممكن. إن النسبة 1 هيدروجين إلى 1 كلور إلى 2 كلوريد الهيدروجين (2) (1:1:2) هي النسبة الصغرى لأنها لا تستطيع اختصارها أكثر من ذلك وتظل المعاملات أعدادًا صحيحة.	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ 1:1:2 1 H_2 إلى 1 Cl_2 إلى 2 HCl
6	تحقق من طريقة حلك. تأكد من أن الصيغ الكيميائية مكتوبة بالشكل الصحيح. ثم تأكد من أن عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في كلا طرفي المعادلة.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ ذرتا H + ذرتا Cl — ذرتا H + ذرتا Cl ثبة ذرة هيدروجين وذرة كلور في كلا طرفي المعادلة.

T.KAWTHAR HENDAWI

مثال 1

كتابة معادلة كيميائية موزونة اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل محلولي هيدروكسيد الصوديوم وبروميد الكالسيوم الذي يُنتِج هيدروكسيد الكالسيوم الصلب ومحلول بروميد الصوديوم.

1 تحليل المسألة

لديك المتفاعلات والنواتج في تفاعل كيميائي. ابدأ بمعادلة بالصيغ واستعن بالخطوات المذكورة في **الجدول 2** لوزن المعادلات الكيميائية.

2 حساب المجهول

اكتب المعادلة بالصيغ للتفاعل الكيميائي. احرص على وضع المتفاعلات على الجانب الأيسر من السهم والنواتج على الجانب الأيمن من السهم. افصل بين المواد بإشارة الجمع ووضح حالتها الفيزيائية.

$NaOH(aq) + CaBr_2(aq) \rightarrow Ca(OH)_2(s) + NaBr(aq)$

احسب عدد ذرات كل عنصر في المتفاعلات. — 1 Na, 1 O, 1 H, 1 Ca, 2 Br

احسب عدد ذرات كل عنصر في النواتج. — 1 Na, 2 O, 2 H, 1 Ca, 1 Br

أدخل المعامل 2 قبل NaOH لوزن أيونات الهيدروكسيد. — $2NaOH + CaBr_2 \rightarrow Ca(OH)_2 + NaBr$

أدخل المعامل 2 قبل NaBr لوزن ذرات Na و Br. — $2NaOH + CaBr_2 \rightarrow Ca(OH)_2 + 2NaBr$

اكتب المعاملات في أصغر نسبة ممكنة. — نسبة المعاملات هي 2:1:1:2

تحقق كي تتأكد من أن عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في كلا طرفي المعادلة. — المتفاعلات: 2Na, 2OH, 1Ca, 2Br
النواتج: 2Na, 2OH, 1Ca, 2Br.

4 يتفاعل كلوريد الحديد (III) مع هيدروكسيد الصوديوم في الماء لإنتاج هيدروكسيد الحديد (III) الصُّلب وكلوريد الصوديوم.

$$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{3(S)} + 3NaCl_{(aq)}$$

5 يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون CS_2 السائل مع غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2.

$$CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}$$

6 **تحفيز** يتفاعل فلز الخارصين مع حمض الكبريتيك لإنتاج غاز الهيدروجين ومحلول كبريتات الخارصين.

$$Zn_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + ZnSO_{4(aq)}$$

وزاري

يتفاعل محلول كلوريد الحديد (III) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم

لينتجا هيدروكسيد الحديد (III) الصلب ومحلول كلوريد الصوديوم.

ما المعادلة الكيميائية الموزونة التي تعبر عن هذا التفاعل؟

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

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

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

T.KAWTHAR HENDAWI

أنواع التفاعلات الكيميائية

يعمد الكيميائيون إلى تصنيف التفاعلات الكيميائية بهدف تنظيم التفاعلات الكثيرة التي تحدث بصورة يومية. إنّ معرفة فئات التفاعلات الكيميائية بإمكانها مساعدتك في فهمها وتذكرها. بإمكانها مساعدتك أيضًا في تمييز أنماط وتوقع نواتج الكثير من التفاعلات الكيميائية. إنّ إحدى الطرق التي يصنف بها الكيميائيون التفاعلات هي التمييز بين أنواعها الأربعة وهي: تفاعلات التكوين وتفاعلات الاحتراق وتفاعلات التفكك وتفاعلات الاستبدال. يندرج بعض التفاعلات تحت أكثر من نوع واحد من هذه الأنواع.

تفاعلات التكوين

في **الشكل 7**، يتفاعل الصوديوم مع الكلور لإنتاج كلوريد الصوديوم. إنّ هذا التفاعل هو **تفاعل تكوين**. إذ تتفاعل فيه ماديتان أو أكثر (A و B) لإنتاج ناتج واحد (AB).

$$A + B \rightarrow AB$$

عندما يتفاعل عنصران، يكون التفاعل دائمًا تفاعل تكوين.

من الممكن أيضًا أن يتحد مركّبان لتكوين مركّب واحد. فعلى سبيل المثال، التفاعل بين أكسيد الكالسيوم (CaO) والماء (H_2O) لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) هو تفاعل تكوين.

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$$

ثمّة نوع آخر من تفاعلات التكوين يشمل التفاعل بين مركّب وعنصر. كما يحدث عندما يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) مع غاز الأكسجين (O_2) لتكوين ثالث أكسيد الكبريت (SO_3).

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

تفاعلات الاحتراق

يمكن أن يصنّف تفاعل التكوين بين ثاني أكسيد الكبريت والأكسجين على أنه تفاعل احتراق. في **تفاعل الاحتراق**، أيضًا، مثل ذلك المبين في **الشكل 8**، يتّحد الأكسجين مع إحدى المواد مُطلقًا طاقة في صورة حرارة وضوء. يمكن أن يتّحد الأكسجين مع الكثير من المواد المختلفة بهذه الطريقة، ما يجعل تفاعلات الاحتراق شائعة الحدوث. لمعرفة المزيد عن اكتشاف التفاعل الكيميائي للاحتراق والتفاعلات الأخرى، انظر إلى **الشكل 9**.

يحدث تفاعل الاحتراق بين الهيدروجين والأكسجين عندما يُسخن الهيدروجين كما هو مبيّن في **الشكل 10**. يتكوّن الماء خلال التفاعل، وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة. ثمّة تفاعل احتراق مهم يحدث عند إشعال الفحم لإنتاج الطاقة. يسمى الفحم "وقودًا أحفوريًا" لأنه يحتوي على بقايا النباتات التي كانت حية منذ زمن بعيد، وهو يتكون بشكل أساسي من عنصر الكربون. إنّ محطات توليد الكهرباء التي تعمل باحتراق الفحم، تولّد الطاقة الكهربائية في مناطق كثيرة من العالم. إنّ التفاعل الرئيس الذي يحدث في هذه المحطات يتمّ بين الكربون والأكسجين.

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

لاحظ أن تفاعلات الاحتراق التي تم ذكرها هي أيضًا تفاعلات تكوين. لكنّ تفاعلات الاحتراق ليست جميعها تفاعلات تكوين. فعلى سبيل المثال، فتفاعل غاز الميثان (CH_4) مع الأكسجين هو تفاعل احتراق وينتج عنه أكثر من مادة.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

إنّ الميثان الذي ينتمي إلى مجموعة من المواد تسمى الهيدروكربونات، هو مركّب الرئيسي في الغاز الطبيعي. إنّ جميع المركّبات الهيدروكربونية تحتوي على الكربون والهيدروجين وتحترق مع الأكسجين لينتجا ثاني أكسيد الكربون والماء. ستتعلم المزيد عن المركّبات الهيدروكربونية في وحدة لاحقة.

تطبيقات

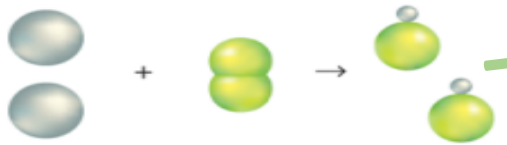
اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات التالية. صنف كل تفاعل ضمن أكثر عدد ممكن من الفئات.

14. يتفاعل الألمنيوم والكبريت لينتجا كبريتيد الألمنيوم. $2Al_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Al_2S_{3(s)}$ تكوين
15. يتفاعل الماء مع غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين لينتجا محلول حمض النيتريك. $H_2O_{(l)} + N_2O_{5(g)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)}$ تكوين
16. يتفاعل غاز الأكسجين مع غاز ثنائي أكسيد النيتروجين لينتجا غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين. $4NO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2N_2O_{5(g)}$ تكوين واحتراق
17. **تحدي** يتفاعل محلول حمض الكبريتيك (H_2SO_4) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لينتجا محلول كبريتات الصوديوم والماء. $H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$ تكوين

وزاري

مُستخدمًا الشكل أدناه،
ما نوع التفاعل الكيميائي الذي تُمثله المعادلة؟

$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$



استبدال مزدوج	التفكك
الاحتراق	التكوين

وزاري

ما نوع التفاعل الذي يتحد فيه الأكسجين مع إحدى المواد مُطلقًا طاقة في صورة حرارة وضوء؟

الاستبدال المزدوج	التفكك
الاحتراق	التكوين

T.KAWTHAR HENDAWI

متى يحل عنصر محل عنصر في تفاعلات الاستبدال الأحادي؟ عندما يكون العنصر المفرد قوي

تفاعلات الاستبدال الأحادي يبين **الشكل 12** التفاعل بين الليثيوم والماء وتُظهر المعادلة الكيميائية التالية أن ذرة ليثيوم تحلّ محل إحدى ذرات الهيدروجين في جزيء الماء.

$$2Li(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq) + H_2(g)$$

التفاعل الذي تحلّ فيه ذرات أحد العناصر محلّ ذرات عنصر آخر في المركّب يسمى **تفاعل استبدال أحادي** (الاستبدال يكون للعناصر التي تحمل نفس الشحنة)

$$A + BX \rightarrow AX + B$$

فلز يحلّ محل الهيدروجين أو محلّ فلز آخر إنّ التفاعل بين الليثيوم والماء هو أحد أنواع تفاعلات الاستبدال الأحادي الذي يحلّ فيه فلز محل ذرة هيدروجين في جزيء الماء. يحدث نوع آخر من تفاعلات الاستبدال الأحادي عندما يحلّ أحد الفلزات محل فلز آخر في مركّب ذائب في الماء. يبيّن **الشكل 12** تفاعل استبدال أحادي يحدث عند وضع شريط من النحاس النقي في محلول نيترات الفضة. إنّ البلورات التي تتجمع على شريط النحاس هي ذرات الفضة التي حلت ذرات النحاس محلها.

$$Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow 2Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq)$$

لا يحل فلز محل فلز آخر دائمًا في مركب ذائب في الماء لأن الفلزات تختلف في درجة نشاطها الكيميائي. **النشاط الكيميائي هو القدرة على التفاعل مع مادة أخرى.** يبيّن **الشكل 13** سلسلة النشاط الكيميائي لبعض الفلزات. تُظهر هذه السلسلة الفلزات مرتّبة بحسب نشاطها مع الفلزات الأخرى. تُستخدم تفاعلات الاستبدال الأحادي لتحديد موقع فلز ما في السلسلة. تقع الفلزات الأكثر نشاطًا في أعلى السلسلة. أما الفلزات الأقل نشاطًا فتقع في الأسفل. على نحوٍ مماثل، فإن النشاط الكيميائي لكل هالوجين قد تم تحديده وإدراجه في السلسلة كما هو

يمكنك الاستعانة بسلسلة النشاط الكيميائي لتوقع ما إذا كانت تفاعلات معيّنة ستحدث أم لا. يمكن أن يحلّ فلز محدد محل أي فلز يقع تحته في السلسلة عندما يكون ضمن مركّب، بينما لا يمكنه أن يحلّ محل أي فلز يقع فوقه في السلسلة. فعلى سبيل المثال، تحلّ ذرات النحاس محل ذرات الفضة في محلول نيترات الفضة. ولكن إذا وضعت سلكًا من الفضة في محلول نيترات النحاس(II)، فلن تحل ذرات الفضة محل ذرات النحاس. يقع الفضة تحت النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي، لذا لن يحدث التفاعل. تُستخدم الأحرف no reaction) NR) أي لا تفاعل، في العادة للإشارة إلى أن التفاعل لن يحدث.

$$Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq) \rightarrow NR$$

هذه الفضة هي الأقوى

اللافلز يحل محل اللافلز ثمّة نوع ثالث من تفاعلات الاستبدال الأحادي يتضمن استبدال لافلز بلافلز آخر في المركب. غالبًا ما تكون الهالوجينات مشاركة في هذه التفاعلات. تظهر الهالوجينات مستويات نشاط مختلفة في تفاعلات الاستبدال الأحادي. شأنها في ذلك شأن الفلزات. إن النشاط الكيميائي للهالوجينات الذي تحدده تفاعلات الاستبدال الأحادي مبين أيضًا في **الشكل 13**. **إنّ أكثر الهالوجينات نشاطًا هو الفلور. وأقل الهالوجينات نشاطًا هو اليود.** يحلّ الهالوجين الأكثر نشاطًا محل الهالوجين الأقل نشاطًا عندما يكون الأخير جزءًا من مركّب ذائب في الماء. على سبيل المثال، يحل الفلور محل البروم في ماء يحتوي بروميد الصوديوم الذائب. لكن البروم لا يحلّ محل الفلور في ماء يحتوي فلوريد الصوديوم الذائب.

$$F_2(g) + 2NaBr(aq) \rightarrow 2NaF(aq) + Br_2(l)$$
$$Br_2(g) + 2NaF(aq) \rightarrow NR$$

الشكل 13 إنّ سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات وللهالوجينات هنا تعد أداة مفيدة لتحديد ما إذا كان تفاعل كيميائي سيتمّ وتحديد ناتج تفاعل استبدال أحادي.

Most active الأكثر نشاطًا	
METALS	الفلزات
Lithium	الليثيوم
Rubidium	الروبيديوم
Potassium	البوتاسيوم
Calcium	الكالسيوم
Sodium	الصوديوم
Magnesium	المغنسيوم
Aluminum	ألمنيوم
Manganese	منغنيز
Zinc	الخارصين
Iron	الحديد
Nickel	النيكل
Tin	القصدير
Lead	رصاص
Copper	النحاس
Silver	الفضة
Platinum	البلاتين
Gold	الذهب
Least active الأقل نشاطًا	
HALOGENS	الهالوجينات
Fluorine	الفلور
Chlorine	الكلور
Bromine	البروم
Iodine	اليود
Most active الأكثر نشاطًا	
Least active الأقل نشاطًا	

مثال 2

تفاعلات الاستبدال الأحادي توقع النواتج التي ستحصل عليها عندما تحدث هذه التفاعلات. واكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لكل تفاعل.

a. $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow$ $FeSO_4(aq) + Cu(s)$

b. $Br_2(l) + MgCl_2(aq) \rightarrow$ NR

c. $Mg(s) + AlCl_3(aq) \rightarrow$ $2Al(s) + 3MgCl_2(aq)$

تطبيقات

توقع ما إذا كانت تفاعلات الاستبدال الأحادي التالية ستحدث. إذا كان التفاعل سيحدث، اكتب معادلة موزونة للتفاعل.

21. $K(s) + ZnCl_2(aq) \rightarrow$ $Zn_{(s)} + NiCl_{2(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + Ni_{(s)}$
22. $Cl_2(g) + HF(aq) \rightarrow$ لا؛ لأن Cl يقع تحت F في سلسلة النشاط
23. $Fe(s) + Na_3PO_4(aq) \rightarrow$ لا؛ لأن Fe يقع تحت Na في سلسلة النشاط.
24. $Al(s) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow$ $2Al_{(s)} + 3Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 3Pb_{(s)} + 2Al(NO_3)_{3(aq)}$

وزاري

مُستخدمًا سلسلة النشاط الكيميائي أدناه، أي التفاعلات التالية يحدث؟

سلسلة نشاط الهالوجينات
الفلور
الكلور
البروم
اليود

الأكثر نشاطًا ↓ الأقل نشاطًا

$Br_{2(l)} + CoCl_{2(aq)} \rightarrow \cdots$

$F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \rightarrow \cdots$

$Cl_{2(s)} + SrF_{2(aq)} \rightarrow \cdots$

$I_{2(S)} + MnBr_{2(aq)} \rightarrow \cdots$

وزاري

T.KAWTHAR HENDAWI

ns in a double-replacement reaction

Use the activity series shown to predict which reaction will occur.

استخدم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة أدناه للتنبؤ أي التفاعلات التالية سيحدث؟

وزاري

Activity Series for Halogens	
Fluorine	Most Active
Chlorine	
Bromine	
Iodine	Least Active

A. $NaBr + I_2 \rightarrow$

$KBr + F_2 \rightarrow$

C. $LiF + Cl_2 \rightarrow$

D. $NaCl + I_2 \rightarrow$

15. ما ناتج (نواتج) التفاعل الكيميائي التالي ؟ $FeCl_3 + 3NH_4OH \rightarrow$

أ. $Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$

ب. $3NH_4Fe + Cl_3OH$

ج. $3NH_4Cl + 3FeOH$

د. $3FeCl_3NH_4OH$

■ **الشكل 14** إن الترميز اللوني في المعادلة العامة لتفاعل استبدال مزدوج، وفي معادلة التفاعل بين هيدروكسيد الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك الماء، يُظهر تغيير الأنيونات لأماكنها.

$AX + BY \rightarrow AY + BX$

$Ca(OH)_2(aq) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

تفاعلات الاستبدال المزدوج إنّ النوع الأخير من تفاعلات الاستبدال الذي ينطوي على تبادل الأيونات بين مركّبين يسمى **تفاعل الاستبدال المزدوج**.

في المعادلة العامة في **الشكل 14** يمثّل A و B الأيونات ذات الشحنة الموجبة (الكاتيونات) و X و Y تمثلان الأيونات ذات الشحنة السالبة (الأنيونات). لاحظ أن الأنيونات قد غيرت أماكنها وارتبطت مع الكاتيونات الأخرى في التفاعل. بعبارة أخرى، حل X محل Y وحل Y محل X. إنه استبدال مزدوج. بعبارة أبسط، لقد تبادلت الأيونات الموجبة والسالبة في مركّبين الأماكن في ما بينها.

إنّ التفاعل بين هيدروكسيد الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك هو تفاعل استبدال مزدوج.

$Ca(OH)_2(aq) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

نواتج تفاعلات الاستبدال المزدوج إنّ إحدى الميزات الأساسية لتفاعلات الاستبدال المزدوج هي نوع الناتج الذي يتكون عندما يحدث التفاعل. ينتج عن تفاعلي الاستبدال المزدوج اللذين ناولناهما في هذا القسم، إنّ التفاعل بين هيدروكسيد الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك أنتج الماء. كما أن راسبًا قد انتج في التفاعل بين هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس(II). إنّ تفاعل سيانيد البوتاسيوم مع حمض الهيدروبروميك، هو مثال على تفاعل استبدال مزدوج يكون غازًا.

$KCN(aq) + HBr(aq) \rightarrow KBr(aq) + HCN(g)$

من المهم أن تكون قادرًا على تغيير كيمياء تفاعلات الاستبدال المزدوج وتوقع نواتج هذه التفاعلات. إنّ الخطوات الأساسية لكتابة تفاعلات الاستبدال المزدوج واردة في **الجدول 3**.

الجدول 3 إرشادات لكتابة تفاعلات الاستبدال المزدوج

الخطوة	مثال
1. اكتب الصيغ الكيميائية للمتفاعلات في معادلة بالصيغ.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4$
2. حدد الكاتيونات والأنيونات في كل مركّب.	$Al(NO_3)_3$ فيه Al^{3+} و NO_3^- H_2SO_4 فيه H^+ و SO_4^{2-}
3. اربط كل كاتيون مع الأنيون في المركّب الآخر.	Al^{3+} يرتبط مع SO_4^{2-} H^+ يرتبط مع NO_3^-
4. اكتب الصيغ الكيميائية للنواتج باستخدام النتائج من الخطوة 3.	$Al_2(SO_4)_3$ HNO_3
5. اكتب المعادلة الكاملة لتفاعل الاستبدال المزدوج.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + HNO_3$
6. زن المعادلة.	$2Al(NO_3)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6HNO_3$

$Ca(OH)_2 + HCl \rightarrow H_2O$ (illegible)

T.KAWTHAR HENDAWI

آخر (Na^+ و Cu^{2+}). **الشكل 15** يبين أن ناتج هذا التفاعل هو ناتج صلب وهو هيدروكسيد النحاس(II). يطلق على المادة الصلبة التي تنتج خلال تفاعل كيميائي في محلول اسم الراسب.

■ **الشكل 15** عندما يضاف محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كلوريد النحاس(II)، تتبادل الأنيونات OH^- و Cl^- أماكنها. ويكون الناتج كلوريد الصوديوم الذي يبقى في المحلول، وهيدروكسيد النحاس(II)، وهي المادة الصلبة الزرقاء في أنبوب الاختبار.

ما التصنيف الصحيح للتفاعلات الواردة في الجدول أدناه؟

وزاري

$A + B \rightarrow AB$	1
$AB \rightarrow A + B$	2
$A + BX \rightarrow AX + B$	3
$AX + BY \rightarrow AY + BX$	4

	1	2	3	4
A	تفكك	تكوين	استبدال أحادي	استبدال مزدوج

A

B

C

mical equation, complete ionic equation, net ionic equation and word equation for reactions that form water

المفاهيم

المعادلات الأيونية يستخدم الكيميائيون المعادلات الكيميائية لإظهار تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية. هذه المعادلات تختلف عن المعادلات الكيميائية، حيث أنّ المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تُكتب كأيونات في المعادلة. انظر مجددًا إلى التفاعل بين محلولي هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس(II) المائيين. لكتابة المعادلة الأيونية لهذا التفاعل، يجب عليك أن تبين المتفاعلين $NaOH(aq)$ و $CuCl_2(aq)$ والناتج $NaCl(aq)$ كأيونات.

$$2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) + Cu(OH)_2(s)$$

إنّ المعادلة الأيونية التي تُظهر كل الجسيمات في المحلول كما هي تُسمّى **معادلة أيونية كاملة**. لاحظ أن أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد هي متفاعلات ونواتج في آن معًا. لذا فهي لم تُشارك في التفاعل. يُطلق على الأيونات التي لم تُشارك في التفاعل اسم **الأيونات المتفرجة** ولا تظهر عادة في المعادلات الأيونية. **المعادلات الأيونية الصَّرفة** هي معادلات أيونية تتضمن الجسيمات التي تشارك في التفاعل فقط. نستخلص المعادلات الأيونية الصَّرفة من المعادلات الأيونية الكاملة بإزالة جميع الأيونات المتفرجة. مثلًا، المعادلة الأيونية الصَّرفة هي ما يبقى بعد حذف أيونيّ كلّ من الصوديوم والكلوريد من المعادلة الأيونية الكاملة هذه.

$$2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) + Cu(OH)_2(s)$$

فلا تبقى إلا أيونات النحاس والهيدروكسيد في المعادلة الأيونية الصَّرفة المبيّنة أدناه.

$$2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(OH)_2(s)$$

التأكد من فهم النص **قارن** كيف تختلف المعادلات الأيونية عن المعادلات الكيميائية؟

29. ادرس المعادلة الكيميائية الموزونة التالية: $CaCl_2(aq) + K_2CO_3(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + CaCO_3(s)$

- اكتب المعادلة الأيونية الكاملة

.....

- ما هي الأيونات المتفرجة

- اكتب المعادلة الأيونية الصرفة

13. أي مما يلي ليس دليل على حدوث تفاعل استبدال مزدوج ؟

أ. قد يتكون غاز ب. قد يتم إنتاج الماء

ج. يتكون راسب د. المعاملات متساوية

وزاري

ما المعادلة الأيونية الصرفة للتفاعل الكيميائي التالي؟

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

a. $Ba^{2+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)}$

b. $2Na^{+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3(aq)} \rightarrow 2NaNO_{3(aq)}$

c. $Ba^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3(aq)} + 2Na^{+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$

d. $Ba^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3(aq)} + 2Na^{+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + Ba(NO_3)_{2(aq)}$

وزاري

الأيونات التي لا تُشارك في التفاعل ولا تظهر في المعادلة الأيونية الصرفة تُسمى.....

أيونات المركزية

أيونات الصرفة

أيونات المتفرجة

أيونات المُعقدة

T.KAWTHAR HENDAWI

T.KAWTHAR HENDAWI

مثال 4

تفاعلات تكوّن الماء اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصّرفة للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول هيدروكسيد الليثيوم. ينتج هذا التفاعل الماء ومحلول كلوريد الليثيوم.

1 تحليل المسألة

لديك المعادلة بالكلمات للتفاعل الذي يحدث بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول هيدروكسيد الليثيوم لإنتاج الماء ومحلول كلوريد الليثيوم. عليك أن تحدد الصيغ الكيميائية والكميات النسبية لجميع المتفاعلات والنواتج بهدف كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة، فإنك تحتاج إلى إظهار الحالات الأيونية للمتفاعلات والنواتج. ومن خلال حذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة، يمكنك كتابة المعادلة الأيونية الصّرفة.

2 حساب المجهول

المعادلة الكيميائية للتفاعل وتوازنها

$$HCl_{(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + LiCl_{(aq)}$$

اكتب أيونات المتفاعلات والنواتج

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Li^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + Li^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة.

$$H^+_{(aq)} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} + \cancel{Li^+_{(aq)}} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + \cancel{Li^+_{(aq)}} + \cancel{Cl^-_{(aq)}}$$

اكتب المعادلة الأيونية الصّرفة

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

3 تقييم الإجابة

تتضمن المعادلة الأيونية الصّرفة عددًا أقلّ من المواد من المعادلات الأخرى لأنها تبين فقط الجسيمات المشاركة في التفاعل والتي تنتج ماء. الجسيمات التي تكوّن ناتج الماء لم تعد أيونات بعد الآن.

تطبيقات

اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصّرفة للتفاعلات بين المواد التالية التي تنتج ماءً.

40. حمض الكبريتيك (H_2SO_4) ومحلول هيدروكسيد البوتاسيوم ينتج الماء ومحلول كبريتات البوتاسيوم.
41. حمض الهيدروكلوريك (HCl) مع محلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج الماء ومحلول كلوريد الكالسيوم.
42. حمض النيتريك (HNO_3) وهيدروكسيد الأمونيوم ينتج الماء ومحلول نيترات الأمونيوم.
43. حمض الهيدروكبريتيك (H_2S) ومحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج الماء ومحلول كبريتيد الكالسيوم.
44. **تحدي** عندما يُخلط حمض البنزويك (C_6H_5COOH) وهيدروكسيد المغنيسيوم. ينتج الماء ونيترات المغنيسيوم.

تطبيقات

اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصّرفة لكل من التفاعلات التالية التي قد تنتج راسبًا. استخدم الرمز NR للإشارة إلى عدم حدوث تفاعل.

35. عند خلط محلول يودبد البوتاسيوم ونيترات الفضة. يتكون راسب من يوديد الفضة.
36. عند خلط محلول فوسفات الأمونيوم وكبريتات الصوديوم. لا يتكون أي راسب ولا ينتج أي غاز.
37. عند خلط محلول كلوريد الألمنيوم وهيدروكسيد الصوديوم. يتكون راسب من هيدروكسيد الألمنيوم.
38. عند خلط محلول كبريتات الليثيوم ونيترات الكالسيوم. يتكون راسب من كبريتات الكالسيوم.
39. **تحدي** عندما يُخلط محلولا كربونات الصوديوم وكلوريد المنغنيز(V) . يتكون راسب يحتوي على المنغنيز.

الحل

عند خلط محلولي يوديد البوتاسيوم KI ونترات الفضة يتكوّن راسب من يوديد الفضة.

المعادلة الكيميائية:

$$KI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} + Ag^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + AgI_{(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$I^-_{(aq)} + Ag^+_{(aq)} \rightarrow AgI_{(s)}$$

عند خلط محلولي فوسفات الأمونيوم وكبريتات الصوديوم لم يتكوّن أيّ راسب، ولم يتصاعد أيّ غاز.

المعادلة الكيميائية:

$$2(NH_4)_3PO_{4(aq)} + 3Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)} + 2Na_3PO_{4(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$6NH_4^+{}_{(aq)} + 2PO_4^{3-}{}_{(aq)} + 6Na^+_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 6NH_4^+{}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 6Na^+_{(aq)} + 2PO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

لا يحدث تفاعل، ولهذا لا يوجد معادلة أيونية نهائية.

عند خلط محلولي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم تكوّن راسب من هيدروكسيد الألومنيوم.

المعادلة الكيميائية:

$$AlCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \rightarrow Al(OH)_{3(s)} + 3NaCl_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$Al^{3+}_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)} + 3Na^+_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \rightarrow Al(OH)_{3(s)} + 3Na^+_{(aq)} + 3Cl^-_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$Al^{3+}_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \rightarrow Al(OH)_{3(s)}$$

عند خلط محلولي كبريتات الليثيوم ونترات الكالسيوم تكوّن راسب من كبريتات الكالسيوم.

$$Li_2SO_{4(aq)} + Ca(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2LiNO_{3(aq)} + CaSO_{4(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2Li^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow 2Li^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + CaSO_{4(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)}$$

تحضير: عند خلط محلولي كربونات الصوديوم وكلوريد المنجنيز (V) تكوّن راسب يحتوي على المنجنيز.

المعادلة الكيميائية:

$$5Na_2CO_{3(aq)} + 2MnCl_{5(aq)} \rightarrow 10NaCl_{(aq)} + Mn_2(CO_3)_{5(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$10Na^+_{(aq)} + 5CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2Mn^{5+}_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)} \rightarrow 10Na^+_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)} + Mn_2(CO_3)_{5(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

الشكل 18 في الماء، يتأين بروميد الهيدروجين (HBr) إلى أيونات H^+ و Br^- أيضًا يتفكك هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) إلى أيونات Na^+ و OH^-. تتفاعل أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد لتكوين الماء.

حلّد أي من الأيونات هي أيونات في هذا التفاعل؟ وأيّ منها كاتيونات؟

التفاعلات التي تكوّن الماء نوع آخر من تفاعلات الاستبدال المزدوج التي تحدث في محلول مائي تنتج جزيئات ماء تزيد عدد جسيمات الغاز. ويعكس التفاعلات التي يتكوّن فيها راسب. لا يمكننا ملاحظة أي دليل على حدوث تفاعل كيميائي لأن الماء لا لون له ولا رائحة وهو يشكل معظم كتلة المحلول. فعلى سبيل المثال، عندما تخلط حمض الهيدروبروميك (HBr) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ويتكوّن ماء. المعادلة

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

وزاري

ماذا يحدث عند خلط محلول حمض الهيدروبروميك HBr مع محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH؟

يتكون الماء H_2O

يترسب بروميد الصوديوم NaBr الصلب من المحلول

يطلق غاز الهيدروجين H_2 أثناء التفاعل

يتكون فلز الصوديوم Na الصلب

cribe what happens to the anions in a double-replacement reaction, define a double-replacement reaction and the predicted products

التفاعلات التي تكوّن الغازات نوع ثالث من تفاعلات الاستبدال المزدوج التي تحدث في المحاليل المائية ينتج عنها تكوين الغازات. بعض الغازات الشائعة التي تنتج عن هذه التفاعلات هي ثاني أكسيد الكربون وسيانيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

عندما تخلط حمض الهيدرويوديك (HI) مع محلول كبريتيد الليثيوم يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين. وينتج يوديد الليثيوم أيضًا في هذا التفاعل ويبقى ذائبًا في المحلول.

$$2HI(aq) + Li_2S(aq) \rightarrow H_2S(g) + 2LiI(aq)$$

يتواجد المتفاعلان حمض الهيدرويوديك وكبريتيد الليثيوم في صورة أيونات في المحلول المائي. وبالتالي يمكنك كتابة معادلة أيونية لهذا التفاعل. تتضمن المعادلة الأيونية الكاملة كل المواد الموجودة في المحلول.

$$2H^+(aq) + 2I^-(aq) + 2Li^+(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow H_2S(g) + 2Li^+(aq) + 2I^-(aq)$$

لاحظ أنّ ثمّة الكثير من الأيونات المتفرجة في المعادلة. عندما تُحذف الأيونات المتفرجة تبقى المواد المشاركة في التفاعل فقط في المعادلة.

$$2H^+(aq) + \cancel{2I^-(aq)} + \cancel{2Li^+(aq)} + S^{2-}(aq) \rightarrow H_2S(g) + \cancel{2Li^+(aq)} + \cancel{2I^-(aq)}$$

هذه هي المعادلة الأيونية الخرفة.

$$2H^+(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow H_2S(g)$$

إذا أكملت التجربة الاستهلالية في بداية هذه الوحدة، ستلاحظ حدوث تفاعل آخر ينتج الغاز. نتج غاز ثاني أكسيد الكربون عن ذلك التفاعل وخرج على شكل فقاقيع من المحلول. تفاعل آخر ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون يحدث في المطبخ عندما تخلط الخل مع مسحوق الخبيز. فالخلّ هو محلول مائي يتكون من حمض الخلّيك أو الأسيتيك والماء. ويتكون مسحوق الخبيز بشكل أساسي من كربونات الصوديوم الهيدروجينية. عند مزج الخلّ مع مسحوق الخبيز، تتكون فقاقيع هي عبارة عن غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من المحلول. يمكنك رؤية التفاعل وهو يحدث في **الشكل 19**.

يحدث تفاعل مشابه للتفاعل بين الخل ومسحوق الخبيز عند مزج أي محلول حمضي مع كربونات الصوديوم الهيدروجينية. في جميع الحالات، يجب أن يحدث تفاعلان بشكل متزامن في المحلول لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون. أحد هذين التفاعلين هو تفاعل استبدال مزدوج والآخر هو تفاعل تفكك.

على سبيل المثال، عندما تقوم بإذابة كربونات الصوديوم الهيدروجينية في حمض الهيدروكلوريك، يحدث تفاعل استبدال مزدوج منتجًا غازًا. فالهيدروجين في حمض الهيدروكلوريك والصوديوم في كربونات الصوديوم الهيدروجينية يحل احدهما محلّ الآخر.

$$HCl(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq) + NaCl(aq)$$

إنّ كلوريد الصوديوم هو مركّب أيوني. وأيوناته تبقى منفصلة بعضها عن بعض في المحلول المائي. لكن عند تشكل حمض الكربونيك (H_2CO_3)، يتفكك مباشرة إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

الشكل 19 عندما يمزج الخل مع مسحوق الخبيز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية، $NaHCO_3$) تكون النتيجة ظهور فقاقيع سريعا من غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

وزاري

يتفاعل محلول كلوريد الحديد (III) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لينتجا هيدروكسيد الحديد (III) الصلب ومحلول كلوريد الصوديوم.

ما المعادلة الكيميائية الموزونة التي تعبر عن هذا التفاعل؟

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

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

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

Which one of the following reactions in aqueous solution produce gases?

تفاعلات التي

Learning Outcomes Covered

- CHM.5.3.03.006

a. $2HI_{(aq)} + Li_2S_{(aq)} \longrightarrow H_2S_{(g)} + 2LiI_{(aq)}$

b. $2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$

c. $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \longrightarrow CaCO_{3(s)}$

d. $2HClO_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + Ca(ClO)_{2(aq)}$

T.KAWTHAR HENDAWI

تحويل المولات إلى جسيمات والآن، افترض أنك تريد تحديد عدد جسيمات السكروز الموجودة في 3.50 mol من السكروز. العلاقة بين المولات والجسيمات الممثلة يعبر عنها عدد أفوجادرو.

1 mol من الجسيمات الممثلة = 6.02×10^{23} الجسيمات الممثلة

باستخدام هذه العلاقة، يمكنك كتابة اثنين من معاملات التحويل المختلفة التي توجد علاقة بين الجسيمات والمولات.

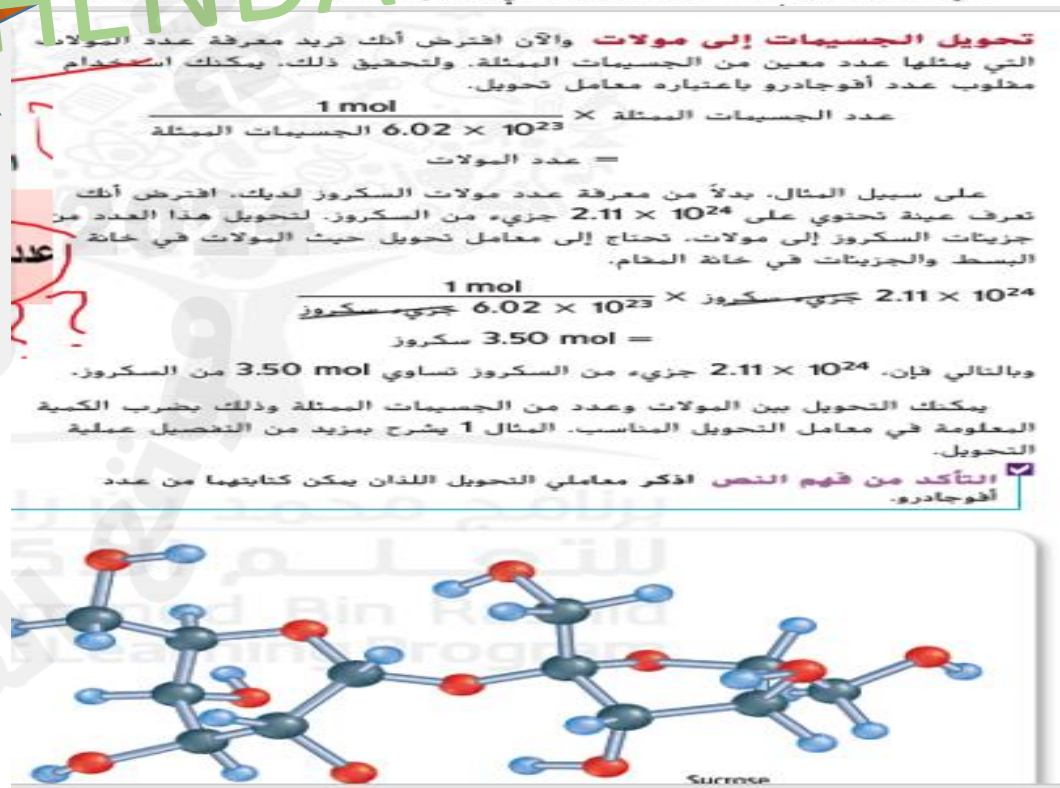
$$\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ الجسيمات الممثلة}}{1 \text{ mol}}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ الجسيمات الممثلة}}$$

باستخدام معامل التحويل الصحيح، يمكنك إيجاد عدد الجسيمات الممثلة في عدد معلوم من المولات.

$$\text{عدد المولات} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ الجسيمات الممثلة}}{1 \text{ mol}} = \text{عدد الجسيمات الممثلة}$$

كما هو موضح في **الشكل 4**، فإن الجسيم الممثل للسكروز هو الجزيء. لحساب عدد من جزيئات السكروز الموجودة في 3.50 mol من السكروز، فأنت بحاجة



1. يُستخدم الخارصين Zn في جلفنة الحديد لحمايته من التآكل. احسب عدد ذرات Zn في 2.5 mol منه.

$$2.5 \text{ mol Zn} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من Zn}}{1 \text{ mol Zn}}$$

$$= 1.5 \times 10^{24} \text{ Zn}$$

2. احسب عدد الجزيئات في 11.5 mol من الماء H_2O.

$$11.5 \text{ mol } H_2O \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء من } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O}$$

$$= 6.92 \times 10^{24} \text{ جزيء من } H_2O$$

3. تُستخدم نترات الفضة $AgNO_3$ في تحضير أنواع متعددة من هاليدات الفضة المُستخدَمة في عملية التصوير الفوتوجرافي. ما عدد وحدات الصيغة $AgNO_3$ في 3.25 mol من نترات الفضة $AgNO_3$؟

$$3.25 \text{ mol } AgNO_3 \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ وحدة صيغة من } AgNO_3}{1 \text{ mol } AgNO_3}$$

$$= 1.96 \times 10^{24} \text{ وحدة صيغة من } AgNO_3$$

4. **تحفيز** احسب عدد ذرات الأكسجين في 5.0 mol من جزيئات O_2.

$$5.00 \text{ mol } O_2 \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء من } O_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{2 \text{ ذرة من O}}{1 \text{ جزيء من } O_2}$$

$$= 6.02 \times 10^{24} \text{ ذرة من O}$$

القوانين المستخدمة

عدد الذرات = عدد المولات X عدد أفوجادرو

How many molecules are in 60.0 g of glucose ($C_6H_{12}O_6$)?

Molar mass of glucose ($C_6H_{12}O_6$) = 180 g/mol
Avogadro's number = 6.02×10^{23}

وزاري

a. 7.83×10^{22}
b. 9.22×10^{22}
c. 2.01×10^{23}
d. 5.16×10^{23}

What is the number of atoms in a 0.645 mol sample of argon gas (Ar)?

Avogadro's number = 6.02×10^{23}

الموجودة في 0.645 mol من عينة من ، (Ar)؟

6.02×10^{23}

وزاري

الاجابة

3.88×10^{23} ذرة

T.KAWTHAR HENDAWI

5. ما عدد المولات (mol) في كلّ من:

a. 5.75×10^{24} ذرة من الألومنيوم Al.

$$5.57 \times 10^{23} \text{ ذرة من Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من Al}} = 9.55 \text{ mol Al}$$

b. 2.50×10^{20} ذرة من الحديد Fe.

$$2.50 \times 10^{20} \text{ ذرة من Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من Fe}} = 4.15 \times 10^{-4} \text{ mol Fe}$$

6. **تحفيز** احسب عدد المولات في كلّ من:

a. 3.75×10^{24} جزيء من ثاني أكسيد الكربون CO_2.

$$3.75 \times 10^{24} \text{ جزيء من } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء من } CO_2} = 6.23 \text{ mol } CO_2$$

b. 3.58×10^{23} جزيء من كلوريد الخارصين $ZnCl_2$ II.

$$3.58 \times 10^{23} \text{ جزيء من } ZnCl_2 \times \frac{1 \text{ mol } ZnCl_2}{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء من } ZnCl_2}$$

من الأصغر إلى الأكبر؟ 3.75×10^{25} atoms Zn – 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ – 18.8 mol Fe

Avogadro's number = 6.02×10^{23}	عدد أفوجادرو = 6.02×10^{23}

(The smallest) 3.75×10^{25} atoms Zn → 18.8 mol Fe → 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ (The largest)

(الأكبر) 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ ← 18.8 mol Fe ← 3.75×10^{25} atoms Zn (الأصغر)

(The smallest) 18.8 mol Fe → 3.75×10^{25} atoms Zn → 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ (The largest)

(الأكبر) 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ ← 3.75×10^{25} atoms Zn ← 18.8 mol Fe (الأصغر)

(The smallest) 18.8 mol Fe → 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ → 3.75×10^{25} atoms Zn (The largest)

(الأكبر) 3.75×10^{25} atoms Zn ← 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ ← 18.8 mol Fe (الأصغر)

(The smallest) 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ → 18.8 mol Fe → 3.75×10^{25} atoms Zn (The largest)

(الأكبر) 3.75×10^{25} atoms Zn ← 18.8 mol Fe ← 3.65×10^{24} molecules $C_6H_{12}O_6$ (الأصغر)

وزاري

وزاري

ما عدد ذرات Zn الموجودة في 2.0 mol من عنصر Zn؟

(عدد أفوجادرو = 6.02×10^{23})

3.61×10^{25}	1.20×10^{24}
2.40×10^{24}	3.01×10^{23}

T.KAWTHAR HENDAWI

How many moles of oxygen atoms are present in 1.00 mol of diphosphorus pentoxide P_2O_5?

1

5

10

35

وزاري

عينة من كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ كتلتها 884 g كم مولًا فيها؟

Ca = 40 g/mol	S = 32 g/mol	O = 16 g/mol

9.0

6.5

8.0

3.8

15. احسب الكتلة بالجرامات لكلّ ممّا يلي:

a. 3.57 mol من الألومنيوم Al

$$3.57\ \text{mol Al} \times \frac{26.98\ \text{g Al}}{1\ \text{mol Al}} = 96.3\ \text{g Al}$$

b. 42.6 mol من السيليكون Si

$$42.6\ \text{mol Si} \times \frac{28.09\ \text{g Si}}{1\ \text{mol Si}} = 1.20 \times 10^3\ \text{g Si}$$

16. تحفيز احسب الكتلة بالجرامات لكلّ ممّا يلي:

a. 3.54×10^2 mol من أكسيد الكوبلت Co

$$3.54 \times 10^2\ \text{mol Co} \times \frac{58.93\ \text{g Co}}{1\ \text{mol Co}} = 2.03 \times 10^4\ \text{g Co}$$

b. 2.45×10^{-2} mol من الخارصين Zn

$$2.45 \times 10^{-2}\ \text{mol Zn} \times \frac{65.38\ \text{g Zn}}{1\ \text{mol Zn}} = 1.60\ \text{g Zn}$$

17. احسب عدد المولات في كلٍّ ممّا يلي:

a. 25.5g من الفضة Ag

$$25.5\ \text{g Ag} \times \frac{1\ \text{mol Ag}}{107.9\ \text{g Ag}} = 0.236\ \text{mol Ag}$$

b. 300.0g من الكبريت S

$$300\ \text{g S} \times \frac{1\ \text{mol S}}{32.07\ \text{g S}} = 9.355\ \text{mol S}$$

18. تحفيز حوّل كلًّا من الكتل التالية إلى مولات:

a. 1.25×10^3g من الخارصين Zn

$$1.25 \times 10^3\ \text{g Zn} \times \frac{1\ \text{mol Zn}}{65.38\ \text{g Zn}} = 19.1\ \text{mol Zn}$$

b. 1.00 kg من الحديد Fe

$$1\ \text{kg Fe} \times \frac{1000\ \text{g Fe}}{1\ \text{kg Fe}} \times \frac{1\ \text{mol Fe}}{55.85\ \text{g Fe}} = 1.79 \times 10^1\ \text{mol Fe} = 17.9\ \text{mol Fe}$$

مثال 2

التحويل من مول إلى كتلة الكروم (Cr)، وهو عنصر انتقالي، يستخدم في طلاء الفلزات وسبائك الصلب لمقاومة التآكل. احسب كتلة 0.0450 mol Cr بالجرامات.

1 تحليل المسألة

لديك عدد مولات الكروم ويجب عليك تحويله إلى كتلة بالجرام باستخدام الكتلة المولية للكروم من الجدول الدوري. ولأن العينة أقل من عشر المول، فإن الإجابة ينبغي أن تكون أقل من عشر الكتلة المولية.

المعلوم

عدد المولات Cr = 0.0450 mol

الكتلة المولية Cr = 52.00 g/mol

المجهول

كتلة Cr = ؟g

2 حساب المجهول

استخدام معامل تحويل—وهو الكتلة المولية—التي تحول مولات الكروم إلى جرامات. اكتب معامل التحويل بمولات الكروم في خانة المقام وجرامات الكروم في خانة البسط. عوّض بالقيم المعلومة في المعادلة واحصل على الحل.

$$\text{جرامات Cr} = \text{مولات Cr} \times \frac{\text{جرامات Cr}}{1\ \text{mol Cr}}$$

تطبيق معامل التحويل.

التعويض بمقدار 0.450 mol لمولات عنصر Cr

$$0.0450\ \text{mol Cr} \times \frac{52.00\ \text{g Cr}}{1\ \text{mol Cr}} = 2.34\ \text{g Cr}$$

مثال 3

التحويل من كتلة إلى مول الكالسيوم (Ca)، العنصر الخامس من حيث الوفرة في الأرض، وموجود دائمًا متحداً مع عناصر أخرى بسبب قدرته العالية على التفاعل. كم عدد مولات الكالسيوم الموجودة في 525 g Ca؟

1 تحليل المسألة

يجب عليك تحويل كتلة الكالسيوم إلى مولات من الكالسيوم. كتلة الكالسيوم أكبر وأكثر من عشرة أضعاف كتلته المولية. وبالتالي، فإن الإجابة ينبغي أن تكون أكبر من 10 mol.

المعلوم

الكتلة Ca = 525 g

الكتلة المولية Ca = 40.08 g/mol.

المجهول

عدد المولات Ca = ؟ mol

2 حساب المجهول

استخدام معامل تحويل—وهو مقلوب الكتلة المولية—التي تحول جرامات الكالسيوم إلى مولات من الكالسيوم. عوّض بالقيم المعلومة واحصل على الحل.

$$\text{مولات Ca} = \text{كتلة Ca} \times \frac{1\ \text{mol Ca}}{\text{جرامات Ca}}$$

تطبيق معامل التحويل.

التعويض بكتلة Ca = 525 g، ومقلوب الكتلة المولية لعنصر Ca

$$525\ \text{g Ca} \times \frac{1\ \text{mol Ca}}{40.08\ \text{g Ca}} = 13.1\ \text{mol Ca}$$

T.KAWTHAR HENDAWI

197 , 198 , 199
كتاب الطالب+ مثال4 و5 + تطبيقات
CHM.5.3.01.003.03 يستخدم معلاملات التحويل التحويل عدد من الجسيمات إلى مولات ثم إلى كتل

20. What is the mass in grams of each of the following?

a. 6.02×10^{24} atoms Bi

$$6.02 \times 10^{24}\ \text{atoms Bi} \times \frac{1\ \text{mol Bi}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms Bi}} \times \frac{209.0\ \text{g Bi}}{1\ \text{mol Bi}} = 2.09 \times 10^{3}\ \text{g Bi}$$

b. 1.00×10^{24} atoms Mn

$$1.00 \times 10^{24}\ \text{atoms Mn} \times \frac{1\ \text{mol Mn}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}} \times \frac{54.94\ \text{g Mn}}{1\ \text{mol Mn}} = 91.3\ \text{g Mn}$$

c. 3.40×10^{22} atoms He

$$3.40 \times 10^{22}\ \text{atoms He} \times \frac{1\ \text{mol He}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}} \times \frac{4.003\ \text{g He}}{1\ \text{mol He}} = 0.226\ \text{g He}$$

d. 1.50×10^{15} atoms N

$$1.50 \times 10^{15}\ \text{atoms N} \times \frac{1\ \text{mol N}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}} \times \frac{14.01\ \text{g N}}{1\ \text{mol N}} = 3.49 \times 10^{-8}\ \text{g N}$$

e. 1.50×10^{15} atoms U

$$1.50 \times 10^{15}\ \text{atoms U} \times \frac{1\ \text{mol U}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}} \times \frac{238.0\ \text{g U}}{1\ \text{mol U}} = 5.93 \times 10^{-7}\ \text{g U}$$

samples?

a. 55.2 g Li

$$55.2\ \text{g Li} \times \frac{1\ \text{mol Li}}{6.94\ \text{g Li}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms Li}}{1\ \text{mol Li}} = 4.79 \times 10^{24}\ \text{atoms Li}$$

b. 0.230 g Pb

$$0.230\ \text{g Pb} \times \frac{1\ \text{mol Pb}}{207.2\ \text{g Pb}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms Pb}}{1\ \text{mol Pb}} = 6.68 \times 10^{20}\ \text{atoms Pb}$$

c. 11.5 g Hg

$$11.5\ \text{g Hg} \times \frac{1\ \text{mol Hg}}{200.6\ \text{g Hg}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms Hg}}{1\ \text{mol Hg}} = 3.45 \times 10^{22}\ \text{atoms Hg}$$

21. Challenge Convert each given mass to number of representative particles. Identify the type of representative particle, and express the number in scientific notation.

a. 4.56×10^{3} g Si

$$4.56 \times 10^{3}\ \text{g Si} \times \frac{1\ \text{mol Si}}{28.09\ \text{g Si}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}}{1\ \text{mol}} = 9.77 \times 10^{25}\ \text{atoms Si}$$

b. 0.120 kg Ti

$$0.120\ \text{kg Ti} \times \frac{1000\ \text{g Ti}}{1\ \text{kg Ti}} \times \frac{1\ \text{mol Ti}}{47.87\ \text{g Ti}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms}}{1\ \text{mol}} = 1.51 \times 10^{24}\ \text{atoms Ti}$$

مثال 5

التحويل من ذرات إلى كتلة الهيليوم (He) من الغازات النبيلة الخاملة والذي يتواجد غالبًا تحت الأرض مختلطًا بالميثان. ويتم فصل الخليط عن طريق تبريد الخليط الغازي تمامًا إلا أن يصبح الهيليوم في الحالة السائلة. يحتوي بالون الاحتفالات على 5.50×10^{22} من ذرات غاز الهيليوم. ما هي كتلة الهيليوم، بالجرامات؟

1 تحليل المسألة

معلوم لديك عدد ذرات الهيليوم ويجب عليك حساب كتلة الغاز. أولاً، قم بتحويل عدد الذرات إلى مولات، ثم تحويل المولات إلى جرامات.

معلوم
عدد الذرات = 5.50×10^{22} atoms He
الكتلة المولية = 4.00g/mol.

مجهول
الكتلة = ؟g He

2 حساب المجهول

استخدم معامل تحويل—مقلوب عدد أفوجادرو—الذي يقوم بتحويل عدد الذرات إلى مولات.

$$\text{mols He} = \frac{1\ \text{mol He}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms He}} \times \text{atoms He}$$

تطبيق معامل التحويل.
التعويض بعدد الذرات = 5.50×10^{22} ذرات. ضرب وقسمة الأعداد والوحدات.

$$5.50 \times 10^{22}\ \text{atoms He} \times \frac{1\ \text{mol He}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms He}} = 0.0914\ \text{mol He}$$

الخطوة الثانية، قم بتطبيق معامل تحويل—الكتلة المولية للهيليوم—الذي يقوم بتحويل عدد مولات الهيليوم إلى كتلة.

$$\text{جرامات He} = \frac{\text{جرامات He}}{1\ \text{mol He}} \times \text{مولات He}$$

تطبيق معامل التحويل.
التعويض بعدد المولات = 0.0914 mol
الكتلة المولية = 4.00 g/mol He.

$$0.0914\ \text{mol He} \times \frac{4.00\ \text{g He}}{1\ \text{mol He}} = 0.366\ \text{g He}$$

التحويل بين الكتلة والذرات

لقد تعلمت حتى الآن، كيف تقوم بتحويل الكتلة إلى مولات والمولات إلى كتلة. يمكنك التقدم خطوة إلى الأمام وتحويل الكتلة إلى عدد من الذرات. تذكر أقلام الرصاص الذي كنت تبيعها بالدزينة. ومع نهاية اليوم، تجد أنه قد تبقى 576 g من أقلام الرصاص دون أن تبيعها. وبدون عد، هل يمكنك تحديد عدد أقلام الرصاص المتبقية؟ أنت تعلم أن دزينة واحدة من أقلام الرصاص كتلتها تساوي 96 g وأن الدزينة الواحدة تساوي 12 قلم. وعليه، فإنه يمكنك تحويل 576 g إلى دزينات من أقلام الرصاص باستخدام معامل تحويل لتحويل الكتلة إلى دزينات.

$$576\ \text{g من أقلام الرصاص} \times \frac{1\ \text{دزينة أقلام الرصاص}}{96\ \text{g أقلام الرصاص}} = 6\ \text{دزينات من أقلام الرصاص}$$

بعد ذلك، يمكنك تحديد عدد أقلام الرصاص الموجودة في 6 دزينات وذلك بالضرب في معامل التحويل الذي يقوم بتحويل عدد الدزينات إلى جسيمات(أقلام الرصاص).

معامل التحويل بين عدد أقلام الرصاص والدزينات هو 12 قلم رصاص/دزينة.
تطبيق المعامل ينتج عنه الإجابة بعدد أقلام الرصاص.

$$6\ \text{دزينة} \times \frac{12\ \text{قلم رصاص}}{1\ \text{دزينة}} = 72\ \text{قلم رصاص}$$

المتبقي 576 g من أقلام الرصاص يساوي 72 قلم رصاص.

ومثلما تعذر عليك إجراء تحويل مباشر من كتلة أقلام الرصاص إلى عدد من أقلام الرصاص، فإنه يتعذر عليك إجراء تحويل مباشر من كتلة مادة ما إلى عدد من الجسيمات المماثلة من هذه المادة. يجب عليك أولاً تحويل الكتلة إلى مولات عن طريق الضرب في معامل التحويل الذي يحول ما بين المولات والكتلة. معامل التحويل هو مقلوب الكتلة المولية. ثم ضرب عدد المولات في معامل تحويل يحول المولات إلى عدد الجسيمات المماثلة. ولأجل هذا التحويل، ستستخدم عدد أفوجادرو. هاتان الخطوتان موضحتان في المثال رقم 4.

مثال 4

التحويل من كتلة إلى ذرات ينتمي الذهب (Au) إلى مجموعة فلزات تسمى فلزات النقود (النحاس، الفضة، والذهب). كم عدد ذرات الذهب الموجودة في عملة ذهبية كتلتها تساوي 31.1 g Au؟

1 تحليل المسألة

يجب عليك تحديد عدد الذرات في كتلة معلومة من الذهب. لأنه لا يمكنك التحويل مباشرةً من كتلة إلى عدد الذرات، يجب عليك أولاً تحويل الكتلة إلى مولات باستخدام الكتلة المولية. ثم، قم بتحويل المولات إلى عدد من الذرات

باستخدام عدد أفوجادرو. الكتلة المعلومة من العملة الذهبية تساوي تقريبًا سدس الكتلة المولية من الذهب (196.97 g/mol). وبالتالي فإن عدد ذرات الذهب يجب أن يكون تقريبًا سدس عدد أفوجادرو.

المعلوم
الكتلة = 31.1 g Au
الكتلة المولية = 196.97 g/mol Au

المجهول
عدد الذرات Au = ؟

2 حساب المجهول

استخدم معامل تحويل—مقلوب الكتلة المولية—الذي يحول جرامات الذهب إلى مولات من الذهب.

$$\text{moles Au} = \frac{1\ \text{mol Au}}{\text{grams Au}} \times \text{كتلة Au}$$

تطبيق معامل التحويل.

$$31.1\ \text{g Au} \times \frac{1\ \text{mol Au}}{196.97\ \text{g Au}} = 0.158\ \text{mol Au}$$

التعويض بكتلة Au = 31.1 g ومقلوب الكتلة المولية للذهب Au = 1 mol/196.97 g.ضرب وقسمة الأعداد والوحدات.

لتحويل مولات الذهب المحتسبة إلى ذرات، اضرب في عدد أفوجادرو.

$$\text{ذرات Au} = \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms Au}}{1\ \text{mol Au}} \times \text{مولات Au}$$

تطبيق معامل التحويل.

$$0.158\ \text{mol Au} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{atoms Au}}{1\ \text{mol Au}} = 9.51 \times 10^{22}\ \text{atoms Au}$$

التعويض بمولات Au = 0.158 mol.

T.KAWTHAR HENDAWI
www.a

يحتوي بالون احتقالات على 9.60×10^{24} ذرة من الهيليوم.

ما كتلة الهيليوم بالجرامات؟

Avogadro's number = 6.02×10^{23}	عدد أفوجادرو = 6.02×10^{23}
molar mass of He = 4.00 g/mol	الكتلة المولية للهيليوم = 4.00 g/mol

63.8

45.5

وزاري

مُستخدمًا جزء الجدول الدوري للعناصر ادناه،

ما الكتلة المولية لمركب هيدروكسيد الصوديوم **NaOH**؟

Part of the Periodic Table
جزء من الجدول الدوري

HYDROGEN 1 **H** 1.00							HELIUM 2 **He** 4.00
LITHIUM 3 **Li** 6.94	BERYLLIUM 4 **Be** 9.01	BORON 5 **B** 10.81	CARBON 6 **C** 12.01	NITROGEN 7 **N** 14.00	OXYGEN 8 **O** 16.00	FUORINE 9 **F** 19.00	NEON 10 **Ne** 20.18
SODIUM 11 **Na**	MAGNESIUM 12 **Mg**	ALUMINUM 13 **Al**	SILICON 14 **Si**	PHOSPHORUS 15 **P**	SULFUR 16 **S**	CHLORINE 17 **Cl**	ARGON 18 **Ar**

19 g/mol

40 g/mol

60 g/mol

80 g/mol

مثال 6

علاقات المول المرتبطة بالصيغة أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3). غالبًا ما يسمى الألومينا، وهو المادة الخام الأساسية لإنتاج الألمنيوم (Al). يتواجد الألمنيوم في معدنيّ الكورونْدوم والبوكسيت. احسب عدد مولات أيونات الألمنيوم (Al^{3+}) في 1.25 mol من Al_2O_3.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك عدد مولات Al_2O_3 ويجب عليك تحديد عدد مولات أيونات Al^{3+} . استخدم معامل تحويل معتمد على الصيغة الكيميائية يربط بين مولات أيونات Al^{3+} ومولات Al_2O_3. كل مول من Al_2O_3 يحتوي على 2 mol من أيونات Al^{3+} . وبالتالي، فإن الإجابة يجب أن تكون ضعف عدد مولات Al_2O_3.

المعلوم — **المجهول**

عدد المولات = 1.25 mol Al_2O_3 — عدد المولات = ? mol Al^{3+} ions

2 حساب المجهول

استخدم العلاقة 1 mol من Al_2O_3 يحتوي على 2 mol من أيونات Al^{3+} لكتابة معامل تحويل.

$\frac{2 \text{ mol } Al^{3+} \text{ ions}}{1 \text{ mol } Al_2O_3}$ — إنشاء معامل تحويل يربط بين عدد مولات أيونات Al^{3+} وعدد مولات المركب Al_2O_3.

لتحويل الرقم المعلوم من مولات Al_2O_3 إلى مولات أيونات Al^{3+} ، اضرب في معامل التحويل.

تطبيق معامل التحويل.

$$\text{moles } Al_2O_3 \times \frac{2 \text{ mol } Al^{3+} \text{ ions}}{1 \text{ mol } Al_2O_3} = \text{moles } Al^{3+} \text{ ions}$$

التعويض بمولات Al_2O_3 واحصل على الحل.

$$1.25 \text{ mol } Al_2O_3 \times \frac{2 \text{ mol } Al^{3+} \text{ ions}}{1 \text{ mol } Al_2O_3} = 2.50 \text{ mol } Al^{3+} \text{ ions}$$

32. How many moles of oxygen atoms are present in 5.00 mol diphosphorus pentoxide (P_2O_5)?

$$5.00 \text{ mol } P_2O_5 \times \frac{5 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } P_2O_5} = 25.0 \text{ mol O}$$

33. Challenge Calculate the number of moles of hydrogen atoms in 1.15×10^1 mol of water. Express the answer in scientific notation.

$$1.15 \times 10^1 \text{ mol } H_2O \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } H_2O} = 23.0 \text{ mol H}$$

$$= 2.30 \times 10^1 \text{ mol H}$$

29. Zinc chloride ($ZnCl_2$) is used in soldering flux, an alloy used to join two metals together. Determine the moles of Cl^- ions in 2.50 mol $ZnCl_2$.

$$2.50 \text{ mol } ZnCl_2 \times \frac{2 \text{ mol } Cl^-}{1 \text{ mol } ZnCl_2} = 5.00 \text{ mol } Cl^-$$

30. Plants and animals depend on glucose ($C_6H_{12}O_6$) as an energy source. Calculate the number of moles of each element in 1.25 mol $C_6H_{12}O_6$.

$$1.25 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{6 \text{ mol C}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 7.50 \text{ mol C}$$

$$1.25 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{12 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 15.0 \text{ mol H}$$

$$1.25 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{6 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 7.50 \text{ mol O}$$

31. Iron(III) sulfate [$Fe_2(SO_4)_3$] is sometimes used in the water purification process. Determine the number of moles of sulfate ions present in 3.00 mol of $Fe_2(SO_4)_3$.

$$3.00 \text{ mol } Fe_2(SO_4)_3 \times \frac{3 \text{ mol } SO_4^{2-}}{1 \text{ mol } Fe_2(SO_4)_3}$$

$$= 9.00 \text{ mol } SO_4^{2-}$$

T.KAWTHAR HENDAWI

تحويل كتلة مركب إلى مولات

افترض أنك تقوم بإجراء تجربة في المختبر ينتج عنها 5.55g من مركب. فكم عدد المولات التي يحتوي عليها؟ لمعرفة ذلك، تقوم بحساب الكتلة المولية للمركب وتحديدها لتكون 185.0 g/mol. تعمل الكتلة المولية على الربط بين الجرامات والمولات، ولكن هذه المرة أنت تحتاج إلى مقلوب الكتلة المولية باعتباره معامل التحويل.

$$5.50\ \text{g مركب} \times \frac{1\ \text{mol مركب}}{185.0\ \text{g مركب}} = 0.0297\ \text{mol مركب}$$

مثال 8

التحويل من كتلة إلى مول في المركبات يُستخدم هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ في إزالة ثاني أكسيد الكبريت من غازات العادم المنبعثة من محطات الطاقة وفي إزالة عسر الماء بالتخلص من أيونات Ca^{2+} وأيونات Mg^{2+}. احسب عدد مولات هيدروكسيد الكالسيوم الموجودة في 325 g من المركب.

1 تحليل المسألة

لديك 325 g من $Ca(OH)_2$ ويجب عليك إيجاد عدد المولات $Ca(OH)_2$.

يجب عليك أولاً حساب الكتلة المولية للمركب $Ca(OH)_2$.

المعلوم

كتلة $Ca(OH)_2$ = 325g

المجهول

الكتلة المولية $Ca(OH)_2$ = ? g/mol

عدد المولات $Ca(OH)_2$ = ? mol

2 حساب المجهول

حدد الكتلة المولية للمركب $Ca(OH)_2$.

$$1\ \text{mol Ca} \times \frac{40.08\ \text{g Ca}}{1\ \text{mol Ca}} = 40.08\ \text{g}$$ ضرب عدد مولات Ca في المركب في كتلة Ca المولية

$$2\ \text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 32.00\ \text{g}$$ ضرب عدد مولات O في المركب في كتلة O المولية.

$$2\ \text{mol H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 2.016\ \text{g}$$ ضرب عدد مولات H في المركب في كتلة H المولية.

الكتلة المولية $= 74.10\ \text{g/mol}\ Ca(OH)_2$ $(40.08\ \text{g} + 32.00\ \text{g} + 2.016\ \text{g})$ إجمالي قيم ال

استخدام معامل تحويل—مقلوب الكتلة المولية—الذي يحول الجرامات إلى مولات.

$$325\ \text{g}\ Ca(OH)_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ Ca(OH)_2}{74.10\ \text{g}\ Ca(OH)_2} = 4.39\ \text{mol}\ Ca(OH)_2$$ تطبيق معامل التحويل. التمويه عكس الكتلة المولية و 1/74.10

مثال 9

التحويل من كتلة إلى مولات إلى جسيمات كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) يستخدم في تنقية البترول وتصنيع المطاط وزيوت التشحيم. عينة من كلوريد الألمنيوم كتلتها تساوي 35.6 g.

a. كم عدد أيونات الألمنيوم الموجودة؟

b. كم عدد أيونات الكلوريد الموجودة؟

c. ما الكتلة، بالجرام، لوحدة الصيغة الواحدة من كلوريد الألمنيوم؟

حدد الكتلة المولية من $AlCl_3$.

$$1\ \text{mol Al} \times \frac{26.98\ \text{g Al}}{1\ \text{mol Al}} = 26.98\ \text{g Al}$$

$$3\ \text{mol Cl} \times \frac{35.45\ \text{g Cl}}{1\ \text{mol Cl}} = 106.35\ \text{g Cl}$$

الكتلة المولية $= 133.33\ \text{g/mol}\ AlCl_3$ $(26.98\ \text{g} + 106.35\ \text{g})$

استخدام معامل تحويل—مقلوب الكتلة المولية—الذي يحول الجرام

كتلة $AlCl_3$ $\times \frac{1\ \text{mol}\ AlCl_3}{\text{جرامات}\ AlCl_3} =$ مولات $AlCl_3$

$$35.6\ \text{g}\ AlCl_3 \times \frac{1\ \text{mol}\ AlCl_3}{133.33\ \text{g}\ AlCl_3} = 0.267\ \text{mol}\ AlCl_3$$

استخدام عدد أفوجادرو.

$$0.267\ \text{mol}\ AlCl_3 \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{وحدات الصيغة}}{1\ \text{mol}\ AlCl_3} =$$

وحدات الصيغة في $AlCl_3$ $= 1.61 \times 10^{23}$

لحساب عدد أيونات Al^{3+} و Cl^-، استخدم النسب من الصيغة الكيميائية با

$$1.61 \times 10^{23}\ AlCl_3\ \text{وحدات الصيغة} \times \frac{1\ Al^{3+}\ \text{أيون}}{1\ AlCl_3\ \text{وحدة الصيغة}}$$

أيونات $Al^{3+} = 1.61 \times 10^{23}$

$$1.61 \times 10^{23}\ AlCl_3\ \text{وحدات الصيغة} \times \frac{3\ Cl^-\ \text{أيون}}{1\ AlCl_3\ \text{وحدة الصيغة}}$$

أيونات $Cl^- = 4.83 \times 10^{23}$

احسب الكتلة بالجرامات لوحدة الصيغة الواحدة من $AlCl_3$. استخدم مقلو

عدد أفوجادرو باعتباره معامل تحويل.

$$133.33\ \text{g}\ AlCl_3 \times \frac{1\ \text{mol}}{\text{وحدات الصيغة} 6.02 \times 10^{23}}$$

وحدة الصيغة $= 2.21 \times 10^{-22}$ g Al

احسب عدد المولات لكل من المركبات الآتية:

a. 22.6g من نترات الفضة $AgNO_3$

أولًا، احسب الكتلة المولية لنترات الفضة $AgNO_3$:

$$\text{mol Ag} \times \frac{107.90\ \text{g Ag}}{1\ \text{mol Ag}} = 107.90\ \text{g Ag}$$

$$\text{mol N} \times \frac{14.01\ \text{g N}}{1\ \text{mol N}} = 14.01\ \text{g N}$$

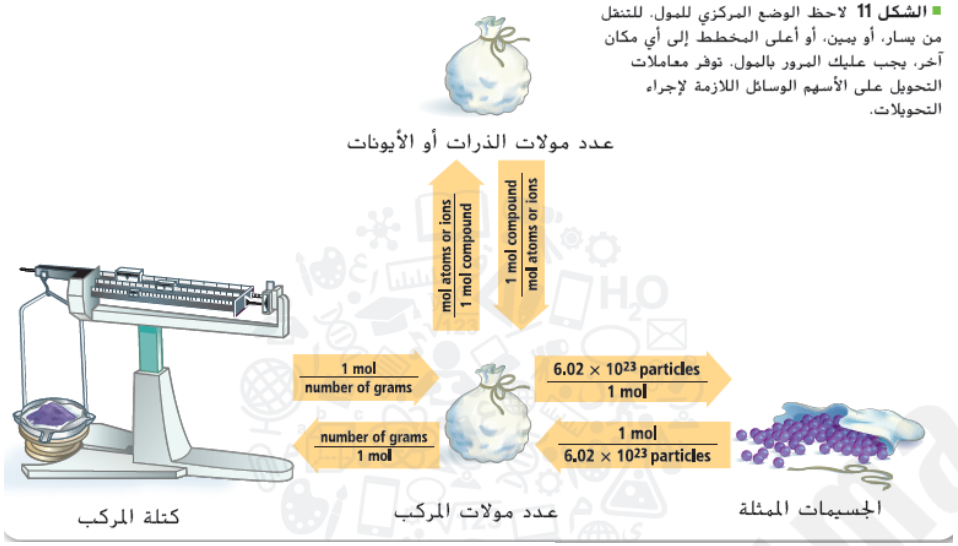
$$\text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 48.00\ \text{g O}$$

الكتلة المولية $= 14.01\ \text{g} + 14.01\ \text{g} + 107.90\ \text{g}$

الكتلة المولية $= 169.9\ \text{g/mol}$

ثانيًا، احسب عدد مولات المركب:

$$22.6\ \text{g}\ AgNO_3 \times \frac{1\ \text{mol}\ AgNO_3}{169.9\ \text{g}\ AgNO_3} = 0.133\ \text{mol}\ AgNO_3$$



■ **الشكل 11** لاحظ الوضع المركزي للمول. للتنقل من يسار، أو يمين، أو أعلى المخطط إلى أي مكان آخر، يجب عليك المرور بالمول. توفر معاملات التحويل على الأسهم الوسائل اللازمة لإجراء التحويلات.

41. تحفيز صنّف كلًّا من المركّبين التاليين إلى أيونيّ أو جزيئيّ، ثمّ حوّل الكتل المعطاة إلى مولات:

a. 2.5 kg من أكسيد الحديد III Fe_2O_3

مركّب أيوني؛

أولًا، احسب الكتلة المولية لـ Fe_2O_3:

$$2\ \text{mol Fe} \times \frac{55.85\ \text{g Fe}}{1\ \text{mol Fe}} = 111.7\ \text{g Fe}$$

$$3\ \text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 48.00\ \text{g O}$$

الكتلة المولية $_{(Fe_2O_3)}$ = الكتلة المولية $_{(Fe)}$ + الكتلة المولية $_{(O)}$

$= 48.00 + 111.7\ \text{g}$

$= 159.70\ \text{g/mol}$

كتلة مول واحد من $Fe_2O_3 = 159.70\ \text{g/mol}$

b. 6.50 g من بريتات الخارصين $ZnSO_4$

أولًا، احسب الكتلة المولية لكبريتات الخارصين $ZnSO_4$:

$$1\ \text{mol Zn} \times \frac{65.38\ \text{g Zn}}{1\ \text{mol Zn}} = 65.38\ \text{g Zn}$$

$$1\ \text{mol S} \times \frac{32.07\ \text{g S}}{1\ \text{mol S}} = 32.07\ \text{g S}$$

$$4\ \text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 64.00\ \text{g O}$$

الكتلة المولية $= 161.45\ \text{g/mol}$

كتلة مول واحد من كبريتات الخارصين $= 161.45\ \text{g/mol}$

ثانيًا، احسب عدد مولات المركب:

$$6.50\ \text{g}\ ZnSO_4 \times \frac{1\ \text{mol}\ ZnSO_4}{161.45\ \text{g}\ ZnSO_4} = 0.0403\ \text{mol}\ ZnSO_4$$

T.KAWTHAR HENDAWI

النسبة المئوية للتركيب

الكيميائيون، مثل هؤلاء، في **الشكل 12**، غالبًا ما يشتغلون بتطوير مركبات جديدة للاستخدامات الصناعية، والدوائية، والمنزلية. بعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يقوم بعمل مركبات جديدة) بإنتاج مركب جديد، يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب لتوفير البرهان التجريبي على تركيبته وصيغته الكيميائية.

تتمثل وظيفة الكيميائي التحليلي في تحديد العناصر التي يتكون منها المركب وتحديد نسبها المئوية بحسب الكتلة. التحاليل بحسب الوزن والحجم عبارة عن إجراءات تجريبية تقوم على قياس كتلة الأجسام الصلبة والسوائل، على الترتيب.

■ **الشكل 12** يقوم الكيميائي الصناعي بتكوين المركبات الجديدة للمرة الأولى على مقياس صغير مثل الكيميائي إلى يمين الصورة. ثم، يقوم الكيميائي التحليلي، مثل الكيميائي إلى يسار الصورة، بتحليل المركب للتحقق من تركيبه والنسبة المئوية للتركيب.

من في الكيمياء

الكيميائي الطبي يشبه كثيرًا الطبّاخ الذي يجرب وصفة مثالية. فهو يعمل على وضع أفضل تركيبة مثالية من المواد المتفاعلة. وهم يستخدمون معارفهم بتأثيرات السموم والأدوية على الجسم البشري في تصنيع جزيئات جديدة تقضي على المرض.

وبما أن النسبة المئوية تعني أجزاء من 100 جزء، فإن النسب المئوية بحسب الكتلة لعناصر المركب يجب أن يكون مجموعها دائمًا 100.

$$\text{النسبة المئوية بحسب الكتلة للعنصر X} = \frac{\text{كتلة العنصر X في المركب}}{\text{كتلة المركب}} \times 100 = 55\%$$

$$\text{النسبة المئوية بحسب الكتلة للعنصر Y} = \frac{\text{كتلة العنصر Y في المركب}}{\text{كتلة المركب}} \times 100 = 45\%$$

وبالتالي، فإن المركب يتكون من 55% X و 45% Y. النسبة المئوية بحسب الكتلة لعنصر في مركب ما تسمى **النسبة المئوية للتركيب** للمركب.

النسبة المئوية للتركيب من الصيغة الكيميائية يمكن الحصول على النسبة المئوية للتركيب للمركب أيضًا من صيغته الكيميائية. والقيام بذلك، افترض أن لديك 1 mol بالضبط من المركب. استخدم الصيغة الكيميائية في حساب الكتلة المولية للمركب. ثم، حدد كتلة كل عنصر في المول الواحد من المركب. اضرب الكتلة المولية للعنصر في عدد ذراته في الصيغة الكيميائية. وأخيرًا، استخدم المعادلة أدناه لإيجاد النسبة المئوية بحسب كتلة كل عنصر.

النسبة المئوية بحسب الكتلة من الصيغة الكيميائية

$$\text{النسبة المئوية بحسب الكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في 1 mol من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

النسبة المئوية بحسب كتلة عنصر ما في مركب هي كتلة العنصر في 1 mol من المركب مقسومة على الكتلة المولية للمركب، والضرب في 100.

المثال 10 يشرح حساب النسبة المئوية للتركيب.

What is the percent by mass of sodium (Na) in sodium sulfate (Na_2SO_4)?

Molar mass:
Na = 23 g/mol
Na_2SO_4 = 119 g/mol

الاجابة

38.7%

وزاري

ما النسبة المئوية بحسب الكتلة لعنصر الأكسجين في المركب $KClO_3$؟

(الكتلة المولية لـ $KClO_3$ = 122.55 g/mol
ولـ O = 16 g/mol)

النسبة المئوية بحسب الكتلة = $\frac{\text{كتلة العنصر في 1 mol من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$

28.89%

13.05%

32.66%

39.17%

T.KAWTHAR HENDAWI

مثال 10

حساب النسبة المئوية للتركيب كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وتسمى أيضًا بيكربونات الصوديوم. وهي من البكتونات الحقائة في بعض مضادات الحموضة التي تخفف من عسر الهضم. حدد النسبة المئوية لتركيب $NaHCO_3$

1 تحليل المسألة

لديك فقط الصيغة الكيميائية. افترض أن لديك 1 mol من $NaHCO_3$. احسب الكتلة المولية وكتلة كل عنصر في 1 mol لتحديد النسبة المئوية بحسب كتلته لكل عنصر في المركب. مجموع كل النسب المئوية يجب أن يكون 100 على الرغم من أن إجابتك قد تختلف قليلاً بسبب التقريب.

المعلوم: الصيغة = $NaHCO_3$

المجهول: النسبة المئوية من Na = ؟ ، النسبة المئوية من H = ؟ ، النسبة المئوية من C = ؟ ، النسبة المئوية من O = ؟

2 حساب المجهول

حدد الكتلة المولية لـ $NaHCO_3$ ومساهمة كل عنصر.

شرب الكتلة المولية لـ Na في ... : $1\ mol\ Na \times \frac{22.99\ g\ Na}{1\ mol\ Na} = 22.99\ g\ Na$

شرب الكتلة المولية لـ H في ... : $1\ mol\ H \times \frac{1.008\ g\ H}{1\ mol\ H} = 1.008\ g\ H$

شرب الكتلة المولية لـ C في ... : $1\ mol\ C \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ mol\ C} = 12.01\ g\ C$

شرب الكتلة المولية لـ O في ... : $3\ mol\ O \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ mol\ O} = 48.00\ g\ O$

إجمالي الكتلة المولية = $(22.99\ g + 1.008\ g + 12.01\ g + 48.00\ g) = 84.01\ g/mol\ NaHCO_3$

استخدم معادلة النسبة المئوية بحسب الكتلة.

$\%\ \text{كتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر الموجودة في 1 mol من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$

التعويض بكتلة Na والكتلة المولية: النسبة المئوية لعنصر Na = $\frac{22.99\ g/mol}{84.01\ g/mol} \times 100 = 27.37\%\ Na$

التعويض بكتلة H والكتلة المولية: النسبة المئوية لعنصر H = $\frac{1.008\ g/mol}{84.01\ g/mol} \times 100 = 1.200\%\ H$

التعويض بكتلة C والكتلة المولية: النسبة المئوية لعنصر C = $\frac{12.01\ g/mol}{84.01\ g/mol} \times 100 = 14.30\%\ C$

التعويض بكتلة O والكتلة المولية: النسبة المئوية لعنصر O = $\frac{48.00\ g/mol}{84.01\ g/mol} \times 100 = 57.14\%\ O$

يتكون $NaHCO_3$ من 27.37% Na، 1.200% H، 14.30% C، 57.14% O.

56. يُستعمَل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لـ[illegible] التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلّ عنصر في $CaCl_2$.

أولًا، افترض أن لديك 1mol من المركّب.

ثانيًا، احسب الكتلة المولية لـ $CaCl_2$:

$1\ mol\ Ca \times \frac{40.08\ g\ Ca}{1\ mol\ Ca} = 40.08\ g\ Ca$

$2\ mol\ Cl \times \frac{35.45\ g\ Cl}{1\ mol\ Cl} = 70.90\ g\ Cl$

الكتلة المولية = $70.90\ g + 40.08\ g$

الكتلة المولية = $110.98\ g/mol$

ثالثًا، احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلّ عنصر:

$\%\ Ca = \frac{40.08\ g\ Ca}{110.98\ g\ CaCl_2} \times 100\% = 36.11\%$

$\%\ Cl = \frac{70.90\ g\ Cl}{110.98\ g\ CaCl_2} \times 100\% = 63.89\%$

54

أولًا، افترض أن لديك 1mol من الحمض.

ثانيًا، احسب الكتلة المولية لـ H_3PO_4:

$3\ H \times \frac{1.008\ g\ H}{1\ mol\ H} = 3.024\ g\ H$

$1\ P \times \frac{30.97\ g\ P}{1\ mol\ P} = 30.97\ g\ H$

$4\ O \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ mol\ O} = 64.00\ g\ O$

الكتلة المولية = $3.024\ g + 30.06\ g + 64.00\ g$

الكتلة المولية = $97.99\ g/mol$

كتلة مول واحد = $97.99\ g/mol$

ثالثًا، احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلّ عنصر:

$= \frac{3.024\ g\ H}{97.99\ g\ H_3PO_4} \times 100\% = 3.08\%$

$= \frac{30.97\ g\ P}{97.99\ g\ H_3PO_4} \times 100\% = 31.61\%$

$= \frac{64.00\ g\ O}{97.99\ g\ H_3PO_4} \times 100\% = 65.31\%$

55. أيّ المركّبين التاليين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4 ؟

H_2SO_3 :

أولًا، افترض أن لديك 1mol من الحمض.

ثانيًا، احسب الكتلة المولية لـ H_2SO_3:

$2\ H \times \frac{1.008\ g\ H}{1\ mol\ H} = 2.016\ g\ H$

$1\ S \times \frac{32.06\ g\ S}{1\ mol\ S} = 32.06\ g\ S$

$3\ O \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ mol\ O} = 48.00\ g\ O$

الكتلة المولية = $48.00\ g + 32.06\ g + 2.016\ g$

الكتلة المولية = $82.08\ g/mol$

كتلة مول واحد من H_2SO_3 = $82.08\ g/mol$

ثالثًا، احسب النسبة المئوية بالكتلة للكبريت S:

$\%\ S = \frac{32.06\ g\ S}{82.08\ g\ H_2SO_3} \times 100\% = 39.06\%$

أعد الخطوتين (1، 2)، افترض أن لديك 1mol من الحمض، ثم احسب الكتلة المولية لـ H_2SO_4:

$2\ H \times \frac{1.008\ g\ H}{1\ mol\ H} = 2.016\ g\ H$

$1\ S \times \frac{32.06\ g\ S}{1\ mol\ S} = 32.06\ g\ S$

$4\ O \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ mol\ O} = 64.00\ g\ O$

الكتلة المولية = $64.00\ g + 32.06\ g + 2.016\ g$

الكتلة المولية = $94.08\ g/mol$

كتلة مول واحد من H_2SO_4 = $94.08\ g/mol$

ثالثًا، احسب النسبة المئوية بالكتلة للكبريت S:

$\%\ S = \frac{32.06\ g\ S}{94.08\ g\ H_2SO_4} \times 100\% = 34.08\%$

يمتلك H_2SO_3 نسبة مئوية للكبريت أكبر من H_2SO_4.

57. تحفيز تُستعمَل كبريتات الصوديوم في صناعة المُنظفات.

a. حدّد العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم، ثمّ اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركّب.

العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم: الصوديوم Na، والكبريت S، والأكسجين O. وصيغته الكيميائية: Na_2SO_4.

b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلّ عنصر في كبريتات الصوديوم.

أولًا، افترض أن لديك 1mol من المركّب.

ثانيًا، احسب الكتلة المولية لـ Na_2SO_4:

$2\ Na \times \frac{22.99\ g\ Na}{1\ mol\ Na} = 45.98\ g\ Na$

$1\ S \times \frac{32.07\ g\ S}{1\ mol\ S} = 32.07\ g\ S$

$4\ O \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ mol\ O} = 64.00\ g\ O$

الكتلة المولية = $64.00\ g + 32.07\ g + 45.98\ g$

الكتلة المولية = $142.05\ g/mol$

ثالثًا، احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلّ عنصر:

$\%Na = \frac{45.98\ g\ Na}{142.05\ g\ Na_2SO_4} \times 100\% = 32.37\%$

$\%S = \frac{32.07\ g\ S}{142.05\ g\ Na_2SO_4} \times 100\% = 22.58\%$

$\%O = \frac{64.00\ g\ O}{142.05\ g\ Na_2SO_4} \times 100\% = 45.05\%$

$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100 = \text{النسبة المئوية للعنصر في المركب}$

T.KAWTHAR HENDAWI

الصيغة الأولية

عندما يكون معلومًا النسبة المئوية لتركيب المركب، فإنه يمكن حساب صيغته. أولاً، حدد أصغر نسبة صحيحة من أعداد مولات العناصر في المركب. هذه النسبة تمثل أعداد ذرات العناصر في الصيغة الأولية. **الصيغة الأولية** لمركب ما هي الصيغة التي تبين العناصر المكونة للمركب بأبسط نسبة مولية بينها. قد تكون أو لا تكون الصيغة الأولية هي نفس الصيغة الجزيئية الفعلية. إذا اختلفت كلتا الصيغتان، فإن الصيغة الجزيئية ستكون دائمًا أضعافًا بسيطة للصيغة الأولية. الصيغة الأولية لبيروكسيد الهيدروجين هي HO؛ الصيغة الجزيئية هي H_2O_2. في كلتا الصيغتين، نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1.

يمكن استخدام النسبة المئوية للتركيب أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب في تحديد صيغة المركب. إذا كانت النسبة المئوية للتركيب معلومة افترض أن الكتلة الإجمالية للمركب هي 100.00 g وأن النسبة المئوية بحسب الكتلة لكل عنصر مساوية لكتلة هذا العنصر بالجرامات. يمكن ملاحظة ذلك في **الشكل 13**، حيث 100.00 g من مركب 40.05% S و 59.95% O تحتوي على 40.05 g من S و 59.95 g من O. يتم بعدها تحويل كتلة كل عنصر إلى مولات.

$$40.05\,g\,S \times \frac{1\ mol\ S}{32.07\,g\,S} = 1.249\ mol\ S$$

$$59.95\,g\,O \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\,g\,O} = 3.747\ mol\ O$$

وبالتالي، فإن النسبة المولية من ذرات S إلى ذرات O في المركب هي 1.249:3.747.

عندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعداد صحيحة، فإنه لا يمكن استخدامها في صيغة كيميائية. يمكنك تحويل النسبة إلى أعداد صحيحة بإدراك أن العنصر ذو العدد الأصغر من المولات ربما يكون عدد ذراته يساوي 1. لكي تجعل قيمة المول من الكبريت تساوي 1، اقسم كلتا قيمتي المول على عدد مولات الكبريت (1.249). وذلك لا يغير النسبة بين العناصر لأن كل رقم مقسوم على نفس العدد

مثال 11

الصيغة الأولية من النسبة المئوية للتركيب أسيتات الميثيل عبارة عن مذيب شائع الاستخدام في بعض الدهانات، والأحبار، واللواصق. حدد الصيغة الأولية لأسيتات الميثيل، ذات التحليل الكيميائي التالي: 48.64% الكربون، 8.16% الهيدروجين، والأكسجين 43.20%.

قم بتحويل كل كتلة إلى مولات باستخدام معامل تحويل

$$48.64\,g\,C \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\,g\,C} = 4.050\ mol\ C$$

$$8.16\,g\,H \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\,g\,H} = 8.10\ mol\ H$$

$$43.20\,g\,O \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\,g\,O} = 2.700\ mol\ O$$

النسبة المولية لأسيتات الميثيل (2.700 mol O):(H
التالي، احسب أصغر نسبة من مولات العناصر بقسمة

$$\frac{4.050\ mol\ C}{2.700} = 1.500\ mol\ C = 1.5\ mol\ C$$

$$\frac{8.10\ mol\ H}{2.700} = 3.00\ mol\ H = 3\ mol\ H$$

$$\frac{2.700\ mol\ O}{2.700} = 1.000\ mol\ O = 1\ mol\ O$$

أصغر نسبة مولية هي (1 mol O)،(3 mol H)،(mol C
الحالة —2ينتج عنه النسبة العددية الصحيحة.

ضرب عدد م $2 \times 1.5\ mol\ C = 3\ mol\ C$

ضرب عدد م $2 \times 3\ mol\ H = 6\ mol\ H$

ضرب عدد م $2 \times 1\ mol\ O = 2\ mol\ O$

أصغر نسبة عددية صحيحة للذرات هي (2 atoms O
لأسيتات الميثيل هي $C_3H_6O_2$.

أولًا: افترض أن لديك 100g من المادة، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$$36.84\,g\,N \times \frac{1\ mol\ N}{14.01\,g\,N} = 2.630\ mol\ N$$

$$63.16\,g\,O \times \frac{1\ mol\ O}{16.01\,g\,O} = 3.948\ mol\ O$$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$$\frac{2.630\ mol\ N}{2.630\ mol\ N} = \frac{1.000\ mol\ N}{1.000\ mol\ N} = \frac{1\ mol\ N}{1\ mol\ N}$$

$$\frac{3.948\ mol\ O}{2.630\ mol\ N} = \frac{1.500\ mol\ O}{1.000\ mol\ N} = \frac{1.5\ mol\ O}{1\ mol\ N}$$

تكون نسبة O : N
1 mol N : 1.5 mol O
ثالثًا: حوّل الكسور العشرية إلى أعداد صحيحة:
نضرب الطرفين في العدد 2، فتصبح النسبة:
2 mol N : 3 mol O

الصيغة الأولية للمادة: N_2O_3

59. ما الصيغة الأولية لمركّب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و 64.02% كبريت.

أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$$35.98\,g\,Al \times \frac{1\ mol\ Al}{26.98\,g\,Al} = 1.334\ mol\ Al$$

$$64.02\,g\,S \times \frac{1\ mol\ S}{32.06\,g\,S} = 1.996\ mol\ S$$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$$\frac{1.334\ mol\ Al}{1.334\ mol\ Al} = \frac{1.000\ mol\ Al}{1.000\ mol\ Al} = \frac{1\ mol\ Al}{1\ mol\ Al}$$

$$\frac{1.996\ mol\ S}{1.334\ mol\ Al} = \frac{1.500\ mol\ S}{1.000\ mol\ Al} = \frac{1.5\ mol\ S}{1\ mol\ Al}$$

تكون نسبة S : Al:
1 mol Al : 1.5 mol S
ثالثًا: حول الكسور العشرية إلى أعداد صحيحة
نضرب الطرفين في العدد 2، فتصبح النسبة:
2 mol Al : 3 mol S
الصيغة الأولية للمادة: Al_2S_3

يحدد الصيغة الأولية لمركب بمعلومية الكتل بالجرام والكتل المولي للعناصر المكونة له

60. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركّبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان يتكوّن من 81.82% من الكربون و18.18% من الهيدروجين، فما صيغته الأولية؟

أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$$81.82\,g\,C \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\,g\,C} = 6.813\ mol\ C$$

$$18.18\,g\,H \times \frac{1\ mol\ H}{2.008\,g\,H} = 18.04\ mol\ H$$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$$\frac{6.813\ mol\ C}{6.813\ mol\ C} = \frac{1.000\ mol\ C}{1.000\ mol\ C} = \frac{1\ mol\ C}{1\ mol\ C}$$

$$\frac{18.04\ mol\ H}{6.813\ mol\ C} = \frac{2.649\ mol\ H}{1.000\ mol\ C} = \frac{2.65\ mol\ C}{1\ mol\ C}$$

تكون نسبة H : C
1 mol C : 2.65 mol H
ثالثًا: حوّل الكسور العشرية إلى أعداد صحيحة
نضرب الطرفين في العدد 3، فتصبح النسبة:
3 mol C : 7.95 mol H
3 mol C : 8 mol H
الصيغة الأولية للمركّب: C_3H_8

61. تحضير الأسبرين يُعدّ من أكثر الأدوية استعمالًا في العالم. ويتكوّن من 60.00% كربون، و4.44% هيدروجين، و35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$$60.00\,g\,C \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\,g\,C} = 5.00\ mol\ C$$

$$4.44\,g\,H \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\,g\,H} = 4.40\ mol\ H$$

$$35.56\,g\,O \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\,g\,O} = 2.22\ mol\ O$$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$$\frac{5.00\ mol\ C}{2.22\ mol\ O} = \frac{2.25\ mol\ C}{1.00\ mol\ O} = \frac{2.25\ mol\ C}{1\ mol\ O}$$

$$\frac{4.40\ mol\ H}{2.22\ mol\ O} = \frac{1.98\ mol\ H}{1.00\ mol\ O} = \frac{2\ mol\ H}{1\ mol\ O}$$

$$\frac{2.22\ mol\ O}{2.22\ mol\ O} = \frac{1.00\ mol\ O}{1.00\ mol\ O} = \frac{1\ mol\ O}{1\ mol\ O}$$

تكون نسبة O ، H ، C
2.25 mol C : 2.00 mol H : 1 mol O
ثالثًا: حول الكسور العشرية إلى أعداد صحيحة
نضرب الطرفين في العدد 4، فتصبح النسبة:
9.00 mol C : 8.00 mol H : 4 mol O
الصيغة الأولية للمركّب: $C_9H_8O_4$

T.KAWTHAR HENDAWI

مثال 12

تحديد الصيغة الجزيئية حمض السكسينيك هو مادة يتم إنتاجها من الأشنات. يشير التحليل الكيميائي إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، 5.08% هيدروجين، و 54.24% أكسجين وكتلته المولية 118.1 g/mol. حدد الصيغ الأولية والجزيئية لحمض السكسينيك.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك النسبة المئوية للتركيب. افترض أن كل نسبة مئوية بحسب الكتلة تمثل كتلة العنصر في عينة من 100 g. يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعلومة بالكتلة التي تمثلها الصيغة الأولية لإيجاد n.

المعلوم
النسبة المئوية بحسب الكتلة C = 40.68%
النسبة المئوية بحسب الكتلة H = 5.08%
النسبة المئوية بحسب كتلة O = 54.24%
الكتلة المولية = 118.1 g/mol حمض السكسينيك

المجهول
الصيغة الأولية = ؟
الصيغة الجزيئية = ؟

2 حساب المجهول

استخدم النسب المئوية بحسب الكتلة في عينة كل المجرات، ثم قم بتحويل كل منها باستخدام م... الكتلة المولية—الذي يحول الكتلة إلى مولات.

$40.68\ \text{g-C} \times \frac{1\ \text{mol C}}{12.01\ \text{g-C}} = 3.387\ \text{mol C}$ — التحويل بكتلة 40.68 g = ... مقلوب الكتلة ال... والحل لإيجاد عدد مولات C.

$5.08\ \text{g-H} \times \frac{1\ \text{mol H}}{1.008\ \text{g-H}} = 5.04\ \text{mol H}$ — التحويل بكتلة 5.08 g = H، مقلوب الكتلة المولية 8 g والحل لإيجاد عدد مولات H.

$54.24\ \text{g-O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \text{g-O}} = 3.390\ \text{mol O}$ — التحويل بكتلة 54.24 g = O، مقلوب الكتلة المولية g والحل لإيجاد عدد مولات O.

النسبة المولية في حمض السكسينيك هي (3.390 mol O):(5.04 mol H):(3.387 mol C).

التالي، احسب أصغر نسبة بقسمة مولات كل عنصر على أصغر قيمة في النسبة المولية المحسوبة.

$\frac{3.387\ \text{mol C}}{3.387} = 1\ \text{mol C}$ — قسمة مولات C على 3.387.

$\frac{5.04\ \text{mol H}}{3.387} = 1.49\ \text{mol H} \approx 1.5\ \text{mol H}$ — قسمة مولات H على 3.387.

$\frac{3.390\ \text{mol O}}{3.387} = 1.001\ \text{mol O} \approx 1\ \text{mol O}$ — قسمة مولات O على 3.387.

أصغر نسبة مولية هي 1:1.5:1. ضرب كل القيم المولية في 2 للحصول على أعداد صحيحة.

$2 \times 1\ \text{mol C} = 2\ \text{mol C}$ — ضرب مولات C في 2.

$2 \times 1.5\ \text{mol H} = 3\ \text{mol H}$ — ضرب مولات H في 2.

$2 \times 1\ \text{mol O} = 2\ \text{mol O}$ — ضرب مولات O في 2.

أصغر نسبة عددية صحيحة هي 2:3:2. الصيغة الأولية هي $C_2H_3O_2$.

احسب كتلة الصيغة الأولية باستخدام الكتلة المولية لكل عنصر.

$2\ \text{mol-C} \times \frac{12.01\ \text{g C}}{1\ \text{mol-C}} = 24.02\ \text{g C}$ — ضرب الكتلة المولية للعنصر C في ...

$3\ \text{mol-H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol-H}} = 3.024\ \text{g H}$ — ضرب الكتلة المولية لعنصر H في ...

$2\ \text{mol-O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol-O}} = 32.00\ \text{g O}$ — ضرب الكتلة المولية لعنصر O في ...

الكتلة المولية $C_2H_3O_2 = (24.02\ \text{g} + 3.024\ \text{g} + 32.00\ \text{g}) = 59.04\ \text{g/mol}$

مثال 13

حساب صيغة أولية من بيانات الكتلة عادةً ما يتم تعدين خام الإلمينيت ومعالجته للحصول على التيتانيوم، وهو فلز قوي، وخفيف ومرن. تحتوي العينة من خام الإلمينيت على 5.41 g من الحديد، 4.64 g من التيتانيوم، و 4.65 g من الأكسجين. حدد الصيغة الأولية للإلمينيت.

1 تحليل المسألة

معلوم لديك كتل العناصر الموجودة في كتلة معلومة من الإلمينيت ويجب عليك تحديد الصيغة الأو... المعلومة من كل عنصر إلى مولات. ثم أوجد أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر.

المعلوم
كتلة الحديد = 5.41 g
كتلة التيتانيوم = 4.64 g
كتلة الأكسجين = 4.65 g

المجهول
الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المجهول

قم بتحويل كل كتلة معلومة إلى مولات باستخدام معامل تحويل—مقلوب الكتلة المولية—الذي يحول

$5.41\ \text{g-Fe} \times \frac{1\ \text{mol Fe}}{55.85\ \text{g-Fe}} = 0.0969\ \text{mol Fe}$ — ضرب كتلة 5.41 g = Fe في مقلوب الكتلة ال... وحساب عدد مولات Fe.

$4.64\ \text{g-Ti} \times \frac{1\ \text{mol Ti}}{47.87\ \text{g-Ti}} = 0.0969\ \text{mol Ti}$ — ضرب كتلة 4.64 g = Ti في مقلوب الكتلة ال... وحساب عدد مولات Ti.

$4.65\ \text{g-O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \text{g-O}} = 0.291\ \text{mol O}$ — ضرب كتلة 4.65 g = O في مقلوب الكتلة ال... وحساب عدد مولات O.

النسبة المولية للإلمينيت هي (0.291 mol O):(0.0969 mol Ti):(0.0969 mol Fe).

احسب أصغر نسبة بقسمة كل قيمة مولية على أصغر قيمة في النسب.

$\frac{0.0969\ \text{mol Fe}}{0.0969} = 1\ \text{mol Fe}$ — قسمة عدد مولات Fe على 0.0969.

$\frac{0.0969\ \text{mol Ti}}{0.0969} = 1\ \text{mol Ti}$ — قسمة عدد مولات Ti على 0.0969.

$\frac{0.291\ \text{mol O}}{0.0969} = 3\ \text{mol O}$ — قسمة عدد مولات O على 0.0969.

ولأن كل القيم المولية عبارة عن أعداد صحيحة، فإن أصغر نسبة مولية هي (1 mol Fe):(1 mol Ti):(3 mol O). الصيغة الأولية للإلمينيت هي $FeTiO_3$.

62. وُجِدَ أن مركّبًا يحتوي على 49.98 g من الكربون و 10.47 g من الهيدروجين. فإذا كانت الكتلة المولية للمركّب 58.12 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$49.98\ \text{g-C} \times \frac{1\ \text{mol C}}{12.01\ \text{g-C}} = 4.162\ \text{mol C}$

$10.47\ \text{g-H} \times \frac{1\ \text{mol H}}{1.008\ \text{g-H}} = 10.39\ \text{mol H}$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$\frac{4.162\ \text{mol C}}{4.162\ \text{mol C}} = \frac{1.000\ \text{mol C}}{1.000\ \text{mol C}} = \frac{1\ \text{mol C}}{1\ \text{mol C}}$

$\frac{10.39\ \text{mol H}}{4.162\ \text{mol C}} = \frac{2.50\ \text{mol H}}{1.000\ \text{mol C}} = \frac{2.5\ \text{mol H}}{1\ \text{mol C}}$

تكون نسبة C : H،
1 mol C : 2.50 mol H

نضرب الطرفين في العدد 2، فتصبح النسبة:
2 mol C : 5 mol H

الصيغة الأولية للمركّب: C_2H_5

ثالثًا: احسب الكتلة المولية للصيغة الأولية:

$2\ \text{mol-C} \times \frac{12.01\ \text{g C}}{1\ \text{mol-C}} = 24.02\ \text{g C}$

$5\ \text{mol-H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol-H}} = 5.040\ \text{g H}$

الكتلة المولية = 5.040 g + 24.02 g
الكتلة المولية = 29.06 g/mol

رابعًا: احسب مُعامل الضرب:

$\frac{58.12\ \text{g/ mol}}{29.06\ \text{g/ mol}} = 2.000$

الصيغة الجزيئية للمركّب = C_4H_{10}

63. سائل عديم اللون يتكوّن من 46.68% نيتروجين و 53.32% أكسجين، وكتلته المولية 60.01 g/mol. فما صيغته الجزيئية؟

أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$46.68\ \text{g-N} \times \frac{1\ \text{mol N}}{14.01\ \text{g-N}} = 3.332\ \text{mol N}$

$53.32\ \text{g-O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \text{g-O}} = 3.333\ \text{mol O}$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$\frac{3.332\ \text{mol N}}{3.332\ \text{mol N}} = \frac{1.000\ \text{mol N}}{1.000\ \text{mol N}} = \frac{1\ \text{mol N}}{1\ \text{mol N}}$

$\frac{3.333\ \text{mol O}}{3.332\ \text{mol N}} = \frac{1.000\ \text{mol O}}{1.000\ \text{mol N}} = \frac{1\ \text{mol O}}{1\ \text{mol N}}$

تكون نسبة N : O
1 mol N : 1 mol O

الصيغة الأولية للمركّب: NO

ثالثًا: احسب الكتلة المولية للصيغة الأولية:

$1\ \text{mol-N} \times \frac{14.01\ \text{g N}}{1\ \text{mol-N}} = 14.01\ \text{g N}$

$1\ \text{mol-O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol-O}} = 16.00\ \text{g O}$

الكتلة المولية = 16.00 g + 14.01 g
الكتلة المولية = 30.01 g/mol

رابعًا: احسب معامل الضرب:

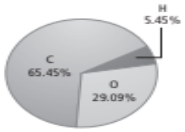
$\frac{60.01\ \text{g/ mol}}{30.01\ \text{g/ mol}} = 2.000$

الصيغة الجزيئية للمركّب = N_2O_2

T.KAWTHAR HENDAWI

between the empirical formula and the molecular formula using models and/or drawings

65. **تحفيز** عند تحليل مادة كيميائية تُستعمَل في سائل تظهير الأفلام الفوتوجرافية، تمّ التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المئوي الموضّحة في الشكل أدناه. فإذا كانت الكتلة المولية للمركّب 110.0g /mol، فما الصيغة الجزيئية له؟



أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$$65.45\,g\,C \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\,g\,C} = 5.450\ mol\ C$$

$$5.45\,g\,H \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\,g\,H} = 5.41\ mol\ H$$

$$29.09\,g\,O \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\,g\,O} = 1.818\ mol\ O$$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$$\frac{5.450\ mol\ C}{1.818\ mol\ O} = \frac{3.00\ mol\ C}{1.00\ mol\ O} = \frac{3\ mol\ C}{1\ mol\ O}$$

$$\frac{5.41\ mol\ H}{1.818\ mol\ O} = \frac{2.98\ mol\ H}{1.00\ mol\ O} = \frac{3\ mol\ H}{1\ mol\ O}$$

$$\frac{1.818\ mol\ O}{1.818\ mol\ O} = \frac{1.00\ mol\ O}{1.00\ mol\ O} = \frac{1mol\ O}{1\ mol\ O}$$

تكون نسبة C : H : O

3 mol C : 3 mol H : 1 mol O

الصيغة الأولية للمركّب: C_3H_3O

ثالثًا: احسب الكتلة المولية للصيغة الأولية:

$$3\ mol\ C \times \frac{12.01g\ C}{1\ mol\ C} = 36.03g\ C$$

$$3\ mol\ H \times \frac{1.008g\ H}{1\ mol\ H} = 3.024g\ H$$

$$1\ mol\ O \times \frac{16.00g\ O}{1\ mol\ O} = 16.00g\ O$$

الكتلة المولية = 16.00g + 3.024g + 36.03g

الكتلة المولية = 55.05 g/mol

رابعًا: نحسب معامل الضرب:

$$\frac{110.0\ g/\ mol}{55.05\ g/\ mol} = 1.998 \approx 2.000$$

الصيغة الجزيئية للمركّب = $C_6H_6O_2$

إلى البيانات المبيّنة في الجدول أدناه. فما الصيغة الأولية للمورفين؟

العنصر	كربون	هيدروجين	أكسجين	نيتروجين
الكتلة(g)	17.900	1.680	4.225	1.228

أولًا: افترض أن لديك 100 g من المركّب، احسب عدد المولات لكلّ عنصر:

$$17.900\,g\,C \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\,g\,C} = 1.490\ mol\ C$$

$$1.680\,g\,H \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\,g\,H} = 1.667\ mol\ H$$

$$4.255\,g\,O \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\,g\,O} = 0.2641\ mol\ O$$

$$1.288\,g\,N \times \frac{1\ mol\ N}{14.01\,g\,N} = 0.08765\ mol\ N$$

ثانيًا: احسب نسبة المولات لكلّ عنصر:

$$\frac{1.490\ mol\ C}{0.08765\ mol\ N} = \frac{17.00\ mol\ C}{1.000\ mol\ N} = \frac{17mol\ C}{1\ mol\ N}$$

$$\frac{1.667\ mol\ H}{0.08765\ mol\ N} = \frac{19.02\ mol\ H}{1.000\ mol\ N} = \frac{19\ mol\ H}{1\ mol\ N}$$

$$\frac{0.2641\ mol\ O}{0.08765\ mol\ N} = \frac{3.013\ mol\ O}{1.000\ mol\ N} = \frac{3mol\ O}{1\ mol\ N}$$

$$\frac{0.08765\ mol\ N}{0.08765\ mol\ N} = \frac{1.000\ mol\ N}{1.000\ mol\ N} = \frac{1mol\ N}{1\ mol\ N}$$

تكون نسبة C : H : N : O

17 mol C : 19 mol H : 1 mol N : 3 mol O

الصيغة الأولية للمركّب: $C_{17}H_{19}NO_3$

أي العبارات التالية **صحيحة** فيما يتعلق بالصيغة الجزيئية؟

1	هي الصيغة التي تُبين العناصر المكونة للمركب بأبسط نسبة مولية بينها
2	تكون نفس الصيغة الأولية لبعض المركبات
3	تُحدد العدد الفعلي لذرات كل عنصر في الجزيء اواحد أو وحدة الصيغة من المادة

1 فقط

3 فقط

1 و 2 فقط

2 و 3 فقط

وزاري

الصيغة الأولية XY_3

الجزيئية المحتملة؟

?

X_2Y_5 X_2Y_3

X_2Y_6 XY_4

لصيغة الأولية للبروبان،

ن من 81.82% كربون و 18.18%هيدروجين؟

Part of the Periodic Table

جزء من الجدول الدوري

HYDROGEN 1 H 1.00							HELIUM 2 He 4.00
LITHIUM 3 Li 6.94	BERYLLIUM 4 Be 9.01	BORON 5 B 10.81	CARBON 6 C 12.01	NITROGEN 7 N 14.00	OXYGEN 8 O 16.00	FUORINE 9 F 19.00	NEON 10 Ne 20.18
SODIUM 11	MAGNESIUM 12	ALUMINUM 13	SILICON 14	PHOSPHORUS 15	SULFUR 16	CHLORINE 17	ARGON 18

CH_4 C_3H_8

C_3H_{10} C_2H_6

T.KAWTHAR HENDAWI

5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

الصفحات 16 – 12

مسائل تدريبية

الصفحتان 16 – 15

فسّر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات، والمولات، والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:

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

الجسيمات:

1 molecule N_2 + 3 molecules H_2 ⟶ 2 molecules NH_3

المولات:

1 mol N_2 + 3 mol H_2 ⟶ 2 mol NH_3

كتلة المواد المتفاعلة:

N_2: 2 mol N × $\frac{14.007\text{ g N}}{1\text{ mol N}}$ = 28.014 g N

$3H_2$: 6 mol H × $\frac{1.008\text{ g H}}{1\text{ mol H}}$ = 6.048 g H

كتلة المواد المتفاعلة = 34.062 g

كتلة المواد الناتجة:

$2NH_3$: 2 mol N × $\frac{14.007\text{ g N}}{1\text{ mol N}}$ + 6 mol H × $\frac{1.008\text{ g H}}{1\text{ mol H}}$

= 34.062 g NH_3

كتلة المواد الناتجة = 34.062 g

28.014 g N_2 + 6.048 g H_2 ⟶ 34.062 g NH_3

34.062 g مواد ناتجة = 34.062 g مواد متفاعلة

h. $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

الجسيمات:

1 molecule HCl + 1 formula unit KOH ⟶ 1 formula unit KCl + 1 molecule H_2O

المولات:

1 mol HCl + 1 mol KOH ⟶ 1 mol KCl + 1 mol H_2O

كتلة المواد المتفاعلة:

HCl: 1 mol H × $\frac{1.008\text{ g H}}{1\text{ mol H}}$ + 1 mol Cl × $\frac{35.453\text{ g Cl}}{1\text{ mol Cl}}$

= 36.461 g HCl

KOH: 1 mol K × $\frac{39.098\text{ g K}}{1\text{ mol K}}$ + 1 mol O × $\frac{15.999\text{ g O}}{1\text{ mol O}}$

1 mol H × $\frac{1.008\text{ g H}}{1\text{ mol H}}$ = 56.105 g KOH

كتلة المواد المتفاعلة = 92.566 g

كتلة المواد الناتجة:

KCl: 1 mol K × $\frac{39.098\text{ g K}}{1\text{ mol K}}$ + 1 mol Cl × $\frac{35.453\text{ g Cl}}{1\text{ mol Cl}}$

= 74.551 g KCl

H_2O: 2 mol H × $\frac{1.008\text{ g H}}{1\text{ mol H}}$ + 1 mol O × $\frac{15.999\text{ g O}}{1\text{ mol O}}$

= 18.015 g H_2O

كتلة المواد الناتجة = 92.566 g

36.461 g HCl + 56.105 g KOH ⟶ 74.551 g KCl + 18.015 g H_2O

92.566 g مواد ناتجة = 92.566 g مواد متفاعلة

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

2 atoms Mg + 1 molecule O_2 ⟶ 2 formula unit MgO

2 mol Mg + 1 mol O_2 ⟶ 2 mol MgO

كتلة المواد المتفاعلة:

2Mg: 2 mol Mg × $\frac{24.305\text{ g Mg}}{1\text{ mol Mg}}$ = 48.610 g Mg

O_2: 2 mol O × $\frac{15.999\text{ g O}}{1\text{ mol O}}$ = 31.998 g O

كتلة المواد المتفاعلة = 80.608 g

كتلة المواد الناتجة:

2MgO:

2 mol Mg × $\frac{24.305\text{ g Mg}}{1\text{ mol Mg}}$ 2 mol O × $\frac{15.999\text{ g O}}{1\text{ mol O}}$

= 80.608 g MgO

كتلة المواد الناتجة = 80.608 g

48.610 g Mg + 31.998 g O ⟶ 80.608 g MgO

80.608 g مواد ناتجة = 80.608 g مواد متفاعلة

مثال 1

238 , 239

تفسير المعادلات الكيميائية احتراق البروبان (C_3H_8) يوفر الطاقة لتسخين المن... ولحام أجزاء الملزمات. فسّر معادلة احتراق البروبان باستخدام عدد الجسيمات وعدد المولات والكتلة. بيّن أنه تم التحقق بقانون حفظ الكتلة.

1 تحليل المسألة

تمثل معاملات معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة الواردة أدناه كلًا من المولات والجسيمات في الحالة الجزيئات. بالتالي، يمكن تفسير المعادلة باستخدام الجزيئات والمولات. تحقق من تأكيد صحة قانون حفظ الكتلة إذا تبين أن كتل المواد المتفاعلة وكتل النواتج متساوية.

المعلوم

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$

المجهول

معادلة تم تفسيرها باستخدام الجزيئات = ؟

معادلة تم تفسيرها باستخدام المولات = ؟

معادلة تم تفسيرها باستخدام الكتلة = ؟

2 حساب المجهول

تشير المعاملات في المعادلة الكيميائية إلى عدد الجزيئات.

1 molecule C_3H_8 + 5 molecules O_2 → 3 molecules CO_2 + 4 molecules H_2O

كما تشير المعاملات في المعادلة الكيميائية أيضًا إلى عدد المولات.

1 mol C_3H_8 + 5 mol O_2 → 3 mol CO_2 + 4 mol H_2O

للتحقق من أن الكتلة محفوظة. قم أولًا بتحويل مولات المواد المتفاعلة والنواتج إلى كتلة من خلال الضرب في معامل تحويل -الكتلة المولية - الذي يربط بين الجرامات والمولات.

مولات متفاعل أو ناتج × $\frac{\text{جرام من المتفاعل أو الناتج}}{1\text{ مول متفاعل أو ناتج}}$ = جرام متفاعل أو ناتج

احسب كتلة المتفاعل C_3H_8. $1\text{ mol } C_3H_8 \times \frac{44.09\text{ g } C_3H_8}{1\text{ mol } C_3H_8} = 44.09\text{ g } C_3H_8$

احسب كتلة المتفاعل O_2. $5\text{ mol } O_2 \times \frac{32.00\text{ g } O_2}{1\text{ mol } O_2} = 160.0\text{ g } O_2$

احسب كتلة الناتج CO_2. $3\text{ mol } CO_2 \times \frac{44.01\text{ g } CO_2}{1\text{ mol } CO_2} = 132.0\text{ g } CO_2$

احسب كتلة الناتج CO_2. $4\text{ mol } H_2O \times \frac{18.02\text{ g } H_2O}{1\text{ mol } H_2O} = 72.08\text{ g } H_2O$

أضف كتل المواد المتفاعلة. 44.09 g C_3H_8 + 160.0 g O_2 = 204.1 g مادة متفاعلة

أضف كتل النواتج. 132.0 g CO_2 + 72.08 g H_2O = 204.1 g نواتج

تحقق مراعاة قانون حفظ الكتلة. 204.1 g كتل المتفاعلات = 204.1 g نواتج

T.KAWTHAR HENDAWI

T.KAWTHAR HENDAWI

علاقات المول بالجسيمات

عند إجراء التجربة الاستهلالية، هل تفاجأت عند اختفاء اللون البنفسجي لبيرمنجنات البوتاسيوم عندما أضفت كبريتيد الهيدروجين؟ إذا استنتجت أن برمنعنات البوتاسيوم قد تم استهلاكه وتوقف التفاعل، فأنت على صواب. تتوقف التفاعلات الكيميائية عندما تستهلك واحدة من المواد المتفاعلة. عند التخطيط لإجراء التفاعل بين بيرمنجنات البوتاسيوم وكبريتيد الهيدروجين، قد يتساءل الكيميائيان أن يتساءل "كم جرامًا من بيرمنجنات البوتاسيوم يلزم لتحقيق تفاعل كامل مع كتلة معروفة من كبريتيد الهيدروجين؟" أو عند تحليل عملية تفاعل تمثيل ضوئي، ربما تتساءل "كم يلزم من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون لتكوين كتلة محددة من السكّر؟" الحسابات الكيميائية هي الأداة المطلوبة للإجابة عن هذه الأسئلة.

الحسابات الكيميائية تُسمى دراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة المستخدمة والنواتج المتكوّنة على إثر تفاعل كيميائي بالحسابات الكيميائية. تستند الحسابات الكيميائية إلى قانون حفظ الكتلة. تذكروا بأن القانون ينصّ على أن المادة لا يمكن أن تستحدث أو أن تفنى خلال التفاعل الكيميائي. في أي تفاعل كيميائي، تساوي كمية المادة الموجودة في النهاية كمية المادة التي كانت موجودة عند البداية. وبالتالي، فإن كتل المواد المتفاعلة تساوي كتل نواتج التفاعل. لاحظ تفاعل الحديد المسحوق (Fe) مع الأكسجين (O_2) المبينة في **الشكل 1**. رغم أن الحديد يتفاعل مع الأكسجين لتكوين مركب جديد، أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3)، تبقى الكتلة الإجمالية ثابتة دون تغيير.

المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي المبين في الشكل 1 هي كما يلي:

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

يمكنك تفسير هذه المعادلة من خلال القول بأن أربعة ذرات حديد تتفاعل مع ثلاث جزيئات أكسجين لتنتج وحدتي صيغة من أكسيد الحديد (III). تذكّر أن المعاملات في معادلة ما لا تُمثّل فقط أعداد الجسيمات المنفردة بل أيضا أعداد مولات الجسيمات. وبالتالي، فإنه يمكنك أيضا القول أن أربعة مولات من الحديد تتفاعل ثلاثة مولات أكسجين لتنتج مولين اثنين من أكسيد الحديد (III).

لا تعطي المعادلة الكيميائية مباشرة معلومات عن كتل المواد المتفاعلة والنواتج. مع ذلك، عند تحويل كميات المول المعروفة إلى كتلة، تصبح علاقات الكتل بديهية. تذكّر أن المولات تُحوّل إلى كتلة عن طريق الضرب في الكتلة المولية. تكون كتل المواد المتفاعلة كالتالي.

$$4 \text{ mol Fe} \times \frac{55.85 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 223.4 \text{ g Fe}$$

$$3 \text{ mol } O_2 \times \frac{32.00 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 96.00 \text{ g } O_2$$

إجمالي كتلة المواد المتفاعلة هو: $(223.4 \text{ g} + 96.00 \text{ g}) = 319.4 \text{ g}$

بنفس الطريقة، يتم احتساب كتلة الناتج كالتالي:

$$2 \text{ mol } Fe_2O_3 \times \frac{159.7 \text{ g } Fe_2O_3}{1 \text{ mol } Fe_2O_3} = 319.4 \text{ g}$$

لاحظ أن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة الناتج.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة النواتج

$$319.4 \text{ g} = 319.4 \text{ g}$$

وكما هو متوقع وفقًا لقانون حفظ الكتلة، فإن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة الناتج. العلاقات التي يمكن تحديدها عبر معادلة كيميائية موزونة مُلخّصة في الجدول 1.

الجدول 1 العلاقات المشتقّة من معادلة كيميائية موزونة

$4Fe(s)$	+	$3O_2(g)$	→	$2Fe_2O_3(s)$
الحديد	+	الأكسجين	→	أكسيد الحديد (III)
4 ذرات حديد	+	3 جزيئات O_2	→	2 وحدة صيغة Fe_2O_3
4 جزيئات Fe	+	3 mol O_2	→	2 mol Fe_2O_3
223.4 g Fe	+	96.00 g O_2	→	319.4 g Fe_2O_3
319.4 g مواد متفاعلة			→	319.4 g نواتج

T.KAWTHAR HENDAWI

وزاري
T.KAWTHAR HENDAWI

في التفاعل أدناه، أي مما يأتي صحيح؟

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

H = 1.008 g/mol	N = 14.007 g/mol

مجموع كتل المتفاعلات يُساوي 34.062 g

مجموع كتل النواتج يُساوي 28.014 g

مجموع كتل المتفاعلات أصغر من مجموع كتل النواتج

يحدث نقص في الكتلة أثناء التفاعل

2. تحقيق زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثُمّ فسّرها من حيث عدد الجسيمات الممثّلة والمولات والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:

أ. $__ Na_{(s)} + __ H_2O_{(l)} \rightarrow __ NaOH_{(aq)} + __ H_{2(g)}$

$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + 1H_{2(g)}$

الجسيمات:

2 atoms Na + 2 molecules H_2O ⟶
2 formula units NaOH + 1 molecule H_2

المولات:

2 mol Na + 2 mol H_2O ⟶
2 mol NaOH + 1 mol H_2

كتلة المواد المتفاعلة:

$$2Na: 2\ mol\ Na \times \frac{22.990g\ Na}{1\ mol\ Na} = 45.980g\ Na$$

$$2H_2O: 4\ mol\ H \times \frac{1.008g\ H}{1\ mol\ H} + 2\ mol\ O \times \frac{15.999g\ O}{1\ mol\ O} = 36.030g\ H_2O$$

كتلة المواد المتفاعلة = 82.01 g

كتلة المواد الناتجة:

$$2NaOH: 2\ mol\ Na \times \frac{22.990g\ Na}{1\ mol\ Na} + 2\ mol\ O \times \frac{15.999g\ O}{1\ mol\ O} + 2\ mol\ H \times \frac{1.008g\ H}{1\ mol\ H} = 79.994\ g\ NaOH$$

$$H_2: 2\ mol\ H \times \frac{1.008g\ H}{1\ mol\ H} = = 2.016g\ H$$

كتلة المواد الناتجة = 82.01 g

45.980g Na + 36.030g H_2O ⟶ 79.994g NaOH + 2.016g H

82.01g مواد ناتجة = 82.01g مواد متفاعلة

ب. $__ Zn_{(s)} + __ HNO_{3(aq)} \rightarrow __ Zn(NO_3)_{2(aq)} + __ N_2O_{(g)} + __ H_2O_{(l)}$

$4Zn_{(s)} + 10HNO_{3(aq)} \rightarrow 4Zn(NO_3)_{2(aq)} + 1N_2O_{(g)} + 5H_2O_{(l)}$

الجسيمات:

4 atoms Zn + 10 molecules HNO_3 ⟶
4 formula unit $Zn(NO_3)_2$ + 1 molecule N_2O + 5 molecules H_2O

المولات:

4 mol Zn + 10 mol HNO_3 ⟶
4 mol $Zn(NO_3)_2$ + 1 mol N_2O + 5 mol H_2O

كتلة المواد المتفاعلة:

$$4Zn: 4\ mol\ Zn \times \frac{65.39g\ Zn}{1\ mol\ Zn} = 261.56g\ Zn$$

$$10HNO_3: 10\ mol\ H \times \frac{1.008g\ H}{1\ mol\ H} + 10\ mol\ N \times \frac{14.007g\ N}{1\ mol\ N} + 30\ mol\ O \times \frac{15.999g\ O}{1\ mol\ O} = 630.12g\ HNO_3$$

كتلة المواد المتفاعلة = 891.68g

كتلة المواد الناتجة:

$$4Zn(NO_3)_2: 4\ mol\ Zn \times \frac{65.39g\ Zn}{1\ mol\ Zn} + 8\ mol\ N \times \frac{14.007g\ N}{1\ mol\ N} + 24\ mol\ O \times \frac{15.999g\ O}{1\ mol\ O} = 757.592g\ Zn(NO_3)_2$$

$$N_2O: 2\ mol\ N \times \frac{14.007g\ N}{1\ mol\ N} + 1\ mol\ O \times \frac{15.999g\ O}{1\ mol\ O} = 44.013g\ N_2O$$

$$5H_2O: 10\ mol\ H \times \frac{1.008g\ H}{1\ mol\ H} + 5\ mol\ O \times \frac{15.999g\ O}{1\ mol\ O} = 90.075g\ H_2O$$

كتلة المواد الناتجة = 891.68g

261.56g Zn + 630.12g HNO_3 ⟶ 757.592g $Zn(NO_3)_2$ + 44.013g N_2O + 90.075g H_2O

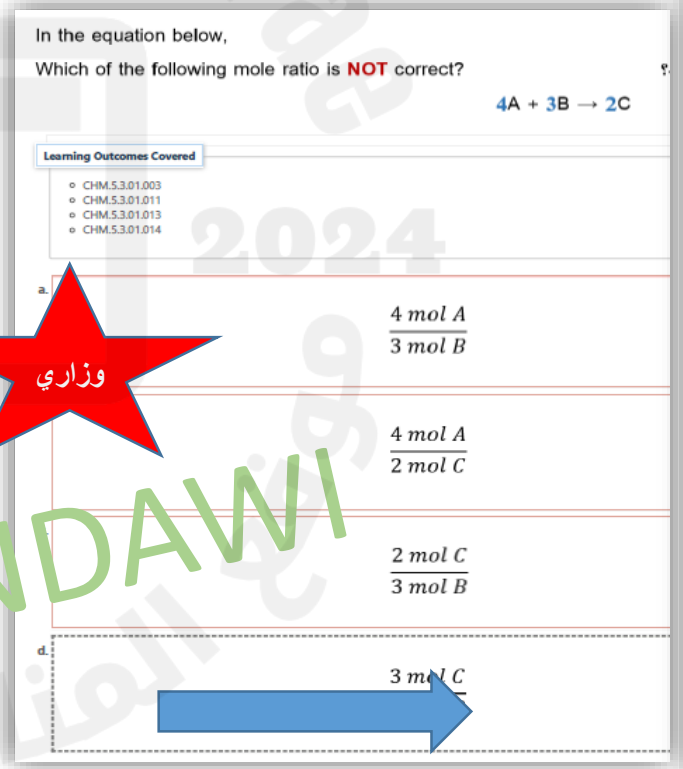
891.68g مواد ناتجة = 891.68g مواد متفاعلة

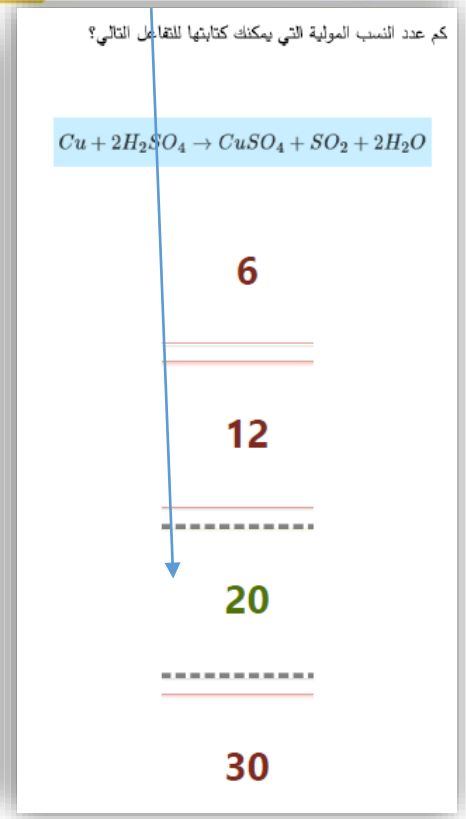
النسب المولية لقد قرأت أن المعاملات في معادلة كيميائية تشير إلى العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات النواتج. يمكنك استخدام العلاقات بين المعاملات لاشتقاق معامل التحويل التي تسمى بالنسب المولية. **النسبة المولية هي** نسبة بين أعداد مولات أي اثنين من المواد في معادلة كيميائية موزونة. على سبيل المثال، التفاعل في **الشكل 2** والذي يبيّن تفاعل البوتاسيوم (K) والبروم (Br_2) لتكوين بروميد البوتاسيوم(KBr). ناتج التفاعل، الملح الأيوني بروميد البوتاسيوم، يصفه البياطرة، مثل الذي في **الشكل 2** كدواء لمعالجة الصرع لدى الكلاب.

١- معادلة كيميائية موزونة. $2K(s) + Br_2(l) \rightarrow 2KBr(s)$

لاحظ أن عدد النسب المولية التي يمكنك كتابتها لتفاعل كيميائي يتضمن عددًا إجماليًا n من المواد هو $(n)(n-1)$. وهكذا،

لمعرفة عدد النسب للتأكيد نستخدم القانون





3. حدّد النسب المولية جميعها لكلٍّ من المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية:

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

$\frac{4\ mol\ Al}{3\ mol\ O_2}$ $\frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ Al_2O_3}$ $\frac{2\ mol\ Al_2O_3}{4\ mol\ Al}$

$\frac{3\ mol\ O_2}{4\ mol\ Al}$ $\frac{2\ mol\ Al_2O_3}{3\ mol\ O_2}$ $\frac{4\ mol\ Al}{2\ mol\ Al_2O_3}$

b. $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow Fe_{(3)}O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

$\frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2O}$ $\frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2}$ $\frac{3\ mol\ Fe}{1\ mol\ Fe_3O_4}$

$\frac{4\ mol\ H_2O}{3\ mol\ Fe}$ $\frac{4\ mol\ H_2}{3\ mol\ Fe}$ $\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{3\ mol\ Fe}$

$\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2}$ $\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2O}$ $\frac{4\ mol\ H_2O}{4\ mol\ H_2}$

$\frac{4\ mol\ H_2}{1\ mol\ Fe_3O_4}$ $\frac{4\ mol\ H_2O}{1\ mol\ Fe_3O_4}$ $\frac{4\ mol\ H_2}{4\ mol\ H_2O}$

c. $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

$\frac{2\ mol\ HgO}{2\ mol\ Hg}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ Hg}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ HgO}$

$\frac{2\ mol\ Hg}{2\ mol\ HgO}$ $\frac{2\ mol\ Hg}{1\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ HgO}{1\ mol\ O_2}$

4. **تحفيز** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثُمّ حدّد النسب المولية الممكنة:

a. $ZnO_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

$ZnO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

$\frac{1\ mol\ ZnO}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ ZnCl_2}$ $\frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnCl_2}$ $\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{1\ mol\ H_2O}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnCl_2}$

b. $C_4H_{10(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

$2C_4H_{10(g)} + 13O_{2(g)} \rightarrow 8CO_{2(g)} + 10H_2O_{(l)}$

$\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{13\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{8\ mol\ CO_2}$ $\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{10\ mol\ H_2O}$

$\frac{13\ mol\ O_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}$ $\frac{10\ mol\ H_2O}{2\ mol\ C_4H_{10}}$

$\frac{10\ mol\ H_2O}{13\ mol\ O_2}$ $\frac{10\ mol\ H_2O}{8\ mol\ CO_2}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{13\ mol\ O_2}$

$\frac{13\ mol\ O_2}{10\ mol\ H_2O}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{10\ mol\ H_2O}$ $\frac{13\ mol\ O_2}{8\ mol\ CO_2}$

وزاري
T.KAWTHAR HENDAWI

استخدام الحسابات الكيميائية

ماهي البيانات اللازمة لإجراء الحسابات الكيميائية؟ تبدأ كافة الحسابات الكيميائية بمعادلة كيميائية موزونة. كما نحتاج لنسب مولية قائمة على أساس المعادلة الكيميائية الموزونة، إلى جانب حسابات تحويل الكتلة إلى المول.

تحويل مول إلى مول وفقا للحسابات الحسابات الكيميائية التفاعل الشديد بين البوتاسيوم والماء المبيّن في **الشكل 3**. المعادلة الكيميائية الموزونة هي كما يلي:

$$2K(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2KOH(aq) + H_2(g)$$

انطلاقًا من المعادلة الموزونة، تعلم أن مولين اثنين من البوتاسيوم يتفاعلان مع هذا من الهيدروجين. لكن، كم ينتج من الهيدروجين في حال استخدام 0.0400 mol فقط من البوتاسيوم؟ للإجابة عن هذا السؤال، حدد المادة المعطاة أو المعروفة والمادة المجهولة أو التي عليك التوصل لمعرفتها. المادة المعطاة هي 0.0400 mol من البوتاسيوم. المجهول هو عدد مولات الهيدروجين. بما أن كلتا المادتين المعطاة والمجهولة والمطلوب تحديدها معبّر عنهما بوحدة المول، فإن هذه المشكلة تنطوي على عملية تحويل مول إلى مول.

لحل هذه المشكلة، عليك معرفة شكل العلاقة بين مولات الهيدروجين المجهولة ومولات البوتاسيوم المعروفة. تعلمت سابقا كيف تشتقّ النسب المولية من المعادلة الكيميائية الموزونة. تستخدم النسب المولية كمعامل تحويل بفرض تحويل عدد المولات المعلوم لمادة معينة مقابل العدد المجهول من مولات مادة أخرى ضمن نفس التفاعل الكيميائي. يمكن كتابة عدد من النسب المولية انطلاقا من المعادلة. لكن كيف تختار النسبة الصحيحة؟

الشكل 3 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء، فينتج حرارة عالية بما يكفي لإشعال النار في غاز الهيدروجين المتكوّن.

كما هو مبين أدناه، فإن النسبة المولية الصحيحة، 1 مول H_2 إلى 2 مول K، تتضمن مولات مجهولة في البسط ومولات معلومة في المقام. باستخدام هذه النسبة المولية يتم تحويل مولات البوتاسيوم إلى العدد المجهول من مولات الهيدروجين.

$$\text{مولات المجهول} = \text{مولات المعلوم} \times \frac{\text{مولات المجهول}}{\text{مولات المعلوم}}$$

$$0.0400 \text{ mol K} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol K}} = 0.0200 \text{ mol } H_2$$

تسلط الأمثلة التالية الضوء على مسائل الحسابات الكيميائية المتعلقة بتحويل المول إلى مول والمول إلى كتلة. العملية المتبعة لحل هذه المسائل مفصلة في استراتيجية حل المسائل الواردة أدناه.

استراتيجيات | حل المسائل

إتقان الحسابات الكيميائية

يعرض المخطط أدناه الخطوات المتبعة لحلّ مسائل الحسابات الكيميائية لتحويل المول إلى مول وإلى كتلة والكتلة إلى كتلة.

1. أكمل الخطوة 1 من خلال كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
2. لتحديد نقطة بداية حساباتك، سجّل وحدة قياس المادة المعطاة.
   - إذا كانت وحدة قياس كتلة المادة المعطاة (بالجرامات) هي وحدة البدء، ابدأ حسابك بالخطوة 2.
   - إذا كانت كمية المادة المعطاة بالمول هي وحدة القياس الأولية، تجاوز الخطوة 2 وابدأ حسابك من الخطوة 3.
3. تعتمد نقطة نهاية الحساب على وحدة القياس المنشودة للمادة المجهولة.
   - إذا كانت الوحدة المطلوبة في الإجابة هي المول، توقف عند اكتمال الخطوة 3.
   - إذا كانت الوحدة المطلوبة في الإجابة هي الجرام، توقف عند اكتمال الخطوة 4.

طبّق الاستراتيجية

طبّق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 2 و3 و4.

T.KAWTHAR HENDAWI

mass of another reactant or product

مثال 4

تحويل الكتلة إلى كتلة وفقا للحسابات الكيميائية نيترات الأمونيوم (NH_4NO_3)، وهو من الأسمدة المهمة، ينتج غاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O) عندما يتفكّك H_2O. حدد كتلة الـ H_2O الناتجة عن تفكّك 25.0 g من نيترات الأمونيوم الصلب NH_4NO_3.

1 تحليل المسألة

أُعطيت وصفا للتفاعل الكيميائي وكتلة المادة المتفاعلة. عليك كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة وتحويل كتلة المادة المتفاعلة المعروفة لمولات نفس المادة. عندها، استخدم النسبة المولية لربط العلاقة بين مولات المادة المتفاعلة ومولات الناتج. وأخيرا، استخدم الكتلة المولية للتحويل من مولات الناتج إلى كتلة الناتج.

المعلوم

كتلة نيترات الأمونيوم = 25.0 g NH_4NO_3

المجهول

كتلة الماء = ? g H_2O

2 حساب المجهول

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، وحدّد القيم المعروفة والمجهولة.

$$\underset{25.0\ g}{NH_4NO_3(s)} \rightarrow N_2O(g) + \underset{?\ g}{2H_2O(g)}$$

اضرب جرامات NH_4NO_3 في مقلوب الكتلة المولية للحصول على مولات NH_4NO_3.

$$25.0\ g\ NH_4NO_3 \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{80.04\ g\ NH_4NO_3} = 0.312\ mol\ NH_4NO_3$$

النسبة المولية : $\frac{2\ mol\ H_2O}{1\ mol\ NH_4NO_3}$

اضرب عدد مولات NH_4NO_3 في النسبة المولية للحصول على مولات H_2O.

$$0.312\ mol\ NH_4NO_3 \times \frac{2\ mol\ H_2O}{1\ mol\ NH_4NO_3} = 0.624\ mol\ H_2O$$

اضرب عدد مولات H_2O في الكتلة المولية للحصول على جرامات من H_2O.

$$0.624\ mol\ H_2O \times \frac{18.02\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} = 11.2\ g\ H_2O$$

15. أحد التفاعلات المُستخدَمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة: $2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$

احسب كتلة N_2 الناتجة عن تحلّل NaN_3، كما يَظهَر في الرسم المجاور.

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

الخطوة 1، احسب عدد مولات NaN_3.

$$100g\ NaN_3 \times \frac{1\ mol\ NaN_3}{65.02g\ NaN_3} = 1.538\ mol\ NaN_3$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات N_2.

$$1.538\ mol\ NaN_3 \times \frac{3\ mol\ N_2}{2\ mol\ NaN_3} = 2.307\ mol\ N_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة N_2 بالجرامات.

$$2.307\ mol\ N_2 \times \frac{28.02\ g\ N_2}{1\ mol\ N_2} = 64.64\ g\ N_2$$

16. تحفيز عند تشكُّل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء في الهواء ليُشكل حمض الكبريتيك H_2SO_4. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا تفاعل 2.5g SO_2 مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

الخطوة 1، زن المعادلة الكيميائية.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات SO_2.

$$2.50g\ SO_2 \times \frac{1\ mol\ SO_2}{64.07g\ SO_2} = 0.0390\ mol\ SO_2$$

الخطوة 3، احسب عدد مولات H_2SO_4.

$$0.0390\ mol\ SO_2 \times \frac{2\ mol\ H_2SO_4}{2\ mol\ SO_2}$$

$$= 0.0390\ mol\ H_2SO_4$$

الخطوة 4، احسب كتلة H_2SO_4 بالجرامات.

$$0.0390\ mol\ H_2SO_4 \times \frac{98.09\ g\ H_2SO_4}{1\ mol\ H_2SO_4}$$

$$= 3.83g\ H_2SO_4$$

T.KAWTHAR HENDAWI

لماذا تتوقف التفاعلات؟

في الواقع، من النادر أن تكون المواد المتفاعلة بنفس النسب الواردة في المعادلة الكيميائية الموزونة. بشكل عام، هناك فائض من مادة متفاعلة واحدة أو أكثر ويستمرّ التفاعل إلى حين يتم استهلاك أحد المواد المتفاعلة بالكامل. عندما يتم إجراء تفاعل في المختبر، ينطبق نفس المبدأ. عادة ما يكون هناك فائض من مادة متفاعلة واحدة كثر، بينما تكون إحدى المواد محدودة. تختلف كمية الناتج حسب المتفاعل المحدود.

المتفاعل المُحَدِّد والمتفاعل الفائض تذكّر التفاعل الذي تم في التجربة لاستهلالية. بعد تكوّن المحلول عديم اللون، لم تحدث إضافة كبريتيد الهيدروجين ي تأثير بسبب انتهاء كمية بيرمنجنات البوتاسيوم المتوفرة للتفاعل. كان بيرمنجنات لبوتاسيوم هو **المتفاعل المُحَدِّد**. كما تدل على ذلك التسمية، فإن المتفاعل لمحدد يحدّ من نطاق التفاعل، ومن ثم يحدد كمية الناتج المتكوّن. يتبقى قسم من كل متفاعل آخر بعد توقّف التفاعل الكيميائي. **المتفاعل الفائض هو بقايا المواد** لمتفاعلة بعد انتهاء التفاعل الكيميائي.

حساب مقدار الناتج عند وجود متفاعل محدد

كيف يمكنك حساب كمية الناتج المتكونة عندما تكون إحدى المواد المتفاعلة محدّدة؟ تأمّل في تكوين ثاني كلوريد ثنائي الكبريت (S_2Cl_2)، والمستخدم في تقسية (فلكنة) المطاط. كما هو مبين في **الشكل 6**، فإن خصائص المطاط المفلكن تجعل منه مادة مفيدة في العديد من المنتجات. خلال عملية إنتاج ثاني كلوريد ثنائي الكبريت، يتفاعل الكبريت المذاب مع غاز الكلور وفقا للمعادلة التالية.

$$S_8(l) + 4Cl_2(g) \rightarrow 4S_2Cl_2(l)$$

S = 32.065*8
Cl = 35.45*2

إذا تفاعل 200.0 g من الكبريت مع 100.0 g من غاز الكلور، فما كتلة ثاني كلوريد ثنائي الكبريت الناتج عن التفاعل؟

كيفية حساب المتفاعل المحدد تعطى كتل كلتا المادتين المتفاعلتين. أولا، عليك تحديد المتفاعل المحدد لأن التفاعل يتوقف عن تكوين الناتج عندما تنتهي كمية المتفاعل المحدد.

S_8=32.065*8=256.528
Cl_2=35.45*2=70.9

$S_8(l) + 4Cl_2(g) \rightarrow 4S_2Cl_2(l)$
200g 100g xg

إذا تفاعل 200.0 g من الكبريت مع 100.0 g من غاز الكلور، فما كتلة ثاني كلوريد ثنائي الكبريت الناتج عن التفاعل؟

S_8= 200/256.528 = 0.779 mol
Cl_2= 100/70.9 = 1.410 mol / 4 = 0.353 mol

1) تحويل (g) إلى mol لكل مادة متفاعلة
2) نقسم كل مادة على معاملها
3) نأخذ الأقل

mol = mass/m.m = 100/70.9 = 1.410
1.410*4/4 = 1.410
mass = 1.410*256.528 = 90.429

مثال 5

التعرّف على المتفاعل المحدد ينتج التفاعل بين الفوسفور الأبيض الصلب (P_4) والأكسجين عاشر أكسيد رباعي الفوسفور (P_4O_{10}). يسمى هذا المركب عادة خامس أكسيد ثنائي الفوسفور لأن صيغته الأولية هي P_2O_5.

أ. حدد كتلة P_4O_{10} المتكونة في حال تم التفاعل بين 25.0 g P_4 و 50.0 g O_2.

ب. كم من المتفاعل الفائض يتبقى بعد توقف التفاعل؟

المعلوم
كتلة الفوسفور = 25.0 g P_4
كتلة الأكسجين = 50.0 g O_2

المجهول
كتلة عاشر أك
كتلة المتفاعل

حساب المجهول
حدّد المادة المحدّدة للتفاعل
25.0 g 50.0 g ? g
$P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$

حدد عدد مولات المتفاعلين من خلال ضرب كل كتلة في معامل التف
الذي يربط بين المولات والكتلة - مطلوب الكتلة المولية.

25.0 g P_4 × 1 mol P_4 / 123.9 g P_4 = 0.202 mol P_4

50.0 g O_2 × 1 mol O_2 / 32.0 g O_2 = 1.56 mol O_2

احسب النسبة المولية للمولات المتوفرة من O_2 على المولات الظاهرة
15.6 mol O_2 / 0.202 mol P_4 = 7.72 mol O_2 / 1 mol P_4

حدد النسبة المولية للمتفاعلين انطلاقا من المعادلة الكيميائية الموزو
النسبة المولية: 5 mol O_2 / mol P_4

بما أن 7.72 mol من O_2 متوفرة، لكن فقط 5 mol هي القدر المط
من الـ O_2. P_4 هو المتفاعل الفائض و P_4 هو المتفاعل المحدد. اس
مولات P_4O_{10} التي سيتم إنتاجها. اضرب عدد مولات P_4 في النسبة
(المجهول) لـ P_4 (المعروف).

0.202 mol P_4 × 1 mol P_4O_{10} / 1 mol P_4 = 0.202 mol P_4O_{10}

لحساب كتلة الـ P_4O_{10}، اضرب عدد مولات P_4O_{10} في معامل التح
بين الكتلة والمولات - الكتلة المولية.

0.202 mol P_4O_{10} × 283.9 g P_4O_{10} / 1 mol P_4O_{10} = 57.3 g P_4O_{10}

22. يتفاعل الصوديوم مع أكسيد الحديد (III) وفق المعاد
الكيميائية:

$$Na_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3Na_2O_{(s)} + 2Fe_{(s)}$$

إذا تفاعل 100g من Na مع 100.0g من Fe_2O_3، فاحسب
كلًا ممّا يأتي:

a. المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Na.

00.0g Na × 1 mol Na / 22.99 g Na = 4.350 mol Na

الخطوة 2: احسب عدد مولات Fe_2O_3.

00.0g Fe_2O_3 × 1 mol Fe_2O_3 / 159.7g Fe_2O_3 = 0.6261 mol Fe_2O_3

الخطوة 3: قارن بين النسبة المولية الفعلية واللازمة لـ a
و Fe_2O_3:

mol Fe_2O_3 / 5 mol Na مقارنة بـ 0.6261 mol Fe_2O_3 / 4.350 mol Na

النسبة المولية الفعليّة 0.1439 مقارنة بالنسبة المولية
اللازمة 0.1667؛

النسبة المولية الفعليّة أقلّ من النسبة المولية اللازمة. لذا
ن أكسيد الحديد Fe_2O_3 (III) و المادة المُحدِّدة للتفاعل.

ا المادة الفائضة.

بما أن أكسيد الحديد Fe_2O_3 (III) هو المادة المحدّ
فإن الصوديوم هو المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Fe.

0.6261 mol Fe_2O_3 × 2 mol Fe / 1 mol Fe_2O_3
= 1.252 mol Fe

الخطوة 2: احسب كتلة Fe بالجرامات.

1.252 mol Fe × 55.85g Fe / 1 mol Fe = 69.92g Fe

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Na اللازمة.

0.6261 mol Fe_2O_3 × 6 mol Na / 1 mol Fe_2O_3 = 3.757 mol Na

الخطوة 2: احسب كتلة Na اللازمة بالجرامات.

3.757 mol Na × 22.9 g Na / 1 mol Na = 86.37g Na

كتلة المادة الفائضة = كتلة المادة المعطاة − كتلة المادة اللازمة
= 100.0g Na − 86.37g Na
=13.6g Na فائضة

23. **تحفيز** يَستعمِل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$، وغاز الأكسجين. فإذا توافر لنبتة ما 88.0g من ثاني أكسيد الكربون، و64.0g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

$$6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(g)}$$

b. وحدّد المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات CO_2.

88.0g CO_2 × 1 mol CO_2 / 44.01g CO_2 = 2.00 mol CO_2

الخطوة 2: احسب عدد مولات H_2O.

64.0g H_2O × 1 mol H_2O / 18.0g H_2O = 3.55 mol H_2O

الخطوة 3: قارن بين النسبة المولية الفعليّة واللازمة لـ CO_2 و H_2O:

6 mol CO_2 / 6 mol H_2O مقارنة بـ 2.00 mol CO_2 / 3.55 mol H_2O

النسبة المولية الفعليّة 0.563 مقارنة بالنسبة المولية اللازمة 1.00؛

النسبة المولية الفعليّة أقلّ من النسبة المولية اللازمة. لذا، فإن ثاني أكسيد الكربون CO_2 هو المادة المُحدِّدة للتفاعل.

c. وحدّد المادة الفائضة.

الماء هو المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات H_2O اللازمة.

2.00 mol CO_2 × 6 mol H_2O / 6 mol CO_2 = 2.00 mol H_2O

الخطوة 2: احسب كتلة H_2O اللازمة بالجرامات.

2.00 mol H_2O × 18.02g H_2O / 1.00 mol H_2O = 36.0 g H_2O

كتلة المادة اللازمة = كتلة المادة المعطاة − كتلة المادة الفائضة
= 64.0g H_2O − 36.0g H_2O
=28.0 g H_2O فائضة

e. واحسب كتلة السكر الناتج.

الخطوة 1: احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$ الناتجة.

2.00 mol CO_2 × 1 mol $C_6H_{12}O_6$ / 6 mol CO_2 = 0.333 mol $C_6H_{12}O_6$

الخطوة 2: احسب كتلة $C_6H_{12}O_6$ الناتجة بالجرامات.

0.333 mol $C_6H_{12}O_6$ × 180.24g $C_6H_{12}O_6$ / 1 mol $C_6H_{12}O_6$
= 60.0 g $C_6H_{12}O_6$

T.KAWTHAR HENDAWI