الفصل 5

الفكرة العامة

المواد المتفاعلة لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل، أحضر أربعة علب متماثلة (مثل علب أفلام التصوير) لها أغطية بحيث يمكن أحكام أغلاقها. ثم دع أربعة طلاب يضيفوا 5ml من الماء إلى كل علبة. واطلب إليهم أن يقسموا قرص بيكربونات الصوديوم إلى أربع قطع غير متساوية (صغيرة، متوسطة، بين المتوسطة والكبيرة، كبيرة)، ويضعوها على أغطية العلب، ثم ينبغي قلب الأغطية وإسقاط القطع في العلب وإغلاقها، ثم الابتعاد بعد ذلك عن الطاولة. ستلاحظ عندئذٍ انطلاق الأغطية في الهواء. اسأل الطلاب: أي الأغطية انطلق بقوة أكبر؟ العلبة التي احتوت على أكبر قطعة من القرص.

واسألهم عما إذا كانت كمية بيكربونات الصوديوم التي في العلبة تحدد قوة انطلاق غطاء العلبة. سوف تتناسب النتائج مع حجم القرص.

الربط بالمعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل :

التعبير العلمي، الأرقام المعنوية، متوسط الكتلة الذرية، معاملات التحويل المولية.

استعمال الصورة

حفظ الكتلة اكتب معادلة البناء الضوئي الأساسية على السبورة. وذكّر الطلاب بقانون حفظ الكتلة، ثم اطلب إليهم أن يتحققوا أن الكتلة تُحفظ خلال عملية البناء الضوئي. على الطلاب أن يتحققوا من تساوي أعداد كل نوع من الذرات، وأن الكتلة متساوية على جانبي المعادلة.

تحليل النتائج

1. عندما أضيف محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني العديم اللون إلى محلول برمنجنات البوتاسيوم الأرجواني لوحظ تغير اللون من الأرجواني إلى عديم اللون.
2. يمكن أن تؤدي إضافة محلول $NaHSO_3$ جميعه مرة واحدة إلى خطأ في حجم المحلول الذي يتطلبه تغيير اللون الأرجواني لمحلول $KMnO_4$ إلى محلول عديم اللون. ويمكن أن يكون الخطأ بمقدار 5 ml.

تجربة استهلالية

الهدف سيلاحظ الطلاب تفاعلاً كيميائيًّا تستهلك فيه إحدى المواد المتفاعلة بصورة كاملة، في حين تبقى المادة المتفاعلة الأخرى بصورة فائضة.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب تعبئة نموذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

راجع مع الطلاب كيفية التعامل مع برمنجنات البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم الهيدروجينية قبل إجراء هذه التجربة. ولا تسمح لهم بتحضير محاليل كيميائية بأنفسهم؛ لأن برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ عامل مؤكسد خطر سواء كان في صورة مسحوق أو بلورات. وذكّرهم بأن يرتدوا معطف المختبر ويضعوا النظارات الواقية.

التخلص من الفضلات يجب معالجة محلول $KMnO_4$ أو الاحتفاظ به على أنه نفاية كيميائية، ولا تسكبه في المغسلة.

استراتيجيات التدريس

- ضع خمسة أنابيب اختبار وعشر سدادات مطاطية على الطاولة، ثم أغلق كل أنبوب بسدادة واحدة، واسأل الطلاب: أيهما يتوافر بكمية أكبر؟

النتائج المتوقعة يكون لون محلول $KMnO_4$ الأصلي أرجوانيًّا غامقًا، ويصبح المحلول عديم اللون تدريجيًّا عند إضافة محلول $NaHSO_3$ إليه. ومن المتوقع أن يتطلب كل 5 ml من $KMnO_4$ إلى 27 ml من $NaHSO_3$ حتى يتغير لون محلول البرمنجنات إلى محلولٍ صافٍ عديم اللون.

الاستقصاء لا يحدث شيء آخر لأن المحلول عديم اللون، مما يعني أنه لا توجد برمنجنات البوتاسيوم لتتفاعل.

5-1

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (16) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

المواد المتفاعلة والناتجة ضع شمعة على طبق زجاجي، وضعه في إناء فيه ماء، ثم أشعل الشمعة، واسأل الطلاب: ماذا يحدث إذا وضعتْ كأس كبيرة فوق الشمعة؟ سوف تنطفئ الشمعة عندما تستنفد الأكسجين في الكأس. ضع الكأس فوق الشمعة، واطلب إلى الطلاب مراقبة ارتفاع مستوى الماء في الكأس. واسأل: لماذا ارتفع مستوى الماء في الكأس؟ يكون عدد مولات المواد المتفاعلة الغازية في المعادلة الموزونة أكثر من عدد مولات المواد الناتجة الغازية، مما يسبب ضغطًا أقل داخل الكأس بعدما تنطفئ الشمعة وتبرد. أخبر الطلاب أن هذا الفصل يتضمن دراسة كميات المواد المتفاعلة والناتجة. ض م

2. التدريس

عرض سريع

الاحتراق صل نهايتي أنبوب مطاطي بقمع زجاجي صغير من طرف وأنبوب غاز من الطرف الآخر، ثم املأ طبق بتري بمحلول صابون يحوي 10% من الصابون ونقط من الجليسرول، ثم اغمس القمع في الخليط. واربط قطعة خشبية بطرف مسطرة مترية وأشعلها بعود ثقاب. ثم افتح أنبوب الغاز بحيث تنتج فقاقيع في القمع ببطء. ودع الفقاقيع تخرج من القمع، واطلب إلى أحد الطلاب أن يلمس كل فقاعة بالقطعة الخشبية المشتعلة، فعندئذٍ سوف تشتعل الفقاقيع. وذكّر الطلاب أنك تشعل فقاقيع من الغاز الطبيعي أو الميثان (CH_4). واطلب إليهم أن يكتبوا معادلة الاحتراق.

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ ض م

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى استخدم مجموعة نماذج الجزيئات (الكرات والوصلات) لعمل نموذجًا لجزيء CH_4 وجزيئي O_2، واطلب إلى الطلاب تعرف هذه النماذج. ثم اصنع نموذجًا لجزيء CO_2 ونموذجًا آخر لجزيئي H_2O، واطلب إليهم تعرف هذه النماذج أيضًا. ثم أخبرهم بأن مجموعتي النماذج تمثلان المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند احتراق الميثان. رتّب المواد المتفاعلة والنواتج على جانبي لوحة كرتون في صورة سهم، ثم اطلب إلى الطلاب عدّ أعداد كل نوع من الذرات قبل التفاعل وبعده. ذرة كربون، أربع ذرات هيدروجين وأربع ذرات أكسجين. وذكّرهم بأن المعاملات تمثل عدد المولات أوعدد الجزيئات، وأخيرًا اطلب إليهم تفسير المعادلات بالمولات.

$1\ mol\ CH_4 + 2\ mol\ O_2 \rightarrow 1\ mol\ CO_2 + 2\ mol\ H_2O$ د م

5–1

الأهداف

- **تصف** العلاقات من خلال معادلة كيميائية موزونة.
- **تذكر** النسب المولية في المعادلة الكيميائية الموزونة.

مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية

النسبة المولية

المقصود بالحسابات الكيميائية
Defining Stoichiometry

الفكرة الرئيسة **تحدّد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.**

الربط مع الحياة لعلك شاهدت شمعة تحترق. عندما تحترق الشمعة تمامًا، أو تُطفأ بالنفخ عليها، يتوقف تفاعل الاحتراق في كلتا الحالتين.

علاقة المول بالجسيمات Particle and Mole Relationships

هل فوجئت باختفاء اللون الأرجواني لبرمنجنات البوتاسيوم عندما أضفت كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني في أثناء التجربة الاستهلالية؟ إذا استنتجت أن برمنجنات البوتاسيوم قد استهلكت وأن التفاعل قد توقف فهذا صحيح. تتوقف التفاعلات الكيميائية عندما تستهلك إحدى المواد المتفاعلة. وعندما يخطط الكيميائي لتفاعل برمنجنات البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم الهيدروجيني فإنه يتساءل "كم جرامًا من برمنجنات البوتاسيوم نحتاج لتتفاعل تمامًا مع كتلة محددة من كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني ؟". وقد تتساءل عند تحليل تفاعل البناء الضوئي "ما الكمية التي نحتاج إليها من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون لتكوين كتلة محددة من السكر؟". إن الحسابات الكيميائية هي الطريقة الصحيحة للإجابة عن هذه الأسئلة.

الحسابات الكيميائية تُسمى دراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي **الحسابات الكيميائية**. وتعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي. وتساوي كمية المواد الناتجة عند نهاية أي تفاعل كيميائي كمية المواد المستخدمة في بداية التفاعل. لذا فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. لاحظ تفاعل مسحوق الحديد Fe مع الأكسجين O_2، الموضح في الشكل 5–1 فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد III Fe_2O_3 فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.

الشكل 5-1 تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.

التعلم البصري

الجدول 1–5 اطلب إلى الطلاب استخدام الجدول لتفسير معادلة احتراق الميثان. ارسم مخططا للتفاعل لمساعدتهم على التفسير. ض م

ماذا قرأت؟ تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجسيمات الممثلة وعدد المولات أيضًا. وعلى الرغم من أنها لا تشير مباشرة إلى كتل المواد المتفاعلة أو كتل الجسيمات، إلا أنه يمكن اشتقاق هذه الكتل من المعاملات بوساطة تحويل عدد المولات إلى كتلة.

عرض سريع

كمية المواد المتفاعلة خذ أربعة دوارق مخروطية حجم كل منها 125 ml وأربعة بالونات. ثم أضف 10 ml من محلول حمض الأسيتيك إلى كل دورق. وزن عينات من صودا الخبز مقاديرها 5.0 g، 2.5 g، 1.0 g، 0.5 g. واسأل الطلاب: ماذا يحدث عندما تضاف صودا الخبز إلى حمض الأسيتيك؟ يحدث تفاعل وينتجُ عنه غاز. اسأل الطلاب عما إذا كانت الدوارق كلها ستنتج الكمية نفسها من ثاني أكسيد الكربون. سوف تتنوع الإجابات. أضف صودا الخبز إلى حمض الأسيتيك في كلّ دورق وغطِّ فُوّهة الدورق بالبالون بسرعة. واسأل الطلاب لماذا تكون حجوم البالونات مختلفة؟ أنتج كل تفاعل كمية مختلفة من ثاني أكسيد الكربون؛ والتي تعتمد على كمية حمض الأسيتيك وصودا الخبز المتفاعلة.

الجدول 1-5 العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة

$4Fe_{(s)}$	+	$3O_{2(g)}$	→	$2Fe_2O_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	→	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O_2	→	2 Formula units
4 mol 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 مواد ناتجة

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في الشكل **1–5** على النحو الآتي:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3\,(s)}$$

تبين هذه المعادلة تفاعل أربع ذرات حديد مع ثلاثة جزيئات أكسجين لإنتاج وحدتي صيغة كيميائية من أكسيد الحديد III. تذكّر أن المعامل في المعادلة يمثل عدد المولات. لذا، تستطيع القول إن أربعة مولات من الحديد قد تفاعلت مع ثلاثة مولات أكسجين لإنتاج مولين من أكسيد الحديد III.

ولا تعطي المعادلة الكيميائية معلومات مباشرة عن كتل المواد المتفاعلة والناتجة، إلا أنه بتحويل عدد المولات المعروفة إلى كتلة تصبح علاقات الكتلة واضحة. تذكر أنه يمكنك تحويل عدد المولات إلى كتلة بضربها في الكتلة المولية. لذا، فإن كتل المواد المتفاعلة هي على النحو الآتي:

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

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

ولذا؛ فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي: $223.4\text{g} + 96.00\text{g} = 319.4\text{g}$

وبطريقة مماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

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

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناتجة.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

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

وكما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص **الجدول 1–5** العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

ماذا قرأت؟ سجّل في قائمةٍ أنواع العلاقات التي يمكن اشتقاقها من المعاملات في معادلة كيميائية موزونة.

المفردات

أصل الكلمة

الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات الكيميائية Stoichiometry إلى الكلمة اليونانية "Stoichiometry" المكونة من كلمتين هما: (Stoikheion) وتعني العنصر، و(metron) وتعني القياس.

دفتر الكيمياء

تفسير المعادلات الكيميائية اطلب إلى الطلاب أن يفسروا المعادلات التالية فيما يتعلق بالجسيمات، وعدد المولات، والكتلة.

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$$

ثم اطلب إليهم أن يوضحوا في دفاترهم أنه قد روعي قانون حفظ الكتلة. ض م

مثال 1-5

تفسير المعادلات الكيميائية يزودنا احتراق البروبان C_3H_8 بالطاقة اللازمة لتدفئة البيوت، وطهو الطعام، ولحام الأجسام الفلزية. فسر معادلة احتراق البروبان باستخدام عدد الجسيمات وعدد المولات والكتلة، ثم وضح تطبيق قانون حفظ الكتلة.

1 تحليل المسألة

تمثل معاملات المعادلة الكيميائية الموضحة أدناه كلًّا من المولات، والجسيمات الممثلة (في هذه الحالة الجزيئات). وسيتم إثبات قانون حفظ الكتلة إذا كانت كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة متساوية.

المعطيات

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3\ CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

المطلوب

عدد الجزيئات = ؟

عدد المولات = ؟

كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ؟

2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات.

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

وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضًا.

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

وللتأكد من حفظ الكتلة، نحول أولاً عدد مولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة إلى كتلة، وذلك بالضرب في معامل التحويل – الكتلة المولية، التي تربط بين الجرامات والمولات.

$$\text{جرامات المواد المتفاعلة أو الناتجة} = \text{مولات المواد الناتجة أو المتفاعلة} \times \frac{\text{الكتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}}$$

حساب كتلة C_3H_8 المتفاعلة.

$$1\ \cancel{\text{mol } C_3H_8} \times \frac{44.09\ \text{g } C_3H_8}{1\ \cancel{\text{mol } C_3H_8}} = 44.09\ \text{g } C_3H_8$$

حساب كتلة O_2 المتفاعلة.

$$5\ \cancel{\text{mol } O_2} \times \frac{32.00\ \text{g } O_2}{1\ \cancel{\text{mol } O_2}} = 160.0\ \text{g } O_2$$

حساب كتلة CO_2 الناتجة

$$3\ \cancel{\text{mol } CO_2} \times \frac{44.01\ \text{g } CO_2}{1\ \cancel{\text{mol } CO_2}} = 132.0\ \text{g } CO_2$$

حساب كتلة H_2O الناتجة

$$4\ \cancel{\text{mol } H_2O} \times \frac{18.02\ \text{g } H_2O}{1\ \cancel{\text{mol } H_2O}} = 72.08\ \text{g } H_2O$$

اجمع كتل المواد المتفاعلة

$$44.09\ \text{g } C_3H_8 + 160.0\ \text{g } O_2 = 204.1\ \text{g}$$

اجمع كتل المواد الناتجة

$$132.0\ \text{g } CO_2 + 72.08\ \text{g } H_2O = 204.1\ \text{g}$$

تطبيق قانون حفظ الكتلة

مواد ناتجة 204.1 g = مواد متفاعلة 204.1 g

3 تقويم الإجابة

إن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة، كما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة.

مثال في الصف

السؤال يتفحص الجيولوجيون وجود كربونات الكالسيوم في الصخور باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك؛ إذ يشير ظهور الفقاقيع إلى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من الحجر الجيري؛ طبقًا للتفاعل التالي:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

فسّر معادلة هذا التفاعل اعتمادًا على الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة، مبينًا مراعاة قانون حفظ الكتلة.

الإجابة

1 formula unit of $CaCO_3$ + 2 molecules of HCl →
1 formula unit of $CaCl_2$ + 1 molecule of H_2O +
1 molecule of CO_2

1 mol $CaCO_3$ + 2 mol HCl →
1 mol $CaCl_2$ + 1 mol H_2O + 1 mol CO_2;

100 g $CaCO_3$ + 75.0 g HCl →
113 g $CaCl_2$ + 18.0 g H_2O + 44.0 g CO_2

175g من المواد الناتجة = 175 g من المواد المتفاعلة

إذًا الكتلة محفوظة.

مشروع الكيمياء

الحسابات الكيميائية في الفضاء

اطلب إلى الطلاب البحث في دور هيدروكسيد الليثيوم في التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذي ينتجه روّاد الفضاء. واطلب إليهم أن يناقشوا لماذا يجب التخلص من ثاني أكسيد الكربون، وكيف تستخدم الحسابات الكيميائية لتقليل وزن هيدروكسيد الليثيوم المحمول إلى الفضاء. واطلب إليهم إجراء حساب تقريبي لكمية ثاني أكسيد الكربون التي ينتجها الشخص في اليوم. ض م ف م

طرائق تدريس متنوعة

المعاقون سمعيًا اعرض على الطلاب مشهدًا لإطلاق المكوك الفضائي. ووضح لهم على السبورة أن الوقود المستخدم لعملية الاطلاق هو خليط من الهيدروجين والأكسجين. واطلب إليهم أن يكتبوا فقرة تصف العوامل التي يأخذها المهندسون في الحسبان عند استخدام هذه الأنواع من الوقود. على أن تشمل هذه الفقرات عوامل مثل كمية الهيدروجين الناتجة وكمية الأكسجين الضرورية. ض م

مسائل تدريبية

1. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:
   a. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
   b. $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
   c. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$
2. **تحفيز** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرها من حيث عدد الجسيمات الممثلة والمولات والكتلة آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:
   a. $__Na_{(s)} + __H_2O_{(l)} \rightarrow __NaOH_{(aq)} + __H_{2(g)}$
   b. $__Zn_{(s)} + __HNO_{3(aq)} \rightarrow __Zn(NO_3)_{2(aq)} + __N_2O_{(g)} + __H_2O_{(l)}$

نسبة المولات لقد تعلمت أن المعاملات في المعادلة الكيميائية تظهر العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات المواد الناتجة. وتستطيع أن تستخدم العلاقات بين المعاملات لاشتقاق عوامل التحويل المسماة النسب المولية. والنسبة المولية نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل **الشكل 2-5** تفاعل البوتاسيوم K مع البروم Br_2 لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr . ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضادًّا للصرع عند الكلاب والقطط.

$$2K_{(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2KBr_{(s)}$$

فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءًا بالبوتاسيوم المتفاعل كتابة النسبة المولية التي تربط بين مولات البوتاسيوم وكل من المادتين الأخريين في المعادلة. ولذلك تربط إحدى النسب المولية بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المتفاعلة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المتفاعلة مع مولات بروميد البوتاسيوم الناتجة.

$$\frac{2\ mol\ K}{2\ mol\ KBr} \text{ و } \frac{2\ mol\ K}{1\ mol\ Br_2}$$

تُظهر النسبتان التاليتان كيف ترتبط مولات البروم مع مولات المادتين الأخريين في المعادلة وهما: البوتاسيوم وبروميد البوتاسيوم.

$$\frac{1\ mol\ Br_2}{2\ mol\ KBr} \text{ و } \frac{1\ mol\ Br_2}{2\ mol\ K}$$

وترتبط بصورة مماثلة نسبتا مولات بروميد البوتاسيوم مع مولات البوتاسيوم والبروم.

$$\frac{2\ mol\ KBr}{1\ mol\ Br_2} \text{ و } \frac{2\ mol\ KBr}{2\ mol\ K}$$

وتحدد هذه النسب الست علاقات المول في هذه المعادلة؛ إذ تشكل كل مادة من المواد الثلاث في المعادلة نسبة مع المادتين الأخريين.

ماذا قرأت؟ **حدّد** المصدر الذي تُشتق منه النسب المولية للتفاعل الكيميائي.

الشكل 2-5 يتفاعل فلز البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم. والبروم أحد العنصرين السائلين عند درجة حرارة الغرفة (الزئبق هو العنصر الآخر). أما البوتاسيوم فهو فلز نشط جدًّا.

مسائل تدريبية

1. a. 34.062 g مواد متفاعلة = 34.062 g مواد ناتجة
   b. 92.566 g مواد متفاعلة = 92.566 g مواد ناتجة
   c. 80.608 g مواد متفاعلة = 80.608 g مواد ناتجة
2. a. $2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + 1H_{2(g)}$
   82.01 g مواد متفاعلة = 82.01 g مواد ناتجة
   b. $4Zn_{(s)} + 10HNO_{3(aq)} \rightarrow 4Zn(NO_3)_{2(aq)} + 1N_2O_{(g)} + 5H_2O_{(l)}$
   891.68 g مواد متفاعلة = 891.68 g مواد ناتجة

التقويم

مهارة اطلب إلى كل طالب أن يكتب على ورقةٍ معادلةً موزونة، ويعطيها إلى زميله لكتابة النسب المولية لها. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

ضع قطعة صغيرة من الكالسيوم في أنبوب اختبار يحتوي على HCl بتركيز 3.0 M. واجمع غاز الهيدروجين الناتج في أنبوب اختبار آخر. وأثبت وجوده باستخدام قطعة خشب مشتعلة، ولاحظ الفرقعة المميزة لاحتراقه، ثم اكتب على السبورة المعادلة اللفظية للتفاعل: كالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك ينتج كلوريد الكالسيوم والهيدروجين. واطلب إلى الطلاب كتابة المعادلة الموزونة، وكتابة نسبتين موليتين لها على الأقل. ض م

$$Ca + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2$$

إعادة التدريس

ضع 10 ml من $0.10\ M\ Ba(OH)_2$ في أنبوب اختبار، وأضف إليها 10 ml من محلول حمض الكبريتيك. ثم اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة التفاعل وجميع النسب المولية الممكنة. ض م

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

التوسع

اطلب إلى الطلاب توضيح كيفية استخدام النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة لربط كتل المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل. بما أن الكميات المولية ترتبط بالكتلة بوساطة عدد أفوجادرو، فإنه يمكن تحويل النسب المولية إلى نسب كتلية. ض م

ماذا قرأت؟ النسب المولية للتفاعل الكيميائي مشتقة من العلاقات بين المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة. والنسبة المولية هي النسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة.

مسائل تدريبية

3. حدد النسب المولية جميعها لكل من المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية:

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

b. $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

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

4. **تحفيز** زن المعادلات الآتية، ثم حدد النسب المولية الممكنة:

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

b. $C_4H_{8(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

لاحظ أنّ عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل يحوي (n) من المواد هي $n(n-1)$. لذا، فالتفاعلات التي فيها 4، 5 مواد يمكن كتابة 12 و 20 نسبة مولية منها على التوالي.

التفاعل الذي فيه 4 مواد: $4(4-1) = 12$

التفاعل الذي فيه 5 مواد: $5(5-1) = 20$

التقويم 5-1

الخلاصة

- تُفسّر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، وحدات صيغ كيميائية).
- يطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية جميعها.
- تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

5. الفكرة الرئيسة **قارن** بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.

6. **حدّد** عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد فيه ثلاث مواد.

7. **صنّف** طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

8. **طبق** المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:

$xA + yB \rightarrow zAB$

حيث يمثل A وB عنصرين، وتمثل x وy وz المعاملات . حدد النسب المولية لهذا التفاعل.

9. **طبق** يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين لينتج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسب المولية.

10. **نمذج** اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

ارسم 6 جزيئات هيدروجين تتفاعل مع العدد المناسب من جزيئات الأكسجين، ثم وضح عدد جزيئات الماء المتكوّنة.

التقويم 5-1

5. تشير معاملات المعادلة الموزونة إلى العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.

6. $(2)(3) = (6)$ نسب مولية

7. الجسيمات(الذرات، الجزيئات، وحدات الصيغة)، والمولات، والكتلة.

8. xA/yB ، xA/zAB، yB/xA ، yB/zAB، zAB/xA ، zAB/yB

9. $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

$2mol\ H_2O_2/2mol\ H_2O$, $2mol\ H_2O_2/1mol\ O_2$,
$2mol\ H_2O/2\ mol\ H_2O_2$, $2\ mol\ H_2O/1mol\ O_2$, $1mol\ O_2/2\ mol\ H_2O_2$, $1\ mol\ O_2/2\ mol\ H_2O$

10. $2H_2/O_2$, $2H_2/2H_2O$, $O_2/2H_2$, $O_2/2H_2O$, $2H_2O/2H_2$, $2H_2O/O_2$

يجب أن يظهر الرسم التوضيحي للطلاب تفاعل 6 جزيئات من الهيدروجين مع 3 جزيئات من الأكسجين لإنتاج 6 جزيئات من الماء.

مسائل تدريبية

3. **a.**

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

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

b.

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

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

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

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

c.

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

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

4. **a.** $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$

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

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

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

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

b. $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$

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

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

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

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

5-2

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (17) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

ضبط الاختلاف في الكميات يتطلب تحضير مخفوق الموز أربعة مكونات لكل منها كمية محدّدة: موزة واحدة، وكوبان من الآيس كريم، و50 ml من عصير الشوكولاتة، و50 ml من عصير الفراولة. اكتب المكوّنات على السبورة في صورة معادلة كيميائية:

عصير شوكولاته ——— + آيس كريم ——— + موز ———

مخفوق الموز ——— ⟶ عصير فراولة ———

ثم زن المعادلة بوضع الكميات المطلوبة من كل من المكونات الآتية:

50 ml كوبين من الآيس كريم + عصير شوكولاته + موزة واحدة

مخفوق موز 1 ⟶ 50 ml عصير فراولة +

اسأل الطلاب: ما الذي يحتاجون إليه لصنع 5 أكواب من مخفوق الموز باستخدام الوصفة ذاتها. 5 موزات 10 أكواب من الآيس كريم، 250 ml من مخفوق الشوكولاته، 250 ml من مخفوق الفراولة. د م ض م

2. التدريس

تطوير المفهوم

استخدام المولات وضح للطلاب ضرورة استخدام المولات دائمًا عند حل مسائل الحسابات الكيميائية. وذكّرهم أن النسبة المولية ضرورية للتحويل من مادة إلى أخرى في المعادلة الكيميائية الموزونة. وإذا شك الطلاب في كيفية البدء في حل أحد مسائل الحسابات الكيميائية، فذكّرهم بالرجوع إلى عدد المولات في المعادلة أولاً. ض م

5–2

الأهداف

- **تكتب** الخطوات المتتالية المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- **تحل** مسائل الحسابات الكيميائية.

مراجعة المفردات

التفاعل الكيميائي: العملية التي يُعاد فيها ترتيب ذرات مادة أو أكثر لإنتاج مواد جديدة مختلفة.

الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية
Stoichiometric Calculations

الفكرة الرئيسة **يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.**

الربط مع الحياة تتطلب عملية الخبز مقادير دقيقة. لذا من الضروري اتباع وصفة معينة عند خبز الكعك. ماذا تفعل إذا أردت صنع كمية من الكعك أكبر مما تحدده الوصفة؟

استخدام الحسابات الكيميائية Using Stoichiometry

ما الخطوات اللازمة لإجراء الحسابات الكيميائية؟ تبدأ الحسابات الكيميائية جميعها بمعادلة كيميائية موزونة. وكذلك تحتاج إلى النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة بالإضافة عوامل تحويل الكتلة–المول.

الحسابات الكيميائية: حساب المولات يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة، كما في الشكل 3–5، ويُمثَّل التفاعل بالمعادلة الآتية:

$$2K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2KOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

تبين المعادلة أن مولين من البوتاسيوم ينتجان مولاً من الهيدروجين. ولكن كم ينتج من الهيدروجين إذا تفاعل 0.0400 mol من البوتاسيوم فقط؟ للإجابة عن هذا السؤال حدّد المادة المعطاة والمادة التي تحتاج إلى معرفتها. فمقدار المادة المعطاة هو 0.0400 mol من البوتاسيوم، والمطلوب حسابه هو عدد مولات الهيدروجين. ولأن كمية المادة المعروفة معطاة بالمول، لذا يجب تحديد المادة المطلوب حسابها بالمول أيضًا، ولذلك تتطلب هذه المسألة عامل تحويل مول – مول.

ولحل المسألة عليك معرفة العلاقة التي تربط عدد مولات الهيدروجين مع عدد مولات البوتاسيوم. لقد تعلمت سابقًا كيف تشتق النسبة المولية من المعادلة الكيميائية الموزونة. لذا تُتخذ النسبة المولية عاملاً لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المراد حسابها في التفاعل الكيميائي نفسه. ولأنه يمكن كتابة العديد من النسب المولية من هذه المعادلة الكيميائية، فكيف تعرف أي هذه النسب تختار؟

كما يظهر في الصفحة التالية فإن النسبة المولية الصحيحة هي: 1 mol من H_2 إلى 2 mol من K، ويظهر الشكل أيضًا عدد مولات المادة المجهولة في البسط، وعدد مولات المادة المعروفة في المقام. وباستخدام هذه النسبة تُحول عدد مولات البوتاسيوم إلى عدد مولات الهيدروجين.

الشكل 3–5 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقًا كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.

مشروع الكيمياء

صناعة الصابون عملية كيميائية متعددة الخطوات تتضمن العديد من التفاعلات الكيميائية. اطلب إلى الطلاب القيام بإجراء بحث حول عملية صناعة الصابون يحددون من خلاله المركبات والمواد اللازمة، ويقدمون تلخيصًا للتفاعلات الكيميائية الأساسية التي تحدث خلال هذه العملية، على أن يكتبوا معادلة كيميائية موزونة للتفاعل الكيميائي المستخدم في إنتاج الصابون، والنسب المولية التي يمكن اشتقاقها من المعادلة. ف م

عرض سريع

موازنة المعادلات اطلب إلى الطلاب كتابة معادلات موزونة لتكـون ثاني كبريتيـد الكربون من الكربـون والكبريت، ثم كتابة معنى كل صيغة.

$C(1\ atom\ C)+2S(2\ atoms\ S)\rightarrow CS_2(1\ mole\ CS_2)$

اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة أخرى بما في ذلك كتل المواد المتفاعلة والناتجة.

$12.0\ g\ C + 64\ g\ S \rightarrow 76.0\ g\ CS_2$

اشرح للطلاب أن كتل ذرات الكربون والكبريت وجزيئات ثـاني كبريتيد الكربون صغيرة جدًّا لا يمكن قياسـها. لذا من الأسـهل تحضير ثـاني كبريتيـد الكربون مـن تفاعـل الكتلة المولية للكربـون، 12.0 g، بـدلاً مـن كتلـة ذرة واحدة، مع ضعـف الكتلـة المولية للكبريـت 64.0 g، بـدلاً مـن كتلـة ذرتين من الكبريت. ثم اسـأل الطلاب: ما كتلة ثاني كبريتيد الكربـون الناتـج؟ مول واحد مـن ثاني كبريتيـد الكربون = 76.0 g. ض م

التقويم

المعرفـة اطلـب إلى الطـلاب دراسـة تفـاعـل 2.5 mol مـن هيدريد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء وفقًا للمعادلة التالية:

$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2$

ثم اطرح عليهم الأسئلة التالية: ما كتلة هيدروكسيد الكالسيوم الناتجة؟ 185 g

ما كتلة الماء اللازمة للتفاعل؟ 90.1 g

ما كتلة الهيدروجين الناتجة؟ 10.1 g

ما كتلة 2.5 mol من هيدريد الكالسيوم ؟ 105 g

دع الطلاب يتحققوا من قانون حفظ الكتلة. ض م

$105\ g\ CaH_2 + 90.1\ g\ H_2O = 185\ g\ Ca(OH)_2 + 10.1\ g\ H_2$

$195.1 = 195.1$

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ركز على ضرورة حل مسائل الحسابات الكيميائية خطوة خطوة، وفهم أسـباب كل خطوة. ثم اسـأل الطلاب: مـا أهمية المعادلة الكيميائيـة الموزونـة؟ تحدد النسـبة المولية. وأعطهم معادلـة كيميائية، واطلـب إليهم أن يشرحوا كيف يحولون مـولات مادة إلى مولات مادة أخـرى في المعادلـة نفسـها. عنـد اسـتخدام النسـبة المولية: يقسـم عدد مـولات المـادة المجهولة على عـدد مولات المـادة المعروفـة. وقد تكون هذه النقطة مربكة قليلاً؛ لذا دع الطلاب يكتبوا النسبة المولية على ورقة ومعكوسـها عـلى الجهة الأخرى، حيث يمكنهم الرجـوع إلى الورقة في أثنـاء حلهم للمسـائل ليحددوا أي النسـب تعطي الوحـدة الصحيحة للإجابة. د م

عدد مولات المادة المجهولة = عدد مولات المادة المعروفة × (عدد مولات المادة المجهولة في المعادلة / عدد مولات المادة المعروفة في المعادلة)

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

والأمثلة الآتية توضح خطوات الحسـابات الكيميائية الضرورية لتحويل مول – مول، ومول – كتلة، وكتلة – كتلة. كما يوضح الشكل استراتيجية حل المشكلة.

استراتيجية حل المسألة

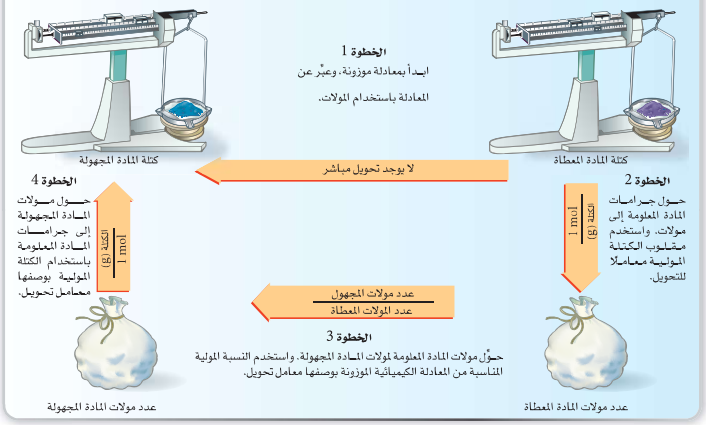
إتقان الحسابات الكيميائية

يوضح المخطط الآتي الخطوات المستخدمة لحل مسائل الحسابات الكيميائية عند التحويل من مول إلى مول، ومن مول إلى كتلة، ومن كتلة إلى كتلة.

1. أكمل الخطوة الأولى بكتابة معادلة التفاعل الموزونة.
2. لمعرفـة مـن أين تبدأ حسـاباتك، حدد الوحدة المسـتخدمة للمادة المعلومة.
   - إذا كانـت الكتلة معطاة g، فابدأ حسـاباتك من الخطوة الثانية.
   - إذا كانت الكمية mol فابدأ حساباتك بالخطوة رقم 3.
3. تعتمـد نهاية الحسـابات على الوحدة المراد اسـتخدامها للمادة المطلوب معرفة كميتها.
   - فـإذا كـان المطلوب بالمـولات فتوقف بعـد الخطوة رقم 3.
   - وإذا كان المطلـوب بالجرامـات فتوقـف بعـد إكـمال الخطوة رقم 4.

تطبيق الاستراتيجية

طبق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 2–5، 3–5، 4–5.



مثال 2-5

حسابات المولات من سلبيات احتراق غاز البروبان C_3H_8 إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، مما يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي. ما عدد مولات CO_2 التي تنتج عن احتراق 10 mol من C_3H_8 في كمية وافرة من الأكسجين؟

1 تحليل المسألة

أنت تعرف عدد مولات المادة المتفاعلة C_3H_8، والمطلوب إيجاد عدد مولات المادة الناتجة من CO_2. لذا اكتب معادلة التفاعل الموزونة أولاً، ثم حول مولات البروبان إلى مولات ثاني أكسيد الكربون باستعمال النسبة المولية المناسبة.

المعطيات	المطلوب
$10\ mol\ C_3H_8 = 10\ mol$	$mol\ CO_2 = ?$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لاحتراق البروبان.

استخدم النسبة المولية الصحيحة لتحويل مولات المادة المعلومة C_3H_8 إلى مولات المادة المجهولة CO_2.

$$\underset{10.0\ mol}{C_3H_{8(g)}} + 5O_{2(g)} \rightarrow \underset{?\ mol}{3CO_{2(g)}} + 4H_2O_{(g)}$$

$$\text{النسبة المولية} = \frac{3\ mol\ CO_2}{1\ mol\ C_3H_8}$$

$$10.0\ \cancel{mol\ C_3H_8} \times \frac{3\ mol\ CO_2}{1\ \cancel{mol\ C_3H_8}} = 30.0\ mol\ CO_2$$

لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30.0 mol CO_2.

3 تقويم الإجابة

توضح المعادلة الكيميائية أن 1 mol من C_3H_8 أنتج 3 mol من CO_2، لذا 10 mol من C_3H_8 تنتج كمية أكبر من ثلاث مرات (يعني 30.0 mol) من مولات CO_2.

مسائل تدريبية

11. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت منتجًا ثاني كبريتيد الكربون CS_2، وهو سائل يستخدم غالبًا في صناعة السلوفان.

$$__CH_{4(g)} + __S_{8(s)} \rightarrow __CS_{2(l)} + __H_2S_{(g)}$$

a. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.
b. احسب عدد مولات CS_2 الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8
c. ما عدد مولات H_2S الناتجة؟

12. **تحفيز** يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.
a. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.
b. ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل 12.5 mol من SO_2؟
c. ما عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل؟

مثال في الصف

السؤال يستخدم غاز البيوتان في الولّاعات التي تستعمل مرة واحدة. ما عدد مولات الأكسجين التي نحتاج إليها لحرق 5 mol من البيوتان في الولّاعة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء؟

الاجابة

$$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$$

$$= 5.0\ \cancel{mol\ C_4H_{10}} \times \frac{13\ mol\ O_2}{2\ \cancel{mol\ C_4H_{10}}}$$

$$= 32.5\ mol\ O_2$$

مسائل تدريبية

11. a. $2CH_{4(g)} + S_{8(s)} \rightarrow 2CS_{2(l)} + 4H_2S_{(g)}$

b. $1.50\ \cancel{mol\ S_8} \times \frac{2\ mol\ CS_2}{1\ \cancel{mol\ S_8}} = 3.00\ mol\ CS_2$

c. $1.50\ \cancel{mol\ S_8} \times \frac{4\ mol\ H_2S}{1\ \cancel{mol\ S_8}} = 6.00\ mol\ H_2S$

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

b. $12.5\ \cancel{mol\ SO_2} \times \frac{2\ mol\ H_2SO_4}{2\ \cancel{mol\ SO_2}}$

$= 12.5\ mol\ H_2SO_4$

c. $12.5\ \cancel{mol\ SO_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{2\ \cancel{mol\ SO_2}} = 6.25\ mol\ O_2$

$= 6.25\ mol\ O_2$

دفتر الكيمياء

ما كمية الحمض التي تم معادلتها؟ اطلب إلى الطلاب إيجاد المكونات الفعالة المكتوبة في النشرة المرافقة للأقراص المضادة للحموضة، وتحديد المكوِّن الذي يعادل حمض المعدة. واطلب إليهم معرفة الجرعة الموصى بها، وكمية المكوّن الذي يعادل الحموضة في القرص الواحد، وتحديد كمية المكوِّن الفعال لكل جرعة. فإذا كان المكون الفعال هو هيدروكسيد الفلز، فعندئذٍ يتفاعل هيدروكسيد الفلز مع حمض الهيدروكلوريك HCl لإنتاج كلوريد الفلز والماء. أما إذا كان المكوِّن الفعال هو كربونات الفلز فتكون المواد الناتجة كلوريد الفلز وثاني أكسيد الكربون، والماء. واطلب إليهم كتابة معادلة تفاعل مضاد الحموضة، وتحديد كتلة حمض الهيدروكلوريك التي تم معادلتها في الجرعة الواحدة باستخدام كتلة المكوِّن الفعّال في الجرعة. ض م

الحسابات الكيميائية: حساب المول - الكتلة والآن، افترض أنك تعرف عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، وأنك ترغب في حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة أخرى. فيما يلي مثال على التحويل من مول إلى كتلة.

مثال 3-5

حسابات المول - الكتلة احسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام، الناتجة عن تفاعل 1.25 mol من غاز الكلور Cl_2 بشدة مع الصوديوم.

1 تحليل المسألة

أعطيت مولات المادة المتفاعلة الكلور Cl_2، وطُلب إليك تحديد كتلة المادة الناتجة NaCl، وتحويل عدد مولات الكلور Cl_2 إلى عدد مولات NaCl باستخدام النسبة المولية، ثم تحويل عدد مولات NaCl إلى جرامات NaCl باستخدام الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل.

المعطيات	المطلوب
عدد مولات الكلور = 1.25 mol	كتلة كلوريد الصوديوم (g) = ؟

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.

$$\overset{1.25\ mol}{2Na_{(s)} + \underset{?\ g}{Cl_{2(g)}} \rightarrow 2\underset{}{NaCl_{(s)}}}$$

النسبة المولية : $\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$

اضرب عدد مولات Cl_2 في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

$$1.25\ \cancel{mol\ Cl_2} \times \frac{2\ mol\ NaCl}{1\ \cancel{mol\ Cl_2}} = 2.50\ mol\ NaCl$$

استخدم الكتلة المولية لـ NaCl لحساب كتلة NaCl بالجرام (g)

$$2.50\ \cancel{mol\ NaCl} \times \frac{58.44\ g\ NaCl}{1\ \cancel{mol\ NaCl}} = 146\ g\ NaCl$$

3 تقويم الإجابة

للتأكد من صحة كتلة NaCl المحسوبة، اعكس الحسابات، واقسم كتلة NaCl على الكتلة المولية لـ NaCl، ثم قسم الناتج على 2 لتحصل على عدد مولات Cl_2 المعطاة في السؤال.

مسائل تدريبية

13. يتفكك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية الكلور والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور، بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضحة؟

14. **تحفيز**، يستخدم معدن التيتانيوم –وهو فلز انتقالي– في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 باستخدام الكلور وفحم الكوك (كربون) وفقًا للمعادلة: $TiO_{2(s)} + C_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(s)} + CO_{2(g)}$

a. ما كتلة غاز Cl_2 اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO_2 ؟

مثال في الصف

السؤال ما كتلة الهيدروجين الناتجة عن تفاعل 0.200 mol من الصوديوم مع كمية فائضة من الماء لإنتاج الهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم؟

الإجابة

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

$$0.200\ \cancel{mol\ Na} \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ \cancel{mol\ Na}}$$

$$= 0.100\ mol\ H_2$$

$$0.100\ \cancel{mol\ H_2} \times \frac{2.016\ g\ H_2}{1\ \cancel{mol\ H_2}}$$

$$= 0.202\ g\ H_2$$

مسائل تدريبية

13. 88.6 g Cl_2

14. a. 177 g Cl_2

b. 15.0 g C

c. 292 g

التنوع الثقافي

الحسابات الكيميائية في صناعة الصابون تعود عملية صناعة الصابون إلى العام 2800 م قبل الميلاد في بابل. إذ كان استخدام الصابون خلال القرن السابع عشر مقتصرًا على الأغنياء. ولكن مع توافر المواد أصبح الصابون يصنع في معظم البيوت. وقد استخدمت تقنيات بسيطة في صناعته في كافة الحضارات القديمة. وتتطلب صناعته 3 خطوات: صناعة الصودا (القَلْي)، تنظيف الدهون، ثم تسخين خليط القلي مع الدهن. كما كانوا يضيفون كلوريد الصوديوم إلى الخليط لجعله صلبًا، وكذلك المعطرات. ثم يلف الصابون على شكل كرات أو يُقطّع على شكل ألواح لتخزينه. لقد اتخذت دهون الغزلان والحيتان وشحوم الحيوانات وزيت الزيتون مصادر أولية للدهن المستخدم في صناعة الصابون؛ حسب ما يتوافر منها في المنطقة. وكان الناس في البلدان المحاذية للبحر المتوسط يستخدمون رماد الشجيرات بدلاً من البوتاس (K_2CO_3)؛ لأنه غني بكربونات الصوديوم، فكان من السلع الجيدة للتجارة.

الحسابات الكيميائية: حساب الكتل إذا كنت تستعد لإجراء تفاعل كيميائي في المختبر فسوف تحتاج إلى معرفة كمية كل من المواد المتفاعلة التي ستستخدمها في إنتاج الكتل المطلوبة من النواتج. يوضح **المثال 4–5** كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

مثال 4-5

حساب الكتل عندما تتحلل نترات الأمونيوم NH_4NO_3، والتي تعد أحد أهم الأسمدة، ينتج غاز أكسيد ثنائي النيتروجين (أكسيد النيتروز) والماء. حدد كتلة H_2O الناتجة عن تحلل 25.0 g من نترات الأمونيوم الصلبة NH_4NO_3.

1 تحليل المسألة

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، ثم استخدام النسب المولية لإيجاد عدد مولات المواد الناتجة. وأخيرًا استخدم الكتلة المولية لتحويل عدد مولات المواد الناتجة إلى كتلة بالجرامات.

المعطيات	المطلوب
كتلة نترات الأمونيوم NH_4NO_3 = 25.0 g	كتلة الماء H_2O = ؟؟

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.

25.0 g ؟ g

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

احسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

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

احسب عدد مولات الماء بضرب عدد مولات نترات الأمونيوم في النسبة المولية.

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

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

احسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

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

3 تقويم الإجابة

لمعرفة ما إذا كانت كتلة الماء المحسوبة صحيحة أم لا، قم بإجراء الحسابات بطريقة معكوسة.

مسائل تدريبية

15. أحد التفاعلات المستخدمة 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 تحلل NaN_3، كما يظهر في الرسم المجاور.

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

التوسع

أعط الطلاب عددًا من مسائل الحسابات الكيميائية، واطلب إليهم توضيح خطوات حلها في مخطط يشبه مخطط استراتيجية حل المسألة. ض م

مختبر الكيمياء يمكنك تنفيذ مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل في هذه المرحلة من الدرس.

مسائل تدريبية

15. 64.64 g N_2

16. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$

3.83g H_2SO_4؛

مثال في الصف

السؤال يستخدم صاروخٌ مزيجًا من الهيدرازين N_2H_4، ورابع أكسيد النيتروجين N_2O_4 وقودًا وفقًا للتفاعل الآتي:

$2N_2H_4 + N_2O4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$

إذا استخدم 200 g من الهيدرازين، فما عدد جرامات الماء الناتجة؟

الاجابة

$2N_2H_4 + N_2O_4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$

$$\text{mol}\ N_2H_4 = 200.\ \text{g}\ N_2H_4 \times \frac{1\ \text{mol}\ N_2H_4}{32.05\ \text{g}\ N_2H_4}$$

$$= 6.24\ \text{mol}\ N_2H_4$$

$$\text{mol}\ H_2O = 6.24\ \text{mol}\ N_2H_4 \times \frac{4\ \text{mol}\ H_2O}{2\ \text{mol}\ N_2H_4}$$

$$= 12.5\ \text{mol}\ H_2O$$

$$\text{g}\ H_2O = 12.5\ \text{mol}\ H_2O \times \frac{18.02\ \text{g}\ H_2O}{1\ \text{mol}\ H_2O}$$

$$= 225\ \text{g}\ H_2O$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الحديد مع الكبريت على السبورة.

$16Fe + 3S_8 \rightarrow 8Fe_2S_3$

واطلب إلى الطلاب تحديد كتلة كبريتيد الحديد (III) الناتجة عن تفاعل 7.00 g من الحديد. 13.0 g Fe_2S_3 ض م

إعادة التدريس

اكتب المعادلة التالية على السبورة:

$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

واسأل الطلاب: كم جرامًا من الجلوكوز ينتج عن تفاعل 88 g من ثاني أكسيد الكربون CO_2؟ واطلب إليهم ذكر خطوات الحل شفويًّا، وبيان أهمية كل خطوة قبل أن يبدؤوا في إجراء الحسابات. ثم اطلب إليهم أن ينفذوا الخطوات التي ذكروها.

60 g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$. ض م

تجربة

الهدف تتوقع الكتلة النظرية للنواتج، وتقارنها بالكتلة العملية الناتجة عن التجربة.

المهارات العملية جمع البيانات وتفسيرها، والتوقع، واستخدام الأرقام.

احتياطات السلامة اطلب الى الطلاب الإطلاع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل، وحذرهم من حرارة البوتقة.

التخلص من الفضلات يمكن التخلص من كربونات الصوديوم الناتجة بإلقائها في سلة المهملات.

استراتيجيات التدريس اطلب إلى الطلاب حساب الكتلة النهائية للمادة الناتجة قبل بدء العمل.

النتائج المتوقعة ينتج 1.90 g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ عند تفاعل 3.12 g من كربونات الصوديوم Na_2CO_3.

التحليل

1. كانت المادة الناتجة رطبة في أثناء التسخين وتظهر عليها بعض الفقاقيع ولكنها جفت مع الوقت.
2. يجب أن تكون الكتلتان متساويتين.
3. على افتراض أن الكتلة المتوقعة والكتلة الفعلية هما 1.97 g و 1.90 g على التوالي، فيكون الخطأ= 0.07 g –، ونسبة الخطأ= 3.55%
4. الأخطاء الناتجة عن قياس كل من الكتلتين، ووزن الرطوبة التي تمتصها الجفنة. ض م

تجربة

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

ما كمية كربونات الصوديوم Na_2CO_3 الناتجة عن تحلل مسحوق الخبز؟

يستخدم مسحوق الخبز – كربونات الصوديوم الهيدروجينية – في كثير من وصفات الخبز؛ لأنها تسبب انتفاخ العجينة، مما يجعلها خفيفة إسفنجية. وسبب حدوث ذلك هو تحلل كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ بالحرارة، لتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة:

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدولًا تدون فيه البيانات العملية وملاحظاتك.
3. استخدم الميزان لقياس كتلة جفنة نظيفة وجافة، ثم ضع فيها 3 g تقريبًا من كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وقس الكتلة الكلية للجفنة وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، وسجل القياسات في الجدول، ثم احسب كتلة $NaHCO_3$.
4. استخدم كتلة $NaHCO_3$ التي حسبتها والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة Na_2CO_3 التي ستنتج.
5. جهز حاملًا مع حلقة، ومثلثًا من الصلصال لتسخين الجفنة.
6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنزن ببطء في البداية، ثم مدة 8 min – 7 بلهب قوي، وسجل ملاحظاتك في أثناء التسخين.
7. أطفئ الموقد واستخدم ملقطًا لرفع الجفنة عن اللهب. ***تحذير: لا تلمس الجفنة الساخنة.***
8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة Na_2CO_3.

تحليل النتائج

1. **صف** ما لاحظته في أثناء تسخين مسحوق الخبز.
2. **قارن** كتلة Na_2CO_3 التي حسبتها بالكتلة الفعلية التي حصلت عليها من التجربة.
3. **احسب** افترض أن كتلة Na_2CO_3 التي حسبتها في الخطوة رقم 4 هي الكتلة الصحيحة لناتج التفاعل؛ احسب الخطأ ونسبته المئوية في ضوء نتيجة التجربة.
4. **حدد** مصادر الخطأ المحتملة في خطوات العمل التي أدت إلى خطأ الحساب في السؤال رقم 3.

التقويم 5-2

الخلاصة

- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة عن تفاعل معين.
- تعد كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.

17. المفهوم الرئيسة **فسر** لماذا تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
18. **اذكر** الخطوات الأربع المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
19. **طبّق** كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كليًا مع كتلة معروفة من الماغنسيوم.
20. **احسب** كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
21. **صمم** خريطة مفاهيم للتفاعل الآتي:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

يجب أن تفسر خريطة المفاهيم كيفية تحديد كتلة $CaCl_2$ الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من HCl.

التقويم 5-2

17. تعبر المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عن العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.
18. زن المعادلة، وحوّل كتلة المادة المعروفة إلى عدد مولات، ثم استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المجهولة، ثم حوّل عدد مولات المادة المجهولة إلى كتلة بالجرامات.
19. اكتب معادلة موزونة، وحوّل الكتلة المعطاة للماغنسيوم Mg إلى عدد مولات. ثم استخدم النسبة المولية من المعادلة لتحويل عدد مولات Mg إلى عدد مولات Br. وأخيرًا حوّل عدد مولات Br إلى كتلة.
20. 15.2 g من الأمونيا NH_3
21. ستتنوع خرائط المفاهيم، ولكن يجب على الجميع بيان استعمالهم لمعاملات التحويل التالية: معكوس الكتلة المولية، النسب المولية، الكتلة المولية.

5-3

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (18) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8-5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: د م

www.obeikaneducation.com

الفكرة الرئيسة

المادة المحددة للتفاعل ذكّر الطلاب بالتجربة الاستهلالية، واسأل: ماذا حدث لمحلول برمنجنات البوتاسيوم؟ تحوّل لون المحلول من اللون الأرجواني إلى الشفاف. وما كمية كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية التي أضيفت قبل أن يتغير لون المحلول؟ ستتفاوت الإجابات. ولكن يجب أن تكون حوالي 8 ml من $NaHSO_3$ أضيفت لتغيير اللون.

ثم اسأل الطلاب: ماذا يحدث لو أضيفت قطرة أخرى من كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية $NaHSO_3$؟ لا شيء، وسيبقى المحلول شفافًا. وهل يمكنهم تفسير ذلك؟ لقد تفاعلت برمنجنات البوتاسيوم بصورة كاملة ولم يتبق منها ما يمكن أن يتفاعل مع كمية أخرى من المادة المضافة. ض م

2. التدريس

عرض سريع

إضافة المواد المتفاعلة انفخ، باستعمال ماصة العصير، في أنبوب اختبار يحتوي على كمية من ماء الجير. ووضح للطلاب أن ماء الجير يصبح كدرًا بسبب تكوّن كربونات الكالسيوم غير الذائبة، ثم اكتب معادلة التفاعل على السبورة:

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

واطلب إلى الطلاب تحديد كتلة كربونات الكالسيوم الناتجة عن نفخ 0.0900 mol من ثاني أكسيد الكربون CO_2 في أنبوب الاختبار. 9 g $CaCO_3$ ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 4-5:** نحتاج إلى مطرقة إضافية. د م

5–3

الأهداف

- **تحدد** المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.
- **تعرف** المادة المتفاعلة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل.
- **تحسب** كتلة الناتج عندما تُعطى كتلًا لأكثر من مادة متفاعلة.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من أي مادة بالجرام.

المفردات الجديدة

المادة المحددة للتفاعل

المادة المتفاعلة الفائضة

المادة المحددة للتفاعل
Limiting Reactant

الفكرة الرئيسة **يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.**

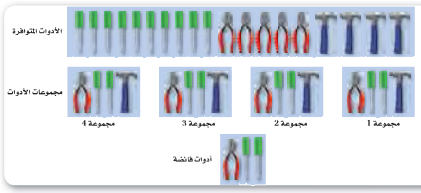
الربط مع الحياة إذا كان عدد الطلاب الراغبين في الجلوس أكبر من عدد المقاعد فإن عددًا من الطلاب سيبقى واقفًا. وهذا الموقف يشبه المواد المتفاعلة؛ إذ لا تشترك المواد الفائضة في التفاعل.

لماذا تتوقف التفاعلات؟ Why do reactions stop?

نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسب التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعادة ما تكون واحدة أو أكثر من المواد فائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استنفاد إحدى المواد أو جميعها. وينطبق هذا المبدأ على التفاعلات في المختبر؛ إذ تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة، في حين تكون مادة واحدة محددة للتفاعل. لذا فإن كمية المواد الناتجة تعتمد على كمية المادة المحددة للتفاعل.

المواد المحددة للتفاعل والمواد الفائضة بالرجوع إلى التجربة الاستهلالية؛ وعند إضافة المزيد من كبريتيد الصوديوم الهيدروجيني إلى المحلول الشفاف الذي تكوّن لم يُلاحظ أي تغير؛ وذلك لعدم وجود برمنجنات بوتاسيوم للتفاعل معه. لذا فإن برمنجنات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعل. والمادة المحددة للتفاعل هي التي تحدد سير التفاعل، وكمية المادة الناتجة.

لذلك تبقى كميات من المواد المتفاعلة الأخرى بعد توقف التفاعل. وتُسمى هذه المواد المتبقية **المواد المتفاعلة الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة انظر الشكل 4-5. يمكننا بناءً على المواد المتوافرة تكوين أربع مجموعات تتألف من كماشة ومطرقة ومفكين. وقد حُدّد عدد المجموعات بناءً على عدد المطارق، لذا تبقى الكماشات والمفكات فائضة.



الشكل 4-5 يجب أن تحتوي كل مجموعة على مطرقة. لذا يمكن تشكيل أربع مجموعات.

فسر كم مطرقة يتطلب إكمال المجموعة الخامسة؟

دفتر الكيمياء

خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا عنوان "خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية للمادة المحددة للتفاعل" في دفاتر الكيمياء. واطلب إليهم خلال دراستهم للقسم 5-3 وضع قائمة بالخطوات التي يمكن اتباعها لحساب كميات المواد الناتجة، إذا أعطيت كُتل المواد المتفاعلة جميعها. على الطلاب توضيح أهمية كل خطوة. ض م

ماذا قرأت؟ ستة جزيئات.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يواجه الطلاب غالبًا صعوبة في تحديد المادة المحددة للتفاعل عندما يعطون كتلة أكثر من مادة متفاعلة.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اسأل الطلاب: ما كتلة أكسيد الماغنسيوم الناتجة عن تفاعل 48.6 g من الماغنسيوم مع 64 g من الأكسجين وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

اطلب إليهم تحديد عدد مولات كل مادة متفاعلة في السؤال. 2.00 mol من الماغنسيوم Mg، و2.00 mol من الأكسجين O_2. ثم اسأل: أي المادتين هي المادة المحددة للتفاعل؟ Mg. وما كتلة أكسيد الماغنسيوم الناتجة؟ 80.6 g.

عرض المفهوم

استعن بالبراغي والصواميل على تمثيل عدد مولات الذرات، واستعمل برغيين للدلالة على مولين من Mg، و4 صواميل للدلالة على مولين من O_2. ثم اطلب إلى الطلاب تحديد النسبة المولية بين جزيئات O_2 وذرات Mg

$$\frac{1\ mol\ O_2\ molecule}{2\ mol\ Mg\ atom}\quad \text{أو} \quad \frac{\text{2 صمولة}}{\text{2 برغي}}$$

واسأل: أي المادتين فائضة؟ 1mol O_2 أو صمولتان. استخدم برغيًّا وصمولة للدلالة على 1mol من أكسيد الماغنسيوم MgO. واسأل: ما عدد وحدات MgO التي تتشكل؟ وحدتان كل منهما مكون من صمولة وبرغي، ويبقى صمولتان.

تقويم المعرفة الجديدة

اطرح على الطلاب المسألة الآتية: يتفاعل 54 g من الألومنيوم مع 254 g من اليود وفقًا للمعادلة:

$$2Al + 3I_2 \longrightarrow 2AlI_3$$

اطلب إلى الطلاب تحديد عدد مولات كل من المواد المتفاعلة. 2 mol Al، 2 mol I_2، ثم اسأل: أي المادتين هي المحددة للتفاعل؟ I_2. وما عدد مولات AlI_3 الناتجة؟ 1.33 mol

ض م | د م

الشكل 5-5 إذا أمعنت النظر في الذرات الموجودة قبل التفاعل وبعده فستجد أن بعض جزيئات النيتروجين لم تتغير. وتسمى هذه الجزيئات المادة الفائضة.

تعرُّف المادة المحددة للتفاعل بُنيت الحسابات التي أجريتها في الأمثلة السابقة على وجود المواد المتفاعلة بالنسبة التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعندما لا تكون الحالة على هذا النحو فإن عليك معرفة المادة المحددة للتفاعل أولاً.

فلننظر إلى التفاعل في **الشكل 5-5** الذي يصف تفاعل ثلاثة جزيئات من النيتروجين N_2 مع ثلاثة جزيئات من الهيدروجين H_2 لتكوين غاز الأمونيا NH_3؛ إذ تتحلل جزيئات النيتروجين والهيدروجين في بداية التفاعل إلى ذرات منفصلة تتفاعل معًا لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في **الشكل 4-5**.

ما عدد جزيئات الأمونيا المتكوّنة؟ يمكن تكوين جزيئين من الأمونيا، وذلك بسبب وجود ستة ذرات هيدروجين، ترتبط كل ثلاث منها مع ذرة نيتروجين. ولذا يُعد الهيدروجين مادة محددة للتفاعل، في حين يُعد النيتروجين مادة فائضة. لذا من الضروري معرفة المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة؛ لأنّ كمية المادة الناتجة تعتمد على ذلك.

ماذا قرأت؟ توسع ما عدد جزيئات الهيدروجين التي تلزم للتفاعل مع جزيئات النيتروجين الفائضة في **الشكل 5-5**؟

حساب الناتج بناءً على المادة المحددة للتفاعل
Calculating the Product when a Reactant is Limiting

كيف يمكنك حساب كمية الناتج عندما تكون إحدى المواد محددة للتفاعل؟ لنأخذ مثالاً على ذلك مركب ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الذي يستخدم في صناعة جلفنة المطاط. يظهر **الشكل 6-5** كيف تجعل الجلفنةُ المطاطَ صالحًا للاستعمالات الكثيرة، حيث يُحضّر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسب المعادلة:

$$S_{8(l)} + 4Cl_{2(g)} \rightarrow 4S_2Cl_{2(l)}$$

ما مقدار ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت الناتج عن تفاعل 200.0 g من مصهور الكبريت مع 100.0 g من غاز الكلور؟

حساب المادة المحددة للتفاعل لقد أعطيت كتلتي المادتين المتفاعلتين، لذا عليك أن تحدد أولاً أيهما المادة المحددة للتفاعل؛ لأن التفاعل سيتوقف عندما تستهلك هذه المادة تمامًا.

المطويات
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 6-5 يكون المطاط الطبيعي ليّنًا ولزجًا. لذا يعالج بالجلفنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الجلفنة معًا مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الجلفنة من المطاط الطبيعي مادة مثالية لصناعة بعض الأدوات، ومنها الظاهر في الصورة.

مشروع الكيمياء

أكبر مردود من ثاني أكسيد الكربون اطلب إلى مجموعة من الطلاب تصميم تجربة لتحديد أكبر مردود من ثاني أكسيد الكربون يمكن الحصول عليه من تفاعل صودا الخبز مع الخل. وأما المواد المطلوبة فهي: قارورة بلاستيكية لشراب غازي، خلّ، صودا الخبز، بالون لتغطية فوهة القارورة، ملعقة صغيرة؛ إذ تعادل ملعقة صغيرة من صودا الخبز 10 g تقريبًا، وملعقة صغيرة من الخل 4.9 ml تقريبًا. والخل محلول تركيزه 5% من حمض الأستيك.

واقترح على الطلاب أن يستخدموا كمية ثابتة من الصودا، أيْ ملعقة صغيرة واحدة، وتغيير كمية الخلّ المستخدمة. ثم اطلب إليهم أن يحددوا النقطة التي يتوقف عندها التفاعل.

ض م | تعلم تعاوني

مولات المواد المتفاعلة يتطلب تعرّف المادة المحددة للتفاعل إيجاد عدد مولات كل مادة متفاعلة؛ وذلك بتحويل كتل المواد إلى مولات. ويمكنك تحويل كتلة كل من الكلور والكبريت إلى مولات، بضرب كتلة كل مادة في عامل تحويل يساوي معكوس الكتلة المولية لكل منها.

$$100.0\ \cancel{g\,Cl_2} \times \frac{1\ mol\ Cl_2}{70.91\ \cancel{g\,Cl_2}} = 1.410\ mol\ Cl_2$$

$$200.0\ \cancel{g\,S_8} \times \frac{1\ mol\ S_8}{256.5\ \cancel{g\,S_8}} = 0.7797\ mol\ S_8$$

استعمال نسب المولات تتطلب الخطوة التالية معرفة النسبة المولية الصحيحة التي تربط بين المادتين كما أعطيت في المعادلة الموزونة. تبين معادلات المعادلة الموزونة وجود 4 mol من Cl_2 لكل 1 mol من S_8، أي أن النسبة بينهما (4:1). ويتطلب تحديد النسب الصحيحة المقارنة بين النسبة (4:1) ونسب المولات الفعلية للمواد المتفاعلة. ولإجراء ذلك نقسم عدد مولات الكلور الفعلية على مولات الكبريت الفعلية أيضًا.

$$\frac{1.410\ mol\ Cl_2}{0.7797\ mol\ S_8} = \frac{1.808\ mol\ Cl_2}{1\ mol\ S_8}$$

تظهر الحسابات أن النسبة هي: 1.808 mol من Cl_2 لكل 1mol من S_8 بدلاً من 4 mol من Cl_2 كما تظهر المعادلة. ولذلك يكون الكلور هو المادة المحددة للتفاعل.

حساب كمية الناتج المتكوّن يمكنك بعد حساب مولات المادة المحددة للتفاعل أن تحسب مولات المادة الناتجة عن طريق ضرب مولات المادة المحددة للتفاعل (1.410mol) في نسبة مولات ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت، ثم تحويل مولات S_2Cl_2 إلى جرامات، وذلك بضرب عدد المولات في كتلتها المولية كما هو مبين أدناه:

$$1.410\ \cancel{mol\ Cl_2} \times \frac{4\ \cancel{mol\ S_2Cl_2}}{4\ \cancel{mol\ Cl_2}} \times \frac{135.0\ g\ S_2Cl_2}{1\ \cancel{mol\ S_2Cl_2}} = 190.4\ g\ S_2Cl_2$$

وهذا يعني تكوّن 190.4 g من S_2Cl_2 عند تفاعل 1.410 mol من Cl_2 مع كمية فائضة من S_8.

المادة الفائضة بعد أن حددت المادة المحددة للتفاعل وكمية الناتج المتكوّن قد ترغب في معرفة ما حدث للمادة الفائضة، والكمية التي تفاعلت من الكبريت؟

المولات المتفاعلة عليك تحويل المولات إلى كتلة لمعرفة كتلة الكبريت التي تلزم لتتفاعل تمامًا مع 1.410 mol من Cl_2، لذا ابدأ أولاً حساب مولات الكبريت بضرب مولات الكلور بالنسبة المولية لـ S_8 / Cl_2.

$$1.410\ mol\ Cl_2 \times \frac{1\ mol\ S_8}{4\ mol\ Cl_2} = 0.3525\ mol\ S_8$$

الكتلة المتفاعلة لحساب كتلة الكبريت، تضرب 0.3525 mol S_8 في الكتلة المولية لـ S_8

$$0.3525\ mol\ S_8 \times \frac{265.5\ g\ S_8}{1\ mol\ S_8} = 93.588\ g\ S_8$$

الكمية الفائضة يمكن حساب الكمية المتبقية بعد التفاعل من S_8 بطرح كتلة المادة المتفاعلة من كتلة المادة الكلية على النحو الآتي:

الكمية الفائضة = كتلة المادة – الكمية التي تفاعلت

$$200.0\ g\ S_8 - 93.588\ g\ S_8 = 106.4\ g\ S_8$$

مهن في الكيمياء

الصيدلي إن معرفة تركيب الدواء، وكيفية استعماله، والمضاعفات الضارة المحتملة من استعماله تجعل الصيدلي قادرًا على نصح المريض وإرشاده. كما يقوم الصيدلي بمزج المواد الكيميائية لصناعة المساحيق، والأقراص، والدهون والمحاليل. لمعرفة المزيد عن الكيمياء في المهن زر الموقع obeikaneducation.com

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع

الناتج

الاستعمال العلمي: مادة جديدة تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي. كان الناتج الوحيد عن التفاعل غازًا عديم اللون.

الاستعمال الشائع: شيء ينتج عند قسمة عددين أحدهما على الآخر.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى قسّم الطلاب إلى مجموعات واعرض عليهم المكونات الآتية: (ملحوظة: الملعقة الواحدة = 4.9 ml).

1000 كوب طحين	10 درازن بيض
40 إصبع زبدة	1.00 L خميرة خبز
2800 g رقائق شوكولاتة	500 كوب سكر بني
500 كوب سكر مطحون	1.00 L ملح
1.00 L فانيلا	

أي هذه المكوّنات هو المادة المُحددة؟ الزبدة. وما عدد درازن الكعك التي يمكن عملها؟ 80 درزن. إذا بيع كل درزن بعشرة ريالات، فما مقدار مبيعات الشركة؟ 800.00 ريالاً. ف م تعلم تعاوني

التقويم

المعرفة زوّد الطلاب بالوصفة الآتية لعمل رقائق كعك الشوكولاتة:

$2\frac{1}{4}$ كوب طحين	1 ملعقة ملح طعام
1 ملعقة صودا خبز	2 إصبع زبد مهروسة
$\frac{3}{4}$ كوب سكر مطحون	$\frac{3}{4}$ كوب سكر بُني
بيضتان	ملعقتا فانيلا

86 g من حبيبات الشكولاتة

فيكون الناتج أربع درازن من رقائق كعك الشكولاتة.

ثم اسأل الطلاب: كيف يمكن مضاعفة كمية الكعك؟ بمضاعفة المكونات. وكيف يمكن أيضًا عمل الكعك باستعمال بيضة واحدة؟ باستعمال نصف المكونات المدوّنة في الوصفة. ثم اطلب إليهم أن يربطوا هذا الإجراء بالمادة المُحددة للتفاعل. يحدد عدد البيض عدد الكعك الذي يمكن عمله، وبالمثل فإن كتلة المواد المتفاعلة تحدد كمية المواد الناتجة. ض م

الخلفية النظرية للمحتوى

فحص المواد الكيميائية استمرت الأصباغ الأولية المستعملة في الدهانات التي تحتوي على الرصاص حتى عام 1940م، وهي $PbCO_3.Pb(OH)_2$. أما اليوم فنعرف أن الرصاص الموجود في المنتجات المستخدمة في المنازل يُشكّل خطرًا على الصحة، ومع ذلك ما زال الدهان القديم موجودًا في كثير من البيوت. ويمكن تحديد مستوى الرصاص في البيوت باستخدام فحوصات خاصة بذلك. يتم خلال إحدى هذه الفحوصات فرك السطح المراد فحصه في قُطنة تحتوي على روديزونوات البوتاسيوم $C_6K_2O_2$. فإذا كان الرصاص موجودًا يظهر لون زهري على القطنة؛ نظرًا إلى تكوّن روديزونوات الرصاص (II). ويكون التفاعل الحادث إحلالاً أحاديًّا توضحه المعادلة الآتية:

$$Pb^{2+} + C_6K_2O_6 \rightarrow C_6PbO_8 + 2K^+$$

ويزداد احمرار القطنة كلما كانت كمية الرصاص أكبر. وتستطيع من خلال هذا الفحص الكشف عن كميات قليلة من الرصاص لا تتجاوز 0.006 g.

مثال في الصف

السؤال عندما يتفاعل عنصر الفضة (Ag) مع الكبريت (S_8) يتكون كبريتيد الفضة (Ag_2S) وفقًا للمعادلة الآتية:

$$16Ag + S_8 \rightarrow 8Ag_2S$$

a. ما كتلة كبريتيد الفضة المتكونة عندما تتفاعل 4.00 g من الفضة مع 4.00 g من الكبريت؟

b. ما كتلة المادة الفائضة المتبقية عند انتهاء التفاعل؟

الإجابة

a. $4.00\ \text{g Ag} \times \frac{1\ \text{mol}}{107.9\ \text{g Ag}}$

$= 0.0371\ \text{mol Ag}$

$4.00\ \text{g } S_8 \times \frac{1\ \text{mol}}{256.5\ \text{g } S_8}$

$= 0.0156\ \text{mol } S_8$

$0.0371\ \text{mol Ag} \times \frac{8\ \text{mol } Ag_2S}{16\ \text{mol Ag}}$

$= 0.0186\ \text{mol } Ag_2S$

$0.0186\ \text{mol } Ag_2S \times \frac{247.9\ \text{g } Ag_2S}{1\ \text{mol } Ag_2S}$

$= 4.60\ \text{g } Ag_2S$

b. $0.0371\ \text{mol Ag} \times \frac{1\ \text{mol } S_8}{16\ \text{mol Ag}}$

$= 0.00232\ \text{mol } S_8$

$0.00232\ \text{mol } S_8 \times \frac{256.5\ \text{g } S_8}{1\ \text{mol } S_8}$

$= 0.595\ \text{g } S_8$

$4.00\ \text{g} - 0.595\ \text{g} = 3.40\ \text{g } S_8$

مثال 5-5

المادة المحددة للتفاعل يتفاعل الفوسفور الصلب الأبيض P_4 مع الأكسجين لتكوين مركب صلب يُسمّى عاشر أكسيد رابع الفوسفور P_4O_{10}، ويطلق على هذا المركب أحيانًا اسم خامس أكسيد ثنائي الفوسفور؛ لأن صيغته الأولية هي P_2O_5.

a. احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة عن تفاعل 25.0 g من الفوسفور مع 50.0 g من الأكسجين.

b. ما مقدار المادة الفائضة بعد انتهاء التفاعل؟

1 تحليل المسألة بما أن لديك كتلتي المادتين المتفاعلتين لذا يمكنك تعرّف المادة المحددة للتفاعل، ثم حساب كتلة الناتج.

ويمكن معرفة عدد مولات المادة الفائضة بناءً على معرفة مولات المادة المحددة للتفاعل، وحساب عدد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت وتحويلها إلى كتلة، ثم طرح هذه الكتلة من الكتلة المتوافرة قبل بدء التفاعل.

المعلوم

كتلة الفوسفور = 25.0 g

كتلة الأكسجين = 50.0 g

المطلوب

كتلة عاشر أكسيد رابع الفوسفور = P_4O_{10} ?g

كتلة المادة الفائضة = ?g

2 حساب المطلوب

حساب المادة المحددة للتفاعل

اكتب المعادلة الموزونة، وحدّد المعطيات والمطلوب

25.0 g	50.0 g	? g
$P_{4(s)}$	+ $5O_{2(g)}$	→ $P_4O_{10(s)}$

احسب عدد مولات المواد المتفاعلة بضرب كتلة كل منها في عامل التحويل الذي يربط عدد المولات مع الكتلة معكوس الكتلة المولية لكل منها.

احسب مولات P_4

$$25.0\ \text{g } P_4 \times \frac{1\ \text{mol } P_4}{123.9\ \text{g } P_4} = 0.202\ \text{mol } P_4$$

احسب مولات O_2

$$50.0\ \text{g } O_2 \times \frac{1\ \text{mol } O_2}{32.00\ \text{g } O_2} = 1.56\ \text{mol } O_2$$

احسب النسبة المولية الفعلية لمولات O_2، P_4

احسب نسبة مولات O_2 إلى مولات P_4

$$\frac{1.56\ \text{mol } O_2}{0.202\ \text{mol } P_4} = \frac{7.72\ \text{mol } O_2}{1\ \text{mol } P_4}$$

حدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة:

$$\text{النسبة المولية} = \frac{5\ \text{mol } O_2}{\text{mol } P_4}$$

وبما أنه يتوافر 7.72 mol من الأكسجين، في حين أن التفاعل يحتاج إلى 5 mol من الأكسجين لتتفاعل مع 1 mol من P_4O_{10}، فالأكسجين هو المادة الفائضة، ويكون P_4 هو المادة المحددة للتفاعل. لذا تستعمل مولات P_4 لحساب مولات P_4O_{10} الناتجة.

اضرب عدد مولات P_4 في النسبة المولية $\frac{P_4O_{10}}{P_4}$

احسب مولات P_4O_{10} الناتجة.

$$0.202\ \text{mol } P_4 \times \frac{1\ \text{mol } P_4O_{10}}{1\ \text{mol } P_4} = 0.202\ \text{mol } P_4O_{10}$$

عرض توضيحي

المادة المُحددة للتفاعل

الهدف

تلاحظ تأثير المادة المحددة للتفاعل في التفاعل الكيميائي.

المواد والأدوات

سحاحة عدد (2)، مسطرة مترية، مخبار مدرج، ساق تحريك زجاجية عدد (2)، أنابيب اختبار (18 mm×150 mm) عدد (8)، حامل أنابيب اختبار، 0.20 M KOH، 0.01 M $CuSO_4$، ماء مُقطر، جهاز الطرد المركزي.

احتياطات السلامة

التخلص من الفضلات يمكن أن تبخر محاليل كل من KOH و $CuSO_4$ حتى الجفاف في خزانة الأبخرة. كما يمكن التخلص من المواد الصلبة الناتجة في وعاء خاص فيها.

خطوات العمل

املأ إحدى السحاحات بمحلول 0.20M KOH وأخرى بمحلول 0.10 M $CuSO_4$، ثم عنون أنابيب الاختبار بكمية KOH المضافة:

16 ml، 14 ml، 12 ml، 10 ml، 8 ml، 6.0 ml، 4.0 ml، 2.0 ml.

وضع 10.0 ml $CuSO_4$ في كل منها. أضف KOH حسب الحجم الموضح على الأنبوب. ثم أضف ماء مقطر إلى الأنبوب حتى يصل حجم المحلول الكلي في الأنبوب 26.0 ml، وحركه جيدًا ثم ضعه في جهاز الطرد المركزي مدة دقيقة واحدة، وقس ارتفاع الراسب الناتج، ولاحظ لون المحلول في كل أنبوب.

ولحساب كتلة P_4O_{10} نضرب مولات P_4O_{10} في عامل التحويل الذي يربط الكتلة بالمولات.

احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة.

$$0.202 \cancel{\text{mol } P_4O_{10}} \times \frac{283.9 \text{ g } P_4O_{10}}{1 \cancel{\text{mol } P_4O_{10}}} = \mathbf{57.3 \text{ g } P_4O_{10}}$$

وبما أن O_2 هو المادة الفائضة فإن جزءًا منه فقط يتفاعل. لذا استخدم المادة المحددة للتفاعل P_4 لحساب عدد مولات O_2 الداخل في التفاعل وكتلته.

اضرب عدد مولات المادة المحددة للتفاعل في النسبة المولية لتحديد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت والتي بقيت.

$$0.202 \cancel{\text{mol } P_4} \times \frac{5 \text{ mol } O_2}{1 \cancel{\text{mol } P_4}} = 1.01 \text{ mol } O_2$$

حوّل مولات O_2 الداخلة في التفاعل إلى كتلة.

اضرب عدد مولات O_2 في الكتلة المولية.

$$1.0 \cancel{\text{mol } O_2} \times \frac{32.0 \text{g } O_2}{1 \cancel{\text{mol } O_2}} = 32.3 \text{ g } O_2$$

احسب كمية O_2 الفائضة.

$$32.3 \text{ g } O_2 - 50.0 \text{ g } O_2 = \mathbf{17.7 \text{ g } O_2}$$

3 تقويم الإجابة أعطيت جميع القيم بثلاث أرقام معنوية، وكذلك أُعطيت قيمة P_4O_{10}. وينطبق ذلك على جميع الحسابات والأرقام الداخلة في المسألة. حسبت كتلة الأكسجين الفائضة (17.7g) بطرح رقمين في كل منهما منزلة عشرية واحدة. لذا فإن الكتلة الفائضة من الأكسجين صحيحة؛ لأنها تحتوي على منزلة عشرية واحدة.

مسائل تدريبية

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

$$6Na_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3Na_2O_{(s)} + 2Fe_{(s)}$$

إذا تفاعل 100 g من Na مع 100.0 g من Fe_2O_3، فاحسب كلًّا مما يأتي:

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

23. تحفيز يَستعمل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$، وغاز الأكسجين. فإذا توافر لنبتة ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. وحدد المادة المحددة للتفاعل.

c. وحدد المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

e. واحسب كتلة السكر الناتج.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة التفاعل بين الليثيوم، والبروم لإنتاج بروميد الليثيوم. واطلب إليهم تحديد ما يلي: المادة المحددة، كتلة بروميد الليثيوم الناتجة، المادة الفائضة، كتلة المادة الفائضة، إذا وجد 25.0 g من كل من البروم والليثيوم عند بداية التفاعل. البروم هو المادة المحددة؛ 27.1 g LiBr؛ الليثيوم هو المادة الفائضة؛ 22.8 g الكمية الفائضة. ض م

مسائل تدريبية

22.a Fe_2O_3

b. Na

c. 70 g Fe

d. 13.6 g Na

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

b. CO_2

c. H_2O

d. 28.0 g

e. 60.0 g

النتائج

لون المحلول الطافي في أنابيب الاختبار 2، 4، 6، 8 أزرق، وكمية الراسب تزداد من أنبوب إلى آخر، أما أنابيب الاختبار 10، 12، 14، 16 فكمية الراسب فيها ثابتة لا تتغير، ولون المحلول الطافي شفاف.

التحليل

1. اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل تفاعل $CuSO_4$ مع KOH؟

$$2KOH_{(aq)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(s)} + K_2SO_{4(aq)}$$

2. فسر وجود اللون الأزرق في المحلول الطافي في بعض أنابيب الاختبار. $CuSO_4$ مادة فائضة في هذه الأنابيب وهي سبب وجود اللون الأزرق.

3. أي أنابيب الاختبار كان ارتفاع الراسب فيه أكبر ما يمكن؟ في الأنابيب التي تحوي 10 ml، 12 ml، 14 ml، 16 ml من هيدروكسيد البوتاسيوم.

التقويم

المعرفة فسّر لماذا لم يتغير مستوى الراسب في أنابيب الاختبار التي تحتوي على 10.0 ml أو أكثر من KOH؟ لأن KOH هو المادة الفائضة، و $CuSO_4$ هي المادة المُحددة للتفاعل. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب معادلة تحويل الفحم إلى غاز الميثان على السبورة:

$$2C + 2H_2O \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

واطلب إلى الطلاب تحديد كمية الميثان الناتجة، إذا تفاعل 2000 g كربون مع 2000 g ماء.

الجواب: 900 g ض م

إعادة التدريس

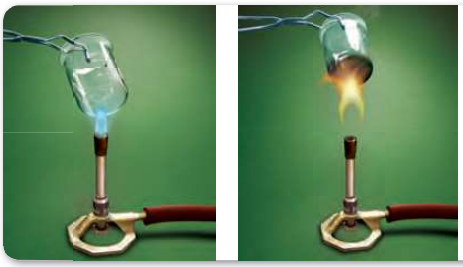
اطلب إلى الطلاب أن يجدوا المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في الحالتين الآتيتين:

1. احتراق قطع فحم حجري في الهواء الطلق. الفحم هو المادة المحددة للتفاعل والأكسجين هو المادة الفائضة.
2. احتراق شمعة داخل وعاء مغلق. الأكسجين هو المادة المحددة للتفاعل والشمعة هي المادة الفائضة.

واسأل: ما البيانات التي يجب جمعها؟ وما الحسابات التي يتعين القيام بها لتأكيد إجاباتهم؟ عدد مولات كل مادة متفاعلة، النسبة المولية من المعادلة الموزونة والنسبة المولية الحقيقية. ض م

التوسع

يمكن للطلاب أن يصمموا تجربة لتحديد أكبر كتلة كعكة يمكن الحصول عليها باستخدام كميات مختلفة من مسحوق الخبز. ف م



الشكل 7-5 عندما لا يتوافر الأكسجين بكميات كافية يشتعل لهب بنزن بلهب أصفر مليء بالسناج، كما يظهر الشكل الأيمن. أما إذا توافرت كميات كافية فيشتعل موقد بنزن بلهب شديد الحرارة، خالٍ من السناج، كما في الشكل الأيسر.

الربط في علم الأحياء يحتاج الجسم إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية والعناصر بكميات قليلة للمساعدة على حدوث التفاعلات الأيضية بيسر وسهولة. ويؤدي نقص هذه المواد إلى إعاقات في النمو، وخلل في وظائف خلايا الجسم. فالفوسفور على سبيل المثال ضروري جدًّا لعمل الأجهزة الحيوية، كما توجد مجموعة الفوسفات في المادة الوراثية DNA. ويحتاج الجسم إلى البوتاسيوم ليؤدي كل من الأعصاب وضغط الدم والعضلات عملها بصورة صحيحة. فإذا احتوت الوجبات الغذائية على كميات كبيرة من الصوديوم وكميات أقل من البوتاسيوم فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم. ولا يستطيع الجسم دون وجود فيتامين B–12 تكوين المادة الوراثية DNA على نحوٍ صحيح، مما يؤثر في إنتاج خلايا كرات الدم الحمراء.

لماذا نستخدم فائضًا من مادة متفاعلة؟

يتوقف كثير من التفاعلات عن الحدوث على الرغم من بقاء جزء من المواد المتفاعلة في خليط التفاعل. وقد يؤدي ذلك إلى هدر المواد الأولية. لذا وجد الكيميائيون أن استعمال مادة واحدة بكميات فائضة ـ وهي عادة المادة الأقل ثمنًا ـ يدفع التفاعل للاستمرار لحين نفاد المادة المحددة للتفاعل تمامًا، كما أن ذلك يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

يبين **الشكل 7–5** كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء الممزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

وعند توافر الأكسجين بكميات فائضة يحترق المزيج منتجًا لهبًا حارًّا في صورة لهب أزرق باهت، ولكن لا يتكون السناج؛ بسبب احتراق الوقود تمامًا.

التقويم

مهارة اطلب إلى كل طالب كتابة معادلة موزونة تحتوي على مادتين متفاعلتين على الأقل وإعطاء كتلة لكل منهما. ثم اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ثنائية بحيث يحل كل طالبين مسألتيهما لإيجاد المادة المُحددة للتفاعل والمادة الفائضة وكتلة كل مادة ناتجة. ض م تعلم تعاوني

التقويم 5-3

الخلاصة

- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك تمامًا في أثناء التفاعل الكيميائي. أمّا المادة التي تبقى بعد انتهاء التفاعل فتسمى «المادة الفائضة».
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتفاعل.

24. الفكرة الرئيسة صف لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟
25. حدِّد المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في كل من التفاعلات الآتية:
   a. احتراق الخشب.
   b. تفاعل كبريت الهواء مع ملعقة من الفضة لتكوين كبريتيد الفضة.
   c. تحلّل مسحوق الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.
26. حلِّل يستخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.

$$8P_4 + 3S_8 \rightarrow 8P_4S_3$$

حدّد أي الجمل الآتية غير صحيحة، وأعد كتابتها لتصبح صحيحة:

a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3
b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4mol من S_8 يكون الكبريت هو المادة المحددة للتفاعل.
c. يتفاعل 6 mol من P_4 مع 6 mol من S_8 لتكوين 1320 g من P_4S_3

التقويم 5-3

24. إن استهلكت إحدى المواد المتفاعلة تمامًا.
25. a. يحدد الخشب التفاعل، والأكسجين مادة فائضة؛ حيث يستمر الاحتراق بوجود الخشب فقط.
   b. الفضة هي المادة المحددة للتفاعل. الكبريت هو المادة الفائضة. عندما يتأكسد سطح الفضة يمنع الكبريت في الهواء من التفاعل.
   c. ينتج التحلل عادة عن مادة متفاعلة واحدة. أمّا التفاعل فيتحدد بكمية الخميرة الموجودة.
26. a. صحيحة.
   b. الفوسفور هو المادة المحددة للتفاعل.
   c. صحيحة.

5-4

1. التركيز

شريحة التركيز

قبل بدء الدرس، اعرض على الطلاب شريحة التركيز رقم (19) الواردة في مصادر التعلم للفصول (8–5)، ويمكنك عرضها ملونة من خلال الرجوع إلى الموقع الإلكتروني: www.obeikaneducation.com د م

الفكرة الرئيسة

المردود الفعلي والمردود النظري اعمل كيسًا من الفشار، واسأل الطلاب: هل جميع حبات الذرة أصبحت فشارًا؟ ستبقى بعض حبات الذرة كما هي. ثم أخبر الطلاب بأنه ليس من الضروري أن تتفاعل المواد المتفاعلة جميعها لتنتج مواد جديدة في التفاعل الكيميائي. إن عدد حبات الفشار في الكيس هو المردود الفعلي. وبين للطلاب أنهم يستطيعون تحديد المردود النظري بوساطة الحسابات الكيميائية. د م ض م

2. التدريس

الرياضيات في الكيمياء

حساب النسب المئوية ربما تعلّم الطلاب أنه لحساب النسبة المئوية يجب قسمة الجزء على الكل والضرب في مئة. لذا ساعدهم على معرفة أنه عند قسمة الجزء على الكل فإنهم بذلك يحددون الكسر، وعند الضرب في مئة فإنهم يحددون أجزاء النسبة المئوية، ثم اسأل الطلاب: كيف يمكنهم إيجاد أجزاء بنسبة المليون. اضرب الجزء في (10^6). د م

مشروع الكيمياء

تقويم الخيارات اطلب إلى الطلاب كتابة ستة أسئلة من نوع الاختيار من متعدد، لكل منها أربعة بدائل، أحدها صحيح، واطلب إليهم استخدام هذه الأسئلة مع إجاباتها لممارسة لعبة صفية. ض م

دفتر الكيمياء

مردود التفاعل اطلب الى الطلاب كتابة خلاصة يوضحون فيها المقصود بالمردود النظري، والمردود الفعلي للتفاعل. د م

5–4

الأهداف

- **تحسب** المردود النظري للتفاعل الكيميائي من البيانات.
- **تحدد** المردود المئوي للتفاعل الكيميائي.

مراجعة المفردات

عملية: سلسلة من الأفعال أو الأعمال.

المفردات الجديدة

المردود النظري
المردود الفعلي
نسبة المردود المئوية

نسبة المردود المئوية
Percent Yield

الفكرة الرئيسة **نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.**

الربط مع الحياة افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعليًا قد لا تحقق هدفًا في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضا نواتج نظرية وأخرى فعلية.

ما مقدار المادة الناتجة؟ How much product ?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجرى في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقًا. ولكن ذلك غير صحيح، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة.

ولأسباب متعددة تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، ولا تنتج كميات النواتج المتوقعة منها. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة –في الحالة السائلة– على سطوح الأوعية أو تتبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو كما يوضح الشكل 8–5 قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانبًا على ورقة الترشيح أو تُفقد بسبب عملية التنقية. ونتيجة هذه المشاكل فإن الكيميائيين بحاجة إلى معرفة كيفية تحديد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.

المردود النظري والمردود الفعلي Theoretical and Actual Yields في كثير من الحسابات السابقة، قمت بحساب كمية الناتج من كمية مادة متفاعلة معطاة. وتسمى كمية الناتج المحسوبة هذه المردود النظري للتفاعل. **المردود النظري** أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة.

نادرًا ما ينتج عن التفاعل الكيميائي مردود فعلي مطابق للمردود النظري المتوقع. يحدد الكيميائي المردود الفعلي للتفاعل من خلال تجربة دقيقة بحسب من خلالها كتلة المادة الناتجة . لذا **فالمردود الفعلي** هو كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عمليًا.

الشكل 8-5 تتشكل كرومات الفضة عند إضافة كرومات البوتاسيوم إلى نترات الفضة. لاحظ أن بعضًا من المادة المترسبة قد ترك جانبًا على ورقة الترشيح. كما أن كمية أخرى منها تفقد لأنها قد تعلق على جوانب الإناء.

نسبة المردود المئوية Percent yield يحتاج الكيميائيون إلى معرفة فاعلية التفاعل في إنتاج النواتج المرغوب فيها. ومن طرائق قياس فاعلية التفاعل حساب نسبة المردود المئوية. لذا فإنّ **نسبة المردود المئوية** للنواتج هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري في صوره نسبة مئوية.

نسبة المردود المئوية

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

لذا تحسب نسبة المردود المئوية بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري مضروبًا في مئة.

مثال 6-5

نسبة المردود المئوية تتكون كرومات الفضة الصلبة Ag_2CrO_4 عند إضافة كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 إلى محلول يحتوي على 0.500 g من نترات الفضة $AgNO_3$. احسب المردود النظري لكرومات الفضة Ag_2CrO_4، واحسب نسبة المردود المئوية إذا كانت كتلة كرومات الفضة Ag_2CrO_4 الناتجة فعليًا عن التفاعل هي (0.455 g).

1 تحليل المسألة تعلّم كتلة المواد المتفاعلة وكتلة المردود الفعلي من المعطيات. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، واحسب المردود النظري بتحويل جرامات $AgNO_3$ إلى مولات $AgNO_3$، ومن ثم تحويل مولات $AgNO_3$ إلى مولات Ag_2CrO_4، وأخيرًا تحويل مولات Ag_2CrO_4 إلى جرامات Ag_2CrO_4. ثم احسب نسبة المردود المئوية من المردود الفعلي والمردود النظري.

المعطيات	المطلوب
كتلة نترات الفضة $= 0.500\ g\ AgNO_3$	المردود النظري $= ?\ g\ Ag_2CrO_4$
المردود الفعلي $= 0.455\ g\ Ag_2CrO_4$	المردود المئوي $= ?\ \%Ag_2CrO_4$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة وحدد المعطيات والمطلوب

$$\underset{0.500\ g}{2AgNO_{3(aq)}} + K_2CrO_{4(aq)} \rightarrow \underset{?\ g}{Ag_2CrO_{4(s)}} + 2KNO_{3(aq)}$$

استخدم الكتلة المولية لتحويل جرامات $AgNO_3$ إلى عدد مولات $AgNO_3$

$$0.500\ g\ AgNO_3 \times \frac{1\ mol\ AgNO_3}{169.9\ g\ AgNO_3} = 2.94 \times 10^{-3}\ mol\ AgNO_3$$

استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات $AgNO_3$ إلى عدد مولات Ag_2CrO_4

$$2.94 \times 10^{-3}\ mol\ AgNO_3 \times \frac{1\ mol\ Ag_2CrO_4}{2\ mol\ AgNO_3} = 1.47 \times 10^{-3}\ mol\ Ag_2CrO_4$$

احسب المردود النظري

$$1.47 \times 10^{-3}\ mol\ Ag_2CrO_4 \times \frac{331.7\ g\ Ag_2CrO_4}{1\ mol\ Ag_2CrO_4} = 0.488\ g\ Ag_2CrO_4$$

احسب نسبة المردود المئوية.

$$\frac{0.455\ g\ Ag_2CrO_4}{0.488\ g\ Ag_2CrO_4} \times 100 = 93.2\%\ Ag_2CrO_4$$

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلاب المتفوقين تصميم جدول يستخدم لحساب المردود النظري لمادة من خلال كتلة المادة المتفاعلة المعطاة، وكذلك حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل من خلال إعطاء المردود الفعلي. لذا عليهم أولاً تحديد المردود النظري للتفاعل عند إعطائهم كتلة إحدى المواد المتفاعلة. وينبغي ثانيًا أن يستخدموا المردود الفعلي لحساب نسبة المردود المئوية للتفاعل.

ف م

مثال في الصف

السؤال يمكن إزالة الخارصين عن البرونز، وذلك بوضع البرونز في حمض الهيدروكلوريك. يتفاعل الخارصين مع حمض الهيدروكلوريك، وينتج كلوريد الخارصين، وغاز الهيدروجين تاركًا النحاس الصلب دون تفاعل.

a. إذا احتوت عينة البرونز على 25 g خارصين، فاحسب المردود النظري لغاز الهيدروجين.

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

b. إذا أنتج التفاعل 0.680 g من الهيدروجين H_2، فحدّد نسبة المردود المئوية للتفاعل.

الإجابة

a.

$$\text{mol Zn} = 25.0\ \text{g Zn} \times \frac{1\ \text{mol Zn}}{65.39\ \text{g Zn}}$$

$$= 0.382\ \text{mol Zn}$$

$$\text{mol } H_2 = 0.382\ \text{mol } H_2 \times \frac{1\ \text{mol Zn}}{1\ \text{mol } H_2}$$

$$= 0.382\ \text{mol } H_2$$

$$\text{المردود النظري} = 0.382\ \text{mol } H_2$$

$$\times \frac{2.016\ \text{g } H_2}{1\ \text{mol } H_2} = 0.771\ \text{g } H_2$$

b.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{0.680\ \text{g } H_2}{0.771\ \text{g } H_2} \times 100$$

$$= 88.2\%\ H_2$$

عرض سريع

حساب نسبة المردود المئوية ضع 5.0 ml من زيت الطبخ في دورق، ثم ضع 20 حبة من حبات الذرة الجافة في الدورق، وغطِّ فوهته بغطاء مثقب من الألومنيوم. وضع الدورق على سخان كهربائي حتى تتحول حبات الذرة إلى فشار. ثم عُدّ حبات الذرة التي تحوّلت إلى فشار باعتبارها المردود الفعلي. فإذا كان المردود النظري هو (20) حبة فشار، فاطلب إلى الطلاب تحديد نسبة المردود المئوية. ستتنوع الإجابات حسب البيانات التي جُمعت. د م

3 حساب المطلوب

القيمة التي تحتوي أقل عدد من الأرقام المعنوية هي القيمة التي يوجد بها ثلاثة أرقام معنوية، لذا فالنسبة التي استخدمت للتعبير عن الجواب صحيحة. كما أن الكتلة المولية لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 هي ضعف الكتلة المولية لنترات الفضة $AgNO_3$ تقريبًا. ولذلك نسبة عدد مولات نترات الفضة $AgNO_3$ إلى عدد مولات كرومات الفضة Ag_2CrO_4 في المعادلة هي (2:1). ولذلك يجب أن ينتج 0.500 g من $AgNO_3$ من الكتلة نفسها من كرومات الفضة تقريبًا.

فالمردود الفعلي لكرومات الفضة قريب من 0.500g، لذلك فنسبة المردود المئوية معقولة.

مسائل تدريبية

27. تحتوي أقراص مضاد الحموضة على هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ لمعادلة حمض المعدة HCl. ويمكن وصف التفاعل الحادث في المعدة بالمعادلة:

$$Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

احسب المردود النظري لـ $AlCl_3$ إذا تفاعل قرص مضاد للحموضة يحتوي على 14.0 من $Al(OH)_3$ g تمامًا مع حمض المعدة HCl.

28. يتفاعل الزنك مع اليود حسب المعادلة: $Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2$

a. احسب المردود النظري إذا تفاعل 1.912 mol من الزنك.

b. احسب نسبة المردود المئوية إذا تم الحصول عمليًا على 515.6 g من يوديد الزنك.

29. تحفيز عند وضع سلك من النحاس في محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تترسب بلورات الفضة، ويتكون محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

b. إذا تفاعل 20.0 g من النحاس فاحسب المردود النظري للفضة.

c. إذا نتج 60.0 g من الفضة فعليًا من التفاعل، فما نسبة المردود المئوية للتفاعل؟

مسائل تدريبية

27. المردود النظري لـ $AlCl_3$ هو 23.9 g

28. a. 610.3 g ZnI_2

b. نسبة المردود المئوية من ZnI_2 تساوي 84.48%

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

b. 68.0 g Ag

c. المردود 88.2%

التنوع الثقافي

ولد نوربرت ريليوكس Norbert Rillieux عام 1806م في نيوأورلينز، وكان أبوه من أصل فرنسي وصاحب مزرعة، وأمه من أصل إفريقي. درس العلوم والرياضيات وأصبح مهندسًا كيميائيًّا. وقد لاحظ الخطر الكبير والجهد والعناء اللذين تتطلبهما عمليات تنقية السكر. لذا فقد طوّر طرائق محسنةً وسريعةً لهذه العملية. وكان الوعاء المبخر الذي اخترعه قد أحدث نقله نوعية في عمليات تنقية السكر، وحصل أخيرًا على براءة الاختراع. فأصبح بالإمكان استخدام الطريقة الجديدة لإنتاج سكر عالي الجودة بنصف التكلفة.

مختبر تحليل البيانات

التحليل والاستنتاج

هل يمكن أن تكون صخور سطح القمر مصدرًا فعالاً للأكسجين لتزويد رحلات القمر في المستقبل؟

بالرغم من عدم وجود غلاف جوي للقمر، ومن ثم عدم وجود أكسجين عليه، إلا أن سطحه مُغطى بصخور وتربة مكونة من الأكاسيد. لذا يبحث العلماء كيف يستخلصون الأكسجين من صخور القمر وتربته للاستفادة منه في التنفس في الرحلة إليه. وقد زوّد تحليلُ عينات الصخور التي أحضرت من سطح القمر العلماءَ بالمعلومات الموضحة في الجدول. عن الأكاسيد في تربة القمر ونسبها الكتلية المئوية .

التفكير الناقد

1. **احسب** كتلة (بالجرام) كل من الأكاسيد الواردة في الجدول في 1.00 kg من تربة القمر.
2. **طبق** يرغب العلماء في استخراج الأكسجين من أكسيد الفلز باستخدام تفاعل التحلل:
   الأكسجين + الفلز ← أكسيد الفلز
   ولتقويم صحة هذه الفكرة حدد كمية الأكسجين (بالكيلوجرام) في كل من الأكاسيد الموجودة في 1.00 kg من تربة القمر.
3. **عرف** ما الأكسيد الذي يعطي أكبر ناتج من الأكسجين لكل كيلوجرام؟ وما الأكسيد الذي يعطي أقل ناتج؟
4. **حدد** المردود النظري للأكسجين في الأكاسيد الموجودة في عينة كتلتها 1.00 Kg من تربة القمر.
5. **احسب** استطاع العلماء باستخدام الأساليب المتوافرة حاليًا استخراج 15 Kg من الأكسجين من 100 Kg من تربة القمر. احسب نسبة المردود المئوية لهذه العملية.

البيانات والملاحظات

بيانات الصخور	
الأكسيد	النسبة الكتلية في التربة %
SiO_2	47.3%
Al_2O_3	17.8%
CaO	11.4%
FeO	10.5%
MgO	9.6%
TiO_2	1.6%
Na_2O	0.7%
K_2O	0.6%
Cr_2O_3	0.2%
MnO	0.1%

نسبة المردود المئوية والجدوى الاقتصادية

Percent Yield in the Marketplace

تلعب نسبة المردود المئوية دورًا مهمًّا في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح **بالشكل 9–5**، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H_2SO_4، وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمنسوجات والأصباغ.

مختبر تحليل البيانات

- يهدف إلى تحديد كمية الأكسجين الموجودة في تربة القمر، وكذلك المردود النظري ونسبة المردود المئوية للأكسجين باستخدام المردود الفعلي الذي يمكن التوصل إليه.
- يدرس العلماء صخور القمر لمعرفة إمكانية استخدامها في تزويد رواد الفضاء بالأكسجين؛ إذ تتكون تربة القمر من أكاسيد مختلفة، وهي غنية بالأكسجين.
- قامت وكالة ناسا (NASA) بمحاكاة تكوين تربة القمر؛ بهدف إيجاد طريقة فعّالة وغير مكلفة لاستخلاص الأكسجين من هذه التربة.

التفكير الناقد

1. TiO_2: 16 g; Al_2O_3: 178 g; SiO_2: 473 g; FeO: 105 g
   MgO: 96 g; CaO: 114 g; Na_2O: 7 g; K_2O: 6 g;
   MnO: 1 g; Cr_2O_3: 2 g
2. TiO_2: 0.00641 kg O_2; Al_2O_3 : 0.0838 kg O_2;SiO_2 : 0.252 kg O_2; FeO: 0.0234 kg O_2; MgO: 0.0381 kg O_2; CaO: 0.0325 kg O_2; Na_2O: 0.00181 kg O_2 ;K_2O: 0.000988 kg O_2; MnO: 0.000225 kg O_2 ;Cr_2O_3: 0.000632 kg O_2
3. المنتج الاكبر هو SiO_2، أما المنتج الأقل هو MnO
4. 0.439 kg of O_2 /1.00 kg من تربة القمر
5. $0.15\ kg / 0.439 \times 100 = 34\%$

التقويم

الأداء اطلب إلى كل طالب كتابة أربعة أسئلة من نوع الاختيار من متعدد على أن تتضمن حسابات نسبة المردود المئوية، واطلب إليهم تبادل الأسئلة فيما بينهم وحلها ومناقشة إجاباتهم. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب المعادلة التالية على السبورة:

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$،

واطلب إلى الطلاب تحديد نسبة المردود المئوية إذا حُرق 10 g من الميثان لإنتاج 19.5 g من الماء. نسبة المردود المئوية 86.7%. ض م

إعادة التدريس

ناقش عملية حرق الجازولين في محرك الاحتراق الداخلي.

$2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$

واطلب إلى الطلاب تحديد نسبة المردود المئوية لثاني أكسيد الكربون إذا نتج 1800 g من ثاني أكسيد الكربون عن تفاعل 700 g من الأوكتان، واطلب إليهم أيضًا توضيح كل خطوة من الحسابات. نسبة المردود المئوية 83.4% من CO_2. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب كتابة بحث حول محركات الاحتراق الداخلي، وما الذي يمكن عمله لزيادة فاعلية السيارات، وتقليل تلوث الهواء.

الشكل 5-9 الكبريت يتم استخراج الكبريت من منتوجات البترول بوساطة عمليات كيميائية، كما يستخرج بدفع الماء الساخن إلى أماكن تجمعه تحت الأرض، فيُضخ الكبريت السائل إلى السطح.

لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك. إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:

الخطوة الأولى $S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(g)}$

الخطوة الثانية $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$

وفي الخطوة الأخيرة يتحد ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مع الماء لينتج حمض الكبريتيك.

الخطوة الثالثة $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

الخطوة الأولى، ينتج عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريبًا، كما ينتج ثالث أكسيد الكبريت في الخطوة الثانية أيضًا بنسبة عالية إذا استُخدِم عامل محفز عند درجة حرارة (400°C). والعامل المحفز مادة تزيد من سرعة التفاعل أو دون أن تستهلك، ولا تظهر في المعادلة الكيميائية. لكن تحت هذه الظروف يكون التفاعل بطيئًا، ورفع درجة الحرارة تزيد من سرعة التفاعل، ولكنها تقلل من الناتج.

ولزيادة الناتج وتقليل الوقت في الخطوة الثانية، طور العلماء نظامًا تمرر خلاله المواد المتفاعلة SO_2 و O_2 فوق عامل محفز عند درجة حرارة (400 °C). ولأن التفاعل يصدر مقدارًا كبيرًا من الحرارة ترتفع درجة الحرارة بالتدريج، وتقل كمية الناتج. ولذلك، عندما تصل درجة الحرارة إلى 600 °C تقريبًا يتم تبريد المزيج، ومن ثم يُمرر فوق العامل المحفز مرة أخرى. ويتكرار تمريره فوق العامل المحفز أربع مرات مع التبريد بين كل عملية وأخرى نحصل على ناتج أكبر من (98%).

التقويم 5-4

الخلاصة

- المردود النظري للتفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
- المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عمليًا من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبرًا عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمةٌ في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

الفكرة الرئيسة 30. حدد أيٌّ مما يلي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي: المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المئوية؟

31. اذكر عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.

32. وضح كيف تحسب نسبة المردود المئوية؟

33. طبق إذا خلطت 83.77 g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III): $2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$
فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟

34. احسب نسبة المردود المئوية لتفاعل الماغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

بيانات التفاعل	
كتلة الجفنة	35.67g
كتلة الجفنة + Mg	38.06g
كتلة الجفنة + MgO بعد التسخين	39.15g

التقويم 5-4

30. نسبة المردود المئوية.

31. لا تستمر التفاعلات جميعها حتى النهاية. ففي بعض التفاعلات تلتصق كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة بسطح الوعاء بحيث لا توزن أو تنقل. كما أنه قد تنتج مواد غير متوقعة من بعض التفاعلات الجانبية.

32. يكون ذلك بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري والضرب في مئة.

33. 155.9g Fe_2S_3

34. نسبة المردود المئوية 87.9% من MgO

الهدف

سيتعلم الطلاب كيف تُستخدم قدرة فيروس HIV على التكيف، في معرفة عمل الأدوية الجديدة المتعلقة بعلاج هذا الفيروس.

الخلفية النظرية

تمنح الطفرات في التسلسل الجيني فيروس [HIV] مقاومةً للدواء؛ إذْ ليس لديه الحمض النووي DNA، بل يحتفظ هذا الفيروس بالمعلومات الجينية في الجزيء المرتبط بالحمض النووي RNA. وقد بحث العلماء في خريطة تسلسل لاكتشاف أي جزء من RNA يسيطر على كل جزء من الفيروس. وعندما تُكتشف الطفرات يستطيع العلماء تحديد أي جزء من الفيروس يتغير بالطفرة عند العودة إلى خريطة التسلسل الجينية.

استراتيجيات التدريس

- ناقش أمثلة لطفرات تعطي مقاومة مثل مقاومة الحشرات لمبيد الحشرات، والأعشاب لمبيد الأعشاب، ومقاومة المضاد الحيوي للأمراض التي تسببها البكتيريا.
- لقد شجع العلماء مقاومة PA – 457 بتقديم جرعة قليلة من العلاج. فلماذا لم تكن هذه الجرعة كبيرة؟ قد تقتل الجرعة الكبيرة الفيروسات ذات المقاومة الجزئية. قارن ذلك بالحاجة إلى إكمال جرعات العلاج من المضاد الحيوي لمنع بناء مقاومة البكتيريا.
- لاحظ الاختلاف بين الفيروس والبكتيريا: لا تتأثر الفيروسات بالمضادات الحيوية. دع الطلاب يكتشفوا سبب ذلك.

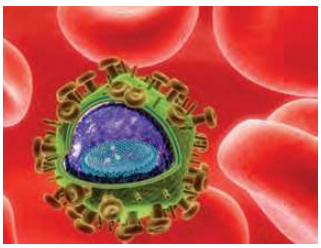
الكيمياء والصحة

محاربة السلالات المقاومة

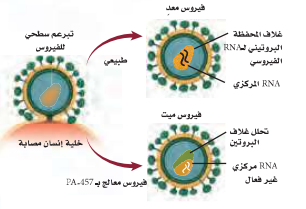
لقد تبين أن فيروس نقص المناعة عند الإنسان [HIV] الذي يسبب مرض الإيدز من ألد أعداء الطب الحديث، ولم يتم التوصل إلى علاجه حتى الآن. ويعود ذلك إلى قدرة هذا الفيروس الفائقة على التكيف؛ إذ تظهر السلالات المقاومة للأدوية من هذا الفيروس بسرعة؛ بحيث تصبح الأدوية الحديثة والمتطورة جميعها دون جدوى. وتُجرى بعض الأبحاث الآن باستخدام قدرة هذا الفيروس على التكيف لاتخاذ ذلك طريقة لمكافحته.

اختيار المقاومة إن PA – 457 علاج واعد ضد فيروس [HIV]، وهو عبارة عن حمض البتيولينيك، المركب العضوي المستخرج من بعض النباتات، ومنها لحاء شجر السدر. ولمعرفة ما يفعله PA – 457 لـ [HIV]، وهو ما يسمى آلية عمل الدواء، خطا العلماء خطوة غريبة؛ إذ شجعوا عينات من [HIV] على بناء مقاومة ضد هذا الدواء PA – 457.

وقد أخضع الباحثون عينات من [HIV] إلى جرعات قليلة من PA–457، مما يسمح ببقاء بعض الفيروسات حية وتبني مقاومة. ثم تُجمع الفيروسات التي بقيت حية بعد تعرضها لـ PA – 457، ويُفحص تسلسل جيناتها. وقد وجد أن هذه الجينات مسؤولة عن قدرة الفيروسات على بناء ما يُسمى غلاف المناعة كما في **الشكل 1**.



الشكل 1 يشكل الغلاف طبقة حماية حول المادة الجينية لفيروس HIV العادي.



الشكل 2 عندما يتعرض HIV لـ PA – 457 يفقد هذا الغلاف شكله وينهار، مما يؤدي إلى موت الفيروس.

هجوم مفاجئ: يعد هذا الاكتشاف مفاجأة؛ لأنه عكس معظم الأدوية، حيث أن PA – 457 يهاجم بناء [HIV] بدلاً من الإنزيمات التي تساعد HIV على إعادة الإنتاج، كما في **الشكل 2**، مما يجعل PA – 457 واحدًا من أوائل سلسلة الأدوية الجديدة لـ HIV المعروفة بمعيقات النضج. إنه العلاج الذي يستطيع منع الفيروس من النضج خلال المراحل الأخيرة من نموه.

تقليل سرعة النمو الأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيقات النضج، أن يهاجم بناء [HIV] ويجعل بناء مقاومته بطيئة. وتوصف معيقات النضج مع أدوية أخرى للإيدز التي تهاجم [HIV] في مراحل دورة حياته المختلفة. وتدعى هذه التجربة علاجًا متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من بناء مقاومة؛ لأن أي فيروس حي بحاجة إلى مناعة متعددة، على ألا تقل عن واحدة لكل دواء، ضد HIV . وهو غير محتمل الحدوث في الوقت نفسه.

الكتابة في الكيمياء ابحث كيف يحدد العلماء مستوى الجرعة الآمن لأي دواء؟ ناقش كيف يجب أن تكون فاعلية الدواء متوازنة مع درجة السُّمية والأعراض الجانبية؟

الكتابة في الكيمياء

البحث ستتنوع الإجابات. يجب أن يجد الطلاب أن العلاقة بين الاستجابة لجرعة الدواء تتنوع من دواء لآخر. فبعض الأدوية يكون علاجها متوقعًا ولا يحتاج إلى مراقبة، ولكن بعضها الآخر يحتاج إلى مراقبة شديدة. يؤثر كل من المرض وعمر المريض وتفاعلات الدواء في مستوى فعالية الدواء بالنسبة للمريض. وعلاوة على ذلك، فإن بعض الأدوية تصبح سامة حتى ولو كانت قريبة من الجرعة الطبية المسموح بها، وهي بحاجة إلى مراقبة شديدة جدًا.

مختبر الكيمياء

تحديد النسبة المئوية

الزمن حصة واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، والاستنتاج، والقياس، وجمع البيانات وتفسيرها، واستخدام الأرقام، والمقارنة، وتطبيق المفاهيم.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب الإطلاع على تعليمات السلامة في المختبر، وراجع معهم الاحتياطات التي ينبغي اتخاذها عند التعامل مع كبريتات النحاس (II) المائية والحديد قبل بدء العمل. ولأن كبريتات النحاس (II) سامة، لذا تأكد من ارتداء الطلاب معاطف المختبر والقفازات، ولبس النظارات الواقية. واطلب إليهم غسل أيديهم بالماء والصابون بعد الانتهاء من التجربة.

التخلص من النفايات

يمكن أن تُبخر محاليل كبريتات النحاس والحديد في خزانة الأبخرة حتى تجف، كما يمكن التخلص من المواد الصلبة في وعاء خاص فيها.

خطوات العمل

- تعد عملية زل (فصل) السائل تقنية جديدة في المختبر بالنسبة للطلاب. لذا دعهم يشاهدوا كيف يُسكب السائل من الدورق فوق ساق التحريك إلى دورق آخر ببطء.
- أخبر الطلاب أن فلز النحاس لا يلتصق بساق التحريك عندما يكون جافًا تمامًا.
- **حل المشكلات** ينبغي للحصول على نتائج أفضل استخدام برادة حديد غير مؤكسدة.

مختبر الكيمياء

تحديد النسبة المولية

الخلفية النظرية: يتفاعل الحديد مع كبريتات النحاس(II) $CuSO_4$. ويمكنك حساب النسبة المولية عمليًا بقياس كتلة الحديد التي تفاعلت وكتلة فلز النحاس التي تكونت.

سؤال: كيف تُقارن بين النسبة المولية العملية والنسبة المولية النظرية؟

المواد والأدوات اللازمة

كبريتات النحاس (II) المائية $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	سخان كهربائي
برادة حديد	ملقط لحمل الدوارق
ماء مقطر	ميزان
كأس سعتها 150 ml	ساق تحريك
مخبار مدرج سعته 100 ml	كأس سعتها 400 ml
	أوراق وزن

احتياطات السلامة

تحذير: يسبب السخان الكهربائي الحروق، لذا أغلق مصدر الكهرباء إذا كنت لا تستعمله.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قس كتلة كأس سعتها 150 ml نظيفة وجافة. وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
3. ضع 12 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ في الكأس.
4. أضف 50 ml من الماء المقطر إلى $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ في الكأس، وضع الكأس على السخان، ثم حرك المزيج حتى يذوب (لا تدع المزيج يصل إلى درجة الغليان)، ثم ارفع الكأس عن السخان باستخدام الملقط.
5. زن 2 g من برادة الحديد باستخدام ورق الوزن.
6. أضف البرادة ببطء إلى كبريتات النحاس (II) الساخنة في أثناء التحريك.
7. اترك المزيج مدة خمس دقائق.
8. استعن بساق التحريك كما في الصورة لصب المزيج في كأس سعتها 400 ml، من دون صب فلز النحاس الصلب.
9. أضف 15 ml من الماء المقطر إلى فلز النحاس الصلب في الكأس (150 ml)، وحرك هذه الكأس لغسل النحاس، ثم صب السائل فقط في الكأس (400 ml).
10. كرر الخطوة 9 مرتين.
11. ضع الدورق الذي يحتوي على النحاس الرطب فوق السخان الكهربائي، واستخدم حرارة منخفضة لتجفيف النحاس.

12. ارفع الكأس عن السخان بعد أن يجف النحاس، باستخدام الملقط واتركه حتى يبرد.
13. قس كتلة الكأس والنحاس معًا.
14. **التنظيف والتخلص من النفايات** ضع النحاس الجاف في وعاء النفايات، واغسل ما علق بالكأس، وجففها بمنشفة ورقية، ثم صب محلول كبريتات النحاس(II)، ومحلول كبريتات الحديد، غير المتفاعلة، في كأس كبيرة، وأعد جميع أجهزة وأدوات المختبر إلى أماكنها الخاصة بها.

حلّل و استنتج

1. **طبق** اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل، ثم احسب كتلة النحاس التي يجب أن تتكون من كمية الحديد المستعملة، فتكون هذه الكتلة هي المردود النظري.
2. **فسر البيانات** حدد كتلة، وعدد مولات النحاس الناتجة. واحسب عدد مولات الحديد المستعملة، وحدد النسبة المولية العددية الصحيحة (الحديد: النحاس)، ثم حدد نسبة المردود المئوية.
3. **قارن** بين النسبة المولية النظرية والنسبة المولية التي قمت بحسابها عمليًا في الخطوة 2 (الحديد : للنحاس).
4. **تحليل الخطأ** حدد مصادر الخطأ التي تجعل النسبة المولية المعطاة في المعادلة الكيميائية الموزونة أكبر من الواقع.

حلّل واستنتج

1. $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + FeSO_4(aq)$; 2.30g Cu
2. 0.0362 mol Fe، 0.0356 mol Cu، 2.26 g Cu
النسبة المولية = (1Cu:1.02 Fe)، نسبة المردود المئوية = 98.3%
3. نسبة الحديد إلى النحاس في المعادلة هي 1:1، وهي قريبة من النسبة الناتجة عن التجربة العملية.
4. لم يكن النحاس جافًا تمامًا، كما أنَّ بعض النحاس يتأكسد إذا سخن كثيرًا، وكان من الممكن خسارة بعض النحاس.

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

تعزيزًا لمعرفة الطلاب بمفردات الفصل، اطلب إليهم كتابة جملة واحدة لكل مصطلح منها.

استراتيجيات المراجعة

- يوضح الطلاب أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية. ض م
- يعد الطلاب قائمة بخطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية. ض م
- يوضح الطلاب تأثير المادة المحددة للتفاعل في مسائل الحسابات الكيميائية. ض م
- يوضح الطلاب نسبة المردود المئوية للتفاعل. ض م

يمكن للطلاب زيارة الموقع:

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- طلبًا للمزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- التقدم لاختبار الفصل، والاختبار المقنن.

الفصل 5 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة: تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسة: تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.

المفردات
- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

المفاهيم الرئيسة
- تُفسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، وحدات الصيغة الكيميائية).
- تطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية.
- تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة: يتطلب حل مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

المفاهيم الرئيسة
- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة عن تفاعل معين.
- تعد كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

5-3 المادة المحددة للتفاعل

الفكرة الرئيسة: يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيُّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

المفردات
- المادة الفائضة
- المادة المحددة للتفاعل

المفاهيم الرئيسة
- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستنفد تمامًا في التفاعل. والمادة الفائضة هي المادة التي يبقى جزء منها بعد انتهاء التفاعل.
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتفاعل.

5-4 نسبة المردود المئوية

الفكرة الرئيسة: نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

المفردات
- نسبة المردود المئوية
- المردود الفعلي
- المردود النظري

المفاهيم الرئيسة
- المردود النظري هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، وبحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
- المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عمليًّا من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبرًا عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمةٌ في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

الفصل 5

5-1

إتقان المفاهيم

35. تُحدد النسب المولية بين المواد المتفاعلة والناتجة من المعاملات في المعادلة الموزونة. ولا يمكن تحديد هذه النسب إذا لم تكن المعادلة موزونة.

36. العلاقات بين عدد المولات، والكتل، وعدد الجسيمات، لكل من المواد المتفاعلة والناتجة.

37. تسمح النسب المولية بتحويل عدد مولات مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة لعدد مولات مادة أخرى في المعادلة نفسها.

38. $\frac{\text{عدد مولات B}}{\text{عدد مولات A}}$

39. توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجسيمات الممثلة المشتركة في التفاعل، في حين توضح الأرقام على الجانب الأيمن من الصيغ الكيميائية عدد الذرات لكل نوع من العناصر في الجزيء.

40. مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي دائمًا مجموع كتل المواد الناتجة.

41. $\frac{1\text{mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{1 \text{ mol } N_2}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{1 \text{ mol } Cr_2O_3}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol } (NH_4)_2Cr_2O_7}{4 \text{ mol } H_2O}$ ومعكوسها

42. $2M_2N \longrightarrow M_4 + N_2$

$1 \text{ mol } N_2/2 \text{ mol } M_2N$, $1 \text{ mol } N_2/1M_4$

$2 \text{ mol } M_2N/1 \text{ mol } M_4$, $2 \text{ mol } M_2N/1 \text{ mol } N_2$

$1 \text{ mol } M_4/1 \text{ mol } N_2$, $1 \text{ mol } M_4/2 \text{ mol } M_2N$

إتقان حل المسائل

43. 1 formula unit SnO_2 + 2 atoms C

→1 atom Sn + 2 molecules CO

$1 \text{ mol } SnO_2 + 2 \text{ mol C} \longrightarrow 1 \text{ mol Sn} + 2 \text{ mol CO}$

$150.71\text{g } SnO_2 + 24.02\text{g C} \rightarrow 118.71\text{g Sn} + 56.02\text{g CO}$

173.73g مواد ناتجة = 174.73g مواد متفاعلة

44. $Cu_{(s)} + 4HNO_{3\,(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2\,(aq)} + 2NO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)}$

$\frac{1 \text{ mol Cu}}{4 \text{ mol } HNO_3}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol } NO_2}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol } H_2O}$ ومعكوسها

$\frac{4 \text{ mol } HNO_3}{1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2}$ ومعكوسها

$\frac{4 \text{ mol } HNO_3}{2 \text{ mol } NO_2}$ ومعكوسها

$\frac{4 \text{ mol } HNO_3}{2 \text{ mol } H_2O}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2}{2 \text{ mol } NO_2}$ ومعكوسها

$\frac{1 \text{ mol } Cu(NO_3)_2}{2 \text{mol } H_2O}$ ومعكوسها

$\frac{2 \text{ mol } NO_2}{2 \text{ mol } H_2O}$ ومعكوسها

الفصل 5 التقويم

5-1

إتقان المفاهيم

35. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟

36. ما العلاقات التي تستطيع أن تحددها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

37. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

38. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟

39. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟

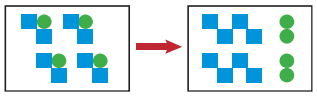
40. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

41. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.

$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$

اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.

42. يمثل **الشكل 5–10** معادلة، وتمثل المربعات العنصر M، كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 5–10

إتقان حل المسائل

43. يتفاعل أكسيد القصديرIVمع الكربون وفق المعادلة:

$SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Sn_{(l)} + 2CO_{(g)}$

فسر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة.

44. تتكون نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.

45. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص(II) يترسب كلوريد الرصاص(II) وينتج محلول حمض النيتريك.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. فسّر المعادلة من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة.

46. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، ينتج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟

$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)}$ + حرارة

47. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي فلوريد السليكون و الماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبيّن كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

48. **الكروم** أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت $FeCr_2O_4$. ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم $FeCr_2$.

$FeCr_2O_{4(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow FeCr_{2(s)} + 2CO_{2(g)}$

ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

تقويم الفصل 5

49. **تلوث الهواء** تتم إزالة الملوث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدد النسبة المولية التي تستخدم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات $CaSO_4$.

50. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. والجدول 2-5 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحدد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.

$$W + X \rightarrow Y + Z$$

الجدول 2-5 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

51. **مضاد الحموضة** يُعد هيدروكسيد الماغنسيوم أحد مكونات أقراص مضاد الحموضة؛ إذ تتفاعل مضادات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.

$$__ Mg(OH)_2 + __ HCl \rightarrow __ MgCl_2 + __ H_2O$$

a. زن معادلة التفاعل.

b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات $MgCl_2$ الناتجة عن هذا التفاعل.

5-2

52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟

53. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟

54. ما القانون الذي ترتكز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

55. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟

56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

57. **الإيثانول** يمكن تحضير الإيثانول C_2H_5OH، (ويعرف بكحول الحبوب) من تخمر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

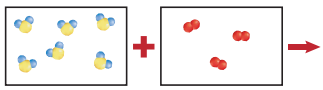
$$__ C_6H_{12}O_6 \rightarrow __ C_2H_5OH + __ CO_2$$

زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C_2H_5OH التي تتكون من تخمر 750 g $C_6H_{12}O_6$.

58. يمثل كل صندوق في **الشكل 11-5** محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجهما يحدث تفاعل وينتج بخار ماء وكبريت. تمثل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تمثل الدوائر الصفراء الكبريت، أما الدوائر الزرقاء فتمثل الهيدروجين.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. مستخدمًا الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 11-5

59. **اللحام** إذا تفاعلت 5.50 mol من كربيد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتيلين (غاز يستخدم في اللحام) الناتج؟

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

60. **مضاد الحموضة** عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزًا بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$ حسب المعادلات الآتية:

$$3\ NaHCO_{3(aq)} + H_3C_6H_5O_{7(aq)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} + Na_3C_6H_5O_{7(aq)}$$

ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol $NaHCO_3$ ؟

45.a $2HCl_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2\ HNO_{3(aq)}$

b. 2 molecules HCl + 1 formula unit $Pb(NO_3)_2 \rightarrow$

1 formula unit $PbCl_2$ + 2 molecules HNO_3;

$2mol\ HCl + 1mol\ Pb(NO_3)_2 \rightarrow 1mol\ PbCl_2 + 2mol\ HNO_3$;

$72.9g\ HCl + 331.2g\ Pb(NO_3)_2 \rightarrow 278.1g\ PbCl_2 + 126.0g\ HNO_3$

كتلة المواد الناتجة 404.1 g = كتلة المواد المتفاعلة 404.1g

46. 1 mol Fe_2O_3 / 2 mol Fe

47.a $SiO_2(s) + 4HF(aq) \rightarrow SiF_4(g) + 2H_2O$

b. يمكن للطالب أن يكتب أي (3) نسب من (12) نسبة. على أن يصف الشرح الاستخدام الصحيح للنسبة بوصفها معامل تحويل.

48. $1mol\ FeCr_2 / 1mol\ FeCr_2O_4$

49. $2mol\ CaSO_4 / 2\ mol\ SO_2$

50. $3W + X \rightarrow 2Y + 4Z$

51.a $Mg(OH)_2 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

b. 1 mol $MgCl_2$ /1 mol $Mg(OH)_2$

1 mol $MgCl_2$ /2 mol HCl

5-2

52. كتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

53. تعبّر المعادلة الموزونة عن العلاقة بين المواد المتفاعلة والناتجة. وتُستخدم المعاملات في المعادلة لكتابة النسب المولية التي تربط بين المواد المتفاعلة والناتجة.

54. تعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة. تستخدم الحسابات لتحديد كتل المواد المتفاعلة والناتجة. ويجب أن يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة مجموع كتل المواد الناتجة، لتحقيق قانون حفظ الكتلة.

55. الكتلة المولية هي عامل التحويل من عدد مولات مادة مُعطاة إلى كتلة والعكس صحيح.

56. يجب أن تتوافر لديك المعادلة الكيميائية الموزونة وكمية مادة واحدة في التفاعل بالإضافة إلى معرفة المادة الناتجة التي تريد حساب كتلتها.

57. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

390 g C_2H_5OH

58.a $2H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 2S(s)$

b. يجب أن تظهر رسوم الطلاب تشكُّل ستة جزيئات ماء وست ذرات كبريت.

59. 5.50 mol C_2H_2;

60. 0.0119 mol $Na_3C_6H_5O_7$

تقويم الفصل 5

61. غاز الدفيئة يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. وهو ينطلق إلى الهواء عند احتراق الأوكتان في الجازولين. اكتب المعادلة الموزونة لعملية احتراق الأوكتان، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون CO_2.

62. يتفاعل محلول كرومات البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص(II) لإنتاج راسب أصفر من كرومات الرصاص(II) ومحلول نترات البوتاسيوم.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد كتلة كرومات الرصاص(II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

63. وقود الصاروخ يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N_2H_2 وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وقودًا للصواريخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟

64. الكلوروفورم $CHCl_3$ مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g $CHCl_3$؟

65. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فائق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية. $4KO_2 + 2H_2O + 4CO_2 \rightarrow 4KHCO_3 + 3O_2$

أكمل **الجدول 3–5**.

الجدول 3 - 5 بيانات إنتاج الأكسجين

كتلة KO_2	كتلة H_2O	كتلة CO_2	كتلة $KHCO_3$	كتلة O_2
				380g

66. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

67. بطارية السيارة. يُستخدم في بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاص IV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاص II والماء.

a. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد كتلة كبريتات الرصاص II الناتجة عن تفاعل 25.0 g رصاص مع كمية فائضة من أكسيد الرصاص IV وحمض الكبريتيك.

68. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.

$$4Au_{(s)} + 8NaCN_{(aq)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 4NaAu(CN)_{2(aq)} + 4NaOH_{(aq)}$$

a. حدد كتلة الذهب المستخلص إذا استخدم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.

b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0 g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

69. الأفلام: تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذابًا في الجلاتين. وعند تعرّض هذه الأفلام للضوء يتحلل بعض بروميد الفضة منتجًا حبيبات صغيرة من الفضة. ويتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.

$$AgBr_{(s)} + 2Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_3Ag(S_2O_3)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$$

حدد كتلة $Na_3Ag(S_2O_3)_2$ الناتجة عن إزالة 572.0 g من بروميد الفضة AgBr.

61. $2C_8H_{18(l)} + 25O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(l)}$; 71.4 g C_8H_{18}

62.a $K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCrO_{4(s)} + 2KNO_{3(aq)}$

b. 80.8 g $PbCrO_4$

63.a $N_2H_{2(l)} + H_2O_{2(l)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

b. 3.00×10^2 g N_2H_2

64. 6.72 g CH_4

65. كتلة KO_2 ≈ 1125 g ، كتلة H_2O ≈ 142 g، كتلة CO_2 ≈ 696.82 g، كتلة $KHCO_3$ ≈ 1590 g

66. $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ 191.0 g CO_2

67.a $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

b. 73.2 g $PbSO_4$

68.a 50.2 g Au

b. نسبة الذهب في الخام 33.5 %

69. 1221 g $Na_3Ag(S_2O_3)_2$

تقويم الفصل 5

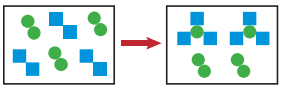
5-3

إتقان المفاهيم

70. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحددة للتفاعل؟

71. وضح لماذا تُعد العبارة التالية غير صحيحة: (المادة المحددة للتفاعل هي المادة المتفاعلة ذات الكتلة الأقل).

72. تمثل المربعات في **الشكل 12–5** العنصر M، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 12–5

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

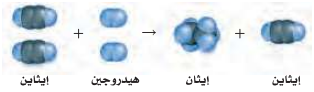
b. إذا كان كل مربع يمثل 1mol M، وتمثل كل دائرة 1mol N ، فما عدد مولات كل من N و M التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

c. ما عدد مولات المادة الناتجة؟ ما عدد مولات كل من العنصرين M وN التي لم تتفاعل؟

d. أي العنصرين مادة محددة للتفاعل؟ وأيهما مادة فائضة؟

إتقان حل المسائل

73. يوضح **الشكل 13–5** التفاعل بين الإيثاين (C_2H_2) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المُحدِّدة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.



الشكل 13–5

74. **بطارية نيكل – حديد:** اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكل–حديد. وتمثل المعادلة التالية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:

$$Fe_{(s)} + 2NiO(OH)_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Fe(OH)_{2(s)} + 2Ni(OH)_{2(aq)}$$

ما عدد مولات $Fe(OH)_2$ التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol Fe مع 8.0 mol NiO(OH)؟

75. أحد مركبات الزينون القليلة التي تتكون هو سابع فلوريد زينون سيزيوم $CsXeF_7$. ما عدد مولات $CsXeF_7$ التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزيوم مع 10.0 mol من سابع فلوريد الزينون.

$$CsF_{(s)} + XeF_{6(s)} \rightarrow CsXeF_{7(s)}$$

76. **إنتاج الحديد** يستخرج الحديد تجاريًّا من تفاعل الهيماتيت Fe_2O_3 مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد، بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت Fe_2O_3 مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟

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

77. ينتج كلوريد الفسفور عن تفاعل غاز الكلور مع الفوسفور P_4 الصلب خماسي. وعند تفاعل 16.0g من الكلور مع 32.0g من الفوسفور، فأي المادتين المتفاعلتين مُحدِّدة للتفاعل، وأيهما فائضة ؟

78. **البطارية القلوية:** تنتج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية حسب المعادلة التالية:

$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + Mn_2O_{3(s)}$$

a. ما المادة المُحدّدة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع 30.0 g MnO_2؟

b. حدد كتلة $Zn(OH)_2$ الناتجة من التفاعل.

5-3

إتقان المفاهيم

70. تتم مقارنة النسب المولية من المعادلة مع النسب المولية المحسوبة من الكميات المعطاة.

71. الكتلة لا تحدد المادة المحددة للتفاعل وإنما عدد المولات فقط. المادة المحددة هي المادة التي تنتج أقل عدد من مولات الناتج.

72. a. $3M_2 + N_2 \rightarrow 2M_3N$

b. 6 mol من ذرات العنصر M (في صورة 3 mol من M_2)، وكذلك 6 mol من ذرات العنصر N، (3 mol من N_2).

c. نتج 2mol من M_3N وتبقى 2 mol من N_2 غير متفاعلة(ما مجموعه 4 mol من ذرات العنصر N).

d. M_2 المادة المحددة للتفاعل، و N_2 المادة الفائضة.

إتقان حل المسائل

73. الهيدروجين هو المادة المحددة للتفاعل؛ الإيثاين هو المادة الفائضة. تبقى مول واحد من الإيثاين دون تفاعل.

74. 4.0 mol $Fe(OH)_2$

75. 10.0 mol $CsXeF_7$

76. 1117 g Fe

77. Cl_2 هو المادة المحددة للتفاعل، في حين أن P_4 هو المادة الفائضة.

78. a. MnO_2 هو المادة المحددة.

b. 17.1g $Zn(OH)_2$

تقويم الفصل 5

79. يتفاعل الليثيوم تلقائيًّا مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم، اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل 25.0 g من الليثيوم مع 25.0 g من البروم معًا فما:

a. المادة المُحدِّدة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

5-4

إتقان المفاهيم

80. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

81. كيف يتم تحديد كل من المردود الفعلي والمردود النظري؟

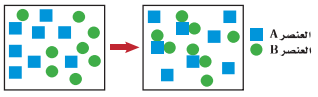
82. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

83. ما العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل الكيميائي؟

84. ما البيانات التجريبية التي تحتاج إليها لحساب كل من المردود النظري ونسبة المردود المئوية لأي تفاعل كيميائي؟

85. يتفاعل أكسيد الفلز مع الماء لينتج هيدروكسيد الفلز. ما المعلومات الأخرى التي تحتاج إليها لتحديد نسبة المردود المئوية لهيدروكسيد الفلز في التفاعل؟

86. تفحص التفاعل الظاهر في **الشكل 14–5**. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 14–5

إتقان حل المسائل

87. **الإيثانول** (C_2H_5OH): ينتج عن تخمر السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ مع وجود الإنزيمات.

$$C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 4C_2H_5OH_{(l)} + 4CO_{2(g)}$$

حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية للإيثانول إذا تخمّر 684 g من السكروز وكان الناتج 349 g إيثانول.

88. يستخلص أكسيد الرصاص(II) بتحميص الجالينا؛ كبريتيد الرصاص(II)، في الهواء.

$$PbS_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + SO_{2(g)}$$

a. زن المعادلة الكيميائية وحدد المردود النظري لـ PbO إذا سخن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS.

b. ما نسبة المردود المئوية إذا نتج 70.0 g من PbO؟

89. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتج حمض سداسي الفلوروسيليسك H_2SiF_6 حسب المعادلة التالية:

$$SiO_{2(s)} + 6HF_{(aq)} \rightarrow H_2SiF_{6(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

إذا تفاعل 40.0 g من SiO_2 مع 40.0 g من HF ونتج 45.8 g من H_2SiF_6:

a. ما المادة المُحدِّدة للتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ H_2SiF_6؟

d. ما نسبة المردود المئوية؟

90. تتحلل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ عند التسخين إلى أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2.

a. ما المردود النظري لـ CO_2 إذا تحلل 235.0 g من $CaCO_3$؟

b. ما نسبة المردود المئوية لـ CO_2 إذا نتج 97.5 g من CO_2؟

79. $2Li(s) + Br_2(l) \rightarrow 2LiBr(s)$

a. Br_2

b. 27.1 g LiBr

c. الليثيوم، 22.8 g Li

5-4

إتقان المفاهيم

80. المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي عمليًّا، وأما المردود النظري فهو الكمية المتوقع الحصول عليها من خلال الحسابات الكيميائية.

81. يتحدّد المردود الفعلي من خلال التجربة، أما المردود النظري فيتم حسابه من خلال مادة متفاعلة معطاة أو المادة المُحدّدة للتفاعل.

82. لا، لا يمكن أن تنتج أكثر من المردود النظري والذي يتم تحديده من المواد المتفاعلة.

83. نسبة المردود المئوية = $\frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$.

84. كمية إحدى المواد المتفاعلة والمردود الفعلي لمادة ناتجة.

85. كتلة إحدى المواد المتفاعلة والكتلة الفعلية لهيدروكسيد الفلز الناتج.

86. لا يستمر التفاعل حتى النهاية. وباستخدام مربعات لتمثيل العنصر A ودوائر لتمثيل العنصر B، بداية ينتج 4 جسيمات من AB_2، لكن حقيقة ما نتج هو ثلاث فقط. هناك جسيمات غير متفاعلة من B و A لإنتاج جسيم آخر من AB_2. لذا فنسبة المردود المئوية تساوي 75%.

إتقان حل المسائل

87. المردود النظري: 369 g C_2H_5OH

نسبة المردود المئوية = 94.6 %

88.a. $2PbS + 3O_2 \rightarrow 2PbO + 2SO_2$

المردود النظري 186.6 g

b. نسبة المردود المئوية = 37.5 %

89.a. HF المادة المحددة للتفاعل.

b. SiO_2 المادة الفائضة، 20.0 g

c. المردود النظري = 48.0 g H_2SiF_6

d. نسبة المردود المئوية لـ H_2SiF_6 = 95.4%.

90. المردود النظري = 103.4 g.

نسبة المردود المئوية = 94.4 %

91. كتلة $CH_3OH_{(l)}$ = 9.71 g

تقويم الفصل 5

91. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$$

إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين ونتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل **الجدول 4-5**، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 4-5 بيانات تفاعل الميثانول

	$CO(g)$	$CH_3OH(l)$
الكتلة	8.50 g	
الكتلة المولية	28.01 g/mol	32.05 g/mol
عدد المولات		

92. **الفوسفور P_4:** يُحضَّر تجاريًّا بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، والرمل SiO_2، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:

$$2Ca_3(PO_4)_{2(s)} + 6SiO_{2(s)} \rightarrow 6CaSiO_{3(l)} + P_4O_{10(g)}$$

$$P_4O_{10(g)} + 10C_{(s)} \rightarrow P_{4(g)} + 10CO_{(g)}$$

يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ P_4 إذا سخن 250 g من $Ca_3(PO_4)_2$ و 400.0 g من SiO_2 معًا، و حدد نسبة المردود المئوية لـ P_4، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي (45.0 g) .

93. يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقًا للمعادلة الموزونة التالية:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

احسب المردود النظري ونسبة المردود المئوية للكلور إذا تفاعل 96.9 g من MnO_2 مع 50.0 g من HCl، وكان المردود الفعلي لـ Cl_2 هو (20.0 g) .

مراجعة عامة

94. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس II CuS ؟

95. عند تسخين أكسيد النحاسII مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II؟

96. **تلوث الهواء** يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟

97. **التحليل الكهربائي:** حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية لغاز الهيدروجين إذا تم تحليل 36.0 g من الماء كهربائيًّا لإنتاج 3.80 g من غاز الهيدروجين إضافة إلى الأكسجين.

التفكير الناقد

98. **حلّل واستنتج:** تم الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مئوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضح ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسر مثل هذه النتيجة؟

99. **لاحظ واستنتج:** حدد ما إذا كان أي من التفاعلات التالية يعتمد على المادة المُحدِّدة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

a. تحلل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

b. تفاعل نترات الفضة مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الفضة وحمض النيتريك.

عدد مولات $CO(g)$ = 0.303 mol

عدد مولات $CH_3OH(l)$ = 0.303 mol

نسبة المردود المئوية = 87.7%

92. المردود النظري= 49.92 g

نسبة المردود المئوية = 90.1%

93. المردود النظري = 24.3 g.

نسبة المردود المئوية = 82.3%

مراجعة عامة

94. 2 mol NH_4NO_3 / 1 mol CuS

95. 25.6 g Cu

96. **a.** $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

b. 2 mol NO_2 / 2 mol NO

97. المردود النظري= 4.04 g H_2

نسبة المردود المئوية = 94.1%

التفكير الناقد

98. لا، لا يمكن أن يكون الناتج المئوي أكبر من 100%. وإذا كانت النتائج كبيرة فذلك يعني أن النواتج لم تجفف بشكل تام أو أنها ملوثة بمواد أخرى.

99. **a.** لا، وذلك بسبب وجود مادة متفاعلة واحدة.

b. نعم، وذلك بسبب وجود مادتين متفاعلتين، ولكن لا تتوافر معلومات كافية لمعرفة المادة المحددة.

تقويم الفصل 5

100. طبق: أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المُحدِّدة والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $Co(NO_3)_2$، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلًا منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في **الجدول 5–5** على النحو التالي:

جدول 5-5 بيانات تفاعل $Co(NO_3)_2$ مع Na_3PO_4

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة $Co(NO_3)_2$
1	5.0 ml	10.0 ml	راسب أرجواني	لا يوجد راسب
2	10.0 ml	10.0 ml	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
3	10.0 ml	15.0 ml	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
4	10.0 ml	20.0 ml	لا يوجد راسب	راسب أرجواني

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد بناءً على النتائج، المادة المُحدِّدة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

101. صمم تجربة لتحديد نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس(II) اللامائية من خلال تسخين كبريتات النحاس(II) المائية لإزالة الماء.

102. طبق: يمكنك إعادة اشعال النار في الخشب بعد خمودها بتحريك الهواء الذي فوقها. وضح، اعتمادًا على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

مسألة تحفيز

103. عند تسخين 9.59 g من أكسيد الفناديوم مع الهيدروجين، ينتج الماء وأكسيد فناديوم آخر كتلته (8.76 g). وعند تعريض أكسيد الفناديوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكون 5.38 g من الفناديوم الصلب.

a. حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسيدين.

b. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.

c. حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

104. لقد لاحظت أن ذوبان السكر في الشاي الساخن أسرع منه في الشاي البارد. لذا فقد قررت أن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد من سرعة ذوبان السكر في الماء. فهل هذه العبارة فرضية أم نظرية؟

105. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر التالية:

a. الفلور

b. التيتانيوم

c. الألومنيوم

d. الرادون

106. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية على صورة جزيئات ثنائية الذرة، مع أن غازات العناصر الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

107. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

100. a. $2Na_3PO_4(aq) + 3Co(NO_3)_2(aq) \rightarrow Co_3(PO_4)_2(s) + 6NaNO_3(aq)$

b. التجربة رقم 1: المادة المحددة هي Na_3PO_4 والمادة الفائضة هي $Co(NO_3)_2$

التجارب 2 –4: المادة المحددة هي: $Co(NO_3)_2$ والمادة الفائضة هي $Na_3(PO_4)$

101. أحضر وعاء تبخير واحسب كتلته، وأضف 2.00 g من كبريتات النحاس (II) المائية وسجل كتلة الوعاء والكبريتات المائية معًا. سخن الوعاء على لهب خافت مدة 5 min، ثم سخِّن بشدة مدة 5 min أخرى وذلك لتبخير الماء. دع الوعاء يبرد ثم سجل الكتلة الجديدة. احسب كتلة الكبريتات اللامائية مستخدمًا المعادلة التالية: $CuSO_4.5H_2O \rightarrow CuSO_4 + 5H_2O$ بالإضافة إلى كتلة الكبريتات المائية قبل التسخين، ثم أوجد المردود النظري لكبريتات النحاس. احسب كذلك المردود الفعلي للكبريتات اللامائية. اقسم المردود النظري على المردود العملي (الفعلي) واضرب ناتج القسمة في 100% لحساب نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس اللامائية.

102. عندما يتحرك الهواء فوق اللهب، تزداد كمية الأكسجين المضافة وبالتالي يحترق الفحم.

مسألة تحفيز

103. a. V_2O_5 ، VO_2

b. $V_2O_5 + H_2 \rightarrow 2VO_2 + H_2O$

$VO_2 + 2H_2 \rightarrow V + 2H_2O$

c. 0.532 g H_2

مراجعة تراكمية

104. إنها فرضية، لأنها مبنية على الملاحظة فقط لا على البيانات.

105. a. $[He]\,2s^2\,2p^5$

b. $[Ar]\,4s^2\,3d^2$

c. $[Ne]\,3s^2\,3p^1$

d. $[Xe]\,6s^2\,4f^{14}\,5d^{10}\,6p^6$

106. تصل جزيئات اللافلزات الغازية للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل بتكوين روابط تساهمية بين ذرتين، أما الغازات الأخرى الأحادية الذرة فلديها التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

107. $4K(s) + O_2(g) \rightarrow 2K_2O(s)$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

108. تلوث الهواء ابحث في ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرك السيارة، ناقش الملوثات الشائعة والتفاعل الذي ينتجها، موضحًا باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كل ملوث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يستخدمون النقل الجماعي؟

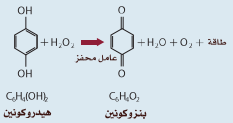
109. عملية هابر تعد نسبة المردود المئوية للأمونيوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُمّمت لكي تزيد النواتج. ابحث في الظروف المستخدمة في عملية هابر، وبين أهمية تطوير هذه العملية.

أسئلة المستندات

الدفاع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكونين $C_6H_4(OH)_2$.

وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلا كيميائيًا طاردًا للحرارة ورذاذًا كيميائيًا ساخنًا مهيجًا لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة.

ويوضح **الشكل 15–5** المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 15–5

110. زن المعادلة الظاهرة في **الشكل 15–5**. وإذا كانت خنفساء تختزن 100 mg من الهيدروكونين مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأي المادتين محدِّدة للتفاعل؟

111. ما المادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالملجرام؟

112. كم mg ينتج من البنزوكوينين؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

108. ستتنوع الإجابات. الملوّثات الشائعة هي NO_2 و NO و SO_2 و O_3. تحقق من الحسابات الكيميائية، وأنها تسبّب انخفاضًا في الملوِّثات.

109. ستتنوع الإجابات. تأكد من وجود المعادلة التالية:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 92kJ$$

كان هدف عملية هابر التحكم في التفاعل، لذا فإن كمية كبيرة من النواتج المفيدة أنتجت بسرعة. وكان للعملية أهمية كبيرة؛ لأنه يمكن التوصل من خلال ذلك إلى مركّب نيتروجيني يمكن إنتاجه بكميات كبيرة.

110. المادة المحددة للتفاعل هي H_2O_2

111. $C_6H_4(OH)_2$ ، 19.1 mg

112. 79.4 mg

أسئلة الاختيار من متعدد

1. d
2. a
3. b
4. b
5. d
6. c
7. b
8. b

اختبار مقنن

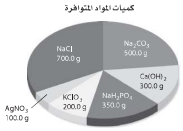
أسئلة الاختيار من متعدد

1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

a. النسب المولية الثابتة c. ثابت أفوجادرو

b. قانون حفظ الطاقة d. قانون حفظ المادة

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 4.



2. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:

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

ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ تمامًا؟

a. 18.0g b. 37.3g c. 74 g d. 100.0 g

3. تعد طريقة لي بلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:

$$Na_2CO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + CaCO_3$$

ما الحد الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة .

a. 4.050 mol c. 4.720 mol

b. 8.097 mol d. 9.430 mol

4. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفوسفات الصوديوم $Na_2H_2P_2O_7$، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز – بتسخين NaH_2PO_4 إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:

$$2\ NaH_2PO_{4(s)} \rightarrow Na_2H_2P_2O_{7(s)} + H_2O_{(g)}$$

فإذا كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من $Na_2H_2P_2O_7$ ، فكم جرامًا من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $Na_2H_2P_2O_7$؟

a. 0.000g c. 94.00 g

b. 130.0 g d. 480.0 g

5. يتحلل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكون فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:

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

فإذا تحللت 3.55 mol من HgO لتكوين 1.54 mol من O_2 و 618 g من Hg، فما نسبة المردود المئوية لهذا التفاعل؟

a. 13.2% c. 42.5%

b. 56.6% d. 86.8%

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

6. أي العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته ؟

a. W b. X c. Y d. Z

7. أي مجالات الطاقة الفرعية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

a. S b. p c. D d. f

8. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co_7TiO_4 الموجودة في 7.13 g من المركب؟

a. 2.39×10^{1} mol

b. 3.10×10^{-2} mol

c. 3.22×10^{1} mol

d. 4.17×10^{-2} mol

e. 2.28×10^{-2} mol

اختبار مقنن

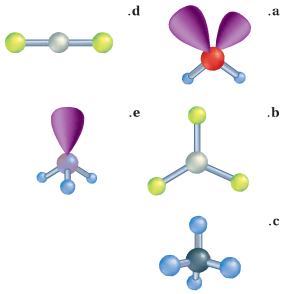
أسئلة الإجابات القصيرة

9. يشتعل $(CH_3)_2N_2H$ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.

$$(CH_3)_2N_2H_{2(l)} + 2\,N_2O_{4(l)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$$

ولأن هذا التفاعل ينتج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استعمل لنقل الصواريخ في رحلات أبولو للقمر. فإذا استهلك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 14.



10. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

11. أي الأشكال يمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟

12. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

13. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟

14. أي الأشكال يمثل جزيئًا فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.

طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة

العنصر	العدد الذري	طاقة التأين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
الماغنسيوم	12	736
الألومنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

15. مثّل البيانات السابقة بيانيًا، وضع العدد الذري على المحور السيني.

16. وضح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

أسئلة الإجابات القصيرة

9. $27\ mol\ N_2$

10. a

11. c

12. e

13. d

14. b

أسئلة الإجابات المفتوحة

15. يجب أن تمثل البيانات علاقة خطية تقريبًا مع قليل من الحواف المتعرجة.

16. تزداد طاقة التأين بالانتقال عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين) أو من أسفل إلى أعلى في مجموعات الجدول الدوري. لعناصر المجموعة الأولى والثانية 1 أو 2 من إلكترونات التكافؤ وهي نسبيًّا سهلة الفقد؛ لأنه ينتج عن ذلك مجالًا خارجيًا مكتملاً. أما عناصر الجانب الأيمن من الجدول الدوري فلها طاقة تأين عالية؛ لأن الغلاف الخارجي لها ممتلئ تقريبًا ممّا يجعلها أكثر قدرة على اكتساب عدد من الإلكترونات بدلاً من فقدانها.