الوحدة 4

تفاعلات الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** تعتبر تفاعلات الأكسدة والاختزال من بين أكثر العمليات الكيميائية شيوعًا في كل من الطبيعة والصناعة–وهي تتضمن انتقال للإلكترونات.

الأقسام

1 الأكسدة والاختزال

2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال

التجربة الاستهلالية

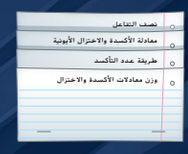
ماذا يحدث عند تفاعل الحديد مع كبريتات النحاس (II)؟

ينتج الصدأ عن التفاعل بين الحديد والأكسجين. يمكن للحديد التفاعل مع مواد أخرى غير الأكسجين. في هذه التجربة، ستدرس التفاعل بين الحديد وكبريتات النحاس (II)

المطويات®
منظم الدراسة

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

قم بعمل مطوية. قم بتسميتها كما هو موضح في الشكل. قم بإستخدامها لتلخيص الطرق المختلفة المستخدمة في وزن معادلات الأكسدة والاختزال.



Chapter Sourced From Glencoe Chemistry: Matter and Change, Student Edition © 2017 McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تفاعل الأكسدة والاختزال في أنبوب الضوء (عصا التوهج) ينتج عنه ضوء بدون حرارة. من تفاعلات الأكسدة والاختزال الأخرى الشائعة التي ينتج عنها الضوء مثل الكائنات البحرية التي تعيش في الأعماق واليراعات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1

الأكسدة والاختزال

الفكرة **الرئيسة** يعتبر تفاعلا الأكسدة والاختزال تفاعلين متكاملين، حيث تتأكسد مادة وتختزل مادة أخرى.

الأسئلة الرئيسة

- ما الأكسدة والاختزال؟
- كيف يمكن تحديد عوامل الأكسدة والاختزال؟
- كيف يتم تحديد عدد التأكسد لعنصر ما في مركب؟

مراجعة المفردات

الأيون المتفرج *spectator ion*: الأيون الذي لا يشارك في التفاعل ولا يظهر عادةً في المعادلة الأيونية

المفردات الجديدة

تفاعل الأكسدة والاختزال *oxidation reduction reaction*

الأكسدة *oxidation*

الاختزال *reduction*

عدد التأكسد *oxidation number*

عامل مؤكسد *oxidizing agent*

عامل مختزل *reducing agent*

الكيمياء في حياتك

الضوء الناتج من عصي الإحتفالات هو نتيجة لتفاعل كيميائي. عندما تكسر الكبسولة الزجاجية داخل الأنبوب البلاستيكي تتفاعل مادتين كيميائيتين ويحدث انتقال للإلكترونات. ونتيجة لهذا التفاعل فإن الطاقة الكيميائية تتحول إلى طاقة ضوئية.

انتقال الإلكترون وتفاعل الأكسدة والاختزال

كما تعلمت سابقاً أن التفاعل الكيميائي يمكن تصنيفه كأحد الأنواع الخمسة_الاتحاد أو التفكك أو الاحتراق أو استبدال أحادي أو استبدال ثنائي. السمة المميزة للاحتراق وتفاعلات الاستبدال الأحادي أنهما يشتركا في انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى كما يحدث في الكثير من تفاعلات الاتحاد والتفكك. مثال لذلك، تفاعل الاتحاد بين الصوديوم (Na) والكلور (Cl_2) لتكوين مركب كلوريد الصوديوم الأيوني (NaCl). حيث ينتقل إلكترونان من ذرتي الصوديوم إلى جزيء Cl_2 ويتكون أيونين من Cl^-.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$

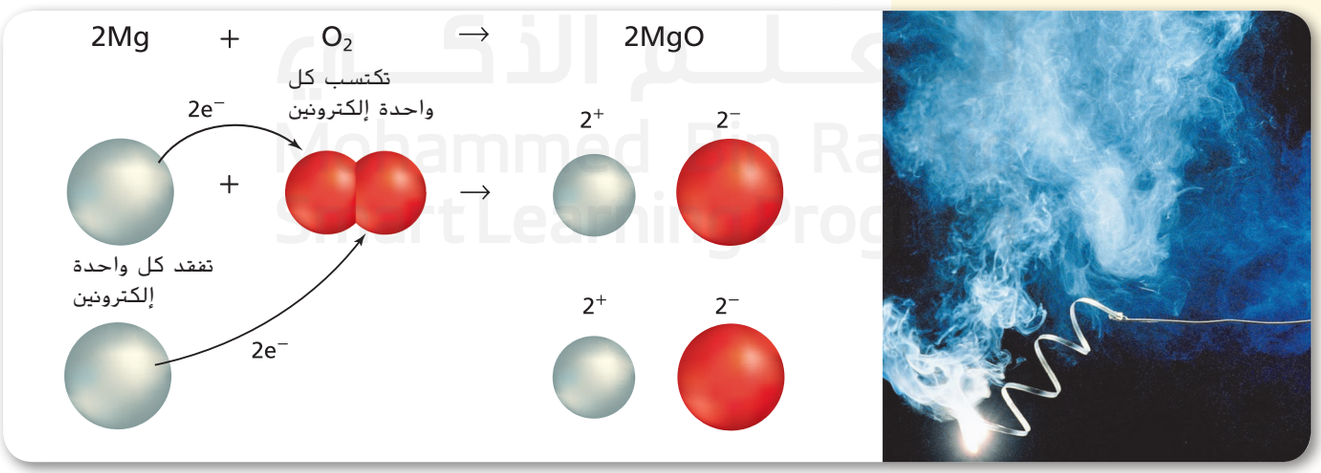
المعادلة الكيميائية الأيونية الصرفة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$

مثال لتفاعل الاحتراق هو احتراق المغنيسيوم في الهواء والذي يتضمن انتقال للإلكترونات.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2Mg^{2+} + 2O^{2-}$

عندما يتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين كما هو موضح في الشكل **1**، فإن كل ذرة مغنيسيوم تمنح إلكترونين لكل ذرة أكسجين. ذرتا المغنيسيوم يصبحا أيوني مغنيسيوم (Mg^{2+})، وذرتا الأكسجين تصبح أيوني أكسيد (O^{2-}). يسمى التفاعل الذي فيه تنتقل الإلكترونات من مادة إلى أخرى **تفاعل أكسدة واختزال.**

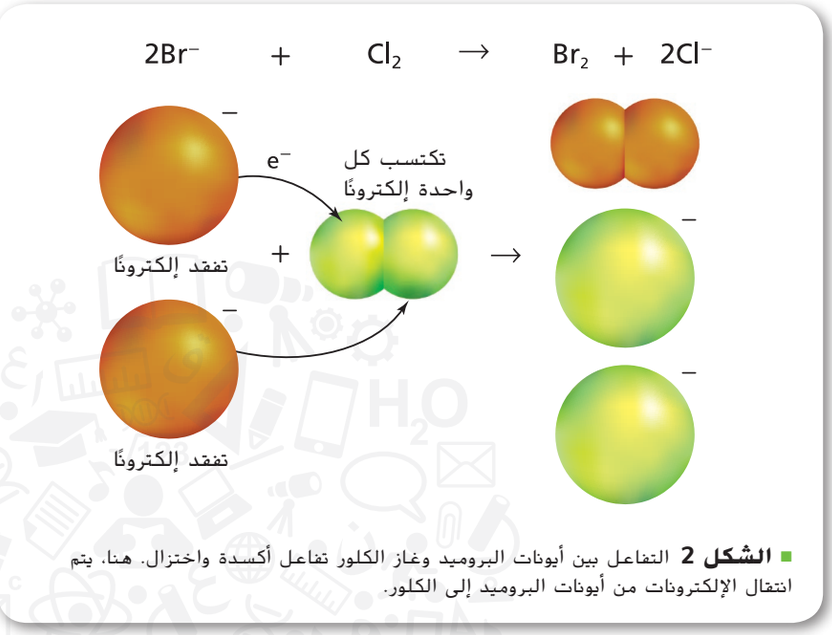


الشكل 1 يتضمن تفاعل المغنيسيوم والأكسجين انتقال للإلكترونات من المغنيسيوم إلى الأكسجين. وبناءً عليه، فإن هذا التفاعل هو تفاعل أكسدة واختزال.

صنف *التفاعل بين المغنيسيوم والأكسجين.*

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 2** التفاعل بين أيونات البروميد وغاز الكلور تفاعل أكسدة واختزال. هنا، يتم انتقال الإلكترونات من أيونات البروميد إلى الكلور.

تأمل تفاعل الاستبدال الأحادي حيث يتفاعل فيه الكلور مع أيونات البروميد الناتجة من محلول مائي لبروميد البوتاسيوم الموضح في **الشكل 2**.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Br^-(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow Br_2(aq) + 2Cl^-(aq)$

علمًا بأن الكلور يستقبل الإلكترونات من أيونات البروميد ليصبح أيونات الكلوريد. عندما يفقد أيونا البروميد الإلكترونات ترتبط ذرتا البروم وتشكل رابطة تساهمية مع بعضها لتكوين جزيء Br_2.

الأكسدة والاختزال في الأصل، تشير كلمة الأكسدة إلى التفاعلات التي تتحد فيها المادة مع الأكسجين. حالياً، **الأكسدة** تُعرف بأنها فقد للإلكترونات من قِبَل المادة المتفاعلة. انظر مرة أخرى إلى المعادلة الأيونية الصرفة لتفاعل الصوديوم والكلور. تأكسد الصوديوم لأنه فقد إلكترون.

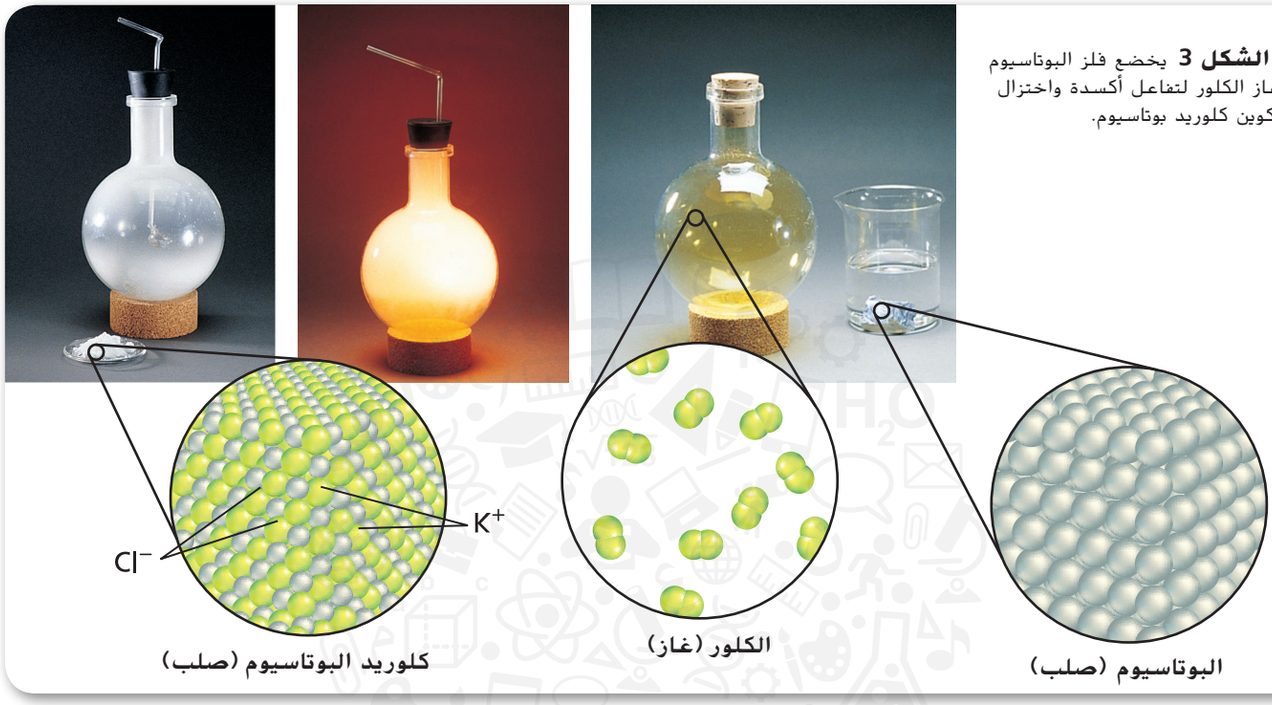
الأكسدة: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

لكي تحدث الأكسدة، فإنه يجب أن تُكتسب الإلكترونات المفقودة من المادة التي تأكسدت من قبل ذرات أو أيونات مادة أخرى. وبمعنى آخر، يجب أن يكون هناك عملية مصاحبة تتضمن اكتساب الإلكترونات. **الاختزال** هو اكتساب للإلكترونات من قبل المادة المتفاعلة. بتتبع مثال كلوريد الصوديوم فإن تفاعل الاختزال الذي يُصاحب أكسدة الصوديوم هو اختزال الكلور.

الاختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

الأكسدة والاختزال هما عمليتان مترافقتان: الأكسدة لا يمكن أن تحدث ما لم يحدث الاختزال أيضاً. من المهم أن تفرق وتميز بين الأكسدة والاختزال.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 3** يخضع فلز البوتاسيوم وغاز الكلور لتفاعل أكسدة واختزال لتكوين كلوريد بوتاسيوم.

أعداد التأكسد يسمى الرقم المحدد لذرة أو لأيون ليوضح درجتها من الأكسدة أو الاختزال **عدد التأكسد**. على سبيل المثال، يرتبط عدد التأكسد لعنصر في المركب الأيوني بعدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة من ذرة العنصر عندما تصبح أيون. تفاعل فلز البوتاسيوم مع غاز الكلور، كما هو مبين في **الشكل 3**، هو تفاعل أكسدة واختزال. معادلة التفاعل تكون كالتالي.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2K^+(s) + 2Cl^-(s)$

يقع البوتاسيوم في المجموعة 1 التي تميل إلى فقدان إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية المنخفضة فيكون عدد تأكسده 1+ في KCl. من ناحية أخرى، الكلور يقع في المجموعة 17 الذي تميل ذراتها لاكتساب إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية العالية فيكون عدد تأكسده 1− في KCl. في شروط الأكسدة والاختزال، يمكنك القول بأن ذرات البوتاسيوم تأكسدت من 0 إلى الحالة 1+ لأن كل ذرة تفقد إلكترون واحد وذرات الكلور اختزلت من 0 إلى الحالة 1− لأن كل ذرة تكتسب إلكترون واحد. عندما تُختزل ذرة أو أيون، فإنه تنخفض القيمة الرقمية لعدد التأكسد. وعلى العكس من ذلك، عندما تتأكسد ذرة أو أيون فإنه يزداد عدد التأكسد.

أعداد التأكسد هي أدوات يستخدمها العلماء في كتابة المعادلات الكيميائية لمساعدتهم على تتبع مسار حركة الإلكترونات في تفاعل الأكسدة والاختزال. مثل بعض الأدوات الأخرى التي عرفتها، أعداد التأكسد تكتب بطريقة محددة بحيث توضع الإشارة السالبة أو الموجبة قبل الرقم (2+ ,3+)، بينما تُكتب الشحنة الأيونية بوضع الإشارة بعد الرقم (2+, 3+).

عدد التأكسد: 3+ الشحنة الأيونية: 3+

التحقق من فهم النص **تحديد** ما العنصر الأكثر مقدرة على اكتساب الإلكترونات، البوتاسيوم أم الكلور؟

مهن في الكيمياء

حرفي الخزف حرفي الخزف هو الفنان الذي يصنع الفخار. يستخدم هو أو هي مواد تحتوي أيونات فلزية لها حالات أكسدة متعددة لتحقيق مجموعة متنوعة من الألوان على الخزف. تُنتج المواد التي تحتوي على أيونات نحاس لون أخضر مائل للأزرق عندما تتأكسد وتنتج لون مِحمر عندما تُختزل في الموقد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

تفاعل البوتاسيوم والكلور كما في **الشكل 3** يمكن أيضاً وصفه بقول"البوتاسيوم يتأكسد بالكلور" هذا الوصف مفيد نظراً لأنه يحدد بوضوح كلاً من المادة التي تتأكسد والمادة التي اختزلت. المادة التي تؤكسد مادة أخرى باكتسابها إلكترونات تسمى **عامل مؤكسد.** يصف هذا المصطلح المادة المُختزلة. المادة التي اختزلت مادة أخرى بفقدان الإلكترونات تسمى **عامل مختزل.** يعطي العامل المختزل إلكترونات للعامل المؤكسد. يتأكسد العامل المختزل لأنه يفقد إلكترونات. العامل المختزل في تفاعل البوتاسيوم أو الكلور هو البوتاسيوم_المادة التي تأكسدت.

أكسدة

$$2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$$

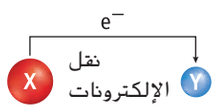
اختزال

عامل مؤكسد: Cl_2

عامل مختزل: البُوتاسْيُوم

من التطبيقات الشائعة لتفاعلات الأكسدة والاختزال تنظيف أسطح الفلزات. تكون العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الأخرى مفيدة في الحياة اليومية. على سبيل المثال، عندما تضيف مبيض الغسيل لتبييض الملابس فأنت تستخدم محلول مائي من هيبوكلوريت الصوديوم (NaClO) وهو عامل مؤكسد. يؤكسد الصبغات والبقع وغيرها من المواد التي تلطخ الملابس. **جدول 1** يلخص الطرائق المختلفة لوصف تفاعلات الأكسدة والاختزال.

جدول 1 ملخص تفاعلات الأكسدة والاختزال

عمليات	
الأكسدة • يفقد المتفاعل إلكترون. • العامل المختزل يتأكسد. • زيادة عدد التأكسد.	• X يفقد إلكترون. • X عامل مختزل ويتأكسد. • عدد تأكسد X يزداد.
الاختزال • يكتسب المتفاعل الآخر إلكترون. • العامل المؤكسد يُختزل. • يقل عدد التأكسد.	• Y يكتسب إلكترون. • Y عامل مؤكسد ويُختزل. • عدد تأكسد Y يقل.

تجربة مصغَّرة

ملاحظة أحد تفاعلات الأكسدة والاختزال

كيف يمكن إزالة الشوائب عن الفضة؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل بداية العمل.
2. ادلك برفق رقائق من الألمنيوم بقطعة من الصوف الفولاذي لتنظيفها من الشوائب.
3. قم بلف قطعة صغيرة من الفضة التي عليها شوائب في رقائق الألمنيوم، وتأكد من تلامس منطقة الشوائب جيدًا مع رقائق الألمنيوم.
4. ضع القطعة الملفوفة في كأس سعة 400 mL وأضف مقدارًا كافيًا من ماء الصنبور لتغطيتها تمامًا.
5. أضف حوالي ملعقة واحدة ممتلئة من **صودا الخبيز** وحوالي ملعقة واحدة ممتلئة من **ملح الطعام** إلى الكأس.
6. باستخدام ماسك احمل الكأس وضعه، بمحتوياته على سخان كهربائي، وقم بالتسخين حتى غليان الماء. مع الحفاظ على الحرارة لمدة 15 min تقريبًا حتى تختفي الشوائب.

التحليل

1. **اكتب** معادلة تفاعل الفضة مع كبريتيد الهيدروجين الذي ينتج كبريتيد الفضة والهيدروجين.
2. **اكتب** معادلة تفاعل الشوائب (كبريتيد الفضة) مع رقائق الألمنيوم التي تنتج كبريتيد الألمنيوم والفضة.
3. **حدِّد** أي فلز (الألمنيوم أم الفضة)، يكون أكثر تفاعلاً. كيف عرفت ذلك من النتائج الخاصة بك؟
4. **فسِّر** لماذا يجب عليك عدم استخدام أواني الألمنيوم عند تنظيف أواني الفضة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تفاعلات الأكسدة والاختزال والسالبية الكهربائية

كيمياء تفاعلات الأكسدة والاختزال ليست مقتصرة على ذرات العناصر التي تتحول إلى أيونات أو العكس. تتضمن بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال تغيرات في المواد الجزيئية أو الأيونات متعددة الذرات حيث ترتبط فيها الذرات بروابط تساهمية بذرات أخرى. على سبيل المثال، تمثل المعادلة التالية تفاعل الأكسدة والاختزال المستخدم في صناعة الأمونيا (NH_3).

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

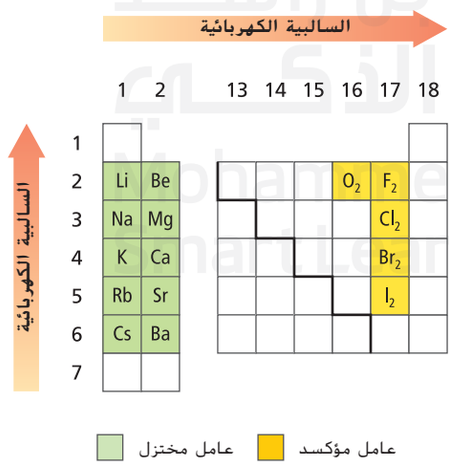
لا تتضمن هذه العملية أيونات ولا انتقال واضح للإلكترونات. المواد المتفاعلة والنواتج كلها مركبات جزيئية. إلا أنه لايزال هناك تفاعل أكسدة واختزال حيث يكون النيتروجين هو العامل المؤكسد ويكون الهيدروجين هو العامل المختزل.

في حالات مثل تكون الأمونيا حيث تتشارك ذرتان الإلكترونات، كيف يمكن أن نقول أن ذرة واحدة فقدت الإلكترونات وتأكسدت في حين أن ذرة أخرى اكتسبت الإلكترونات واُختزلت؟ للإجابة على ذلك، ينبغي عليك معرفة أي الذرات تجذب الإلكترونات بقوة أكبر أو بمعنى آخر أي الذرات هي أكثر سالبية كهربائية. قد تجد أنه من المفيد مراجعة مناقشة أنماط السالبية الكهربائية في الجدول الدوري.

الشكل 4 يوضح زيادة السالبية الكهربائية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وتقل عموماً عند الانتقال للأسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة (مجموعات 1 و 2) هي عوامل مختزلة قوية وتلك العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية العالية (مجموعة17 والأكسجين في المجموعة 16) هي عوامل مؤكسدة قوية.

الهيدروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 2.20، والنيتروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 3.04. لغرض دراسة تفاعلات الأكسدة والاختزال فإنه يتم التعامل مع العنصر الأكثر سالبية كهربائية (النيتروجين) كما لو كان قد تم اختزاله بإكتساب إلكترونات من عنصر آخر (الهيدروجين). على العكس من ذلك، يتم التعامل مع العنصر الأقل سالبية كهربائية (الهيدروجين) كما لو كان قد تم أكسدته بفقدان إلكترونات إلى العنصر الآخر (النيتروجين).

$$\underbrace{N_2(g) + 3\underbrace{H_2(g)}_{\text{تأكسد (فقدان جزئي لـ } e^-)} \rightarrow 2NH_3(g)}_{\text{اختزال (اكتساب جزئي لـ } e^-)}$$



■ **الشكل 4** تزداد السالبية الكهربائية للعناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورات في الجدول الدوري وتقل كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة هي عوامل مختزلة قوية والعوامل ذات قيم السالبية الكهربائية العالية عوامل مؤكسدة قوية.

تنبأ ما العنصر الذي سيكون أقوى عامل مؤكسد. وأيها أقوى كعامل مختزل؟

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

التعرف على تفاعلات الأكسدة والاختزال المعادلة الآتية تمثل تفاعل أكسدة واختزال للألمنيوم والحديد.

$$2Al + 2Fe^{3+} + 3O^{2-} \rightarrow 2Fe + 2Al^{3+} + 3O^{2-}$$

تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في هذا التفاعل. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل.

1 تحليل المسألة

معروف لديك المواد المتفاعلة والنواتج في التفاعل. يجب عليك تحديد انتقال الإلكترونات الذي حدث. وبعد ذلك، يمكنك تطبيق مفهومي العامل المؤكسد والعامل المختزل للإجابة على السؤال.

2 حساب المجهول

تعرف على عمليات الأكسدة وعمليات الاختزال.

(أكسدة – فقد إلكترونات) $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$

ذرة الألمنيوم تفقد ثلاثة إلكترونات وتصبح أيون ألمنيوم.

(اختزال – كسب إلكترونات) $Fe^{3+} + 3e^{-} \rightarrow Fe$

أيون الحديد يكسب الثلاثة إلكترونات المفقودة من الألمنيوم ويصبح ذرة حديد.

Al تأكسد وبالتالي فهو عامل مختزل. Fe^{3+} اكتسب إلكترونات وبالتالي فهو عامل مؤكسد.

3 تقييم الإجابة

في هذه العملية، ذرات الألمنيوم تفقد إلكترونات وهي التي تأكسدت بينما أيونات الحديد تكتسب إلكترونات وهي التي اختزلت. تنطبق تعريفات الأكسدة والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل. ملاحظة أن الشحنة الأيونية للأكسجين لم تتغير في هذا التفاعل وبالتالي فإن الأكسجين ليس عاملاً رئيسًا في هذه المسألة.

تطبيقات

1. حدد إذا كانت كل من التغيرات التالية أكسدة أم اختزال.

a. $I_2 + 2e^{-} \rightarrow 2I^{-}$

b. $K \rightarrow K^{+} + e^{-}$

c. $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^{-}$

d. $Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$

2. تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في العمليات الآتية:

a. $2Br^{-} + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^{-}$

b. $2Ce + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Ce^{3+}$

c. $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$

d. $2Na + 2H^{+} \rightarrow 2Na^{+} + H_2$

3. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في المعادلة الآتية. فسر إجابتك.

$$Fe(s) + 2Ag^{+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

4. تحدي تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل تفاعل:

a. $Mg + I_2 \rightarrow MgI_2$

b. $H_2S + Cl_2 \rightarrow S + 2HCl$

الكيمياء في الحياة اليومية

الأكسدة

صدأ عندما يتفاعل الهواء الرطب مع الحديد، يتأكسد الحديد. أكسيد الحديد (Fe_2O_3)، الذي يطلق عليه اسم الصدأ، وهو شائع لأن الحديد يتفاعل مع الأكسجين. الحديد النقي غير منتشر في الطبيعة. الفولاذ خليط يحتوي على حديد، وهو يستخدم بدلًا من الحديد. يوجد طرائق مختلفة للحماية، مثل الدهان والطلاء الكهربائي أوالتغطية بالبلاستيك أو الجلفنة، جميعها يمكن أن تمنع تكون أكسيد الحديد.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تحديد أعداد التأكسد

لفهم جميع أنواع تفاعلات الأكسدة والاختزال يجب أن يكون لديك وسيلة لتحديد عدد التأكسد ($n_{عنصر}$) لكل عنصر مشترك في التفاعل. **الجدول 2** يحدد القواعد التي يستخدمها الكيميائيون لجعل هذا التحديد أسهل.

الجدول أدناه لا يتضمن العناصر الانتقالية والفلزات واللافلزات التي يكون لها أكثر من عدد تأكسد في المركبات. على سبيل المثال، لدى الحديد أعداد تأكسد مختلفة، يتم التعرف عليها من خلال تنوع الألوان كما هو مبين في **الشكل 5**، والتي تعتمد أيضًا على المعادن الموجودة.

■ **الشكل 5** صخور الحديد الرسوبية— الموضَّحة في هذا المقطع العرضي للصخور —تعتبر نتيجة وجود عدة حالات أكسدة للحديد كما أنها تعتمد على المعادن الموجودة.

الجدول 2 **قواعد تحديد أعداد التأكسد**

القاعدة	مثال	$n_{عنصر}$
1. عدد التأكسد لذرة عنصر غير متحد يساوي صفر.	Na, O_2, Cl_2, H_2	0
2. عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي شحنة الأيون.	Ca^{2+}	+2
	Br^-	−1
3. عدد التأكسد للذرة الأكثر سالبية كهربائية في الجزيء أو الأيون المعقد هو نفس مقدار شحنته لو كان أيونًا.	N في NH_3	−3
	O في NO	−2
4. عدد التأكسد للعنصر الأكثر سالبية كهربائية، الفلور هو دائماً 1− عندما يرتبط بعنصر آخر.	F في LiF	−1
5. عدد تأكسد الأكسجين في المركبات يساوي دائماً 2− ماعدا في فوق الأكاسيد مثل بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، يكون 1−. وعندما يرتبط مع الفلور وهو العنصر الوحيد الأكثر سالبية كهربائية من الأكسجين فإن عدد التأكسد للأكسجين يكون موجب.	O في NO_2	−2
	O في H_2O_2	−1
6. يكون عدد التأكسد للهيدروجين في معظم مركباته 1+، ما عدا في هيدريدات الفلزات يكون عدد التأكسد 1−.	H في NaH	−1
7. أعداد التأكسد للمجموعة 1 و 2 والألمنيوم موجبة وتساوي عدد إلكترونات التكافؤ.	K	+1
	Ca	+2
	Al	+3
8. مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل يساوي صفر.	$CaBr_2$	(+2) + 2(−1) = 0
9. مجموع أعداد التأكسد للذرات في أيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.	SO_3^{2-}	(+4) + 3(−2) = −2

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 2

تحديد أعداد التأكسد

استخدم قواعد تحديد عدد التأكسد لايجاد عدد التأكسد لكل العناصر الموجودة في كل من

$KClO_3$

SO_3^{-2}

1 تحليل المسألة

في القواعد المرتبطة بتحديد عدد التأكسد، يتم إعطاؤك أعداد التأكسد للأكسجين والبوتاسيوم. وتم إعطاؤك أيضاً الشحنة الكلية للمركب أو الأيون. باستخدام هذه المعلومات وتطبيق القواعد، حدد أعداد التأكسد. (ليكن n يساوي عدد التأكسد للعنصر في سؤال).

معلوم	مجهول
$KClO_3$	$n_{Cl} = ?$
SO_3^{2-}	$n_S = ?$
$n_O = -2$	
$n_K = +1$	

2 حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد المعروفة لعناصرها، واضبط مجموع كل أعداد التأكسد إلى الصفر أو إلى شحنة الأيون وقم بإيجاد حل لعدد التأكسد المجهول.

$(n_K) + (n_{Cl}) + 3\,(n_O) = 0$

مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل تساوي صفر.

$(+1) + (n_{Cl}) + 3(-2) = 0$

لمجموعة 1، $n_{العنصر} = +1$. عوض $n_K = +1$, $n_O = -2$.

$1 + n_{Cl} + (-6) = 0$

حل لإيجاد n_{Cl}.

$n_{Cl} = +5$

$(n_S) + 3\,(n_O) = -2$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات تساوي مقدار الشحنة في الأيون.

$(n_S) + 3(-2) = -2$

عوض $n_O = -2$.

$n_S + (-6) = -2$

حل لإيجاد n_S.

$n_S = +4$

3 تقييم الإجابة

لقد تم تطبيق قواعد أعداد التأكسد بشكل صحيح.

تطبيقات

5. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ المركبات التالية:

a. $NaClO_4$ **b.** $AlPO_4$ **c.** HNO_2

6. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ الأيونات التالية:

a. NH_4^+ **b.** AsO_4^{3-} **c.** CrO_4^{2-}

7. حدد عدد التأكسد للنيتروجين في كل من الجزيئات التالية:

a. NH_3 **b.** KCN **c.** N_2H_4

8. تحدي حدد التغير الكلي في عدد تأكسد جميع العناصر الموجودة في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $C + O_2 \rightarrow CO_2$

b. $Cl_2 + ZnI_2 \rightarrow ZnCl_2 + I_2$

c. $CdO + CO \rightarrow Cd + CO_2$

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

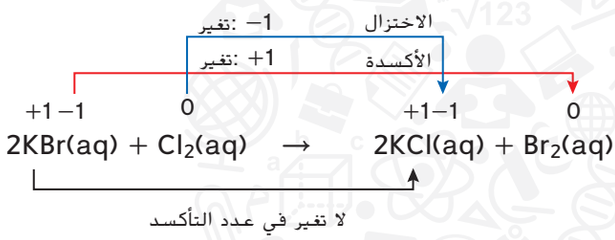
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أعداد التأكسد في تفاعلات الأكسدة والاختزال

كما درست أعداد التأكسد فإنه يجب أن تكون قادر على ربط تفاعلات الأكسدة والاختزال بالتغيرات في عدد التأكسد. ارجع إلى معادلة التفاعل التي رأيتها في بداية هذا القسم_ استبدال البروم في المحلول المائي لبروميد البوتاسيوم (KBr) بالكلور (Cl_2).

$$2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$$

لمعرفة كيف تغيرت أعداد التأكسد، ابدأ بتحديد الأعداد مستخدماً **الجدول 3** لجميع العناصر في المعادلة الموزونة. ثُمّ قم بمراجعة التغيرات كما هو مبين في المعادلة الآتية:



ينبغي ملاحظة أن عدد تأكسد البروم قد تغير من 1− إلى 0، بزيادة قدرها 1. في نفس الوقت، تغير عدد أكسدة الكلور من 0 إلى 1−، أي بانخفاض قدره 1. وبالتالي، فإن الكلور اختزل والبروميد تأكسد. كل تفاعلات الأكسدة والاختزال تتبع نفس النمط. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد. عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. لاحظ أنه لا يوجد تغير في عدد تأكسد البوتاسيوم. أيون البوتاسيوم لا يشارك في التفاعل وبالتالي فهو أيون متفرج.

جدول 3 أعداد التأكسد لبعض العناصر

عدد التأكسد	+1	+2	+3	−1	−2
الألمنيوم			X		
الباريوم		X			
البروم				X	
الكادميوم		X			
الكالسيوم		X			
السيزيوم	X				
الكلور				X	
الفلور				X	
الهيدروجين	X			X	
اليود				X	
الليثيوم	X				
المغنيسيوم		X			
الأكسجين					X
البوتاسيوم	X				
الصوديوم	X				
الفضة	X				
السترانشيوم		X			

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال انتقال للإلكترونات من ذرة إلى أخرى.
- عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد.
- في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تتضمن مركبات جزيئية (أو الأيونات متعددة الذرات ذات الروابط التساهمية)، الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية يتم التعامل معها كأنها اختزلت. الذرات ذات السالبية الكهربائية المنخفضة يتم التعامل معها كأنها تأكسدت.

9. الفكرة **الرئيسة فسّر** لماذا يجب أن تحدث الأكسدة والاختزال معاً.
10. **صِف** دور العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة في تفاعل الأكسدة والاختزال. كيف يتغير كل منها في التفاعل؟
11. **اكتب** معادلة تفاعل فلز الحديد مع حمض الهيدروبروميك لينتج بروميد الحديد (III) وغاز الهيدروجين. حدد التغير في عدد التأكسد للعنصر الذي اختزل وللعنصر الذي تأكسد.
12. **حدِّد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في المركبات التالية:

a. HNO_3 c. Sb_2O_5

b. Ca_3N_2 d. $CuWO_4$

13. **حدِّد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في الأيونات التالية:

a. IO_4^- c. $B_4O_7^{2-}$

b. MnO_4^- d. NH_2^-

14. **إنشاء التمثيلات البيانية واستخدامها** الفلزات القلوية هي عوامل مختزلة قوية. صمم رسماً بيانياً موضحاً كيف تزداد أو تقل قابلية الفلزات القلوية للاختزال كلما توجهت نزولاً من الصوديوم إلى الفرانسيوم.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

القسم 2

الفكرة الرئيسة تصبح معادلة الأكسدة والاختزال موزونة عند تساوي مجموع الزيادة في أعداد الأكسدة مجموع الانخفاض الكلي لأعداد أكسدة الذرات أو الأيونات في التفاعل.

الأسئلة الرئيسة

- كيف ترتبط التغيرات في عدد التأكسد بانتقال الإلكترونات؟
- كيف يمكن أن تُستخدم التغيرات في عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال؟
- ما نصف التفاعل وكيف يمكن استخدامه لوزن معادلات الأكسدة والاختزال؟

مراجعة المفردات

المعادلة الأيونية الصرفة net ionic equation: هي معادلة أيونية تحتوي على الجسيمات التي تشارك في التفاعل

المفردات الجديدة

طريقة عدد التأكسد oxidation-number method

أنواع species

نصف تفاعل half-reaction

الكيمياء في حياتك

عندما تفسد المواد الدهنية في الأطعمة، فإنها تصدر رائحة كريهة كمؤشر. يتم تكسير الجزيئات الكبيرة أثناء عمليات الأكسدة والاختزال التي ينتج عنها نواتج ذات رائحة كريهة. المعادلة لهذه العملية معقدة ولكن يمكن وزنها باستخدام نفس القواعد المستخدمة في وزن المعادلات الأبسط.

طريقة عدد التأكسد

يجب وزن المعادلات الكيميائية لإظهار الكميات الصحيحة من المواد المتفاعلة والنواتج. ادرس المعادلة غير الموزونة التالية للتفاعل الذي يحدث عندما يتم وضع فلز النحاس في حمض النيتريك المركز. هذا التفاعل مُوضح في **الشكل 6** الغاز الناتج بني اللون هو ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، نتيجة اختزال أيونات النيترات (NO_3^-)، والمحلول الأزرق هو ناتج أكسدة النحاس (Cu) إلى أيونات النحاس (II) (Cu^{2+}).

$$Cu(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$$

لاحظ أن الأكسجين يظهر في متفاعل واحد فقط هو HNO_3، لكن يظهر في النواتج الثلاثة. يظهر النيتروجين في HNO_3 وفي إثنين من النواتج. معادلات الأكسدة والاختزال مثل هذه المعادلة التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة يصعب وزنها. طبقاً لما قرأت، عندما تفقد ذرة أو أيون إلكترونات فإنه يزداد عدد التأكسد وعندما تكتسب ذرة أو أيون إلكترونات فإنه ينخفض عدد التأكسد. عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات يجب أن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة من ذرات أو أيونات أخرى. وبالتالي، يجب أن يتساوى مجموع الزيادة في أعداد التأكسد (الأكسدة) بمجموع النقصان في أعداد التأكسد (الاختزال) للذرات أو الأيونات التي تشترك في التفاعل. تسمى هذه الطريقة **عدد التأكسد** وخطوات هذه الطريقة موضحة في **جدول 4**.

جدول 4 طريقة عدد التأكسد

1. حدد أعداد التأكسد لجميع الذرات الموجودة في المعادلة.
2. قم بالتعرف على الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت.
3. حدد التغير في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت وللذرات أو الأيونات التي اختزلت.
4. اجعل التغيير في أعداد التأكسد مساويًا في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.
5. إذا لزم الأمر، استخدم الطريقة التقليدية لوزن المعادلة النهائية.

■ **الشكل 6** يصعب وزن بعض المعادلات الكيميائية لتفاعلات الأكسدة والاختزال مثل التفاعل بين النحاس وحمض النيتريك وذلك لأن العناصر قد تظهر أكثر من مرة واحدة على كل طرف من المعادلة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 3

طريقة عدد التأكسد زن معادلة الأكسدة والاختزال التالية:

$$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$$

1 تحليل المسألة

استخدم القواعد لتحديد عدد التأكسد. الزيادة في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت لابد أن يساوي نقص عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي اختزلت. قم بضبط المعاملات لتحقيق وزن المعادلة.

2 حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد لكل الذرات الموجودة في المعادلة.

$$\overset{0}{Cu} + \overset{+1+5\ -2}{HNO_3} \rightarrow \overset{+2\ +5\ -2}{Cu(NO_3)_2} + \overset{+4\ -2}{NO_2} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$$

زاد عدد التأكسد للنحاس من 0 إلى 2+. ونقص عدد التأكسد للنيتروجين من 5+ إلى 4+.

التعرف على أي الذرات أو الأيونات التي تأكسدت والتي اختزلت والتي لم يتغير عدد أكسدتها.

Cu تأكسد.
N اختزل.
H لم يتغير.
O لم يتغير.
N لم يتغير في أيون النيترات (NO_3^-)

حدد التغيرات في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت وللذرات أو الأيونات التي اختزلت.

التغيرات في عدد التأكسد:
زاد عدد تأكسد Cu بمقدار 2+
قل عدد تأكسد N بمقدار 1−

تأكسد النحاس لأنه فقد إلكترونات .
اختزل النيتروجين لأنه اكتسب إلكترونًا.

ساوي التغيرات في أعداد التأكسد في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.

$$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

لأن التغير في عدد تأكسد N هو 1−، يجب الضرب بـ 2 للوزن وينطبق هذا المعامل على كل من HNO_3 و NO_2.

استخدم الطريقة التقليدية لوزن باقي المعادلة.

$$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$
$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$$

يجب ضرب معامل HNO_3 بـ 2 ليصبح عدد ذرات النيتروجين متساوي في طرفي المعادلة.

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

يجب ضرب معامل H_2O بـ 2 ليصبح عدد ذرات الهيدروجين متساوي في طرفي المعادلة.

3 تقييم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر يساوي نظيرها في الطرف الآخر للمعادلة.

تطبيقات

استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

15. $HCl + HNO_3 \rightarrow HOCl + NO + H_2O$
16. $SnCl_4 + Fe \rightarrow SnCl_2 + FeCl_3$
17. $NH_3(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$
18. **تحدي** $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

وزن المعادلات الأيونية الصرفة

أحياناً يفضل الكيميائيون التعبير عن تفاعلات الأكسدة والاختزال بأبسط الطرق كمعادلة توضح فقط عمليات الأكسدة والاختزال. ارجع إلى المعادلة الموزونة لأكسدة النحاس بحمض النيتريك.

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

لاحظ أن التفاعل يحدث في محلول مائي. HNO_3 وهو حمض قوي يتأين تأينًا تامًا. وبالمثل، نيترات النحاس (II) ($Cu(NO_3)_2$) ستنفصل إلى أيونات. ولذلك، يمكن أيضا كتابة المعادلة بشكل أيوني.

$$Cu(s) + 4H^+(aq) + 4NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

هناك أربعة أيونات نيترات بين المتفاعلات، ولكن يخضع اثنين منهم فقط للتغيير لتكوين جزيئين من ثاني أكسيد النيتروجين. أيونا النيترات الآخرين هما أيونان متفرجان ويمكن استبعادهما من المعادلة. تصبح المعادلة:

$$Cu(s) + 4H^+(aq) + 2NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

الآن، تفحص المعادلة في صيغتها غير الموزونة.

$$Cu(s) + H^+(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$$

ولتبسيط كتابة معادلات الأكسدة والاختزال يمكن أن تكتب المعادلة كالتالي:

$$Cu(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + NO_2(g)$$ (في محلول حمضي)

وفي هذه الحالة، فإن أيون الهيدروجين وجزئ الماء قد تم حذفهما لأنه لم يحدث لهما أكسدة أو اختزال. في محلول حمضي، أيونات الهيدروجين (H^+) وجزيئات الماء متوفرة وحرة للمشاركة في عمليات الأكسدة والاختزال سواء في المواد المتفاعلة أو الناتجة. يمكن أن تحدث بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال في محلول قاعدي. عند موازنة معادلات تلك التفاعلات، يمكنك إضافة ايونات هيدروكسيد (OH^-) وجزيئات الماء لطرفي المعادلة.

مختبر تحليل البيانات

استنادًا إلى بيانات حقيقية*

التحليل والنتائج

كيف يمكن لتفاعلات الأكسدة والاختزال رفع مكوك الفضاء؟ يكتسب مكوك الفضاء ما يقرب من 72% من قوة اندفاعه عن معززات التيّار الصاروخي الصلبة (SRBs) خلال أول دقيقتين من إطلاقه. يرتبط صاروخان SRB اللذان يتخذان شكل قلم رصاص على جانبي خزان الهيدروجين والأكسجين السائل. كل صاروخ SRB يحتوي على حوالي 499,000 kg من خليط الوقود الصاروخي.

البيانات والملاحظات

SRB خليط الوقود الصاروخي

المركب	النسبة المئوية للتركيب
بيركلورات الأمونيوم	69.6
الألمنيوم	16
الحفّاز	0.4
رابط	12.04
عامل معالجة	1.96

*أُخذت البيانات من: دومولين، جيم "المعزز الصاروخي الصلب". الدليل المرجعي المكوكي من NSTS. لعام 1988.

التفكير الناقد

1. **قُم بوزن المعادلة** استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن المعادلة الكيميائية لتفاعل صاروخ SRB.

$$NH_4ClO_4(s) + Al(s) \rightarrow Al_2O_3(g) + HCl(g) + N_2(g) + H_2O(g)$$

2. **وضِّح** أي من العناصر اختزلت وأيها تأكسدت؟
3. **استدلّ** ماهي مميزات استخدام SRBs لأول دقيقتان من الإنطلاق؟
4. **احسب** كم عدد مولات بخار الماء الناتجة من تفاعل وقود أحد المعززات الصاروخية الصلبة SRB؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 4

وزن المعادلات الأيونية الصرفة زن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية:

$ClO_4^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + Br_2(g)$ (في المحلول الحمضي)

1 تحليل المسألة

استخدم القواعد لتحديد عدد التأكسد. الزيادة في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت يجب أن يساوي النقص في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي اختزلت. يحدث التفاعل في وسط حمضي. قم بضبط المعاملات لوزن المعادلة النهائية.

حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد لكل العناصر الموجودة في المعادلة.

$\overset{+7\ -2}{ClO_4^-}(aq) + \overset{-1}{Br^-}(aq) \rightarrow \overset{-1}{Cl^-}(aq) + \overset{0}{Br_2}(g)$ (في المحلول الحمضي)

استخدم القواعد في الجدول 2.

حدد أي الذرات أو الأيونات تأكسد وأيها اختزل.

Br تأكسد.
Cl اختزل.

يزداد عدد التأكسد البروم من 1− إلى 0. ينخفض عدد التأكسد للكلور من 7+ إلى 1−.

حدد التغيرات في عدد التأكسد للذرات أو الأيونات التي تأكسدت والتي اختزلت.

التغيرات في عدد التأكسد:

Br +1
Cl −8

تأكسد البروم لأنه فقد إلكترونات.
اختزل الكلور لأنه اكتسب إلكترونات.

ساوي التغيرات في أعداد التأكسد متساوية في القيمة عن طريق ضبط المعاملات في المعادلة.

$ClO_4^-(aq) + 8Br^-(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + 4Br_2(g)$ (في محلول حمضي)

لأن التغير في عدد أكسدة Br هو 1+، فإنه يجب ضرب المعامل بـ 8 لوزن المعادلة. $4Br_2$ تمثل 8 ذرات Br الذرات فتكون مساوية $8Br^-$ في الطرف الأيسر.

أضف مزيد من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء للمعادلة لوزن ذرات الأكسجين في كلا الطرفين.

$ClO_4^-(aq) + 8Br^-(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Cl^-(aq) + 4Br_2(g) + 4H_2O(l)$

كما تعرف أن التفاعل يحدث في محلول حمضي فلهذا يمكنك إضافة أيونات H^+ في الطرف الأيسر من المعادلة.

3 تقييم الإجابة

عدد ذرات كل عنصر يساوي نظيرها في الطرف الآخر للمعادلة.
كما هو الحال في أي معادلة أيونية، مجموع الشحنات في الطرف الأيمن يساوي مجموع الشحنات في الطرف الأيسر.

تطبيقات

استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

19. $H_2S(g) + NO_3^-(aq) \rightarrow S(s) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)

20. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في المحلول الحمضي)

21. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في المحلول الحمضي)

22. تحدي $I^-(aq) + MnO_4^-(aq) \rightarrow I_2(s) + MnO_2(s)$ (في محلول قاعدي)

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الربط بعلم الأحياء ما السمات المشتركة بين العديد من الأسماك في أعماق البحار واليراعات والبكتيريا، *Xenorhabdus luminescens*؟ هذه وغيرها من الكائنات الحية تبعث ضوء. التلألؤ البيولوجي هو تحويل طاقة الوضع في الروابط الكيميائية إلى ضوء أثناء تفاعل الأكسدة والاختزال. إعتماداً على هذه الأنواع، فإنه يتم إنتاج الضوء بمواد كيميائية مختلفة وبوسائل مختلفة. في اليراعات، الموضَّحة في **الشكل 7**، ينتج الضوء من تأكسد جزيء مادة لُوسِيفيرين.

مازال يبحث العلماء عن حل لغز التلألؤ البيولوجي. بعض الكائنات الحية المُضيئة تبعث ضوء باستمرار، بينما البعض الآخر يبعث ضوء عندما يكون منزعجًا. تظهر بعض أسماك المياه العميقة وقناديل البحر لتكون قادرة على السيطرة على الضوء الذي تبعثه ونوع واحد من عيش الغراب معروف بأنه يبعث ضوء بلونين مختلفين . قد قرر علماء الحيوان أيضاً أن بعض الكائنات الحية التي ينبعث منها الضوء لا تنتج الضوء بأنفسها ولكنها تُنتجه بإيواء بكتيريا التلألؤ البيولوجي.

الشكل 7 تلجأ الكائنات الحية لاستخدام التلألؤ البيولوجي لأغراض مختلفة. قد تشمل بعض الأغراض جذب الإناث والدفاع. قد يساعد التلألؤ البيولوجي على الرؤية والإدراك في أعماق المحيطات.

وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام نصف التفاعل

في الكيمياء، **النوع species** هو أي جسيم كيميائي يشارك في العملية. في المعادلة التالية: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$، توجد أربعة أنواع؛ جزيئي NH_3 و H_2O وأيوني NH_4^+ و OH^-. تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال عندما توجد أنواع قادرة على منح الإلكترونات (عامل مختزل) لأنواع أخرى يمكنها قبولها (عامل مؤكسد). مثال لذلك، يمكن للحديد أن يختزل أنواع عديدة والتي تكون عوامل مؤكسدة بما في ذلك الكلور.

$$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

في هذا التفاعل، تتأكسد كل ذرة حديد بفقدان ثلاثة إلكترونات لكي تصبح أيون Fe^{3+}. في نفس الوقت، كل ذرة كلور في Cl_2 يتم اختزالها باكتساب إلكترون لتصبح أيون Cl^-.

الأكسدة: $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$

اختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

تمثل مثل هذه المعادلات نصفي تفاعل. **نصف تفاعل** هو أحد جزئي تفاعل الأكسدة والاختزال، أي تفاعل الأكسدة أو تفاعل الاختزال **الشكل 5** يوضح تنوع أنصاف تفاعلات الاختزال التي تشترك في أكسدة Fe ليصبح Fe^{3+}.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

أنواع

الاستخدام العلمي: في الكيمياء، يشترك أي نوع من جسيم ممثل في العمليات

في تفاعل الاتحاد، يتحد نوعان مميزان لتكوين ناتج واحد.

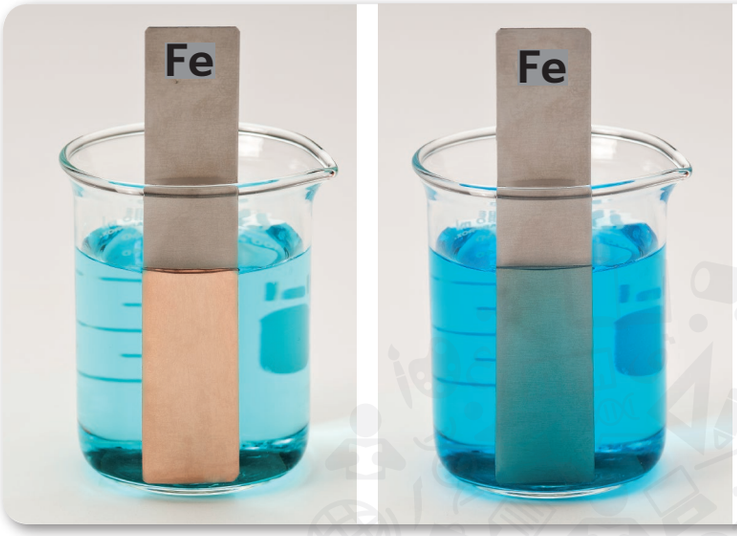
الاستخدام العام: ينتمي النمر والأسد إلى النوع نفسه.

الجدول 5 تفاعلات الأكسدة والاختزال التي يتأكسد فيها الحديد

التفاعل الكلي (غير موزون)	نصف تفاعل الأكسدة	نصف تفاعل الاختزال
$Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$	$Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$	$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$
$Fe + F_2 \rightarrow FeF_3$		$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$
$Fe + HBr \rightarrow H_2 + FeBr_3$		$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
$Fe + AgNO_3 \rightarrow Ag + Fe(NO_3)_3$		$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
$Fe + CuSO_4 \rightarrow Cu + Fe_2(SO_4)_3$		$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 8** نتيجة لتفاعل الأكسدة والاختزال بين الحديد ومحلول كبريتات النحاس. نجد أن فلز النحاس الصلب قد ترسب على الحديد. بإمكانك استخدام طريقة نصف التفاعل لوزن المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل.

المطويات®
أدرج معلومات من هذا القسم واكتبها في مطويتك.

سوف تتعلم المزيد عن أهمية أنصاف التفاعلات عند دراستك الكيمياء الكهربائية. الآن يمكنك تعلم استخدام نصفي التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال. مثال لذلك، المعادلة غير الموزونة التالية تمثل التفاعل الذي يحدث عندما تضع مسمار حديد في محلول كبريتات النحاس(II)، كما هو مبين في **الشكل 8**.

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

تم اختزال أيونات الحديد حيث فقدت إلكترونات لأيونات النحاس (II). خطوات وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل مُوضحة في **الجدول 6**.

المفردات
المفردات الأكاديمية
طريقة:
طريقة القيام بشئ ما
يدرس الطلاب للإمتحان بطرائق مختلفة

جدول 6 طريقة نصف التفاعل

1. اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل مستبعدًا الأيونات المتفرجة.

$$Fe + Cu^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$$
$$Fe + Cu^{2+} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+}$$

2. اكتب تفاعلي الأكسدة والاختزال منفصلين.

$$\overset{0}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{2Fe^{3+}} \quad \text{(الأكسدة)} \qquad \overset{+2}{Cu^{2+}} \rightarrow \overset{0}{Cu} \quad \text{(الاختزال)}$$

3. زن الذرات في تفاعلي الأكسدة والاختزال ثم زن الشحنات بإضافة إلكترونات للمواد المتفاعلة أو الناتجة.

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^- \qquad Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

4. قم بضبط المعاملات بحيث يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال.

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^- \qquad 3Cu^{2+} + 6e^- \rightarrow 3Cu$$

5. اجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال الموزونين.

$$2Fe + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Fe^{3+}$$

6. أعد الأيونات المتفرجة إن رغبت.

$$2Fe(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 5

وزن معادلة الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل

زن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال أدناه باستخدام طريقة نصف التفاعل.

$$KMnO_4(aq) + SnCl_2(aq) + HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + SnCl_4(aq) + H_2O(l) + KCl(aq)$$

1 تحليل المسألة

يحدث التفاعل في محلول حمضي. اتبع القواعد لتحديد أعداد التأكسد وخطوات الوزن باستخدام طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة التفاعل.

2 حساب المجهول

اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل.

$$MnO_4^- + Sn^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Sn^{4+}$$

قم بحذف الأيونات المتفرجة ورموز الحالة.

اكتب معادلات غير كاملة لأنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال متضمنةً أعداد التأكسد.

$$\overset{+2}{Sn^{2+}} \rightarrow \overset{+4}{Sn^{4+}} \quad \text{(أكسدة)}$$

استخدم القواعد في الجدول 2 والجدول 6

$$\overset{+7}{MnO_4^-} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}} \quad \text{(اختزال)}$$

قم بموازنة الذرات والشحنات في التفاعلات النصفية.

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \text{(اختزال)}$$

في المحلول الحمضي تكون جزيئات H_2O متوفرة بكثرة ويمكن استخدامها لوزن ذرات الأكسجين؛ أيونات H^+ متوفرة وتستخدم لوزن الشحنة.

قم بضبط المعاملات حتى يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة (2) مساويًا عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5).

$$5Sn^{2+} \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^- \quad \text{(أكسدة)}$$

$$10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O \quad \text{(اختزال)}$$

المضاعف المشترك الأصغر ل 2 و 5 هو 10.
تضرب تفاعل الأكسدة بـ 5 وتفاعل الاختزال بـ 2.

قم بجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال وبسّط المعادلة بحذف وتجميع الأنواع المتشابهة.

$$5Sn^{2+} + 10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^- + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

$$5Sn^{2+} + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

استعد وصف الحالة وأعد الأيونات المتفرجة (K^+ و Cl^-).

$$5SnCl_2(aq) + 16HCl(aq) + 2KMnO_4(aq) \rightarrow 5SnCl_4(aq) + 2MnCl_2(aq) + 8H_2O(l) + 2KCl(aq)$$

أضف أيونات K^+ إلى أيوني MnO_4^- إلى اليسار وأضف أيوني K^+ إلى اليمين. أضف أيونات Cl^- إلى Sn^{2+} و H^+ إلى اليسار وإلى Mn^{2+}، Sn^{2+}، و K^+ إلى اليمين.

3 تقييم الإجابة

تُشير المعادلة الموزونة إلى أن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.

تطبيقات

استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

23. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في محلول حمضي)

24. $Mn^{2+}(aq) + BiO_3^-(aq) \rightarrow MnO_4^-(aq) + Bi^{2+}(aq)$ (في محلول حمضي)

25. تحدي $N_2O(g) + ClO^-(aq) \rightarrow NO_2^-(aq) + Cl^-(aq)$ (في محلول قاعدي)

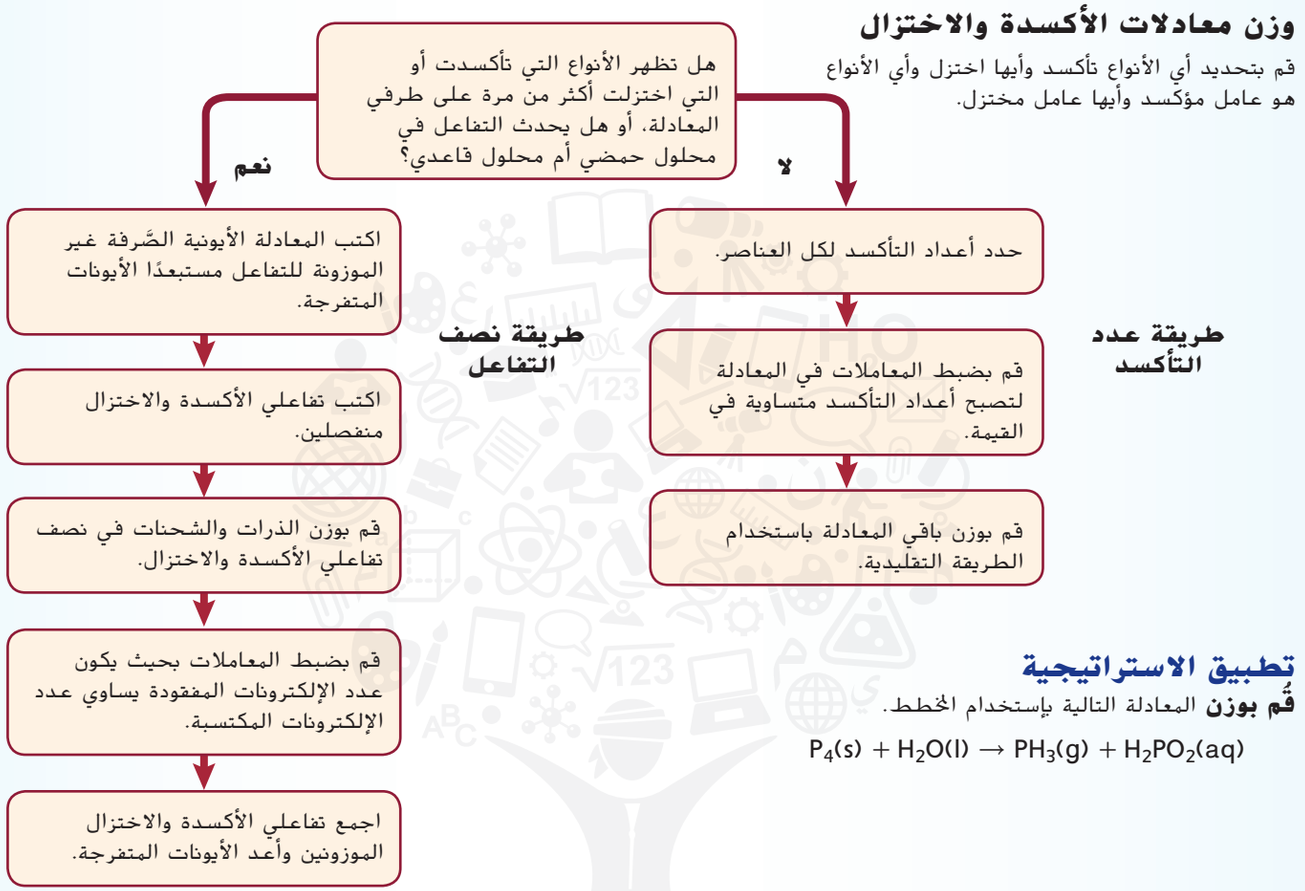
برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استراتيجيات حل المسائل

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

قم بتحديد أي الأنواع تأكسد وأيها اختزل وأي الأنواع هو عامل مؤكسد وأيها عامل مختزل.



تطبيق الاستراتيجية

قُم بوزن المعادلة التالية بإستخدام المخطط.

$$P_4(s) + H_2O(l) \rightarrow PH_3(g) + H_2PO_2(aq)$$

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يصعب وزن معادلات الأكسدة والاختزال التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة بالطريقة التقليدية.
- تستند طريقة عدد التأكسد على أن عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات تساوي عدد الإلكترونات التي اكتسبتها ذرات أو أيونات أخرى.
- لوزن معادلات التفاعلات التي تحدث في وسط حمضي، قم بإضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- لوزن معادلات التفاعلات التي تحدث في وسط قاعدي، قم بإضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

26. الفكرة **الرئيسة وضِّح** كيف يرتبط التغير في عدد التأكسد بالإلكترونات المنتقلة في تفاعل الأكسدة والاختزال. كيف ترتبط هذه التغيرات بعمليات الأكسدة والاختزال؟

27. صِف لماذا من المهم معرفة الوسط الذي يحدث فيه تفاعل الأكسدة والاختزال عند وزن معادلة التفاعل.

28. وضِّح خطوات طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال.

29. حدِّد ماذا يوضح كل من نصف تفاعل الأكسدة. ونصف تفاعل الاختزال؟

30. اكتب تفاعلي الأكسدة والاختزال لمعادلة الأكسدة والاختزال.

$$Pb(s) + Pd(NO_3)_2(aq) \rightarrow Pb(NO_3)_2(aq) + Pd(s)$$

31. حدِّد إذا كان تفاعل الأكسدة لتفاعل أكسدة واختزال هو $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$، وتفاعل الاختزال هو $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$.
ما هو الحد الأدنى لأيونات Sn^{2+} وأيونات Au^{3+} التي يمكنها التفاعل لكي لا يبقى إلكترونات؟

32. تطبيق زن المعادلات التالية:

a. $HClO_3(aq) \rightarrow ClO_2(g) + HClO_4(aq) + H_2O(l)$

b. $H_2SeO_3(aq) + HClO_3(aq) \rightarrow H_2SeO_4(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$

c. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$
(في المحلول الحمضي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكيمياء والمهن

المهنة: محقق جنائي

الدم المضيء

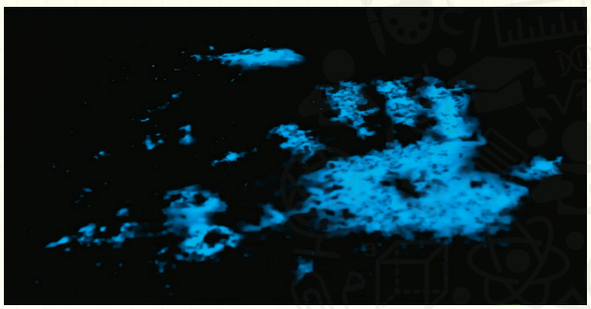
في مسرحية شكسبير ماكبيث، تمسح السيدة ماكبيث دم الملك دونكان من يديها لكنها ما زالت ترى بقع الدم. في التحقيقات الجنائية الحديثة هناك مادة كيميائية تدعى لومينول تفيد المحققون بنتائج بصرية مماثلة.

الأزرق المخضر يتأكسد اللومينول عندما يتفاعل مع الحديد كما هو موضح في **الشكل 1**. أثناء المعالجة تطلق الجزيئات طاقة على هيئة ضوء أزرق مائل إلى الأخضر. في غرفة مظلمة، التوهج الأزرق الخافت للومينول قد يكشف للمحققين ما لا يمكن أن يروه بأعينهم – آثار دماء غير ظاهرة. تتكون كرات الدم الحمراء من الهيموجلوبين – وهو البروتين الذي يحتوي على الحديد.

لاستخدام اللومينول يقوم المحققون بخلط بودرة بيضاء ($C_8H_7O_3N_3$) بفوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ومركبات كيميائية أخرى. ينتج هذا التفاعل سائل يمكن رشه على المناطق المشتبه بوجود الدم فيها. إذا وجد الدم_ولو بكميات ضئيلة لا ترى بالعين_سيتوهج اللومينول. يلتقط المصورون الجنائيون صوراً بكاميراتهم الخاصة التي يمكنها التقاط توهج اللومينول والضوء في المناطق المحيطة.

الأدلة المتوهجة قد تكشف بقع الدم عن بصمات وتعطي الأدلة حول نوع السلاح المستخدم في ارتكاب الجريمة. علامات اللومينول الباهتة على السجاد يمكن أن ترشد المحققين إلى الكثير من بقع الدماء الضخمة. بصمات أيادي ملطخة بالدماء كما هو موضح **بالشكل 1** ربما تقود المحققون إلى القاتل

هناك استخدامات أخرى للومينول إلى جانب التحقيقات الجنائية. في حادث سيارة قد تكشف مادة اللومينول ما إذا كانت الضحية ترتدي حزام الأمان حتى بعد أن تتعرض السيارة للمطر والبرد أو أشعة الشمس المباشرة التي يمكنها أن تغير كثيرًا من بقع الدم.



الشكل 1 صورة اللومينول من مسرح الجريمة يمكن مقارنته ببصمة المشتبه به.

رذاذ الملاذ الأخير يمكن لمواد أخرى تحتوي على الحديد بالإضافة إلى الدم أن تتسبب في توهج اللومينول على الرغم من أن الخبراء يمكنهم أن يتبينوا الفرق. وقد يتداخل اللومينول مع اختبارات أخرى. لهذا السبب، المحققون عادة لا يستخدموا اللومينول إلا بعد إكتمال جميع التحقيقات الأخرى.

الكتابة في ◀ الكيمياء

مقال إخباري إجراء المزيد من البحوث حول استخدام اللومينول في تحقيقات مسرح الجريمة. اكتب مقال صحفي يبين كيف قاد اللومينول المحققين إلى المشتبه به. صف نوع الأدلة المستخدمة في التحقيق.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مقياس صغير

مختبر الكيمياء

التحقيقات الجنائية: التعرف على عربة النقل المتهالكة

الخلفية: يتفاعل شيء ما مع الفلزات الموجودة في هياكل العديد من الزوارق المستخدمة في الخور. توصل المحققون أن هناك ثلاث ملوثات محتملة لكل منها مصدر مختلف. مهمتك اختبار الملوثات المحتملة الثلاثة ومقارنتها مع عينة من الخور. الحيوانات التي تعتمد على الخور كمصدر رئيس للمياه تعتمد عليك في حل غموض المركبة التالفة.

السؤال: كيف يمكن استخدام سلسلة تفاعلات كيميائية لتحديد ما تم ضخه في مصدر مياه؟

المواد

- 0.1 *M* $AgNO_3$
- 0.1 *M* HCl
- 0.1 *M* $ZnSO_4$
- محلول غير معروف
- أسلاك نحاس
- رصاص
- برادة حديد
- أشرطة مغنيسيوم
- ملاقط
- قطارات (4)
- صحن متعدد الحفر (24 حفرة)

احتياطات السلامة

تحذير: محلول نيترات الفضة ($AgNO_3$) سام للغاية ويترك بقعاً على الجلد أو الملابس.

الإجراءات

1. اقرأ تعليمات السلامة لهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. أنشئ جدولاً لتسجيل بياناتك.
3. ضع صحن الحفر بشكل جيد على ورقة بيضاء.
4. ضع قطع من الأسلاك النحاسية في أربع حفر في الصف الأول.
5. كرر الخطوة 4، مضيفاً عينات صغيرة من برادة الحديد إلى الحفر في الصف الثاني.
6. كرر الخطوة 4، مضيفاً عينات صغيرة من الرصاص إلى الحفر في الصف الثالث
7. كرر الخطوة 4، مضيفاً قطع صغيرة من شريط المغنيسيوم إلى الحفر في الصف الرابع.
8. ضع 20 قطرة من محلول نيترات الفضة ($AgNO_3$) في كل حفرة في العمود الأول.
9. كرر الخطوة 8، مضيفاً حمض الهيدروكلوريك (HCl) في العمود الثاني.
10. كرر الخطوة 8، مضيفاً محلول كبريتات الخارصين ($ZnSO_4$) في العمود الثالث.

الملاحظات				
	$AgNO_3$	HCl	$ZnSO_4$	المجهول
Cu				
Fe				
Pb				
Mg				

11. كرر الخطوة 8، مضيفًا المحلول المجهول في العمود الرابع.
12. دع التفاعلات تستمر لمدة 5 min، ثم صف التفاعلات بعد ذلك. اكتب لا تفاعل لأي من الحفر التي ليس لديها مؤشر على التفاعل.
13. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من المواد الصلبة والمحاليل حسب توجيهات المعلم الخاص بك. نظف وأعد كل أدوات المختبر إلى مكانها الصحيح.

التحليل والنتائج

1. **لخص** النتائج التي لاحظتها في كل حفرة. كيف يمكنك معرفة حدوث التفاعل الكيميائي؟
2. **اكتب** المعادلة الكيميائية الموزونة لكل تفاعل لاحظته. وحدد الأنواع التي تأكسدت أو اختزلت في كل تفاعل.
3. **استنتج** استنادًا إلى البيانات الخاصة بك أي المحاليل يُلحق ضرراً بالخور؟ علل إجابتك.
4. **استخدم المتغيرات والثوابت والضوابط** لماذا كان من المهم مقارنة تفاعلات المحلول المجهول مع أكثر من تفاعل معلوم؟
5. **البحث** انظر إلى قائمة المواد الكيميائية التي استخدمتها ووضح أثرها على النظام البيئي.
6. **التوسع** ماذا تتوقع إذا كان محلول نيترات الرصاص ($Pb(NO_3)_2$) كان من ضمن المحاليل المستخدمة؟
7. **تحليل الخطأ** قارن النتائج الخاصة بك مع نتائج أصدقاء آخرين في المختبر. فسّر أي فروق أو اختلافات.

التوسع في الاستقصاء

تصميم تجربة ضع فرضية لطريقة يمكنك بواسطتها إزالة هذه المادة الكيميائية من الخور دون إلحاق المزيد من الأضرار بالنظام البيئي للمنطقة. صمم تجربة لاختبار الفرضية الخاصة بك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 دليل الدراسة

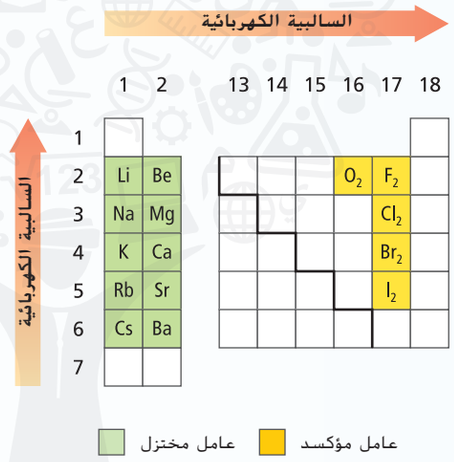
الفكرة **الرئيسة** **تعتبر تفاعلات الأكسدة والاختزال – من بين أكثر العمليات الكيميائية شيوعًا في الطبيعة والصناعة – وهي تتضمن انتقال للإلكترونات.**

القسم 1 الأكسدة والاختزال

المفردات
- **تفاعل الأكسدة والاختزال**
- **أكسدة**
- **اختزال**
- **عدد التأكسد**
- **عامل مؤكسد**
- **عامل مختزل**

الفكرة **الرئيسة** يُعتبر تفاعلا الأكسدة والاختزال تفاعلين متكاملين، حيث تتأكسد مادة وتختزل مادة أخرى.

- تتضمن تفاعلات الأكسدة والاختزال على انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى.
- عند اختزال ذرة أو أيون، فإن عدد الأكسدة ينخفض. أما عند أكسدة ذرة أو أيون، فإن عدد الأكسدة يرتفع.
- في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تشمل مركبات جزيئية (أو أيونات متعددة الذرات ذات روابط تساهمية)، معظم الذرات ذات السالبية الكهربائية العالية يتم التعامل معها كأنها اختزلت. ويتم التعامل مع الذرات ذات السالبية الكهربائية المنخفضة على أنها تأكسدت.



القسم 2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال

المفردات
- **طريقة عدد التأكسد**
- **أنواع**
- **نصف تفاعل**

الفكرة **الرئيسة** تصبح معادلة الأكسدة والإختزال موزونة عند تساوي مجموع الزيادة في أعداد الأكسدة مجموع الانخفاض لأعداد أكسدة الذرات أو الأيونات في التفاعل.

- يصعب وزن معادلات الأكسدة والاختزال التي تُظهر نفس العنصر في عدة مواد متفاعلة وناتجة بالطريقة التقليدية.
- تستند طريقة عدد التأكسد على أن عدد الإلكترونات المفقودة من ذرات أو أيونات يساوي عدد الإلكترونات التي اكتسبتها ذرات أو أيونات أخرى.
- لوزن المعادلات في الوسط الحمضي، قم بإضافة أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- لوزن المعادلات في الوسط القاعدي، قم بإضافة أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 التقويم

القسم 1

إتقان المفاهيم

33. ما هي السمة الأساسية لتفاعلات الأكسدة والاختزال؟

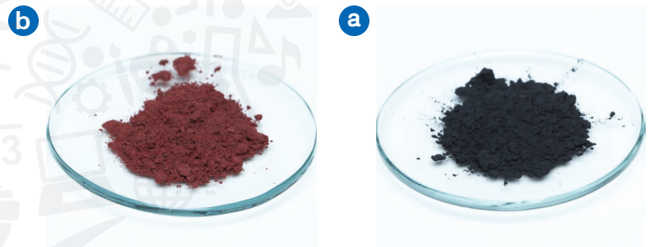
34. فسر لماذا لا تحتوي كل تفاعلات الأكسدة على أكسجين.

35. ماذا يحدث عندما تتأكسد الذرة؟ ومتى تختزل الذرة؟

36. عرّف عدد التأكسد.

37. **الفلزات** ما عدد التأكسد للفلزات القلوية الأرضية في مركباتها؟ وما عدد تأكسد الفلزات القلوية في مركباتها؟

38. كيف يرتبط عدد التأكسد في عملية الأكسدة بعدد الإلكترونات المفقودة؟ كيف يرتبط عدد التأكسد في عملية الاختزال بعدد الإلكترونات المكتسبة؟



■ **الشكل 9**

39. ما السبب في اختلاف ألوان مركبات النحاس كما هو موضح في **الشكل 9**؟

40. **النحاس والهواء** تماثيل النحاس مثل تمثال الحرية تظهر باللون الأخضر بعد تعرضها للهواء. في عملية الأكسدة يتفاعل فلز النحاس مع الأكسجين لتكوين أكسيد النحاس الصلب الذي يشكل الطبقة الخضراء. اكتب تفاعل عملية الأكسدة وتعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل.

إتقان حل المسائل

41. تعرف على الأنواع التي تأكسدت والأنواع التي اختزلت في كل من معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $3Br_2 + 2Ga \rightarrow 2GaBr_3$
b. $2HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
c. $3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$

42. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
b. $2Na + I_2 \rightarrow 2NaI$

43. ما العامل المختزل في المعادلة الموزونة التالية؟

$$8H^+ + Sn + 6Cl^- + 4NO_3^- \rightarrow SnCl_6^{2-} + 4NO_2 + 4H_2O$$

44. ما عدد تأكسد المنجنيز في $KMnO_4$؟

45. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في المركبات والأيونات التالية:

a. $CaCrO_4$ c. NO_2^-
b. $NaHSO_4$ d. BrO_3^-

46. حدد أي أنصاف التفاعلات التالية أكسدة، وأيها اختزال؟

a. $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$
b. $Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$

47. أي من هذه المعادلات لا تمثل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسر إجابتك.

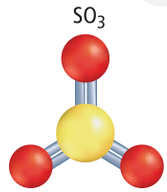
a. $LiOH + HNO_3 \rightarrow LiNO_3 + H_2O$
b. $MgI_2 + Br_2 \rightarrow MgBr_2 + I_2$

48. حدد عدد تأكسد النيتروجين في المركبات أو الأيونات التالية:

a. NO_3 b. N_2O c. NF_3

49. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في المركبات أو الأيونات التالية:

a. $Au_2(SeO_4)_3$ (سيلينات الذهب (III))
b. $Ni(CN)_2$ (سيانيد النيكل (III))



■ **الشكل 10**

50. فسر كيف أن أيون الكبريتيت (SO_3^{2-}) يختلف عن ثالث أكسيد الكبريت (SO_3)، الموضّح في **الشكل 10**.

القسم 2

إتقان المفاهيم

51. قارن بين طريقة وزن معادلات الأكسدة والاختزال في المحاليل الحمضية والمحاليل القاعدية.

52. فسر لماذا يعتبر استخدام أيونات الهيدروجين H^+ في تفاعلات الأكسدة والاختزال تبسيط للواقع.

53. قبل محاولتك لوزن معادلة تفاعل أكسدة – اختزال لماذا تحتاج لمعرفة هل تم التفاعل في محلول حمضي أم في محلول قاعدي؟

54. ما هو الأيون المتفرج؟

55. عرف المصطلح الأنواع تبعًا لتفاعلات الأكسدة والاختزال.

56. هل المعادلة الآتية موزونة؟ فسر إجابتك.

$$Fe(s) + Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Ag(s)$$

57. هل تمثل المعادلة الآتية عملية اختزال أم أكسدة؟ فسر إجابتك.

$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$$

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

58. صف ماذا يحدث للإلكترونات في كل نصف تفاعل من عملية الأكسدة والاختزال.

إتقان حل المسائل

59. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + HOCl$

b. $HBrO_3 \rightarrow Br_2 + H_2O + O_2$

60. زن المعادلات الأيونية لتفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Au^{3+}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Au(s) + I_2(s)$

b. $Ce^{4+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Ce^{3+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$

61. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية التالية:

a. $Al + I_2 \rightarrow Al^{3+} + I^-$

b. $MnO_2 + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (محلول حمضي)

62. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $PbS + O_2 \rightarrow PbO + SO_2$

b. $NaWO_3 + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2WO_4 + H_2O$

c. $NH_3 + CuO \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$

d. $Al_2O_3 + C + Cl_2 \rightarrow AlCl_3 + CO$

■ **الشكل 11**

63. الياقوت يتكون معدن الكورانـدوم من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) وهو رمادي اللون. الياقوت هو غالباً أكسيد الألمنيوم ولكنه يحتوي على كميات صغيرة من Fe^{2+} و Ti^{4+}. لون الياقوت ناتج عن عملية انتقال الإلكترون من Fe^{2+} إلى Ti^{4+}. استنادًا **للشكل 11**. اكتب المعادلة الكيميائية التي تصف التفاعل الذي يكون المعدن الموجود ناحية اليمين. ما العامل المؤكسد والعامل المختزل؟

64. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال لكل من تفاعلات الأكسدة والاختزال التالية علمًا أنها تحدث في محلول مائي:

a. $PbO(s) + NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l) + Pb(s)$

b. $I_2(s) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow Na_2S_2O_4(aq) + NaI(aq)$

c. $Sn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow SnCl_2(aq) + H_2(g)$

65. اكتب نصفي التفاعل اللذين يكونان تفاعل الأكسدة والاختزال التالي:

$$3H_2C_2O_4 + 2HAsO_2 \rightarrow 6CO_2 + 2As + 4H_2O$$

66. أي التفاعلات التالية أكسدة وأيها اختزال؟

a. $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

b. $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

c. $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

d. $F_2 \rightarrow 2F^- + 2e^-$

■ **الشكل 12**

67. النحاس عندما يتم وضع النحاس الصلب في محلول نيترات الفضة كما هو مبين **بالشكل 12**. فإنه يظهر فلز الفضة ويتكون محلول نيترات النحاس (II) ذو اللون الأزرق. اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة. حدد حالة الأكسدة لكل عنصر في المعادلة. اكتب نصفي معادلة التفاعل وحدد أيها أكسدة وأيها اختزال. أخيراً اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

68. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية التالية:

a. $MoCl_5 + S^{2-} \rightarrow MoS_2 + Cl^- + S$

b. $TiCl_6^{2-} + Zn \rightarrow Ti^{3+} + Cl^- + Zn^{2+}$

69. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال. أضف جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد كما هو مطلوب.

a. $NH_3(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(l)$ (في محلول حمضي)

b. $Br_2 \rightarrow Br^- + BrO_3^-$ (في المحلول القاعدي)

70. استخدم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $CO + I_2O_5 \rightarrow I_2 + CO_2$

b. $SO_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

c. $Cu + NO_3^- \rightarrow Cu^{2+} + NO$ (في محلول حمضي)

d. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في محلول حمضي)

e. $Al + OH^- + H_2O \rightarrow H_2 + AlO_2^-$

71. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال. وأضف جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد كما هو مطلوب.

a. $Cl^-(aq) + NO_3^-(aq) \rightarrow ClO^-(aq) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)

b. $IO_3^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow Br_2(l) + IBr(s)$ (في محلول حمضي)

c. $I_2(s) + Na_2S_2O_3(aq) \rightarrow Na_2S_2O_4(aq) + NaI(aq)$ (في محلول حمضي)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

مراجعة عامة

72. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط عريض في كل من التالي:

a. OF_2 **b.** UO_2^{2+} **c.** RuO_4 **d.** Fe_2O_3

73. قم بتحديد أي من التغيرات التالية أكسدة وأيها اختزال؟

a. $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ **c.** $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$

b. $Na \rightarrow Na^+ + e^-$ **d.** $O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$

74. استخدم قواعد تحديد أعداد التأكسد لكي تكمل **الجدول 7**.

جدول 7 تعيين عدد التأكسد

العنصر	عدد التأكسد	القاعدة
K في KBr	+1	
Br في KBr		8
Cl في Cl_2		1
K في KCl		7
Cl في KCl	−1	
Br في Br_2	0	

75. حدد العامل المختزل في كل من المعادلات التالية:

a. $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

b. $Na_2SO_4 + 4C \rightarrow Na_2S + 4CO$

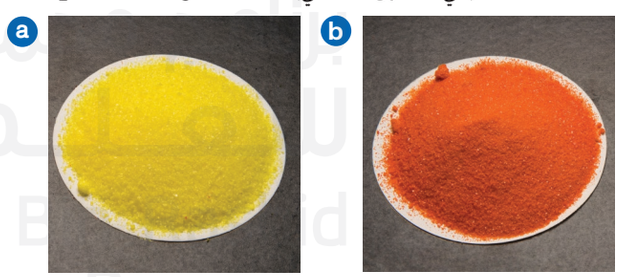
c. $4IrF_5 + Ir \rightarrow 5IrF_4$

76. اكتب معادلة الأكسدة والاختزال الأيونية الموزونة مستخدمًا أنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال التالية:

a. $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
$Te^{2+} + 2e^- \rightarrow Te$

b. $IO_4^- + 2e^- \rightarrow IO_3^-$
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ (في محلول حمضي)

c. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$
$N_2O \rightarrow 2NO_3^- + 8e^-$ (في محلول حمضي)



■ **الشكل 13**

77. ما السبب في اختلاف أشكال مركبات الكروم كما هو موضح في الشكل **13**؟

78. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدمًا أي طريقة من طرائق وزن المعادلات:

a. $Sb^{3+} + MnO_4^- \rightarrow SbO_4^{3-} + Mn^{2+}$
(في محلول حمضي)

b. $N_2O + ClO^- \rightarrow Cl^- + NO_2^-$
(في المحلول القاعدي)

79. **الأحجار الكريمة** الياقوت من الأحجار الكريمة يتكون من أكسيد الألمنيوم ولونه الأحمر ينتج من الكمية الضئيلة من أيونات الكروم (III) مستبدلًا بعض أيونات الألمنيوم. اكتب صيغة أكسيد الألمنيوم ووضح التفاعل الذي يحل فيه أيون الكروم محل أيون الألمنيوم. هل هذا تفاعل أكسدة واختزال؟

80. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدماً أي طريقة من طرائق وزن المعادلات:

a. $Mg + Fe^{3+} \rightarrow Mg^{2+} + Fe$

b. $ClO_3^- + SO_2 \rightarrow Cl^- + SO_4^{2-}$ (في المحلول الحمضي)

81. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية مستخدماً أي طريقة من طرائق الوزن:

a. $P + H_2O + HNO_3 \rightarrow H_3PO_4 + NO$

b. $KClO_3 + HCl \rightarrow Cl_2 + ClO_2 + H_2O + KCl$

التفكير الناقد

82. **تطبيق** المعادلات الآتية تظهر تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تستخدم احياناً في المختبر لإنتاج غاز النيتروجين وغاز أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين النقي (أكسيد النيتروز. N_2O).

$$NH_4NO_2(s) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(l)$$

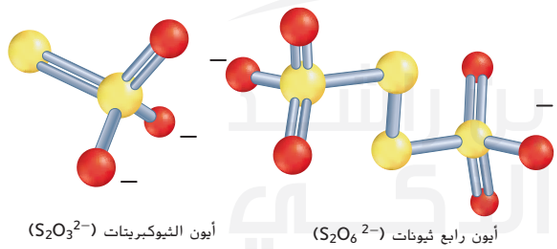
a. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في المعادلتين ثم بعد ذلك قم برسم مخطط موضحاً التغيرات في أعداد التأكسد التي حدثت في كل تفاعل.

b. حدد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت في كل من التفاعلين.

c. حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلين.

d. اكتب جملة توضح كيف أن انتقال الإلكترون الحادث في هذين التفاعلين يختلف عن ذلك الحادث في التفاعل أدناه.

$$2AgNO_3 + Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$



■ **الشكل 14**

83. **التحليل** افحص المعادلة الأيونية أدناه فيما يتعلق بالتفاعل الحادث عندما يتأكسد أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ إلى أيون رابع ثيونات $S_4O_6^{2-}$. وزن المعادلة باستخدام طريقة نصف التفاعل. **الشكل 14** سيساعدك لتحديد أعداد التأكسد المستخدمة.

$S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow I^- + S_4O_6^{2-}$ (في المحلول الحمضي)

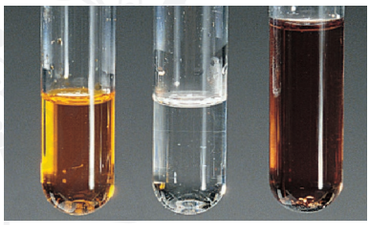
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

84. تنبأ ضع في اعتبارك أن كل ما يلي هي مركبات مستقرة. ما الذي يمكنك أن تستدل عليه عن حالة الأكسدة لعنصر الفسفور في مركباته؟

PH_3, PCl_3, P_2H_4, PCl_5, H_3PO_4, Na_3PO_3

85. حل برمنجنات البوتاسيوم تؤكسد أيونات الكلوريد إلى غاز الكلور. زن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال هذه علمًا أن التفاعل يحدث في محلول حمضي.

86. في نصف التفاعل $NO_3^- \rightarrow NH_4^+$، في أي من طرفي المعادلة يجب إضافة الإلكترونات؟ اضف عدد الإلكترونات الصحيح للطرف الذي يحتاج إليها وأعد كتابة المعادلة.



■ **الشكل 15**

87. تفاعـــل الأكسدة والاختزال بين أيونات ($Cr_2O_7^{2-}$) وأيونات (I^-) في المحلول الحمضي مُوضح بالشكل **15**. استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال.

مسألة تحدّي

88. لكل تفاعل موصوف، اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تمثله. حدد حالة الأكسدة لكل عنصر في المعادلة. ثم، اكتب نصفي التفاعل وصنفها إلى تفاعل أكسدة وتفاعل اختزال. أخيرًا اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

a. يُوضع أكسيد الزئبق (II) الصلب في أنبوبة الاختبار ويسخن برفق. يتكون الزئبق السائل على الجانبين وفي الجزء السفلي من الأنبوبة وتخرج فقاعات غاز الأكسجين من أنبوبة الاختبار.

b. عند وضع قطع نحاس صلبة في محلول نيترات الفضة، يترسب فلز الفضة ويتكون محلول نيترات النحاس (II) الأزرق.

الكتابة في الكيمياء

89. الفولاذ ابحث في دور تفاعلات الأكسدة والاختزال في صناعة الفولاذ. اكتب ملخص للنتائج الخاصة بك، متضمناً في ذلك الرسومات التخطيطية الملائمة والمعادلات التي تمثل التفاعلات.

90. الفضيات قم بممارسة مهارات الكتابة التقنية الخاصة بك عن طريق كتابة إرشادات لتنظيف الفضيات الملطخة بعملية أكسدة واختزال كيميائية. من المؤكد أن تشمل المعلومات الأساسية التي تصف العملية، فضلا عن الخطوات التفصيلية التي تسمح لأي شخص أن ينجز المهمة.

91. كان النحاس فلزًا مفيدًا حتى قبل أن يستخرج الحديد والفضة والذهب من خاماتها واستخدامها كأدوات وأواني ومجوهرات، وفي الأعمال الفنية. تم صهر النحاس في درجات حرارة عالية قبل 8000 سنة. قارن بين عمليات استخراج النحاس واستخداماته في الحضارات القديمة واليوم.

DBQ

أسئلة مبنية على المستندات

طلاء الزجاج تشكيل الألوان في زجاج السيراميك، كما في **الشكل 16**، يمكن أن يتأثر بظروف عملية التصنيع (مثل: درجة الحرارة). أيونات الفلزات التي لديها أكثر من حالة أكسدة مثل النحاس يمكنها أن تعطي ألوانًا مختلفة للسيراميك. عند القيام بعملية التسخين تتوفر كميات كبيرة من الأكسجين مما يجعل أيونات النحاس تحول لون السيراميك من اللون الأخضر إلى اللون الأزرق. في ظل ظروف الاختزال يكون الأكسجين محدودًا وثاني أكسيد الكربون متوفرًا. تعطي أيونات النحاس في مادة السيراميك لونًا محمرًا.

■ **الشكل 16**

92. اكتب المعادلة لما حدث في الآنية المبينة في **الشكل 16**.

93. استنادًا إلى لون الآنية الفخارية، ماهي حالة أكسدة النحاس المختزلة؟ المؤكسدة؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب تراكمي على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. أي مما يلي لا يعتبر عامل مختزل في تفاعل الأكسدة والاختزال؟
A. المادة التي تأكسدت
B. المادة المستقبلة للإلكترون
C. المادة الأقل سالبية كهربائية
D. المادة المانحة للإلكترون

2. التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس(II) الموضح أدناه.

$$Ni(s) + CuCl_2(aq) \rightarrow Cu(s) + NiCl_2(aq)$$

ما نصفا تفاعلات الأكسدة والاختزال؟
A. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + 2e^-$
B. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + e^-$, $Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$
C. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$
D. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$, $2Cu^+ + 2e^- \rightarrow Cu$

وظف التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور الموضح أدناه في الاجابة عن السؤالين 3 و 4

$$2NaI(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + I_2(aq)$$

3. ما سبب عدم تغير عدد تأكسد الصوديوم؟
A. Na^+ أيون متفرج.
B. Na^+ لا يمكن اختزاله.
C. الصوديوم عنصر غير متحد.
D. Na^+ أيون أحادي الذرة.

4. أي التالية العامل المؤكسد في التفاعل ؟
A. Cl_2
B. I_2
C. NaCl
D. NaI

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم المعادلة أدناه للإجابة عن الأسئلة *5* و *6*.

$$I_2(s) + PbO_2(s) \rightarrow IO_3^-(aq) + Pb^{2+}(aq)$$

5. حدد عدد التأكسد لكل عنصر في التفاعل.

6. اشرح كيفية التعرف على العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

استخدم القائمة أدناه للإجابة على الأسئلة من *7* إلى *10*

خمس دوارق يحتوي كل منها 500 mL من محلول مائي تركيزه 0.250 *M* المائي من المركبات الكيميائية التالية:
A. KCl
B. CH_3OH
C. $Ba(OH)_2$
D. CH_3COOH
E. NaOH

7. ما المركب الكيميائي الذي سيتفكك إلى أكبر عدد من الجسيمات عند إذابته في محلول؟

8. ما المركب الكيميائي صاحب أكبر كتلة مولية؟

9. أي الدوارق يحتوي على 9.32 g من المركب الكيميائي المخصص؟

10. أي الدوارق تتكون محتوياتها من 18.7% أكسجين؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ملاحظات

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education