Grade12files

الكيمياء الكهربائية

الفكرة **الرئيسة** يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الأقسام

1 الخلايا الفولتية
2 البطاريات
3 التحليل الكهربائي

التجربة الاستهلالية

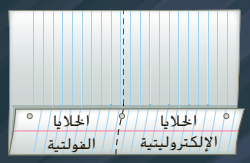
كيف يمكنك صنع بطارية من ليمونة؟

يمكنك شراء مصدرًا من الطاقة المحمولة من أي متجر من المتاجر – بطارية. كما يمكنك أيضا إضاءة مصباح بالليمونة. سوف تدرس، في هذا المختبر مدى تشابه مصادر الطاقة هذه.

مطوياتي® منظم الدراسة

الخلايا الكهربائية وكيميائية

اصنع مطوية. وضع عليها علامات كما هو موضح. استخدمها لمساعدتك في المقارنة بين الخلايا الفولتية والخلايا الكهربائية.



التجربة الاستهلالية

كيف نصنع بطارية من ليمونة؟

الهدف التوضيح للطلاب كيفية عمل البطارية.

احتياطات السلامة اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. استخدم قطع الليمون لعدة حصص دراسية. تخلص منها في سلة المهملات في نهاية اليوم. نظف قطع الخارصين والنحاس الفلزية وأعد استخدامها.

استراتيجيات التدريس

- عرّف المفهوم من خلال توصيل بطارية بالفولتميتر وشرح القراءة.
- يمكن استخدام أي فلزات أخرى غير الخارصين والنحاس. يمثل المغنيسيوم والحديد اختيارات جيدة أيضًا.

النتائج المتوقعة عند استخدام الخارصين والنحاس، تكون قراءة الفولتميتر 1.1 V عند إزالة أحد الفلزات من الليمون، تكون قراءة الفولتميتر 0 V أو أيًا كانت قراءة الصفر الافتراضية.

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. أدخل **الخارصين** و**شرائح النحاس** في **الليمون**، بعيدًا عن بعضها البعض بحوالي 2 cm.
3. قم بتوصيل السلك الأسود من **الفولتميتر** بالخارصين والسلك الأحمر بالنحاس. اقرأ فرق الجهد (الفولتية) المعروض على الفولتميتر وسجل قراءتك.
4. قم بإزالة أحد الفلزين من الليمون ولاحظ ماذا يحدث لفرق الجهد على الفولتميتر.

التحليل

1. **فسّر** الهدف من استخدام فلزي الخارصين والنحاس.
يوفر الفلزان فرق جهد يمكن قياسه بالفولت.
2. **استدل** ما هي وظيفة الليمون؟
يعمل الليمون كمحلول إلكتروليتي للأيونات والإلكترونات لتنتقل من فلز إلى آخر.

استقصاء

هل تعتقد أن بإمكانك صناعة بطارية من أطعمة أخرى غير الليمون؟ كوّن فرضية عن الأطعمة الأخرى —أو أنواع الأطعمة— التي يمكن تصنيع بطاريات منها. ثم، صمم بطارية باستخدام طعام آخر. إذا اعتمد معلمك التصميم الخاص بك، فاختبر فرضيتك. يمكن استخدام الأطعمة الحمضية أو التي تحتوي على سائل، مثل الفواكه الحمضية الأخرى، أيضًا لتصنيع بطارية.

مقدمة **الفكرة** الرئيسة

تتضمن البطاريات لتقديم الفكرة الرئيسة لهذه الوحدة، أحضر أنواعًا مختلفة من البطاريات إلى الفصل الدراسي وقطعة من فلز متآكل. أخبر الطلاب أن كل البطاريات تتضمن تفاعلات "أكسدة واختزال". إذا كان التفاعل تلقائيًا، فإن النظام يُعتبر خلية فولتية. إذا كان التفاعل يستلزم طاقة، فإن النظام يُعتبر خلية إلكتروليتية.

الربط بالمعرفة السابقة

أطلب إلى الطلاب مراجعة المفاهيم التالية قبل دراسة هذه الوحدة.

- أنواع التفاعلات وسلسلة نشاط العناصر
- الطاقة وطاقة الوضع الكيميائية والعملية التلقائية
- تفاعلات الأكسدة والاختزال النصفية

استخدام الصورة

البطاريات اطلب إلى الطلاب ملاحظة الصورة الافتتاحية واسألهم ماذا تفعل البطارية. تحويلات الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية تم استخدام كاميرا المصيدة لالتقاط الصورة التي تستخدم كلا من بطاريات الليثيوم والبطاريات القلوية. تحتوي البطاريات على الخلايا الكهروكيميائية التي تولد تيارًا كهربيًا. تتكون الأقطاب الكهربائية الخاصة ببطارية الليثيوم، الموجودة في الكاميرا من ليثيوم أكسيد الكوبالت، $LiCoO_2$ والكربون. تستخدم كاميرا المصيدة بطاريات قلوية والتي تحتوي على أقطاب الخارصين وأكسيد المنجنيز الكهربائية.

التقطت مصيدة الكاميرا هذه الصورة للثعلب الأحمر. تعتبر مصيدة الكاميرا طريقة غير مكلفة لدراسة الحيوانات باستخدام جهاز استشعار يُشغّل مصراع الكاميرا عند اقتراب الحيوان. تمد البطاريات كلًا من الكاميرا وجهاز الاستشعار بالطاقة.

McGraw-Hill Education مؤسسة مجموعة ماكجرو-هيل للتعليم © حقوق النشر والملكية

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

تدفق الإلكترون ذكر الطلاب بتجربة بطارية الليمون الاستهلالية. اسأل الطلاب عن أي اتجاه كان يبدو أن التيار سيتدفق فيه (أعطِ قيمة موجبة). تدفق التيار الكهربائي من الخارصين إلى النحاس اسأل الطلاب ماذا سيحدث إذا كان قد تم توصيل السلك الأسود بالنحاس وتوصيل السلك الأحمر بالخارصين. ستكون قراءة الفولتميتر سالبة أو ستظهر على أنها لا تعمل على نحو صحيح. اسأل الطلاب إذا كان يمكن استخدام أي طعام آخر بدلاً من الليمون. قد يكون الطلاب قد سمعوا عن ساعات البطاطا. ض م

2 التدريس

تطوير المفاهيم

هل تستخدمون البطاريات؟ اطلب إلى الطلاب عمل عصف ذهني وذكر الأشياء التي تستلزم نوع بطارية معينًا، مثل التلفزيون وأجهزة التحكم عن بعد. يجب أن يكون الطلاب قادرين على ذكر أشياء مثل بطاريات الراديو، ومشغل الأقراص المدمجة، والآلات الحاسبة، والألعاب، و أجهزة إنذار الحريق، والساعات، والهواتف النقالة، وكاميرات الفيديو، وأجهزة الكمبيوتر، والكشافات اليدوية، والسيارة، وآلة جز العشب. اطلب إليهم اقتراح سبب لاستخدام أنواع معينة من البطاريات في بعض الأجهزة المنزلية دون غيرها. بعض الإجابات المتوقعة قد تشمل حجم البطارية والعمر الافتراضي لاستخدام البطارية في المرة الواحدة وتكلفتها، وهل تولد البطارية فرق جهد كافيًا لتشغيل الجهاز أم لا. ض م

الأسئلة الرئيسة

- كيف يتم الحصول على الطاقة الكهربائية من تفاعل الأكسدة والاختزال؟
- ما أجزاء الخلايا الفولتية وكيف يعمل كل جزء من هذه الأجزاء؟
- كيف يتم حساب جهد الخلية وكيف يتم تحديد تلقائية حدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال؟

مراجعة المفردات

الأكسدة oxidation: فقدان الذرات للإلكترونات وزيادة عدد الأكسدة.

الاختزال reduction: اكتساب الذرات للإلكترونات ونقص عدد الأكسدة.

المفردات الجديدة

salt bridge	القنطرة الملحية
electrochemical cell	الخلية الكهروكيميائية
voltaic cell	الخلية الفولتية
half-cell	نصف الخلية
anode	الأنود
cathode	الكاثود
reduction potential	جهد الاختزال
standard hydrogen electrode	قطب الهيدروجين القياسي

الخلايا الفولتية

الفكرة **الرئيسة** تحدث الأكسدة في الخلايا الفولتية عند الأنود، مما يؤدي إلى إنتاج إلكترونات والتي تتدفق إلى الكاثود، حيث يحدث الاختزال.

الكيمياء في حياتك

ماذا يمكنك أن تفعل بنصف ورقة نقدية بقيمة 10 دراهم؟ بدون النصف الآخر، لا يمكنك إنفاقها. الخلايا الفولتية هي خلايا تتكون من نصفين وينتج كلا النصفين الطاقة.

الأكسدة والاختزال في الكيمياء الكهربائية

الكيمياء الكهربائية هي دراسة عمليات الأكسدة والاختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس. تعتبر العمليات الكهروكيميائية عمليات مفيدة في مجال الصناعة كما تعتبر ذات أهمية كبرى في الوظائف الأحيائية.

لقد تعلمت أن جميع تفاعلات الأكسدة والاختزال تتضمن عملية انتقال الإلكترونات من المواد التي تتأكسد إلى الأنواع التي تُختزل. يوضح **الشكلان 1** و **2** تفاعل أكسدة واختزال بسيط حيث تتأكسد ذرات الخارصين لتكوّن أيونات (Zn^{2+}). يتم قبول الإلكترونين الخارجين من كل ذرة خارصين من قبل أيون النحاس (Cu^{2+}) والذي يصبح ذرة فلز النحاس. توضح المعادلة الأيونية التالية عملية انتقال الإلكترونات التي تحدث.

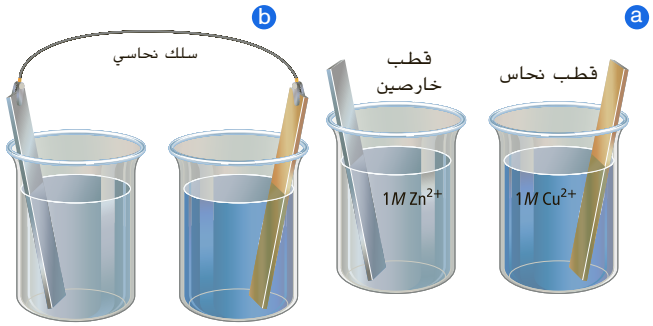
$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \quad (2e^-)$$

تفاعلات نصفية يتكون التفاعل السابق من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الاختزال التاليين:

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة النصفي: فقدان الإلكترونات)

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (تفاعل الاختزال النصفي: اكتساب الإلكترونات)

ماذا تعتقد أنه سيحدث إذا فصلت التفاعل النصفي للأكسدة عن التفاعل النصفي للاختزال؟ هل يمكن حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال؟ انظر **الشكل 1a** حيث يتم غمر لوح من الخارصين في محلول كبريتات الخارصين وحيث يتم غمر لوح من النحاس في محلول كبريتات النحاس (II).

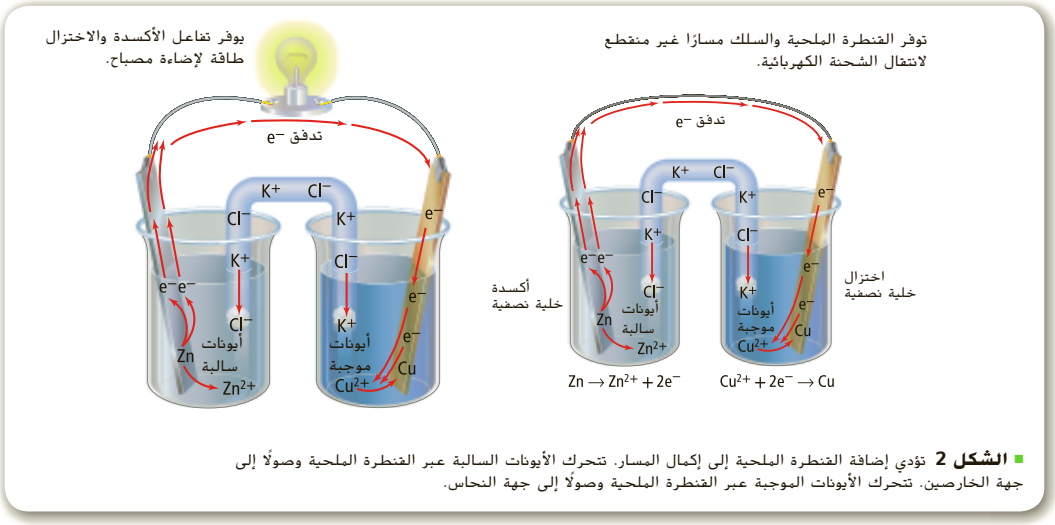


■ **الشكل 1** تم وضع هذه الأوعية وترتيبها بحيث يتأكسد الخارصين في جانب واحد، بينما يتم اختزال أيونات النحاس في الجانب الآخر. في **a** تم غمس لوح الخارصين في 1 *M* محلول كبريتات الخارصين ولوح النحاس في 1 *M* كبريتات النحاس. في **b** يوفر السلك النحاسي الذي يربط بين لوحي الخارصين والنحاس مسارًا لانتقال الإلكترونات ولكن هذا المسار غير كامل. فلا يزال انتقال الإلكترونات غير ممكن.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف ©

مشروع الكيمياء

ساعة البطاطا احصل على ساعة مكونة من قطعتين من البطاطا. (هذه الساعات متوفرة في العديد من متاجر اللوازم العلمية أو متاجر العلوم للبيع بالتجزئة.) عرّف القطبين الكهربائيين المختلفين على أنهم الخارصين والنحاس. اطلب من الطلاب رسم ساعة قطعتين البطاطا وتحديد القطبين الأنود والكاثود للخلية الكهروكيميائية. اطلب منهم أيضًا تسمية ذلك الجزء من الساعة الذي يعمل كموصل للكهرباء (إلكتروليت). ض م



■ **الشكل 2** تؤدي إضافة القنطرة الملحية إلى إكمال المسار. تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية وصولًا إلى جهة الخارصين. تتحرك الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية وصولًا إلى جهة النحاس.

توجد مشكلتان تحول دون حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال. الأولى، لا توجد طريقة لنقل الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس (II). يمكن حل هذه المشكلة من خلال ربط لوحي الخارصين والنحاس بسلك نحاسي. كما هو موضح في **الشكل 1b** حيث يعمل هذا السلك كمسار لانتقال الإلكترونات من لوح الخارصين إلى لوح النحاس.

االثانية، عند وضع الألواح الفلزية في المحاليل الخاصة بها، تبدأ عملية الأكسدة في لوح الخارصين ويبدأ الاختزال لأيونات النحاس – ولكن لا يمكن لهذه التفاعلات أن تستمر. يرجع السبب في هذا إلى أنه عند تأكسد الخارصين، تتراكم أيونات الخارصين الموجبة حول القطب الكهربائي للخارصين. وبينما يتم اختزال أيونات النحاس في محلول كبريتات النحاس، تتراكم أيونات الكبريتات السالبة حول القطب الكهربائي للنحاس. ويمنع تراكم الشحنات استمرار التفاعل. ولحل هذه المشكلة، تجب إضافة قنطرة ملحية للنظام. **القنطرة الملحية** هي مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة إلى الأخرى، كما هو موضح في **الشكل 2**. تتكون القنطرة الملحية من أنبوب يحتوي على محلول ملح قابل للذوبان وموصل للتيار الكهربائي مثل KCl والذي يحفظ في مكانه باستخدام هلام آجار أو أي مادة أخرى يمكن للأيونات الانتقال خلالها، بينما لا يسمح باختلاط المحلولين.

عندما يتم وضع السلك النحاسي الموصل والقنطرة الملحية في مكانهما، تبدأ عملية الأكسدة والاختزال في الحدوث تلقائيًا. تنتقل الإلكترونات عبر السلك من تفاعل الأكسدة النصفي إلى تفاعل الاختزال النصفي، بينما تتحرك الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحية. يُطلق على تدفق الجسيمات المشحونة تيار كهربائي. في **الشكل 2**، يُشكل كل من تدفق الإلكترونات عبر السلك وتدفق الأيونات عبر القنطرة الملحية التيار الكهربائي. يمكن استخدام طاقة الإلكترونات المتدفقة لإضاءة مصباح، كما هو موضح في **الشكل 2**.

الخلايا الكهروكيميائية يُعد الجهاز الموضح في **الشكل 2** نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية والتي تُدعى الخلايا الفولتية. **الخلية الكهروكيميائية** هي جهاز يستخدم تفاعل الأكسدة والاختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. **الخلية الفولتية** هي نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية التي تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. تُسمى الخلية الفولتية، كما هو موضح في **الشكل 3** بذلك الاسم نسبة إلى عالم الفيزياء الإيطالي أليساندرو فولتا (1745-1827) الذي يرجع إليه الفضل في اختراعها عام 1800.

■ **الشكل 3** يتشابه هذا الشكل مع إحدى الخلايا الأولى لأليساندرو فولتا والتي تتكون من أقراص من الخارصين والنحاس مرتبة في طبقات متبادلة ويفصلها قطع من القماش أو الورق المقوى المغطس في محلول حمضي. يزداد التيار الكهربائي بزيادة عدد الأقراص الفلزية المستخدمة.

تحديد المفاهيم الخاطئة

لا يفهم الطلاب دائمًا أن الدائرة الكهربائية تتطلب تدفقًا كاملاً وغير منقطع من الإلكترونات (الجسيمات المشحونة).

تحديد المفاهيم الخاطئة

قسّم الفصل إلى مجموعات صغيرة وزود كل مجموعة ببطاريات جافة ومصابيح إنارة وأسلاك فردية (مع تعريته من المادة العازلة عند الأطراف). ضع تحديًا للطلاب لإنارة مصابيحهم باستخدام أكبر عدد ممكن من الطرائق. اطلب إلى كل مجموعة أن ترسم مخططًا للمسار الموصل الذي يضيء المصباح. ثبت مع كل مجموعة مفهوم الدائرة الكاملة التي تمكن المصباح من الإنارة. قد يضيء الطلاب المصابيح منفردة أو بربط سلسلة من البطاريات والمصابيح بالأسلاك لبناء دائرة كاملة أكثر دقة.

وضّح المفهوم

بعد عرض كيفية إضاءة مصباح باستخدام دائرة كهربائية كاملة اشرح ماذا يحدث عند مرور شيء ما أو مادة ما عبر الدائرة. اطلب من كل مجموعة استخدام الدائرة التي أنشأوها لإنارة مصباح ووضع مجموعة متنوعة من المواد بين أحد طرفي السلك وأسفل البطارية. اشرح لهم أنه إذا كانت المادة التي تمر عبر الدائرة موصلة، فإن الدائرة ستوصل التيار وتنير المصباح. إذا لم تكن المادة موصلة، فُستنفصل الدائرة ولن ينير المصباح. قد تحتوي مواد العينة على ورق مقوى أو شريحة من النحاس أو قطعة من القماش المغموس في محلول ملحي أو أي مواد أخرى موصلة وغير موصلة.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلاب تعريف كيفية انتقال الجسيمات/الإلكترونات المشحونة وكيفية اكتمال الدائرة في الخلية الكهروكيميائية. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التأكد من فهم النص يحتوي الكأس على اليسار على الأنود. الأنود هو لوح الخارصين لأن الخارصين يفقد إلكترونات.

نبذة عن المحتوى

القنطرة الملحية اشرح كيف يمكن للقناطر الملحية أن تتخذ أشكالاً عديدة بما في ذلك الأمثلة التالية: أنبوبة على شكل حرف U مملوءة بالملح تربط بين كأسين مختلفين تحتوي على محاليل أو كوب مسامي يحتوي على أحد المحلولين موضوع داخل كوب آخر يحتوي على المحلول الثاني أو منديل ورقي عادي مغموس في محلول موصل للكهرباء (إلكتروليت)، مثل محلول ملحي، واستخدمها لتغطية كأسين منفصلين وتكون بذلك قد ربطت بين المحلولين.

التعزيز

المفردات اطلب إلى الطلاب التجمع في مجموعات صغيرة وأن يسألوا بعضهم البعض باستخدام المفردات في هذا القسم.

ض م **التعلم التعاوني**

الشكل 4 يمتلك قطار الملاهي في قمة المسار طاقة وضع عالية مقارنة بأسفل المسار بسبب الفرق في الارتفاع. وبالمثل، فإن الخلية الكهروكيميائية لديها طاقة وضع لإنتاج تيار بسبب وجود فرق بين جهدي القطبين لنقل الإلكترونات من القطب الموجب (الأنود) إلى القطب السالب (الكاثود).

كيمياء الخلايا الفولتية

تتكون الخلية الكهروكيميائية من جزأين يُطلق عليهما **نصفا الخلية** حيث يحدث كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال كل على حدة. يحتوي كل نصف على قطب ومحلول يحتوي على أيونات. القطب هو مادة موصلة للكهرباء، عادة ما تكون شريطًا فلزيًا أو ساق من الجرافيت والذي يوصل الإلكترونات داخل وخارج المحلول في الخلية النصفية. في **الشكل 2**، نجد الكأس الذي يحتوي على قطب الخارصين حيث تحدث عملية الأكسدة والتي تعتبر نصف تفاعل الأكسدة والاختزال. كما نجد الكأس الذي يحتوي على قطب النحاس حيث تحدث عملية الاختزال والتي تعتبر النصف الثاني للتفاعل الذي يحدث. يُطلق على التفاعل الذي يحدث في كل نصف من الخلايا النصفية تفاعلاً لخلية نصفية. يُطلق على الإلكترود (القطب) حيث تحدث عملية الأكسدة **الأنود.** يُطلق على الإلكترود (القطب) حيث تحدث عملية الاختزال **الكاثود.**

التأكد من فهم النص **حدد** أي من الكأسين في **الشكل 2** يحتوي على الأنود.

الخلايا الفولتية والطاقة تذكر أن الطاقة الكامنة للقطب ترجع إلى وضعه أو تكوينه. في الكيمياء الكهربائية، تعتبر الطاقة الكهربائية الكامنة مقياس لمقدار التيار الذي يمكن توليده من الخلية الفولتية للقيام بالشغل. يمكن للشحنة الكهربائية الانتقال بين نقطتين فقط عندما يوجد اختلاف في الطاقة الكهربائية الكامنة بينهما. في الخلية الكهروكيميائية، هاتان النقطتان هما القطبان ويُعتقد أن الإلكترونات المتولدة عند الأنود، جانب التأكسد، يتم دفعها أو تحريكها نحو الكاثود بواسطة القوة الدافعة الكهربائية (EMF). تتولد هذه القوة نتيجة للفرق في الطاقة الكهربائية الكامنة بين القطبين ويُشار إليها بجهد الخلية. الفولت هو وحدة قياس جهد الخلية ويعتبر فرق الجهد الكهربائي للخلية الفولتية مؤشرًا للطاقة المتوفرة لتحريك الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

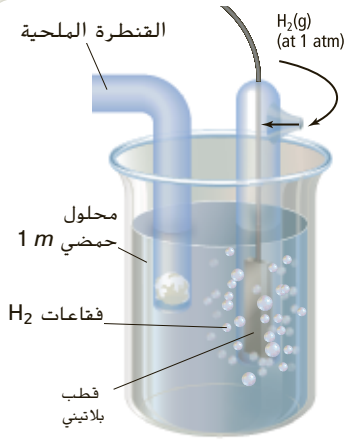
راجع التشبيه الموضح في **الشكل 4**. يعتبر قطار الملاهي ثابتًا تقريبًا على قمة مساره. ثم يهوي من مكانه المرتفع نتيجة للفرق في طاقة الوضع الجذبية (PE) بين قمة المسار وأسفله. يتم تحديد الطاقة الحركية (KE) لقطار الملاهي بحساب الفرق في الارتفاع بين قمة الأجزاء العلوية والسفلية للمسار. وبالمثل، يتم تحديد طاقة الإلكترونات المتدفقة من الأنود إلى الكاثود في الخلية الفولتية من خلال فرق الطاقة الكامنة الكهربائية بين القطبين. وفيما يتعلق بالأكسدة والاختزال، يتم تحديد جهد الخلية بمقارنة الفرق بين ميل كلا القطبين لاكتساب الإلكترونات. كلما زاد الفرق، زاد فرق الطاقة الكامنة بين القطبين وزاد جهد الخلية.

التعليم المتمايز

الطلاب دون المستوى صمم وسيلة مساعدة بصرية تساعد الطلاب على تحديد الأنود والكاثود، واتجاه التيار الكهربائي في الخلية الكهروكيميائية وعنونتها. ارسم صور للخلية، مثل أحد الأنظمة التي تم وصفها في النص،وثبتها على لوحة الملصقات . الآن وقد حددت الأقطاب الكهربائية والمحاليل في الخلايا النصفية، اطلب إلى الطلاب عنونة الأنود والكاثود، و وضع الإلكترونات على الرسم لإكمال الدائرة الكهربائية، وتحديد اتجاه تدفق الإلكترونات باستخدام سهم.

ق م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 5** يتكون قطب الهيدروجين القياسي من قطب بلاتين مغمور في محلول حمضي تركز أيونات الهيدروجين فيه 1 *M* ويضخ غاز هيدرجين تحت ضغط 1 atm في المحلول. جهد اختزال هذا القطب يساوي 0.000V.

تتسبب قوة الجاذبية دائمًا في اتجاه الفواص إلى الأسفل حيث حالة الطاقة المنخفضة وليس صعودًا نحو حالة الطاقة الأعلى مطلقًا. عندما يخطو الفواص خارج لوحة الغوص، فإن أولى حركاته التلقائية تكون دائمًا إلى الأسفل. وبالمثل، ففي خلية الخارصين والنحاس وفي ظل الظروف القياسية، تكسب أيونات النحاس (II) عند الكاثود إلكترونات بسهولة أكبر مقارنة بأيونات الخارصين عند الأنود. لذلك، يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيًا فقط عند تدفق الإلكترونات من الخارصين إلى النحاس.

المفردات
المفردات الأكاديمية
يتوافق Correspond
يتفق أو يتناسب
اتجاهاتها تتوافق مع الخريطة.

حساب جهود الخلايا الكهروكيميائية

تذكر أن عملية اكتساب الإلكترونات تُسمى الاختزال. وبناءً على هذه الحقيقة، فإن ميل المادة لاكتساب إلكترونات هو **جهد الاختزال**. لا يمكن تحديد إمكانية الاختزال للقطب الكهربائي مباشرةً حيث يجب اقتران تفاعل الاختزال النصفي مع تفاعل الأكسدة النصفي. عند اقتران التفاعلين النصفيين مع بعضهما البعض، يتوافق الجهد المتولد مع الفرق في الجهد بين التفاعلين. يتم التعبير عن فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين بالفولت (V).

مطوياتي®
استخدم المعلومات الواردة في مطويتك.

قطب الهيدروجين القياسي قرر الكيميائيون منذ زمن بعيد قياس جهد الاختزال لجميع الأقطاب الكهربائية مقابل قطب واحد وهو قطب الهيدروجين القياسي. يتكون **قطب الهيدروجين القياسي** من لوح صغير من البلاتين المغمور في محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين بتركيز 1 *M*. ويتم ضخ غاز الهيدروجين (H_2) في المحلول عند ضغط 1 atm وتبقى درجة الحرارة ثابتة عند 25°C، كما هو موضح في **الشكل 5**. يُقدّر هذا الجهد والذي يُسمى أيضًا بجهد الاختزال القياسي (E^0) لقطب الهيدروجين القياسي بمقدار 0.000 V. يمكن لهذا القطب أن يكون بمثابة تفاعل الأكسدة النصفي أو تفاعل الاختزال النصفي، تبعًا للخلية النصفية المتصلة به. يتمثل التفاعلان المحتملان في القطب الكهربائي الهيدروجيني فيما يلي:

$$2H^+(aq) + 2e^- \underset{\text{الأكسدة}}{\overset{\text{الاختزال}}{\rightleftharpoons}} H_2(g) \qquad E^0 = 0.000\ V$$

التوسّع

الكيميائيون اطلب إلى الطلاب الاستقصاء عن أبرز الكيميائيين الذين تتضمن عملهم الكيمياء الكهربائية. اطلب إليهم البحث عن إسهامات عالم واحد والحقبة الزمنية التي عاش فيها وكتابة تقرير بذلك ومشاركته مع الفصل الدراسي. اقترح على الطلاب البحث حول جلفاني أو فولتا أو داو أو إديسون أو فاراداي. ض م

التعزيز

التفاعلات التلقائية وغير التلقائية اطلب إلى الطلاب تحديد أي الزوجين يمثل تفاعل تلقائي وأيهما يمثلتفاعل غير تلقائي:

a. $Ni + Zn^{2+}$ تفاعل غير تلقائي
b. $Fe + Cu^{2+}$ تفاعل تلقائي
c. $Fe^{2+} + Cu^{2+}$ تفاعل غير تلقائي ض م

المطويات®

التعلم البصري

وسائل التذكر من المرجح أن يختلط الأمر على الطلاب إذا كانوا يحاولون دائمًا الربط بين الأكسدة والاختزال بين الأقطاب الكهربائية الموجبة والسالبة في كلٍ من الخلايا الإلكتروليتية والخلايا الفولتية.. ذكّر الطلاب أن الاختزال دائمًا ما يحدث عند الكاثود والأكسدة دائمًا ما تحدث عن الأنود من خلال تذكر هذا الرسم. ق م ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أ ن و د
ك
س
د
ة

ا
خ
ت
ز
كا ا ث و د
ل

التعلم البصري

جدول 1 اشرح للطلاب كيفية استخدام جدول جهود الاختزال القياسية. جدول 1 لتحديد المعلومات التالية:

a. جهد الاختزال القياسي لنصف الخلية المُعطاة يمكن إيجاد جهد الاختزال القياسي من خلال قراءة القيمة في الجدول لنصف الخلية المذكورة.

b. جهد الخلية الفولتية حدد أي مادة تتأكسد وأي مادة تُختزل في الخلية. التفاعل النصفي الأكثر في القيمة الموجبة هو الذي سيستمر كاختزال. جهد الخلية الفولتية القياسي يساوي الفرق. $E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$ ض م

تطبيقات في الكيمياء

تنقية الفضة المستخرجة من حطام السفن الغارقة العملات والسبائك الفضية التي ظلت في صناديق خشبية في المحيط لفترات طويلة من الوقت قد تكوّن عليها طبقة من كبريتيد الفضة نتيجة للبكتريا التي حولت أيونات الكبريتات إلى غاز كبريتيد الهيدروجين.

عند توصيل العملات بالقطب السالب (الكاثود) للخلية الإلكتروليتية التي بها أنود غير نشط كيميائيًا وإلكتروليت هيدروكسيد الصوديوم، تُختزل الفضة في كبريتيد الفضة إلى حالتها الفلزية الأصلية. يحدث تفاعلان عند الكاثود:

$Ag_2S + 2e^- \rightarrow 2Ag + S^{2-}$ و

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-$.

تفاعل الأنود

$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$.

جهود أنصاف الخلايا لقد قاس الكيميائيون وسجلوا على مر السنين جهود الاختزال القياسية لأنصاف خلايا كثيرة ومختلفة. يسرد **الجدول 1** بعض التفاعلات لأنصاف الخلايا الشائعة مرتبة تصاعديًا تبعًا لجهود اختزالها. تم الحصول على القيم المُسجلة بالجدول عن طريق قياس الجهد عند توصيل كل نصف خلية بنصف خلية الهيدروجين القياسية. تم تسجيل التفاعلات النصفية في **الجدول 1** كتفاعلات اختزال. بالرغم من هذا، في الخلية الفولتية التي تشمل دائمًا على تفاعلين نصفيين تلقائيين، سوف يتجه التفاعل النصفي ذو الجهد الاختزالي الأقل في الاتجاه العكسي وسوف يكون تفاعل التأكسد. أي يعتبر التفاعل النصفي الأكثر في القيمة الموجبة اختزالًا والتفاعل النصفي الأكثر في القيمة السالبة تأكسدًا. أي القطب الذي جهد اختزاله أعلى يكون الكاثود والقطب الذي جهد اختزاله أقل يكون الأنود.

يجب أن يكون القطب الكهربائي الذي يتم قياسه خاضعًا للظروف القياسية، أي، يجب أن يكون مغموسًا في محلول يحتوي على 1 *M* من الأيونات عند درجة حرارة 25°C وضغط 1 atm يعتبر الصفر المكتوب فوق الحرف في الترميز E^0 وسيلة مختصرة للإشارة إلى "القياس تحت الظروف القياسية".

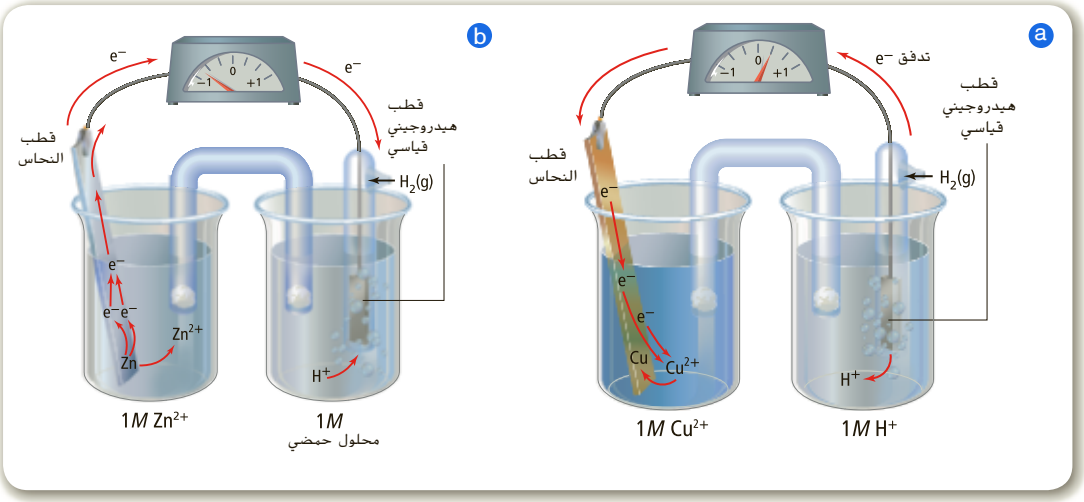
الجدول 1 جهود الاختزال القياسية

التفاعل النصفي	E^0 (V)	التفاعل النصفي	E^0 (V)
$Cu^{2+} + e^- \rightleftarrows Cu^+$	+0.153	$Li^+ + e^- \rightleftarrows Li$	−3.0401
$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$	+0.3419	$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ca$	−2.868
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftarrows 4OH^-$	+0.401	$Na^+ + e^- \rightleftarrows Na$	−2.71
$I_2 + 2e^- \rightleftarrows 2I^-$	+0.5355	$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Mg$	−2.372
$Fe^{3+} + e^- \rightleftarrows Fe^{2+}$	+0.771	$Be^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Be$	−1.847
$NO_3^- + 2H^+ + e^- \rightleftarrows NO_2 + H_2O$	+0.775	$Al^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Al$	−1.662
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftarrows 2Hg$	+0.7973	$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Mn$	−1.185
$Ag^+ + e^- \rightleftarrows Ag$	+0.7996	$Cr^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cr$	−0.913
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Hg$	+0.851	$2H_2O + 2e^- \rightleftarrows H_2 + 2OH^-$	−0.8277
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Hg_2^{2+}$	+0.920	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Zn$	−0.7618
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightleftarrows NO + 2H_2O$	+0.957	$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Cr$	−0.744
$Br_2(l) + 2e^- \rightleftarrows 2Br^-$	+1.066	$S + 2e^- \rightleftarrows S^{2-}$	−0.47627
$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Pt$	+1.18	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Fe$	−0.447
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftarrows 2H_2O$	+1.229	$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cd$	−0.4030
$Cl_2 + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^-$	+1.35827	$PbI_2 + 2e^- \rightleftarrows Pb + 2I^-$	−0.365
$Au^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Au$	+1.498	$PbSO_4 + 2e^- \rightleftarrows Pb + SO_4^{2-}$	−0.3588
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.507	$Co^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Co$	−0.28
$Au^+ + e^- \rightleftarrows Au$	+1.692	$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ni$	−0.257
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftarrows 2H_2O$	+1.776	$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Sn$	−0.1375
$Co^{3+} + e^- \rightleftarrows Co^{2+}$	+1.92	$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Pb$	−0.1262
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftarrows 2SO_4^{2-}$	+2.010	$Fe^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Fe$	−0.037
$F_2 + 2e^- \rightleftarrows 2F^-$	+2.866	$\mathbf{2H^+ + 2e^- \rightleftarrows H_2}$	**0.0000**

دفتر الكيمياء

المطلي والمحفوظ اطلب من الطلاب أن يشرحوا في دفاترهم اليومية كيفية طلائهم لزوج من أحذية الأطفال بالنحاس أو زوج خاص من الأحذية الرياضية. اطلب من الطلاب أن يحتوي شرحهم على رسومات. ستكون الأحذية هي القطب السالب (الكاثود) في الخلية الإلكتروليتية. سيكون النحاس هو القطب الموجب (الأنود). بمجرد اكتمال الدائرة، ستغطي أيونات النحاس الموجودة في المحلول سطح الأحذية. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 6 a،** عند توصيل قطب $Cu^{2+}|Cu$ بالقطب الهيدروجيني، تنتقل الإلكترونات نحو شريط النحاس وتختزل Cu^{2+} إلى ذرات النحاس. يبلغ جهد هذا التفاعل 0.342V + b عند توصيل قطب $Zn|Zn^{2+}$ بالقطب الهيدروجيني، تتدفق الإلكترونات من شريط الخارصين وتتأكسد ذرات الخارصين إلى أيونات Zn^{2+} يبلغ جهد هذا التفاعل 0.762 V−.

قياس جهد الخلية الكهروكيميائية

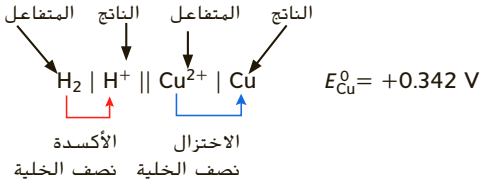
يمكنك استخدام **الجدول 1** لحساب الجهد الكهربائي للخلية الفولتية التي تتكون من قطبي النحاس والخارصين تحت الظروف القياسية. الخطوة الأولى هي تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية للنحاس(E^0_{Cu}) عند توصيل قطب النحاس بالقطب القياسي للهيدروجين، كما في **الشكل 6a،** تتدفق الإلكترونات من القطب الهيدروجيني إلى قطب النحاس وتُختزل أيونات النحاس إلى ذرات النحاس. قيمة E^0، التي يتم قياسها بالفولتميتر 0.342 V+. يشير الجهد الموجب إلى أن أيونات Cu^{2+} في قطب النحاس تكسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات H^+ في القطب القياسي للهيدروجين. لذلك، فإن عملية الأكسدة تحدث عند قطب الهيدروجين وعملية الاختزال تحدث عند قطب النحاس. تتمثل التفاعلات النصفية لعمليتي الأكسدة والاختزال والتفاعل الكلي في:

$$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$$ (تفاعل الأكسدة النصفي)

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$ (تفاعل الاختزال النصفي)

$$H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$$ (تفاعل الأكسدة والاختزال الكلي)

يمكن كتابة هذا التفاعل في صيغه تُسمى بترميز الخلية.



يتم كتابة طرفي تفاعل الأكسدة أولا ووفقًا لترتيبهما الوارد في تفاعل الأكسدة للخلية النصفية – المادة المتفاعلة / الناتج. ويتبعان بخط عمودي مزدوج (||) والذي يمثل السلك الفلزي والقنطرة الملحية اللذين يصلان بين نصفي الخلية. ثم تتم كتابة طرفي تفاعل الاختزال بالطريقة نفسها المادة المتفاعلة/الناتج. لاحظ أنه بالنسبة للقيم الموجبة الخاصة بـ E^0 من المعتاد أن يتم وضع إشارة موجب لناتج جمع قيم الفولتية.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

التقويم

الأداء قسّم الطلاب إلى فِرق مكونة من طالبين أو ثلاثة واطلب إليهم طلاء مسمار بالنحاس. تأكد من أشكال السلامة قبل أن يبدأ العمل. وفّر المواد التالية: كبريتات النحاس (II) ومسمار حديد وسلك نحاس وبطارية ومشبك تمساح وكؤوس زجاجية . عندما تجمع المجموعات أجهزة الطلاء، اطلب من الطلاب شرح طريقة التركيب باستخدام مصطلحات صحيحة ومن ثم اطلب إليهم إكمال النشاط. اطلب منهم تسجيل ملاحظات وكتابة أنصاف تفاعلات صحيحة وتسليم المسمار المطلي بالنحاس مع التقرير المكتوب. ض م

التعلم التعاوني

عرض توضيحي سريع

اكتشاف التفاعل في كأس يحتوي على 0.1 *M* من كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$، ضع شريحة من فلز الخارصين (تقريبًا 10 cm في 5 cm). اطلب إلى الطلاب ملاحظة التفاعل. في كأس آخر يحتوي على 0.1 *M* من كبريتات الخارصين $ZnSO_4$، ضع شريحة من فلز النحاس (استخدم حجم الشريحة نفسه). وضح أنه لا يوجد تفاعل ملحوظ. اسأل الطلاب عن سبب تفاعل الخارصين مع أيونات النحاس وعدم تفاعل النحاس مع أيونات الخارصين. يمثل الخارصين فلزًا تفاعليًا أكثر ويفقد الإلكترونات بسهولة أكثر من النحاس. ثم، وضح إلكترود الخارصين في محلول كبريتات الخارصين وإلكترود النحاس في محلول كبريتات النحاس واسأل الطلاب تحديد ما إذا التفاعل يحدث أم لا. لا اسأل الطلاب ما هو المطلوب لإكمال الدائرة الكهربائية حتى يمكن حدوث التفاعل. قد يختار الطلاب سلك النحاس المتصل بقطبين من الأقطاب الكهربائية وقنطرة ملحية مغموسة في المحلولين المختلفين. ض م

التدريس المتمايز

الطلاب دون المستوى اطلب إلى الطلاب رسم جدول مكون من عمودين، عمود يُسمى أنود والآخر يُسمى كاثود. اطلب إلى الطلاب وضع المصطلحات أو الأوصاف التالية في العمود الصحيح: مؤكسد، عامل الأكسدة، فقد الإلكترونات، اكتساب الإلكترونات، محتزل، عامل الاختزال. الأنود: الأكسدة، عامل الاختزال، فقد الإلكترونات e^-؛ الكاثود: مختزل، عامل مؤكسد، اكتساب الإلكترونات e^-. ق م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب تحديد أي نوع من الأنواع في كل من الأزواج التالية يمثل المتفاعلات وأي منها يمثل النواتج. ض م

a. $Zn|Zn^{2+} \,||\, Cu^{2+}|Cu$
b. $Zn|Zn^{2+} \,||\, Pb^{2+}|Pb$
c. $Pb|Pb^{2+} \,||\, Cu^{2+}|Cu$
d. $Cu|Cu^{2+} \,||\, Ag^{+}|Ag$

المواد المتفاعلة
a. Zn, Cu^{2+}
b. Zn, Pb^{2+}
c. Pb, Cu^{2+}
d. Cu, Ag^{+}

التأكد من فهم المخطط

الخارصين

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب توقع نتائج العرض التوضيحي لخلية جيربير (انظر بالأسفل) باستخدام فلزات مختلفة لترى كيف تتشابه هذه الفلزات مع النحاس والمغنيسيوم. ض م

نبذة عن المحتوى

وضح للطلاب أن الاختصار المكتوب أسفل الرمز المستخدم في معادلة جهد الخلية الفولتية مكتوب في شكل معادلات اختزال في جدول 1. في المثال 1

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$$

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{I_2|I^-} - E^0_{Fe^{+2}|Fe}$$

بينما معادلات جهود الاختزال القياسية من جدول 1 هي:

$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$ و

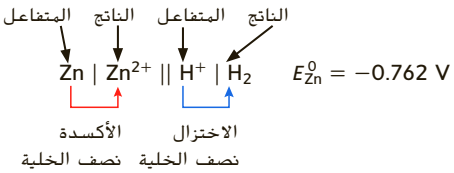
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$.

أخبر الطلاب أن هذا لا يجب أن يختلط بترميز الخلية المختصر، على سبيل المثال $Zn|Zn^{2+}||H^+|H_2$ بينما يكون تفاعل الأكسدة مكتوبًا أولاً وملحقًا بتفاعل الاختزال مع المواد المتفاعلة المكتوبة أولاً لكل تفاعل.

الخطوة التالية هي تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية حيث يوجد الخارصين(E^0_{Zn}). عند قياس جهد اختزال الخارصين القياسي مقابل قطب الهيدروجين القياسي في ظل الظروف القياسية، كما هو موضح في **الشكل 6b**، تتدفق الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب الهيدروجين. قيمة E^0 للخلية النصفية حيث يوجد الخارصين والذي يتم قياسه بالفولتميتر $-0.762\ V$. مما يعني أن أيونات الهيدروجين الموجبة في قطب الهيدروجين تكسب الإلكترونات بسهولة أكبر عما تفعله أيونات الخارصين. لذلك، فإن أيونات الهيدروجين لديها جهد اختزال أعلى من أيونات الخارصين. تذكر أنه قد تم تعيين جهد صفر لقطب الهيدروجين، لذا يجب أن يكون جهد الاختزال لقطب الخارصين ذا قيمة سالبة. تتم كتابة تفاعلي نصفي الخلية والتفاعل الكلي على النحو التالي:

$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \quad \text{(تفاعل الأكسدة)}$$
$$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g) \quad \text{(تفاعل الاختزال)}$$
$$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g) \quad \text{(تفاعل الأكسدة والاختزال الكامل للخلية)}$$

يمكن كتابة هذا التفاعل بترميز الخلية كالآتي:



تتمثل الخطوة الأخيرة في عملية حساب جهد الخلية الكهروكيميائية في جمع الخلايا النصفية للنحاس والخارصين باعتبارهما خلية فولتية. يعني هذا إمكانية حساب الجهد القياسي للخلية الفولتية باستخدام الصيغة التالية:

القانون الخاص بجهد الخلية

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$$

$E^0_{\text{خلية}}$ تُمثل الجهد الكلي القياسي للخلية.
$E^0_{\text{اختزال}}$ تُمثل الجهد القياسي لنصف الخلية الخاص بالاختزال.
$E^0_{\text{أكسدة}}$ تُمثل الجهد القياسي لنصف الخلية الخاص بالأكسدة.

الجهد القياسي للخلية هو الجهد القياسي للخلية النصفية حيث يحدث الاختزال ناقص الجهد القياسي للخلية النصفية حيث تحدث الأكسدة.

وحيث يحدث الاختزال عند قطب النحاس وتحدث الأكسدة عند قطب الخارصين يتم التعويض عن قيم E^0 على النحو التالي:

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{Cu^{2+}|Cu} - E^0_{Zn^{2+}|Zn}$$
$$= +0.342\ V - (-0.762\ V)$$
$$= +1.104\ V$$

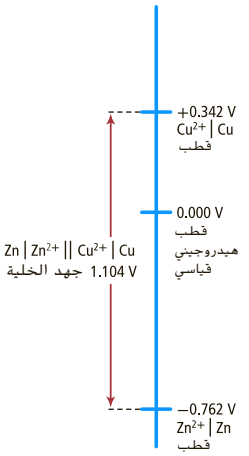
لاحظ أن علامة السالب في القانون تُغير تلقائيًا علامة تفاعل الأكسدة للخلية النصفية، لذا لا يجب عليك عكس علامة جهود الاختزال القياسي الواردة في **الجدول 1** عندما يتم استخدامها في تفاعل الأكسدة النصفي.

يعرض المخطط في **الشكل 7** كيفية ارتباط نصف الخلية التي يوجد بها الخارصين حيث جهد الاختزال منخفض ونصف الخلية التي يوجد بها النحاس حيث جهد الاختزال أعلى.

■ **الشكل 7** يوضح هذا المخطط البسيط كيفية الحصول على الجهد الكلي للخلية من الفرق بين جهدي اختزال كلا القطبين. قارن ذلك بخط الأعداد، فرق الجهد بين قطبي الخارصين والنحاس هو $+1.104\ V$.

التأكد من فهم المخطط التوضيحي

حدد أي الفلزين، النحاس أم الخارصين، أسهل في الأكسدة من الهيدروجين.



عرض توضيحي

خلايا جيربير

الهدف

توضيح أن الخلية الفولتية تولد تيارًا.

المواد

كأس سعته 50 mL، أنبوب مطاطي شبه نفاذ (2 cm في 15 cm)، سدادة كبيرة، جزء من شريط مغنيسيوم بطول 10 cm، جزء من سلك النحاس بطول 10 cm،كبريتات النحاس 0.5 *M* (100 mL)، كبريتات الصوديوم 6 *M* (100 mL)، حمض الهيدروكلوريك 6 *M* (100 mL) حمض النيتريك (6 *M*)، فولتميتر، سلكا توصيل مع مشبك فم التمساح.

احتياطات السلامة

تحذير: الأحماض تسبب التآكل

التخلص من المواد قم بمعادلة الأحماض باستخدام بيكربونات الصوديوم واغسلها جيدًا في المغسلة باستخدام كميات كبيرة من الماء. تخلص من المواد الكيميائية والشرائح الفلزية الأخرى وفقًا لإجراءات التخلص المُعتمدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مثال 1

حساب جهد الخلية تُمثل تفاعلات الاختزال النصفية التالية الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$$
$$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية. صف الخلية مستعينًا بترميز الخلية.

1 حلل المسألة

تم توفير التفاعلات النصفية الحادثة في الخلية ويمكنك إيجاد جهود الاختزال القياسية في **الجدول 1.** سيصبح التفاعل النصفي ذو جهد الاختزال الأقل تفاعل أكسدة. في ظل هذه المعلومات، يمكنك كتابة تفاعل الخلية الكامل وحساب جهد الخلية القياسي ووصف الخلية باستخدام ترميز الخلية.

معلوم

جهود الاختزال القياسية للخلايا النصفية

$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$

مجهول

التفاعل الكلي للخلية = ؟

$E^0_{\text{خلية}} = ؟$

ترميز الخلية = ؟

2 حساب المجهول

يمكنك إيجاد جهود الاختزال القياسية لكل تفاعل نصفي في **الجدول 1.**

$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$ $\quad E^0_{I_2|I^-} = +0.536\ V$

$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $\quad E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\ V$

يعتبر اختزال اليود أعلى جهد اختزالي، لذلك يسير هذا التفاعل النصفي في الاتجاه الأمامي باعتباره اختزالًا. يسير التفاعل النصفي للحديد في الاتجاه العكسي باعتباره أكسدة.

$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$ (تفاعل اختزال نصف الخلية)

$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$ (تفاعل أكسدة نصف الخلية)

أعد كتابة التفاعل النصفي للحديد في الاتجاه الصحيح.

اجمع المعادلتين.

$I_2(s) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$

التفاعل الكلي للخلية: $I_2(s) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$.

احسب الجهد القياسي للخلية.

$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$

اكتب قانون جهد الخلية.

$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{I_2|I^-} - E^0_{Fe^{2+}|Fe}$

عوّض عن $E^0_{I_2|I^-}$ و $E^0_{Fe^{2+}|Fe}$ في القانون

$E^0_{\text{خلية}} = +0.536\ V - (-0.447\ V)$

عوّض عن $E^0_{I_2|I^-} = +0.536\ V$ و $E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\ V$.

$E^0_{\text{خلية}} = +0.983\ V$

صف الخلية مستعينًا بترميز الخلية.

أولا، اكتب التفاعل النصفي الخاص بالأكسدة باستخدام ترميز الخلية: المادة المتفاعلة ثم الناتج.

$Fe \mid Fe^{2+}$

ثم، اكتب التفاعل النصفي الخاص بالاختزال على الجانب الأيمن. افصل بين نصفي الخلية بوضع خط عمودي مزدوج.

$Fe \mid Fe^{2+} \parallel I_2 \mid I^-$

ترميز الخلية: $Fe \mid Fe^{2+} \parallel I_2 \mid I^-$

3 تقييم الإجابة

يعتبر الجهد المحسوب مقبولاً نظرًا لجهود الخلية النصفية.

يشير E^0 إلى الرقم الصحيح للأرقام المعنوية.

مثال في الصف

سؤال تتكون الخلية الفولتية من قنطرة ملحية وقطب كهربائي من الفضة وقطب كهربائي من المغنيسيوم. التفاعل الذي يحدث هو $2Ag^+ + Mg^0 \rightarrow 2Ag^0 + Mg^{2+}$: ارسم الخلية الفولتية، مُحددًا الأنود والكاثود والقنطرة الملحية. حدد كل من الأنود والكاثود ، واحسب جهد الخلية القياسي.

الإجابة تفاعل الأكسدة يحدث عن الأنود وتفاعل الاختزال يحدث عند الكاثود. تكتسب أيونات الفضة الإلكترونات وتُختزل. يفقد المغنيسيوم الإلكترونات ويتأكسد.

$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$

$= 0.7996 - (-2.372) = 3.172\ V$

الإجراء

أشر إلى الشكل 26 كوسيلة مساعدة بصرية. نظف سلك النحاس باستخدام HNO_3 6 *M* وشريط المغنيسيوم مع 6 *M* من حمض الهيدروكلوريك واغسله بالماء. املأ 2/3 الكأس بمحلول كبريتات الصوديوم. بلل الأنبوب المطاطي واربط عقدة من ناحية واحدة. املأ الأنبوب بمحلول كبريتات النحاس، ارتفاع المحلول في الأنبوب أكبر بقليل من ارتفاع المحلول الذي في الكأس. ضع السلك النحاسي في الأنبوب. علق شريط المغنيسيوم والأنبوب في الكأس وثبتهما في مكانهما باستخدام السدادة الكبيرة. ضع المشبك على كل شريحة فلزية ووصله بالفولتميتر.

النتائج

سيسجل جهد التيار الكهربائي عند توصيل الأسلاك. ستحدث الأكسدة عند شريحة المغنيسيوم، التي تُمثل الأنود. $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ الاختزال سيحدث عن شريحة النحاس، التي تُمثل الكاثود $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

التحليل

1. توقع أي فلز يُمثل الأنود وأي فلز يُمثلالكاثود.
المغنيسيوم Mg هو الأنود؛ النحاس هو الكاثود.

2. ما ضرورة كلٍ من النحاس وكبريتات النحاس؟ Cu^{2+} تُختزل على سلك النحاس، مكان الاختزال.

3. لماذا لا توجد ضرورة لمصدر أيونات المغنيسيوم؟ يتأكسد المغنيسيوم Mg. لينتج بذلك أيونات المغنيسيوم. ليس من الضروري أن يبدأ التفاعل بأيونات المغنيسيوم.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

التقويم

الأداء باستخدام الجدول 1، اطلب إلى الطلاب تصميم خلية كهروكيميائية تنتج جهدًا تحدده أنت. اطلب إلى الطلاب شرح أسباب تصميمهم ولماذا اختاروا تلك المحاليل والأقطاب. ض م

تطبيق

1. $Pt^{2+}(aq) + Sn(s) \rightarrow Pt(s) + Sn^{2+}(aq)$
   $E^0_{\text{خلية}} = +1.32\ V$
   $Sn|Sn^{2+}||Pt^{2+}|Pt$
2. $3Co^{2+}(aq) + 2Cr(s) \rightarrow 3Co(s) + 2Cr^{3+}(aq)$
   $E^0_{\text{خلية}} = +0.46\ V$
   $Cr|Cr^{3+}||Co^{2+}|Co$
3. $Hg^{2+}(aq) + Cr(s) \rightarrow Hg(l) + Cr^{2+}(aq)$
   $E^0_{\text{خلية}} = +1.764\ V$
   $Cr|Cr^{2+}||Hg^{2+}|Hg$
4. $4NO_3^-(aq) + 12OH^-(aq) + 16H^+(aq) \rightarrow 3O_2(g) + 4NO(g) + 14H_2O(l)$
   $E^0_{\text{خلية}} = +0.556\ V$
   $OH^-|O_2||NO_3^-|NO$
5. $E^0_{\text{خلية}} = +0.4794\ V$
   $E^0_{\text{خلية}} > 0$ تلقائي
6. $E^0_{\text{خلية}} = +2.246\ V$
   $E^0_{\text{خلية}} > 0$ تلقائي
7. $E^0_{\text{خلية}} = -0.587\ V$
   $E^0_{\text{خلية}} < 0$ ليس تلقائيًا
8. $E^0_{\text{خلية}} = -2.29\ V$
   $E^0_{\text{خلية}} < 0$ ليس تلقائيًا
9. $E^0_{\text{خلية}} = +2.582\ V$
   التفاعل تلقائي

التأكد من فهم النص موجبة

تجربة كيميائية

يمكن إجراء التجربة الكيميائية الموجودة في نهاية الوحدة عند هذه المرحلة من الدرس.

تطبيق

اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل الكلي للخلية واحسب جهد الخلية القياسي، لكل زوج من هذه الأزواج للتفاعلات النصفية للخلية. صف التفاعل مستعينًا بترميز الخلية. يمكنك الرجوع إلى الوحدة الخاصة بتفاعلات الأكسدة والاختزال لمراجعة كتابة وموازنة معادلات الأكسدة والاختزال.

1. $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$ و $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$
2. $Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$ و $Cr^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$
3. $Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg(l)$ و $Cr^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cr(s)$
4. **تحدي.** اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية واحسب جهد الخلية القياسي للتفاعل الذي يحدث عند توصيل نصفي الخلية ببعضهما. صف التفاعل مستعينًا بترميز الخلية.
   $NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$
   $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

استخدام جهود الاختزال القياسية

أوضحت لك المثال كيفية استخدام البيانات في **جدول 1** لحساب الجهد القياسي (الجهد) للخلايا الفولتية. توجد فائدة أخرى هامة لجهود الاختزال القياسية وهي تحديد مدى تلقائية حدوث تفاعل مقترح في ظل الظروف القياسية. كيف يمكن لجهود الاختزال القياسية تحديد التلقائية؟ تتدفق الإلكترونات في الخلية الفولتية دائمًا من نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي المنخفض تجاه نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي المرتفع، مما يسبب جهدًا موجبًا للخلية. للتنبؤ بتلقائية حدوث أي تفاعل مقترح للأكسدة والاختزال، يمكنك ببساطة كتابة العملية في صيغة تفاعلات نصفية والبحث عن جهد الاختزال لكل منهما. استخدم القيم لحساب جهد الخلية الفولتية التي تعمل بالتفاعلين النصف خلويين. إذا كان الجهد الذي تم حسابه موجبًا، فإن التفاعل تلقائي. إذا كان الجهد الذي تم حسابه سالبًا، فإن التفاعل غير تلقائيًا. ومع ذلك سوف يحدث تفاعل معاكس للتفاعل غير التلقائي حيث سيوجد جهد موجب للخلية مما يعني أن التفاعل العكسي تفاعل تلقائي.

التأكد من فهم النص **حدد** إشارة جهد تفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث تلقائيًا.

تطبيق

احسب جهد الخلية لتحديد إذا ما كان كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال الموزونة التالية تلقائية كما هو مكتوب أم لا. استخدم جدول 1 لمساعدتك على تحديد التفاعلات النصفية الصحيحة.

5. $Sn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Cu(s)$
6. $Mg(s) + Pb^{2+}(aq) \rightarrow Pb(s) + Mg^{2+}(aq)$
7. $2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 10Hg^{2+}(aq) \rightarrow 2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5Hg_2^{2+}(aq)$
8. $2SO_4^{2-}(aq) + Co^{2+}(aq) \rightarrow Co(s) + S_2O_8^{2-}(aq)$
9. **تحدي.** باستخدام **الجدول 1** اكتب المعادلة وحدد جهد الخلية (E^0) للخلية التالية. هل التفاعل تلقائي؟
   $Al\ |\ Al^{3+}\ ||\ Hg^{2+}\ |\ Hg_2^{2+}$

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

إستراتيجية حل المسائل

حساب جهد الخلية

تُلخص الخطوات الخمسة التالية إجراء حساب جهد الخلية الفولتية حيث يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. افترض أنه يجب عليك كتابة تفاعل الخلية التي تتكون من التفاعلات النصفية التالية وحساب جهدها:

$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$ و $Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$

يُعد جدول جهود الاختزال، مثل **الجدول 1** كل ما نحتاج إليه.

1. يمكنك إيجاد التفاعلات النصفية في **الجدول 1**.
2. قارن بين جهدي التفاعلين النصف خلويين. الخلية النصفية ذات الجهد الاختزالي الأعلى هي النصف الذي سيحدث فيه الاختزال. سوف تحدث الأكسدة في الخلية النصفية ذات الجهد الاختزالي الأقل.

$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$ $\quad E^0 = -0.037\ V$ (الاختزال)

$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$ $\quad E^0 = -1.185\ V$ (الأكسدة)

3. اكتب معادلة الاختزال كما وردت في **الجدول 1**. اكتب معادلة الأكسدة في الاتجاه العكسي.

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

4. زن إلكترونات معادلتي نصفي الخلية بضرب كلٍ منهما في المعامل المناسب. اجمع المعادلتين.

اضرب × 2. $\quad 2Fe^{3+} + 6e^- \rightarrow 2Fe$

اضرب × 3. $\quad 3Mn \rightarrow 3Mn^{2+} + 6e^-$

اجمع المعادلتين. $2Fe^{3+} + 3Mn \rightarrow 2Fe + 3Mn^{2+}$

5. لا تؤثر مساواة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة على E^0 للتفاعل الكلي. التالية لحساب جهد الخلية:

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{الاختزال}} - E^0_{\text{الأكسدة}}$$

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{Fe^{3+}|Fe} - E^0_{Mn^{2+}|Mn} = -0.037\ V - (-1.185\ V)$$

$$= +1.148\ V$$

تطبيق الاستراتيجية

حدد $E^0_{\text{خلية}}$ لتفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي الذي يحدث بين المغنيسيوم والنيكل.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تحدث عملية الأكسدة والاختزال في الخلية الفولتية عند الأقطاب منفصلة عن بعضها البعض.
- الجهد القياسي لتفاعل نصف الخلية هو الجهد الخاص بها عند اقترانه بالقطب القياسي للهيدروجين في ظل ظروف قياسية.
- يكون جهد الاختزال لنصف الخلية سالبًا إذا خضع للتأكسد عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي. يكون جهد الاختزال لنصف الخلية موجبًا إذا خضع للاختزال عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي.
- الجهد القياسي للخلية الفولتية هو الفرق بين جهود الاختزال القياسية لتفاعلات نصفي الخلية.

10. **الفكرة الرئيسة صف** الظروف التي بموجبها يُنتج تفاعل الأكسدة والاختزال تيارًا كهربائيًا يتدفق عبر السلك.
11. **حدد** مكونات الخلية الفولتية. اشرح دور كل مكون من المكونات ودوره في عمل الخلية.
12. **اكتب** المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية التلقائي الذي يحدث في الخلية مصاحبًا لتفاعلات الاختزال النصفية:
    a. $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ و $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$
    b. $Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$ و $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$
    c. $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ و $Fe^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Fe(s)$
    d. $PbI_2(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + 2I^-(aq)$ و $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$
13. **حدد** الجهد القياسي للخلايا الكهروكيميائية الذي تعبر كل معادلة عن التفاعل الكلي للخلية. عرّف التفاعلات باعتبارها تلقائية أو غير تلقائية وفقًا لما هو مكتوب.
    a. $2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s) \rightarrow 3Cu^{2+}(aq) + 2Al(s)$
    b. $Hg^{2+}(aq) + 2Cu^+(aq) \rightarrow 2Cu^{2+}(aq) + Hg(l)$
    c. $Cd(s) + 2NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) \rightarrow Cd^{2+}(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$
14. **صمم** خريطة مفاهيم للقسم 1 وابدأ من مصطلح الخلية الكهروكيميائية. أدرج جميع المصطلحات الجديدة في خريطتك.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

استراتيجيات حل المسائل

تطبيق الاستراتيجية

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

$E^0 = -2.372\ V$ (أكسدة)

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

$E^0 = -0.257\ V$ (اختزال)

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

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

المعادلة الكلية

$Mg + Ni^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Ni$

$$E^0_{\text{خلية}} = -0.257\ V - (-2.372\ V)$$

$$= +2.115\ V$$

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

زود الطلاب برسم لخلية كهروكيميائية. واطلب إليهم تسمية الخلية النصفية والأنود والكاثود واستخدم سهمًا للإشارة إلى اتجاه الإلكترونات. ض م

إعادة التدريس

اسمح للطلاب بالعمل في مجموعات. واطلب إليهم الكتابة على الفهرس المنظم بالبطاقات أي أسئلة لديهم تتعلق بالقسم 1 وتسمية كل ملف بطاقات برقم المجموعة وجمّع الأسئلة، وغير ترتيب البطاقات وأعد توزيعها على مجموعات مختلفة. اطلب إلى الطلاب محاولة الإجابة على الأسئلة التي وزعت عليهم. قرب انتهاء الحصة الدراسية، أعد الأسئلة وإجاباتها إلى المجموعة الأصلية حتى يتمكنوا من الإطلاع على الإجابات. ض م التعلم التعاوني

التوسع

اطلب إلى الطلاب شرح الفرق بين جهود الاختزال القياسية و قطب الهيدروجين القياسي بإسلوبهم الخاص. ض م

القسم 1 مراجعة

10. ينتج عن الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها تفاعل أكسدة نصفي وتفاعل اختزال نصفي والموصل الموصلين بقنطرة ملحية تدفق الكترونات (تيار كهربائي) خلال سلك موصل.
11. تتكون الخلية الفولتية منأنود وكاثود وقنطرة ملحية والسلك الموصل بين القطبين الكهربائيين. تحدث الأكسدة عند الأنود والاختزال عند الكاثود وتسمح القنطرة الملحية بحركة الأيونات من محلول إلى آخر ويسمح السلك بمرور الإلكترونات من القطب الأنود إلى الكاثود.
12. a. $2Ag^+ + Ni \rightarrow 2Ag + Ni^{2+}$
    b. $Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2$
    c. $2Fe^{3+}(aq) + 3Sn(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3Sn^{2+}(aq)$
    d. $Pb(s) + 2I^-(aq) + Pt^{2+}(aq) \rightarrow PbI_2(s) + Pt(s)$
13. a. غير تلقائي, $E^0_{\text{خلية}} = -2.004\ V$
    b. تلقائي, $E^0_{\text{خلية}} = +0.698\ V$
    c. تلقائي, $E^0_{\text{خلية}} = +1.178\ V$
14. ستتنوع خرائط المفاهيم.

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

استخدامات البطارية أحضِر مجموعة متنوعة من البطاريات إلى الفصل الدراسي واسأل الطلاب في أي وظيفة قد يستخدم كل منها. ستختلف الإجابات حسب البطاريات. قد يكون للعديد من البطاريات أكثر من استخدام واحد، بينما تُستخدم الأخرى بطريقة واحدة فقط، مثل الساعة. اسأل الطلاب فيمَ تشترك كل البطاريات. أنها تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، اطلب إلى الطلاب النظر عن قرب وملاحظة القطب السالب والقطب الموجب. أخبرهم أنها تشير إلى الطرفين الأنود والكاثود في الخلية الفولتية التي تكوّن البطارية. ض م

2 التدريس

تَطوير المَفاهِيم

تطبيقات البطارية اطلب إلى الطلاب عمل قائمة بالأنواع المختلفة من البطاريات الموجودة في منازلهم وتطبيقاتها. هذه القائمة ستتضمن: الخلية الجافة الشائعة وبطاريات قلوية (نوع آخر من الخلية الجافة) وبطاريات الليثيوم وبطاريات أيون الليثيوم وبطارية النيكل كادميوم NiCd وبطاريات نيكل ميثيل هيدريد NiMH وبطارية رصاص – حمض . يمكن أن يذكر الطلاب في قائمتهم بطاريات تستخدم لمرة واحدة وبطاريات قابلة لإعادة الشحن وبطاريات AA, AAA, C, D وبطاريات الخلية الجافة 9 V و 6 V. اطلب إلى الطلاب المقارنة بين تكلفة الأنواع المختلفة من البطاريات. ض م

الأسئلة الرئيسة

- صف تركيب البطارية الجافة (الخارصين – الكربون) التقليدية ومكوناتها وطريقة عملها ؟
- ما الفرق بين البطاريات الأولية والثانوية واذكر مثالين لكل نوع؟
- ما بنية خلية الوقود الهيدروجين–الأكسجين؟
- ما هي عملية تآكل الحديد وما وسائل منع التآكل؟

مراجعة المفردات

التفاعل الانعكاسي reversible reaction: هو التفاعل الذي يمكن أن يحدث في كلا الاتجاهين الأمامي والعكسي.

المفردات الجديدة

battery	بطارية
dry cell	الخلية الجافة
primary battery	البطارية الأولية
secondary battery	البطارية الثانوية
fuel cell	خلية الوقود
corrosion	التآكل
galvanization	الجلفنة

البطاريات

الفكرة **الرئيسة** البطاريات هي عبارة عن خلايا فولتية تستخدم التفاعلات التلقائية لتوفير الطاقة لعديد من الأغراض.

الكيمياء في حياتك

خذ من وقتك دقيقة لعمل قائمة بالأشياء التي تعرف أن البطاريات تستخدم فيها. يمكن أن تتضمن قائمتك المصابيح اليدوية، السيارات، الهواتف الخلوية، أجهزة الراديو، الآلات الحاسبة، ساعات اليد والألعاب من بين أغراض أخرى. هل بطاريات كافة هذه الأجهزة متماثلة؟

الخلايا الجافة

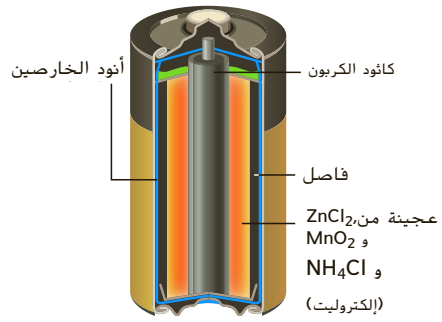
بعض التفاعلات التلقائية التي درستها توفر الطاقة للبطاريات التي تستخدمها يوميًا. **البطارية** هي خلية فولتية أو أكثر توجد في عبوة واحدة ينتج عنها تيار كهربائي. منذ ابتكار البطاريات في ستينيات القرن التاسع عشر وحتى اليوم كان أكثر الخلايا الفولتية شيوعًا في الاستخدام هي خلية الخارصين– الكربون الجافة، الموضحة في **الشكل 8**.

خلايا الخارصين – الكربون الجافة تعرَّف **الخلية الجافة** بأنها خلية كهروكيميائية يكون فيها الإلكتروليت عبارة عن عجينة رطبة. تتكون العجينة الموجودة في خلية الخارصين–الكربون الجافة من كلوريد الخارصين وأكسيد المنجنيز وكلوريد الأمونيوم وكمية قليلة من الماء داخل عبوة الخارصين. غلاف الخارصين هو أنود الخلية حيث تحدث أكسدة لفلز الخارصين وفقًا للمعادلة التالية:

$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

يعمل ساق الكربون (الجرافيت) في مركز الخلية الجافة ككاثود "قطب سالب" ولكن يحدث تفاعل الاختزال النصفي للخلية في العجينة. يسمى ساق الكربون في هذا النوع من الخلية الجافة قطبًا سالبًا غير نشط لأنه مصنوع من مادة لا تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال. ومع ذلك فهذا القطب غير النشط يتمتع بخاصية هامة حيث يعمل على توصيل الإلكترونات. ويكون تفاعل الاختزال النصفي لهذه الخلية الجافة كالتالي:

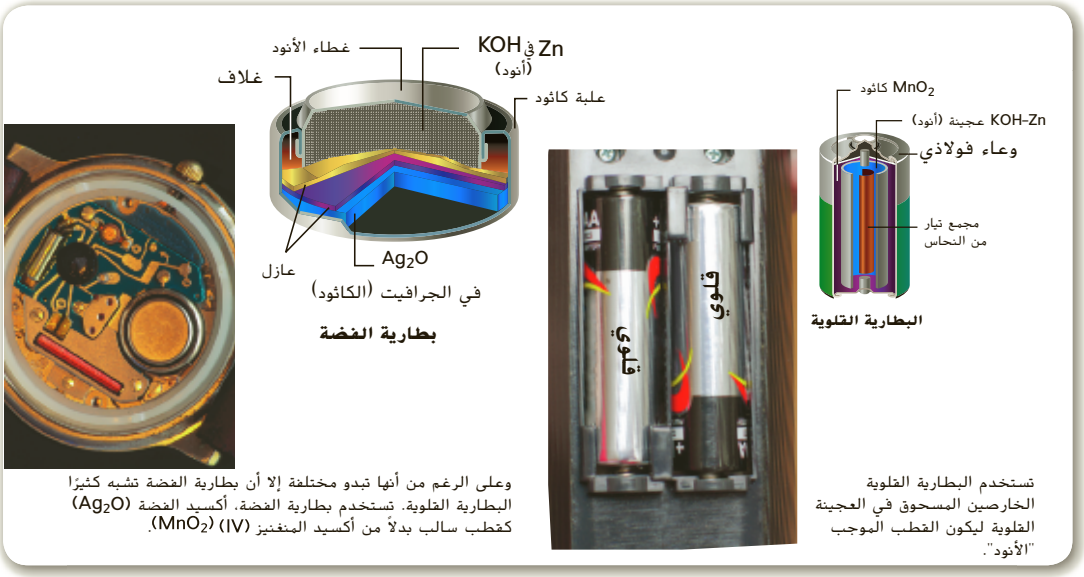
$$2NH_4^+(aq) + 2MnO_2(s) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$$



خلية الخارصين – الكربون الجافة

■ **الشكل 8** تحتوي الخلية الجافة على معجون رطب يحدث داخله التفاعل النصفي للكاثود. في خلية الخارصين–الكربون الجافة، يعمل غلاف الخارصين بمثابة الأنود.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة



تستخدم البطارية القلوية الخارصين المسحوق في العجينة القلوية ليكون القطب الموجب "الأنود".

وعلى الرغم من أنها تبدو مختلفة إلا أن بطارية الفضة تشبه كثيرًا البطارية القلوية. تستخدم بطارية الفضة، أكسيد الفضة (Ag_2O) كقطب سالب بدلاً من أكسيد المنغنيز (IV) (MnO_2).

في خلية الخارصين – الكربون الجافة، يوجد فاصل مصنوع من مادة مسامية ورطبة بسبب السائل الموجود في العجينة حيث يفصل المعجون عن قطب الخارصين الموجب "الأنود". يعمل هذا الفاصل كقنطرة ملحية للسماح بنقل الأيونات مثل الخلية الفولتية النموذجية التي درسناها بالقسم 1. تنتج الخلية الجافة الخارصين – الكربون فولتية تقدر بـ 1.5 V حتى يبدأ ينتج ناتج الاختزال وهو الأمونيا الذي ينشأ عن المحلول المائي على هيئة غاز. عند هذه النقطة، تنخفض الفولتية إلى مستوى يجعل البطارية غير مفيدة.

البطاريات القلوية خلية جافة قلوية أكثر كفاءة، موضحة في **الشكل 9** حلت محل خلية الخارصين – الكربون القياسية الجافة في العديد من التطبيقات. في الخلية القلوية يكون الخارصين على شكل مسحوق يوفر مزيدًا من مساحة السطح للتفاعل. يخلط الخارصين مع هيدروكسيد البوتاسيوم مكونًا معجونًا قلويًا قويًا ويكون المعجون في وعاء فولاذي. مزيج الكاثود عبارة عن أكسيد منغنيز (IV) يخلط أيضًا بهيدروكسيد بوتاسيوم. تفاعل الأنود لنصف الخلية هو كالتالي:

$$Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$$

تفاعل الكاثود لنصف الخلية هو كالتالي:

$$MnO_2(s) + 2H_2O(s) + 2e^- \rightarrow Mn(OH)_2(s) + 2OH^-(aq)$$

لا تحتاج البطاريات القلوية لكاثود ساق الكربون لذا من الممكن أن تكون أصغر وأكثر فائدةً للأجهزة الصغيرة.

بطاريات الفضة إن بطارية الفضة الموضحة في **الشكل 9** أصغر وتستخدم لتزويد الأجهزة بالطاقة مثل سماعات الأذن وساعات اليد والكاميرات. تستخدم بطارية الفضة نفس التفاعل النصفي للأنود للبطارية القلوية مع التفاعل النصفي التالي للكاثود.

$$Ag_2O(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s) + 2OH^-(aq)$$

التأكد من فهم النص **حدد** التفاعل النصفي الذي يحدث في كلٍ من البطاريات القلوية وبطاريات الفضة.

■ **الشكل 9** البطاريات القلوية أكثر كفاءة من خلية الكربون–الخارصين الجافة وهي مفيدة حين تكون البطاريات الأصغر مطلوبة. بطاريات الفضة هي أصغر مما يجعلها مناسبة أكثر للأجهزة مثل ساعات اليد.

عرض توضيحي سريع

داخل البطارية باستخدام مفك براغي، قم بتفكيك بطارية 9 V لعرضها بحيث يتمكن الطلاب من رؤية التركيب الداخلي للبطارية. أشِر إلى أقطاب الكربون والخارصين. اطلب إلى الطلاب عد الخلايا في البطارية 9 V واسألهم لماذا يوجد أكثر من واحدة؟ **تحذيرات: لا تبلل العجينة. ستنتج حرارة مكثفة.** يجب أن يدرك الطلاب أنه لإنتاج جهد معين، فإن البطارية يجب أن تحتوي على عدد من الخلايا الكهروكيميائية إذا ضرب فرق جهد الخلية يساوي فرق الجهد الكلي. تحتوي البطارية 9 V على ست خلايا، كل خلية تنتج 1.5 V بمجموع 9 V. ض م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلاب تحديد فرق الجهد الكلي لكشاف كهربائي يدوي يحتوي على أربع بطاريات بحجم D (1.5 V). تنتج كل بطارية (1.5 V)؛ وبذلك تنتج أربع بطاريات D 6 V. ض م

التأكد من فهم النص
$Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$

التدريس المتمايز

ضعاف السمع يحمل العديد من عبوات بطاريات ذات العلامة التجارية المميزة عنوان الموقع الإلكتروني للمستهلك ومعلومات عن المنتج. اطلب إلى الطلاب زيارة موقع أو أكثر وعرض المعلومات التي تقدمها هذه المواقع عن كيمياء البطاريات وأداء منتجاتها. ض م

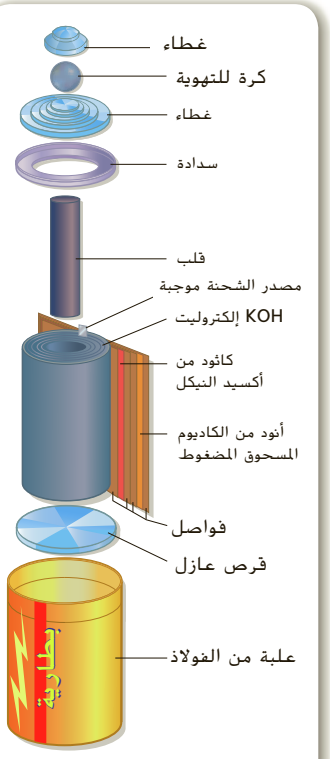
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التوسّع

التخلص من البطاريات ذكّر الطلاب بأن معظم البطاريات تحتوي على فلزات سامة مثل الكادميوم والزئبق والنيكل والرصاص. اطلب إليهم البحث عن بعض المشاكل البيئية التي يمكن أن تحدث إذا تم التخلص من هذه الفلزات على نحو غير صحيح. اطلب إلى الطلاب الاستقصاء عن كيفية التخلص من بطاريات السيارات في مجتمعهم. اطلب إليهم أن يكتشفوا إذا ما كانت أنواع البطاريات الأخرى تستلزم التخلص منها بطريقة خاصة في مجتمعهم حسب اللوائح والسياسات المحلية. ض م

التعزيز

اختبار شحن البطارية اسأل الطلاب كيف يمكنهم معرفة أن شحن البطارية قد نفذ. الاستقصاء عن العبوات التي تسمح للمستهلك باختبار كمية الشحن المتبقية في البطارية. ساعد الطلاب على اكتشاف كيف تعمل طريقة الاختبار هذه. أعطِ الطلاب قليلاً من البطاريات في أيديهم لاختبارها. ض م



■ **الشكل 10** غالبًا ما تعمل الأدوات اللاسلكية والهواتف ببطاريات قابلة لإعادة الشحن مثل بطارية النيكل كادميوم "NiCad". تتم إعادة شحن البطارية عن طريق توصيلها بمصدر كهربائي يمد بالطاقة بحيث يحث على تفاعل إعادة الشحن غير التلقائي.

البطاريات الأولية والثانوية تنقسم البطاريات إلى نوعين وفقًا لعملياتها الكيميائية. تصنف خلايا الخارصين – كربون والقلوية والفضة بأنها بطاريات أولية. **البطاريات الأولية** تنتج طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الاختزال والأكسدة التي لا يمكن عكسها بسهولة. هذه الخلايا تقوم بإنتاج الطاقة الكهربائية حتى تنتهي المواد المتفاعلة وحينئذ يجب التخلص من البطارية. أما البطاريات الأخرى والتي تعرف باسم **البطاريات الثانوية**، فتعتمد على تفاعلات الأكسدة والاختزال انعكاسية لذا فهي قابلة لإعادة الشحن. بطارية السيارة وبطاريات الحواسب المحمولة هي أمثلة على البطاريات الثانوية التي تعرف أحيانا باسم بطاريات التخزين.

عادة ما تكون بطاريات التخزين التي تعمل على تشغيل أجهزة مثل المثقاب والمفكات الكهربائية وآلات الحلاقة وكاميرات الفيديو الرقمية بطاريات نيكل–كادميوم قابلة لإعادة الشحن وتسمى أحيانا بطاريات NiCad كما يوضح **الشكل 10**. للحصول على أقصى كفاءة، يصنع كل من الأنود والكاثود من أشرطة رفيعة وطويلة من مادة يفصلها طبقة يمكن أن تمر عبرها الأيونات. تلف الأشرطة في ملف ضيق وتغلف في غلاف فولاذي. تفاعل الأنود الذي يحدث حين تستخدم البطارية لتوليد التيار الكهربائي هو أكسدة الكادميوم في وجود قاعدة.

$$Cd(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^-$$

تفاعل الكاثود هو اختزال النيكل من 3+ إلى حالة الأكسدة 2+.

$$NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^- \rightarrow Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq)$$

عندما تتم إعادة شحن البطارية، يتم عكس التفاعلات.

بطارية التخزين رصاص–حمض

من بطاريات التخزين الشائعة الأخرى هي بطارية الرصاص– حمض التي تستخدم في السيارات. تحتوي معظم بطاريات السيارات على ست خلايا تنتج كل منها حوالي 2 V بناتج إجمالي 12 فولت. يتكون أنود كل خلية من شبكتين أو أكثر من الرصاص المسامي ويتكون الكاثود من شبكات من الرصاص المملوء بأكسيد الرصاص (IV). هذا النوع من البطاريات في الغالب يجب تسميته بطارية الرصاص – أكسيد الرصاص (IV) ولكن يستخدم المصطلح الرصاص–الحمض لأن إلكتروليت البطارية هو محلول من حمض الكبريتيك. بطارية الرصاص–الحمض ليست خلية جافة.

تمثل المعادلة التالية تفاعل الأكسدة لنصف الخلية عند الأنود حيث يتأكسد الرصاص من حالة الأكسدة صفر إلى حالة الأكسدة 2+ في $PbSO_4$.

$$Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e^-$$

اختزال الرصاص من 4+ إلى حالة الأكسدة 2+ يحدث في الكاثود. تفاعل الاختزال لنصف الخلية عند الكاثود هو:

$$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l).$$

التفاعل الكلي هو:

$$Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2SO_4^{2-}(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l).$$

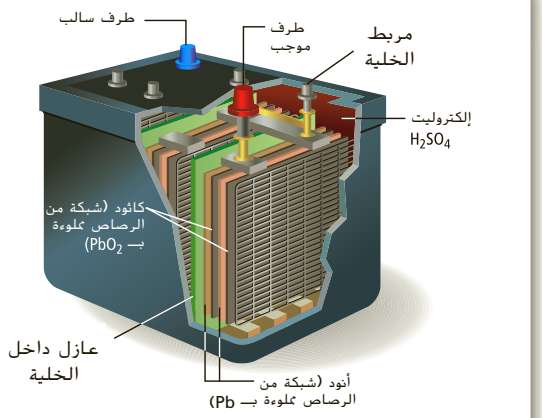
بالنظر إلى تفاعلات نصفي الخلية، يمكنك أن ترى أن كبريتات الرصاص (II) ($PbSO_4$) هو ناتج التفاعل في كلٍ من الأكسدة والاختزال. كما أن $PbSO_4$ و PbO_2 و Pb مواد صلبة لذا تبقى في مكانها حيث تشكلت. ومن ثم سواء كانت البطارية في حالة تفريغ أو كانت في حالة شحن، تتوفر المواد المتفاعلة حيث تكون مطلوبة.

مشروع الكيمياء

خلايا الوقود اطلب إلى الطلاب البحث عن بعض التطبيقات الحالية لخلايا الوقود وعمل قائمة بها. اطلب إليهم البحث عن التطبيقات المستقبلية لخلايا الوقود وحدودها وفوائدها. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يمكن أن تتسبب مستويات الإلكتروليت المنخفضة في نفاد البطارية. تقوم أسلاك التوصيل بتوصيل التيار من سيارة بها بطارية جيدة لبدء تشغيل سيارة ببطارية مستنفذة.



تحتوي بطاريات الرصاص–الحمض على صفائح رصاص وصفائح أكسيد الرصاص (IV). الإلكتروليت هو عبارة عن محلول حمض الكبريتيك. حينما تكون البطارية قيد الاستخدام، يتم استنفاد حمض الكبريتيك ويصبح الإلكتروليت أقل كثافة.

يعمل حمض الكبريتيك بمثابة إلكتروليت في البطارية ولكن كما توضح المعادلة الكلية للخلية فهو يستنفذ بينما تولد البطارية تيارًا كهربائيًا. ماذا يحدث عند شحن البطارية؟ في هذه الحالة ينعكس التفاعل مكونًا الرصاص وأكسيد الرصاص (IV) ومحررًا حمض الكبريتيك، كما يظهر في هذا الجزء من المعادلة $4H^+(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$ من المعادلة الكلية.

تعد بطارية التخزين الواردة في **الشكل 11** خيارًا جيدًا للسيارات لأنها توفر إمدادًا مبدئيًا كبيرًا من الطاقة لبدء عمل المحرك كما أن فترة صلاحيتها للعمل طويلة ويمكن الاعتماد عليها في درجات الحرارة المنخفضة.

التحقق من فهم النص **حدد** الأنواع التي تتأكسد والأنواع التي تختزل أثناء شحن بطارية الرصاص–الحمض.

■ **الشكل 11** يفرغ شحن بطارية الرصاص–الحمض في السيارات حين تبدأ تشغيل السيارة ويتم شحنها حين يدور المحرك.

بطاريات الليثيوم

على الرغم من أن بطاريات الرصاص–الحمض يمكن الاعتماد عليها وهي مناسبة للعديد من التطبيقات، ظل المهندسون يعملون لتطوير البطاريات لتصبح ذات كتلة أقل وسعة أكبر لتشغيل الأجهزة بدءًا من ساعات اليد وحتى السيارات الكهربائية. في التطبيقات التي تكون البطارية فيها هي المكون الرئيسي ويجب أن تنتج مقدارًا كبيرًا من الطاقة، كما في تشغيل السيارة الكهربائية، تكون بطاريات الرصاص–الحمض ثقيلة للغاية حتى أنها لا تكون ذات جدوى.

والحل هنا هو تطوير بطاريات خفيفة الوزن تعمل على تخزين كمية كبيرة من الطاقة تناسب حجمها. وقد ركز المهندسون اهتمامهم على عنصر الليثيوم لسببين هما أن الليثيوم أخف الفلزات المعروفة، كما أنه يتمتع بأقل جهد اختزال قياسي بين العناصر الفلزية $-3.04\ V$ كما يوضح **الجدول 1**. فالبطارية التي يتأكسد فيها الليثيوم عند الأنود يمكنها أن تنتج تقريبًا $2.3\ V$ أكثر من أي بطارية مشابهة لها يتم فيها تأكسد الخارصين.

قارن بين تأكسد الخارصين وتأكسد الليثيوم في التفاعلات النصفية وجهد اختزالهما القياسي.

$(E^0_{Zn^{2+}|Zn} = -0.762\ V)$ $\quad Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

$(E^0_{Li^+|Li} = -3.04\ V)$ $\quad Li \rightarrow Li^+ + e^-$

$E^0_{Zn^{2+}|Zn} - E^0_{Li^+|Li} = +2.28\ V$

المفردات

أصل الكلمة

السعة Capacity

capac-,capax وهي كلمات لاتينية تعني يحتوي على أو يمكنه أن يحمل مقدارًا كبيرًا.

التأكد من فهم النص أثناء الشحن، فإن الرصاص في كبريتات الرصاص $PbSO_4$ (Pb^{2+}) يتأكسد إلى (Pb^{4+}) في PbO_2 ويُختزل إلى Pb.

نبذة عن المحتوى

الارتفاع الحراري هو تأثير متسلسل للتفاعل الطارد للحرارة يزيد من درجة حرارة الوسط الذي يحدث فيه التفاعل والذي بدوره يزيد سرعة التفاعل أكثر مما ينتج عنه حرارة أكبر. يسبب ارتفاع في حدوث الحوادث الصناعية الكيميائية. إذا تم التصنيع على نحو غير صحيح، يمكن أن تتعرض بطاريات أيون الليثيوم مُحكمة الإغلاق للارتفاع الحراري، مما ينتج عنه حرارة زائدة ويمكن أن تنفجر. ذُكِر أن بطاريات الهواتف النقالة تسببت في حدوث حرائق وانفجارات. لمنع الحوادث التي تتسبب فيها بطاريات أيون الليثيوم، فإن أجهزة السلامة الضرورية مُدمجة في البطاريات. تلك تتضمن فواصل إيقاف التشغيل ومفاتيح يُمكن إزالتها وفتحات تهوية. تسبب التلوث الداخلي بالجسيمات الفلزية في انفجارات عديدة لبطاريات الكمبيوتر المحمول مما أدى إلى استرجاع عدد هائل من بطاريات الكمبيوتر المحمول في عام 2006.

دفتر الكيمياء

البطاريات القابلة لإعادة الشحن اطلب إلى الطلاب البحث والمقارنة بين تكلفة البطاريات القابلة لإعادة الشحن وغير القابلة لإعادة الشحن للاستخدام المنزلي، قارن السعر بساعات الطاقة المقدرة في جهاز يعمل بالبطارية. اطلب إليهم تضمين سعر الشاحن. اطلب إلى الطلاب إبلاغ الفصل الدراسي بالمعلومات ومناقشة النوع الأكثر فعالية من البطارية لشرائه. ض م

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تحديد المفاهيم الخاطئة

قد يعتقد بعض الطلاب أن الخلية الجافة تكون جافة.

كشف المفاهيم الخاطئة اطلب إلى الطلاب وصف تصورهم عن الجزء الداخلي لبطارية الخلية الجافة. ما هي بنية المادة المركزية في رأيهم؟

شرح المفهوم اعرض أمام الطلاب المقطع العرضي للبطارية التي قاموا بتفكيكها. يُمكن تفكيك بطارية 9 V باستخدام مفك براغي وكماشة. اطلب مساعدة معلم الفيزياء لقطع المقطع العرضي. قم بتغطية الجزء الداخلي الظاهر من الخلية الجافة بغطاء بلاستيكي حتى لا تجف العجينة ولا تسمح للطلاب بلمس المواد. **تحذير: لا تقطع المقطع العرضي من بطارية خلية جافة قلوية نظرًا لتآكل المواد التي تُصنع منها هذا النوع من البطاريات.** يمكن استحداث الشكل 11 كبديل،، إذا لم تستطع التوصل إلى مقطع عرضي من بطاريات الخلية الجافة أو 9 V المتداولة.

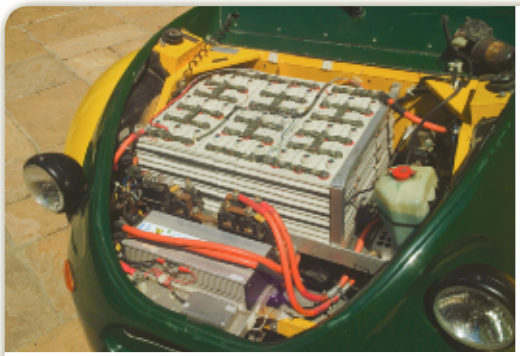
تقييم المعلومات الجديدة

اطلب إلى الطلاب شرح سبب في أن الخلية الجافة ليست جافة.

تحتوي الخلية الجافة على معجون إلكتروليتي مصنوع من كلوريد الخارصين وأكسيد المنجنيز (IV) وكلوريد الأمونيوم وقليل من الماء. ض م

☑ **التأكد من فهم النص** إنها خفيفة الوزن وطويلة العمر وتخزن كمًا هائلاً من الطاقة بالنسبة لحجمها والبعض منها قابل لإعادة الشحن.

غالبا ما توفر بطاريات الليثيوم إما 3 V أو 9 V وتأتي في عدة أحجام لتناسب مختلف الأجهزة.



تعمل بطاريات الليثيوم على توفير الطاقة لهذه السيارة التجريبية لتجعلها تسير بسرعة قصوى تصل إلى 113km/h. ومدى السيارة أكثر من 320 km.

■ **الشكل 12** إن خفة الوزن وطول العمر، والجهد الكبير لبطارية الليثيوم يجعلها خيارًا ممتازًا للعديد من الأغراض.

بطاريات الليثيوم قد تكون أولية أو ثانوية، بناء على أي تفاعلات الاختزال التي تقترن بتأكسد الليثيوم. على سبيل المثال، تستخدم بعض بطاريات الليثيوم نفس تفاعل الكاثود في خلايا الخارصين–كربون الجافة وهو اختزال أكسيد المنغنيز (IV) (MnO_2) إلى أكسيد المنغنيز (III) (Mn_2O_3). ينتج عن هذه البطاريات تيار كهربائي بجهد 3V تقريبًا مقارنة بـ 1.5 V لخلايا الخارصين–كربون. تدوم بطاريات الليثيوم لفترة أطول من أنواع البطاريات الأخرى ونتيجة لذلك فهي تستخدم غالبًا في ساعات اليد والحواسيب والكاميرات للحفاظ على الزمن والتاريخ والذاكرة والإعدادات الشخصية– حتى عند إطفاء الجهاز. **الشكل 12** يوضح أحجام بطاريات الليثيوم والتطبيق المستقبلي لاستخدامها.

☑ **التحقق من فهم النص** **اذكر** ثلاث ميزات لبطاريات الليثيوم.

الكيمياء في الحياة اليومية

خلايا الوقود

الحد من التلوث المركبات هي أحد أكبر مصادر تلوث الهواء في الكثير من المدن. ففي بعض المدن الأوروبية، تشكل الحافلات التجريبية التي تعمل بخلايا وقود الهيدروجين فرقًا وتغيرًا كبيرًا؛ فالعادم الذي ينبعث من تلك الحافلات لا يحتوي على ثاني أكسيد الكربون ولا أكاسيد النيتروجين أو الكبريت. كل ما ينتج عن هذه الحافلات هو الماء النقي فقط.

خلايا الوقود

عند احتراق الهيدروجين في الهواء فهو يحترق بشكل انفجاري وينتج عنه ضوء وحرارة.

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) + \text{طاقة}$$

هل يمكن لهذا التفاعل أن يحدث في ظل ظروف متحكم فيها داخل الخلية؟

الربط بعلم الفيزياء إن **خلية الوقود** هي خلية فولتية يستخدم فيها تأكسد الوقود لإنتاج طاقة كهربائية، تختلف خلايا الوقود عن البطاريات الأخرى لأنها تزود بإمداد مستمر من الوقود من مصدر خارجي. يعتقد كثير من الناس أن خلية الوقود هي ابتكار حديث ولكن أول خلية ظهرت عام 1839 وصنعها ويليام جروف (1811-1896) وهو عالم كيمياء كهربائية بريطاني وقد سمى خليته "بطارية الغاز". ولم يبدأ العلماء العمل بجد في برنامج الفضاء حتى خمسينيات القرن العشرين حين تم تصنيع خلايا وقود عملية وتتمتع بالكفاءة. إذا كان رواد الفضاء سيصعدون على متن مكوك فضائي، فسيكونون في حاجة لإمدادات من الماء لتساعدهم على الحياة فيه بالإضافة إلى مصدر كهرباء موثوق به لتشغيل الأنظمة المتعددة في المكوك. وقد تم استيفاء هذين المطلبين بعد صنع خلية الوقود الهيدروجيني التي تتحكم في تأكسد الهيدروجين وتوفر كلًا من الكهرباء والماء. لا ينتج عن الخلية أي نواتج ثانوية تحتاج للتخلص منها خلال رحلة إلى الفضاء.

التعليم المتمايز

المصطلحات العلمية اجعل الطلاب يقومون ببناء نماذج من قطاعات عرضية من البطاريات الموضّحة في المخططات في النص أو من البحث الذي توصلوا إليه. أشر إلى أشكال البطاريات المتعددة في النص. اجعل الطلاب يقومون بتسمية كل أجزاء البطاريات. ق م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

كيف تعمل خلية الوقود كما هو الحال في الخلايا الفولتية الأخرى، تشتمل خلية الوقود على أنود "قطب موجب" وكاثود "قطب سالب".وهي تحتاج إلى إلكتروليت حتى تستطيع الأيونات الانتقال بين الأقطاب. المحلول الإلكتروليتي الشائع في الخلايا الفولتية هو محلول قلوي من هيدروكسيد البوتاسيوم. كل قطب يكون عبارة عن غرفة خالية جدرانها من الكربون المسامي التي تسمح بالتلامس بين الغرفة الداخلية والإلكتروليت المحيط بها. يحدث التفاعل النصفي التالي للتأكسد عند الأنود.

$$2H_2(g) + 4OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$$

يستعين هذا التفاعل بأيونات الهيدروكسيد المتوفرة بكثرة في محلول الإلكتروليت القلوي لتحرير الإلكترونات عند الأنود. تتدفق الإلكترونات الناتجة عن تأكسد الهيدروجين عبر الدائرة الخارجية نحو الكاثود حيث يحدث تفاعل الاختزال النصفي التالي.

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

تختزل الإلكترونات الأكسجين في وجود الماء لتشكل أربعة أيونات هيدروكسيد لتجدد مرة أخرى أيونات الهيدروكسيد التي استهلكت عند الأنود. عند جمع التفاعلين النصفيين، تصبح المعادلة نفس المعادلة التي استخدمت لحرق الهيدروجين في الأكسجين.

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$$

نظرًا لأن وقود الخلية يأتي من مصدر خارجي لذلك لا تنفد خلايا الوقود كالبطاريات فهي تستمر في إنتاج الكهرباء طالما كان الوقود متاحًا.

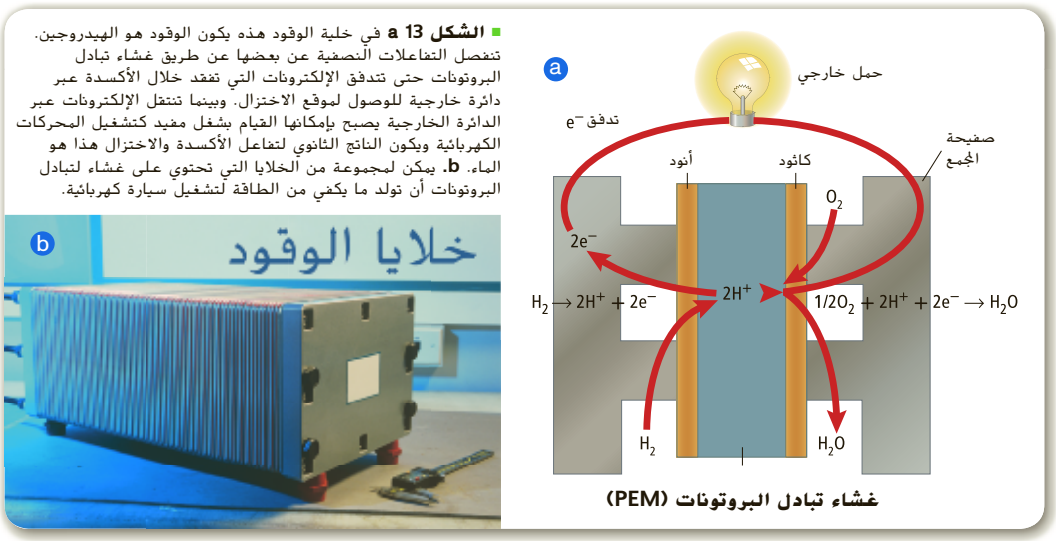
بعض خلايا الوقود تستخدم أنواع وقود أخرى غير الهيدروجين. على سبيل المثال، يحل الميثان محل الهيدروجين في بعض الخلايا ولكن يكمن عيبه في إنتاج ثاني أكسيد الكربون كغاز عادم. تستعين خلايا الوقود كتلك الموضحة في **الشكل 13** بصفائح بلاستيكية تسمى غشاء تبادل البروتونات (PEM) والذي يلغي الحاجة لإلكتروليت سائل.

☑ **التأكد من فهم النص** **قارن** بين خلايا الوقود والخلايا الفولتية.

مهن في الكيمياء

أخصائي الطاقة البديلة

إذا أردت ابتكار أشياء جديدة وتجعلها تعمل، فقد تكون مهتمًا بالمساعدة على تطوير موارد طاقة جديدة لهذا العالم الذي يزداد اعتماده على الطاقة بصورة كبيرة. تشمل التقنيات طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية وتسخير الطاقة من المد والجزر واستخدام الاختلافات في درجة الحرارة في المسطحات المائية وغيرها الكثير.



■ **الشكل 13 a** في خلية الوقود هذه يكون الوقود هو الهيدروجين. تنفصل التفاعلات النصفية عن بعضها عن طريق غشاء تبادل البروتونات حتى تتدفق الإلكترونات التي تفقد خلال الأكسدة عبر دائرة خارجية للوصول لموقع الاختزال. وبينما تنتقل الإلكترونات عبر الدائرة الخارجية يصبح بإمكانها القيام بشغل مفيد كتشغيل المحركات الكهربائية ويكون الناتج الثانوي لتفاعل الأكسدة والاختزال هذا هو الماء. **b** يمكن لمجموعة من الخلايا التي تحتوي على غشاء لتبادل البروتونات أن تولد ما يكفي من الطاقة لتشغيل سيارة كهربائية.

تطوير المفاهيم

منع التآكل اسأل الطلاب إذا كان النحاس سيعمل كطبقة حماية كاثودية لمنع تآكل الحديد. لا، لأن الحديد يتأكسد أسرع من النحاس اطلب من ممثل لشركة نفط أو غاز محلية مناقشة الطلاب عن استخدام الفلزات المتآكلة باعتبارها وسيلة لمنع تآكل خطوط الأنابيب. من الأسئلة التي يُمكن طرحها هو السؤال عن العناصر الأكثر استخدامًا كفلزات كاثودية أو فلزات متآكلة. ض م

التوسع

حل المسائل اطلب إلى الطلاب قراءة البيانات الإخبارية أو مشاهدة فيديو عن رحلة أبوللو 13 والتي انفجر فيها خزان الأكسجين ودمر خلايا الوقود على الكبسولة الفضائية. وضح كيف أن حل المشكلة الإبداعي كان السبب في عودة رواد الفضاء سالمين. ض م

☑ **التأكد من فهم النص** لن تصبح خلايا الوقود مُستنفذة أبدًا طالما أنها مزودة بمصدر ثابت للوقود.

التنوع الثقافي

حفظ الكنوز الوطنية ذكّر الطلاب بأن الجسور والسيارات ليست الأشياء الوحيدة المُعرضة للتآكل. العديد من الأعمال الفنية أيضًا عُرضة للتآكل. أحد أفضل الترميمات المُعلن عنها هو ترميم تمثال الحرية. من الأعمال الفنية التي تم ترميمها، تمثال صنعه رودين من البرونز وموجود في فيلادلفيا منذ عام 1925. اطلب إلى الطلاب البحث عن أعمال فنية أخرى مهمة للثقافات حول العالم و عُرضة لخطر التآكل. اطلب إلى الطلاب وصف كيمياء مشكلة التآكل والخطوات التي تم اتخاذها (أو يُمكن اتخاذها) لترميم الكنوز.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مختبر تحليل البيانات

نُبذة عن المختبر

- خلايا الوقود الحيوي هي أجهزة تحول الطاقة الأيضية الميكروبية إلى طاقة كهربائية.
- الإلكترون الوسيط ضروري لنقل الإلكترون الميكروبي للقطب الكهربائي في خلية الوقود.
- مقالات أخرى تتعلق بخلايا الوقود الحيوي:
  - بولين، ر. أ. آرنوت، .T.C، .ليكمان جيه بي وولش، F.C، "خلايا الوقود الحيوي وتطورها". المستشعرات الحيوية والمستشعرات الإلكترونية (مايو 2006)، 2015-2045.
  - ديفيز،فرانك، هيجسون، سيموس بي جيه "خلايا الوقود الحيوي – التطبيقات والتطورات الحديثة". المستشعرات الحيوية والمستشعرات الإلكترونية (فبراير 2007)، 1224-1235.

التفكير الناقد

1. 15 دقيقة
2. نعم، يظهر التيار ظهورًا ملحوظًا خلال 15 دقيقة من بدء التجربة.
3. حوالي 3.7 mA

مختبر تحليل البيانات

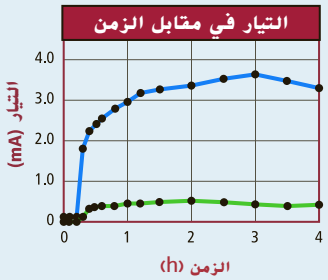
استنادًا إلى بيانات حقيقية*

تفسير الرسوم البيانية

كيف يمكنك الحصول على تيار كهربائي من الميكروبات؟ درس العلماء إمكانية استخدام الميكروبات كخلايا وقود حيوي. خلية الوقود الحيوي تقوم بتحويل طاقة الأيض الميكروبية إلى تيار كهربائي. يسهل وسيط الإلكترونات نقل الإلكترونات إلى أي قطب. ووسيط الإلكترون هو مركب يدخل في سلسلة انتقال الإلكترونات بالخلية ويسرق الإلكترونات التي تنتج.

بيانات وملاحظات

يوضح الرسم البياني التيار الذي ينشأ عن خلية وقود حيوي مع وسيط الإلكترون (خط أزرق) وبدون (خط أخضر) استخدام وسيط الإلكترون.



* تم الحصول على البيانات من: هيون بارك، دو & جيه جريجوري زيكوس، أبريل 2000. توليد الكهرباء في خلايا وقود ميكروبية باستخدام الأحمر المتعادل كوسيط إلكترون. علم الأحياء الدقيقة التطبيقي والبيئي 66، رقم 1297-1292:4.

التفكير الناقد

1. **استدل على الزمن** التقريبي الذي تم فيه توفير وسيط الإلكترون.
2. **حدد** هل أحدث توفير وسيط الإلكترون فرقًا في إنتاج التيار؟ فسر إجابتك.
3. **حلل** ما هو أعلى تيار تم الحصول عليه بواسطة الخلية؟

التآكل

في هذا الفصل درست تفاعلات الأكسدة والاختزال التلقائية في الخلايا الفولتية. تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال التلقائية أيضًا في الطبيعة. ومثال على ذلك صدأ الحديد المعروف عادة بالتآكل. **التآكل** هو خسارة الفلز التي تنشأ عن تفاعل أكسدة – واختزال بين الفلز وبعض المواد في البيئة. وعلى الرغم من أنه عادة ما يعتقد أن التآكل هو تفاعل بين الحديد والأكسجين، إلا أنه أكثر تعقيدًا من ذلك. يجب أن يوجد كل من الماء والأكسجين لكي يحدث التآكل؛ لهذا السبب يكون أي جسم من الحديد، كهذا الموضح في **الشكل 14** والذي تم تركه معرضًا للهواء والرطوبة عرضة للصدأ ويصدأ الجزء الملامس للأرض الرطبة أولًا.

عادة ما يبدأ التآكل حيث يكون هناك شق أو كسر صغير في سطح الحديد. تصبح هذه المنطقة هي الأنود للخلية حيث تبدأ ذرات الحديد في فقدان الإلكترونات كما يظهر في **الشكل 15**.

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

تصبح أيونات الحديد (II) جزءًا من محلول الماء بينما تنتقل الإلكترونات عبر الحديد إلى منطقة الكاثود. عمليًا، تصبح قطعة الحديد هي الدائرة الخارجية وأيضًا هي الأنود. عادة ما يقع الكاثود عند حافة قطرات الماء حيث يتلامس الماء والحديد والهواء. وهنا، تختزل الإلكترونات الأكسجين من الهواء في التفاعل النصفي التالي:

$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$$

في الغالب يتم توفير أيونات H^+ بواسطة حمض الكربونيك الذي يتكون عندما يذوب CO_2 الموجود في الهواء في الماء.

■ **الشكل 14** هذا البرميل الحديدي الذي تُرك دون عناية في وجود الهواء والرطوبة، يتأكسد الحديد ببطء حتى يصدأ (Fe_2O_3).

دفتر الكيمياء

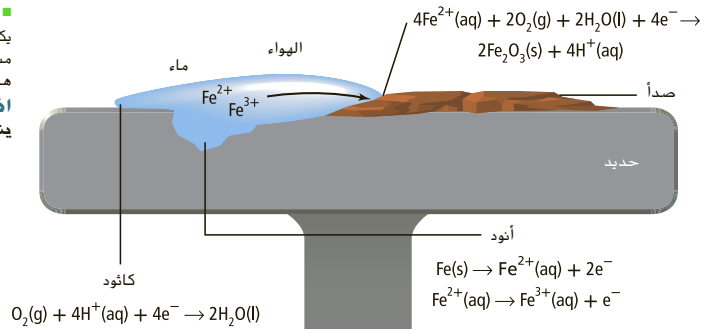
حماية المعدات اطلب إلى مجموعات الطلاب الصغيرة زيارة متجر المعدات وكتابة قائمة بالأنواع المختلفة من المسامير وطرائق حمايتها من التآكل. حسب المتجر، سيجد الطلاب مسامير مصنوعة من الحديد والألمنيوم والنحاس. البعض منها مدهون أو مُجلفن أو مُجلفن بالغمر الساخن أو مُجلفن بالغمر البارد أو مطلي بالكهرباء. ض م

التعلم التعاوني

التعليم المتمايز

متعلمون فوق المستوى اطلب إلى الطلاب البحث عن أسباب فائدة تكنولوجيا الوقود الحيوي للحياة على الكوكب. اطلب إلى الطلاب تقييم المحددات والمعيقات التي يجب التغلب عليها لجعل الوقود الحيوي بديل معقول لمصادر الطاقة الأخرى. أم

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 15** يحدث التآكل حين يكوّن الهواء والماء والحديد خلية فولتية مشابهة للظروف الموضحة على سطح هذه العارضة الحديدية.

اذكر اسم النوعين اللذين يتأكسدان عند الأنود.

بعد ذلك، تتأكسد أيونات Fe^{2+} في المحلول إلى أيونات Fe^{3+} عن طريق التفاعل مع الأكسجين الذائب في الماء. تتحد أيونات Fe^{3+} مع الأكسجين لتكوين صدأ Fe_2O_3 غير القابل للذوبان.

$$4Fe^{2+}(aq) + 2O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 4H^+(aq)$$

وينتج عن جمع المعادلات الثلاثة التفاعل الكلي للخلية الذي يكوّن صدأ الحديد.

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

التآكل هو عملية بطيئة لأن قطرات الماء تحتوي على أيونات قليلة لذلك فهي لا تعتبر إلكتروليتات جيدة. ومع ذلك، إذا احتوى الماء على أيونات وفيرة، كما في ماء البحر أو في المناطق التي ترش فيها الطرقات بالملح في فصل الشتاء فيحدث التآكل بصورة أسرع لأن هذه المحاليل هي إلكتروليتات ممتازة.

منع التآكل يتسبب صدأ السيارات والجسور والسفن وهياكل المباني والأجسام الفلزية الأخرى في حدوث أضرار كبيرة جدًا؛ لهذا السبب تم ابتكار عدة وسائل للتقليل من حدوث التآكل. من الطرائق إضافة طبقة من الطلاء لعزل كلٍ من الهواء والرطوبة ولكن نظرًا لأن الطلاء يتآكل مع مرور الزمن، تجب إعادة طلاء هذه الأجسام كالأنبوب الوارد في **الشكل 16** من حين لآخر.

■ **الشكل 16** لأن التآكل يمكن أن يسبب أضرارًا ملحوظة فمن الضروري اكتشاف وسائل لمنع التآكل والتدهور. الطلاء أو أي طبقة واقية أخرى هي إحدى وسائل حماية الهياكل الفولاذية من التآكل.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

التقويم

المعرفة في بطارية النيكل كادميوم، التفاعلات النصفية هي $Cd + 2OH^- \rightarrow CdO + H_2O + 2e^-$ و $NiO + H_2O + 2e^- \rightarrow Ni + 2OH^-$ اطلب إلى الطلاب وزن التفاعلات باستخدام طريقة التفاعل النصفي. ويحددوا ما الذي تأكسد ، وما الذي أختزل ، وأي العنصرين يعمل كأنود وأيهما يعمل ككاثود . إذا وُضِع مصدر خارجي أثناء عملية إعادة الشحن، أي عنصر يصبح الأنود ، وأيهما يصبح كاثود.

$Cd + 2OH^- \rightarrow CdO + H_2O + 2e^-$
$NiO + H_2O + 2e^- \rightarrow Ni + 2OH^-$
تتأكسد ذرات الكادميوم Cd تختزل أيونات النيكل الكادميوم هو الأنود النيكل هو الكاثود عند الشحن النيكل يكون الأنود والكادميوم الكاذود. ض م

■ **سؤال شكل**
Fe^{2+} و Fe

التدريس المتمايز

ضعاف السمع خصص لكل طالب زوج من التفاعلات التي تكون الخلية الكهروكيميائية. اطلب إلى الطلاب عمل ملصق ورسم الخلية وكتابة التفاعل الكهروكيميائي عليه وتسميته، باستخدام أكبر عدد ممكن من مصطلحات ومفاهيم هذه الوحدة. ض م

تجربة مصغرة

الهدف سيلاحظ الطلاب آثار التآكل لفلزين مختلفين على مسمار حديد.

مهارات العملية صنف ولاحظ، واستدلّ، وافهم السبب والنتيجة

احتياطات السلامة اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. ذكر الطلاب بالحذر من رأس المسمار. تأكد من تقديم بيان عن شريط المغنيسيوم قبل التجربة وبعدها.

التخلص من المواد يُمكن سكب المحاليل في المغسلة. لا تتخلص من فلزات النحاس والمغنيسيوم في المغسلة. اغسل وأعد استخدام النحاس والمغنيسيوم.

استراتيجيات التدريس

- انظر الدليل من أجل تحضير جميع المحاليل.
- يُمكن ينتج أنواع من النواتج من هذه التجربة. اطلب إلى الطلاب مناقشة الاختلافات بين نواتجهم.

النتائج المتوقعة يظهر التآكل على المسامير المُغطاة بالنحاس. ما زال النحاس يبدو لامعًا في الحالتين. يوجد راسب برتقالي في كل من هذه الكؤوس. يتآكل المغنيسيوم في كل المسامير المغطاة بالمغنيسيوم. يبدو المسمار دون تغيير حيث يغطيه المغنيسيوم.

التحليل

1. المسمار المغمور في محلول ماء الملح يتآكل أكثر من ذلك المغمور في الماء المقطر.
2. فلز المغنيسيوم المغمور في محلول ماء الملح يتآكل أكثر من ذلك المغمور في الماء المقطر.
3. المسمار المُغطى بالنحاس يتآكل لأن الحديد يتأكسد بسهولة أكثر. المسمار المُغطى بالمغنيسيوم لا يتآكل ولكن فلز المغنيسيوم يتآكل. يعمل المغنيسيوم كقطب متآكل

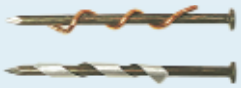
تجربة مصغرة

ملاحظة التآكل

أي الفلزات سيتآكل؟

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. استخدم **ورق الصنفرة** لصقل أسطح أربعة **مسامير حديدية**. لف مسمارين **بشريط مغنيسيوم** ومسمارين **بالنحاس**. لف الفلزات بإحكام حتى لا تنزلق منها المسامير وتسقط.
3. ضع كل مسمار في **كأس منفصل**. أضف الماء المقطر لأحد الكؤوس الذي يحتوي على مسمار ملفوف بالنحاس وأحد الكؤوس الذي يحتوي على مسمار ملفوف بالمغنيسيوم. أضف ما يكفي من الماء المقطر بحيث يغطي المسامير الملفوفة. أضف **الماء المالح** إلى **الكأسين الآخرين**. سجل ملاحظاتك عن المسامير في كل كأس.

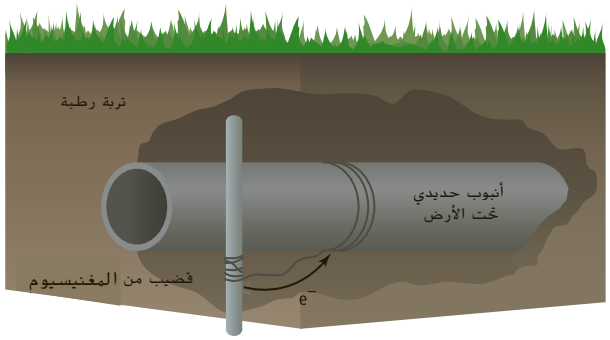


4. دع الكؤوس في مكانها طوال الليل في أكثر الأماكن المتوفرة دفئًا. افحص المسامير والمحاليل في اليوم التالي وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **صف** الفرق بين المسامير الملفوفة بالنحاس في الماء المقطر وفي الماء المالح بعد بقائها فيها لمدة ليلة.
2. **صف** الفرق بين المسامير الملفوفة بالمغنيسيوم في الماء المقطر وفي الماء المالح.
3. **حدد** الفرق في التآكل بين المسامير الملفوفة بالنحاس وتلك الملفوفة بالمغنيسيوم.

يلامس الهيكل الفولاذي للسفن الماء المالح بشكل دائم لذلك فإن حمايتها من التآكل أمر ضروري. وعلى الرغم من أنه من الممكن طلاء الهيكل، يتم استخدام طريقة أخرى للتقليل من التآكل. توضع كتل من الفلزات كالمغنيسيوم والألمنيوم والتيتانيوم بشكل يلامس الهيكل الفولاذي. تتأكسد هذه الكتل بسهولة أكثر من الحديد وتصبح قطبًا لخلية التآكل. وهي تسمى أقطاب أو أنود متآكل لأنها تصدأ بينما يتم الحفاظ على الحديد في هيكل السفينة. وهناك طريقة أخرى تستخدم لحماية أنابيب الحديد تحت الأرض. يتم ربط قضبان المغنيسيوم بالأنبوب عن طريق أسلاك فتصدأ تلك القضبان بدلاً من الأنبوب، كما يتضح في **الشكل 17**.



■ **الشكل 17** القطب "الأنود" المتآكل من المغنيسيوم أو من فلزات نشطة أخرى يستخدم في منع التآكل. يساعد قضيب المغنيسيوم المتصل بالحديد تحت الأرض على منع التآكل عن طريق أنه يتأكسد بنفسه.

الأكسدة: $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

الاختزال: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

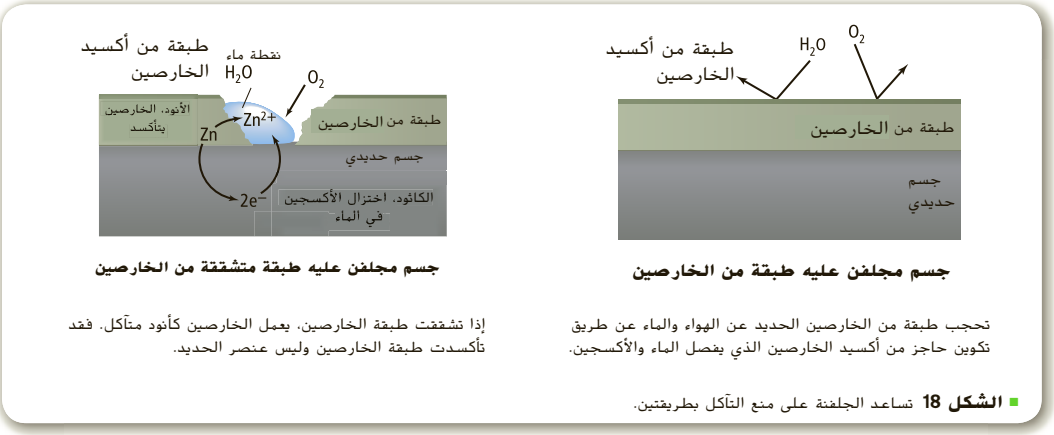
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

☑ **التأكد من فهم النص (ص. 583)**

تشمل الأساليب: وضع الطلاء لمنع وصول الهواء والرطوبة واستخدام أنود متآكل وطلاء الحديد بفلز أكثر مقاومة للتآكل مثل عملية الجلفنة

التقويم

الأداء اطلب من الطلاب اختبار أنواع متنوعة من المسامير ذات طبقات حماية من أجل مقاومة التآكل. يجب عليهم لف هذه المسامير ووضعها في محاليل ماء مقطر وماء ملحي وكتابة ملاحظات عما سيحدث خلال مدة زمنية. ض م



تحجب طبقة من الخارصين الحديد عن الهواء والماء عن طريق تكوين حاجز من أكسيد الخارصين الذي يفصل الماء والأكسجين.

إذا تشققت طبقة الخارصين، يعمل الخارصين كأنود متآكل. فقد تأكسدت طبقة الخارصين وليس عنصر الحديد.

■ **الشكل 18** تساعد الجلفنة على منع التآكل بطريقتين.

من الطرائق الأخرى لمنع التآكل تغطية الحديد بفلز آخر أكثر مقاومة للصدأ. في عملية **الجلفنة**، يتم تغطية الحديد بطبقة من الخارصين إما عن طريق غمر الحديد في مصهور الخارصين أو عن طريق طلائه بالخارصين كهربائيًا. بالرغم من أن الخارصين يتأكسد بصورة أكثر سهولة إلا أنه أحد الفلزات التي تحمي ذاتها، من مجموعة تتضمن أيضا الألمنيوم والكروم. عندما تتعرض هذه الفلزات للهواء فإن سطحها يتأكسد مكونة طبقة رقيقة من أكسيد الفلز تمنع مزيدًا من التأكسد للفلز.

تحمي الجلفنة الحديد بطريقتين. طالما بقيت طبقة الخارصين سليمة لن يصل الماء أو الأكسجين إلى سطح الحديد. وحتمًا ستتشقق طبقة الخارصين. وحين يحدث ذلك، يحمي الخارصين الحديد من التآكل السريع عن طريق أنه يصبح أنودًا للخلية الفولتية حين يلامس الماء والأكسجين الحديد والخارصين في نفس الوقت. **الشكل 18** يوضح كيف تعمل هاتين الطريقتين للحماية من التآكل.

☑ **التأكد من فهم النص: لخّص** طرق منع التآكل.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يمكن استخدام البطاريات الأولية مرة واحدة فقط، بينما البطاريات الثانوية قابلة لإعادة الشحن.
- عند إعادة شحن بطارية، تقوم الطاقة الكهربية الواردة للبطارية بعكس اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية.
- خلايا الوقود هي عبارة عن بطاريات تكون المادة المتأكسدة فيها وقود من مصدر خارجي.
- من وسائل منع التآكل الطلاء والتغليف بفلز آخر أو استخدام أنود متآكل.

15. الفكرة **الرئيسة حدد** ما الذي يُختزل وما الذي يتأكسد في بطارية الخلية الجافة الخارصين – الكربون. ما السمات التي تجعل الخلية الجافة القلوية أفضل من أنواع البطاريات الجافة الأقدم؟
16. **اشرح** ماذا يحدث حين تتم إعادة شحن البطارية.
17. **صف** التفاعلات النصفية التي تحدث في خلية ذات وقود هيدروجيني واكتب معادلة التفاعل الكلي.
18. **صف** وظيفة الأنود المتآكل. كيف تتشابه وظيفة الأنود المتآكل مع الجلفنة؟
19. **اشرح** سبب اعتبار الليثيوم خيارًا جيدًا كأنود بطارية.
20. **احسب** مستخدمًا البيانات من **الجدول 1** جهد خلية وقود هيدروجين–أكسجين.
21. **صمم تجربة** استعن بمعرفتك بالأحماض لابتكار طريقة تحدد بها ما إذا كانت بطارية الرصاص–الحمض توفر شحنًا كاملاً أو بدأت تفرغ.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

اطلب إلى الطلاب تصميم مخطط يقارن بين الأنواع الرئيسة من البطاريات (الخلية الجافة أو بطارية أولية وبطارية تخزين الرصاص الحمضية وخلايا الوقود) الموضحة في هذه الوحدة. قارن بين الحجم وجهد التيار الكهربائي الناتج والعمر الافتراضي للبطارية. ض م

إعادة التدريس

تأكد من فهم الطلاب للفرق بين البطارية الأولية والبطارية الثانوية. اطلب إلى الطلاب تصنيف البطاريات المختلفة الموضحة إلى أولية أو ثانوية واشرح أسباب تصنيفها. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب البحث عن طريقة منع صدأ معادن السفن العابرة للمحيطات بتعليق قطع كبيرة من المغنيسيوم على طول هيكل السفينة. يتأكسد المغنيسيوم الأكثر نشاطًا بدلاً من الحديد. تُستبدل قطع المغنيسيوم عند تآكلها. ض م

التقويم

المعرفة اسأل الطلاب عن أسباب وجود اختلاف في نوع البطارية المُختارة لتوفير الطاقة للعبة مقارنةً بالبطارية التي توفر الطاقة لجهاز منظم ضربات القلب الذي يُزرع جراحيًا. السبب الأكثر أهمية هو طول المدة قبل الاضطرار لاستبدال البطارية. الأمر الذي يتطلب تدخلاً جراحيًا آخر. الحجم هو اعتبار ثانوي. يوجد أمر آخر وهو قوة التحمل في الجسد والمقاومة للتآكل والتلف. اختلافات التكلفة هي على الأرجح السبب الأقل أهمية. ض م

القسم 2 مراجعة

15. يتأكسد Zn؛ MnO_2 يُختزل في المعجون الإلكتروليتي. يوفر الخارصين على شكل المسحوق مساحة سطح أكبر للتفاعل. لا يوجد الخلايا القلوية قضيب الكربون غير النشط ككاثود.
16. مصدر الطاقة المُضاف إلى النظام يُجبر الخلية على العمل في الاتجاه غير التلقائي. تُجدد المواد الأصلية للخلية.
17. عند الأنود، يتأكسد غاز الهيدروجين إلى جزيئات الماء في وجود أيونات الهيدروكسيد. عند الكاثود، يُختزل الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد في وجود جزيئات الماء. التفاعل الكلي هو $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$.
18. للأنود المتآكل جهد اختزالي أقل من الفلز المراد حفظه ومنع تآكله بصفة تفضيلية. تعمل الجلفنة بنفس الطريقة. عندما تُخدش أو تُكسر الطبقة المُجلفنة، يتآكل الخارصين بصفة تفضيلية. هذا يترك الفلز بالأسفل دون تآكل.
19. الليثيوم Li خفيف وله أقل جهد اختزالي بين كل الفلزات وينتج أيضًا جهد تيار كهربائيًا أكثر مما سينتجه تفاعل الخارصين النصفي.
20. $E^0_{cell} = +1.229\ V$
21. يُمكن معايرة عينة من إلكتروليت حمض الكبريتيك من البطارية مع قاعدة ومقارنة مولاريته مع مولارية عينة من الإلكتروليت المأخوذ من البطارية الجديدة.

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

الخلايا الإلكتروليتية أحضر شاحن بطارية إلى الفصل الدراسي واسأل الطلاب لماذا يُستخدم؟ إنه يعيد شحن البطارية عندما يفرغ منها الشحن. اسأل الطلاب عن كيفية عمله. التفاعلات التي تستنفد البطارية تنعكس. أخبر الطلاب أن شواحن البطارية تعمل لأن البطارية تصبح خلية إلكتروليتية بدلاً من الخلية الفولتية. ض م

2 التدريس

تطوير المفاهيم

التفاعلات الانعكاسية لا يلاحظ الطلاب دائمًا أن التفاعلات قد تكون انعكاسية. أشر إلى التناظر الذي تم توضيحه سابقًا في هذه الوحدة باستخدام كرة الجولف وهي تتدحرج لأسفل التل. اسأل الطلاب ماذا يجب أن يحدث لاسترجاع الكرة أعلى التل. سيكونون بحاجة لاستخدام الطاقة لدفع الكرة للخلف أعلى التل. بإضافة الطاقة (الكهرباء الخارجية) إلى التفاعل، يمكن دفع التفاعل في الاتجاه المعاكس. ض م

■ **سؤال الشكل 19** في الخلية الفولتية، يتأكسد الخارصين وتُختزل أيونات النحاس. في الخلية الإلكتروليتية، يتأكسد النحاس وتُختزل أيونات الخارصين.

التحليل الكهربائي

الفكرة **الرئيسة** في التحليل الكهربائي، يسبب مصدر طاقة حدوث تفاعلات غير تلقائية في الخلايا الكهروكيميائية.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن عكس تفاعل أكسدة واختزال تلقائي في خلية كهروكيميائية؟
- قارن بين تفاعل التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور بتفاعل التحليل الكهربائي للمحلول الملحي؟
- ما أهمية التحليل الكهربائي في صهر الفلزات وتنقيتها؟

مراجعة المفردات

تفاعل أكسدة واختزال redox reaction: التفاعل الذي يتم فيه انتقال للإلكترونات بين المواد المتفاعلة.

المفردات الجديدة

التحليل الكهربائي electrolysis
الخلية الإلكتروليتية electrolytic cell

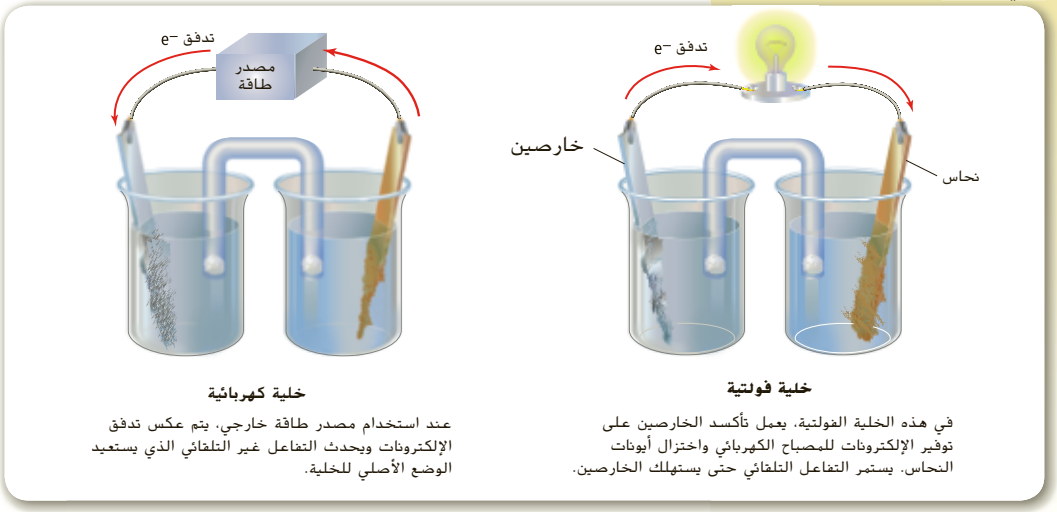
الكيمياء في حياتك

حين تركب دراجة وتسير بها لأسفل التل، لا يتوجب عليك القيام بأي جهد – فأنت قد تهبط بفعل الجاذبية. ما الفرق حين تقودها وأنت تصعد التل؟ يتوجب عليك توفير الكثير من الطاقة عن طريق التبديل.

عكس تفاعلات الأكسدة والاختزال

حين تولد بطارية معينة تيارًا كهربائيًا، تتدفق الإلكترونات الموجودة عند الأنود عبر دائرة خارجية إلى الكاثود حيث يتم استخدامها في تفاعل اختزال. البطارية الثانوية هي البطارية التي يمكن إعادة شحنها عن طريق تمرير تيار كهربائي من خلالها في الاتجاه المعاكس. لمساعدتك على فهم العملية، قم بدراسة الخلايا الكهروكيميائية في **الشكل 19** تحتوي الكؤوس الموجودة على اليسار على شريط من الخارصين في محلول أيونات خارصين. تحتوي الكؤوس الموجودة على اليمين على شريط من النحاس في محلول أيونات النحاس. إحدى الخلايا الكهروكيميائية يقوم بتزويد الطاقة لمصباح كهربائي عن طريق تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. تتدفق الإلكترونات بشكل تلقائي من جهة الخارصين بحيث ينشأ تيار كهربائي. يستمر التفاعل حتى يستهلك قطب الخارصين ثم يتوقف التفاعل. ومع ذلك يمكن تجديد الخلية إذا ما تم وضع تيار في الاتجاه المعاكس باستخدام مصدر طاقة (جهد) خارجي. مصدر الجهد الكهربائي أو الفولتية ضروري لأن التفاعل العكسي لا يكون تلقائيًا. إذا ما تم ترك مصدر الجهد الكهربائي فترة طويلة كافية، ستعود الخلية إلى قوتها الأصلية تقريبًا.

يسمى استخدام الطاقة الكهربائية للحصول تفاعل كيميائي **التحليل الكهربائي**. الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي تسمى **الخلية الإلكتروليتية**. على سبيل المثال، عند إعادة شحن بطارية ثانوية فهي تعمل كخلية تحليل كهربائي.



■ **الشكل 19** يمكن لخلية الخارصين – نحاس الكهروكيميائية أن تكون خلية فولتية أو خلية تحليل كهربائي.
استدل في كل خلية كهروكيميائية ما الفلز الذي يتأكسد؟ وما الفلز الذي يُختزل؟

خلية فولتية

في هذه الخلية الفولتية، يعمل تأكسد الخارصين على توفير الإلكترونات للمصباح الكهربائي واختزال أيونات النحاس. يستمر التفاعل التلقائي حتى يستهلك الخارصين.

خلية كهربائية

عند استخدام مصدر طاقة خارجي، يتم عكس تدفق الإلكترونات ويحدث التفاعل غير التلقائي الذي يستعيد الوضع الأصلي للخلية.

التدريس المتمايز

ضعاف البصر اسأل الطلاب ضعاف البصر أن يصفوا شفهيًا لماذا ستساعد إضافة الإلكتروليت إلى الماء في عملية التحليل الكهربائي؟ يجب أن يشرح الطلاب أن الماء جزيء قطبي وبناءً على ذلك، فهو موصل رديء للكهرباء. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطبيقات على التحليل الكهربائي

تذكر أن الخلايا الفولتية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. أما خلايا التحليل الكهربائي فهي تقوم بالعكس، فهي تستخدم الطاقة الكهربائية للحث على تفاعل غير تلقائي. من الأمثلة الشائعة هو التحليل الكهربائي للماء. والتفاعل هو عكس التفاعل الخاص باستهلاك الهيدروجين والأكسجين في خلية وقود.

$$2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$$

التحليل الكهربائي للماء هو أحد الطرق التي يمكن عن طريقها توليد غاز الهيدروجين من أجل الاستخدام التجاري.

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم كما أن التحليل الكهربائي يمكنه تحليل الماء إلى عناصره، فبإمكانه أيضًا أن يفصل كلوريد الصوديوم المصهور إلى فلز الصوديوم وغاز الكلور. ويتم تنفيذ هذه العملية في خلية تسمى بخلية داون كما يوضح **الشكل 20**. الإلكتروليت في الخلية هو كلوريد الصوديوم المصهور نفسه. تذكر أن المركبات الأيونية يمكنها توصيل الكهرباء فقط إذا كانت أيوناتها حرة الحركة مثلما حين تذوب في الماء أو حين تكون في حالة مصهورة.

عند الأنود، تتأكسد أيونات الكلوريد إلى غاز كلور (Cl_2).

$$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

وعند الكاثود، تختزل أيونات الصوديوم لتتحول إلى فلز الصوديوم.

$$Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$$

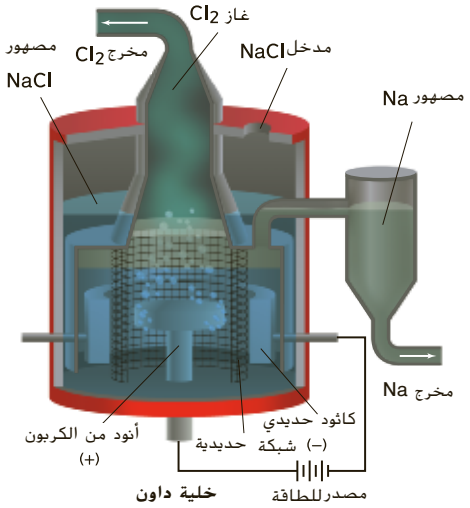
ويكون تفاعل الخلية الكلي هو كالتالي:

$$2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$$

إن أهمية وجود خلية داون يتمثل فيما يتعلق بالأدوار الهامة التي يلعبها كل من الصوديوم والكلور في حياتك. فالكلور يستخدم في جميع أنحاء العالم لتنقية المياه من أجل الشرب والسباحة. العديد من منتجات التنظيف التي قد تستخدمها ومن بينها المنظفات المنزلية، تحتوي على مركبات الكلور. كما أنك تعتمد على مجموعة من المنتجات الأخرى كالورق والبلاستيك ومبيدات الحشرات والأنسجة والأصباغ والدهانات والتي تحتوي إما على الكلور أو يُستخدم الكلور في إنتاجها.

يستخدم الصوديوم في صورته النقية كمبرد في المفاعلات النووية وفي مصابيح بخار الصوديوم التي تستخدم في الإضاءة الخارجية. وفي مركباته الأيونية تحتاج فقط للنظر في قائمة المكونات للمنتجات الاستهلاكية لتجد مجموعة متنوعة من أملاح الصوديوم في المنتجات التي تستخدمها والأطعمة التي تأكلها.

التأكد من فهم النص **فسر** لم يجب أن يكون كلوريد الصوديوم مصهورًا في خلية داون.



■ **الشكل 20** في خلية داون، تُستخدم الإلكترونات التي يوفرها المصدر الكهربائي لاختزال أيونات الصوديوم عند الكاثود. ومع فقد الإلكترونات من الأنود، تتأكسد أيونات الكلوريد عند الأنود لتتحول إلى غاز الكلور.

مطويات®
أدخل المعلومات الواردة في هذا القسم في مطويتك.

تحديد المفاهيم الخاطئة

قد لا يفهم الطلاب الاختلاف بين كلوريد الصوديوم المصهور والمحلول الملحي.

تحديد المفاهيم الخاطئة اطلب إلى الطلاب رسم صورة توضح الفرق بين كلوريد الصوديوم المصهور NaCl ومحلول كلوريد الصوديوم المركز NaCl.

شرح المفهوم ذكّر الطلاب بأن كلاً من الصوديوم والكلور عناصر نشطة جدًا وغير موجودة في الطبيعة في صورة عنصرية.. وضّح تقنية التحليل الكهربائي الذي يُنتج هذه العناصر من خلال مخطط مُفصّل.

تقويم المعرفة الجديدة اطلب إلى الطلاب كتابة قائمة بالمنتجات التي يدخل الكلور والصوديوم باعتبارها مواد خام في عملية تصنيعها. ض م

إثراء

إحياء الفن اطلب إلى الطلاب التحقيق في عملية الهجرة (العزل) الكهربائية باعتبارها طريقة أخرى في ترميم القطع الفنية التاريخية من خلال تفتيت الملح والتراب وأي ذرات أخرى قد غطت القطع. اطلب إليهم وصف كيمياء هذه العملية في هذا التطبيق. ض م

التأكد من فهم النص قد تتحرك الأيونات فقط عندما تكون في حالة منصهرة أو في محلول.

المطويات®

مشروع الكيمياء

المواصلات البديلة تم دراسة بدائل محرك احتراق الجازولين الخاص بالسيارات. تمثل السيارة الكهربائية بديلاً ممكنًا. أطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات لدراسة التكلفة والقدرة الناتجة والمسافة التقريبية التي يقطعها كل من محرك احتراق الجازولين والسيارة الكهربائية وانصحهم باستخدام الجداول لعرض نتائج البحث؛ وكتابة بيان موقف يوضح أسباب قيامهم بشراء مركبات تعمل بالجازولين أو الكهرباء أو لا. اطلب من كل مجموعة أن تقدم بيان الموقف الخاص بها أمام الفصل. ض م **التعلم التعاوني**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

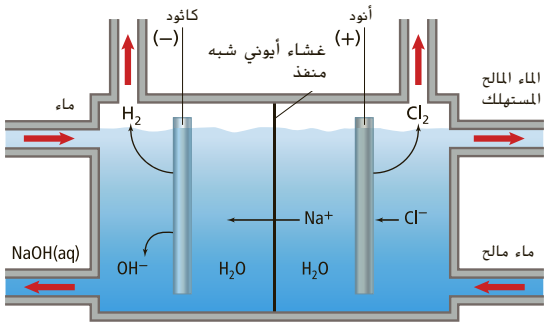
المعرفة اطلب إلى الطلاب كتابة شرح يصف الاختلاف بين التحليل الكهربائي والخلية الكهروكيميائية. ض م

عرض توضيحي سريع

تركيب العملة المعدنية اشرح أن العملة المعدنية عبارة عن سبيكة من الخارصين المطلي بطبقة من النحاس باستخدام مِبرَد، اكشط بحرص 1/3 تقريبًا إحدى القطع من الجانبين بحيث يبقى جزء من الحافة متصلاً بأعلى القطعة وأسفلها. اغمس القطعة في كأس يحتوي محلول حمض الهيدروكلوريك HCl (تقريبًا 3 *M*) واتركها ليلة كاملة. اسكب حمض الهيدروكلوريك المتبقي في المصرف ولمعادلة الحمض اغسل القطعة بالماء وجففها بحرص. ما يتبقى هو طبقة من طلاء النحاس الرفيعة تحمل نقشات القطعة الأصلية. يتفاعل الخارصين مع حمض الهيدروكلوريك. اسأل الطلاب لماذا يتفاعل الخارصين وليس النحاس. هل يتفاعل الخارصين مع أيون الهيدروجين بتلقائية؟ ذكر الطلاب أنه من أجل طلاء الخارصين بالنحاس باستخدام الكهرباء ويجب أن تختزل أيونات النحاس عند الكاثود.

☑ **التأكد من فهم النص** يتأكسد أيون الكلوريد (Cl^-). يختزل الماء

يُستخدم غاز الكلور في تصنيع منتجات بولي كلوريد الفينيل كتلك الأنابيب من أجل توزيع المياه.



تستخدم المنشآت التجارية عملية التحليل الكهربائي للحصول على غاز الهيدروجين وغاز الكلور وهيدروكسيد الصوديوم من محلول ملحي.

■ **الشكل 21** في التحليل الكهربائي لمحلول ملح كلوريد الصوديوم، لا ينتج الصوديوم لأن الماء يسهل اختزاله بصورة أكبر.

التحليل الكهربائي للمحلول الملحي يتم تحليل المحلول الملحي وهو محلول مائي من كلوريد الصوديوم، أيضا عن طريق التحليل الكهربائي. **الشكل 21** يوضح خلية تحليل كهربائي نموذجية ونواتج التحليل الكهربائي. من الممكن حدوث تفاعلين عند الكاثود: اختزال أيونات الصوديوم أو اختزال الهيدروجين في جزيئات الماء.

$$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$$

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

ومع ذلك، فإن اختزال الصوديوم (Na^+) لا يحدث لأن الماء أسهل في اختزاله وبالتالي يتم اختزاله بشكل تفضيلي.

من الممكن حدوث تفاعلين عند الأنود: تتأكسد أيونات الكلور أو يتأكسد الأكسجين في جزيئات الماء.

$$2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

ولأن الناتج المرغوب فيه هو الكلور (Cl_2) يتم الحفاظ على تركيز أيونات الكلوريد عاليًا من أجل تفضيل هذا التفاعل النصفي. تفاعل الخلية الكلي يكون كما يلي:

$$2H_2O(l) + 2NaCl(aq) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g) + 2NaOH(aq)$$

النواتج الثلاثة جميعها هي مواد هامة تجاريًا.

☑ **التأكد من فهم النص** **حدد** الأنواع التي تتأكسد والأنواع التي تختزل في التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم.

إنتاج الألمنيوم حتى نهاية القرن التاسع عشر، لم يكن فلز الألمنيوم من الفلزات القيمة لأنه لم يكن أحد يعلم كيف تتم تنقيته بكميات كبيرة. عام 1886 طور شارل مارتن هول (1863–1914) الذي كان يبلغ من العمر 22 عامًا طريقة لإنتاج الألمنيوم عن طريق التحليل الكهربائي. وقد استخدم الحرارة الناتجة من آلة الحداد (الكير) والكهرباء الناتجة من بطاريات مصنوعة منزليًا والمقالي الحديدية الخاصة بوالدته كأقطاب. وفي الوقت نفسه تقريبًا، اكتشف أحد طلاب لو تشاتيلييه وهو بول هيرولت (1863-1914) الذي كان يبلغ أيضًا 22 عامًا، العملية نفسها. ويُطلق عليها اليوم اسم عملية هول–هيرولت وتم توضيحها في **الشكل 22**.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

اختزال

الاستخدام العلمي: هو تقليل عدد تأكسد الذرة عن طريق إضافة إلكترونات الخارصين يختزل أيونات النحاس (II) إلى ذرات نحاس عن طريق فقد إلكترونين.

الاستخدام العام: تصغير الحجم، أو الكم، أو المدى، أو العدد

اضطررنا لتقليل عدد الممثلين لأن المسرح كان صغيرًا جدًا..

دفتر الكيمياء

المحلول الملحي اسأل الطلاب أي العناصر يفقد الإلكترونات وأيها يكتسبها وكم عدد الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة أيضًا في التفاعل الذي يحدث في التحليل الكهربائي للمحلول الملحي. يفقد أيونان الكلوريد مجموع إلكترونين. يكتسب أيونان من الهيدروجين مجموع إلكترونين. ض م

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

في النموذج الحديث من عملية هول–هيرولت، يتم الحصول على فلز الألمنيوم عن طريق التحليل الكهربائي لأكسيد الألمنيوم الذي يتم استخلاصه من خام البوكسيت ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$). يذوب أكسيد الألمنيوم عند درجة حرارة 1000°C في مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) تكون الخلية مبطنة بالجرافيت الذي يشكل الكاثود للتفاعل كما يوضح **الشكل 22**. يتم غمر مجموعة أخرى من قضبان الجرافيت في المحلول المصهور لتكوين الأنود. يحدث التفاعل الآتي عند الكاثود.

$$Al^{3+}(l) + 3e^- \rightarrow Al(l)$$

يستقر الألمنيوم المنصهر في قاع الخلية ويتم سحبه بصفة دورية. تتأكسد أيونات الأكسيد عند الأنود في هذا التفاعل:

$$2O^{2-}(aq) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$$

ونظرًا لارتفاع درجات الحرارة، يتفاعل الأكسجين المتحرر مع كربون الأنود مكونًا ثاني أكسيد الكربون.

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

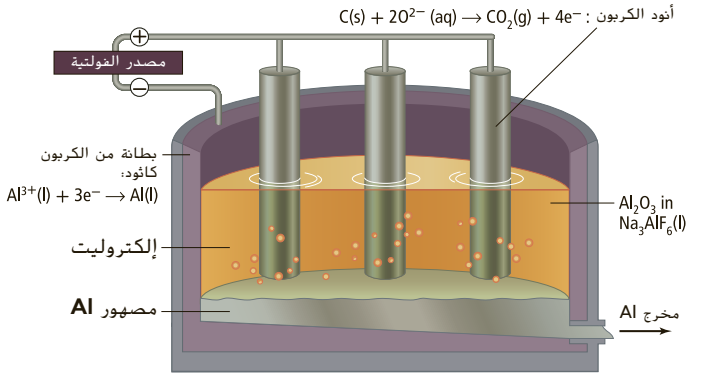
تُستخدم في عملية هول–هيرولت كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية لهذا السبب يتم عادة إنتاج الألمنيوم في مصانع تُبنى بالقرب من محطات طاقة كهربائية ضخمة حيث تكون الطاقة الكهربائية أقل سعرًا. المقدار الكبير من الكهرباء المطلوب لإنتاج الألمنيوم من الخام هو السبب الرئيسي لإعادة تدوير الألمنيوم. فقد خضع الألمنيوم المعاد تدويره بالفعل إلى التحليل الكهربائي؛ لذا فالطاقة الوحيدة المطلوبة لجعله قابل للاستخدام مرة أخرى هي الحرارة المطلوبة لصهره في فرن.

تنقية الخامات يُستخدم التحليل الكهربائي أيضًا في تنقية الفلزات مثل النحاس. يستخرج معظم النحاس على شكل خامات مثل: الكالكوبايرايت ($CuFeS_2$)، الكالكوسيت (Cu_2S) والمالاكيت ($Cu_2CO_3(OH)_2$). والكبريتيدات أكثر وفرة وتنتج فلز النحاس عند تسخينها بقوة في وجود الأكسجين.

$$Cu_2S(s) + O_2(g) \rightarrow 2Cu(l) + SO_2(g)$$

يوفر الألمنيوم الذي تتم إعادة تدويره كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية التي يتم استخدامها لإنتاج ألمنيوم من الخام.

■ **الشكل 22** تتم عملية هول– هيرولت في درجة حرارة 900°C في مصاهر مشابهة لهذا. لاحظ أن الكربون (الجرافيت) يعمل بمثابة أنود وكاثود. غالبًا ما يتم وضع الألمنيوم المعاد تدويره كتغذية بداخل خلية مع الألمنيوم الجديد.



عرض توضيحي سريع

التحليل الكهربائي اضبط الجهاز لتتمكن من عرض الصورة على الشاشة. المواد اللازمة تشمل طبق بتري شفافًا أو كأس وقطعتين من سلك نحاس معزول مع ترك حوالي 1 cm من النحاس مكشوفًا عند كل طرف وبطارية 9 V ومحلول 0.1 *M* يوديد البوتاسيوم (تقريبًا 5 mL). أضف كمية متساوية من محلول النشا وعدة قطرات من فينول الفيثالين. حرك المحلول ولاحظ اللون. وصل طرفي السلكين بالبطارية واغمس الأطراف المكشوفة في المحلول. اترك التفاعل يستمر لعدة دقائق. لاحظ التغيرات في لون المحلول وضع فرضية حول ما يدل عليه تغيرات اللون. عند أحد الأقطاب الكهربائية يتكون اليود كما يتضح من التفاعل مع النشا لتكوين لون أسود مائل للزرقة. وعند القطب الآخر، يتكون الهيدروكسيد (قلوي) كما يتضح في تغير اللون من الوردي إلى الأحمر. اطلب إلى الطلاب كتابة نصف التفاعل لعملية التحليل الكهربائي هذه. ض م

تطبيقات في الكيمياء

الطلاء أحد تطبيقات الكيمياء الكهربائية هو تصنيع بعض المجوهرات من خلال طلاء فلز نفيس بالكهرباء على فلز آخر. المجوهرات المطلية بالذهب أو الفضة تشبه تلك المجوهرات المصنوعة من الذهب الخالص أو الفضة الخالصة. ومع ذلك، إذا خُدِشت أو كُسِرت طبقة الطلاء، يمكن أن يصدأ الفلز الأساسي أو يتغير لونه. بالإضافة إلى ذلك، يتم طلاء الطبقة الرقيقة من الذهب أو الفضة أحيانًا طلاءً غير مستوٍ، الأمر الذي يؤثر على المظهر. بعض فناني المجوهرات من خلال طلاء فلز بالكهرباء على شيء من الطبيعة مثل مخروط حبوب الصنوبر أو ورقة شجرة.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف

3 التقويم

التحقق من الاستيعاب

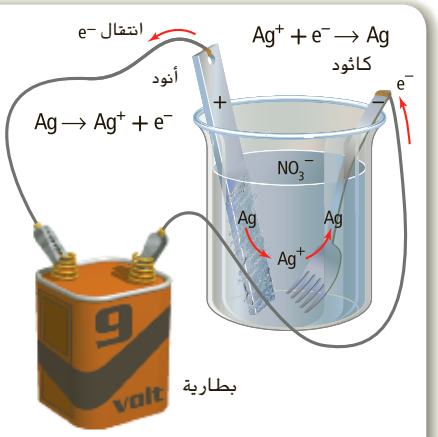
اسأل الطلاب أي الفلزات التالية هو أكثرهم نشاطًا وبذلك يكون الأصعب في التنقية من مادته الخام: الفضة أو الذهب أو الحديد أو النحاس. الحديد ض م

إعادة التدريس

خصص وقتًا للتأكد من أن الطلاب قد أدركوا أن معظم الأمثلة في هذا القسم ترتبط بالمعلومات التي سبق تعلمها مثل أنواع التفاعلات وتفاعلات "أكسدة واختزال". ض م

التوسع

اطلب إلى الطلاب شرح سبب أهمية الطاقة لاستمرار التفاعلات التي تمت مناقشتها في هذا القسم. اطلب من الطلاب مناقشة أهمية التفاعلات الكيميائية التي تم عرضها في هذا القسم وكيف تؤثر هذه التفاعلات على حياتهم. يجب أن يجيب الطلاب بأن التفاعلات تحتاج الطاقة للاستمرار أو لأن التفاعلات غير تلقائية فتحتاج إلى مصدر طاقة خارجي. لا يمكن تصنيع العديد من المنتجات التجارية بدون معرفة هذه التفاعلات الخاصة. ض م



■ **الشكل 23** يجب توفير طاقة لتأكسد الفضة عند الأنود واختزال الفضة عند الكاثود. في خلية التحليل الكهربائي التي تستخدم للطلاء بالفضة، يكون الجسم المراد طلاؤه هو الكاثود حيث تختزل أيونات الفضة في محلول الإلكتروليت إلى فلز الفضة ويطلى بها الجسم المراد طلاؤه.

يحتوى النحاس الذي يتم الحصول عليه من هذه العملية على العديد من الشوائب ولذا تجب تنقيته، لذا يتم صب النحاس المصهور في قوالب سميكة وكبيرة. تستخدم هذه القوالب بعد ذلك كأنود في خلية التحليل الكهربائي التي تحتوي على محلول من كبريتات النحاس (II). كاثود الخلية هو عبارة عن صفيحة رقيقة من النحاس النقي. ومع مرور التيار عبر الخلية، تتأكسد ذرات النحاس في الأنود غير النقي إلى أيونات نحاس (II). تنتقل أيونات النحاس عبر المحلول لتصل إلى الكاثود حيث يتم اختزالها إلى ذرات نحاس. تصبح هذه الذرات جزءًا من الكاثود بينما تسقط الشوائب إلى قاع الخلية.

الطلاء بالكهرباء يتم طلاء الأشياء كهربائيًا حين توضع طبقة رقيقة وموحدة عادة لتكون طبقة واقية أو جمالية. عادة ما تكون المادة المستخدمة في ذلك فلز. الطلاء الكهربائي بفلز مثل الفضة يتم بواسطة طريقة تشبه تلك المستخدمة لتنقية النحاس. الجسم الذي يُراد طلاؤه بالفضة هو الكاثود في خلية التحليل الكهربائي، أما الأنود فهو عبارة عن قضيب أو صفيحة من الفضة، كما يوضح **الشكل 23** عند الأنود، تتأكسد الفضة إلى أيونات فضة بفقد الإلكترونات عن طريق مصدر كهربائي عند الكاثود، تختزل أيونات الفضة إلى فلز الفضة عن طريق الإلكترونات الواردة من مصدر كهرباء خارجي. تشكل الفضة طبقة رقيقة على الجسم الذي تتم تغطيته. يجب التحكم في التيار الذي يمر عبر الخلية بعناية من أجل الحصول على طبقة فلز ناعمة ومتساوية.

تستخدم فلزات أخرى أيضًا في الطلاء بالكهرباء. قد يكون لديك بعض الحلي المطلية كهربائيًا بالذهب. أو قد تعجبك سيارة بعض أجزاؤها الفولاذية كواق الصدمات وقد تكون أصبحت أكثر مقاومة للصدأ عن طريق طلائها كهربائيًا أولًا بالنيكل ثم بالكروم.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- في الخلية الإلكتروليتية، يتسبب مصدر الطاقة الخارجي في تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي.
- ينتج عن التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور فلز الصوديوم وغاز الكلور. ينتج عن التحليل الكهربائي لمحلول ملحي (كلوريد الصوديوم) غاز الهيدروجين وهيدروكسيد صوديوم وغاز الكلور.
- يتم تنقية بعض الفلزات مثل النحاس في خلية إلكتروليتية.
- يستخدم التحليل الكهربائي لطلاء الأجسام كهربائيًا وإنتاج ألمنيوم نقي من الخام الخاص به.

22. الفكرة **الرئيسة عرف** التحليل الكهربائي واربط التعريف بتلقائية تفاعلات الأكسدة والاختزال.
23. **فسر** سبب اختلاف نواتج التحليل الكهربائي لكل من محلول كلوريد الصوديوم(الملحي) ومصهور كلوريد الصوديوم.
24. **صِف** كيف يتم تنقية النحاس غير النقي الذي تم الحصول عليه من صهر الخام عن طريق التحليل الكهربائي.
25. **فسر** بالإشارة إلى عملية هول- هيرولت سبب أهمية إعادة تدوير الألمنيوم.
26. **صف** الأنود والكاثود بخلية تحليل كهربائي يتم فيها طلاء جسم ما بالذهب.
27. **فسر** لماذا إنتاج كيلو جرام واحد من الفضة من أيوناتها عن طريق التحليل الكهربائي يحتاج إلى طاقة كهربائية قليلة جدًا مقارنة مع الطاقة المطلوبة لإنتاج كيلوجرام واحد من الألمنيوم من أيوناته.
28. **احسب** استخدم **الجدول 1** لحساب جهد خلية داون. هل سيكون الجهد موجبًا أم سالبًا؟
29. **لخص** اكتب فقرة قصيرة للإجابة عن كل سؤال من الأسئلة الرئيسة الثلاثة بالقسم 3 بكلمات من عندك.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة حقوق الطبع والتأليف ©

القسم 3 مراجعة

22. التحليل الكهربائي هو عملية استخدام الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. عملية التحليل الكهربائي ليست تلقائية.
23. يشتمل التحليل الكهربائي للمحلول الملحي على محلول مائي مما يؤثر على النواتج.
24. تتأكسد ذرات النحاس (Cu) إلى Cu^{2+} ثم تختزل تلقائيًا إلى ذرات النحاس الخالصة (Cu) وتزول الشوائب.
25. تتطلب عملية هول هيرولت في تصنيع الألمنيوم (Hall–Héroult) درجات حرارة عالية وكمية هائلة من الكهرباء لفصل الألمنيوم عن خامه. تتطلب إعادة التدوير الحرارة اللازمة لصهر الفلز فقط.
26. الأنود هو سبيكة من الذهب؛ والكاثود هو المادة التي سيتم طلاؤها.
27. أولًا، يحتوي الكيلو جرام من الفضة على عدد أقل بكثير من الذرات منها في كيلو جرام من الألمنيوم لأن الكتلة المولية للفضة أكبر. ثانيًا، اختزال الفضة أكثر سهولة. جهد اختزال الفضة $+0.7996\ V$ وجهد اختزال الألمنيوم $-1.662\ V$.
28. خلية داونز للتحليل الكهربائي هي تفاعل غير تلقائي ولذلك يجب أن يكون الجهد سالبًا. $E^0_{\text{خلية}} = -4.07\ V$
29. يجب أن تلخص موضوعات الطلاب الأفكار المهمة في هذا القسم.

الهدف

سيتعلم الطلاب كيف يمكن لجهاز منظم ضربات القلب وجهاز إزالة الرجفان التي يمكن زراعتها أن ينظما وظيفة القلب.

الخلفية

تم استخدام أجهزة منظم ضربات القلب لأول مرة في الخمسينات وتطور الأداء الوظيفي لهاوزادت درجة الاعتماد عليها. كما أصبحت الأجهزة أخف وأصغر حجمًا. قد يخلط الطلاب بين أجهزة تنظيم ضربات القلب، تلك الأجهزة التي تعمل مع قلب المريض وفكرة القلب الصناعي الأكثر تعقيدًا بكثير. يمكن مقارنة الاختلاف بجهاز التحكم عن بعد بالتلفزيون وجهاز التلفزيون نفسه.

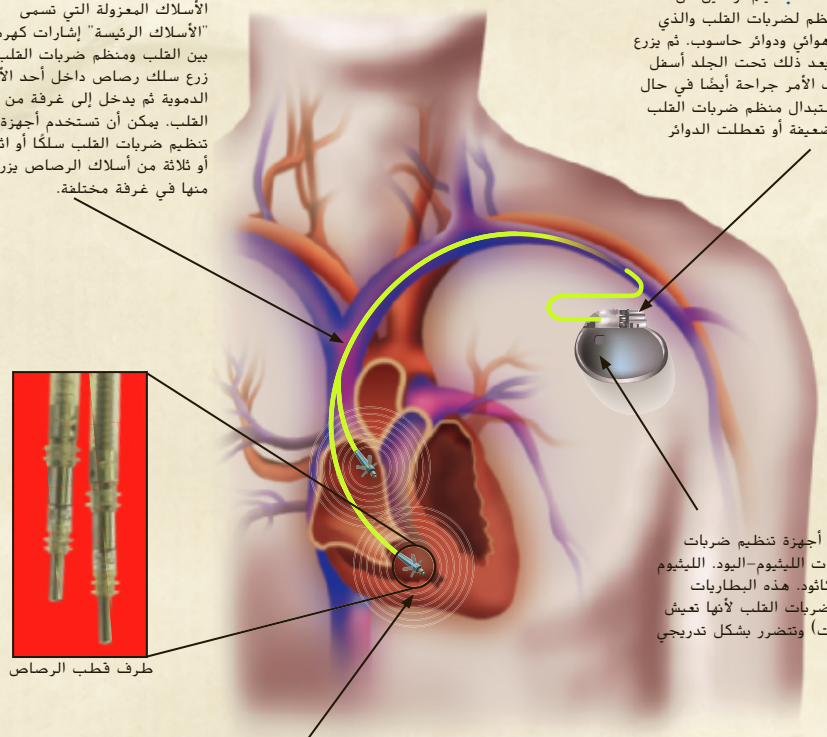
استراتيجيات التدريس

- يشير الرسم في هذه الصفحة إلى مكان جهاز منظم ضربات القلب بالنسبة إلى القلب. الأسلاك الموصلة للقلب تمتد خلال الأوردةومثبتة في جدران القلب.
- استخدم تمثيلاً تخطيطيًا ووضح بالتفصيل كيف تعمل بطارية يوديد الليثيوم في جهاز منظم ضربات القلب. الليثيوم (Li) هو المانح للإلكترون، الذي ينتج أيونات الليثيوم ذات الشحنة الموجبة أثناء العملية. اليود (I) هو المستقبل للإلكترون، الذي يشكل المركب الأيوني يوديد الليثيوم (LiI).

كيفية العمل

منظم ضربات القلب: مساعدة القلوب العليلة

قلبك يتكون من نسيج قلبي وهو ينقبض وينبسط بشكل مستمر. ينشأ النبض بسبب نبضات كهربائية تتحرك عبر المسارات الموجودة في قلبك. تنتج مجموعة من الخلايا المتخصصة في الجدار العلوي للأذين الأيمن للقلب–الغرفة العلوية – نبضات كهربائية. إذا فشلت الخلايا في أداء وظيفتها أو تمت مقاطعة مسارات النبض الكهربائي فلن ينبض القلب بطريقة اعتيادية. منظم ضربات القلب هو جهاز كهربائي يمكنه رصد وتصحيح ضربات القلب غير المنتظمة. كيف يعمل هذا الجهاز؟



الكتابة في الكيمياء

لخص منظم ضربات القلب هو مثال على التقدم في التكنولوجيا الطبية. اكتب فقرة عن طرائق تغير حياتك أو حياة شخص تعرفه بسبب تقنية طبية وكيف يمكن أن تتغير هذه التقنية في المستقبل.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الكتابة في الكيمياء

التلخيص يحصل كل شخص في الأغلب على تطعيمات، وهي تقنية تؤثر على كيمياء الجسم على مدار حياتنا. تشمل التقنيات الشائعة الأخرى التي قد نحملها معنا قنوات الأذن وحشوات الأسنان. قد تعتبر العدسات اللاصقة تقنية يمكن إزالتها من الجسم.

التحضير

الزمن المخصص حصة دراسية واحدة

المهارات العملية حلل واستنتج، وصنّف، وقارن وقابل

المواد البديلة يمكن استخدام الفولتميترات بدلاً من الأجهزة الأخرى. أخبر الطلاب أيهما الأنود والكاثود من الفلزات حيث أن الجهد السالب يؤثر على بعض أنواع الفولتميترات ويمكن أن يدمرها.

احتياطات السلامة اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل. **تحذير: أبعد نيترات البوتاسيوم عن الحرارة: خطر الحريق والانفجار.** ذكر الطلاب بعدم مقاييس فرق الجهد على منفذ تيار متردد. محاليل المختبر تسبب التهيج. ذكّر الطلاب بغسل أيديهم ومنطقة العمل بدقة. راجع نشرة بيانات سلامة المواد الخاصة بالمواد الكيميائية الخطرة مع الطلاب قبل القيام بأي نشاط.

التخلص من النفايات اسكب المحاليل في المصرف باستخدام الكثير من المياه. أعد استخدام الفلزات.

تحضير المحاليل انظر دليل المعلم من أجل تحضير جميع المحاليل.

الإجراء

- لتكوين خلايا فولتية، ضع المحاليل الأربعة المختلفة في الحفر A1 B1 و A2 B2 و. يجب وضع الفلزات في الحفر ذات الأيون المطابق. اربط الخليتين A1 و A2 باستخدام قنطرة ملحية (ورقة ترشيح مشبعة بنترات البوتاسيوم). بعد قياس جهد هذه الخلية، قم بإزالة القنطرة الملحية. استخدم قنطرة ملحية جديدة لتوصيل خلية A1 و B1، ثم A2– A1-B2 A2-B2. و B1-B2 و B1.
- **استكشاف الأخطاء وإصلاحها** تعطي بعض الأجهزة قراءات، حتى لو لم يكن هناك شيء لاختباره. هذا أمر طبيعي.

التحليل والاستنتاج

1. توظيف الجدول ١ لكتابة التفاعلات النصفية.
2. طبق قانون جهد الخلية لحساب جهد الخلية.
3. Cu ثم Zn ثم Al ثم Mg
4. من الصعب توفير ظروف مثالية لكل خلية؛ فبعض الخلايا تعطي نتائج أفضل من الأخرى.

توسيع الاستقصاء

قد يقترح الطلاب تنظيف الأقطاب الكهربائية الفلزية بدقة باستخدام ورق السنفرة أو الألياف السلكية. تجفيفهم بدقة والتحقق من توصيلات الفولتميتر. قد يقترح الطلاب أيضًا التحقق من التركيزات المولارية الخاصة بالمحاليل الموصلة للتيار الكهربائي (الإلكتروليتية)

قياس جهد الخلية الفولتية

خلفية: عند توصيل نصفي خلية ينتج فرق جهد، يمكن قياسه باستخدام الفولتميتر.

سؤال: كيف يمكن مقارنة جهود الخلايا الفولتية المقيسة بالجهود المحسوبة؟

المواد

أشرطة فلزية من النحاس والألمنيوم والخارصين والمغنيسيوم قياسها (حوالي 1.3 cm × 0.6 cm)
1 *M* نيترات نحاس (II)
1 *M* نيترات ألمنيوم
1 *M* نيترات الخارصين
1 *M* نيترات مغنيسيوم
صحن متعدد الحفر
ماصات عدد (5)
فولتميتر
ورق ترشيح (6 قطع 2.5 cm × 0.6 cm)
1 *M* نيترات بوتاسيوم
ملقط
صوف فولاذي أو ورق صنفرة
جدول جهود الاختزال القياسية

احتياطات السلامة

تحذير: قد يكون للصوف الفولاذي نقاط مدببة حادة يمكن أن تخترق الجلد. تعامل معها بعناية.

الإجراء

1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. خطط كيف ستقوم بترتيب الخلايا الفولتية مستخدمًا الأربعة فلزات في الصحن متعدد الحفر. اجعل معلمك يعتمد خطتك.
3. اغمر أشرطة ورق الترشيح في 2 mL من محلول نيترات البوتاسيوم. ستكون هذه الأشرطة هي القنطرة الملحية للخلايا. استخدم الملقط للتعامل مع القناطر الملحية.
4. أنشئ خلايا فولتية مستخدمًا الفلزات الأربعة و 1 mL من كل محلول. ضع الفلزات في الحفر التي تحتوي على المحلول المناسب. ضع فلز الخارصين في محلول نيترات الخارصين. استخدم قنطرة ملحية مختلفة لكل خلية فولتية. صل أسلاك الفولتميتر بالفلزات. إذا حصلت على قيمة سالبة لفرق الجهد، فبدّل الأسلاك على الفلزات.

بيانات جهد الخلية الفولتية			
فلز الأنود			
فلز الكاثود			
جهد الخلية المُقاس (V)			
التفاعل النصفي للأنود والجهد القياسي			
التفاعل النصفي للكاثود والجهد القياسي			
الجهد النظري للخلية			
النسبة المئوية للخطأ			

5. سجل في جدول البيانات ما الفلزات التي تعمل كأنود والفلزات التي تعمل ككاثود في كل خلية. سيتم توصيل السلك الأسود من الفولتميتر بالأنود. ويتم توصيل السلك الأحمر بالكاثود.
6. سجل جهد كل خلية.
7. **التنظيف والتخلص** استخدم الملقط لإزالة أشرطة الفلزات من الصحن متعدد الحفر. ثم اشطفها بالماء ثم نظفها بالصوف الفولاذي أو الصنفرة. اشطف الشريحة الرقيقة

التحليل والنتائج

1. **التطبيق** في جدول البيانات اكتب معادلات التفاعلات النصفية عند الأنود والكاثود بكل من الخلايا الفولتية. ابحث عن جهد التفاعل النصفي في **الجدول 1** وسجله في الجدول.
2. **احسب** وسجل الجهد النظري لكل خلية فولتية.
3. **تنبأ** مستخدمًا بياناتك، حدد ترتيب الفلزات بدءًا من أكثرها نشاطًا إلى أقلها نشاطًا.
4. **تحليل الخطأ** احسب النسبة المئوية للخطأ لجهد الخلية الفولتية. لماذا تكون النسبة المئوية للخطأ في بعض الخلايا الفولتية أكبر من البعض الآخر؟

توسيع الاستقصاء

صمم تجربة تقلل من النسبة المئوية للخطأ الذي تمت مناقشته في السؤال رقم 4.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 16 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة يمكن تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.

القسم 1 الخلايا الفولتية

الفكرة **الرئيسة** تحدث الأكسدة في الخلايا الفولتية عند الأنود، مما يؤدي إلى إنتاج إلكترونات والتي تتدفق إلى الكاثود، حيث يحدث الاختزال.

- تحدث عملية الأكسدة والاختزال،في الخلية الفولتية، عند الأقطاب منفصلة عن بعضها البعض.
- الجهد القياسي لتفاعل نصف الخلية هو الجهد الخاص بها عند اقترانه بقطب الهيدروجين القياسي في ظل ظروف قياسية.
- يكون جهد الاختزال لنصف الخلية سالبًا إذا خضع للتأكسد عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي. يكون جهد الاختزال لنصف الخلية موجبًا إذا خضع للاختزال عند توصيله بقطب الهيدروجين القياسي.
- الجهد القياسي للخلية الفولتية هي الفرق بين جهود الاختزال القياسية لتفاعلات نصفي الخلية.

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{اختزال}} - E^0_{\text{أكسدة}}$$

المفردات

- **القنطرة الملحية** salt bridge
- **الخلية الكهروكيميائية** electrochemical cell
- **الخلية الفولتية** voltaic cell
- **نصف الخلية** half-cell
- **الأنود** anode
- **الكاثود** cathode
- **جهد الاختزال** reduction potential
- **قطب الهيدروجين القياسي** standard hydrogen electrode

القسم 2 البطاريات

الفكرة **الرئيسة** تعتبر البطاريات خلايا فولتية تقوم بتفاعلات تلقائية لتوفير الطاقة لأغراض متنوعة.

- يمكن استخدام البطاريات الأولية مرة واحدة فقط؛ بينما يمكن إعادة شحن البطاريات الثانوية.
- عندما تتم إعادة شحن البطارية، تُغير الطاقة الكهربائية التي تزود بها البطارية اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية.
- تعتبر خلايا الوقود بطاريات حيث أن المواد المتؤكسدة بداخلها هي وقود من مصدر خارجي.
- تتمثل طرق منع التآكل أو الصدأ في الطلاء أو التغليف بفلز آخر أو استخدام أنود متآكل.

المفردات

- **البطارية** battery
- **الخلية الجافة** dry cell
- **البطارية الأولية** primary battery
- **البطارية الثانوية** secondary battery
- **خلية الوقود** fuel cell
- **التآكل** corrosion
- **الجلفنة** galvanization

القسم 3 التحليل الكهربائي

الفكرة **الرئيسة** يسبب مصدر الطاقة حدوث تفاعلات غير تلقائية داخل الخلايا الكهروكيميائية أثناء عملية التحليل الكهربائي.

- يُحدث مصدر الطاقة الخارجي تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي في الخلية الكهروكيميائية.
- ينتج عن التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المنصهر فلز الصوديوم وغاز الكلور. ينتج عن التحليل الكهربائي للمحلول الملحي هيدروكسيد الصوديوم وغاز الكلور وغاز الهيدروجين.
- تتم تنقية الفلزات كالنحاس في خلايا التحليل الكهربائي.
- يتم استخدام التحليل الكهربائي لطلاء الأجسام كهربائيًا ولإنتاج ألمنيوم نقي من مادته الخام.

المفردات

- **التحليل الكهربائي** electrolysis
- **الخلية الإلكتروليتية** electrolytic cell

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استخدام المفردات

لتعزيز مفردات الوحدة، كلف الطلاب بكتابة جملة باستخدام كل مصطلح. ض م

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات لإنشاء لغز من الكلمات المتقاطعة باستخدام مفردات من الوحدة 16. ض م

التعلم التعاوني

- اطلب إلى الطلاب رسم خلية كهروكيميائية وتسميتها باستخدام المصطلحات الصحيحة. ض م

القسم 1

إتقان المفاهيم

30. ما الخاصية التي يتميز بها تفاعل الأكسدة والاختزال والتي تسمح باستخدامه لتوليد تيار كهربائي؟

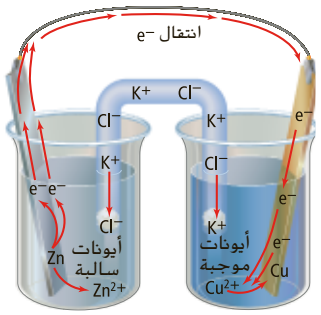
31. صف العملية التي يتحرر منها إلكترونات في خلية الخارصين والنحاس الفولتية.

32. ما وظيفة القنطرة الملحية في الخلية الفولتية؟

33. ما المعلومة التي تحتاج إليها لتحديد الجهد القياسي للخلية الفولتية؟

34. في الخلية الفولتية الممثلة بـ $Al|Al^{3+} \parallel Cu^{2+}|Cu$. ما العنصر الذي يتأكسد وما الذي يُختزل عند إصدار الخلية للتيار؟

35. ما الظروف التي يتم بموجبها قياس جهود الاختزال القياسية؟



■ الشكل 24

36. في **الشكل 24**. حدد الفلز الذي يتأكسد وحدد الكاثود.

37. القنطرة الملحية مملوءة بمحلول KNO_3. فسر سبب ضرورة انتقال أيونات البوتاسيوم عبر القنطرة الملحية إلى الكاثود.

38. تذكر أن العامل المختزل هو المادة التي يتم تأكسدها وأن العامل المؤكسد هو المادة التي يتم اختزالها.
استخدم **جدول 1** لاختيار العامل الذي سيحول Au إلى Au^{3+} لكن لن يحول Co^{2+} إلى Co^{3+}.

إتقان حل المسائل

39. استخدم **الجدول 1**. اكتب ترميز الخلية لكل من أنصاف الخلايا التالية عند وصلة بقطب الهيدروجين القياسي؛ وذلك لكل خلية على حدة حيث يتم توصيل كل نصف من الخلية النصفية التالية بالقطب القياسي للهيدروجين.

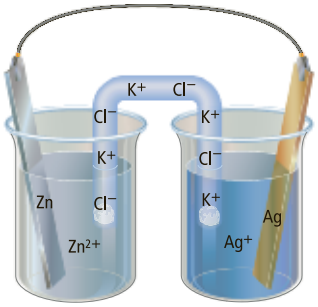
a. $Zn^{2+} \mid Zn$
b. $Hg^{2+} \mid Hg$
c. $Cu^{2+} \mid Cu$
d. $Al^{3+} \mid Al$

40. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لكل من الخلايا القياسية التالية:

a. $I^- \mid I_2 \parallel Fe^{3+} \mid Fe^{2+}$
b. $Sn \mid Sn^{2+} \parallel Ag^+ \mid Ag$
c. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Cd^{2+} \mid Cd$

41. احسب جهود الخلايا التي تحدث فيها التفاعلات التالية:

a. $2Ag^+(aq) + Pb(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2Ag(s)$
b. $Mn(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Ni$
c. $I_2(aq) + Sn(s) \rightarrow 2I^-(aq) + Sn^{2+}(aq)$



■ الشكل 25

42. يوضح **الشكل 25** خلية فولتية التي تتكون من شريط من الخارصين في محلول نيترات الخارصين 1.0 *M* وشريط من الفضة في محلول نيترات الفضة 1.0 *M*. استعن بالرسم **وجدول 1** للإجابة على الأسئلة الآتية:

a. حدد الأنود.
b. حدد الكاثود.
c. أين تحدث الأكسدة؟
d. أين يحدث الاختزال؟
e. في أي اتجاه تنتقل الإلكترونات عبر السلك الموصل؟
f. في أي اتجاه تنتقل الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية؟
g. ما جهد الخلية عند درجة حرارة 25°C وضغط 1 atm؟

القسم 2

إتقان المفاهيم

43. أي جزء من أجزاء خلية الخارصين – الكربون الجافة هو الأنود؟ اكتب التفاعل الذي يحدث هناك.

44. ما وجه الاختلاف بين البطاريات الأولية والثانوية؟

45. **بطارية الرصاص الحمضية** ما المادة التي يتم اختزالها في بطارية تخزين الرصاص الحمضي؟ ما المادة التي تتأكسد؟ ما المواد التي تنتج عن كل تفاعل؟

46. **خلية للوقود الحيوي** في كائود خلية للوقود الحيوي، Fe^{3+} في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد (III) $(K_3[Fe(CN)_6])$ تم اختزالها إلى Fe^{2+} في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد (II) $K_4[Fe(CN)_6]$. يتأكسد نيكوتيناميد الأدنين ثنائي النوكليوتيد، عند الأنود إلى NAD^+. استخدم جهود الاختزال القياسية التالية لتحديد جهد الخلية.

$NAD^+ + H^+ + 2e^- \rightarrow NADH \quad E^0 = -0.320\ V$

$[Fe(CN)_6]^{3-} + 1e^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-} \quad E^0 = +0.36\ V$

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 1

إتقان المفاهيم

30. تبادل الإلكترونات بين المواد المتفاعلة في المعادلة

31. يتأكسد الخارصين Zn(s) إلى $Zn^{2+} + 2e^-$

32. تكمل القنطرة الملحية الدائرة الكهربائية وتمنع تراكم الشحنات السالبة والموجبة في الخلايا النصفية.

33. جهود الاختزال القياسية لكل معادلة نصفية

34. يتأكسد الألمنيوم Al ويختزل Cu^{2+}.

35. 25°C، 1 atm، 1 *M* من المحلول الأيوني.

36. يتأكسد الخارصين، يكون النحاس هو الكاثود.

37. تسمح حركة الأيونات في القنطرة الملحية للتيار أن يتدفق بالرغم من أن المواد المتفاعلة ليست في اتصال مباشر. تحمل الأيونات التيار الكهربي وتمنع تراكم شحنة موجبة في الأنود وشحنة سالبة عند الكاثود.

38. MnO_4^-, Au^+, H_2O_2

إتقان حل المسائل

39. a. $Zn|Zn^{2+} \parallel H^+|H_2$
b. $H_2|H^+ \parallel Hg^{2+}|Hg$
c. $H_2|H^+ \parallel Cu^{2+}|Cu$
d. $Al|Al^{3+} \parallel H^+|H_2$

40. a. $2I^- + 2Fe^{3+} \rightarrow I_2 + 2Fe^{2+}$
b. $Sn + 2Ag^+ \rightarrow Sn^{2+} + 2Ag$
c. $Zn + Cd^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cd$

41. a. +0.9258 V
b. +0.928 V
c. +0.673 V

42. a. الأنود هو الخارصين.
b. الكاثود هو الفضة.
c. يحدث التأكسد عند الخارصين.
d. يحدث الاختزال عند الفضة.
e. يتدفق التيار من قطب الخارصين إلى قطب الفضة.
f. تتدفق الأيونات الموجبة من الخلية النصفية الموجبة إلى الخلية النصفية السالبة.
g. $E^0 = +1.5614\ V$

القسم 2

إتقان المفاهيم

43. الأنود هو غلاف الخارصين. تتأكسد ذرات الخارصين إلى Zn^{2+} فيحدث.

44. البطاريات الأولية "بطارية الاستخدام الواحد"؛ حيث لا يمكن عكس التفاعل بسهولة.
البطاريات الثانوية قابلة لإعادة الشحن؛ حيث أن تفاعل الأكسدة والاختزال انعكاسية.

45. $PbO_2(s)$ يُختزل؛ $Pb(s)$ يتأكسد؛ $PbSO_4(s)$ والماء.

46. $E^0_{\text{خلية}} = +0.68\ V$

47. **خلايا الوقود** اذكر اختلافين بين خلية الوقود والبطارية العادية.

48. **الجلفنة** ما الجلفنة؟ كيف تحمي عملية الجلفنة الحديد من التآكل؟

49. **البطاريات** فسر سبب عدم إنتاج بطارية تخزين الرصاص الحمضية تيار عندما يكون مستوى H_2SO_4 منخفضًا.

50. **الصوف الفولاذي** عبارة عن مجموعة من الخيوط المصنوعة من الفولاذ (سبيكة من الحديد والكربون). ما الطريقة المثلى لتخزين الصوف الفولاذي؟
   a. التخزين في الماء.
   b. التخزين في الهواء الطلق.
   c. التخزين مع عامل مجفف.

51. **الحماية من التآكل** اذكر ثلاث طرق لحماية الفلزات من التآكل.

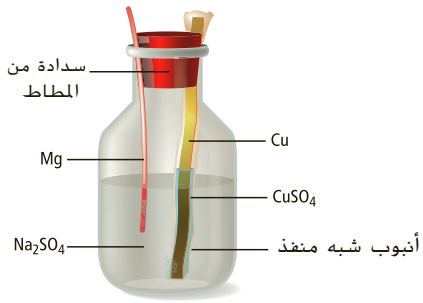
إتقان حل المسائل

52. التفاعلات النصفية لبطارية الرصاص الحمضية هي:

$$PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \quad E^0 = +1.685V$$

$$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \quad E^0 = -0.3588V$$

ما الجهد القياسي للخلية الواحدة في بطارية السيارة؟



■ **الشكل 26**

53. يعمل التركيب في **الشكل 26** كبطارية.
   a. حدد التفاعل الذي يحدث عند شريط النحاس.
   b. حدد التفاعل الذي يحدث عند شريط المغنيسيوم.
   c. حدد الأنود.
   d. حدد الكاثود.
   e. احسب الجهد القياسي للخلية في هذه البطارية.

54. صمم بطارية تستخدم نصف خلية تحتوي على Sn و Sn^{2+} والنصف الآخر للخلية يحتوي على Cu و Cu^{2+}. قطب النحاس هو الكاثود وقطب القصدير هو الأنود. ارسم البطارية واكتب التفاعلين النصفيين اللذين يحدثان في كل نصف من الخلية. ما الحد الأقصى للجهد الذي يمكن أن تولده هذه البطارية؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

55. كيف يمكن عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي للخلية الفولتية؟

56. أين تحدث الأكسدة في التحليل الكهربائي؟

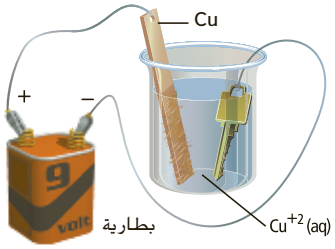
57. **خلية داون** ما التفاعل الذي يحدث عند الكاثود عند التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المنصهر؟

58. **الصناعة** فسر سبب استعمال التحليل الكهربائي للمحلول الملحي على نطاق واسع في عدة مواقع حول العالم.

59. **إعادة التدوير** فسر كيفية محافظة عملية إعادة تدوير الألمنيوم على الطاقة.

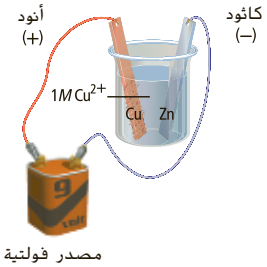
60. صف ما يحدث عند الأنود والكاثود عند التحليل الكهربائي لـ KI(aq).

إتقان حل المسائل



■ **الشكل 27**

61. **الطلاء الكهربائي** يوضح **الشكل 27** صورة مفتاح يتم طلاؤه كهربائيًا بالنحاس في خلية تحليل كهربائي. أين تحدث الأكسدة؟ فسر إجابتك.



■ **الشكل 28**

62. أجب على الأسئلة التالية استنادًا على **الشكل 28**.
   a. ما القطب الذي تزداد كتلته؟ اكتب التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.
   b. ما القطب الذي تقل كتلته؟ اكتب التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.

63. باستخدام **الشكل 28** وضح ما يحدث لأيونات النحاس في المحلول.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

47. في خلية الوقود، تستخدم أكسدة الوقود في إنتاج الكهرباء. تجب إعادة شحن البطاريات أو تبديلها. يمكن إنتاج التيار والحفاظ على استمراره في خلية الوقود طالما أن مصدر الوقود موجود.

48. الجلفنة هي تغطية الفلزات القابلة للتآكل بفلزات "ذاتية الحماية" لمنع التآكل. تحفظ الجلفنة الفلز الذي تم تغطيته من خلال منع الهواء والرطوبة من الوصول إليه. إذا كُشط الغطاء أو تشقق، فإنه يستمر في حماية الفلز بالعمل كأنود متآكل حيث يتأكسد هو نفسه.

49. يشارك حمض الكبريتيك في التفاعل. إذا انخفض التركيز، فلا يمكن أن يحدث التفاعل.

c. 50. الماء يمثل مُتفاعل في عملية التآكل. تمتص المواد المجففة الماء من الهواء.

51. الجلفنة ، الطلاء ، الأنود المتآكل.

إتقان حل المسائل

52. جهد الخلية = +2.044 V

a. 53. Cu^{2+} تُختزل الأيونات

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$$

b. يتأكسد المغنيسيوم.

$$Mg^0 \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$

c. شريط المغنيسيوم

d. شريحة النحاس

e. $E^0_{\text{خلية}} = +2.714\ V$

54. الأنود:

$$Sn^0 \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$$

الكاثود:

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$$

جهد الخلية = +0.4794 V

القسم 3

إتقان المفاهيم

55. من خلال تمرير التيار في الخلية الفولتية بالاتجاه المعاكس

56. عند الأنود.

57. Na^+ تُختزل إلى ذرات صوديوم.

58. لأن نواتج التحليل الكهربائي وغاز الهيدروجين وغاز الكلور وهيدروكسيد الصوديوم تُعتبر نواتج تجارية مهمة.

59. لأنه في عملية اعادة التدوير لا تستهلك طاقة كبيرة ، حيث أن الألمنيوم تم استخلاصه من خاماته فنحتاج فقط إلى صهر الألمنيوم.

60. عند الكاثود، تُختزل أيونات البوتاسيوم إلى ذرات البوتاسيوم؛ وعند الأنود، تتأكسد أيونات اليوديد إلى جزيئات من I_2.

إتقان حل المسائل

61. تحدث الأكسدة عند القطب الموجب وهو إلكترود النحاس Cu. تنتقل الإلكترونات منه إلى قطب البطارية الموجب.

a. 62. يزداد إلكترود الخارصين؛ $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$.

b. يختفي إلكترود النحاس؛ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$.

63. تهاجر أيونات النحاس إلى القطب السالب وتغطيه.

مراجعة شاملة

64. لماذا تنتقل الإلكترونات من قطب إلى آخر في الخلية الفولتية؟

65. **إنتاج الألمنيوم** ما المادة التي تتحلل كهربائيًا خلال العملية الصناعية لإنتاج فلز الألمنيوم؟

66. اكتب التفاعل النصفي للأكسدة والاختزال لخلية الفضة والكروم الفولتية. حدد الأنود والكاثود واتجاه تدفق الإلكترونات.

67. حدد إذا ما كان تفاعل الاختزال والأكسدة تلقائيًا أم غير تلقائي لكل مما يلي:
a. $Mn^{2+}(aq) + 2Br^{-}(aq) \rightarrow Br_2(l) + Mn(s)$
b. $2Fe^{2+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightarrow 2Fe^{3+}(aq) + Sn(s)$
c. $Ni^{2+}(aq) + Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Ni(s)$
d. $Pb^{2+}(aq) + 2Cu^{+}(aq) \rightarrow Pb(s) + 2Cu^{2+}(aq)$

68. حدد جهد الخلية التي يتصل نصفها بنصف الخلية $Ag^{+} \mid Ag$.
a. $Be^{2+} \mid Be$
b. $S \mid S^{2-}$
c. $Au^{+} \mid Au$
d. $I_2 \mid I^{-}$

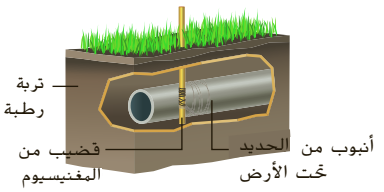
69. **التآكل** فسّر لماذا يعتبر الماء ضروريًا لحدوث صدأ الحديد.

70. **السفر إلى الفضاء** يستخدم المكوك الفضائي خلية وقود H_2/O_2 لإنتاج الكهرباء.
a. ما التفاعل الذي يحدث عند الأنود والكاثود؟
b. ما الجهد القياسي لخلية الوقود؟

71. **خلايا الوقود** فسر كيفية اختلاف أكسدة الهيدروجين في خلية الوقود عن أكسدته عند احتراقه في الهواء.

72. **تنقية النحاس** ما العامل الذي يحدد الأنود والكاثود في النحاس عند استخدام التحليل الكهربائي لتنقية النحاس من الشوائب؟

73. **بطاريات التخزين** يُطلق على بطاريات الرصاص الحمضية وغيرها من البطاريات القابلة لإعادة الشحن أحيانًا بطاريات التخزين. ما الذي يتم تخزينه في هذه البطاريات؟



■ الشكل 29

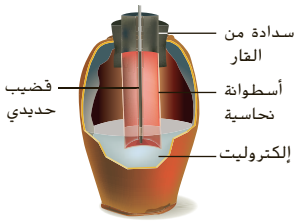
74. **منع الصدأ** يوضح **الشكل 29** كيفية حماية أنابيب الحديد المدفونة من الصدأ. يتم توصيل أنابيب الحديد بفلز آخر أكثر نشاطًا والذي يصدأ بدلاً من الحديد.
a. ما هو الكاثود وما هو الأنود؟
b. صف كيف يحمي فلز المغنيسيوم أنابيب الحديد.

التفكير الناقد

75. **تنبأ** افترض أن العلماء قد اختارو نصف خلية $Cu^{2+} \mid Cu$ بدلاً من $H^{+} \mid H_2$ كخلية قياسية. كم سيصبح جهد قطب الهيدروجين إذا كان قطب النحاس هو القطب القياسي؟ كيف ستتغير العلاقات بين جهود الاختزال القياسية؟

76. **التطبيق** افترض أن لديك خلية فولتية يتكون نصفها من شريط من القصدير المغموس في محلول من أيونات القصدير (II).
a. هل يمكنك تحديد إذا ما كان شريط القصدير هو الأنود أم الكاثود في هذه الخلية عن طريق قياس الجهد؟
b. هل يمكنك تحديد إذا ما كان شريط القصدير هو الأنود أم الكاثود في هذه الخلية بمجرد الملاحظة البسيطة؟

77. **ضع فرضية** يختلف جهد الخلية النصفية تبعًا لتركيز المواد المتفاعلة والناتجة؛ لهذا السبب، يتم قياس الجهود القياسية عند تركيز $1\ M$. يعتبر الحفاظ على الضغط عند مستوى $1\ atm$ أمرًا هامًا في الخلايا النصفية التي تحتوي على غازات سواء كانت مواد متفاعلة أو نواتج. اقترح سببًا لأهمية ضغط الغاز في هذه الخلايا.



■ الشكل 30

78. **حلّل** تم اكتشاف إناءٍ خزفي عام 1938 بالقرب من بغداد. كان هذا الإناء القديم يحتوي على قضيب حديدي محاط بأسطوانة نحاسية، كما هو موضح في **الشكل 30**. عندما تم ملء الإناء بمحلول إلكتروليتي كالخل، عمل هذا الإناء كبطارية.
a. حدد الكاثود.
b. حدد الأنود.
c. احسب الجهد القياسي للخلية في هذه البطارية.

79. **طبّق** تُطلق خلية إلكتروليتية بخار البروم وغاز الهيدروجين خلال عملية التحليل الكهربائي. بعد التحليل الكهربائي وجدنا أن الخلية تحتوي على محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المركز. ما محتوى الخلية قبل بدء التحليل الكهربائي؟

80. **ضع فرضية** افترض أن الحديد طلي بالنحاس بدلاً من الخارصين أثناء عملية الجلفنة. هل كان النحاس سيستمر في حماية الحديد من الصدأ، كما يفعل الخارصين، إذا تصدع طلاء النحاس أو تشقق؟ فسر إجابتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مراجعة شاملة

64. في الخلية الفولتية، تكسب الأيونات في المحلول عند الكاثود الإلكترونات على نحو أكثر استعدادًا منه الأيونات عند الأنود. عند وضع القنطرة الملحية والسلك في مكانهم، يحدث تفاعل "الأكسدة والاختزال" بتلقائية وتتدفق الإلكترونات من القطب الأنود إلى الكاثود.

65. أكسيد الألمنيوم Al_2O_3

66. الأكسدة: $Cr(s) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + 3e^{-}$
اختزال: $Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s)$
الإلكترونات تتدفق من الأنود (Cr) إلى الكاثود (Ag).

67. a. غير تلقائية
b. غير تلقائية
c. تلقائية
d. غير تلقائية

68. a. $E^{0}_{\text{خلية}} = +2.647\ V$
b. $E^{0}_{\text{خلية}} = +1.2759\ V$
c. $E^{0}_{\text{خلية}} = +0.892\ V$
d. $E^{0}_{\text{خلية}} = +0.2641\ V$

69. تتأكسد ذرات الحديد Fe إلى أيونات Fe^{2+} في المحلول المائي. ثم، يشمل جزء من عملية تكون التآكل انتشار أيونات الحديد Fe^{2+} في الماء والتفاعل مع الأكسجين O_2.

70. a. الأنود:
$2H_2 + 4OH^{-} \rightarrow 4H_2O + 4e^{-}$
الكاثود:
$O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$
b. جهد الخلية $= +1.229\ V$

71. في خلية الوقود، يتم التحكم في أكسدة الهيدروجين بحيث يتم تحويل معظم الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية بدلاً من الحرارة.

72. الاتجاه الذي يأخذه التيار خلال الخلية يحدد أن النحاس غير النقي سيكون الأنود.

73. طاقة الوضع الكيميائية.

74. a. الكاثود هو الحديد؛ الأنود هو المغنيسيوم Mg
b. المغنيسيوم Mg أكثر نشاطًا ولذلك فهو أكثر عرضةً للتأكسد مما يتسبب في صدأ المغنيسيوم قبل الحديد.

التفكير الناقد

75. ستتغير القيم في جدول جهود الاختزال القياسية بمقدار $0.3419\ V$ بحيث يصبح جهد قطب الهيدروجين $-0.3419\ V$ — لا تتغير العلاقات ولكن قيم جهود الاختزال هي التي تتغير.

76. a. يشير الفولتميتر إلى تدفق الإلكترونات من أو إلى شريحة القصدير، ما يظهر أي من الشرائح تعمل كأنود أو كاثود. إذا كان جهد التيار الكهربائي موجبًا، يتأكسد القصدير.
b. يشير الترسب الواضح عند الكاثود يشير إلى اختزال القصدير Sn^{2+}. سيشير النقص في حجم الشريحة إلى أكسدة القصدير Sn عند الأنود.

77. الضغط هو إشارة إلى التركيز؛ ولذلك، فإن الضغط عامل تركيز في أنصاف الخلايا التي تحتوي غازات.

78. a. أسطوانة النحاس، $E^{0} = +0.3419\ V$
b. قضيب حديدي، $E^{0} = -0.447\ V$
c. $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$
$Fe^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Fe$
جهد الخلية $= +0.789\ V$

79. بروميد البوتاسيوم والماء

80. إذا تشقق النحاس، فستظهر أماكن التآكل. لا، الحديد أكثر استعدادًا للتأكسد من النحاس، لذلك تقل الحماية.

تحدي

81. يتم تركيب البطارية باستخدام القصدير والزئبق اللذين لهما تفاعلات الاختزال النصفية التالية:

$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(aq)$

$Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg(l)$

a. اكتب معادلة موزونة لتفاعل الخلية.

b. ما الذي يتأكسد وما الذي يُختَزل؟ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

c. ما التفاعل الذي يحدث عند الأنود؟ وما التفاعل الذي يحدث عند الكاثود؟

d. ما هو جهد الخلية؟ استخدم **جدول 1**.

e. إذا كان هناك محلول كبريتات الصوديوم في القنطرة الملحية، ففي أي اتجاه ستتحرك أيونات الكبريتات؟

مراجعة

82. ما المقصود بالذوبانية؟ اشرح مدى أهمية هذه العملية لذوبان الأملاح الأيونية في الماء.

83. اشرح مدى اختلاف التركيز المولاري للمحلول عن تركيزه المولالي.

84. إذا كان لديك محلول لحمض قوي، هل يعتبر هذا مماثلاً للمحلول المركز للحمض؟ فسر إجابتك.

85. ما هي أرقام الأكسدة للعناصر في الأيون PO_4^{3-}؟

الكتابة في الكيمياء

86. السفينة الغارقة لقد فتحت الدراسة التي أجريت على عبارة المحيطات الغارقة تيتانيك الباب لإمكانية إرجاع تلف جسم السفينة الصلب يعود بشكل جزئي إلى وجود بيئات مناسبة لتكون الصدأ. ابحث عن كيفية تأثير النشاط البيولوجي لهذه البيئات في أكسدة الحديد. اكتب مقالة تصف دور هذه البيئات المناسبة لتكون الصدأ في تدمير سفينة تيتانيك.

DBQ أسئلة حول مستند

التفاعلات البيولوجية الكهروكيميائية تم عرض جهود الاختزال القياسية لبعض التفاعلات البيولوجية الهامة في **جدول 2** بشكل عام، يعتبر الأكسجين عامل الأكسدة الأقوى المتوفر في النظم البيولوجية. لاحظ أكسدة نيكوتين أميد – ثنائي نيوكليوتيد – الأدينين *(NADH)* بالأكسجين. التفاعل كما يلي:

$2NADH + 2H^+ + O_2 \rightarrow 2NAD^+ + 2H_2O.$

* تم الحصول على البيانات من: فروم، جيمس ريتشارد. 1997. "الكيمياء الكهربائية الحيوية الكيميائية". آخر تعديل 1997. تم الدخول على البيانات 1 سبتمبر 2010. الموقع الإلكتروني http://www.3rd1000.com/chem301/chem302z.htm.

جدول 2 جهود الاختزال القياسية للمحاليل عند درجة حرارة 25°C و pH 7.00

تفاعل الاختزال	E^0 (V)
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	−0.4141
$NAD^+ + H^+ + 2e^- \rightarrow NADH$	−0.320
$HOOCCOCH_3$* $+ 2H^+ + 2e^- \rightarrow$ $HOOCCHOHCH_3$**	+0.19
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0.769
$O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+0.8147

* حمض بيروفيك $HOOCCOCH_3$
** حمض لاكتيك $HOOCCHOHCH_3$

87. اكتب التفاعلين النصفيين اللذين يحدثان في هذا التفاعل.

88. احسب جهد الخلية في هذا التفاعل مستعينًا **بالجدول 2**

89. هل NAD^+ يؤكسد Fe^{3+} to Fe^{2+}؟ فسر إجابتك.

مسألة تحدي

81. a. $Hg^{2+}(aq) + Sn(s) \rightarrow Hg(l) + Sn^{2+}(aq)$

b. يُختزل الزئبق ويتأكسد القصدير. العامل المؤكسد هو أيونات الزئبق. العامل المختزل هو القصدير.

c. $Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$ تحدث عند الكاثود و $Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$ تحدث عند الأنود.

d. جهد الخلية = +0.989 فولت

e. أيونات الكبريتات تتحرك نحو خلية القصدير النصفية.

مراجعة تراكمية

82. الإذابة هي عملية تحاط فيها الجسيمات المذابة بجسيمات مُذيبة لتُكون بذلك محلولاً. تنجذب جزيئات الماء القطبية إلى الأيونات الموجبة أو السالبة في المادة الصلبة. هذا الانجذاب أكبر من انجذاب الأيونات لبعضها البعض في المادة الصلبة. تحيط جزيئات الماء بالأيونات وتمنعها من الاتحاد مرة ثانية.

83. المولارية هي عدد المولات الذائبة في لتر من المحلول ؛ المولالية هي عدد المولات الذائبة في كيلوجرام من المحلول المذيب.

84. السعر الحراري (الكالوري) هو كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة واحدة سيليزية. 1000 سعر حراري (كالوري) يساوي 1 كيلو كالوري. 1 سعر حراري (كالوري) يساوي 4.184 J.

85. ليس بالضرورة. الحمض القوي هو ذلك الحمض الذي يتأين تمامًا في المحلول المائي. يُمكن أن يكون محلول الحمض القوي مُركزًا أو مُخففًا. يعتمد كون المحلول مُركزًا أو مُخففًا على عدد مولات الحمض في المحلول.

86. P +5; O −2.

الكتابة في الكيمياء

87. قد تذكر أوراق الطلاب أن المجتمعات البيولوجية المتآكلة قد تتكون مما يتجاوز 35% من مركبات الحديد.

DBQ أسئلة حول مستند

مصدر المعلومات: فروم، جيمس ريتشارد. 1997. "الكيمياء الكهربائية الكيميائية الحيوية". آخر تعديل 1997. الاطلاع في 1 سبتمبر 2010. الموقع الإلكتروني: http://www.3rd1000.com/chem301/chem302z.htm.

88. لا، يوجد لـ NAD^+ جهد اختزالي مقداره −0.320 V. جهد الخلية = −1.091 V. تفاعل غير تلقائي.

95. $NADH \rightarrow NAD^+ + 2e^- + H^+$

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

96. جهد الخلية = +1.135 V

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

الاختيار من متعدد

B .1
B .2
B .3
A .4
D .5
C .6
B .7
A .8

الاختيار من متعدد

استخدم الجدول أدناه للإجابة على الأسئلة من *1* إلى *4*.

جهود اختزال قياسية مختارة عند درجة حرارة 25°C و 1 atm وتركيز 1*M*

التفاعل النصفي	E°(V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.372
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.662
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.1262
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	0.851

1. ما الأيون الأكثر سهولة من حيث اختزاله؟
A. Mg^{2+}
B. Hg^{2+}
C. Ag^+
D. Al^{3+}

2. استنادًا إلى جهود الاختزال القياسية الموضحة أعلاه، ما الترميز الذي يمثل خلية فولتية بالشكل الصحيح؟
A. $Ag \mid Ag^+ \parallel Al^{3+} \mid Al$
B. $Mg \mid Mg^{2+} \parallel H^+ \mid H_2$
C. $H_2 \mid H^+ \parallel Pb^{2+} \mid Pb$
D. $Pb \mid Pb^{2+} \parallel Al^{3+} \mid Al$

3. تتكون خلية فولتية من لوح مغنيسيوم مغمور في محلول $1\ M\ Mg^{2+}$ ولوح فضة مغمور في محلول $1\ M\ Ag^+$. ما الجهد القياسي لهذه الخلية؟
A. 1.572 V
B. 3.172 V
C. 0.773 V
D. 3.971 V

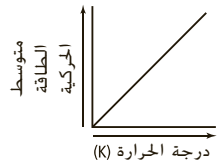
4. بافتراض توفر الظروف القياسية، ما الخلية التي ستنتج جهدًا يصل إلى 2.513 فولت؟
A. $Al \mid Al^{3+} \parallel Hg^{2+} \mid Hg$
B. $H_2 \mid H^+ \parallel Hg^{2+} \mid Hg$
C. $Mg \mid Mg^{2+} \parallel Al^{3+} \mid Al$
D. $Pb \mid Pb^{2+} \parallel Ag^+ \mid Ag$

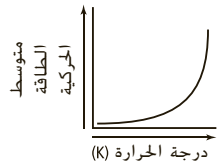
5. ما العبارة غير الصحيحة بين هذه العبارات الخاصة بالبطاريات؟
A. البطاريات هي أشكال مضغوطة للخلايا الفولتية.
B. البطاريات الثانوية هي بطاريات تخزين.
C. يمكن أن تتكون البطارية من خلية واحدة.
D. تفاعل الأكسدة والاختزال في البطارية القابلة لإعادة الشحن غير انعكاسي.

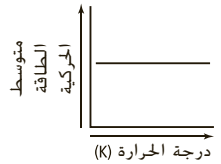
6. ما الذي لا يعتبر من خصائص المحلول القاعدي؟
A. له مذاق مر
B. يوصل الكهرباء
C. تركيز أيونات H^+ أكبر من تركيز أيونات OH^-
D. زلق الملمس

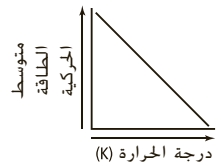
7. الرقم الهيدروجيني للمشروبات الغازية 2.5. ما تركيز أيونات H^+ في المشروبات الغازية؟
A. $3 \times 10^{-12}\ M$
B. $3 \times 10^{-3}\ M$
C. $4 \times 10^{-1}\ M$
D. $1 \times 10^{1}\ M$

8. ما الرسم البياني الذي يُوضح بشكل صحيح العلاقة بين متوسط الطاقة الحركية للجزيئات ودرجة حرارة العينة؟

A.


B.


C.


D.


حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابة مختصرة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على الأسئلة من *9* إلى *11*.

عند الإعداد للتجربة، يكون غاز الكلور وغاز النيتروجين في أوعية منفصلة مفصولة بمحبس مغلق. بعد مرور ساعة واحدة من فتح المحبس، يتم خلط الغازات تمامًا.

9. بعد خمس دقائق من فتح المحبس، أي غاز من الغازين ينتقل إلى مكان أبعد، غاز النيتروجين أم الكلور؟

10. اذكر نسبة سرعة غاز النيتروجين بالنسبة لسرعة غاز الكلور.

11. قيّم هذه العبارة: بعد مرور ساعة واحدة، تتوقف جزيئات الغاز عن الحركة لأنها قد اختلطت تمامًا.

أسئلة ذات إجابة مفتوحة

استخدم الجدول أدناه للإجابة على السؤال *12*.

جهود اختزال قياسية مختارة عند درجة حرارة 25°C و 1atm وتركيز 1*M* للمحلول	
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.744

12. استنادًا على جهود الاختزال القياسية المذكورة أعلاه، إذا تم توصيل قطب الفضة بقطب الكروم في خلية فولتية، فأي القطبين سيتأكسد؟ وأيهما سيختزل؟ فسر إجابتك. وضح رؤيتك.

13. استخدم مبدأ لوشاتيلية، لتفسير لماذا في تعليمات تجربة كيميائية في بعض الأحيان يطلب تبريد التفاعل في حمام ثلجي.

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

14. ينتج كبريتيد الهيدروجين كناتج ثانوي في عملية تكرير البترول .ويستخدم لإنتاج عنصر الكبريت:

$$2H_2S(g) + SO_2(g) \rightarrow 3S(l) + 2H_2O(g)$$

ما هو تعبير ثابت الاتزان لهذا التفاعل؟

A. $K_{eq} = \frac{[H_2O]}{[H_2S][SO_2]}$

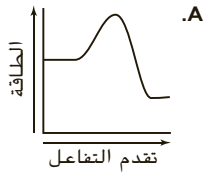
B. $K_{eq} = \frac{[H_2S]^2[SO_2]}{[H_2O]^2}$

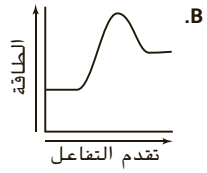
C. $K_{eq} = \frac{[H_2O]^2}{[H_2S]^2[SO_2]}$

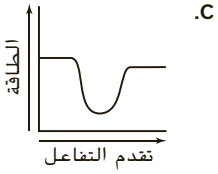
D. $K_{eq} = \frac{[S]^3[H_2O]^2}{[H_2S]^2[SO_2]}$

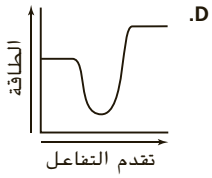
E. $K_{eq} = \frac{[2H_2O]^2}{[2H_2S]^2[SO_2]}$

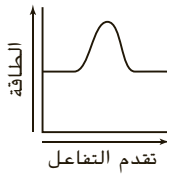
15. أي من هذه الأشكال يُمثل الرسم البياني الصحيح لطاقة التنشيط اللازمة للتفاعل الماص للحرارة؟

A.


B.


C.


D.


E.


McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

إجابة مختصرة

9. سيكون النيتروجين قد انتقل لأبعد من ذلك لأنه يتكون من جسيمات أصغر وأخف.

10. معدل N_2 مقارنة Cl_2

$$= \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية } Cl_2}{\text{الكتلة المولية } N_2}}$$

$$= \sqrt{\frac{70.906}{28.014}}$$

= 1.59؛ ينتشر النيتروجين 1.59 مرة أسرع من الكلور.

11. هذه ليست جملة صحيحة. في الاتزان، يبقى معدل العمليات الأمامية والعكسية ثابت ولكنها مازالت تحدث.

إجابة مفتوحة

12. تفاعل الفضة يكون له جهد اختزال قياسي موجب، بينما يكون للكروم جهد اختزال قياسي سالب. بالنسبة لأي قطبين، سيعمل القطب ذو الجهد الاختزالي القياسي الأقل في الاتجاه المعاكس؛ وفي هذه الحالة، يكون الكروم. والتالي سيفقد إلكترونات ويتأكسد. سيُختزل القطب ذو الجهد الاختزالي القياسي الموجب الأعلى؛ وفي هذه الحالة، سيكون قطب الفضة.

13. إذا كان التفاعل الأمامي طاردًا للحرارة، فتقليل الحرارة سيزيح الاتزان إلى اليمين. وهذا بدوره سيعطي الأفضلية للتفاعل الأمامي. سيؤدي تبريد التفاعل في هذه الحالة إلى إنتاج أكبر

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

14. C

15. B