

الكيمياء الكهربائية

أوراق عمل



مدرسة حمزة بن عبدالمطلب الثانوية
أبوظبي

تستخدم أوراق العمل للمساعدة على أداء الأنشطة داخل الصف، ولا تغني عن الكتاب المدرسي

الخلايا الفولتية

الأكسدة والاختزال في الكيمياء الكهربائية

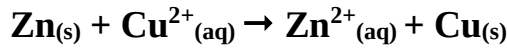
تعريف

الكيمياء الكهربائية:

هي دراسة عمليات الأكسدة والاختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

(1) ما التفاعلات التي يمكن أن تسمى تفاعلات أكسدة واختزال؟

باستخدام المعادلة التالية أجب عما يليها.



(2) ما العنصر الذي يتأكسد؟

(3) ما العنصر المختزل؟

(4) ما العنصر الذي يفقد إلكترونات؟

(5) ما العنصر الذي يكتسب إلكترونات؟

(6) نصف تفاعل الأكسدة

(7) نصف تفاعل الاختزال

(8) هل تتوقع حدوث تفاعل إذا فصلنا بين العناصر المتفاعلة؟



في التفاعل السابق وضعنا قطب النحاس في محلول كبريتات النحاس ووضعنا قطب الزنك في محلول كبريتات الزنك. يحدث التفاعل حيث تنتقل الإلكترونات ما بين ذرات الخارصين وأيونات النحاس، في حالة الفصل بينهما يتوقف التفاعل بسبب توقف انتقال الإلكترونات.

يمكن نقل الإلكترونات بين الطرفين عن طريق توصيلهما بسلك.

اكتب معادلات تأين المركبات الممكنة في المحاليل في الطرفين. (محلول كبريتات نحاس ومحلول كبريتات زنك)

(9) في نصف خلية الخارصين:

(10) في نصف خلية النحاس:

مع توصيل نصفي الخلية بسلك تبدأ الإلكترونات في الانتقال من قطب الخارصين إلى قطب النحاس. مع انتقال الإلكترونات من ساق الخارصين يتحول الخارصين Zn إلى أيونات Zn^{2+} ذائبة في المحلول وتنطلق الإلكترونات في اتجاه النحاس. مع استقبال النحاس للإلكترونات تكتسب أيونات النحاس Cu^{2+} في المحلول الإلكترونات وتتحول إلى ذرات نحاس Cu تتراكم على قطب النحاس.

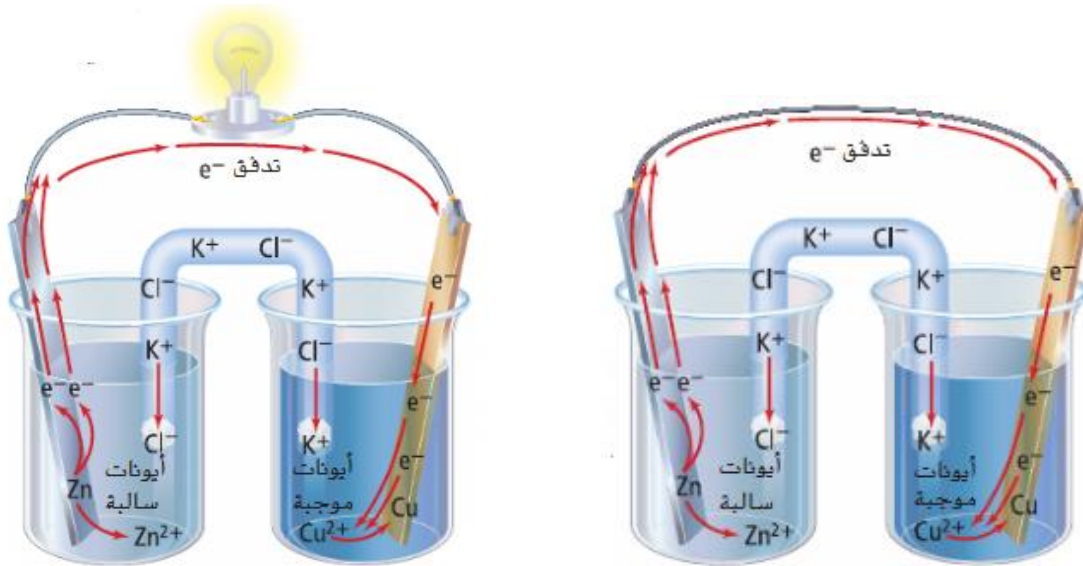
مع استمرار التفاعل تتراكم أيونات الخارصين Zn^{2+} حول قطب الخارصين وتتراكم أيونات الكبريتات SO_4^{2-} حول قطب النحاس فيتوقف التفاعل في النصفين.

القنطرة الملحية

تعريف

القنطرة الملحية

هي مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة إلى أخرى.



تتكون من أنبوب يحتوي على محلول قابل للتفكك وموصل للتيار الكهربائي مثل KCl ، يمكن حفظ المادة داخل القنطرة الملحية باستخدام هلام آجار أو أي مادة أخرى تمسك المحلول المذاب بداخلها بينما لا تسمح باختلاط المحلولين. مع توصيل السلك الفلزي والقنطرة الملحية في مكانهما تبدأ عمليات الأكسدة والاختزال في الحدوث تلقائياً. تتدفق الإلكترونات عبر السلك من نصف خلية الخارصين باتجاه نصف خلية النحاس وكذلك تتحرك الأيونات عبر القنطرة الملحية فيتكون تيار كهربائي يمكن استخدامه لإضاءة مصباح صغير.

الخلايا الكهروكيميائية

تعريفات

الخلايا الكهروكيميائية:

هي جهاز يستخدم تفاعلات الأكسدة والاختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي

الخلايا الفولتية:

نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية التي تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل أكسدة واختزال تلقائي.

كيمياء الخلايا الفولتية

تعريفات

نصف الخلية

الأجزاء التي تكون الخلية الكهروكيميائية حيث يحدث كل من تفاعل الأكسدة والاختزال على حدة. يحتوي كل نصف خلية على قطب ومحلول يحتوي على أيونات القطب.

القطب

مادة موصلة للكهرباء، عادة ما تكون شريط فلزي أو ساق من الجرافيت والذي يوصل الإلكترونات داخل وخارج المحلول.

تفاعل نصف الخلية

التفاعل الذي يحدث في نصف الخلية.

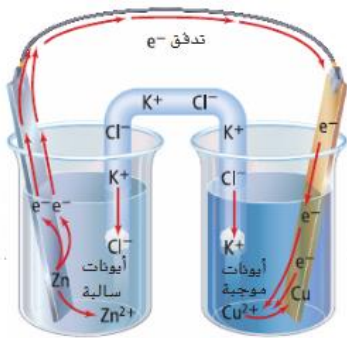
الأنود

القطب (الإلكترود) حيث تحدث عملية الأكسدة.

الكاثود

القطب (الإلكترود) حيث تحدث عملية الاختزال.

(11) في خلية النحاس والزنك، أين يحدث تفاعل الأكسدة؟ وأين يحدث تفاعل الاختزال؟



(12) في خلية النحاس والزنك، ما الأنود؟ وما الكاثود؟

الفرايا الفولتية والطاقة

تعريف

الطاقة الكهربائية الكامنة

مقياس مقدار التيار الذي يمكن توليده من الخلية الفولتية للقيام بشغل.



تخيل الموقف كما لو أن طالبين يحاولان دفع صندوق كل في اتجاه الآخر. سوف يتحرك الصندوق في حال اختلاف الطاقة التي يدفع بها أحدهما عن الآخر وبالطبع ستكون الحركة في اتجاه من الأعلى في الطاقة للأقل في الطاقة. بالمثل يمكن للشحنة الكهربائية الانتقال بين نقطتين في حال اختلاف الطاقة الكامنة بينهما. هاتان النقطتان هما القطبان. (13) أي القطبين ينتج إلكترونات؟ تذكر أن الأكسدة هي فقدان إلكترونات.

تعريفات

جهد الخلية

القوة الدافعة الكهربائية الكامنة بين القطبين والتي تسبب حركة الإلكترونات بين الأقطاب.

الفولت

وحدة قياس جهد الخلية وهو مؤشر للطاقة المتوفرة لتحريك الإلكترونات من الأنود للكاثود.

لنفترض أن الطرفين لديهما ميل لاكتساب الإلكترونات لكن بالطبع أحد الطرفين يكون أكر من الآخر. كلما زاد الفرق بين القطبين زاد فرق الطاقة الكامنة وزاد جهد الخلية.

مساب جهد الفلية الكهروكيميائية

تعريف

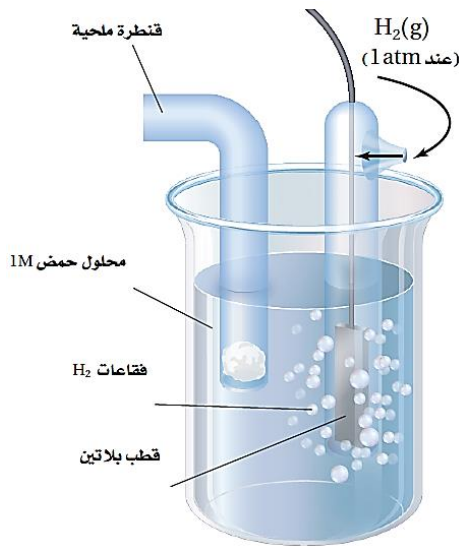
جهد الاختزال

ميل المادة لاكتساب إلكترونات

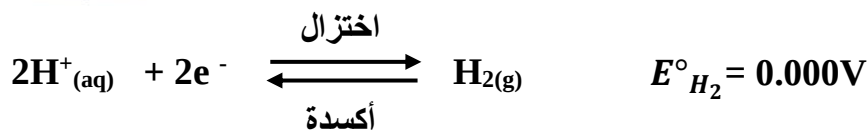
لحساب جهد الاختزال.

- ✓ يجب أن يقترن القطب بقطب آخر حدث عند أحدهما عملية الأكسدة وعند الآخر عملية الاختزال.
- ✓ يتوافق الجهد المتولد مع الفرق في الجهد بين لتفاعلين.
- ✓ يتم التعبير عن فرق الجهد الكهربائي بين القطبين بالفولت V.
- ✓ يجب توحيد نصف الخلية المقابل الذي نقيس على أساسه جهد الاختزال.

قطب الهيدروجين القياسي



- ❖ القطب: لوح من البلاتين (البلاتين مادة صلبة تمتز الهيدروجين أي تحتفظ بجزيئات الهيدروجين على سطحها) ويتم ضخ غاز الهيدروجين تحت ضغط 1atm عند درجة حرارة ثابتة 25°C
- ❖ الإلكتروليت: محلول يحتوي على أيونات الهيدروجين (محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1M)
- ❖ جهد اختزال قطب الهيدروجين القياسي $E^\circ_{H_2} = 0.000V$ (تشير علامة الصفر إلى القياس في الظروف القياسية 1atm, 25°C).
- ❖ يعمل قطب الهيدروجين كنصف تفاعل أكسدة أو اختزال بحسب نصف التفاعل الآخر الموصل به.
- ❖ التفاعلات الممكنة بقطب الهيدروجين.



جهود الاختزال القياسية

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

قام العلماء بقياس جهود الاختزال القياسية لأنصاف خلايا كثيرة ومختلفة وتم هذا القياس في الظروف القياسية (1atm, 25°C) عند توصيل نصفي تفاعل من أنصاف التفاعل السابقة معاً يكون

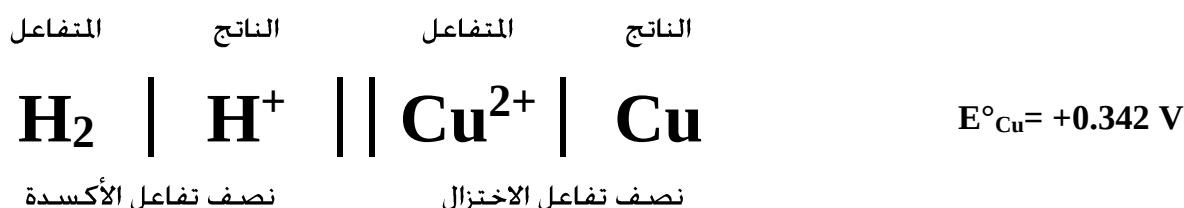
- ✓ التفاعل الأعلى في قيمة جهد الاختزال هو تفاعل نصف خلية الاختزال والتفاعل الآخر هو تفاعل نصف خلية الأكسدة.
- ✓ القطب ذو جهد الاختزال الأعلى يكون قطب الاختزال (الكاثود) والقطب ذو جهد الاختزال الأقل هو قطب الأكسدة (الأنود).

قياس جهد الفلية الكهروكيميائية

عند توصيل نصف خلية جهد اختزالها أقل من جهد اختزال الهيدروجين.	عند توصيل نصف خلية جهد اختزالها أعلى من جهد اختزال الهيدروجين.
تندفق الإلكترونات من قطب الخارصين باتجاه قطب الهيدروجين	تندفق الإلكترونات من قطب الهيدروجين باتجاه قطب النحاس
تتأكسد ذرات الخارصين Zn^{2+} في القطب وتحول إلى أيونات خارصين Zn ذائبة في المحلول	تختزل أيونات Cu^{2+} النحاس من المحلول وتحول إلى ذرات النحاس Cu مترسبة على القطب
يقيس الفولتميتر قيمة $-0.7618V$	يقيس الفولتميتر قيمة $+0.342V$
القيمة السالبة تشير إلى أن أيونات الهيدروجين H^+ في القطب القياسي تكتسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات الخارصين Zn^{2+}	القيمة الموجبة تشير إلى أن أيونات النحاس Cu^{2+} تكتسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات الهيدروجين H^+ في القطب القياسي
حدث عملية الاختزال عند قطب الهيدروجين القياسي وحدث عملية الأكسدة عند قطب الخارصين	حدث عملية الاختزال عند قطب النحاس وحدث عملية الأكسدة عند قطب الهيدروجين القياسي
$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ نصف تفاعل التأكسد $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ نصف تفاعل الاختزال $Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ التفاعل الكلي	$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$ نصف تفاعل التأكسد $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ نصف تفاعل الاختزال $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$ التفاعل الكلي
ترميز الخلية $Zn Zn^{2+} H^+ H_2 \quad E^\circ_{Cu} = -0.762 V$	ترميز الخلية $H_2 H^+ Cu^{2+} Cu \quad E^\circ_{Cu} = +0.342 V$

ترميز الفلية

- ✓ وصف مبسط لنصفي التفاعل اللذان يحدثان في الخلية.
- ✓ نبدأ من اليسار بكتابة نصف تفاعل الأكسدة (المتفاعلات ثم النواتج ويفصل بينهما خط طولي)
- ✓ ثم خطان طوليان يفصلان بين نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال
- ✓ ثم نكتب نصف تفاعل الاختزال (المتفاعلات ثم النواتج ويفصل بينهما خط طولي)



معادلة

القانون الخاص بجهد الخلية

$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{كاثود}} - E^{\circ}_{\text{أنود}}$$

$E^{\circ}_{\text{الخلية}}$ الجهد الكلي القياسي للخلية

$E^{\circ}_{\text{كاثود}}$ الجهد القياسي لنصف تفاعل الاختزال.

$E^{\circ}_{\text{الخلية}}$ الجهد القياسي لنصف تفاعل الأكسدة.

مثال

توقع، ما فرق الجهد الناتج عند توصيل نصفي خلية أحدهما للخارصين والآخر للنحاس؟

الإجابة

$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{كاثود}} - E^{\circ}_{\text{أنود}}$$

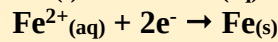
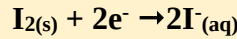
$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}} - E^{\circ}_{\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}}$$

$$= +0.342\text{V} - (-0.762\text{V})$$

$$= +1.104\text{V}$$

مثال

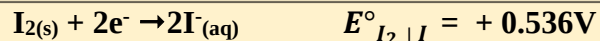
تمثل أنصاف تفاعلات الاختزال الآتية نصفي خلية جلفانية :



حدد التفاعل الكلي للخلية وجهدها القياسي، ثم اكتب رمز الخلية.

الإجابة

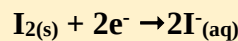
1. نجد جهد الاختزال لكل نصف خلية



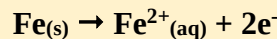
2. نتعرف على القطب الذي ستحدث له الأكسدة والقطب الذي سيحدث عنه الاختزال.

جهد اختزال اليود أعلى لذلك سيحدث له الاختزال وسيحدث للحديد الأكسدة

3. نعيد كتابة المعادلات بالصورة الصحيحة للأكسدة والاختزال.

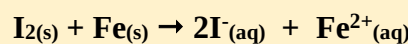


نصف خلية تفاعل اختزال



نصف خلية تفاعل أكسدة

4. نجمع المعادلتين لكتابة المعادلة النهائية.



التفاعل الكلي للخلية

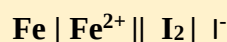
5. باستخدام قانون حساب جهد الخلية القياسي نحسب الجهد الناتج من الخلية

$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{كاثود}} - E^{\circ}_{\text{أنود}}$$

$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{I}_2 | \text{I}^{-}} - E^{\circ}_{\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}}$$

$$= +0.536\text{V} - (-0.447\text{V}) = +0.983\text{V}$$

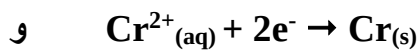
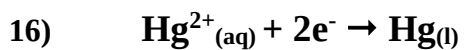
6. نكتب ترميز الخلية بحيث نبدأ بالتفاعل عند الأنود ثم التفاعل عند الكاثود



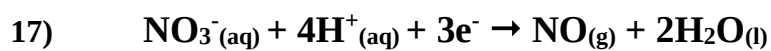
ترميز الخلية

اكتب معادلة موازنة لتفاعل الخلية الكلي لكل من أزواج أنصاف التفاعلات الآتية. احسب جهد الخلية القياسي. ثم اكتب ترميز الخلية.





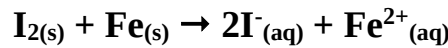
اكتب معادلة موازنة لتفاعل الخلية، واحسب جهد الخلية القياسي للتفاعل الذي يحدث عندما يتم توصيل هذه الخلايا معا. ثم اكتب ترميز الخلية.



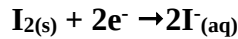


استخدام جهود الاختزال

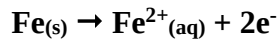
تعلمنا في التفاعل السابق



أن الإلكترونات تنتقل من قطب الحديد الذي يكون أنود باتجاه قطب اليود الذي يكون كاثود



نصف خلية تفاعل اختزال



نصف خلية تفاعل أكسدة

19) تخيل لو وضعنا أي مادتين في صورة أنصاف خلية هل سيقع التفاعل الكهربائي وتنتقل الإلكترونات؟

يمكن ببساطة حساب الجهد القياسي للخلية ويكون هناك احتمالان

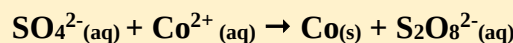
❖ أن يكون الناتج موجبا فنكون المعادلة التي تعبر عن التفاعل صحيحة ويكون التفاعل تلقائي

❖ أن يكون الناتج سالبا فيكون التفاعل غير تلقائي وتكون المعادلة الموجودة معكوسة أي أن التفاعل العكسي يحدث تلقائياً

يمكن التعرف على ذلك من خلال المثال

مثال

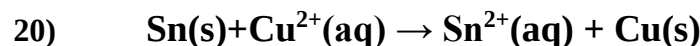
2) حدد هل التفاعل التالي تلقائي أم لا

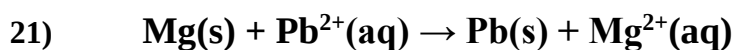


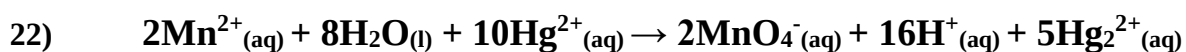
الإجابة

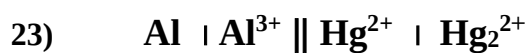
1. نكتب أنصاف التفاعلات	$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}_{(\text{s})}$	نصف خلية تفاعل اختزال (كاثود)
2. نكتب المعادلات مع جهود اختزالها القياسية	$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + \text{e}^{-}$	نصف خلية تفاعل أكسدة (أنود)
3. باستخدام قانون حساب جهد الخلية القياسي نحسب الجهد الناتج من الخلية	$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}_{(\text{s})} \quad E^{\circ} = -0.28$ $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad E^{\circ} = +2.010$ $E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{كاثود}} - E^{\circ}_{\text{أنود}}$ $= -0.28\text{V} - (+2.010\text{V}) = -0.229\text{V}$	قيمة جهد الخلية القياسي سالبة يكون التفاعل غير تلقائي

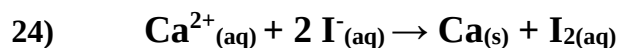
هل التفاعلات التالية تلقائية أم لا

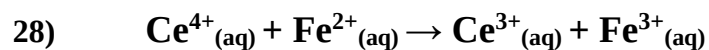
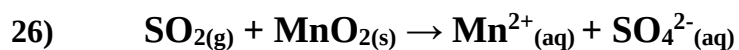
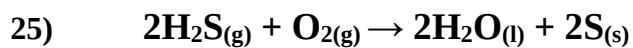


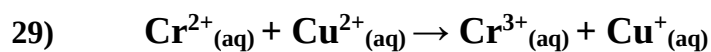






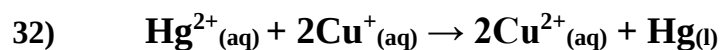


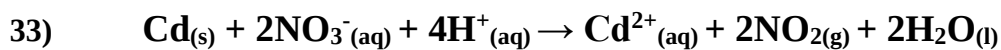












البطاريات

الخلايا الجافة

تعريفات

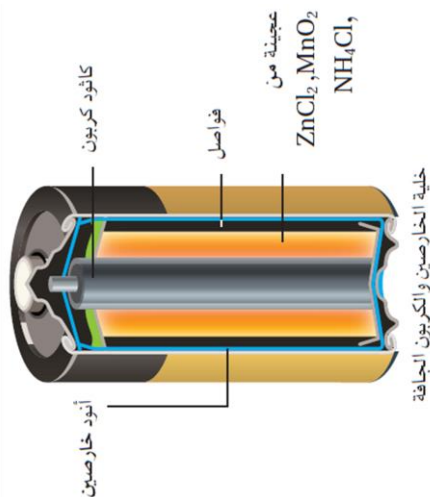
البطارية

خلية فولتية أو أكثر توجد في عبوة واحدة ينتج عنها تيار كهربائي.

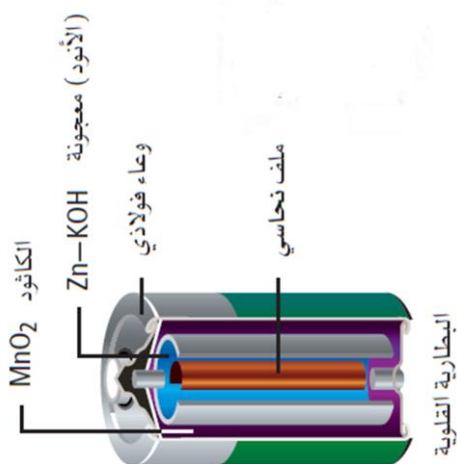
الخلايا الجافة

خلية فولتية يكون الإلكتروليت فيها عبارة عن عجينة رطبة بدلاً من السوائل.

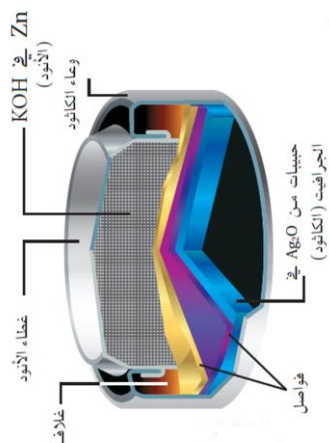
خلايا الخارصين - الكربون الجافة



البطاريات القلوية



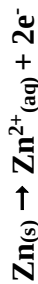
بطاريات الفضة



الأنود

عبوة من الخارصين

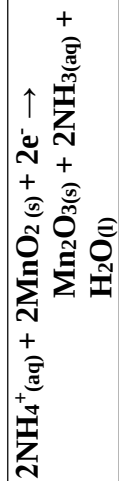
تفاعل الأنود



الكاثود

ساق من الكربون

تفاعل الكاثود



القطرة الملحقة

عازل مسامي بين الكاثود والأنود

خارصين على شكل مسحوق في هيدروكسيد البوتاسيوم موضوع في وعاء فولاذي



أكسيد منجنيز الرباعي IV مه هيدروكسيد البوتاسيوم

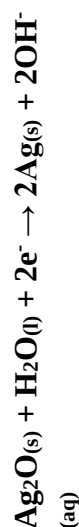


عازل مسامي بين الكاثود والأنود

خارصين على شكل مسحوق في هيدروكسيد البوتاسيوم موضوع في وعاء فولاذي



أكسيد الفضة في مسحوق الجرافيت



عازل مسامي بين الكاثود والأنود

(34) مم يتكون الإلكتروليت في خلية الحارصين - الكربون الجافة؟
يتكون من عجينة من كلوريد الحارصين وأكسيد المنجنيز الرباعي IV وكلوريد الأمونيوم والماء.

(35) في خلية الحارصين - الكربون الجافة، لماذا تُسمى ساق الكربون بالكاثود الغير نشط؟
لأنه لا يشارك في التفاعل ولكن يقتصر دوره على توصيل الإلكترونات.

(36) أين تحدث الأكسدة في خلية الحارصين - الكربون الجافة؟
في العجينة .

(37) ما فائدة وضع الحارصين في صورة مسحوق في البطارية القلوية؟
يوفر مزيدا من مساحة السطح المعرضة للتفاعل.

(38) ما الذي يجعل البطاريات القلوية صغيرة الحجم؟
عدم الحاجة لساق الكربون

(39) لماذا سميت البطاريات القلوية بهذا الاسم؟
لأن كلا من الكاثود والأنود مخلوطين في مادة قلوية (هيدروكسيد البوتاسيوم)

البطاريات الأولية والبطاريات الثانوية

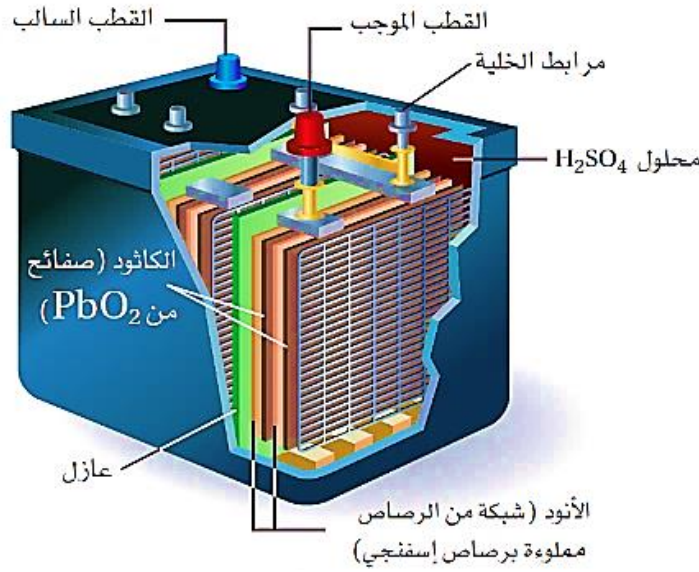
	البطاريات الثانوية (بطاريات التخزين)	البطاريات الأولية
	بطارية تنتج طاقة كهربائية عن طريق عمليات الأكسدة والاختزال والتي يمكن عكسها بسهولة	بطارية تنتج طاقة كهربائية عن طريق عمليات الأكسدة والاختزال ولا يمكن عكسها بسهولة
	قابلة لإعادة الشحن	تنتج الطاقة الكهربائية حتى تنتهي المواد المتفاعلة

بطاريات النيكل - كادميوم NiCad

سيقان من الكادميوم $\text{Cd(s)} + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cd(OH)}_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$	الأنود
سيقان من النيكل $\text{NiO(OH)}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O(l)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ni(OH)}_2(\text{s}) + \text{OH}^-(\text{aq})$	الكاثود
تُلف أسرطة من مادة الكاثود والأنود في ملف ضيق وتغلف غلاف فولاذي	

بطاريات التفزين رصاص - هض

تتكون بطاريات السيارات التي تصنع من بطاريات (الرصاص - حمض) من ستة خلايا تنتج كل منها 2V بمجموع إجمالي 12V



شبكتين أو أكثر من الرصاص المسامي.	الأنود
$Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e^-$	
شبكات من الرصاص المملوء بأكسيد الرصاص (IV)	الكاثود
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$	
$Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2SO_4^{2-}(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$	التفاعل الكلي
حمض الكبريتيك	الإلكتروليت

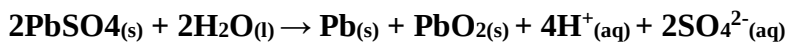
(40) لماذا يستخدم البعض لفظ (بطاريات الرصاص - أكسيد الرصاص) والبعض الآخر لفظ (بطاريات الرصاص - حمض)؟

(41) هل تعتبر (بطاريات الرصاص - حمض) بطاريات جافة؟ اذكر السبب.

(42) ما الناتج المشترك بين التفاعلين؟

من الواضح من خلال التفاعلات ان المواد $Pb(s)$, $PbSO_4(s)$, $PbO_2(s)$ تكون مواد صلبة أي أنها تستقر في أماكنها حيث يمكن إعادة استخدامها.

خلال استخدام البطارية تحدث التفاعلات السابقة ويستهلك حمض الكبريتيك. أما أثناء الشحن ينعكس التفاعل ويتكون حمض الكبريتيك مرة أخرى



(43) اذكر ثلاثة أسباب تجعل اختيار بطاريات الرصاص - الحمض خياراً جيداً للسيارات؟

بطاريات الليثيوم

(44) لماذا ركز العلماء على عنصر الليثيوم أثناء تصنيعهم لبطاريات خفيفة الوزن وتخزن قدر أكبر من الطاقة؟
لأن الليثيوم أخف الفلزات ، كما أنه يتمتع بأقل جهد اختزال بين الفلزات $-3.04V$

(45) قارن بين تأكسد الليثيوم وتأكسد الخارصين في التفاعلات النصفية وكذلك في جهود اختزالهما.

قد تكون بطاريات الليثيوم أولية أو ثانوية بناءً على تفاعلات الاختزال. تستعمل بعض بطاريات الليثيوم نفس تفاعل الكاثود لبطاريات الرصاص - الكربون الجافة وهو اختزال المنجنيز V إلى المنجنيز IV منتجة تيار بقيمة $3V$ مقارنة بـ $1.5V$ في بطاريات الكربون - الرصاص الجافة.



(46) اذكر ثلاث مميزات لبطاريات الليثيوم تميزها عن بطاريات الرصاص الكربون الجافة.

خلايا الوقود

هي خلايا تستخدم عملية تأكسد الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية
(47) ما الاختلاف بين خلايا الوقود والخلايا الأخرى؟
أنها لا بد أن تُزود بالوقود باستمرار من مصدر خارجي.

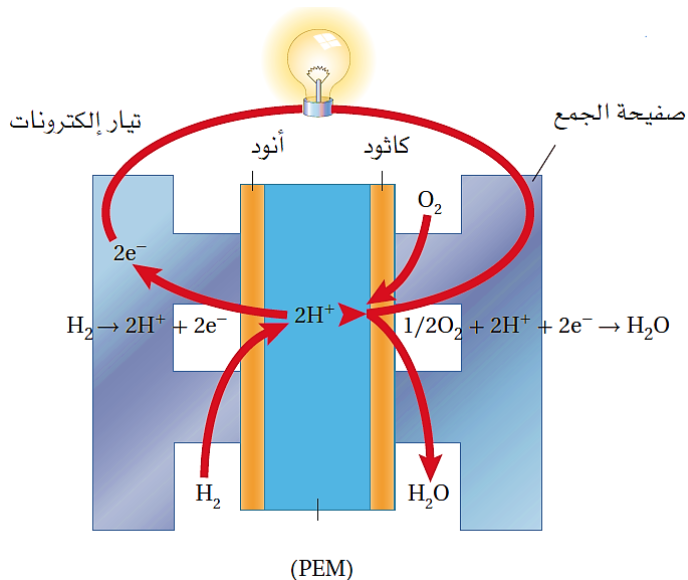
(48) ما اسم أول خلية وقود تم تصنيعها؟

صنع ويليام جروف أول خلية وقود سنة 1839 وسماها بطارية الغاز.

(49) ما المنتجات التي تنتجها خلية وقود الهيدروجين والتي تجعلها

مفيدة في رحلات الفضاء؟

توفر الماء وكذلك التيار الكهربائي.



(PEM)

غرفة خالية مصنوعة من الكربون المسامي حيث يسمح بالتلامس بين محتوى الغرفة الداخلية والإلكتروليت المحيط بالغرفة	الأنود
$2H_2(g) + 4OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$	
غرفة خالية مصنوعة من الكربون المسامي حيث يسمح بالتلامس بين محتوى الغرفة الداخلية والإلكتروليت المحيط بالغرفة	الكاثود
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$	
$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$	التفاعل الكلي
محلول قلوي من هيدروكسيد البوتاسيوم يتم استبداله أحياناً بصفائح بلاستيكية تُسمى غشاء تبادل البروتونات PEM	الإلكتروليت

(50) لماذا لا تنفذ خلايا الوقود؟

لأنه تحصل على الوقود من مصدر خارجي أي أن التفاعل يعمل طالما أن الوقود متوفر وهو الهيدروجين في المثال السابق.

(51) ما الناتج من استبدال الهيدروجين بالميثان في خلايا الوقود؟

ينتج ثاني أكسيد الكربون كناتج ثانوي.

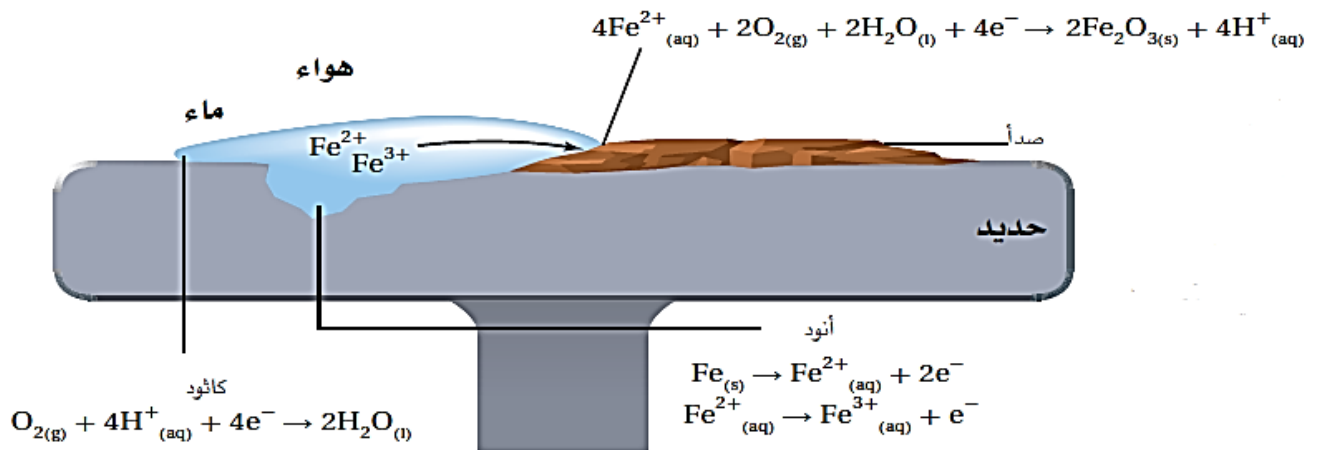
تعريف

التآكل

خسارة الفلز التي تنشأ عن تفاعل أكسدة - اختزال بين الفلز وبعض المواد في البيئة

(52) أين يبدأ التآكل في الحديد؟

يبدأ من أي سطح به خدش أو كسر صغير ويكون هو الأنود.



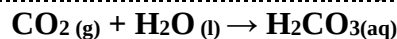
أي سطح به خدش أو كسر صغير	الأنود
$\text{Fe}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-}$	
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{e}^{-}$	
قطعة الحديد - عند أطراف قطرات الماء حيث يلتقي الحديد مع الماء مع الهواء	الكاثود
$\text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + 4\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	
$\text{Fe}_{(\text{s})} + 3\text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{s})}$	التفاعل الكلي
الماء الذي يتراكم على سطح الحديد مع غاز ثاني أكسيد الكربون والأكسجين الذائبين	الإلكتروليت

(53) ما الذي ينقل الإلكترونات عند صدأ الحديد من الأنود إلى الكاثود؟

الحديد نفسه

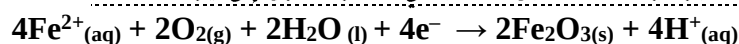
(54) من أين تأتي أيونات الهيدروجين التي تساعد في تفاعل الكاثود عند صدأ الحديد؟

تأتي من ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون والذي يتحول إلى حمض الكربونيك والذي يتفكك بدوره إلى أيونات هيدروجين وكربونات.



(55) كيف تتحول أيونات الحديد Fe^{2+} إلى أيونات الحديد Fe^{3+} عند الأنود؟

تأكسد أيونات الحديد Fe^{2+} بوجود الأكسجين الذائب في الماء وتتحول إلى أيونات Fe^{3+}



(56) لماذا يحدث التآكل أثناء صدأ الحديد ببطء؟

لأن الماء إلكتروليت ضعيف أي أنه يحتوي على كمية أقل من الأيونات - أما في حال تواجد قدر أكبر من الأيونات في المياه المالحة

مثلاً فيحدث الصدأ أسرع.

من التآكل

(57) لماذا يجب إعادة طلاء المعادن المحفوظة من الصدأ بالطلاء؟
لأن الطلاء يتآكل مع مرور الزمن

(58) ما الذي يحدث للحديد عند تعرضه للصدأ (يتأكسد / يختزل) (يفقد إلكترونات / يكتسب إلكترونات)؟

(59) ما الذي يحدث عند توصيل فلز بالحديد حيث جهد اختزال الفلز أقل من جهد اختزال الحديد؟

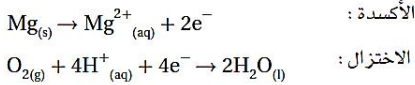
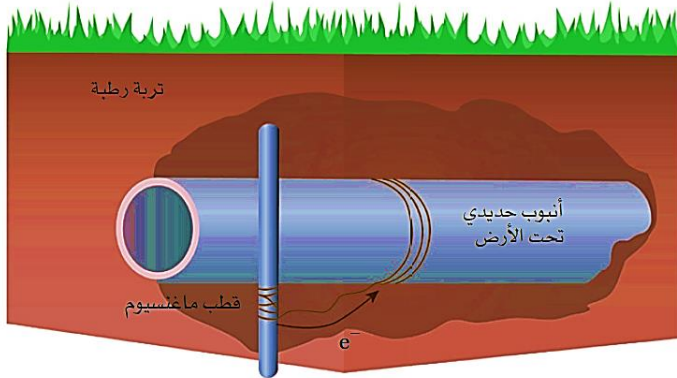
يتم توصيل كتل من مواد مثل المغنيسيوم والألومنيوم والتيتانيوم بهياكل السفن أو أنابيب الحديد المدفونة تحت الأرض. حيث أن جهد اختزال هذه المواد أقل من جهد اختزال الحديد فتتأكسد هذه المواد بدلاً من الحديد. بهذا يمكن الحفاظ على الحديد من التآكل.

الجلفنة

تعريف

الجلفنة

تغطية الفلز بفلز آخر مقاوم للصدأ



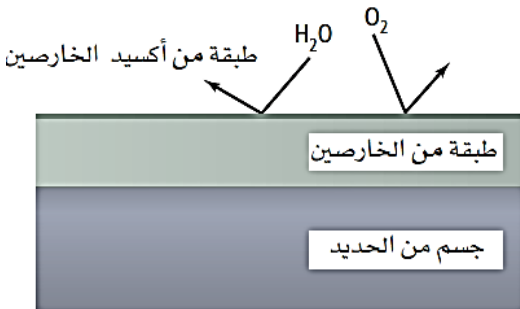
مثل تغطية الحديد بفلز القصدير وبما ذلك بطريقتين
(1) وضع الحديد في مصهور للقصدير.
(2) طلاء الحديد بالقصدير عن طريق خلية كهربية.
(60) بالرغم من أن القصدير يتأكسد أسرع من الحديد إلا أنه يتآكل أبطأ. اشرح العبارة.

القصدير والألومنيوم والكروم من العناصر التي تحمي ذاتها من التآكل. حيث تتكون طبقة من الأكسيد على سطح الفلز تعزل باقي الفلز عن الهواء.

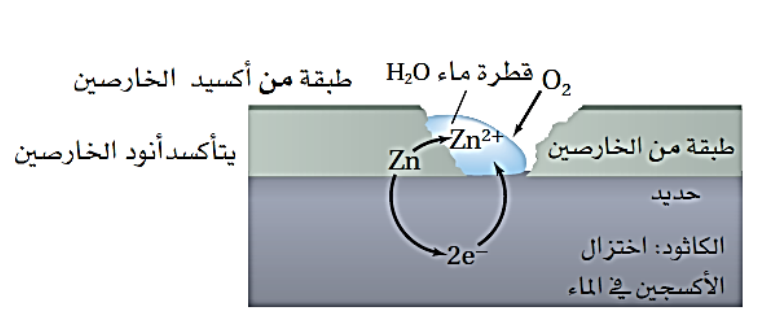
(61) كيف تحمي الجلفنة الحديد؟

تحمي الجلفنة الحديد بطريقتين.

- (1) تمنع طبقة الخارصين وصول الماء والأكسجين للحديد كأي طبقة طلاء.
- (2) حتى عند حدوث خدوش يتأكسد الخارصين أسرع من الحديد فيتآكل بدلاً من الحديد.



جسم مجلفن بطبقة خارصين سليمة



جسم مجلفن بطبقة خارصين مشققة

التحليل الكهربائي

عكس تفاعلات الأكسدة والاختزال
يمكن عكس تفاعلا الأكسدة والاختزال التلقائية كما تعلمنا في شحن البطاريات الثانوية.

الخلايا الكهربائية



حول الطاقة الكهربائية إلى تفاعل كيميائي

تفاعل غير تلقائي

باستخدام مصدر الجهد الخارجي يتم عكس التفاعل
بإجبار الإلكترونات على التحرك من ناحية النحاس في
اتجاه الخارصين

ترسب أيونات الخارصين المختزلة بعد تحويلها لذرات
خارصين على القطب

يتآكل قطب النحاس ويتحول لأيونات تذوب في المحلول

يستمر التفاعل حتى يُستهلك قطب النحاس ثم يتوقف

الخلايا الفولتية



حول التفاعل الكيميائي إلى طاقة كهربائية

تفاعل تلقائي

تتدفق الإلكترونات الناتجة عند الأنود عبر السلك في اتجاه
الكاثود

ترسب أيونات النحاس المختزلة بعد تحويلها لذرات نحاس على
القطب

يتآكل قطب الخارصين ويتحول لأيونات تذوب في المحلول

يستمر التفاعل حتى يُستهلك قطب الخارصين ثم يتوقف

تعريفات

التحليل الكهربائي

استخدام الطاقة الكهربائية للحصول على تفاعل كيميائي.

الخلية الإلكتروليتية

الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي.

تطبيقات على التلميل الكهربائي التلميل الكهربائي للماء،

والذي يستخدم لإنتاج غاز الهيدروجين المستخدم في خلايا الوقود.



التلميل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم

62 لماذا يجب أن نستخدم كلوريد الصوديوم في صورة مصهور؟

لأن كلوريد الصوديوم كباقي المركبات الأيونية لا يوصل التيار الكهربائي في حالته الصلبة بينما يوصله في حالة المحلول المائي أو المصهور.

63 اذكر بعض استخدامات الكلور والصوديوم في الحياة اليومية.

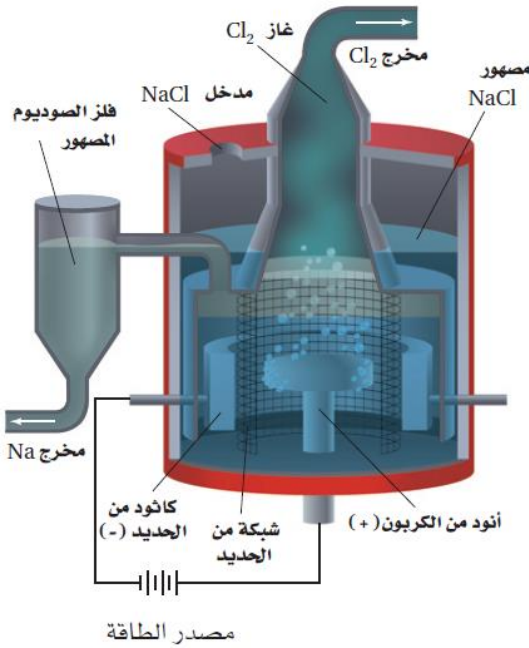
استخدامات الكلور:

تنقية المياه صناعة الورق والبلاستيك والمبيدات الحشرية والأنسجة والأصباغ والدهانات

استخدامات الصوديوم

يستخدم في صورته النقية كمبرد في المفاعلات النووية - صنع مصابيح إضاءة الشوارع (بخار الصوديوم) - يدخل في تكوين معظم الأملاح والأطعمة.

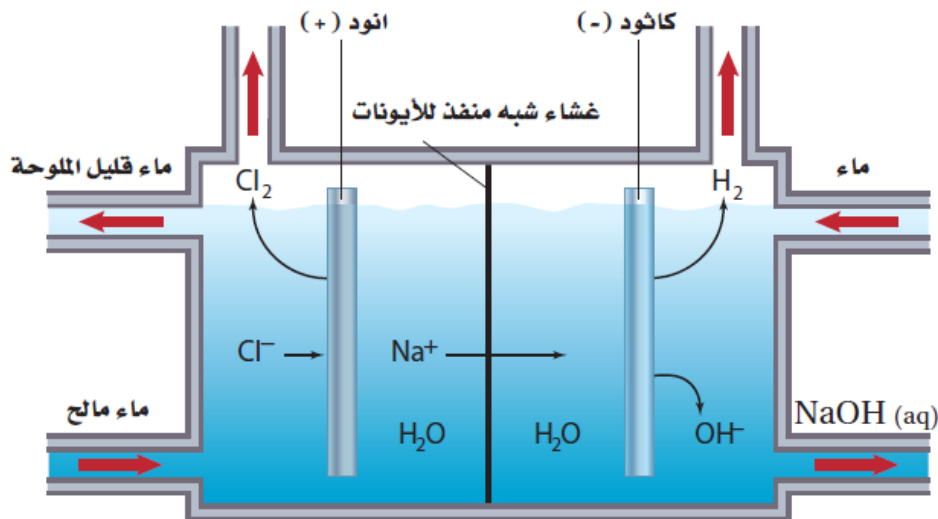
تتم العملية في خلية تسمى خلية داون



لوح من الكربون	الأنود
تتأكسد أيونات الكلوريد إلى غاز الكلور $2\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^{-}$	
كاثود حديدي	الكاثود
تُختزل أيونات الصوديوم لتتحول إلى فلز الصوديوم $\text{Na}^{+}(\text{l}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Na}(\text{l})$	
$2\text{Na}^{+}(\text{l}) + 2\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Na}(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g})$	التفاعل الكلي
كلوريد الصوديوم المصهور	الإلكتروليت

التحليل الكهربائي للمحلول الملحي

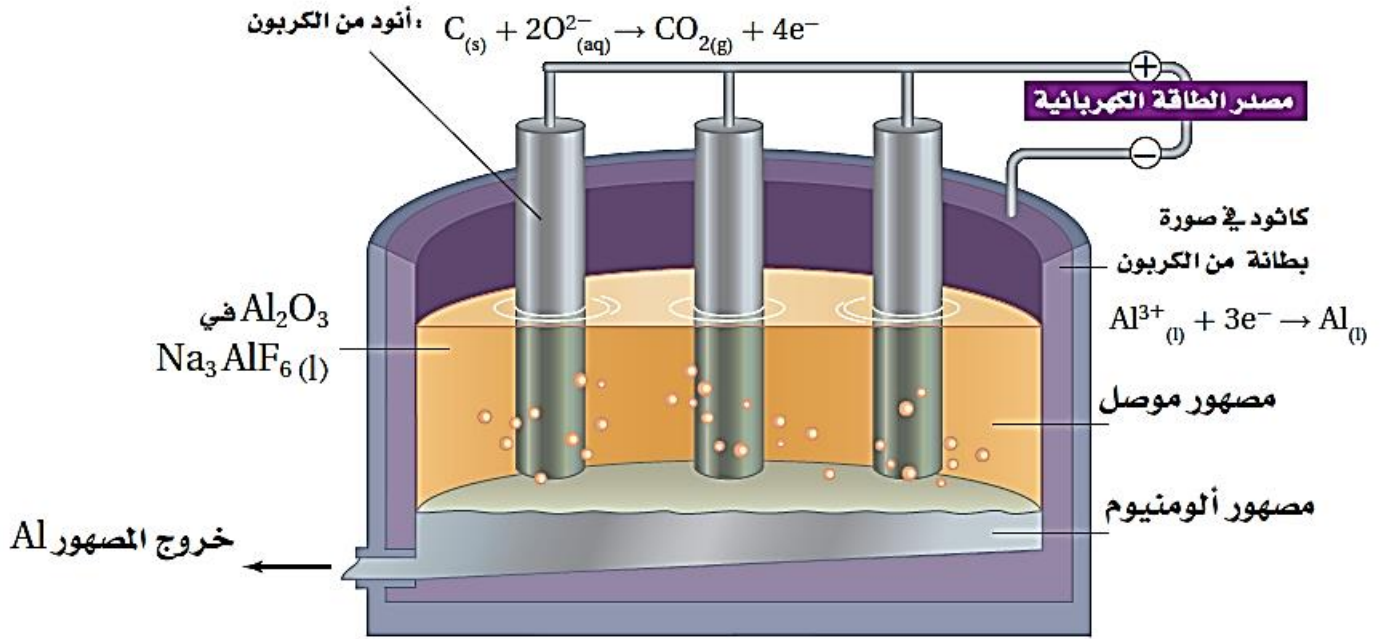
64) ما نواتج عملية التحليل الكهربائي للمحلول الملحي (كلوريد الصوديوم الذائب في الماء)؟
غاز الهيدروجين - غاز الكلور - هيدروكسيد الصوديوم



يتم الحفاظ على تركيز أعلى من أيونات الكلوريد حتى يتم تفضيل التفاعل النصفى الخاص به	أكسدة أيونات الكلوريد $2\text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^{-}$ اختزال أيونات الهيدروجين في الماء $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}(\text{g}) + 4\text{H}^{+}(\text{aq}) + 4\text{e}^{-}$	هناك احتمال لتفاعلين	الأنود
لا يتم اختزال أيونات الصوديوم لأن اختزال أيونات الهيدروجين أسهل وبالتالي يتم اختزال أيونات الهيدروجين	اختزال أيونات الصوديوم $\text{Na}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Na}(\text{s})$ اختزال أيونات الهيدروجين في الماء $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$	هناك احتمال لتفاعلين	الكاثود
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{NaOH}(\text{aq})$			التفاعل الكلي
كلوريد الصوديوم المحلول			الإلكتروليت

إنتاج الألومنيوم

يُنتج عن طريق عملية تُسمى هول - هيروليت



أقطاب من الكربون	
$2\text{O}^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$	
بسبب ارتفاع درجة الحرارة يتفاعل الأكسجين الناتج مع الكربون وينتج ثاني أكسيد الكربون	
$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$	الأنود
بطانة الخلية من الجرافيت	
$\text{Al}^{3+}(\text{l}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{l})$	الكاثود
أكسيد الألومنيوم المُستخلص من خام البوكسيت ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) مذاب في مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) عند درجة حرارة 1000°C	الإلكتروليت

65) لماذا تبني مصانع إنتاج الألومنيوم بجانب محطات إنتاج الكهرباء؟

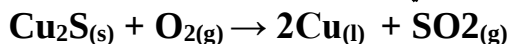
لأن عملية هول - هيرولت تحتاج لقدر كبير من الطاقة الكهربائية .

بسبب الطاقة الكهربائية المكلفة تسعى الدول لتدوير الألومنيوم عبر إعادة تصنيعه ويتم إضافته غالباً مع الألومنيوم المصنع حديثاً.

تنقية الخامات

يُستخرج النحاس من خامات مثل الكالكوپايريت (CuFeS_2) - الكالكوسايت (Cu_2S) - المالاكايت ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) والكبريتيدات

ينتج الأكسجين عند تسخين هذه الخامات بقوة في وجود الأكسجين

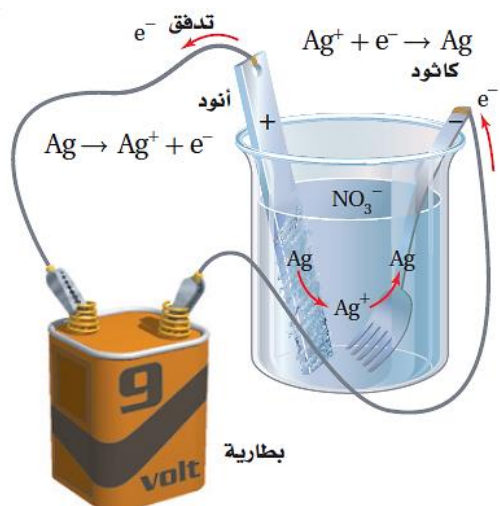


يتم تنقية النحاس من الشوائب في خلية كهربائية

قوالب سميكة وكبيرة من النحاس الناتج من التفاعل السابق	
تتأكسد ذرات النحاس إلى أيونات النحاس II والتي تنتقل عبر المحلول لتصل للكاثود $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^-$	الأنود
شريحة من النحاس النقي	
يتم اختزال أيونات النحاس II القادمة من الأنود إلى ذرات نحاس تترسب على الكاثود وتسقط الشوائب في قاع الخلية $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$	الكاثود
محلول كبريتات النحاس	الإلكتروليت

الطلاء بالكهرباء

الطلاء بالفضة



قضيب أو صفيحة من الفضة	
تتأكسد ذرات الفضة إلى أيونات فضة والتي تنتقل عبر المحلول لتصل للكاثود $\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^-$	الأنود
الجسم المراد طلاؤه بالفضة	
يتم اختزال أيونات الفضة القادمة من الأنود إلى ذرات فضة تترسب على الكاثود (الجسم المراد طلاؤه) $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)}$	الكاثود
محلول يحتوي على أيونات الفضة	الإلكتروليت

يجب التحكم في التيار المستخدم للحصول على طبقة متناسقة وناعمة من الفضة على سطح الفلز. تستخدم العديد من المعادن للطلاء بالكهرباء كالحلي المطلية بالذهب أو واق الصدمات المطلية بالنيكل أو الكروم.