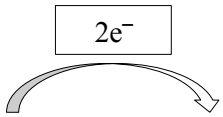
Grade12files
@grade12ua_e

القسم (1) الخلايا الفولتية

الأكسدة والاختزال في الكيمياء الكهربائية

- **الكيمياء الكهربائية**: دراسة عمليات الأكسدة والاختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس.
- العمليات الكهروكيميائية مفيدة في مجال الصناعة، وفي الوظائف الحيوية.
- التفاعل التالي:



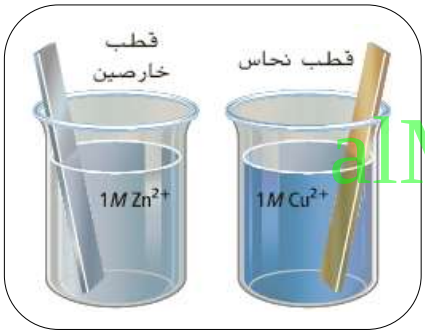
$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

- يحدث أكسدة لذرات الخارصين Zn^{2+} واختزال لأيونات النحاس Cu^{2+} وينتقل $2e^-$ من Zn إلى Cu^{2+} لينتج أيونات خارصين Zn^{2+} وذرات نحاس Cu
- يتكون التفاعل السابق من نصفي تفاعل أكسدة واختزال:

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة النصفي: فقد الإلكترونات)

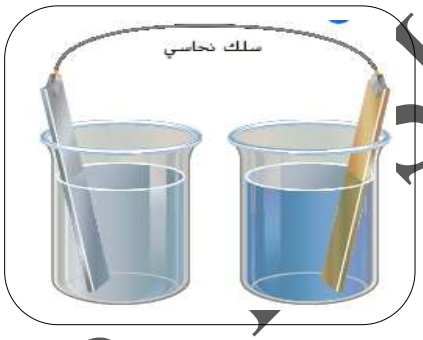
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ (تفاعل الاختزال النصفي: اكتساب الإلكترونات)

- الشكل المقابل يوضح عملية غمر لوح من الخارصين في محلول 1M كبريتات الخارصين، وغمر لوح من النحاس في محلول 1M كبريتات النحاس II



- يحدث أكسدة لذرات الخارصين Zn واختزال لأيونات النحاس Cu^{2+}
- توجد مشكلتان تمنعان حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال.

1) لا توجد طريقة لنقل الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس II

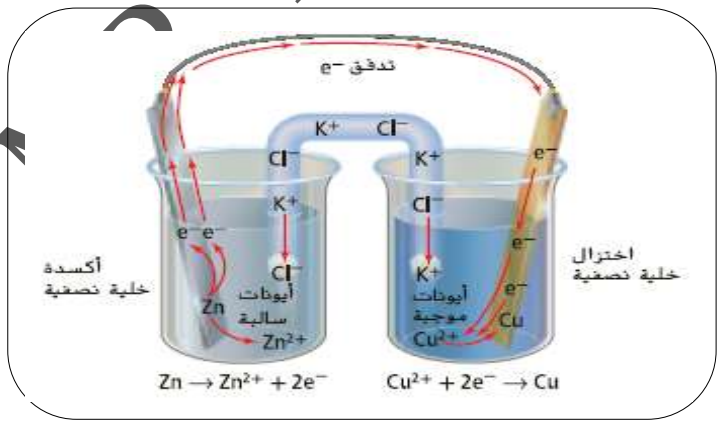


الحل: توصيل قطبي الخارصين والنحاس بسلك نحاسي كما هو موضح في الشكل، حيث يعمل السلك كمسار لانتقال الإلكترونات من قطب النحاس إلى قطب الخارصين.

2) تتراكم الشحنات حول الأقطاب مما يمنع استمرار التفاعل.

الحل: استخدام قنطرة ملحية.

عند تأكسد الخارصين تتراكم أيونات Zn^{2+} حول قطب Zn وعند اختزال أيونات Cu^{2+} تتراكم حول قطب Cu



- **القنطرة الملحية**: مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة إلى أخرى.

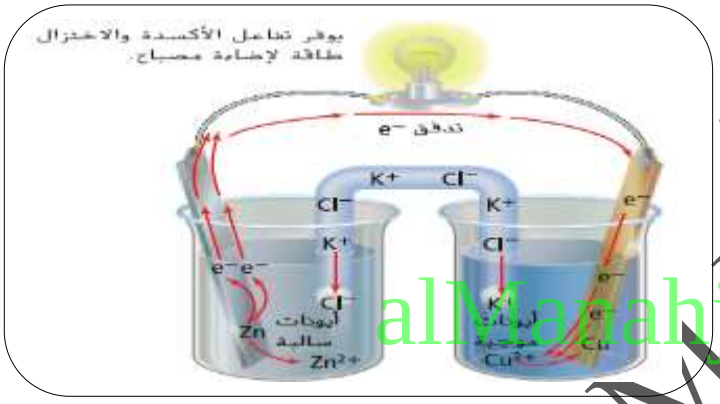
SHAMEL TOUKHY
alManahj.com/ae

- تتكون القنطرة الملحية من أنبوب يحتوي على محلول ملح قابل وموصل للتيار الكهربائي. مثل KCl
- يحفظ الملح في مكانه باستخدام هلام آجار (جل هلامي) أو أي غطاء يسمح للأيونات بالحركة من خلاله، على ألا يختلط المحلولان في الكأس.
- س: ما أهمية القنطرة الملحية؟

ج: 1- فصل نصفي الخلية عن بعضهما . 2- مرور التيار الكهربائي في دائرة مغلقة .

3- إعادة التوازن الأيوني في الخلية . 4- يمنع الشحنة من التجمع على القطبين .

- عندما يتم وضع السلك النحاسي والقنطرة الملحية في مكانهما، تبدأ عملية الأكسدة والاختزال في الحدوث تلقائيا وتنتقل الإلكترونات عبر السلك من نصف تفاعل الأكسدة إلى نصف تفاعل الاختزال، وتتحرك الأيونات الموجبة والسالبة عبر القنطرة الملحية.



- يطلق على تدفق الجسيمات المشحونة تيار كهربائي.
- يشكل كل من تدفق الإلكترونات عبر السلك وتدفق الأيونات عبر القنطرة الملحية التيار الكهربائي.
- يمكن استخدام طاقة الإلكترونات المتدفقة عبر السلك لإضاءة مصباح كما في الشكل.

alManahj.com/ae

الخلايا الكهروكيميائية

- هي جهاز يستخدم تفاعل الأكسدة والاختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي.
- الخلية الفولتية: نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي.

- سميت الخلية الفولتية بهذا الاسم نسبة إلى العالم (أليساندرو فولتا).
- يشبه الشكل المقابل إحدى الخلايا الأولى لأليساندرو فولتا، والتي تتكون من أقراص من الخارصين والنحاس مرتبة في طبقات متبادلة يفصلها قطع من القماش أو ورق مقوى مغطس في محلول حمضي، يزداد التيار بزيادة عدد أقراص الخارصين والنحاس.

MR. HESHAM EL TOUKHY

كيمياء الخلايا الفولتية

- تتكون الخلية الكهروكيميائية من جزأين يطلق عليهما نصفا خلية، حيث يحدث كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال على حدة.
- يحتوي كل نصف خلية على قطب ومحلول يحتوي على أيونات.
- القطب (الإلكترود): هو مادة موصلة للكهرباء.
- عادة ما يكون القطب شريطا فلزيا أو ساق من الجرافيت والذي يوصل الإلكترونات من محلول نصف الخلية وإليه.
- الكأس الذي يحتوي على قطب الخارصين يحدث فيه نصف تفاعل الأكسدة.
- الكأس الذي يحتوي على قطب النحاس يحدث فيه نصف تفاعل الاختزال.
- يسمى التفاعل الذي يحدث في كل نصف خلية تفاعل نصف الخلية.
- الأنود (المصعد): القطب الذي يحدث عنده تفاعل الأكسدة.
- الكاثود (المهبط): القطب الذي يحدث عنده تفاعل الاختزال.

الخلايا الفولتية والطاقة

- الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) للقطب ترجع إلى وضعه أو تكوينه.
- تعتبر الطاقة الكهربائية الكامنة – في الكيمياء الكهربائية – مقياس لمقدار التيار الذي يمكن توليده من الخلية الفولتية للقيام بالشغل.
- يمكن للشحنة الكهربائية الانتقال بين نقطتين فقط عندما عندما يكون هناك اختلاف في الطاقة الكهربائية الكامنة بينهما.
- النقطتان التي تنتقل بينهما الشحنة في الخلية الكهروكيميائية هما القطبان.
- تتحرك الإلكترونات التي يتم توليدها عند الأنود نحو الكاثود بواسطة القوة الدافعة الكهربائية (EMF)
- تنشأ EMF عن الفرق في الطاقة الكامنة بين القطبين وتسمى جهد الخلية، ووحدة قياسه هو فولت.
- فرق الجهد الكهربائي للخلية الفولتية يعتبر مؤشرا للطاقة المتوفرة لتحريك الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

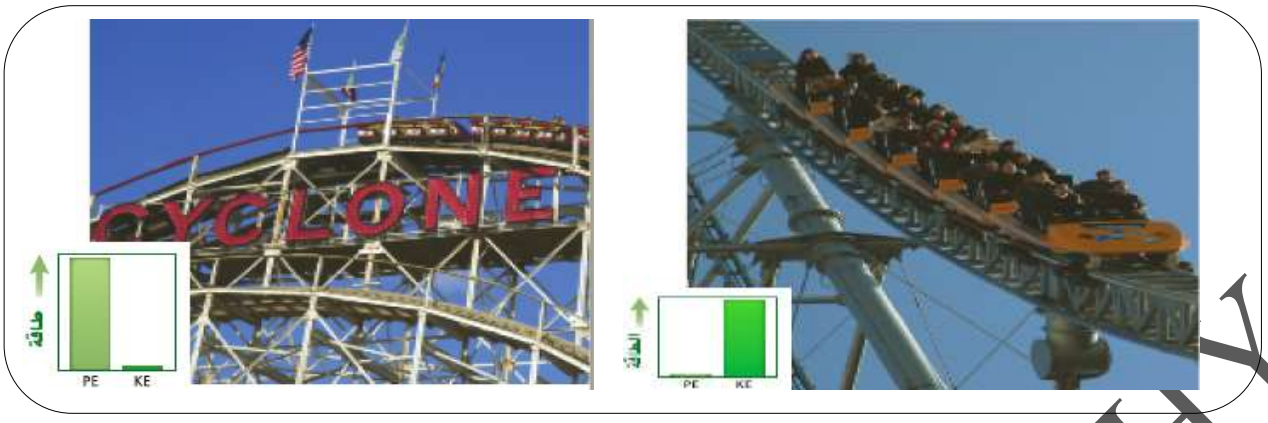
- تتحرك الإلكترونات عبر السلك الخارجي من الأنود إلى الكاثود (يمكن الاستدلال عن طريق مصباح أو جلفانومتر).
- تتحرك الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية (من نصف خلية الأنود نحو نصف خلية الكاثود).
- تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية (من نصف خلية الكاثود نحو نصف خلية الأنود).

- س: ماذا ينتج عن الخلية الفولتية؟

ج: 1- كتلة قطب الأنود تقل 2- تركيز أيون محلول الأنود يزيد

3- كتلة قطب الكاثود تزيد 4- تركيز أيون محلول الكاثود يقل

MR. HESHAM EL TOUKHY
alManahj.com/ae



- قطار الملاهي يمتلك طاقة وضع جذبية PE عند أعلى نقطة وتتحول إلى طاقة حركية KE عند أدنى نقطة.
- يتم تحديد الطاقة الحركية بحساب الفرق في الارتفاع بين قمة المسار والقاع.
- بالمثل، يتم تحديد طاقة الإلكترونات المتدفقة من الأنود إلى الكاثود في الخلية الفولتية من خلال فرق الطاقة الكامنة الكهربائية بين القطبين.
- يتم تحديد جهد الخلية بمقارنة الفرق بين ميل كلا القطبين لاكتساب الإلكترونات، كلما زاد فرق الطاقة الكامنة بين القطبين زاد جهد الخلية.

- تسحب قوة الجاذبية الغواص في الماء دائما إلى الأسفل، نحو وضع منخفض من الطاقة وليس إلى الأعلى.
- عندما يقفز الغواص خارج لوح الغوص تكون حركته إلى الأسفل بصورة تلقائية.
- في خلية الخارصين – النحاس وتحت الظروف القياسية، تكتسب أيونات النحاس عند الكاثود إلكترونات بسهولة أكبر مقارنة بأيونات الخارصين عند الأنود.
- يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيا فقط عند تدفق الإلكترونات من الخارصين إلى النحاس.

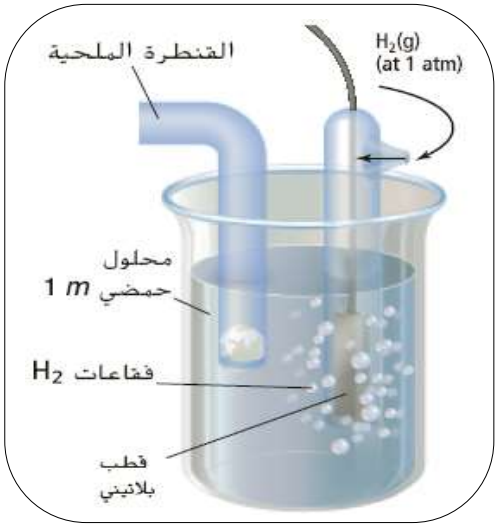
alManahj.com/ae

حساب جهود الخلايا الكهروكيميائية

- جهد الاختزال: ميل المادة لاكتساب إلكترونات.
- لا يمكن تحديد إمكانية الاختزال للقطب الكهربائي مباشرة، لأن يجب اقتران تفاعل الاختزال النصفي مع تفاعل الأكسدة النصفي.
- عند اقتران نصفي التفاعل مع بعضهما فإن الجهد الناتج يساوي فرق الجهد لنصفي التفاعل.
- يتم التعبير عن فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين بالفولت V

MR. HESHAM EL TOUKHY

قطب الهيدروجين القياسي



- يتكون قطب الهيدروجين القياسي من لوح صغير من البلاتين المغمور في محلول حمض الهيدروكلوريك HCl الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين بتركيز 1M
- يتم ضخ غاز الهيدروجين H_2 في المحلول عند الظروف القياسية 1atm , 25°C كما في الشكل.
- جهد الاختزال القياسي لقطب الهيدروجين القياسي يساوي صفر.
- يعمل قطب الهيدروجين القياسي كـ (تفاعل أكسدة نصفي) أو (تفاعل اختزال نصفي) تبعا للخلية النصفية المتصلة به.

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows H_{2(g)} \quad E^\circ_{H_2} = 0.0\ V$$

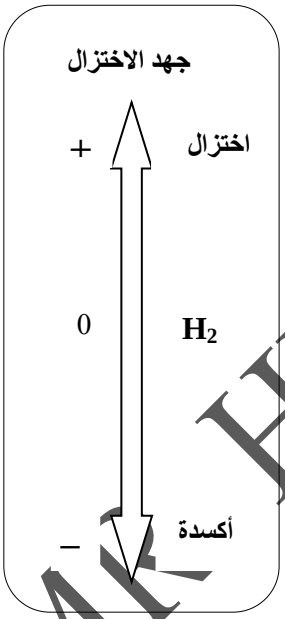
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ (اختزال)

$H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$ (أكسدة)

جهود أنصاف الخلايا

- لتحديد جهد اختزال العناصر تم توصيلها بشكل أنصاف خلايا مع نصف خلية الهيدروجين القياسية.
- تم تسجيل التفاعلات النصفية كتفاعلات اختزال.

alManahj.com/ae



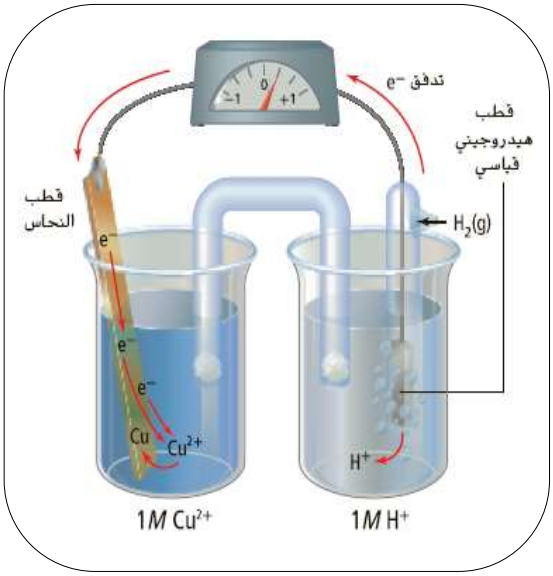
- نصف الخلية الذي له قابلية أكبر من الهيدروجين للاختزال يحدث له اختزال ويكون له جهد اختزال موجب،وكلما زادت قابلية الاختزال زادت قيمة جهد الاختزال.
- نصف التفاعل الذي له جهد اختزال موجب أكبر يحدث في صورة اختزال.
- نصف الخلية الذي له قابلية أقل من الهيدروجين للاختزال يحدث له أكسدة ويكون له جهد اختزال سالب،وكلما قلت قابلية الاختزال قلت قيمة جهد الاختزال.
- نصف التفاعل الذي له جهد اختزال سالب أكبر يحدث في صورة أكسدة.

- القطب الذي جهد اختزاله أعلى هو الكاثود، والقطب الذي جهد اختزاله أقل هو الأنود.
- القطب الكهربائي الذي يتم قياسه تحت الظروف القياسية 1atm , 25°C وأن يكون مغموسا في محلول تركيزه 1M من الأيونات.
- يدل الرمز E° على أن القياس تحت الظروف القياسية.
- جهد الأكسدة = جهد الاختزال (مع عكس الإشارة)

قياس جهد الخلية الكهروكيميائية

- تمكن استخدام جدول جهود الاختزال القياسية لحساب الجهد الكهربائي للخلية الفولتية المكونة من قطبي النحاس والخارصين تحت الظروف القياسية.

MR HESHAM ELTOUKHY



- يتم تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية للنحاس E°_{Cu} عند توصيل قطب النحاس بقطب الهيدروجين القياسي كما في الشكل، تتدفق الإلكترونات من قطب الهيدروجين إلى قطب النحاس، وتختزل أيونات النحاس إلى ذرات النحاس.
- قيمة E° التي يتم قياسها بالفولتميتر (+0.342 V) تشير إلى أن أيونات Cu^{2+} في قطب النحاس تكتسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات H^+ في قطب الهيدروجين القياسي.
- تحدث عملية أكسدة عند قطب الهيدروجين، وعملية الاختزال عند قطب النحاس.
- أيونات النحاس لديها جهد اختزال أكبر من أيونات الهيدروجين.
- جهد اختزال الهيدروجين صفر، فيكون جهد اختزال النحاس له قيمة موجبة.
- تتمثل التفاعلات النصفية لعمليتي الأكسدة والاختزال والتفاعل الكلي كما يلي:

$$H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^- \quad \text{(تفاعل الأكسدة النصفي)}$$

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

$$H_{2(g)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \quad \text{(تفاعل الأكسدة والاختزال الكلي)}$$

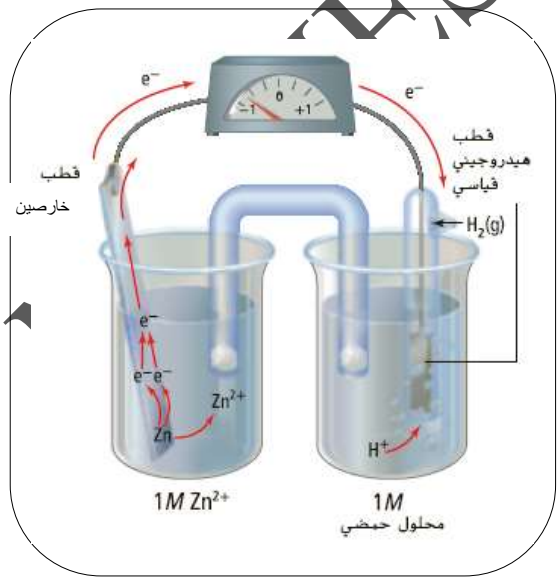
alManahj.com/ae

- يمكن كتابة هذا التفاعل بصيغة تسمى ترميز الخلية:

متفاعل ناتج متفاعل ناتج

$$H_2 \mid H^+ \parallel Cu^{2+} \mid Cu \qquad E^{\circ}_{Cu} = +0.342\ V$$

نصف تفاعل الأكسدة نصف تفاعل الاختزال



- يتم تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية للخارصين E°_{Zn} عند توصيل قطب الخارصين بقطب الهيدروجين القياسي كما في الشكل، تتدفق الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب الهيدروجين، وتتأكسد ذرات الخارصين إلى أيونات خارصين.
- قيمة E° التي يتم قياسها بالفولتميتر (–0.762 V) تشير إلى أن أيونات H^+ في قطب الهيدروجين تكتسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات Zn^{2+} في قطب الخارصين.
- تحدث عملية أكسدة عند قطب الخارصين، وعملية الاختزال عند قطب الهيدروجين.

ESHAM EL TOUKHY

- أيونات الهيدروجين لديها جهد اختزال أكبر من أيونات الخارصين.
- جهد اختزال الهيدروجين صفر، فيكون جهد اختزال الخارصين له قيمة سالبة.
- تتمثل التفاعلات النصفية لعمليتي الأكسدة والاختزال والتفاعل الكلي كما يلي:

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة النصفي)

$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ (تفاعل الاختزال النصفي)

$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ (تفاعل الأكسدة والاختزال الكلي)

- يمكن كتابة هذا التفاعل بصيغة تسمى ترميز الخلية:

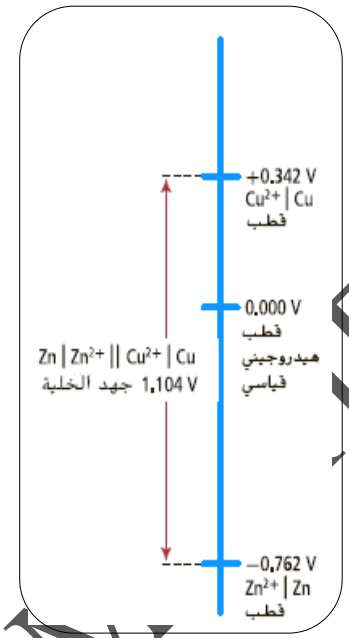
متفاعل ناتج متفاعل ناتج

$Zn \mid Zn^{2+} \parallel H^+ \mid H_2$ $\quad E^\circ_{Zn} = -0.762\ V$

نصف تفاعل الأكسدة نصف تفاعل الاختزال

- يمكن حساب جهد الخلية الكهروكيميائية من المعادلة:

$$E^\circ_{\text{الخلية}} = E^\circ_{\text{الكاثود}} - E^\circ_{\text{الأنود}}$$



- $E^\circ_{\text{الخلية}}$: الجهد الكلي القياسي للخلية.
- $E^\circ_{\text{الكاثود}}$: جهد الاختزال القياسي لنصف الخلية الخاص بالاختزال.
- $E^\circ_{\text{الأنود}}$: جهد الاختزال القياسي لنصف الخلية الخاص بالأكسدة.

- يمكن حساب جهد الخلية المكونة من النحاس والخارصين، حيث يحدث اختزال عند قطب النحاس وأكسدة عند قطب الخارصين كالتالي:

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

$$= +0.342 - (-0.762) = +1.104\ V$$

- يمكن كتابة ترميز الخلية الكلي كالتالي:

$$Zn \mid Zn^{2+} \parallel Cu^{2+} \mid Cu$$

alManahj.com/ae
M. HESHAM EL TOUKHY

- يوضح الجدول التالي جهود الاختزال القياسية لبعض التفاعلات النصفية.

التفاعل النصفي	E^0 (V)	التفاعل النصفي	E^0 (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

alManahj.com/ae

MR.

مثال محلول: تمثل تفاعلات الاختزال النصفية الآتية نصفي الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

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

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

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية، اكتب ترميز الخلية.

حل المثال:

جهد اختزال اليود أكبر من جهد اختزال الحديد، لذلك يمثل اليود قطب الاختزال (الكاثود) والحديد قطب الأكسدة (الأنود)، يسير تفاعل اليود في الاتجاه الأمامي وتفاعل الحديد في الاتجاه العكسي (نعكس معادلة الحديد لتصبح تفاعل أكسدة)، مع تحقيق العلاقة (عدد الإلكترونات المفقودة= عدد الإلكترونات المكتسبة)

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

(تفاعل الأكسدة النصفي) $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

(التفاعل الكلي للخلية) $I_{2(s)} + Fe_{(s)} \rightarrow 2I^-_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)}$

$$E^\circ_{\text{الخلية}} = E^\circ_{\text{الكاثود}} - E^\circ_{\text{الأنود}}$$

$$= +0.536 - (-0.447) = +0.983\ V$$

ترميز الخلية

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

alManahj.com/ae

1)تمثل تفاعلات الاختزال النصفية الآتية نصفي الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$Pt^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pt_{(s)}$ $\quad E^\circ_{Pt^{2+}|Pt} = +1.18\ V$

$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(s)}$ $\quad E^\circ_{Sn^{2+}|Sn} = -0.1375\ V$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية، اكتب ترميز الخلية.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

2)تمثل تفاعلات الاختزال النصفية الآتية نصفي الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Co_{(s)}$ $\quad E^\circ_{Co^{2+}|Co} = -0.28\ V$

$Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Cr_{(s)}$ $\quad E^\circ_{Cr^{3+}|Cr} = -0.744\ V$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية، اكتب ترميز الخلية.

.....

.....

.....

.....

.....

3)تمثل تفاعلات الاختزال النصفية الآتية نصفي الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$Hg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Hg_{(l)}$ $\quad E^\circ_{Hg^{2+}|Hg} = +0.851\ V$

$Cr^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cr_{(s)}$ $\quad E^\circ_{Cr^{2+}|Cr} = -0.913\ V$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية، اكتب ترميز الخلية.

.....

.....

.....

.....

.....

4)تمثل تفاعلات الاختزال النصفية الآتية نصفي الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$NO_3^-{}_{(aq)} + 4H^+_{(aq)} + 3e^- \rightarrow NO_{(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\quad E^\circ = +0.957\ V$

$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$ $\quad E^\circ = +0.401\ V$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية، اكتب ترميز الخلية.

.....

.....

.....

.....

.....

MR. HESHAM EL TOUKHY
alManahj.com/ae

استخدام جهود الاختزال القياسية

- تتدفق الإلكترونات في الخلية الفولتية دائما من نصف الخلية ذات جهد الاختزال المنخفض (الأكسدة أو الأنود) نحو نصف الخلية ذات جهد الاختزال المرتفع (الاختزال أو الكاثود) مما يسبب جهدا موجبا للخلية.
- إذا كان جهد الخلية موجب يكون التفاعل تلقائيا، وإذا كان جهد الخلية سالب يكون التفاعل غير تلقائي.
- إذا كان التفاعل غير تلقائي، سوف يحدث تفاعل معاكس للتفاعل غير التلقائي بحيث يكون جهد الخلية موجب، مما يعني أن التفاعل العكسي تفاعل تلقائي.

1) احسب جهد الخلية لتفاعلات الأكسدة والاختزال الموزونة الآتية وترميز الخلية، وحدد أيها تلقائي؟

1) $Sn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

($E^{\circ}_{Sn^{2+}|Sn} = -0.1375\ V$, $E^{\circ}_{Cu^{2+}|Cu} = +0.3419\ V$)

.....

.....

2) $Mg_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)}$

($E^{\circ}_{Mg^{2+}|Mg} = -2.372\ V$, $E^{\circ}_{Pb^{2+}|Pb} = -0.1262\ V$)

.....

.....

3) $2Mn^{2+}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)} + 10Hg^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 16H^+_{(aq)} + 5Hg_2^{2+}{}_{(aq)}$

($E^{\circ}_{Mn^{7+}|Mn^{2+}} = +1.507\ V$, $E^{\circ}_{Hg^{2+}|Hg_2^{2+}} = +0.920\ V$)

.....

.....

4) $2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Co^{2+}_{(aq)} \rightarrow Co_{(s)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$

($E^{\circ}_{S^{7+}|S^{6+}} = +2.010\ V$, $E^{\circ}_{Co^{2+}|Co} = -0.28\ V$)

.....

.....

5) $Al \mid Al^{3+} \parallel Hg^{2+} \mid Hg$

($E^{\circ}_{Al^{3+}|Al} = -1.662\ V$, $E^{\circ}_{Hg^{2+}|Hg} = +0.851\ V$)

.....

.....

MR. HESHAM EL TOUKHY
alManahj.com/ae

تدريبات القسم (1)

1) اكتب المصطلح العلمي المناسب:

1) (.....) دراسة عمليات الأكسدة والاختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس.
2) (.....) مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة إلى أخرى.
3) (.....) تدفق الإلكترونات عبر السلك وتدفق الأيونات عبر القنطرة الملحية.
4) (.....) جهاز يستخدم تفاعل الأكسدة والاختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي.
5) (.....) نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي.
6) (.....) مادة موصلة للكهرباء، عادة ما تكون شريطا فلزيا أو ساق من الجرافيت والذي يوصل الإلكترونات.
7) (.....) التفاعل الذي يحدث في كل نصف خلية.
8) (.....) القطب الذي يحدث عنده تفاعل الأكسدة.
9) (.....) القطب الذي يحدث عنده تفاعل الاختزال.
10) (.....) الفرق في الطاقة الكامنة بين القطبين.
11) (.....) ميل المادة لاكتساب إلكترونات.
12) (.....) لوح صغير من البلاتين المغمور في محلول حمض الهيدروكلوريك HCl الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين بتركيز 1M

2) صف الظروف التي بموجبها ينتج تفاعل الأكسدة والاختزال تيارا كهربائيا يتدفق عبر السلك.

.....

.....

3) حدد مكونات الخلية الفولتية، اشرح دور كل مكون من المكونات ودوره في عمل الخلية.

.....

.....

4) صمم خريطة مفاهيم للخلايا الكهروكيميائية، وأدرج فيها جميع المصطلحات المتعلقة بها.

alManahj.com/ae
MR. HESHAM ELTOUKHY

5) اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية التلقائي الذي يحدث في الخلية مصاحبا لتفاعلات الاختزال النصفية الآتية، مستخدما قيم جهد الاختزال من جدول جهود الاختزال القياسية.

1) $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow Ag_{(s)}$, $Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Ni_{(s)}$

2) $Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Mg_{(s)}$, $2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow H_{2(g)}$

3) $Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Sn_{(s)}$, $Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightarrow Fe_{(s)}$

4) $PbI_{2(s)} + 2e^{-} \rightarrow Pb_{(s)} + 2I^{-}_{(aq)}$, $Pt^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Pt_{(s)}$

6) حدد الجهد القياسي للخلايا الكهروكيميائية الذي تعبر كل معادلة عن التفاعل الكلي للخلية. عرف التفاعلات باعتبارها تلقائية أو غير تلقائية وفقا لما هو مكتوب. مستخدما قيم جهد الاختزال من جدول جهود الاختزال القياسية.

1) $2Al^{3+}_{(aq)} + 3Cu_{(s)} \rightarrow 3Cu^{2+}_{(aq)} + 2Al_{(s)}$

2) $Hg^{2+}_{(aq)} + 2Cu^{+}_{(aq)} \rightarrow 2Cu^{2+}_{(aq)} + Hg_{(l)}$

3) $Cd_{(s)} + 2NO_3^{-}{}_{(aq)} + 4H^{+}_{(aq)} \rightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

MR. HESHAM ELTOUKHY
alManahj.com/ae

7) ما الخاصية التي يتميز بها تفاعل الأكسدة والاختزال والتي تسمح باستخدامه لتوليد تيار كهربائي؟

.....

.....

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

.....

.....

9) ما وظيفة القنطرة الملحية في الخلية الفولتية؟

.....

.....

10) ما المعلومة التي تحتاج إليها لتحديد الجهد القياسي للخلية الفولتية؟

.....

.....

11) في الخلية الفولتية الممثلة بـ $Al \mid Al^{3+} \parallel Cu^{2+} \mid Cu$ ما العنصر الذي تأكسد وما الذي يختزل عند إصدار الخلية للتيار؟

.....

.....

12) ما الظروف التي يتم بموجبها قياس جهود الاختزال القياسية؟

.....

.....

13) بالاعتماد على الشكل المقابل، أجب عن الأسئلة الآتية:

1) حدد الفلز الذي يتأكسد وحدد الكاثود.

.....

.....

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

.....

.....

.....

alManahj.com/ae
HESHAM ELTOUKHY

14) تذكر أن العامل المختزل هو المادة التي يتم تأكسدها وأن العامل المؤكسد هو المادة التي يتم اختزالها. استخدم جدول جهود الاختزال القياسية لاختيار العامل الذي سيحول Au إلى Au^{+} لكن لن يحول Co^{2+} إلى Co^{3+}

.....

.....

15) اكتب ترميز الخلية لكل من أنصاف الخلايا التالية عند وصله بقطب الهيدروجين القياسي، وذلك لكل خلية على حدة حيث يتم توصيل كل نصف من الخلية النصفية التالية بالقطب القياسي للهيدروجين. $E^{\circ}_{H_2} = 0.0\ V$

1) Zn^{2+} | Zn $\quad E^{\circ}_{Zn^{2+}|Zn} = -0.7618\ V$

.....

.....

2) Hg^{2+} | Hg $\quad E^{\circ}_{Hg^{2+}|Hg} = +0.851\ V$

.....

.....

3) Cu^{2+} | Cu $\quad E^{\circ}_{Cu^{2+}|Cu} = +0.3419\ V$

.....

.....

4) Al^{3+} | Al $\quad E^{\circ}_{Al^{3+}|Al} = -1.662\ V$

.....

.....

16) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لكل من الخلايا القياسية التالية:

1) I^{-} | I_2 || Fe^{3+} | Fe^{2+}

.....

.....

2) Sn | Sn^{2+} || Ag^{+} | Ag

.....

.....

3) Zn | Zn^{2+} || Cd^{2+} | Cd

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY
alManahj.com/ae

17) احسب جهود الخلايا التي تحدث فيها التفاعلات التالية، مستخدما قيم جهد الاختزال من جدول جهود الاختزال القياسية

1) $2Ag^{+}_{(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$

.....

.....

2) $Mn_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}$

.....

.....

3) $I_{2(aq)} + Sn_{(s)} \rightarrow 2I^{-}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)}$

.....

.....

18) يوضح الشكل المقابل خلية فولتية تتكون من شريط من الخارصين في محلول نيترات الخارصين 0.1 M وشريط من الفضة في محلول نيترات الفضة 0.1 M استعن بالرسم وقيم جهود الاختزال القياسية للإجابة عن الأسئلة التالية.

($E^{\circ}_{Ag^{+}|Ag} = +0.7996\ V$, $E^{\circ}_{Zn^{2+}|Zn} = -0.7618\ V$)

1) حدد الأنود. .....
2) حدد الكاثود. .....
3) أين تحدث الأكسدة؟ .....
4) أين يحدث الاختزال؟ .....
5) في أي اتجاه تنتقل الإلكترونات عبر السلك الموصل؟ .....
6) في أي اتجاه تنتقل الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية؟ .....
7) في أي اتجاه تنتقل الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية؟ .....
8) ما جهد الخلية عند درجة حرارة 25°C وضغط 1atm ؟

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY
alManahj.com/ae

القسم (2) البطاريات

الخلايا الجافة

- **التفاعل الانعكاسي**: التفاعل الذي يمكن أن يحدث في كلا الاتجاهين الأمامي والعكسي.
- **البطارية**: خلية فولتية أو أكثر توجد في عبوة واحدة ينتج عنها تيار كهربائي.
- أكثر خلايا الفولتية شيوعا في الاستخدام هي خلية الخارصين – الكربون الجافة.
- يمثل الأنود في الخلايا الفولتية القطب السالب، ويمثل الكاثود القطب الموجب.

خلايا الخارصين – الكربون الجافة

مادة الأنود	مادة الكاثود	القنطرة الملحية
غلاف الخارصين	ساق الكربون (الجرافيت)	فاصل من مادة مسامية

الإلكتروليت

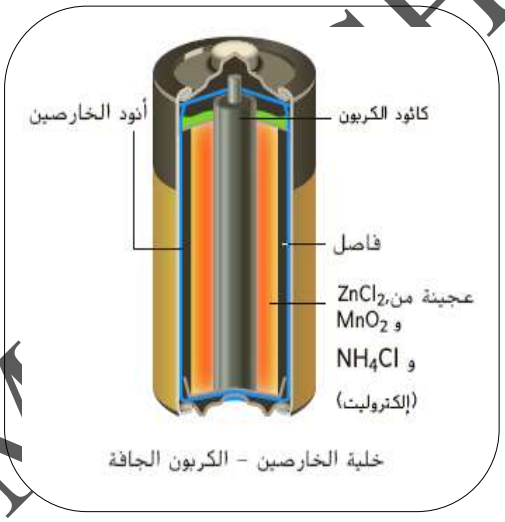
عجينة رطبة من كلوريد الخارصين وأكسيد المنجنيز وكلوريد الأمونيوم والماء داخل عبوة الخارصين

تفاعل الأنود

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

تفاعل الكاثود

$$2NH_4^+{}_{(aq)} + 2MnO_{2(s)} + 2e^- \rightarrow Mn_2O_{3(s)} + 2NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$



خلية الخارصين – الكربون الجافة

- يمثل ساق الكربون في مركز الخلية الجافة ككاثود ولكن يحدث تفاعل الاختزال النصفي للخلية في العجينة.
- ساق الكربون يمثل قطبا غير نشط، لأنه مصنوع من مادة لا تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال.
- يعمل قطب الكربون على توصيل الإلكترونات.
- يعمل الفاصل المصنوع من مادة مسامية ورطبة بسبب السائل الموجود في العجينة كقنطرة ملحية للسماح بنقل الأيونات.
- تنتج الخلية الجافة الخارصين – الكربون 1.5 V
- تنتج الأمونيا عند قطب الكاثود على هيئة غاز، فتنخفض الفولتية (الجهد) إلى مستوى يجعل مستوى البطارية غير مفيدة.

alManaj.com/ae

البطاريات القلوية

مادة الأنود	مادة الكاثود	القنطرة الملحية
مسحوق الخارصين وهيدروكسيد البوتاسيوم	أكسيد المنجنيز IV وهيدروكسيد البوتاسيوم	عازل

تفاعل الأنود

$$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow ZnO_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^-$$

تفاعل الكاثود

$$MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow Mn(OH)_{2(s)} + 2OH^-_{(aq)}$$

- البطارية القلوية هي خلية جافة قلوية أكثر كفاءة من خلية الخارصين – الكربون الجافة.
- يكون الخارصين في الخلية القلوية على شكل مسحوق حتى يوفر مزيدا من مساحة السطح للتفاعل.
- تسمى البطارية القلوية بهذا الاسم لأن الخارصين يخلط مع هيدروكسيد البوتاسيوم مكونا معجونا قلويا قويا.
- يمكن تصنيع البطاريات القلوية بأحجام صغيرة وتستخدم في الأجهزة الصغيرة لأنها لا تحتاج إلى ساق الكربون.

بطاريات الفضة

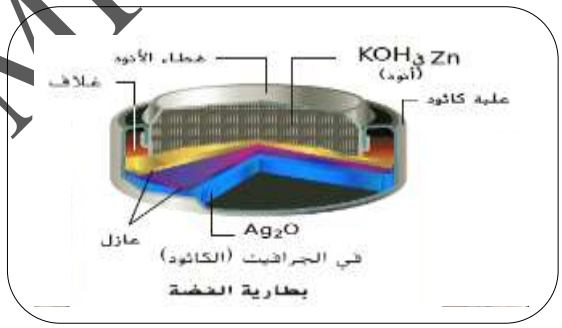
مادة الأنود	مادة الكاثود	القنطرة الملحية
مسحوق الخارصين وهيدروكسيد البوتاسيوم	أكسيد الفضة في الجرافيت	عازل

تفاعل الأنود

$$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow ZnO_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^-$$

تفاعل الكاثود

$$Ag_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2Ag_{(s)} + 2OH^-_{(aq)}$$



- أصغر حجما من خلايا الخارصين – الكربون الجافة والبطاريات القلوية.
- تستخدم في تشغيل سماعات الأذن وساعات اليد والكاميرات.

MR. HESHAM ELTOUKHY
alManahj.com/ae

البطاريات الأولية والثانوية

- **البطاريات الأولية**: بطاريات تنتج طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال التي **لا يمكن** عكسها بسهولة. مثل: خلايا الخارصين – الكربون الجافة والبطاريات القلوية وبطاريات الفضة.
- **البطاريات الثانوية**: بطاريات تنتج طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال التي **يمكن** عكسها بسهولة. مثل: بطارية السيارة وبطاريات الحواسيب المحمولة.

- البطاريات الثانوية قابلة لإعادة الشحن، وتعرف باسم بطاريات التخزين.
- بطاريات التخزين التي تستخدم في تشغيل المثقاب والمفكات الكهربائية وآلات الحلاقة وكاميرات الفيديو الرقمية بطاريات **نيكل – كادميوم** قابلة لإعادة الشحن وتسمى أيضا بطاريات **NiCad** كما في الشكل.
- 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.

مادة الأنود	مادة الكاثود
مسحوق الكادميوم	أكسيد النيكل

تفاعل الأنود

$$Cd_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Cd(OH)_{2(s)} + 2e^-$$

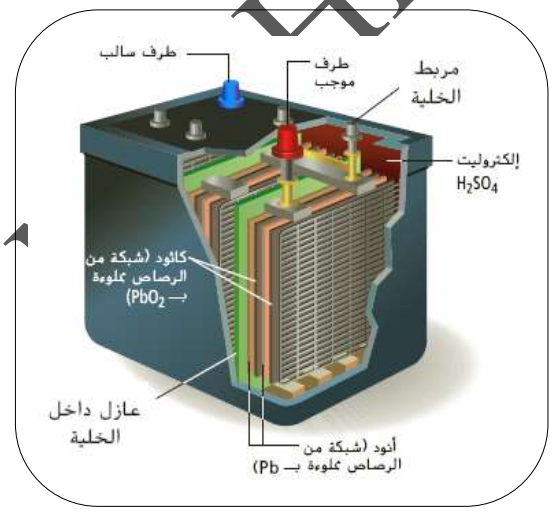
تفاعل الكاثود

$$NiO(OH)_{(s)} + H_2O_{(l)} + e^- \rightarrow Ni(OH)_{2(s)} + OH^-_{(aq)}$$

- تحدث هذه التفاعلات بشكل عكسي عند شحن البطارية.

alManahj.com/ae
HESHAM ELTOUKHY

بطارية التخزين رصاص – حمض



- تستخدم بطارية الرصاص – حمض في السيارات.
- تتكون معظم بطاريات السيارات من 6 خلايا تنتج كل منها حوالي 2V بناتج إجمالي 12V
- **علل**: بطارية التخزين (رصاص–حمض) تعد خيارا جيدا للسيارات؟

جـ:لأنها توفر إمدادا مبدئيا كبيرا من الطاقة لبدء عمل المحرك، ولها فترة صلاحية كبيرة، ويمكن الاعتماد عليها في درجات الحرارة المنخفضة.

- **دورة التفريغ**

مادة الأنود	مادة الكاثود	الإلكتروليت	القنطرة الملحية
شبكتين أو أكثر من الرصاص المسامي	شبكة من الرصاص المملوء بأكسيد الرصاص IV	حمض الكبريتيك	عازل

تفاعل الأنود

$$Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(s)} + 2e^-$$

تفاعل الكاثود

$$PbO_{2(s)} + 4H^+{}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

التفاعل الكلي

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+{}_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

- ينتج كبريتات الرصاص II $PbSO_4$ في كل من تفاعل الأكسدة والاختزال.
- المواد $PbSO_4$, PbO_2 , Pb تبقى في مكانها حيث تشكلت لأنها مواد صلبة، وتتوفر سواء كانت البطارية في حالة تفريغ أو حالة شحن.
- يسمى هذه النوع من البطاريات باسم بطارية الرصاص – أكسيد الرصاص IV
- يستخدم المصطلح الرصاص – الحمض لأن إلكتروليت البطارية هو محلول حمض الكبريتيك.
- بطارية الرصاص – الحمض ليست خلية جافة.

دورة	أقطاب Pb	أقطاب PbO_2	H_2SO_4	$PbSO_4$
التفريغ	متفاعلات (أنود) (–)	متفاعلات(كاثود) (+)	متفاعلات (يقل)	نواتج
الشحن	نواتج (كاثود) (–)	نواتج (أنود) (+)	نواتج (يزداد)	متفاعلات

- يتم استهلاك حمض H_2SO_4 في دورة التفريغ ويعاد انتاجه في دورة الشحن .
- يتم استنفاذ حمض الكبريتيك ويصبح الإلكتروليت أقل كثافة، حين تكون البطارية قيد الاستخدام.
- يمكن أن تسبب مستويات الإلكتروليت المنخفضة في نفاذ البطارية، تقوم أسلاك التوصيل بتوصيل التيار من سيارة بها بطارية جيدة لبدء تشغيل سيارة ببطارية مستنفذة.
- يفرغ شحن بطارية الرصاص – الحمض في السيارات حين تبدأتشغيل السيارة ويتم شحنها حين يدور المحرك.
- تنعكس الأقطاب والتفاعلات لدورة التفريغ عند حدوث دورة الشحن.

MR. HESHAM ELTOUKHY
alManahj.com/ae

بطاريات الليثيوم

- **السعة:** كلمة لاتينية تعني يحتوي على أو يمكنه أن يحمل مقدارا كبيرا.
- لا تصلح بطاريات الرصاص – حمض لتشغيل الأجهزة بدءا من ساعات اليد وحتى السيارات الكهربائية.
- لا يصلح استخدام بطاريات الرصاص – حمض كل الأجهزة، لأنها ثقيلة للغاية ولا تنتج مقدارا كبيرا من الطاقة.
- بطاريات الليثيوم خفيفة الوزن وتعمل على تخزين كمية كبيرة من الطاقة تناسب حجمها.
- علل: ركز المهندسون على عنصر الليثيوم في صناعة بطاريات التخزين الحديثة؟

ج: 1) الليثيوم أخف الفلزات المعروفة.

2) الليثيوم له أقل جهد اختزال قياسي بين الفلزات (–3.04 V)

- البطارية التي يتأكسد فيها الليثيوم عند الأنود يمكنها أن تنتج تقريبا 2.3 V أكثر من أي بطارية أخرى مشابهة لها يتم فيها أكسدة الخارصين.
- قارن بين تأكسد الخارصين وتأكسد الليثيوم في التفاعلات النصفية وجهد اختزالهما القياسي.

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{Zn^{2+}|Zn} = -0.762\ V$$

$$Li_{(s)} \rightarrow Li^{+}_{(aq)} + e^- \qquad E^\circ_{Li^{+}|Li} = -3.04\ V$$

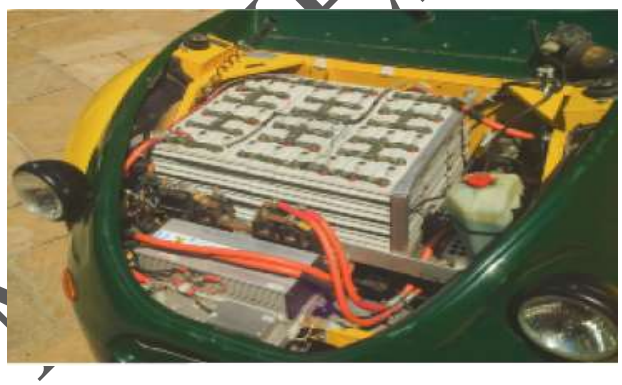
$$E^\circ_{Zn^{2+}|Zn} - E^\circ_{Li^{+}|Li} = +2.28\ V$$

allManahj.com/ae

- بطاريات الليثيوم قد تكون أولية أو ثانوية، بناء على أي تفاعلات الاختزال التي تقترن بأكسدة الليثيوم.
- تنتج بطاريات الخارصين – الكربون الجافة تيار كهربائي بجهد 1.5 V
- تنتج بطاريات الليثيوم (التي تستخدم نفس تفاعل الكاثود في خلايا الخارصين – الكربون الجافة) وهو اختزال أكسيد المنجنيز MnO_2 IV إلى أكسيد المنجنيز Mn_2O_3 III الجافة تيار كهربائي بجهد 3V
- علل: تستخدم بطاريات الليثيوم في ساعات اليد والحواسيب والكاميرات للحفاظ على الزمن والتاريخ والذاكرة؟

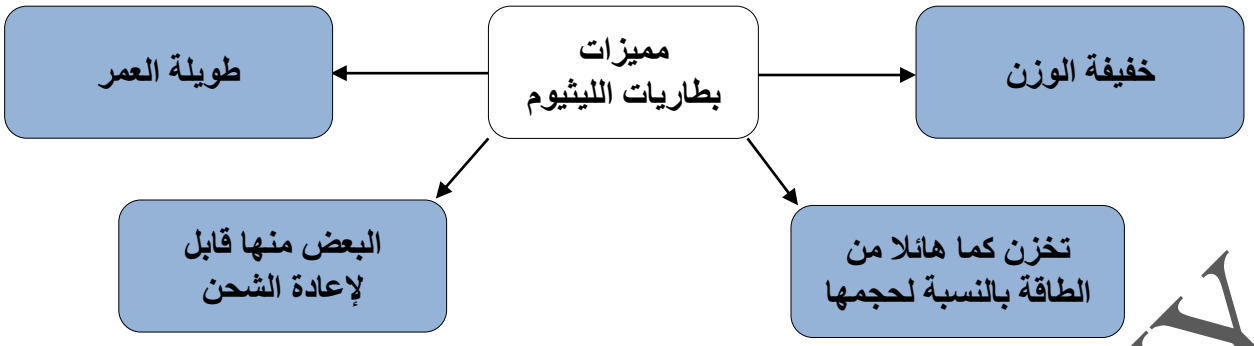
ج: لأن بطاريات الليثيوم تدوم لفترة أطول من أنواع البطاريات الأخرى.

توفر بطاريات الليثيوم هذه 3V أو 9V
وتأتي في عدة أحجام لتناسب الأجهزة المختلفة



توفر بطارية الليثيوم لهذه السيارة التجريبية
سرعة 113 km/h وتسير مسافة 320 km

MR. HESHAM ELTOUKHY



خلايا الوقود

- ينفجر الهيدروجين بقوة كبيرة عند احتراقه في الهواءوينتج عنه ضوء وحرارة.

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + \text{طاقة}$$

الربط بعلم الفيزياء

- خلية الوقود خلية فولتية، يستخدم فيها تأكسد الوقود لإنتاج طاقة كهربائية.
- تختلف خلايا الوقود عن البطاريات الأخرى لأنها تزود بالوقود باستمرار من مصدر خارجي.
- صنعت أول خلية وقود عام 1839 على يد العالم (ويليام جروف) وسميت خليته بطارية الغاز.
- تم تصنيع خلايا وقود عملية تتمتع بالكفاءة في خمسينيات القرن الماضي.
- تستخدم خلية الوقود الهيدروجيني في برامج الفضاء، لأنها توفر إمدادات من الماء، ومصدر كهرباء لتشغيل أنظمة المكوك.
- توفر خلية الوقود الهيدروجيني الماء والكهرباء ولا ينتج عنها نواتج ثانوية للتخلص منها خلال الرحلة إلى الفضاء.

alManahj.com/ae

- تستخدم حافلات تجريبية تعمل بخلايا الوقود في بعض المدن الأوروبية.
- العادم الذي ينبعث منها لا يحتوي على ثاني أكسيد الكربون ولا أكاسيد النيتروجين أو الكبريت، بل ينتج عنها الماء النقي فقط.

- علل: لا تنفذ خلايا الوقود كالبطاريات بل تستمر في إنتاج الكهرباء؟

ج: لأن وقود الخلية يأتي من مصدر خارجي، وتظل مستمرة طالما كان الوقود متاحا.

- لن تصبح خلايا الوقود مستنفذة أبدا طالما يتم تزويدها بمصدر ثابت للوقود.

- بعض خلايا الوقود تستخدم غاز الميثان بدلا من الهيدروجين، إلا أنه يؤدي إلى إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون كغاز عادم.

مادة الأنود
غرفة خالية جدرانها من الكربون المسامي

مادة الكاثود
غرفة خالية جدرانها من الكربون المسامي

الإلكتروليت
محلول قلوي من هيدروكسيد البوتاسيوم

تفاعل الأنود

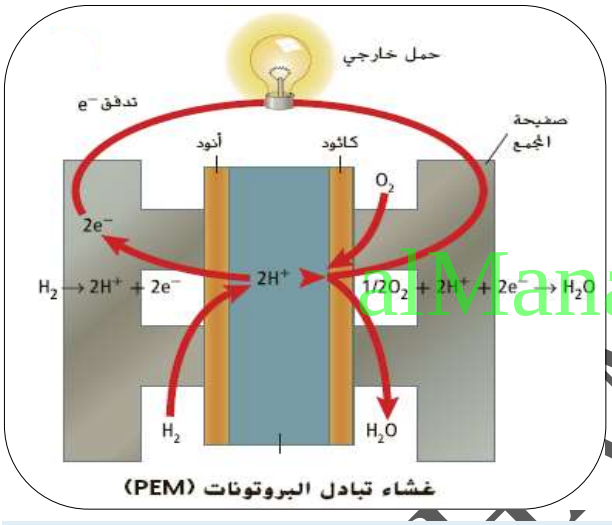
$$2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 4H_2O_{(l)} + 4e^-$$

تفاعل الكاثود

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

التفاعل الكلي

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



غشاء تبادل البروتونات (PEM)

- تستخدم صفائح بلاستيكية تسمى غشاء تبادل البروتونات (PEM) بدلا من الإلكتروليت السائل في بعض خلايا الوقود كما في الشكل المقابل.
- يمكن لمجموعة من خلايا الوقود التي تحتوي على غشاء تبادل البروتونات إنتاج طاقة كافية لتشغيل سيارة كهربائية.

MR. HESHAM ELTOUKHY
alManahj.com/ae

مختبر تحليل البيانات

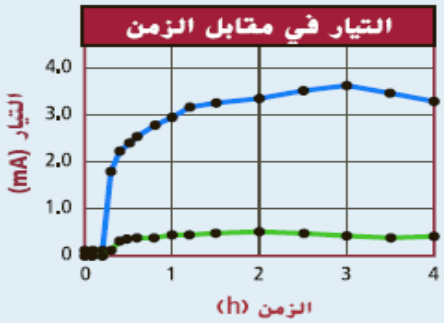
استنادًا إلى بيانات حقيقية*

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؟

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

التآكل

- هو خسارة الفلز الناتج عن تفاعل أكسدة واختزال بين الفلز وبعض المواد في البيئة.
- شروط الصدأ: الحديد، الماء والأكسجين.
- علل: يصدأ جزء الحديد الملامس للأرض الرطبة أولا؟

جـ: لتوفر الحديد والماء والأكسجين.

مادة الأنود	مادة الكاثود	القنطرة الملحية
الحديد	حافة قطرة الماء حيث يتلامس الماء والحديد والهواء	الماء

تفاعل الأنود

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

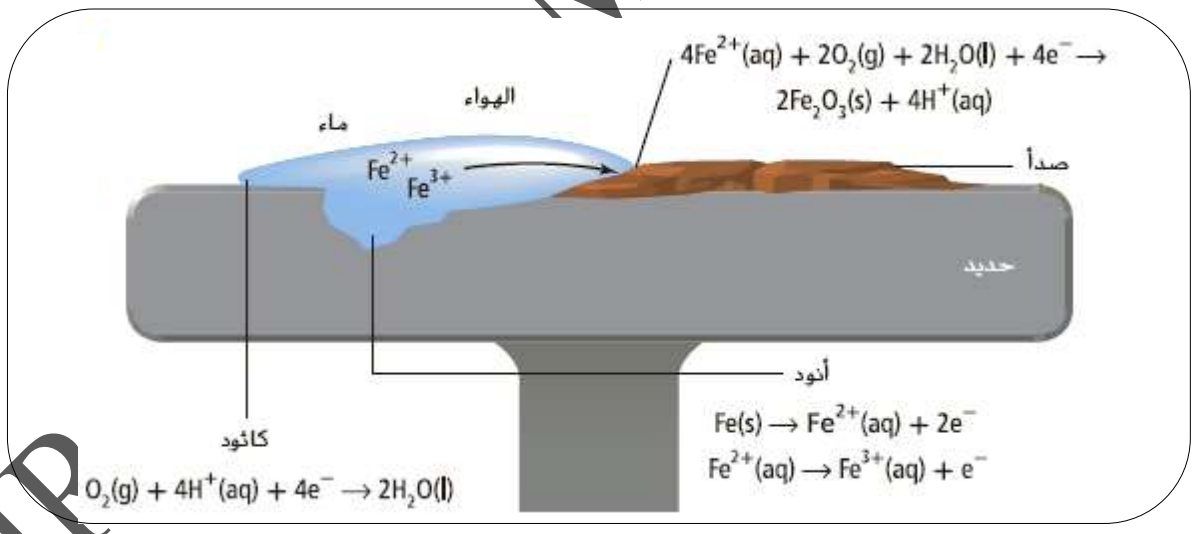
$$4Fe^{2+}_{(aq)} + 2O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 4H^+_{(aq)}$$

تفاعل الكاثود

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

التفاعل الكلي

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



- تنتقل الإلكترونات عبر الحديد من منطقة الأنود إلى منطقة الكاثود.
- يتم توفير أيونات H^+ من حمض الكربونيك الناتج عن ذوبان غاز CO_2 من الهواء في الماء.
- يحدث أكسدة لذرات الحديد (عند الأنود) على مرحلتين، الأولى ينتج عنها Fe^{2+} والثانية ينتج عنها Fe^{3+} عن طريق التفاعل مع الأكسجين الذائب في الماء.
- تتحد أيونات Fe^{3+} مع الأكسجين لتكوين صدأ Fe_2O_3 غير قابل للذوبان في الماء.

MP MEL TOUKHY
alManahj.com/ae

- **علل: التآكل عملية بطيئة؟**

جـ: لأن قطرات الماء تحتوي على أيونات قليلة، لذلك لا تعتبر إلكتروليتات جيدة.

- **إذا احتوى الماء على أيونات وفيرة – كما في ماء البحر أو المناطق التي ترش فيها الطرقات بالملح شتاء – يحدث التآكل بشكل أسرع، لأن هذه المحاليل إلكتروليتات جيدة.**

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.

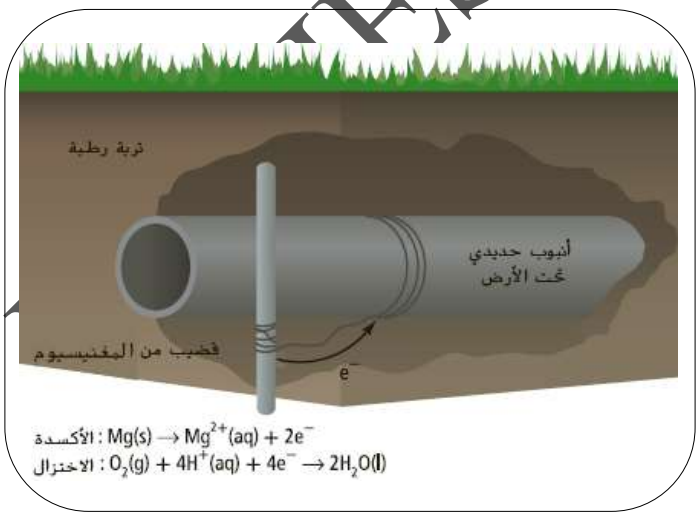
التحليل

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

alManahj.com/ae

منع التآكل

- **يتعرض الهيكل الفولاذي للسفن وأنابيب الحديد تحت الأرض للصدأ.**
- **يمكن حماية الهيكل الفولاذي للسفينة من الصدأ، بوضع كتل من الماغنسيوم والألومنيوم والتيتانيوم بشكل يلامس الهيكل، تتأكسد هذه الكتل بسهولة أكثر من الحديد وتصبح قطبا لخلية التآكل، وتسمى أنود متآكل لأنها تصدأ بينما يتم الحفاظ على الحديد في هيكل السفينة.**
- **يمكن حماية أنابيب الحديد تحت الأرض من الصدأ بربط قضبان الماغنسيوم بالأنبوب عن طريق أسلاك فتصدأ تلك القضبان بدلا من الأنبوب كما في الشكل.**



- **يتأكسد الماغنسيوم بدلا من الحديد ويكون الماغنسيوم هو الأنود المتآكل.**
- **يمكن استخدام الفلزات النشطة لمنع التآكل.**
- **من أشهر الفلزات التي لا تصلح لمنع التآكل:**

(Au , Pt , Ag , Hg , Cu)

- **الجلفنة: تغطية الحديد بالخارصين لمنع الحديد من الصدأ.**
- **يتم غمر الحديد في مصهور الخارصين، أو طلاء الحديد بالخارصين كهربائيا.**
- **علل: يتأكسد الخارصين بصورة أكثر سهولة من الحديد؟**

ج: لأن الخارصين أكثر نشاطا من الحديد، وجهد اختزال الخارصين أقل من جهد اختزال الحديد.

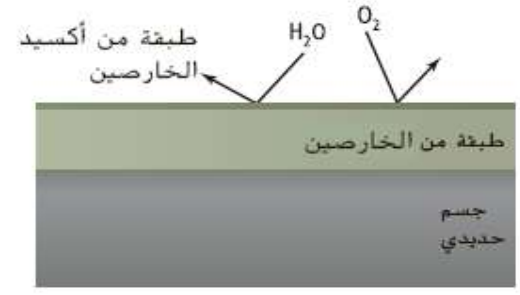
- **تتميز الفلزات (الخارصين والألومنيوم والكروم) بأنها تحمي نفسها، فعند تعرضها للهواء يتأكسد سطحها مكونا طبقة رقيقة من أكسيد الفلز تمنع مزيدا من التآكسد للفلز.**
- **علل: يستخدم الخارصين لمنع الحديد من الصدأ؟**

ج: لأن الخارصين يتأكسد بسهولة عن الحديد، وعند تعرض الخارصين للتأكسد تتكون طبقة رقيقة من أكسيد الخارصين تمنع مزيدا من التآكسد للخارصين.

تحمي الجلفنة الحديد بطريقتين

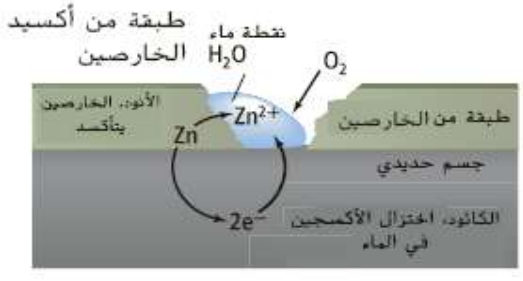
طالما بقيت طبقة الخارصين سليمة لن يصل الماء أو الأكسجين إلى سطح الفلز

عند تشقق طبقة الخارصين يحمي الخارصين الحديد من التآكل السريع ويصبح الخارصين أنود الخلية الفولتية حين يلامس الماء والأكسجين الحديد والخارصين في نفس الوقت



جسم مجلفن عليه طبقة من الخارصين

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



جسم مجلفن عليه طبقة متشققة من الخارصين

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

alManahj.com/ae
MR. HESHAM ELTOUKHY

تدريبات القسم (2)

1) اكتب المصطلح العلمي المناسب:

1) (.....) التفاعل الذي يمكن أن يحدث في كلا الاتجاهين الأمامي والعكسي.
2) (.....) خلية فولتية أو أكثر توجد في عبوة واحدة ينتج عنها تيار كهربائي.
3) (.....) بطاريات تنتج طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال التي لا يمكن عكسها بسهولة.
4) (.....) بطاريات تنتج طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال التي يمكن عكسها بسهولة.
5) (.....) كلمة لاتينية تعني يحتوي على أو يمكنه أن يحمل مقدارا كبيرا.
6) (.....) خسارة الفلز الناتج عن تفاعل أكسدة واختزال بين الفلز وبعض المواد في البيئة.
7) (.....) تغطية الحديد بالخارصين لمنع الحديد من الصدأ.

2) ما الذي يتأكسد وما الذي يختزل في بطارية الخلية الجافة الخارصين – الكربون، ما السمات التي تجعل الخلية الجافة القلوية أفضل من أنواع البطاريات الأقدم؟

.....
.....

alManahj.com/ae

3) اشرح ماذا يحدث حين يتم إعادة شحن البطارية.

.....
.....

4) صف التفاعلات النصفية التي تحدث في خلية ذات وقود هيدروجيني واكتب معادلة التفاعل الكلي.

.....
.....

5) صف وظيفة الأنود المتآكل، كيف تتشابه وظيفة الأنود المتآكل مع الجلفنة؟

.....
.....

6) اشرح سبب اعتبار الليثيوم خيارا جيدا كأنود للبطارية.

.....
.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

7) احسب مستخدما جدول جهود الاختزال القياسي، جهد خلية وقود هيدروجين – أكسجين.

.....

.....

8) استعن بمعترفتك بالأحماض والقواعد لابتكار طريقة تحدد بها ما إذا كانت بطارية الرصاص – حمض توفر شحنا كاملا أو بدأت تفرغ.

.....

.....

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

.....

.....

10) ما وجه الاختلاف بين البطاريات الأولية والثانوية؟

.....

.....

11) ما المادة التي يتم اختزالها في بطارية تخزين الرصاص الحمضي؟ ما المادة التي تتأكسد؟ ما المواد التي تنتج عن كل تفاعل؟

.....

.....

12) يختزل Fe^{3+} عند كاثود خلية للوقود الحيوي في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد III $K_3[Fe(CN)_6]$ إلى Fe^{2+} في بوتاسيوم سداسي سيانيد الحديد II $K_4[Fe(CN)_6]$ ويتأكسد عند الأنود نيكوتين أميد الأدنين ثنائي النوكليوتيد NAD^+ استخدم جهود الاختزال القياسية التالية لتحديد جهد الخلية.

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

$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$ $\quad E^\circ = +0.360\ V$

.....

.....

13) اذكر اختلافين بين خلية الوقود والبطارية العادية.

.....

.....

alManahj.com/ae
MR.HESHAM ELTOUKHY

14) ما الجلفنة؟ كيف تحمي عملية الجلفنة الحديد من التآكل؟

.....

.....

15) فسر سبب عدم إنتاج بطارية تخزين الرصاص الحمضية تيار عندما يكون مستوى H_2SO_4 منخفضا.

.....

.....

16) الصوف الفولاذي عبارة عن مجموعة من الخيوط المصنوعة من الفولاذ (سبيكة من الحديد والكربون)
ما الطريقة المثلى لتخزين الصوف الفولاذي؟

●التخزين في الماء. ●التخزين في الهواء الطلق. ●التخزين مع عامل مجفف.

17) التفاعلات النصفية لبطارية الرصاص الحمضية هي:

$$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)} \quad E^\circ = +1.685\ V$$

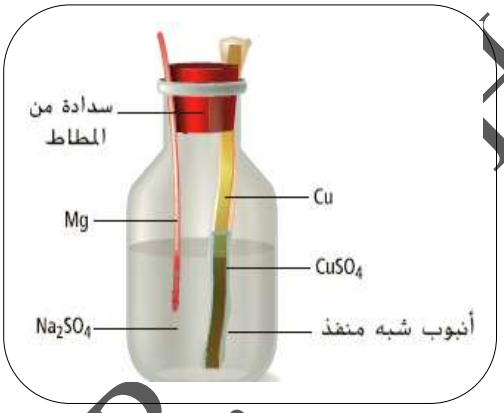
$$PbSO_{4(s)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \quad E^\circ = -0.3588\ V$$

ما الجهد القياسي للخلية الواحدة في بطارية السيارة؟

.....

.....

18) يعمل التركيب في الشكل المقابل كبطارية.



a. حدد التفاعل الذي يحدث عند شريط النحاس.

.....

b. حدد التفاعل الذي يحدث عند شريط الماغنسيوم.

.....

c. حدد الأنود. .....

d. حدد الكاثود. .....

e. احسب الجهد القياسي للخلية في هذه البطارية.

.....

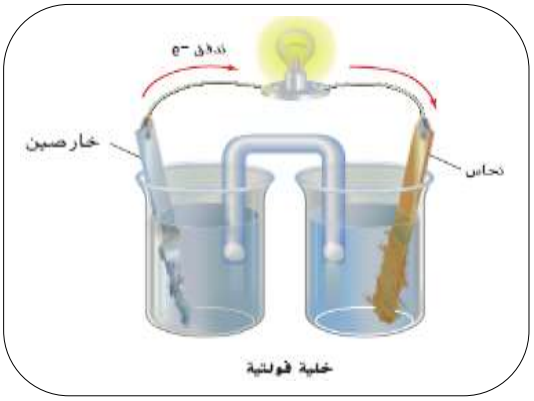
19) صمم بطارية تستخدم فيها خلية تحتوي على Sn و Sn^{2+} والنصف الآخر للخلية يحتوي على Cu و Cu^{2+} قطب النحاس هو الكاثود وقطب القصدير هو الأنود. ارسم البطارية واكتب التفاعلين النصفيين اللذين يحدثان في كل نصف من الخلية. ما الحد الأقصى للجهد الذي يمكن أن تولده هذه البطارية؟ (استعن بجهود الاختزال)

.....

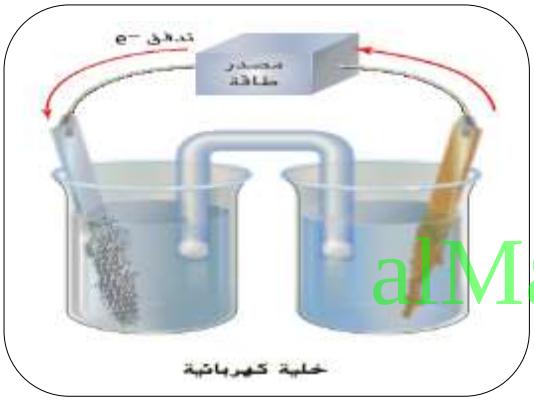
MR. HAMEL TOUKHY
alManahj.com/ae

القسم (3) التحليل الكهربائي

التحليل الكهربائي



- تتدفق الإلكترونات في الخلية الفولتية من قطب الأنود إلى قطب الكاثود.
- الخلية الموضحة في الشكل الأول، تتدفق الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب النحاس عبر السلك الخارجي.
- يستمر التفاعل حتى يستهلك قطب الخارصين ثم يتوقف التفاعل.



- يمكن تجديد الخلية عند تزويدها بتيار في الاتجاه المعاكس باستخدام مصدر طاقة (جهد) خارجي، وهو مطلوب لأن لأن التفاعل العكسي غير تلقائي كما يظهر في الشكل الثاني.
- عند تزويد الخلية بطاقة كهربائية خارجية فترة زمنية كافية سوف تعود الخلية إلى قوتها الأصلية تقريبا.
- يمكن ملاحظة كيف تتغير كتلة كل من قطب الخارصين والنحاس عند توصيل الخلية بمصدر طاقة خارجي.

- **التحليل الكهربائي**: استخدام الطاقة الكهربائية للحصول على تفاعل كيميائي.
- **خلية التحليل الكيميائي**: الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي.
- إعادة شحن بطارية ثانوية تعمل كخلية تحليل كهربائي.

- يمكن استخدام التحليل الكهربائي للماء لإنتاج غاز الأكسجين وغاز الهيدروجين حسب المعادلة:

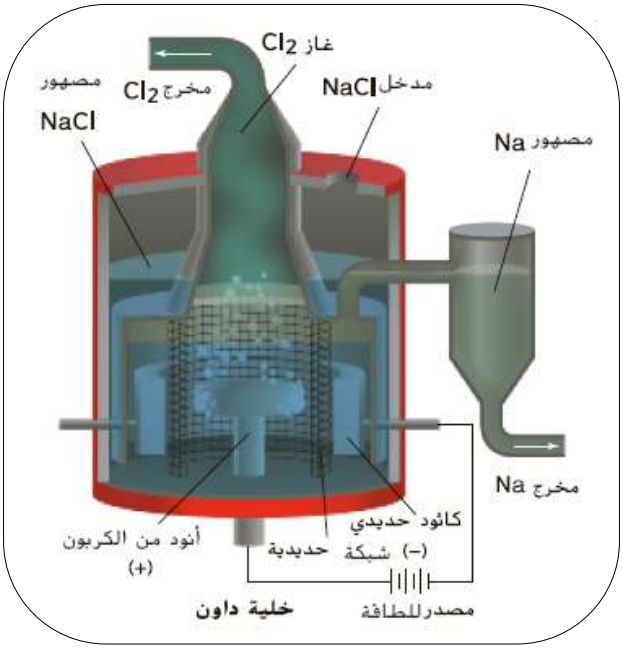
$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

- التفاعل الخاص بالتحليل الكهربائي للماء هو عكس التفاعل الخاص بخلية الوقود:

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

MR. HESHAM EL TOUKHY
alManahj.com/ae

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم



- يمكن تحليل مصهور كلوريد الصوديوم إلى فلز الصوديوم وغاز الكلور في خلية تسمى (خلية داون).
- المركبات الأيونية توصل التيار عندما تكون بشكل محلول أو مصهور لذلك يكون NaCl بشكل مصهور في خلية داون لأنه يمثل الإلكتروليت وتكون الأيونات حرة الحركة.
- تستخدم الإلكترونات التي يوفرها المصدر الكهربائي لاختزال أيونات الصوديوم عند الكاثود، ومع فقد الإلكترونات من الأنود تتأكسد أيونات الكلوريد عند الأنود لتتحول إلى غاز الكلور.

مادة الأنود	مادة الكاثود	الإلكتروليت
الكربون	الحديد	مصهور كلوريد الصوديوم

تفاعل الأنود

$$2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$$

تفاعل الكاثود

$$Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}$$

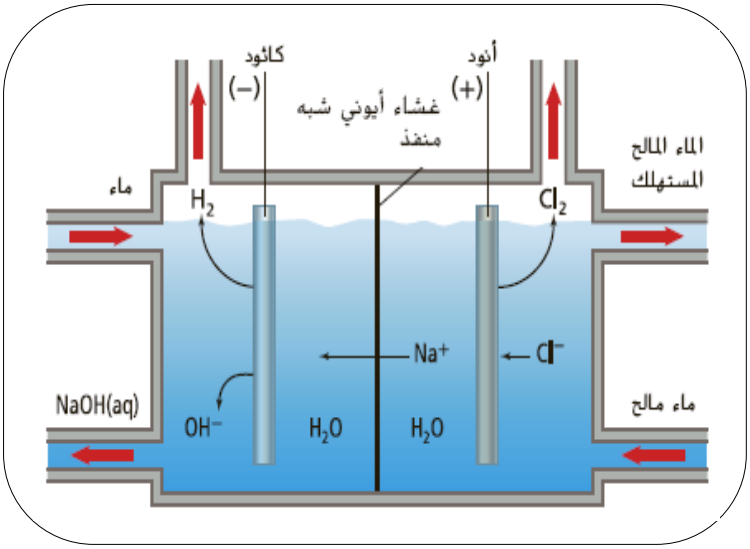
التفاعل الكلي

$$2Na^+_{(l)} + 2Cl^-_{(l)} \rightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$$

- يستخدم الكلور لتنقية المياه من أجل الشرب والسباحة، وصناعة المنظفات المنزلية مثل المبيض المنزلي، وصناعة البلاستيك ومبيدات الحشرات والأنسجة والأصباغ والدهانات.
- يستخدم الصوديوم في صورته النقية كمبرد في التفاعلات النووية، وفي مصابيح بخار الصوديوم الخارجية.
- يستخدم الصوديوم في مركباته الأيونية في إنتاج العديد من الأملاح المستخدمة في الأطعمة.

MR. HESHAM EL TOUKHY
alManahj.com/ae

التحليل الكهربائي للمحلول الملحي



- خلية تحليل المحلول الملحي (أو ماء البحر) هي خلية تحليل كهربائي نموذجية.
- من الممكن حدوث تفاعلين عند الكاثود، اختزال أيونات الصوديوم أو اختزال الهيدروجين:

$$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$$

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$$

إلا أن اختزال أيونات الصوديوم Na^+ لا يحدث لأن الماء أسهل في اختزاله وجهد اختزال الهيدروجين أكبر من جهد اختزال الصوديوم.

- من الممكن حدوث تفاعلين عند الأنود، تأكسد أيونات الكلوريد أو تأكسد الأكسجين في جزيئات الماء:

$$2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^- \quad \text{أو} \quad 2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

يتم الحفاظ على تركيز أيونات الكلوريد Cl^- عاليا لأن الناتج المرغوب فيه هو غاز الكلور Cl_2 لتفضيل هذا التفاعل النصفي، فيحدث أكسدة لأيونات الكلوريد Cl^-

تفاعل الأنود

$$2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$$

تفاعل الكاثود

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$$

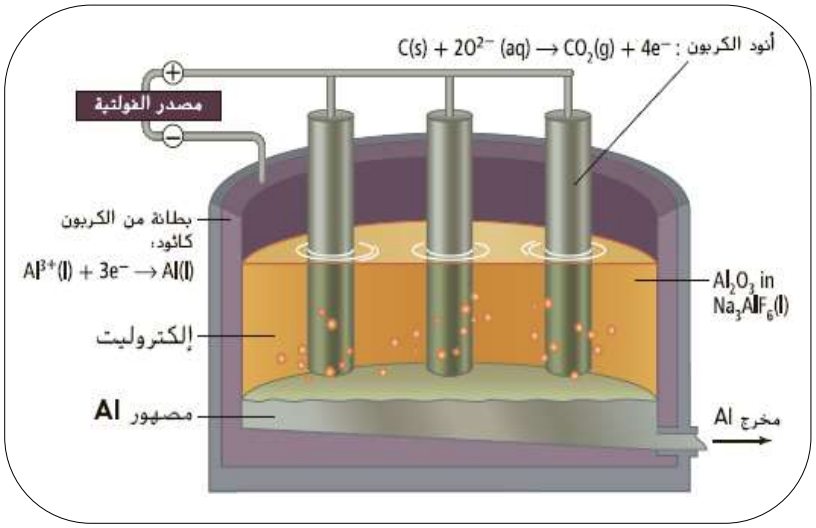
التفاعل الكلي

$$2H_2O_{(l)} + 2NaCl_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + Cl_{2(g)} + 2NaOH_{(aq)}$$

- يعمل الغشاء الأيوني شبه المنفذ عمل القنطرة الملحية.
- المواد الناتجة من التفاعل الكلي (غاز H_2 وغاز Cl_2 ومحلول NaOH) هي مواد تجارية هامة.
- يستخدم غاز الكلور في صناعة منتجات بولي كلوريد الفينيل مثل أنابيب المياه في الشكل المقابل.

alManahj.com/ae
M. HESHAM ELTOUKHY

إنتاج الألومنيوم



- تسمى خلية إنتاج الألومنيوم خلية هول – هيرولت.
- يتم الحصول على فلز الألومنيوم عن طريق التحليل الكهربائي لأكسيد الألومنيوم الذي يتم استخلاصه من خام البوكسيت $(Al_2O_3 . 2H_2O)$
- يذوب أكسيد الألومنيوم عند 1000°C في مصهور الكريوليت Na_3AlF_6

مادة الأنود	مادة الكاثود	الإلكتروليت
قضبان الجرافيت (كربون)	بطانة الجرافيت (كربون)	مصهور البوكسيت فى الكريوليت

تفاعل الأنود

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

تفاعل الكاثود

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

alManahj.com/ae

- يستقر الألومنيوم المنصهر الناتج عن تفاعل الاختزال في قاع الخلية، ويتم سحبه بصفة دورية.
- يتفاعل الأكسجين الناتج عن تفاعل الأكسدة مع أقطاب الجرافيت (الأنود) مكونا غاز ثاني أكسيد الكربون فتتآكل أقطاب الجرافيت ويجب تبديلها باستمرار. $(C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)})$
- تستخدم كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية في خلية هول – هيرولت وبالتالي يتم إنتاج الألومنيوم في مصانع تبنى بالقرب من محطات طاقة كهربائية ضخمة لتقليل تكلفة الطاقة الكهربائية.
- تستهلك الكمية الأكبر من الطاقة الكهربائية لاستخلاص الألومنيوم من الخام.
- الألومنيوم المعاد تدويره لا يستهلك كمية كبيرة من الطاقة لأنه خضع للتحليل الكهربائي، ويتطلب طاقة كهربائية لصهره فقط في الفرن.
- يتم وضع الألومنيوم المعاد تدويره إلى الخلية مع الألومنيوم الجديد لتساعد على خفض درجة الانصهار.

MR. HESHAM ELTOUKHY

تنقية الخامات

- يستخدم التحليل الكهربائي في تنقية الفلزات.
- يتواجد النحاس بشكل خامات مثل: الكالكوبايرايت $CuFeS_2$ والكالكوسيت Cu_2S والمالاكيت $Cu_2CO_3(OH)_2$
- الكبريتيدات Cu_2S أكثر وفرة وتنتج فلز النحاس عند تسخينها بقوة في وجود الأكسجين:

$$Cu_2S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cu_{(l)} + SO_{2(g)}$$

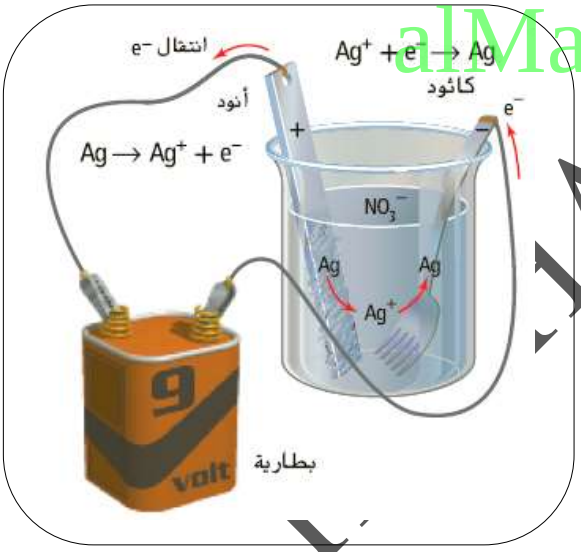
- يجب تنقية الفلز الناتج عن هذه العملية لأنه يحتوي على شوائب، لذا يتم صب النحاس المصهور في قوالب سميكة.

مادة الأنود	مادة الكاثود
محلول كبريتات النحاس II	صفيحة رقيقة من النحاس النقى

- تتأكسد ذرات النحاس في الأنود غير النقي إلى أيونات نحاس II
- تنتقل أيونات النحاس II عبر المحلول لتصل إلى الكاثود حيث يتم إختزالها إلى ذرات نحاس.
- تصبح هذه الذرات جزءا من الكاثود وتسقط الشوائب إلى قاع الخلية.

alManahj.com/ae

الطلاء بالكهرباء



- يتم الطلاء بفلز منخفض النشاط مثل (Cu,Ag,Pt,Au)
- الأنود: المادة المراد الطلاء بها وتوصل بالقطب الموجب للبطارية
- الكاثود: المادة المراد طلاؤها وتوصل بالقطب السالب للبطارية.
- الإلكتروليت: محلول ملحي للمادة المراد الطلاء بها.
- لطلاء جسم بالفضة يكون:

مادة الأنود	مادة الكاثود
قضيب الفضة	الجسم المراد طلاؤه

تفاعل الأنود	تفاعل الكاثود	الإلكتروليت
$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	محلول ملحي للفضة ($AgNO_3$)

- يتم نقل ذرات الفضة من الأنود إلى الكاثود.
- يتآكل قطب الفضة و يطلى الجسم بطبقة من الفضة.
- يتم طلاء بعض السيارات كهربائيا بالنيكل ثم بالكروم لتصبح أكثر مقاومة للصدأ.

MR. HESHAM ELTOUKHY

م	الخلايا الفولتية	الخلايا الإلكتروليتية (التحليلية)
1	تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية	تتحول الطاقة من كهربائية إلى كيميائية
2	لا يوجد مصدر خارجي للتيار الكهربائي	يوجد مصدر خارجي للتيار الكهربائي
3	التفاعلات تلقائية	التفاعلات غير تلقائية
4	قيمة E° للخلية موجبة	قيمة E° للخلية سالبة
5	الأنود يحدث عنده الأكسدة وهو القطب السالب	الأنود يحدث عنده الأكسدة وهو القطب الموجب
6	الكاثود يحدث عنده الاختزال وهو القطب الموجب	الكاثود يحدث عنده الاختزال وهو القطب السالب
7	تتحرك الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود عبر السلك	
8	الأمثلة : خلايا الخارصين – الكربون الجافة، البطاريات القلوية، بطاريات الفضة، بطاريات NiCAD ، بطاريات الليثيوم، خلايا الوقود، بطارية التخزين رصاص – حمض (التفريغ)، التآكل.	الأمثلة : خلية تحليل مصهور NaCl، خلية تحليل محلول NaCl، تنقية الخامات، خلية إنتاج الألومنيوم، الطلاء بالكهرباء، بطارية التخزين رصاص – حمض (الشحن).

alManahj.com/ae

تدريبات القسم (3)

1) اكتب المصطلح العلمي المناسب:

(1) (.....) استخدام الطاقة الكهربائية للحصول على تفاعل كيميائي.

(2) (.....) الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي.

(3) (.....) خلية تستخدم لتحليل مصهور كلوريد الصوديوم إلى فلز الصوديوم وغاز الكلور.

(4) (.....) خلية تستخدم للحصول على فلز الألومنيوم عن طريق التحليل الكهربائي لأكسيد الألومنيوم.

2) عرف التحليل الكهربائي واربط التعريف بتلقائية تفاعلات الأكسدة والاختزال.

.....

.....

3) فسر سبب اختلاف نواتج التحليل الكهربائي لكل من محلول كلوريد الصوديوم (الملحي) ومصهور كلوريد الصوديوم

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

4) صف كيف يتم تنقية النحاس غير النقي الذي تم الحصول عليه من صهر الخام عن طريق التحليل الكهربائي.

.....

.....

5) فسر بالإشارة إلى عملية هول – هيرولت سبب أهمية إعادة تدوير الألومنيوم.

.....

.....

6) صف الأنود والكاثود بخلية تحليل كهربائي يتم فيها طلاء جسم ما بالذهب.

.....

.....

7) فسر لماذا إنتاج كيلوجرام واحد من الفضة من أيوناتها عن طريق التحليل الكهربائي يحتاج إلى طاقة كهربائية قليلة جدا مقارنة مع الطاقة المطلوبة لإنتاج كيلوجرام واحد من الألومنيوم من أيوناته.

(Al = 27g/mol , Ag = 108 g/mol , $E^{\circ}_{Al} = -1.662$ V , $E^{\circ}_{Ag} = +0.7996$ V)

.....

.....

.....

alManahj.com/ae

8) استخدم جدول جهود الاختزال القياسية لحساب جهد خلية داون. هل سيكون جهد الخلية موجبا أم سالبا؟

.....

.....

9) كيف يمكن عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي للخلية الفولتية؟

.....

.....

10) أين تحدث الأكسدة في التحليل الكهربائي؟

.....

.....

11) ما التفاعل الذي يحدث عند الكاثود وعند الأنود في خلية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم؟

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

12) فسر سبب استعمال التحليل الكهربائي للمحلول الملحي على نطاق واسع في عدة مواقع حول العالم.

.....

.....

13) فسر كيفية محافظة عملية إعادة تدوير الألومنيوم على الطاقة.

.....

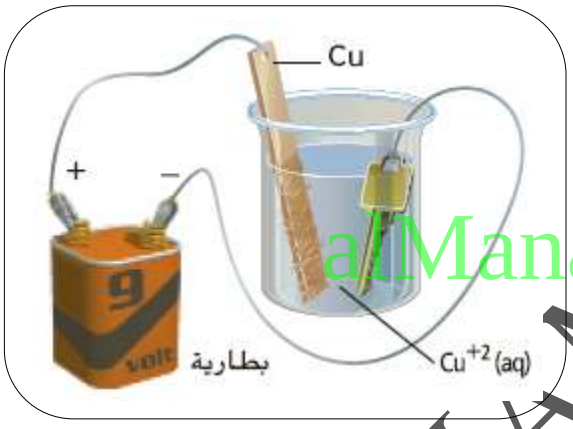
.....

14) صف ما يحدث عند الأنود والكاثود عند التحليل الكهربائي لـ $KI_{(aq)}$

.....

.....

15) يوضح الشكل المقابل صورة مفتاح يتم طلاؤه كهربائيا بالنحاس في خلية تحليل كهربائي. أين تحدث الأكسدة؟ فسر إجابتك.



.....

.....

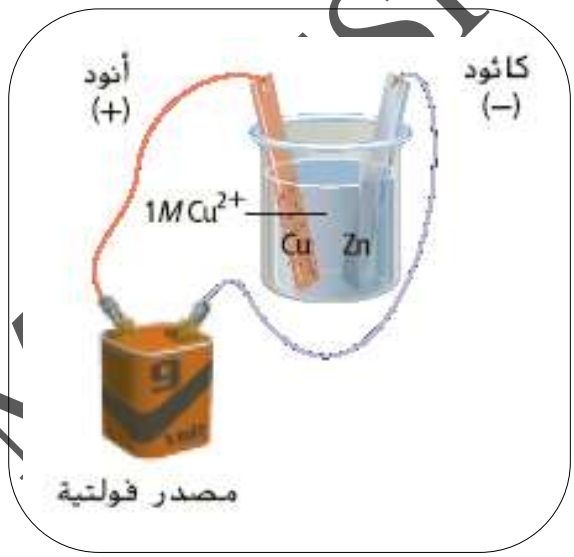
.....

.....

.....

16) أجب عن الأسئلة التالية بالاعتماد على الشكل المقابل:

1) ما القطب الذي تزداد كتلته؟ اكتب التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.



.....

.....

2) ما القطب الذي تقل كتلته؟ اكتب التفاعل الذي يحدث عند هذا القطب.

.....

.....

3) وضح ما يحدث لأيونات النحاس في المحلول.

.....

alManahj.com/ae
HESHAM ELTOUKHY

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. $Be^{2+} \mid Be$ c. $Au^{+} \mid Au$

b. $S \mid S^{2-}$ 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.

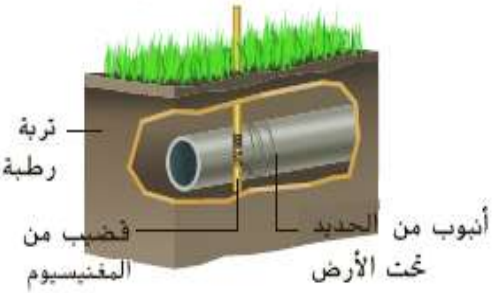
a. ما التفاعل الذي يحدث عند الأنود والكاثود؟

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

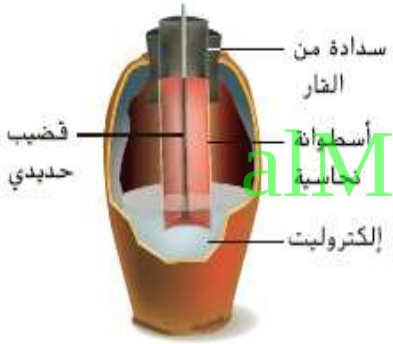
75. **تنبأ** افترض أن العلماء قد اختاروا نصف خلية $Cu^{2+} \mid Cu$ بدلاً من $H^{+} \mid H_2$ كخلية قياسية. كم سيصبح جهد قطب الهيدروجين إذا كان قطب النحاس هو القطب القياسي؟ كيف ستتغير العلاقات بين جهود الاختزال القياسية؟

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. **وضع 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 إناء 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. **وضع 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.

alManahj.com/ae

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.

alManahj.com/ae