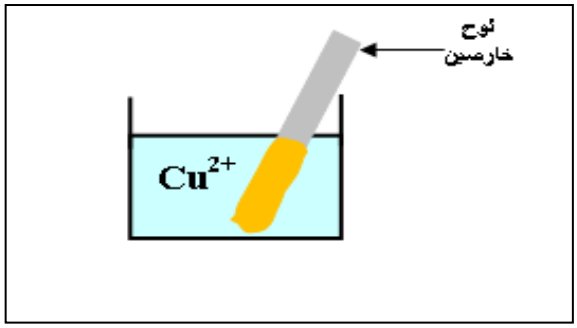
القسم 9 – 1 مدخل إلى الكيمياء الكهربائية

- **تتضمن تفاعلات الأكسدة – اختزال تغيرات في الطاقة , وأيضاً انتقال إلكترونات , لذا التغير في الطاقة يمكن أن يظهر بصورة طاقة حرارية أو طاقة كهربائية بدلاً عن الحرارة .**
- **الكيمياء الكهربائية** : فرع الكيمياء الذي يتعامل مع تطبيقات تفاعلات الأكسدة – اختزال المرتبطة بالكهرباء .

الخلايا الكهروكيميائية



- **عند وضع لوح خارصين في محلول كبريتات نحاس(II) يقل اللون الأزرق للمحلول ويتكون راسب أحمر على الساق ؟**

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

وتختزل كاتيونات النحاس(II) $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

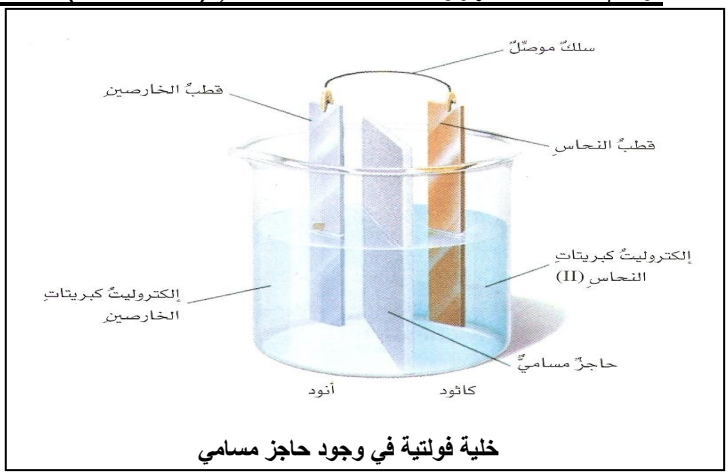
التفاعل الكامل $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$

تنتقل الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس(II)

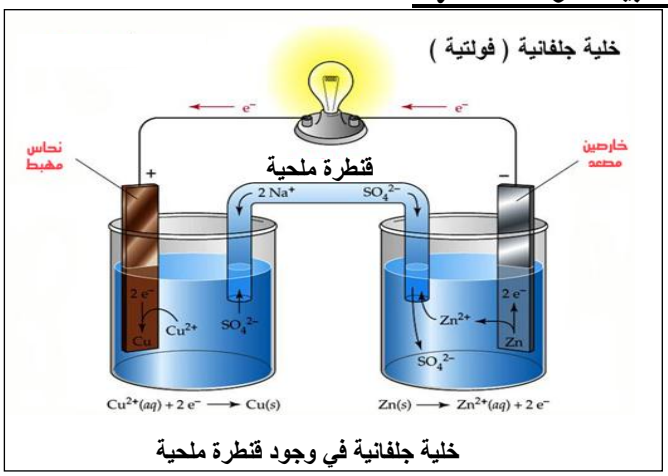
وتُطلق كمية من الطاقة على صورة حرارة وليس طاقة كهربائية وذلك لأن :
تفاعلي الأكسدة والاختزال يحدثان في وعاء واحد وغير مفصولين بحاجز مسامي , وبالتالي تنتقل الإلكترونات بصورة مباشرة من التأكسد إلى الاختزال , ولم تنتقل عبر موصل في دائرة خارجية بين القطبين.

- **إذا فصلنا المادة التي تتأكسد عن المادة التي تُختزل بحاجز مسامي أو بقنطرة ملحية** تتولد طاقة كهربائية بدل الطاقة على صورة حرارة , **ويعرف ذلك بالخلية الكهروكيميائية .**
- **الخلية الكهروكيميائية** : نظام يتكون من قطبين كل منهما على تماس مع إلكتروليت. وتنقسم **الخلايا الكهروكيميائية** إلى :
  خلايا فولتيـــــة (جلفانية) وفيها يُنتج التفاعل الكيميائي طاقة كهربائية
  خلايا إلكتروليتية (تحليلية) وفيها يُنتج التيار الكهربائي تغيراً كيميائيا

- **ارسم الخلية الكهروكيميائية Zn/Cu , (خلية دانيال) كاملة البيانات وصف عملها؟**



خلية فولتية في وجود حاجز مسامي



خلية جلفانية في وجود قنطرة ملحية

- **التفاعل النصفي للأكسدة(الأنود) :---------- التفاعل النصفي للاختزال (الكاثود) :----------**
- **التفاعل النهائي للخلية ---------- ترميز الخلية (الرمز الاصطلاحي):----------**
- **أي فلز هو العامل المختزل الأقوى ---------- أي أيون فلز هو العامل المؤكسد الأقوى ----------**
- **تتحرك الإلكترونات من القطب Zn عبر السلك , إلى القطب Cu ثم إلى أيونات Cu^{2+} الموجودة عند سطح التلامس بين القطب والمحلول.**
- **تنتقل الشحنة عبر الحاجز بواسطة كاتيونات Zn^{2+} المتحركة من نصف خلية الأكسدة إلى نصف الاختزال , وأنيونات SO_4^{2-} المتحركة من نصف خلية الاختزال إلى نصف خلية الأكسدة**

- **قطب الخارصين (الأنود)** يذوب وتقل كتلته ويزداد تركيز **كاتيونات Zn^{2+}** ,(بسبب تأكسد ذرات الخارصين وتحولها إلى أيونات خارصين ذائبة)
- **وقطب النحاس (الكاثود)** تزداد كتلته ويقل تركيز **كاتيونات Cu^{2+}** , (لاختزال أيونات النحاس إلى ذرات النحاس تترسب على القطب)

- **القطب والإلكتروليت** يكونان نصف خلية , يصل بين القطبين سلك , ويفصل بين الإلكتروليتين حاجز مسامي .
  - **القطب** : هو **موصل يُستخدم لعمل اتصال كهربائي مع جزء غير فلزي (أيوني) في الدائرة مثل الإلكتروليت.**
  - **الأنود** (المصعد) : هو **القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة .**
  - **الكاثود** (المهبط) : هو **القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال .**
  - **نصف الخلية** : هو **القطب المنفرد المغمور في محلول يحتوي على أيوناته (إلكتروليت).**

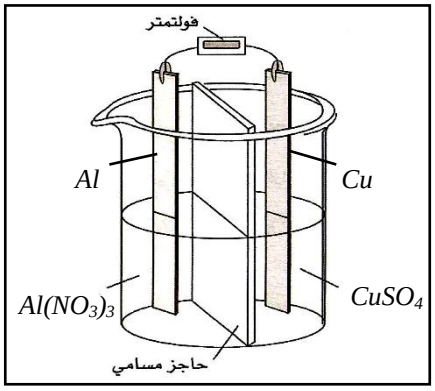
مثال : Zn في محلول $ZnSO_4$, Cu في محلول $CuSO_4$

تمارين تطبيقية

1 -أكمل الجدول التالي :

قطب الأنود	تفاعل الأنود	قطب الكاثود	تفاعل الكاثود	ترميز الخلية	التفاعل الكلي
قطب الخارصين	----------	----------	$Sn^{2+}+2e^- \rightarrow Sn$	----------	----------
----------	----------	----------	----------	----------	$Ba(s)+Sn^{2+}(aq) \rightarrow Ba^{2+}(aq)+Sn(s)$
قطب ماغنسيوم	----------	قطب نحاس	----------	----------	----------
قطب نحاس	----------	قطب فضة	----------	----------	----------
قطب كادميوم	----------	قطب نيكل	----------	----------	----------

2 -إدرس الرسم المقابل ثم أجب عن الأسئلة التالية :



1. اكتب التفاعل النصفي للأنود : ----------
2. اكتب التفاعل النصفي للكاثود : ----------
3. اكتب التفاعل الكليّ الموزون للخلية :

---

4. اكتب ترميز الخلية : ----------
5. حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الفولتميتر : ----------
6. حدد اتجاه حركة الأنيونات عبر الحاجز المسامي : ----------
7. حدد اتجاه حركة الكاتيونات عبر الحاجز المسامي : ----------
8. أي فلز هو العامل المختزل الأقوى ----------أي أيون فلز هو العامل المؤكسد الأقوى ----------

3 -ارسم خلية فولتية تتألف من نصفين هما : Ag في $AgNO_3$ و Ni في $NiSO_4$, حدد الأنود والكاثود وبين الاتجاهات التي تتحرك فيها الإلكترونات والأيونات على الرسم ,
اكتب تفاعلات الأنود والكاثود والتفاعل الكلي - ثم اكتب ترميز الخلية ؟

---

4 -اكتب التفاعل النصفي الذي يتغير فيه $Fe^{3+}(aq)$ إلى $Fe(s)$, وهل سيحدث هذا التفاعل عند الأنود أم عند الكاثود؟

---

5 -ماذا يحدث عندما تبدأ الخلية التالية بالعمل $Ba(s)/Ba^{2+}(aq)$ // $Sn^{2+}(aq)/Sn(s)$ ؟

---

6 -**لماذا يكون استخدام القنطرة الملحية أو الحاجز المسامي ضرورياً في الخلية الكهروكيميائية ؟**

جـ - القنطرة الملحية أو(الحاجز المسامي) ضرورية للمحافظة على التوازن الأيوني بين نصفي الخلية ,
وبالتالي تمنع تجمع الشحنة في الخلية وتوقف التفاعل الكهروكيميائي قبل الأوان ,
كما أن القنطرة الملحية تسمح بمرور الأيونات في الخلية وبالتالي غلق الدائرة الكهربائية.

القسم 9 – 2 الخلايا الفولتية

- **الخلايا الفولتية (الخلية الجلفانية) :**

خلايا تستخدم فيها تفاعلات الأكسدة – اختزال التلقائية لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية .

- *التطبيق الأكثر شيوعاً للخلايا الفولتية هو* ***البطاريات*** .
- *ومن التطبيقات العملية على الخلايا الفولتية*

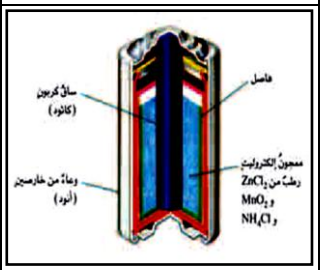
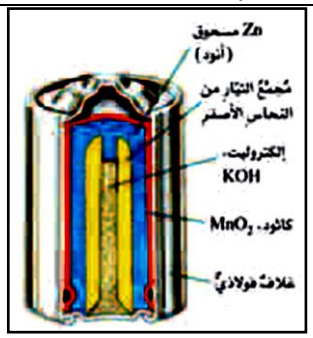
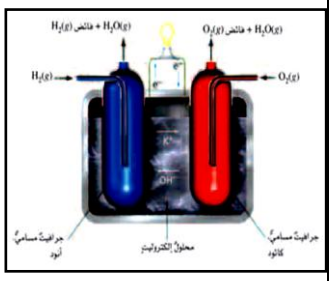
☻ ***الخلايا الجافة*** *مثل بطارية الخارصين – كربون , والبطارية القلوية , وبطارية الزئبق .*

وهي تعرف بالخلايا الجافة

لخلوها تقريباً من السوائل حيث يستخدم معجونا رطباً بصفة إلكتروليت فهي أجف من الخلايا التي تستخدم السوائل

☻ ***خلايا الوقود*** *: تعتمد فكرتها على تفاعلات الاحتراق وهي تفاعلات أكسدة- اختزال* مثال $2H_{2(g)}+O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

- **س/ اكمل الجدول التالي :**

نوع الخلية	الخلايا الجافة			خلايا الوقود
اسم الخلية	**خلايا الخارصين– كربون**	**البطاريات القلوية**	**بطاريات الزئبق**	**خلية الهيدروجين–أكسجين**
الإلكتروليت	**معجون رطب من** $ZnCl_2$, MnO_2 , NH_4Cl	**KOH**	**KOH**	**KOH**
الأنود	**وعاء خارصين**	**مسحوق خارصين**	**خارصين**	**جرافيت مسامي**
تفاعل الأنود	$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$	$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + 2e^-$	$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + 2e^-$	$2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 4e^- + 4H_2O_{(l)}$
الكاثود	**ساق كربون**	**MnO_2**	**كربون ,HgO**	**جرافيت مسامي**
تفاعل الكاثود	$2MnO_{2(s)}+H_2O_{(l)}+2e^- \rightarrow Mn_2O_{3(s)}+2OH^-_{(aq)}$	$2MnO_{2(s)}+H_2O_{(l)}+2e^- \rightarrow Mn_2O_{3(s)}+2OH^-_{(aq)}$	$HgO_{(s)}+H_2O_{(l)}+2e^- \rightarrow Hg_{(l)}+2OH^-_{(aq)}$	$O_{2(g)}+2H_2O_{(l)}+4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$
الاستخدام	المصابيح اليدوية - المسجلات - ألعاب الأطفال	جهاز تشغيل الأقراص المدمجة المحمولة - الأجهزة الإلكترونية الصغيرة	الساعات - وسائل تقوية السمع- الألات الحاسبة- فلاشات الكاميرا	سفن الفضاء- تسيير السيارات
الشكل				
	- ساق الكربون ناقل للإلكترونات فقط ولا يشترك في التفاعل			التفاعل النهائي للخلية $2H_{2(g)}+O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
ملاحظات	- يتآكل وعاء الخارصين تدريجياً مع استمرار التفاعل	أصغر حجما من خلية الخارصين – كربون الجافة لعدم إحتوائها على ساق كربون	تلوث البيئة لاحتوائها على الزئبق مادة سامة	لا يستهلك الأنود ولا الكاثود ولا الإلكتروليت نواتجها آمنة بيئياً (ماء صالح للشرب)

- **س/ ما الميزة الأساسية لخلية الوقود على البطاريات في توليد الطاقة الكهربائية ؟**

خلية الوقود تستطيع من حيث المبدأ أن ***تعمل إلى الأبد*** , *حيث* ***يتم تزويد المتفاعلات باستمرار*** , *بينما تزال النواتج بشكل متواصل فهي تنتج (بلا حدود) طاقة كهربائية دون أن تتوقف لإعادة شحنها .* ***كما أن نواتجها آمنة بيئياً***

- **س / ارسم خلية فولتية (كهروكيميائية) Mg//Ni وبين حركة الالكترونات واكتب التفاعلات الحادثة ؟**

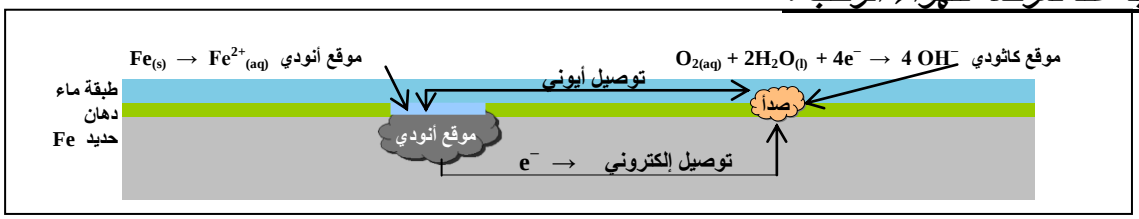
التآكل (الصدأ) ومنعُه

- التآكل عملية كهروكيميائية تتحول خلالها الفلزات من الحالة العنصرية إلى مركبات بفعل الوسط المحيط بها
- الحديد هو الفلز الأكثر تأثراً بالتآكل (الصدأ) , فيتحول إلى أكسيد الحديد III المائي الذي ينتج من خلال التفاعل :

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} + xH_2O_{(l)} \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot xH_2O_{(s)}$$

ويختلف عدد جزيئات الماء(x) مما يؤدي إلى اختلاف لون الصدأ

- **علل / يصدأ الحديد عند تعرضه للهواء الرطب ؟**



يفسر تآكل الحديد من خلال التفاعلات الكهروكيميائية التالية :

عند الأنود (منطقة يكون فيها تركيز O_2 منخفض) $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

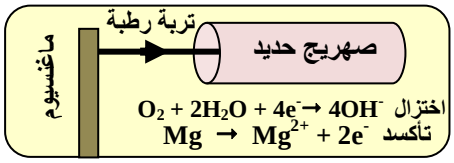
عند الكاثود (منطقة يكون فيها تركيز O_2 مرتفع) $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$

تتحرك أيونات Fe^{2+} عبر الماء نحو الكاثود وتتحد مع أيونات OH^- مكونة $Fe(OH)_2$ الذي يتأكسد مكوناً الصدأ

وصدأ الحديد هو (أكسيد الحديد III المائي $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$)

- **ملاحظات** :
  - يعمل الفلز عمل السلك في خلية كهروكيميائية , ويعمل الماء عمل القنطرة الملحية (إلكتروليت)
  - لكي يحدث الصدأ (التآكل) لابد من وجود الماء والأكسجين مع الحديد (الفلز)
  - يسرع في عملية التآكل وجود الأملاح الذائبة أو ارتفاع حمضية الوسط **لأن** زيادة وجود الأيونات يسهل حركة الإلكترونات

- **س / كيف يمكن حماية الحديد من التآكل (منع التآكل) ؟**
  - **الجلفنة** : تغليف الحديد بالخارصين (الطلاء بالخارصين) حيث يتأكسد الخارصين قبل الحديد
  - **الحماية الكاثودية** : توصيل الحديد بالخارصين (أو الماغنسيوم أوالألومنيوم) فلز أكثر نشاطاً من الحديد لحمايته من التآكل حيث يتآكل الخارصين(الفلز) بسهولة أكبر من الحديد ويتم استبداله **وهي عملية أقل تكلفة من استبدال الحديد**



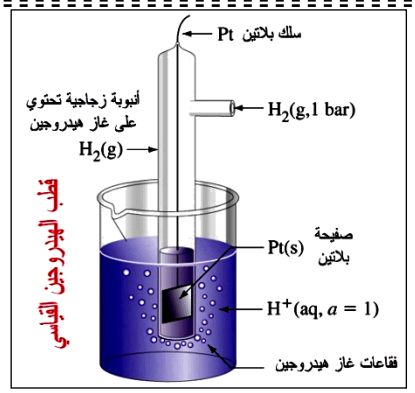
  - **الأنود المتآكل** : هو الفلز الذي يتأكسد بسهولة أكبر من فلز آخر .
- **علل / يستخدم الأنود المتآكل وسيلة لمنع التآكل ؟**

جـ - الأنود المتآكل يتأكسد بسهولة أكبر من الفلز المراد حمايته , ولذلك فهو يعطي إلكترونات لهذا الفلز فيمنعه بذلك من أن يتأكسد

الجهد الكهربائي

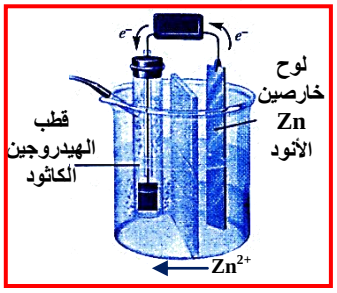
- **الجهد الكهربائي** : قوة سحب الإلكترونات , أو القوى الدافعة على الإلكترونات. ويعبر عنه بوحدة الفولت (V)
- **الفولت** : الطاقة الكامنة لكل وحدة شحنة .
- **التيار الكهربائي** : حركة الإلكترونات خلال موصل . ويعبر عنه بوحدة الأمبير (A)
- **الجهد القطب** : فرق الجهد بين القطب ومحلوله. **(ومقدار هذا الجهد يقيس ميل تفاعلات الاختزال النصفية لأن تحدث)**
- **جهد الاختزال** : ميل التفاعل النصفي للحدوث كتفاعل نصفي للاختزال في خلية كهروكيميائية.
- **فرق الجهد(الفولتية)** : قياس للطاقة الضرورية لتحريك شحنة كهربائية عبر الخلية.

- يتم قياس فرق الجهد عبر خلية الفولتية الكاملة وهو يساوي مجموع جهد القطبين للتفاعلين النصفيين ,
- **ولكن لا يمكن قياس جهد قطب بمفرده مباشرة , لأنه لا يمكن انتقال الإلكترونات إلا إذا تم توصيل الأنود والكاثود لتكوين دائرة كاملة**
- يمكن تحديد القيمة النسبية لجهد التفاعل النصفي عبر وصله بنصف خلية قياسية كمرجع وأشهرها قطب الهيدروجين القياسي SHE



● **أشرح مع الرسم تركيب قطب الهيدروجين القياسي SHE ؟**

- يتكون من قطب من البلاتين يُغمر في محلولٍ حمضيٍّ $1.00\ M$ ويحيط بهذا المحلول غاز الهيدروجين تحت ضغط $1\ atm$ ، وعند درجة حرارة $25^\circ C$ ويعين جهد الهيدروجين القياسي $0.00\ V$
- ترتب الأقطاب الأخرى تبعا لقدرتها على اختزال الهيدروجين تحت هذه الظروف
- التفاعل الأنودي لقطب الهيدروجين القياسي $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
التفاعل الكاثودي لقطب الهيدروجين القياسي $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$



● **مثال : استخدام قطب الهيدروجين القياسي SHE في قياس جهد القطب لنصف خلية الخارصين وخلية النحاس ؟**

يقاس قياس جهد القطب لنصفي خلية الخارصين والنحاس بوصلهما مع قطب الهيدروجين القياسي كما بالشكل

جهد الأكسدة $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ $E^0 = +0.76\ V$

جهد الاختزال $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ $E^0 = -0.76\ V$

👍 **جهد القطب القياسي E^0 :**

جهد نصف الخلية المقيس بالنسبة إلى قطب الهيدروجين القياسي .

- **ملاحظات :**

✍ قيمة جهد الأكسدة **تساوي** قيمة جهد الاختزال ولكن بإشارة مخالفة .

✍ العوامل **المؤكسدة** القوية , مثل F_2 , Cu^{2+} لها قيم E^0 **موجبة** (ولذا تفضل تفاعلات الاختزال على الأكسدة)

✍ العوامل **المختزلة** القوية , مثل Li , K , Zn لها قيم E^0 **سالبة** (ولذا تفضل تفاعلات الأكسدة على الاختزال)

✍ يكون **الأنود** التفاعل النصفي الذي لديه جهد الاختزال القياسي الأكثر سالبية (الأقل قيمة) وتحدث عنده الأكسدة

✍ **الفلز** الذي له جهد اختزال **أقل** أنشط ويحل محل كاتيونات الفلز الذي له جهد اختزال أكبر.

✍ **يمكن حساب جهد الخلية من العلاقة** $E^\circ_{خلية} = E^\circ_{كاثود} - E^\circ_{أنود}$

✍ يمكن توقع ما إذا كان تفاعل الأكسدة – اختزال سيحدث تلقائياً أم لا كما يلي :

إذا كانت قيمة E^0 **موجبة** فإن التفاعل يحدث **تلقائيا** (ويمثل التفاعل خلية فولتية)

وإذا كانت قيمة E^0 **سالبة** فإن التفاعل لا يحدث **تلقائيا** (ويمثل التفاعل خلية تحليلية ولا يمثل خلية فولتية)

تمارين تطبيقية

1 - علل / البطاريات القلوية أصغر حجماً من خلايا الخارصين – كربون الجافة ؟

---

2 - وظف الجدول الذي يوضح تفاعلات الاختزال النصفية لبعض الفلزات وجهود اختزالها القياسية في الإجابة عما يليها :

$Ni^{+2} + 2e^- \rightarrow Ni$	$E^\circ = -0.23\ V$
$Al^{+3} + 3e^- \rightarrow Al$	$E^\circ = -1.66\ V$
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	$E^\circ = +0.80\ V$
$Mg^{+2} + 2e^- \rightarrow Mg$	$E^\circ = -2.37\ V$
$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn$	$E^\circ = -0.76\ V$
$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$	$E^\circ = +0.34\ V$

✍ أي فلزين يمكن استخدامهما لتكوين خلية فولتية تعطي أكبر جهد كهربائي . .....

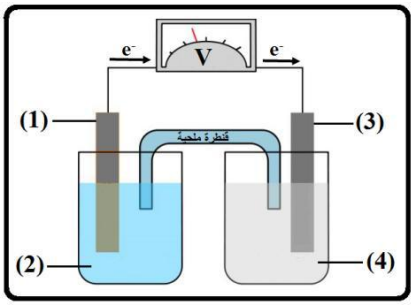
✍ أي من العناصر المذكورة يُستخدم لجلفنة الحديد لحمايته من التآكل. .....

✍ هل يمكن حفظ كبريتات النحاسII في آنية من الألومنيوم ؟ .....

فسر إجابتك : .....

.....

✍ إذا تم استخدام قطبي النيكل والنحاس لتكوين الخلية الفولتية الموضحة بالشكل الآتي :



حدد ما تدل عليه الأرقام على الرسم :

Ni^{+2}	2	----------	1
----------	4	----------	3

✍ أي الأقطاب تستبدل بها النيكل حتى يتم عكس اتجاه الإلكترونات في الخلية:

.....

تفاعل نصف الخلية	جهد الاختزال القياسي E^0 بالفولت
$F_2 + 2e^- \rightleftarrows 2F^-$	+2.87
$MnO_4^- + 8H^+ + 2e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.50
$Au^{+3} + 3e^- \rightleftarrows Au$	+1.50
$Cl_2 + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^-$	+1.36
$Br_2 + 2e^- \rightleftarrows 2Br^-$	+1.07
$Ag^+ + e^- \rightleftarrows Ag$	+0.80
$I_2 + 2e^- \rightleftarrows 2I^-$	+0.54
$Cu^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Cu$	+0.34
$S + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows H_2S_{(aq)}$	+0.14
$Pb^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Pb$	-0.13
$Sn^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Sn$	-0.14
$Ni^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Ni$	-0.26
$Co^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Co$	-0.28
$Cd^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Cd$	-0.40
$Fe^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Fe$	-0.45
$Cr^{+3} + 3e^- \rightleftarrows Cr$	-0.74
$Zn^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Zn$	-0.76
$Al^{+3} + 3e^- \rightleftarrows Al$	-1.66
$Mg^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Mg$	-2.37
$Na^+ + e^- \rightleftarrows Na$	-2.71
$Ca^{+2} + 2e^- \rightleftarrows Ca$	-2.87
$K^+ + e^- \rightleftarrows K$	-2.93
$Li^+ + e^- \rightleftarrows Li$	-3.04

مستخدما جدول جهود الاختزال التالي أجب عن الأسئلة التالية :

3 - أي الفلزات التالية يمكن أن يختزل الأيونات Sn^{2+} إلى الفلز Sn

Zn أم Au أم Cu أم Pb

4 - إذا غمر لوح من Ni في محلول من $AgNO_3$, فما المتوقع أن يحدث ؟
علل ذلك مستخدماً قيم E° والمعادلات .

---

5 - هل يمكن تخزين محلول من $Sn(NO_3)_2$ في وعاء من الألومنيوم ؟
فسر ذلك مستخدماً قيم E° والمعادلات .

---

6 - هل يمكن استخدام لوح من الخارصين لتحريك محلول من $Al(NO_3)_3$ ؟
فسر ذلك مستخدماً قيم E° والمعادلات .

---

7 - **هل يصلح القطبان التاليان لصناعة بطارية جيدة ؟ علل ذلك ؟** $Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$ و $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

---

8 - يشير فولتمتر موصول بخلية خارصين– نحاس إلى قيمة 1.10 V+ , يستبدل بالنحاس فلز X وأيوناته X^{2+} , قراءة الفولتية الجديدة تبيِّن أن اتجاه التيار قد انعكس ويشير الفولتمتر إلى قراءة 2.10 V+ . والمطلوب :

أ - احسب جهد الاختزال للفلز X . ب – توقع هوية الفلز X واكتب معادلة التفاعل عنده .

---

9 - احسب قيمة E° لجهد التفاعلات التالية , ثم اكتب وزن المعادلة العامة لكل تفاعل يحدث تلقائياً كما هو مكتوب :

التفاعل	$Mg + Sn^{2+} \rightarrow$	$K + Al^{3+} \rightarrow$	$Li^+ + Zn \rightarrow$	$Cu + Cl_2 \rightarrow$
قيمة E^0				
تلقائي / أم لا				
التفاعل النهائي				

10 أكمل الجدول التالي :

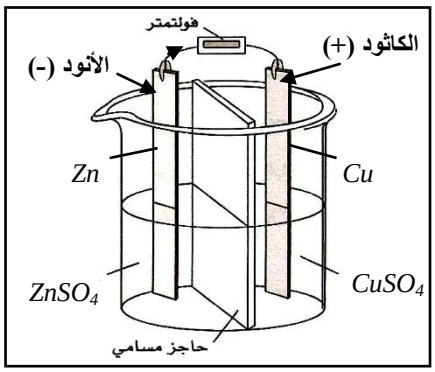
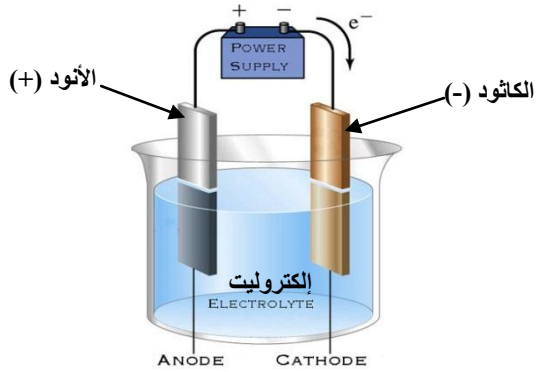
المكونات	تفاعل الأنود	تفاعل الكاثود	ترميز الخلية	التفاعل الكهروكيميائي النهائي	قيمة E^0
Na^+/Na, Ni^{2+}/Ni					
F_2/F^-, S/H_2S					
Br_2/Br^-, Cr^{3+}/Cr					
MnO_4^-/Mn^{2+}, Co^{2+}/Co					
خلية يود – بروم					

القسم 9 – 3 الخلايا الإلكتروليتية

الخلايا الإلكتروليتية :

خلايا كهروكيميائية تستخدم فيها الطاقة الكهربائية لإنتاج تفاعلات أكسدة – اختزال ولإحداث تغير كيميائي .

س / قارن بين الخلايا الفولتية والخلايا الإلكتروليتية ؟

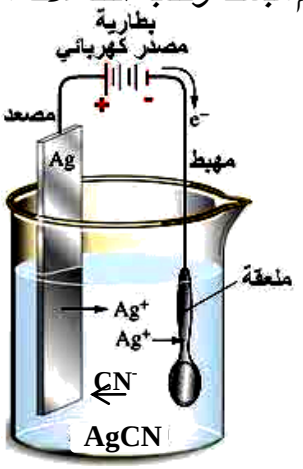
الخلايا الفولتية	الخلايا الإلكتروليتية
تعمل الخلية كمصدر للطاقة الكهربائية	يتصل الأنود والكاثود ببطارية أو بمصدرآخر لتيار مباشر
الخلايا التي تنتج فيها تفاعلات أكسدة – اختزال التلقائية الطاقة الكهربائية	الخلايا التي تسبب فيها الطاقة الكهربائية من مصدر خارجي حدوث تفاعلات أكسدة – اختزال غير تلقائية
تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية	تتحول فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية
قيمة E° **موجبة** لذا فإن التفاعل **يحدث تلقائيا**	قيمة E° **سالبة** لذا فإن التفاعل **لا يحدث تلقائيا**
شحنة الأنود **سالبة** و شحنة الكاثود **موجبة**	شحنة الأنود **موجبة** و شحنة الكاثود **سالبة**
	

الطلاء الكهربائي :

العملية الإلكتروليتية التي يختزل فيها أيون فلزي ويترسب خلالها فلز صلب على سطح معين .

- **س/ وضح كيف يمكنك أن تطلي بالفضة جسماً معدنياً بواسطة محلول $AgCN$ مع رسم مبسط وكتابة التفاعلات ؟**

الجواب :-



1- نكون خلية تحليلية كما بالشكل تحتوي على محلول $AgCN$

*2- نجعل الجسم المراد طلاؤه **كاثود** يوصل بالقطب السالب لمصدر التيار الكهربائي*

3- يوصل قطب الفضة بالقطب الموجب لمصدر التيار الكهربائي فيصبح أنود

4- يكون الإلكتروليت محلول ملح فلز الطلاء $AgCN$

*عند **الأنود** يتأكسد فلز الفضة* $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$

*عند **الكاثود** تختزل أيونات الفضة وتترسب بشكل فلز فضة*

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

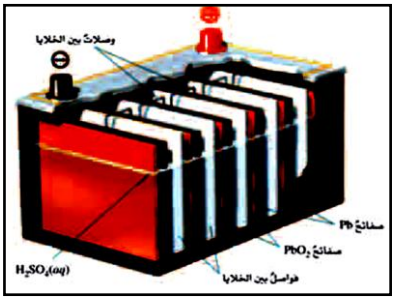
- **س/ وضح كيف يمكنك أن تطلي بالذهب جسماً معدنياً بواسطة محلول $Au(CN)_3$ مع رسم مبسط وكتابة التفاعلات ؟**

☻ الخلايا القابلة لإعادة الشحن :

- **تقوم الخلية القابلة لإعادة الشحن بجمع كيمياء الأكسدة والاختزال لكلتا الخليتين , الفولتية والإلكتروليتية :**

عندما تحوّل الخلية القابلة لإعادة الشحن الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية فهي تعمل كخلية فولتية (عند التفريغ).
وعندما يعاد شحنها فهي تعمل كخلية إلكتروليتية محولّة الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.

- **بطارية السيارة (المركم الرصاصي) :**



- **التركيب :**

مجموعة من ست خلايا قابلة لإعادة الشحن مجموع قوتها المحركة 12V .
في كل خلية قطعة من الرصاص مغمورة في محلول من H_2SO_4 (إلكتروليت)
الأنود من الرصاص Pb والكاثود من أكسيد الرصاص(IV) PbO_2

- **التفاعلات الحادثة في البطارية أثناء دورة التفريغ :**

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

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

تفاعل الأكسدة – اختزال النهائي : $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$

- **النتائج والملاحظات :**

تنتج بطارية السيارة الطاقة الكهربائية الضرورية لانطلاق محركها
يتم استهلاك حمض الكبريتيك واستهلاك الرصاص عند الأنود واستهلاك ثاني أكسيد الرصاص PbO_2 عند الكاثود
تتجمع كبريتات الرصاص(II) $PbSO_4$ بشكل مسحوق أبيض على القطبين .

- **عند الشحن :**

تنعكس التفاعلات النصفية , ويعاد إنتاج H_2SO_4 , PbO_2 , Pb
يمكن إعادة شحن البطارية مادامت التفاعلات قابلة للإنعكاس , وجميع المتفاعلات موجودة

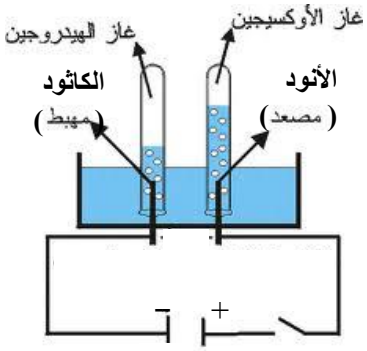
مقارنة بين تفاعلات المركم أثناء عملية التفريغ وعملية الشحن	
أثناء التفريغ	**أثناء الشحن**
* أنود Pb(-) : $Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$	* أنود PbO_2 (+) : $Pb^{2+} \rightarrow Pb^{4+} + 2e^-$
* كاثود PbO_2(+): $Pb^{4+} + 2e^- \rightarrow Pb^{2+}$	* كاثود Pb (-) : $Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$
* يقل تركيز وكثافة حمض الكبريتيك	* يزداد تركيز وكثافة حمض الكبريتيك
* تقل كتلة Pb وتقل كتلة PbO_2	* تزداد كتلة Pb وتزداد كتلة PbO_2
* تتجمع كبريتات الرصاص(II) $PbSO_4$ على القطبين	* تقل كتلة $PbSO_4$
* يعمل المركم كخلية جلفانية (فولتية)	* يعمل المركم كخلية تحليلية

✍ التحليل الكهربائي

عملية إمرار التيار عبر خلية يكون جهد الخلية فيها سالباً وتسبب حدوث تفاعل أكسدة واختزال.

- **يستخدم التحليل الكهربائي لتنقية الفلزات أوالحصول على الفلزات من الخامات , وفي الطلاء بالكهرباء والتحليل الكهربائي للماء**
- **في الخلية الإلكتروليتية تستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي غير تلقائي .**
- **لكي يحدث تفاعل الخلية التحليلية يجب أن تكون الطاقة الكهربائية الخارجية أكبر من الجهد الذي يمكن أن ينتجه تفاعل الخلية التلقائي العكسي .**

☻ التحليل الكهربائي للماء :



- يتحد غازي H_2 و O_2 تلقائياً ليكونا الماء ,
- ويستخدمان في تشغيل خلايا الوقود التي تنتج الكهرباء
- تكون العملية العكسية (التحليل الكهربائي للماء) غير تلقائية وتتطلب طاقة كهربائية
- عند الأنود : $6H_2O_{(l)} \rightarrow 4e^- + O_{2(g)} + 4H_3O^+{}_{(aq)}$
- عند الكاثود : $4H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 2H_{2(g)} + 4OH^-{}_{(aq)}$

● إنتاج الألومنيوم بالتحليل الكهربائي :

- **وجود الألومنيوم** :
- **الألومنيوم هو الفلز الأكثر وفرة في القشرة الأرضية , وهو فلز نشط نسبياً ولذا لايوجد منفرداً في الطبيعة يوجد الألومنيوم في الطبيعة على شكل أكسيد في خام البوكسيت**
- **تتم عملية أستخلاص الألومنيوم في خطوتين :**
- **أولاً : تنقية الخام : فصل أكسيد الألومنيوم (الألومينا) النقي $Al_2O_3 \bullet nH_2O$ عن المركبات الأخرى (أكاسيد الحديد والسيليكون والتيتانيوم) في المادة الخام , ويتم ذلك بمعالجة البوكسيت بهيدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعل مع الألومينا ولا يتفاعل مع المركبات الأخرى في المادة الخام , ويفصل محلول الألومينا عن باقي المركبات الصلبة , ثم يرسب للحصول على الألومينا النقية .**
- **ثانياً : التحليل الكهربائي طريقة هول – هيرولت** :
- في خلية التحليل **الأنود** من الكربون , **والكاثود** من الفولاذ , **والإلكتروليت** الألومينا مذابة في مصهور الكريوليت
- **تذاب الألومينا** النقية في الكريوليت المصهور Na_3AlF_6 عند درجة حرارة $970^\circ C$ في خلية إلكتروليتية ,
حيث تختزل أيونات الألومنيوم إلى فلز الألومنيوم الذي يترسب إلى قاع الخلية , لأنه أكبر كثافة من الكريوليت والألومينا المصهورين , ويتم سحب الألومنيوم بشكل دوري وتكون درجة نقاوته 99.5%
- **التفاعل العام** هو : $2Al_2O_3(l) + 3C(s) \rightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$
- **عملية التحليل تستهلك الكثير من الطاقة الكهربائية ,**
- **يتم إنتاج الألومنيوم بدولة الإمارت العربية المتحدة في مصنع دوبال بجبل على , نظرا لتوفر الطاقة الكهربائية اللازمة للتصنيع**

● إنتاج الصوديوم التحليل الكهربائي طريقة داون :

- **الصوديوم فلز نشط يحضر بواسطة التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور الممزوج مع كلوريد الكالسيوم لخفض درجة انصهاره من $800^\circ C$ إلى $600^\circ C$ ويتم ذلك في خلية داون الأنود فيها من الكربون والكاثود من الفولاذ .**

تمارين تطبيقية

1 - **علل / تعمل بطارية آلة التصوير القابلة لإعادة الشحن كخلية إلكتروليتية وأخرى فولتية ؟**
جـ - **تعمل كخلية إلكتروليتية:** عندما يعاد شحن بطارية آلة تصوير قابلة لإعادة الشحن .
و **تعمل كخلية فولتية** : عندما تستخدم البطارية لإمداد آلة التصوير بالطاقة .

2 - **علل / تكون كلفة إعادة تدوير الألومنيوم أقل من كلفة استخراجه من خام البوكسيت ؟**
يتضمن استخراج الألومنيوم من خام عملية إلكتروليتية (تحليلاً كهربائياً) تتطلب كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية. بينما يمكن إعادة تدوير الألومنيوم بأقل من عُشْر كلفة هذه العملية .

3 - **يحتوي خام النحاس على فلز الخارصين الذي يتأكسد** مع Cu خلال عملية التنقية الإلكتروليتية , مع ذلك فإن أيونات Zn^{2+} لاتختزل فيما بعد , حين تُختزل أيونات Cu^{2+} إلى Cu عند الكاثود , للحصول على فلز النحاس النقي – فسر كيف يمكن Zn أن يتأكسد مع Cu , لكن أيوناتهما لا تختزل معاً ؟

جـ - تفاعلا الاختزال النصفيان هما : $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \ (E^\circ = -0.76\ V)$
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \ (E^\circ = +0.34\ V)$
Zn يتأكسد تلقائياً , أما Cu يحتاج إلى $0.34\ V$ ليتأكسد . ومع ذلك فإن Cu^{2+} يختزل تلقائياً , بينما يحتاج Zn^{2+} إلى $0.76\ V$ لكي يختزل , لذلك إذا كانت الفولتية المبذولة في الخلية أقل من $0.76\ V$, فإن Cu^{+2} فقط سيختزل , بذلك ستتم تنقية Cu فقط , وسيبقى Zn في المحلول بشكل Zn^{2+}

---

4 - أكمل الجدول التالي :

الخلية	الإلكتروليت	تفاعل الأنود	تفاعل الكاثود	التفاعل الكلي
بطارية السيارة	----------	----------	----------	----------
الطلاء بالفضة	----------	----------	----------	----------
الطلاء بالذهب	----------	----------	----------	----------
التحليل الكهربائي للماء	----------	----------	----------	----------
صدأ الحديد	----------	----------	----------	----------

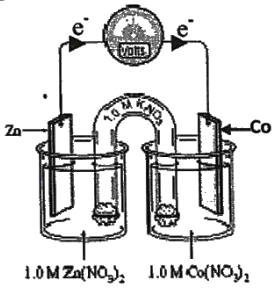
من أسئلة الامتحانات

س1 اختر التكملة الصحيحة لكل عبارة مما يلي :

1 - في عملية الطلاء الكهربائي لسوار من النحاس بالفضة , فإن الإلكتروليت المناسب هو :
✍ $CuSO_4$ ✍ $Cu(NO_3)_2$ ✍ $AgNO_3$ ✍ N_2

2 - عند تفريغ بطارية السيارة تتحول الطاقة :
✍ الكهربائية إلى طاقة كيميائية ✍ الكيميائية إلى طاقة كهربائية ✍ الحركية إلى طاقة حرارية ✍ الحرارية إلى طاقة كيميائية

3 - الشكل المجاور يمثل خلية كهروكيميائية ,
أي التالية يصف اتجاه حركة أيونات Co^{2+} وكتلة لوح الخارصين ؟



	كتلة Zn	حركة Co^{2+}
✍	تزداد	تتجه نحو قطب Co
✍	تقل	تتجه نحو قطب Co
✍	تزداد	تتجه نحو قطب Zn
✍	تقل	تتجه نحو قطب Zn

4 - يعتبر الألومنيوم الفلز الأكثر وفرة في القشرة الأرضية , ولكنه لا يوجد بصورة نقية لأنه عنصر نشط , وعند التحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألومنيوم نستخدم خلية إلكتروليتية يتكون أقطابها من :
✍ الأنود كربون والكاثود فولاذ ✍ الأنود فولاذ والكاثود كربون ✍ الكاثود والأنود من الفولاذ ✍ الكاثود ألومنيوم والأنود جرافيت

5 - عند شحن بطارية السيارة تتحول الطاقة :
✍ الكهربائية إلى طاقة حرارية ✍ الحركية إلى طاقة كيميائية ✍ الحركية إلى طاقة حرارية ✍ الكهربائية إلى طاقة كيميائية

6 - ما الفلز الذي يمكن استخلاصه من البوكسيت باستخدام التحليل الكهربائي :
✍ الخارصين ✍ الألومنيوم ✍ الذهب ✍ الرصاص

7 - ما العملية التي تحدث للألمنيوم عند استخلاصة من Al_2O_3 ؟
✍ تأين ✍ أكسدة ✍ اختزال ✍ عدم تناسب

8 - ماذا يتكون عند الأنود أثناء التحليل الكهربائي للماء؟
✍ غاز O_2 وأيونات هيدرونيوم ✍ غاز O_2 وأيونات هيدروكسيد ✍ غاز H_2 وأيونات هيدرونيوم ✍ غاز O_2 و H_2

9 - عندما يعاد شحن خلية قابلة لإعادة الشحن فإنها تعمل كخلية :
✍ وقود ✍ إلكتروليتية ✍ فولتية ✍ جلفانية

10 خلية فولتية تتكون من نصفين أحدهما Co/Co^{2+} والآخر Cu/Cu^{2+} ، جهد اختزال $Co^{2+} = -0.28\ V$ وجهد اختزال $Cu^{2+} = 0.34\ V$ ،فإنه يحدث:
✍ أكسدة لقطب النحاس ✍ أكسدة لقطب الكوبالت ✍ اختزال لقطب النحاس ✍ اختزال لأيونات الكوبالت

11 في خلية الخارصين- الكربون الجافة تحدث أكسدة :
✍ الخارصين عند الأنود ✍ الخارصين عند الكاثود ✍ المنجنيز عند الأنود ✍ المنجنيز عند الكاثود

12 أي فلز يوفر لجسر حديدي أفضل حماية كاثودية من التآكل ؟
✍ Au ✍ Cu ✍ Ag ✍ Mg

13 خلية فولتية رمزها الاصطلاحي $Al_{(s)} / Al^{3+}_{(aq)} \ // \ Fe^{2+}_{(aq)} / Fe_{(s)}$ يحدث فيها :
✍ اختزال Al^{3+} ✍ اختزال Fe^{2+} ✍ اختزال Al ✍ أكسدة Fe

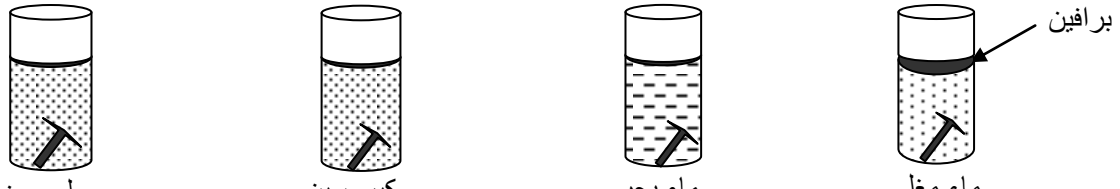
14 ماذا يحدث عند تفريغ بطارية السيارة ؟
✍ يزداد تركيز حمض الكبريتيك ✍ تترسب مادة $PbSO_4$ على الأقطاب
✍ تتحول الطاقة الكهربائية إلى كيميائية ✍ يختزل قطب الرصاص

15 خلية فولتية يحدث فيها التفاعل التالي $3Ni^{2+} + 2Cr \rightarrow 3Ni + 2Cr^{3+}$ فإنه يحدث :
✍ تأكسد لقطب النيكل ✍ انخفاض لتركيز أيونات الكروم ✍ اختزال لقطب الكروم ✍ اختزال لأيونات النيكل

16 عندما يتم طلاء فلز بطبقة من الذهب فما الذي يحدث لكاتيونات Au^{3+} ؟
✍ تُختزل عند الأنود ✍ تتأكسد عند الكاثود ✍ تتأكسد عند الأنود ✍ تُختزل عند الكاثود

17 ما هي المواد التي تتفاعل في بطارية السيارة ؟
✍ H_2SO_4 , Pb , PbO_2 ✍ H_2SO_4 , Zn , ZnO ✍ H_2SO_4 , Fe , Fe_2O_3 ✍ H_2SO_4 , Cu , CuO

18 وضعت أربعة مسامير حديدية في أربعة أنابيب اختبار كما في الشكل , في أي الأنابيب يصدأ المسمار؟ :

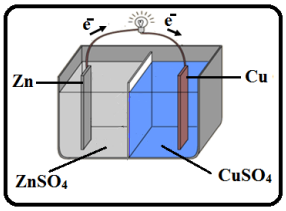


19 إذا تفاعل فلز (X) مع حمض HCl وفق المعادلة $X + 2HCl \rightarrow XCl_2 + H_2$ تكون قيمة جهد اختزال الفلز (X)
✍ أكبر من صفر ✍ أقل من صفر ✍ تساوي صفر ✍ لا يمكن تحديدها

20 الأقطاب في خلية هول – هيرولت لاستخلاص الألومنيوم من مصهور الألومينا النقية في الكريوليت هي :
✍ الأنود من الفولاذ والكاثود من الفولاذ ✍ الأنود من الكربون والكاثود من الفولاذ
✍ الأنود من الكربون والكاثود من الألومنيوم ✍ الأنود من الألومنيوم والكاثود من الكربون

21 عند حماية أنابيب الحديد من التآكل بتوصيلها بأقطاب من الماغنسيوم تتكون خلية جلفانية يكون فيها الحديد :
✍ سالب الشحنة ✍ موجب الشحنة ✍ الكتروليت ✍ مصدر للإلكترونات

22 أي مما يلي تحدث له عملية الأكسدة عند إعادة شحن بطارية السيارة ؟
✍ Pb^{2+} ✍ Pb ✍ PbO_2 ✍ SO_4^{2-}

23 في الخلية الموضحة بالشكل المجاور :


✍ تتحرك كاتيونات الخارصين نحو نصف خلية النحاس
✍ تتحرك كاتيونات الخارصين نحو قطب الخارصين
✍ تتحرك كاتيونات النحاس نحو نصف خلية الخارصين
✍ تتحرك أيونات الكبريتات نحو قطب النحاس

24 إذا أعطي رمز الخلية $Cu_{(s)} / Cu^{2+}_{(aq)} // Ag^{+}_{(aq)} / Ag_{(s)}$ فما التفاعل النصفي الذي يحدث عند الأنود ؟
✍ $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ ✍ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ ✍ $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ ✍ $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$

25 أي مما يلي ليس من وظائف القنطرة الملحية ؟
✍ تسمح بمرور الأيونات بين نصفي الخلية ✍ تسمح بمرور الإلكترونات في الخلية
✍ تحافظ على التوازن الأيوني بين نصفي الخلية ✍ تمنع الاختلاط بين ذرات فلز التفاعل النصفي وأيونات التفاعل النصفي الآخر

26 أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بالتحليل الكهربائي للماء ؟
✍ ينتج غاز H_2 عند الأنود ✍ ينتج غاز O_2 عند الكاثود ✍ يصبح المحلول قاعديا ✍ التفاعل غير تلقائي

27 أي الفلزات التالية يستخدم في الحماية الكاثودية للحديد؟
✍ النحاس ✍ الفضة ✍ المغنيسيوم ✍ الكوبالت

28 مستعينا بالجدول التالي حدد أي التغيرات تحدث في بطارية السيارة عندما تعمل كخلية فولتية ؟

1	تحول الرصاص إلى كبريتات الرصاص	3	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$
2	أكسدة Pb^{2+}	4	يقل تركيز الحمض

✍ 1 و 2 ✍ 1 و 4 ✍ 2 و 3 ✍ 3 و 4

29 عند استخدام بطارية السيارة لإنتاج الكهرباء ، أي التالية لا يحدث ؟
✍ استهلاك H_2SO_4 ✍ أكسدة الرصاص ✍ ترسب $PbSO_4$ على الأقطاب ✍ أكسدة PbO_2

س2 أمامك أربعة بدائل في كل فقرة اختر البديل غير المنسجم علمياً ثم برر سبب اختيارك :

1 - بطارية الزئبق , بطارية السيارة , بطارية الخارصين – كربون , البطارية القلوية
السبب ----------

2 - $Mg / Mg^{2+} //Ag^{+}/Ag$, $Al/Al^{3+}//Zn^{2+}/Zn$, $Cu^{2+}/Cu //Ag^{+}/Ag$, $Zn/Zn^{2+}//Cu^{2+}/Cu$
السبب ----------

3 - التآكل (أو الصدأ) ، خلية الوقود ، خلية الطلاء الكهربائي ، بطارية الزئبق
السبب ----------

4 - خلية دانييل , بطارية السيارة , خلية قلوية جافة , بطارية الزئبق
السبب ----------

5 - $(Ag^{+}/Ag//Cu/Cu^{2+})$ ، $(Zn/Zn^{2+}//Cu^{2+}/Cu)$ ، $(Al/Al^{3+}//Zn^{2+}/Zn)$ ، $(Mg/Mg^{2+}//Zn^{2+}/Zn)$
السبب ----------

6 - الطلاء الكهربائي - تآكل الحديد في الهواء - إنتاج الألمنيوم من البوكسيت - التحليل الكهربائي للماء
السبب ----------

7 - نواتجها آمنة بيئيا ، يمكن أن تعمل للأبد ، فعالة جدا ، صغيرة جداً (من حيث مميزات الخلايا)
السبب ----------

8 - جرافيت مسامي - حمض الكبريتيك - محلول هيدروكسيد البوتاسيوم - غاز الهيدروجين (من حيث تركيب البطاريات)
السبب ----------

س3 اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الدال على كل عبارة مما يلي :

1 - ( ) خلايا تستخدم تفاعلات الأكسدة – اختزال التلقائية لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية .
2 - ( ) العملية الإلكتروليتية التي يختزل فيها أيون فلزي ويترسب خلالها فلز صلب على سطح معين .
3 - ( ) الخلية التي تسبب الطاقة الكهربائية فيها حدوث تفاعلات أكسدة – اختزال غير تلقائية .
4 - ( ) الفرق في الجهد الكهربائي بين القطب ومحلوله .
5 - ( ) جهد نصف الخلية المقيس بالنسبة إلى قطب الهيدروجين القياسي.
6 - ( ) قوة سحب الإلكترونات أو القوة الدافعة على الإلكترونات .
7 - ( ) موصل يستخدم لعمل اتصال كهربائي مع جزء غير فلزي (أيوني) في الدارة .
8 - ( ) القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة .
9 - ( ) خلايا كهروكيميائية تُنتج فيها تفاعلات الأكسدة – الاختزال التلقائية الكهرباء .
10 - ( ) القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال.

س4 رتب ما يلي :

1 - العناصر الآتية تنازلياً حسب قوتها كعوامل مختزلة :

Mg (E° = -2.37 V) , Ag (E° = + 0.80 V) , Pb (E° = - 0.13 V) , Cu (E° = + 0.34 V)

الأقوى ---------- ثم ---------- ثم ---------- ثم ---------- الأضعف

2 - الأيونات الآتية تصاعديا حسب قوتها كعوامل مؤكسدة :

Cu^{2+} (E° = + 0.34 V) , Na^{+}(E° = -2.71 V) , Hg^{+2}(E° = +0.85 V) , Mg^{+2}(E° = -2.37 V)

الأضعف ---------- ثم ---------- ثم ---------- ثم ---------- الأقوى

الأيون	Fe^{2+}	Ca^{2+}	Ag^{+}
جهد الاختزال V	-0.41	-2.76	0.8

3 -تصاعدياً العناصر التالية حسب سهولة أكسدتها :
هيدروجين ، حديد ، كالسيوم ، فضة
الترتيب : الأقل ..... ← ..... ← ..... ← .....

4 -الخلايا التالية حسب جهد الخلية (مستخدما أرقامها في الترتيب)

$H_{2(g)}+2Ag^{+}_{(aq)}\rightarrow 2H^{+}_{(aq)}+2Ag_{(s)}$	1
$Cu_{(s)}+2Ag^{+}_{(aq)}\rightarrow Cu^{2+}_{(aq)}+2Ag_{(s)}$	2
$Fe_{(s)}+Cu^{2+}_{(aq)}\rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}+Cu_{(s)}$	3
$H_{2(g)}+Cu^{2+}_{(aq)}\rightarrow 2H^{+}_{(aq)}+Cu_{(s)}$	4

جهود الاختزال القياسية		
Fe^{2+}	Ag^{+}	Cu^{2+}
-0.41V	+0.80V	+0.34V

الترتيب : (الأقل جهداً) .....←.....←.....←.....

س5 فسر ما يلي :

1 - يوصل كابل من الخارصين موازٍ لأنابيب النفط بواسطة سلك معدني .

---

2 - تتفاعل أيونات الحديد Fe^{+2} مع الخارصين Zn بينما لا تتفاعل مع Sn .

---

3 - استخدام القنطرة الملحية أو الحاجز المسامي ضرورياً في الخلية الفولتية.

---

4 - بالرغم من حدوث تفاعلات أكسدة واختزال ،لا تنتج طاقة كهربائية عند غمس ساق من الخارصين في محلول كبريتات النحاسII

---

5 - لا يمكن استخدام الماء في الخلية الإلكتروليتية خلال إنتاج الألمنيوم .

---

6 - لا يمكن شحن بطاريات المركم الرصاصي بشكل غير محدود .

---

7 - يوصل أنود الفضة بالقطب الموجب في عملية طلاء خاتم من الحديد بالفضة.

---

8 - نجاح صناعة الألومنيوم في دولة الإمارات العربية المتحدة .

---

9 - عند طلاء ملعقة من الحديد بطبقة من الفضة ، فإننا نوصل الملعقة بالقطب السالب من خلية الطلاء.

---

10 -لإنتاج الألمنيوم بالتحليل الكهربائي فانه يسبق ذلك معالجة خام البوكسيت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم.

---

11 -تجمع الخلايا القابلة لإعادة الشحن بين الخلايا الفولتية والخلايا الإلكتروليتية معاً .

س3 اجب عما يلي :

1 - تم تصميم عدد من الخلايا الكهروكيميائية وسجلت البيانات على شكل رموز اصطلاحية في الجدول الآتي :

الرقم	E° للخلية	الخلية
1	+0.35	Zn/Zn^{+2} // Fe^{+2}/ Fe
2	+1.61	Mg/Mg^{+2} // Zn^{+2}/ Zn
3	-0.18	Ni/Ni^{+2} // Fe^{+2}/ Fe
4	+0.62	Zn/Zn^{+2} // Sn^{+2}/ Sn
5	-046	Ag/Ag^{+} // Cu^{+2}/ Cu

مستخدماً البيانات في الجدول أجب عما يأتي :

- أي الخلايا تمثل خلية تحليل كهربائي : ----------
- *حدد الفلز الذي يمثل الكاثود في الخلية رقم (1)* ----------
- *ما شحنة قطب الخارصين في الخلية رقم (2) و (4) ؟*

- *ما الفلز الذي سيوصل بالقطب السالب من البطارية في الخلية رقم (5) ؟*----------

2 - موظفاً البيانات في الجدولين (أ و ب) أجب عما يليهما :

الخلية	القطب A	القطب B
1	Fe	Ag
2	Zn	Fe
3	Ag	Mg

تفاعل نصف الخلية	E° (V)
$Fe^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Fe$	-0.41
$Zn^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Zn$	-0.76
$Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$	+0.80
$Mg^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Mg$	-2.37

1 - أي القطبين (Fe أم *Ag*) يمثل الكاثود في الخلية رقم (1) ؟ ----------

2 - *أي الفلزات (Fe , Ag , Zn) الأقوى كعامل مختزل ؟* ----------

3 - *ما رقم الخلية التي تعطي أعلى جهد كهربائي ؟*----------

4 - *ما رقم الخلية التي تعطي أقل جهد كهربائي ؟*----------

3 - ضع بين القوسين أمام القائمة (أ) الرقم المناسب من القائمة (ب) :

القائمة (أ)	م	القائمة (ب)
( ) تستخدم في وسائل تقوية السمع والآلات الحاسبة	1	القنطرة الملحية
( ) تحافظ على التوازن الأيوني بين نصفي الخلية	2	بطارية الخارصين – الجافة
( ) القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال	3	الأنود المتآكل
( ) القطب المنفرد المغمور في محلول يحتوي على أيوناته	4	بطارية الزئبق
( ) الفلز الذي يتأكسد بسهولة أكبر من فلز آخر	5	الخلية القابلة لإعادة الشحن
( ) خلية كهروكيمائية تجمع كيمياء الأكسدة والاختزال لكلتا الخليتين الفولتية والإلكتروليتية	6	نصف الخلية
	7	الكاثود

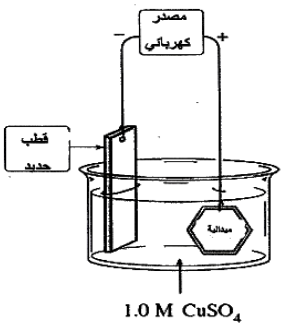
4 - أجرى عدد من الطلاب مجموعة من التجارب وسجلوا ملاحظاتهم في الجدول التالي وظفها للإجابة عما يلي :

$Cu^{+2} + Zn \rightarrow$	تكون راسب
$2Ag + Cu^{+2} \rightarrow$	لا يحدث تفاعل
$Zn^{2+} + Mn \rightarrow$	تكون راسب
$Fe^{+2} + Zn \rightarrow$	تكون راسب
$Cu + H_2SO_4 \rightarrow$	لا يحدث تفاعل

- أي الفلزات في الجدول الأقوى كعامل مختزل ؟ ----------
- اختر فلزين من الجدول يمكن استخدامهما لعمل خلية فولتية لها أكبر جهد كهربائي ----------
- أي الفلزات *يستحدم لمنع تآكل أنابيب من الفولاذ بطريقة الجلفنة ؟* ----------
- إذا علمت أن جهد اختزال Cu^{+2} (0.34 V) , فما قيمة جهد الخلية المكونة من قطب نحاس وقطب هيدروجين قياسيين ؟----------

---

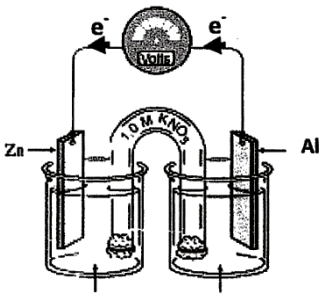
5 - أراد طالب أن يطلي ميدالية من الحديد بطبقة من النحاس في مختبر الكيمياء ,
فقام الطالب بتركيب خلية إلكتروليتية (التي تظهر في الشكل)
وبعد مرور فترة زمنية مناسبة وجد أنه لم تحدث عملية الطلاء .



✍ ما الأخطاء التي تظهر في الشكل الذي يمثل الخلية ؟ مع تصويبها .

✍ أكتب التفاعل الحادث عند الكاثود بعد تصويب الأخطاء .
---

6 - ادرس الخلية الفولتية التالية وأجب عما يلي :



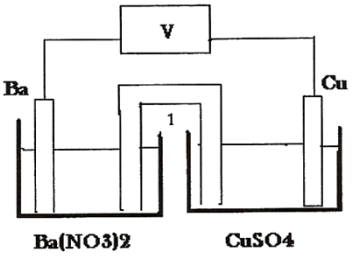
✍ اقترح محلولين لكل من نصفي الخلية . ----------
✍ إذا علمت جهد اختزال كاتيونات الألومنيوم (1.66 V-) وأن قراءة الفولتمير (0.9 V)
احسب جهد أكسدة الخارصين . ----------

✍ وضح بالمعادلة التفاعل الكاثودي . ----------
✍ ماذا يحدث لاتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الخارجية لو استبدل لوح الخارصين
بلوح من الفضة . ----------

7 - المعادلة الآتية ($2Al + 3Zn^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Zn$) تمثل الذي يحدث في خلية فولتية أدرسها وأجب عما يليها :
✍ حدد كلاً من الأنود والكاثود . ----------
✍ أكتب التفاعل الذي يحدث عند الأنود . ----------
✍ حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية . ----------

8 - عند التحليل الكهربائي لمصهور الألومينا لإنتاج الألومنيوم .
✍ ما نوع المادة التي يتكون منها كلاً من الأنود والكاثود . ----------
✍ ما المادة التي تذاب فيها الألومينا النقية . ----------

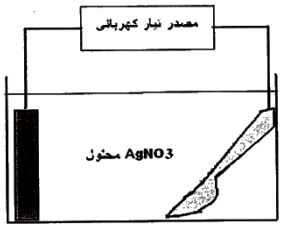
9 - تأمل الرسم المجاور الذي يمثل خلية فولتية , وأجب عما يلي :



1 - ما الجزء الذي يمثله الرقم 1 في الخلية ؟ ----------
2 - اكتب تفاعل كل من الأنود والكاثود ,
علماً بأن جهود الاختزال هي Ba^{2+} = -2.90 V , Cu^{2+}= 0.34 V
---
3 - احسب جهد الخلية .

---

10 -تأمل الخلية التالية التي تمثل عملية طلاء كهربائي لمعلقة من الحديد بطبقة من الفضة .



وأجب عن الأسئلة التالية :
1 - ما القطب الذي توصل به المعلقة ؟ ----------
2 - ماذا يحدث لكتلة الأنود ؟ ----------
3 - اكتب التفاعل الذي يحدث عند المعلقة ؟
---

11 -الجدول الآتي يحتوي على قيم جهود الاختزال القياسية لبعض الأيونات ، ادرسه ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

جهد الاختزال القياسي E^o (بالفولت)	تفاعل نصف الخلية
+ 0.34	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$
− 0.41	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$
− 1.66	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$
− 2.93	$K^+ + e^- \rightarrow K$
− 0.23	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$

☺ برر عدم جدوى خلية فولتية مكونة من Cu/Cu^{2+} // Ni^{2+}/Ni

☺ ما قيمة جهد الخلية المكونة من Al و Fe ؟

☺ ما الأيون الذي يؤكسد البوتاسيوم ولا يؤكسد الحديد؟ --------
☺ اختر فلزين من الجدول يمكن استخدامهما لعمل خلية فولتية
لها أعلى جهد كهربائي E^o ----------

12 خلية فولتية مكونة من قطب من (Mg) في محلول كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$ وقطب من (Cu) في محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ أجب عما يلي :

أولاً : بين بالرسم

الكاثود والأنود . ----------

اتجاه حركة الإلكترونات . ----------

ثانياً : احسب جهد الخلية علما بأن جهدي الاختزال Mg^{+2} (E° = - 2.37 V) , Cu^{+2} (E° = 0.34 V) .

---

13 خلية فولتية مكونة من قطب كادميوم في محلول كبريتات الكادميوم $CdSO_4$ وقطب ألومنيوم في محلول كبريتات الألومنيوم $Al_2(SO_4)_3$ وعلماً بأن ($E^{\circ}_{Cd^{+2}}$ = - 0.40 V) , ($E^{\circ}_{Al^{+3}}$ = - 1.66 V) أجب عما يلي :

أولاً : بين بالرسم

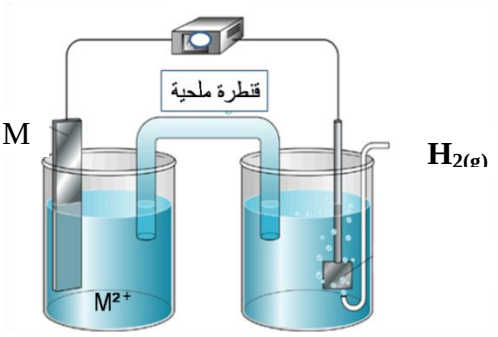
الكاثود والأنود . ----------

اتجاه حركة الإلكترونات . ----------

ثانياً : اكتب المعادلة النهائية للتفاعل .

---

14 الشكل التالي يمثل خلية فولتية قطب الهيدروجين القياسي فيها هو الكاثود والفلز M هو الأنود. تمعن الشكل جيداً ثم أجب عما يلي :



قطب الهيدروجين القياسي

1 - حدد اتجاه حركة الالكترونات على الرسم في الدائرة الخارجية.

2 - اكتب معادلة التفاعل عند كل من :

الأنود :- .....

الكاثود:- .....

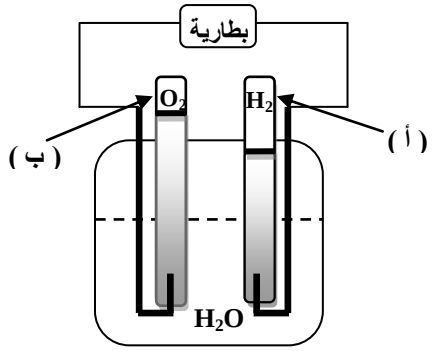
3 - إذا كانت قيمة جهد الخلية (0.23V) ، احسب E° للفلز M

.....

4 - اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية .

.....

15 الشكل المجاور يوضح خلية التحليل الكهربائي للماء.



ادرسه وأجب عما يلي:

1- ما الرمز الذي يمثل كل من كل من :

الأنود ..... الكاثود .....

2- اكتب معادلة التفاعل عند الأنود.

.....

3- هل عملية التحليل الكهربائي للماء تلقائية ؟

.....

16 معتمداً على البيانات في الجدول التالي الذي أجب عن الفقرات التي تليها :

أنصاف الخلايا	Fe^{2+} / Fe	Cr^{3+} / Cr	Ag^{+} / Ag	Al^{3+} / Al
جهد الاختزال(فولت)	-0.41	-0.74	+0.80	-1.66

1 - ما العنصران اللذان يمكن استخدامهما لتكوين خلية فولتية لها أعلى جهد كهربائي؟

.....

2 - ما اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية السابقة ؟ .....

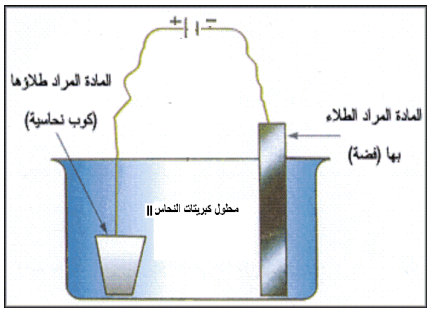
3 - اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية المكونة من قطبي الكروم والهيدروجين .

.....

4 - اكتب التفاعلات النصفية عند القطبين للخلية الواردة في الفقرة 3

الأنود :- ..... الكاثود:- .....

17 ـ أراد طالب طلاء كوب من النحاس بطبقة من الفضة
فركب خلية الكتروليتية كما في الشكل المجاور ،
وبعد مرور فترة زمنية مناسبة لم يلاحظ حدوث الطلاء .
موظفاً الشكل أجب عن الفقرتين التاليتين :



1- ما الذي ينبغي تعديله لكي تتم عملية الطلاء؟
* ..... * .....
2- اكتب معادلة التفاعل الحادثة عند لكل من الأنود والكاثود بعد التعديل .
الأنود :- ..... الكاثود:- .....
3- صف ما يحدث لكل من الأنود والكاثود بالخلية بعد التعديل. .....

18 ـ الجدول الآتي يحتوي على قيم جهود الاختزال القياسية لبعض الأيونات , أدرسه ثم وظفه للإجابة عما يلي :

تفاعل نصف الخلية	E° (V)
$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$	+ 0.34
$Pb^{+2} + 2e^- \rightarrow Pb$	- 0.13
$Mg^{+2} + 2e^- \rightarrow Mg$	- 2.37
$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn$	- 0.76
$Al^{+3} + 3e^- \rightarrow Al$	- 1.66

1 - أي الأيونات في الجدول الأقوى كعامل مؤكسد ؟ ----------
2 - أي فلزين من الجدول يمكن استخدامهما لعمل خلية فولتية لها أعلى جهد كهربائي ؟ ----------
3 - حدد الكاثود في الخلية في الفقرة (2) ؟----------
4 - إذا حدث التفاعل $Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$
اكتب التفاعل الذي يحدث على الأنود ؟----------
5 - ماذا يحدث لكتلة لوح النحاس في الخلية في الفقرة 4 (تزداد أم تقل)
----
6 - احسب جهد الخلية في الفقرة (4)
----

19 ـ الجدول الآتي يحتوي على قيم جهود الاختزال القياسية لبعض الأيونات , أدرسه ثم وظفه للإجابة عما يلي :

تفاعل نصف الخلية	E° (V)
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+ 0.80
$Fe^{+3} + 3e^- \rightarrow Fe$	- 0.04
$Cr^{+3} + 3e^- \rightarrow Cr$	- 2.37
$Al^{+3} + 3e^- \rightarrow Al$	- 1.66
$Ca^{+2} + 2e^- \rightarrow Ca$	- 2.76

1 - أي فلزين من الجدول يمكن استخدامهما لعمل خلية فولتية لها أعلى جهد كهربائي ؟ ----------
2 - أي الأيونات في الجدول هو الأقوى كعامل مؤكسد ؟ ----------
3 - إذا حدث التفاعل $3Ag^+ + Fe \rightarrow Fe^{+3} + 3Ag_{(s)}$ في خلية
حدد الكاثود ؟----------
4 - اكتب التفاعل الذي يحدث على الأنود في الخلية الواردة في الفقرة السابقة؟
----
5 - ماذا يحدث لكتلة لوح الفضة Ag في الخلية في الفقرة 3 (تزداد أم تقل)----------
6 - احسب جهد الخلية في الفقرة (3)
----

20 ـ الجدول الآتي يتضمن عدد من الخلايا الكهروكيميائية وقيم الجهود الكهربائية القياسية لها، أدرسه وأجب عن الأسئلة التي تليه:

رقم الخلية	الخلية	جهد الخلية(E°)/ فولت
1	$Cu_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)}$	- 0.48
2	$Ni_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)}$	- 0.53
3	$Ni_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)}$	+ 0.57
4	$Mg_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni_{(s)} + Mg^{2+}_{(aq)}$	+ 2.14

1 - أي الأيونات السابقة في الجدول يمكن اعتباره العامل المؤكسد الأقوى .....
2 - أي الفلزات السابقة في الجدول يعتبر العامل المختزل الأضعف .....
3 - أي الخلايا السابقة يمكن اعتبارها خلية إلكتروليتية؟..... و .....
4 - اختر فلزاً يمكن أن يتأكسد بواسطة أيونات النيكل(Ni^{2+}) ولا يتأكسد بأيونات المغنيسيوم(Mg^{2+}).....
5 - فسر عدم تفاعل النحاس مع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف؟ .....
.....

21 ـ اكتب وجهي اختلاف ووجهي تشابه بين خلية خارصين ـ كربون الجافة والبطارية القلوية :

خلية خارصين ـ كربون الجافة	أوجه التشابه	البطارية القلوية
1 - ----------	1 - ----------	1 - ----------
2 - ----------	2 - ----------	2 - ----------