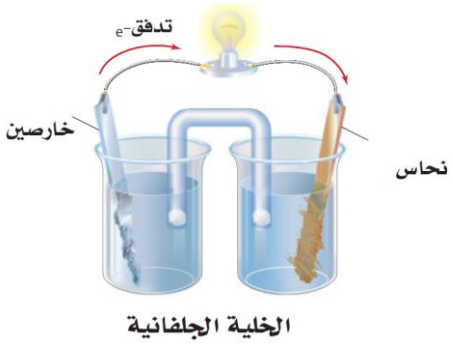
القسم (3) التحليل الكهربائي

سبق أن تعلمت أن تفاعل الأكسدة والاختزال في الخلايا الفولتية يكون تلقائي ، وجهدها يكون موجب .

لكن ... في الخلايا الإلكتروليتية (التحليلية) يحدث عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي ، ويكون جهد الخلية سالب .

وجه المقارنة / الخلايا	الفولتية (الجلفانية)	الإلكتروليتية (التحليلية)
أمثلة	خلايا الخارصين – كربون الجافة البطاريات القلوية بطاريات الفضة بطاريات NiCad بطاريات الليثيوم خلايا الوقود بطارية التخزين رصاص – حمض (عملية التفريغ) تآكل الفلزات	خلية تحليل الماء بالكهرباء خلية تحليل مصهور NaCl خلية تحليل محلول NaCl تنقية الخامات خلية إنتاج Al الطلاء الكهربائي بطارية التخزين رصاص – حمض (عملية الشحن)
تحويل الطاقة		
تلقائية التفاعل		
إشارة جهد الخلية		
التوصيل بمصدر جهد خارجي		
الأنود		
الكاثود		
اتجاه حركة الإلكترونات		
شكلها	 الخلية الجلفانية	خلية التحليل الكهربائي

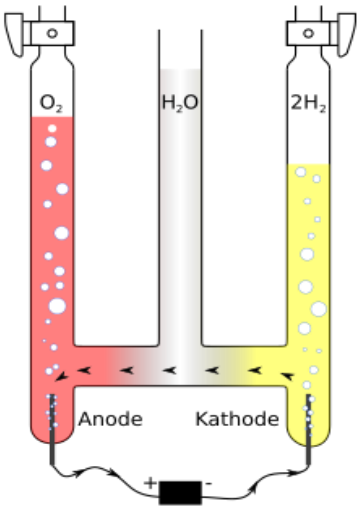
التحليل الكهربائي : هو استخدام الطاقة الكهربائية للحصول على تفاعل كيميائي مرغوب .

أمثلة

1- التحليل الكهربائي للماء :

ويتم ذلك في خلية (هوفمان) حيث يتحلل الماء إلى مكوناته بواسطة التيار الكهربائي والجهد المطبق على الخلية .

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



2- التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl :

ويتم ذلك في خلية (داون) ، حيث يستخدم التيار الكهربائي في تحليل مصهور كلوريد الصوديوم إلى عناصره النقيه .

اكتب المعادلة المتوقعة : .....

من استخدامات الكلـــور : تنقية مياه الشرب

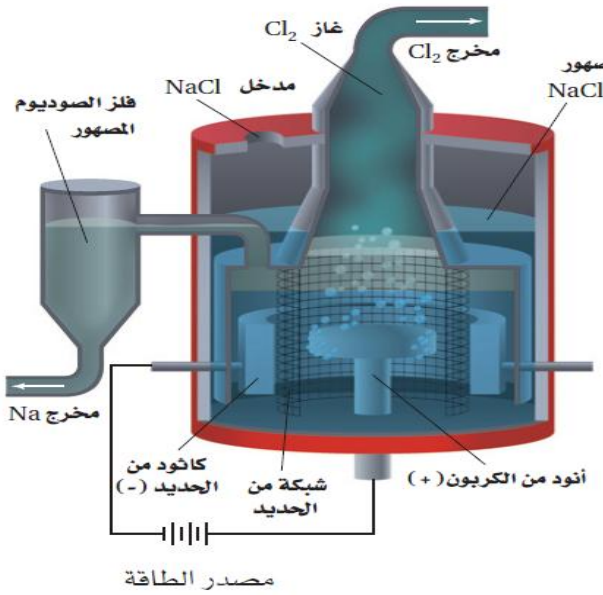
تعقيم مياه المسابح

صناعة المنظفات ، البلاستيك ، مبيدات الحشرات ، الأنسجة ، الأصباغ والدهانات .

من استخدامات الصوديوم : مبرد في التفاعلات النووية

مصابيح بخار الصوديوم

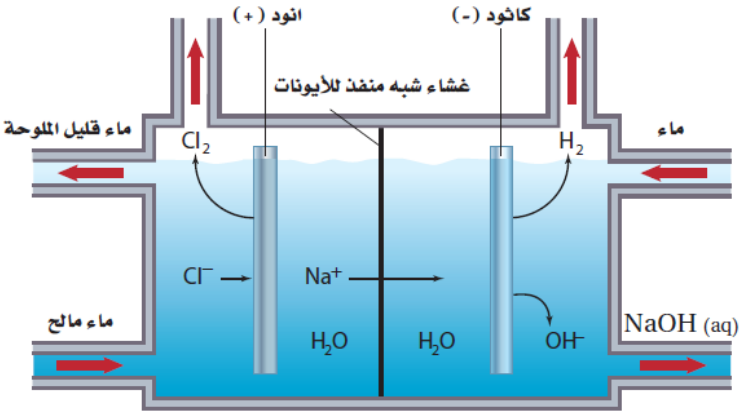
انتاج العديد من الأملاح المستخدمة في الأطعمة والمنتجات الغذائية .

شكل الخلية	ملاحظات
 خلية داون Down's cell	أنود : كاثود : إلكتروليت : تفاعل الأنود (أكسدة) : تفاعل الكاثود(اختزال) : التفاعل النهائي : .....

3- التحليل الكهربائي لمحلول NaCl المائي :

يتم تحليل المحلول الملحي (ماء البحر) في خلية تحليل كهربائي خاصة .

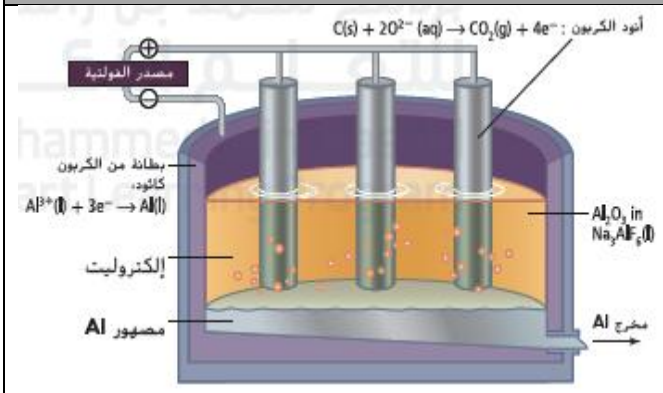
التفاعل النهائي الحادث هو: $2\ H_2O + 2\ NaCl \longrightarrow H_2 + Cl_2 + 2\ NaOH$

شكل الخلية	ملاحظات
	الأنود : لوح من فلز أو جرافيت الكاثود : لوح من فلز أو جرافيت الإلكتروليت : المحلول المائي لكلوريد الصوديوم تفاعل الأنود : من الممكن حدوث تفاعلي أكسدة : $2\ H_2O \longrightarrow O_2 + 4\ H^+ + 4\ e^-$ $2\ Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\ e^-$ لكن يتم الحفاظ على تركيز عال من Cl^- لتفضيل التفاعل الثاني تفاعل الكاثود : من الممكن حدوث تفاعلي اختزال : $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$ $2\ H_2O + 2\ e^- \longrightarrow H_2 + 2\ OH^-$ لكن سيحدث التفاعل الثاني لأن جهد اختزال الماء أكبر .

يستخدم غاز الكلور الناتج عند الأنود في صناعة منتجات بولي كلوريد الفنيل PVC

4- إنتاج الألومنيوم :

يمكن الحصول على الألومنيوم من التحليل الكهربائي لخام البوكسيت في خلية تسمى (.....)

مكوناتها	تفاعلاتها	شكل الخلية
أنود :	تفاعل الأنود (أكسدة) : $2\ O^{2-} \longrightarrow O_2 + 4\ e^-$	
كاثود :	تفاعل الكاثود (اختزال) : $Al^{3+} + 3\ e^- \longrightarrow Al$	
الإلكتروليت :	وبسبب الحرارة العالية يتفاعل الكربون مع الأكسجين $C + O_2 \longrightarrow CO_2$	

يُضاف مصهور الكريوليت وبعض الألمنيوم المعاد تدويره إلى أكسيد الألمنيوم في هذه الخلية . (علل)

.....

يتم تبديل أقطاب الكربون بشكل دوري . (علل)

.....

عملية إعادة تدوير الألمنيوم أفضل من استخلاصه من خاماته . (علل)

.....

5- تنقية الخامات :

يمكن استخدام التحليل الكهربائي أيضاً في تنقية الفلزات .

يتواجد النحاس في الطبيعة على شكل خامات مثل الكالكوبايرايت $CuFeS_2$ والكالكوسيت CuS والمالاكيت $Cu_2CO_3(OH)_2$.

الكالكوسيت (كبريتيد النحاس(II)) هو الأكثر وفرة بينها ، ويمكن تسخينه بقوة في وجود الأكسجين للحصول على النحاس النقي :

.....

يكون النحاس الناتج غير نقي ، وتتم عملية تنقيته من الشوائب في خلية تحليل كهربائي .

الأنود :

الكاثود :

الإلكتروليت :

آلية عملها : .....

.....

6- الطلاء بالكهرباء : الهدف الرئيس من الطلاء الكهربائي هو .....

يمكن طلاء جسم معدني بأحد الفلزات قليلة النشاط مثل :

..... أو ..... أو ..... أو .....

مثال : طلاء شوكة بالفضة .

الأنود :

الكاثود :

الإلكتروليت :

أسئلة وتمارين لمراجعة القسم (3)

1- فسر سبب اختلاف نواتج التحليل الكهربائي لكلٍ من محلول ومصهور NaCl .

.....

.....

2- فسر لماذا يحتاج إنتاج كيلوجرام واحد من أيونات الفضة بواسطة التحليل الكهربائي إلى طاقة كهربائية أقل بكثير من تلك المطلوبة لإنتاج كيلوجرام واحد من أيونات الألومنيوم .

.....

.....

.....

.....

3- احسب جهد خلية داون . هل يجب أن يكون هذا الجهد موجباً أو سالباً ؟ وضح .

.....

.....

.....

.....

4- عرف التحليل الكهربائي . واربطه مع تلقائية تفاعل الأكسدة والاختزال .

.....

.....

5- كيف يمكن عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي لخلية جلفانية ؟

.....

.....

6- أين يحدث تفاعل الأكسدة في خلية تحليل كهربائي ؟

.....

7- اكتب تفاعلات خلية داون . ما المواد الناتجة عن هذه العملية ؟

.....

.....

.....

8- لماذا يستعمل التحليل الكهربائي لماء البحر في جميع أنحاء العالم بكميات كبيرة ؟

.....

9- صف ما يحدث عند الأنود والكاثود في التحليل الكهربائي لمحلول KI ؟

.....

.....

10- أين تحدث الأكسدة في الشكل المقابل ،

والذي يمثل طلاء مفتاح بالنحاس ؟

11- عند تنقية النحاس بالتحليل الكهربائي ، ما العوامل التي تحدد أي قطعة نحاس هي الأنود ، وأيهما الكاثود ؟

.....

.....

12- تنتج خلية تحليل كهربائي أبخرة البروم و غاز الهيدروجين خلال عملية تحليل كهربائي . وقد تبين بعد انتهاء التحليل الكهربائي أن الخلية تحتوي على محلول مركز من هيدروكسيد البوتاسيوم . ما محتويات الخلية قبل عملية التحليل الكهربائي ؟

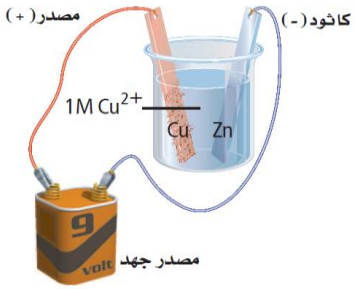
.....

13- في الشكل المقابل ، أي قطب يزيد حجمه ؟ اكتب المعادلة .

....

أي قطب يقل حجمه ؟ اكتب المعادلة .

....



اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.

جهود الاختزال القياسية لبعض أنصاف الخلايا عند 25°C و1M	
الاسم	E^0 (V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.372
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.662
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.1262
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	0.851

1. أي الأيونات الآتية أسهل اختزالاً؟

a. Mg^{2+} **b.** Hg^{2+}

c. Ag^+ **d.** Al^{3+}

2. اعتمادًا على جهود الاختزال القياسية الموضحة في الجدول، أي رمز للخلية يمثل خليته الجلفانية بصورة صحيحة؟

a. $Ag|Ag^+ \,||\, Al^{3+}|Al$

b. $Mg|Mg^{2+} \,||\, H^+|H_2$

c. $H_2|H^+ \,||\, Pb^{2+}|Pb$

d. $Pb|pb^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$

3. خلية جلفانية تتكون من قضيب من الماغنسيوم مغموس في محلول أيونات Mg^{2+} تركيزه 1M، وقضيب من الفضة مغموس في محلول أيونات Ag^+ تركيزه 1M. ما الجهد القياسي لهذه الخلية؟

a. 1.572 v **b.** 3.172 v

c. 0.773 v **d.** 3.971 v

4. لو افترضنا توافر الشروط القياسية، فأي الخلايا الآتية تعطي جهدًا مقداره 2.513 V؟

a. $Al|Al^{3+} \,||\, Hg^{2+}|Hg$

b. $Hg^{2+}|Hg \,||\, H_2|H^+$

c. $Mg|Mg^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$

d. $Pb|pb^{2+} \,||\, Ag|Ag^+$

5. أي العبارات الآتية غير صحيحة؟

a. البطاريات نماذج مضغوطة من الخلايا الجلفانية.

b. البطاريات الثانوية من بطاريات التخزين.

c. يمكن أن تتكون البطاريات من خلية واحدة.

d. تفاعل الأكسدة والاختزال في البطاريات التي يمكن إعادة شحنها تفاعل معكوس.

6. ما الذي تتوقع حدوثه إذا غمرت شريحة من الفضة في محلول مائي يحتوي أيونات Cu^{2+}؟

a. عدم حدوث تفاعل

b. تأكسد الفضة

c. يترسب النحاس على شريحة الفضة

d. اختزال أيونات النحاس

7. ما المادة التي تتكون على المهبط عند التحليل الكهربائي لمحلول مائي من Na Cl؟

a. اليود

b. الأكسجين

c. الهيدروجين

d. البوتاسيوم

8. ما الذي يحدث عند وضع قطعة من الخارصين Zn في محلول $Cu(NO_3)_2$ 1.0 M؟

a. يقل $[Cu^{2+}]$

b. يقل $[Zn^{2+}]$

c. يزداد $[NO_3^-]$

d. لا يحدث تغير

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة من 9 إلى 11.

9. حدد القطب الموجب والقطب السالب في هذا الجهاز.

10. اكتب نصف تفاعل الأكسدة.

11. اشرح وظيفة القنطرة الملحية في هذا الجهاز.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الجدول الآتي في الإجابة عن السؤال 12.

جهود اختزال قياسية مختارة عند $25^\circ C$ و $1atm$ وتركيز $1\,M$	
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.744

12. إذا وصّل قطب فضة بقطب كروم في خلية جلفانية فأي القطبين سيتأكسد، وأيهما سيختزل؛ اعتمادًا على جهود الاختزال القياسية أعلاه؟ فسر إجابتك.

أسئلة لمراجعة القسم (3)

1- في الخلية المستخدمة لطلاء جسم بالفضة ، فلز Ag :

يختزل عند الأنود يتأكسد عند الأنود يترسب عند الأنود يتأكسد عند الكاثود

2- المادة التي تنتج عند الأنود في خلية التحليل الكهربائي للماء هي :

الهيدروجين ايونات الهيدروكسيد أيونات الأكسيد O^{2-} الأكسجين

3- المواد التي تنتج – على الترتيب – عند الأنود خلال عملية التحليل الكهربائي للماء والتحليل الكهربائي لمصهور البوكسيت :

غاز الهيدروجين والألمنيوم غاز الأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون

أيونات الهيدرونيوم غاز الأكسجين والألمنيوم

4- المواد التي تنتج – على الترتيب – عند الكاثوم خلال عملية التحليل الكهربائي للماء والتحليل الكهربائي لمصهور البوكسيت :

غاز الهيدروجين والألمنيوم غاز الأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون

أيونات الهيدرونيوم غاز الأكسجين والألمنيوم

5- في الخلية التحليلية (الإلكتروليتية) تحدث الأكسدة عند :

الأنود الكاثود إما الأنود أو الكاثود للأنود والكاثود معاً

6- في أي خلية يؤدي التيار الكهربائي إلى تفاعل أكسدة–اختزال غير تلقائي ؟

خلية الوقود خلية فولتية الخلية الجافة الخلية الإلكتروليتية

7- في الخلية الإلكتروليتية يكون الأنود ؟

سالب الشحنة موجب الشحنة إما موجبا أوسالبا ليس له شحنة

8- تنتج الخلية القابلة لإعادة الشحن طاقة عندما ؟

تفرغ تشحن تكون القنطرة الملحية في موقعها تكون دائرتها الخارجية مغلقة

9- مصدر الطاقة للخلية الإلكتروليتية ؟

التفاعل الذي يحدث في الخلية الإلكتروليتية تيار مباشر خارجي مثل البطارية

تحرك أيونات وانتقالها في الإلكتروليت تحرك الإلكترونات وانتقالها في الإلكتروليت

10- – عند شحن بطارية سيارة ، تتحول الطاقة :

الكهربائية إلى حرارية الحركية إلى كيميائية

الكهربائية إلى كيميائية الحركية إلى حرارية

11- أي ذرة من التالية يمكنها أن تكون أيوناً ينتقل باتجاه الكاثود في خلية إلكتروليتية ؟

I Cl Cu F

12- تم بناء خلية فولتية باستخدام فلزي الكروم والحديد (II) : $2\ Cr + 3\ Fe^{2+} \longrightarrow 2\ Cr + 3\ Fe$ ، أي من التالية صحيح ؟

تنتقل الإلكترونات من قطب الحديد إلى قطب الكروم

تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية من نصف خلية الحديد إلى نصف خلية الكروم

تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية من نصف خلية الكروم إلى نصف خلية الحديد

يتآكل قطب الحديد ، وتزيد كتلة قطب الكروم

13- يحدث نقل للشحنة عبر محلول إلكتروليتي بواسطة :

حركة الإلكترون حركة الأقطاب حركة البروتون حركة الأيون

14- عندما يعاد شحن خلية قابلة لإعادة الشحن فإنها تعمل كخلية :

فولتية إلكتروليتية وقود جلفانية

15- مستخدماً الجدول المقابل ، أي من التفاعلات التالية لا يحدث تلقائياً ؟

القطب	Au	Mg	Cu
جهد الإختزال (V)	1.5	- 2.4	0.34

$Mg + Cu^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Cu$

$2\ Au + 3\ Cu^{2+} \longrightarrow 2\ Au^{3+} + 3\ Cu$

$3\ Cu + 2\ Au^{3+} \longrightarrow 3\ Cu^{2+} + 2\ Au$

$3\ Mg + 2\ Au^{3+} \longrightarrow 3\ Mg^{2+} + 2\ Au$

16- الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي ، تعتبر :

فولتية إلكتروليتية جلفانية حرارية

17- في الخلايا التحليلية يعتبر القطب السالب هو :

الأنود الكاثود إما الأنود أو الكاثود الإلكتروليت

18- ما الذي يتكون عند الأنود والكاثود – على الترتيب – في خلية التحليل الكهربائي للماء ؟

أكسجين و ماء أكسجين و هيدروجين هيدروجين و ماء هيدروجين و هيدروكسيد

19- تسمى خلية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl بإسم :

خلية هوفمان خلية هول هيرولت

خلية فولتا خلية داون

20- الأنود و الكاثود و الإلكتروليت – على الترتيب – في خلية التحليل الكهربائي لمصهور NaCl هي :

NaOH - Fe - C NaCl - Fe - C Fe - C - NaCl Fe - NaCl - C

21- في خلية التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم :

تختزل أيونات الكلوريد و تتأكسد ذرات الصوديوم تتأكسد أيونات الكلوريد و تختزل جزيئات الماء

تختزل أيونات الكلوريد وتتأكسد جزيئات الماء تختزل أيونات الصوديوم وتختزل جزيئات الماء

22- في خلية التحليل الكهربائي لمحلول NaCl أي التفاعلات التالية يحدث عند الكاثود ؟

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

$$2\ H_2O + 2\ e^- \longrightarrow H_2 + 2\ OH^-$$

$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na$$

$$2\ Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\ e^-$$

23- في خلية تنقية النحاس، يكون قطب النحاس النقي ومحلول أيونات النحاس على الترتيب :

أنود وإلكتروليت كاثود وإلكتروليت أنود وكاثود كلاهما كاثود

24 – تحتوي خلية الطلاء بالكهرباء على محلول من :

ملح الفلز المراد الطلاء به ملح الجسم المراد طلاؤه حمض الكبريتيك مادة لا توصل الكهرباء

25- عندما يتم طلاء فلز معين بفلز الفضة فإن Ag^+ :

يتأكسد عند الأنود يتأكسد عند الكاثود يختزل عند الأنود يختزل عند الكاثود

26- في خلية الطلاء الكهربائي ، فإن ملح فلز الطلاء يكون :

أنود كاثود إلكتروليت قنطرة ملحية

27- في خلية تنقية الفلزات يكون الأنود و الكاثود – على الترتيب – :

الفلز المحتوي على شوائب و الفلز النقي الفلز النقي و الفلز المحتوي على شوائب

كلاهما جرافيت كربون و حديد

28- في خلية داون ، أي من التالية صحيح ؟

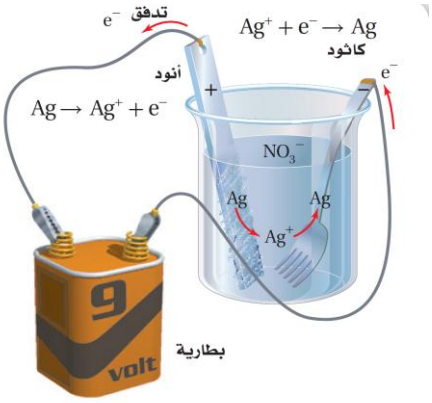
يكون الكاثود كربون تختزل أيونات Cl^- عند الأنود

تختزل أيونات Na^+ عند الأنود تتأكسد أيونات Cl^- عند الأنود

29 – أي عملية ترسب فلزاً على سطح ؟

التفكك الطلاء بالكهرباء الأكسدة الاتحاد

30- الشكل المقابل يمثل عملية طلاء شوكة بالفضة ، أي من التالية غير صحيح ؟



تقل كتلة لوح الفضة بمرور الزمن

توصل الشوكة بالقطب الموجب للبطارية

الإلكتروليت يمكن أن يكون سيانيد الفضة

تنتقل أيونات الفضة (بعد اختزالها) من المحلول إلى الشوكة

31- لماذا يجب التحكم في التيار الذي يمر عبر خلية الطلاء الكهربائي بعناية ؟

لزيادة كفاءة البطارية — للحصول على طبقة فلز ناعمة

حتى لا تنفجر البطارية — لتوفير الطاقة الكهربائية

32- أكمل الجدول التالي :

	الخلية الإلكتروليتية	المادة المتكونة عند الأنود	المادة المتكونة عند الكاثود
1	تحليل الماء		
2	تحليل مصهور كلوريد الصوديوم		
3	تحليل مصهور بروميد البوتاسيوم		
4	تحليل محلول كلوريد الصوديوم المائي		
5	استخلاص الألمنيوم من خام البوكسيت		
6	تنقية النحاس من الشوائب		
7	طلاء شوكة بطبقة فضة		

33- إذا تم إمرار تيار كهربائي في محلول يحتوي على الأيونات التالية ، أيها سيتم اختزاله أولا ؟

H^+ — Mg^{+2} — Cu^{+2} — Al^{+3}

34- أي التالية هو إلكتروليت مناسب في عملية طلاء ميدالية نحاسية بالفضة ؟

H_2SO_4 — $Ag(NO_3)_2$ — $Cu(NO_3)_2$ — $CuSO_4$

35- ما الأنود والكاثود في خلية تحليل ماء البحر كهربائياً ؟

كربون وحديد — كلاهما كربون — كلاهما حديد — الكربون و ماء البحر