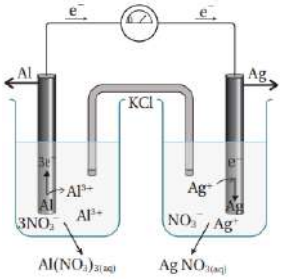
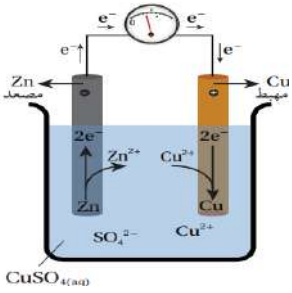
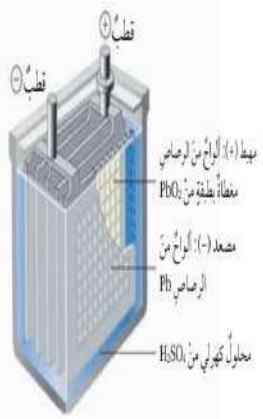
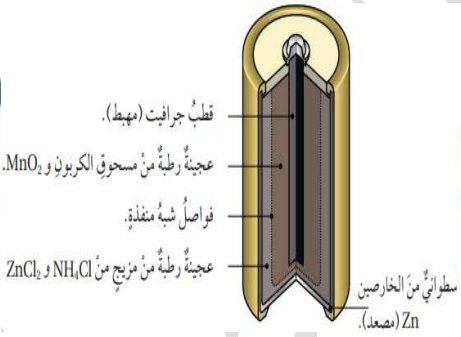
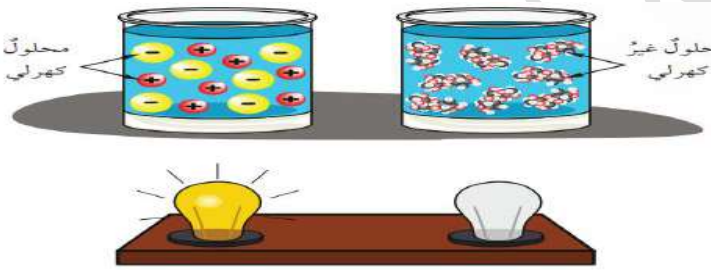
الكيمياء الكهربائية

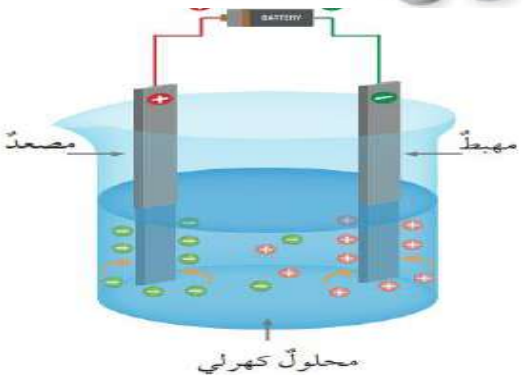












مكونات الوحدة

- التاكسد و الأختزال و الخلايا الجلفانية
- خلايا التحليل الكهربائي

الفكـــرة العامـــة للوحـــدة : تعـــد تفـــاعلات التأكســـد و الأختـــزال شـــائعة فـــي الطبيعـــة و ضـــرورية فـــي الصـــناعة و تتضـــمن انتقـــال الإلكترونـــات مـــن المـــادة التـــي تتأكســـد إلـــى المادة التي تختزل و يصاحب ذلك انتاج طاقة كهربائية أو استهلاكها

التاكسد و الأختزال و الخلايا الجلفانية

الدرس الأول

الأفكار الأساسية في الدرس

- مفهوم التأكسد و الأختزال
- العامل المؤكسد و العامل المختزل
- الخلايا الكهركيميائية
- تطبيقات الخلايا الجلفانية

الفكرة الرئيسة للدرس : توصف المادة بأنها متأكسدة أو مختزلة بالاعتماد على (كسب و فقد الأكسجين أو كسب و فقد الإلكترونات) ويسمى التفاعل الحاصل تفاعل تأسكد و اختزال حيث تتحول فيه الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية

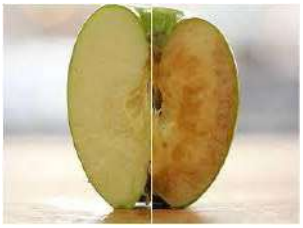
مفهوم التأكسد و الأختزال

تعد تفاعلات التأكسد و الأختزال من أكثر التفاعلات الشائعة في حياتنا اليومية ومن الأمثلة عليها ما يلي :

1- صدأ الحديد

2- احتراق الفحم

3- تحول لون قطعة التفاح إلى اللون البني



منهاجي
متعة التعليم الهادف

مفهوم التأكسد و الأختزال بالإعتماد على الأكسجين

- نلاحظ أن جميع الأمثلة السابقة كانت ترتبط بشكل مباشر بتفاعل المادة مع غاز الأكسجين(O_2)
- وبذلك اعتمد الكيميائيون (قديماً) مفهوم التأكسد بلإعتماد على الأكسجين وقسم إلى نوعين

1- تفاعل العنصر مع الأكسجين منتجاً أكسيد العنصر (كما في تفاعلات الفلز مع الأكسجين بالدرس الأول في الوحدة السابقة)

فلزٌّ + غازِ الأكسجينِ ⟵ أكسيد الفلز

2- تفاعل التنافس على الأكسجين (تفاعل أكسيد الفلز مع عنصر آخر نفسه تفاعل الإحلال)

$$Mg + CuO \longrightarrow MgO + Cu$$

من الأمثلة على تفاعلات التأكسد (بلإعتماد على الأكسجين ما يلي)

1- تفاعل فلز النحاس Cu مع غاز الأكسجين O_2 لإنتاج أكسيد النحاس كما في التفاعل التالي

$$2Cu_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CuO_{(s)}$$

يشير التفاعل إلى ارتباط ذرة النحاس مع الأكسجين و هذه يعني أن عنصر النحاس تأكسد (ارتبط بذرة أكسجين)

2- تفاعل فلز الخارصين مع أكسيد النحاس لإنتاج أكسيد الخارصين و راسب النحاس وهذه يعني أن الخارصين قد تأكسد في حين أن أكسيد النحاس كما في التفاعل التالي CuO قد تحول إلى Cu وذلك بنزع ذرة الأكسجين منه (وهذه يعني اختزال أيون Cu^{2+})

$$CuO_{(s)} + Zn_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

يشير التفاعل إلى ارتباط ذرة الخارصين مع الأكسجين و هذه يعني أن عنصر الخارصين تأكسد (ارتبط بذرة أكسجين)

- نستنتج من الأمثلة السابقة أن تعريف عملية التأكسد يعتمد بشكل كبير على عنصر الأكسجين وأن عملية التأكسد يرافقها عملية معاكسة لها تسمى الأختزال

- التأكسد : عملية اتحاد أو ارتباط العنصر (أو المركب) بالأكسجين
- الأختزال : عملية نزع الأكسجين من المركب
- تفاعلات التأكسد و الأختزال : هو التفاعل الذي تحدث فيه عمليتان مترافقتان إحداهما تأكسد و الأخرى اختزال

نستنتج مما سبق أن كل عملية تأكسد ترافقها عملية اختزال

بعض الأمثلة لتثبيت الأفكار

مثال 1

يستخدم تفاعل الثيرمايت في تفاعل السكك الحديدية إذ ينتج من هذه التفاعل كمية كبيرة من الطاقة الحرارية الكافية لصهر الحديد ما يتيح صب الحديد المصهور مباشرة في الشقوق في مسار سكة الحديد و الثيرمايت هوتفاعل أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 مع فلز الألمنيوم منتجاً أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 وفلز الحديد أحدد المادة التي تأكسدت و المادة التي اختزلت في المعادلة التالية :

$$Fe_2O_3 + 2\,Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3$$

الحل :

وفق دراستي لمفهوم التأكسد و الأختزل (بالإعتماد على الأكسجين) يتبين لنا أن المادة التي تكسب أكسجين (تتفاعل مع الأكسجين) يحدث لها تأكسد و وأن المادة التي تفقد الأكسجين يحدث لها اختزال

وبالتالي فإن عملية التأكسد تحدث على ذرة الألمنيوم Al (تتحول إلى أكسيد الألمنيوم Al_2O_3)

وعملية الأختزال تحدث على أيون الحديد Fe^{+3} في أكسيد الحديد Fe_2O_3 (يتحول إلى عنصر الحديد Fe)

سؤال أتحقق ص41 : أحدد المادة التي تأكسدت وتلك المادة التي اختزلت في معادلة تفاعل أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 مع الكربون C :

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Fe_{(l)} + 3CO_{2(g)}$$

الحل :

تحدث عملية التأكسد على ذرة الكاربون C

بينما تحدث عملية الأختزال على أيون الحديد Fe^{+3} في أكسيد الحديد Fe_2O_3

منهاجي
متعة التعليم الهادف

مثال 2 (إضافي) : أحدد المادة التي تأكسدت وتلك المادة التي اختزلت في معادلة تفاعل أكسيد الخارصين ZnO مع الكاربون C :

$$ZnO + C \rightarrow Zn + CO$$

الحل :

تحدث عملية التأكسد على ذرة الكاربون C

بينما تحدث عملية الأختزال على أيون الخارصين Zn^{2+} في أكسيد الخارصين ZnO

بعض الملاحظات المهمة بالنسبة لتفاعلات التأكسد و الأختزال بالإعتماد على ذرة الأكسجين :

1- تسمى المادة التي يحدث لها عملية تأكسد بالذرات

2- تسمى المادة التي يحدث لها عملية اختزال بالأيونات

مفهوم التأكسد و الأختزال بالإعتماد على انتقال الإلكترون

- اعتمد العلماء أثناء دراستهم تفاعلات التأكسد و الأختزال على اتحاد العنصر أو المركب مع ذرة الأكسجين ولكن لاحظ العلماء أن هنالك بعض تفاعلات التأكسد و الأختزال التي لا تحتوي على عنصر الأكسجين فكان من الصعب تحديد المواد التي حدث لها تأكسد و اختزال
- لذلك لجأ العلماء لوضع مفموم جديد لتفاعلات التأكسد و الأختزال يعتمد على انتقال الإلكترونات أثناء حدوث التفاعل كما في المثال التالي :

- يتفاعل الحديد Fe مع كبريتات النحاس $CuSO_4$ لإنتاج النحاس Cu و كبريتات الحديد $FeSO_4$ حدد المادة التي تأكسدت وتلك المادة التي اختزلت

$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

الحل :

نقوم بكتابة المعادلة الأيونية للتفاعل السابق :

$$Fe + Cu^{2+} + SO^{2-} \longrightarrow Fe^{2+} + SO^{2-} + Cu$$

ثم نحذف الأيونات المتفرجة (وهي الأيونات التي تظهر في طرفي التفاعل) فتبقى المعادلة الأيونية النهائية

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

ألاحظ من المعادلة أن ذرة الحديد Fe في المتفاعلات تحولت إلى أيون Fe^{2+} في النواتج وأن أيون النحاس Cu^{2+} في المتفاعلات تحول إلى ذرات النحاس Cu في النواتج

أقسم المعادلة قسمين كما يلي :

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+}$$

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

ثم أضيف عدد من الإلكترونات إلى كل معادلة يساوي عدد الشحنة الموجدة

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$$

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$$

- نستنتج من التفاعل السابق أن عملية التأكسد و الأختزال تعتمد على انتقال الإلكترونات حيث أن عملية التأكسد تؤدي إلى فقد الإلكترونات و عملية الأختزال تؤدي إلى كسب الإلكترونات

- التأكسد :عملية فقد الإلكترونات أثناء حدوث التفاعل

- الأختزال: عملية كسب الإلكترونات أثناء حدوث التفاعل

- نصف تفاعل التأكسد : المعادلة التي تظهر فيها الإلكترونات جهة المواد الناتجة

- نصف تفاعل الأختزال : المعادلة التي تظهر فيها الإلكترونات جهة المواد المتفاعلة

- ملاحظة مهمة : التأكسد و الأختزال عمليتان متلازمتان لا يمكن حدوث إحداهما دون الأخرى

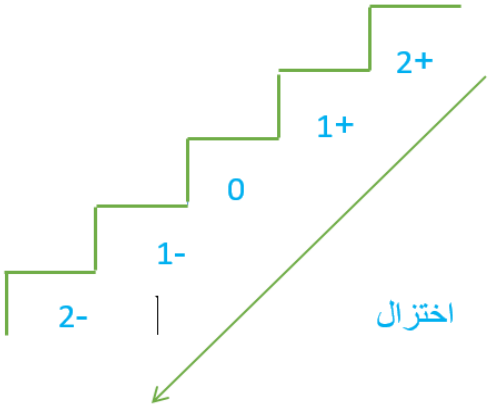
- ملاحظة مهمة : يكون عدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الأختزال مساوي لعدد الإلكترونات المفقوده في نصف تفاعل التأكسد

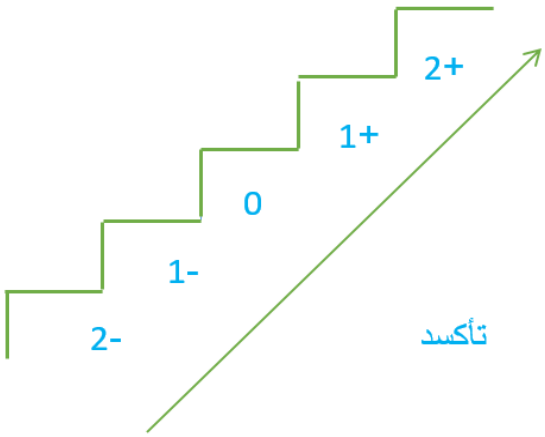
- إذاً أصبح لدينا تعريف شامل لتفاعلات التأكسد و الأختزال والذي يعتمد على انتقال الإلكترون أو ذرة الأكسجين أثناء التفاعل و يعرف بانه :

- التأكسد : عملية اتحاد أو ارتباط العنصر (أو المركب) بالأكسجين أو فقد الإلكترونات

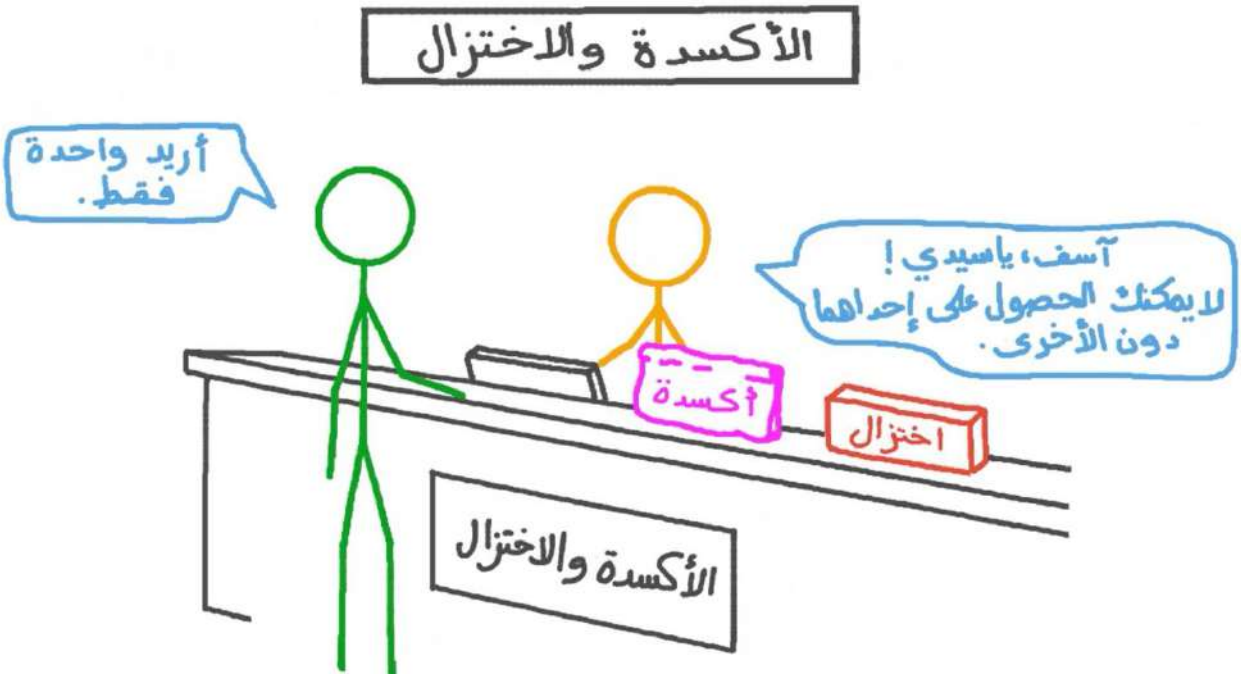
- الأختزال : عملية نزع الأكسجين من المركب أو كسب الإلكترونات

تثبيت الأفكار الأساسية





- دائماً و أبداً تكون عمليتا التأكسد و الأختزال مترافقتين حيث تأكسد مادة ما في التفاعل يرافقها اختزال مادة أخرى في التفاعل نفسه
- عملية التأكسد أو الأختزال تحدث لذرة واحدة في المركب أو لأيون أو لأيون متعدد الذرات (مثال $CuO + Zn \longrightarrow ZnO + Cu$)



مثال : أحدد المادة التي تأكسدت و المادة التي اختزلت في كل من التفاعلات التالية

1- $Zn + Ni^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Ni$

2- $Fe + Cu^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu$

الحل :

دائما المادة التي تتأكسد تفقد إلكترونات (تصبح شحنتها موجبة) أو ترتبط بذرة أكسجين

والمادة التي تختزل تكسب إلكترونات (تصبح شحنتها سالبة) أو يُنتزع منها ذرة الأكسجين

1- Zn تأكسدت و Ni^{2+} اختزلت

2- Fe تأكسدت و Cu^{2+} اختزلت

مثال : يتفاعل فلز الألمنيوم مع أيونات الفضة Ag^{+} وفقاً للمعادلة التالية :

$$Al + 3Ag^{+} \longrightarrow Al^{3+} + 3Ag$$

اكتب نصف تفاعل التأكسد و نصف تفاعل الأختزال ؟

الحل:

لكتابة نصف تفاعل التأكسد و نصف تفاعل الأختزال نحتاج أولاً لتحديد المادة التي حدث لها تأكسد و المادة التي حدث لها اختزال

Al حدث له تأكسد

Ag^{+} حدث له اختزال

الأن يمكننا كتابة نصف تفاعل التأكسد و نصف تفاعل الأختزال

نصف تفاعل التأكسد :

الأستاذ أحمد الدوك

$Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-$

نصف تفاعل الأختزال:

$Ag^+ + 1e^- \longrightarrow Ag$

سؤال أتحقق ص44 : هل أيون النحاس يتأكسد أم يختزل وفق لنصف التفاعل الآتي ؟ أفسر اجابتي

$$Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu^{1+}_{(aq)}$$

الحل :

يحدث لأيون النحاس عملية اختزال لأن هذه الأيون اكتسب إلكترون

واجب : من خلال دراستك للتفاعل التالي حدد المادة التي تتأكسد و المادة التي تختزل ثم اكتب نصف التفاعل لكل منها

$$2Ag^+(aq) + Pb(s) \longrightarrow 2Ag(s) + Pb^{2+}(aq)$$

الحل :

العامل المؤكسد و العامل المختزل

العامل عكس العملية

- العامل المؤكسد : هي المادة التي تختزل و تسبب تأكسد غيرها
- العامل المختزل : هي المادة التي تتأكسد وتسبب اختزال غيرها

في معظم التفاعلات الكيميائية يكون موقع العامل المؤكسد و العامل المختزل في المتفاعلات

مثال : حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في التفاعل التالي ؟

$$CuO_{(s)} + Zn_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

الحل : وفق مفهوم مفهوم التأكسد و الأختزال بالإعتماد على الأكسجين فإن ذرة الخارصين Zn يحدث لها عملية تأكسد وبهذه الحالة فإن ذرة الخارصين العامل المختزل

بينما تحدث عملية الأختزال لأيون النحاس CuO وبذلك يكون أكسيد النحاس CuO هو العامل المؤكسد

- ملاحظة مهمة جداً : عملية التأكسد أو الأختزال تحدث لذرة واحدة في المركب أو لأيون أو لأيون متعدد الذرات بينما العامل المؤكسد أو المختزل يكون لكامل المركب

مثال 4 ص 45 : أحدد العامل المختزل في نصف التفاعل الآتي ؟

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

الحل : بما أن ذرة الصوديم فقدت الكترون (تأكسدت) فبذلك تكون ذرة الصوديوم هي العامل المختزل

سؤال أتحقق ص45 : أحدد العامل المؤكسد في نصف التفاعل الآتي :

الحل : $Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Sn_{(s)}$

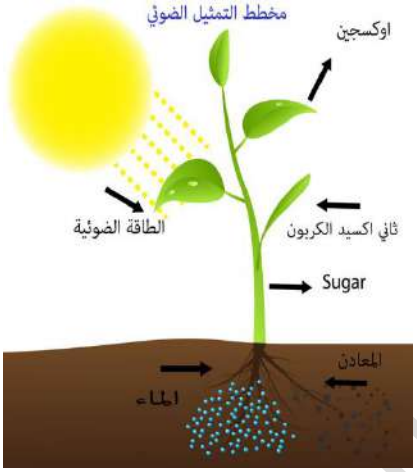
بما أن أيون القصدير Sn^{2+} كسب الكترونين فهذه يعني أنه اختزل فبذلك يكون أيون القصدير Sn^{2+} هو العامل المؤكسد

توصل العلماء إلى أن تفاعلات التأكسد و الأختزال التلقائية تكون مصدر لإنتاج الطاقة الكهربائية

سؤال :اذكر بعض الأمثلة على عمليات التأكسد و الأختزال التي تحدث في الطبيعة (الطبيعية) ؟

الحل :

1- الضوء الناتج من قنديل البحر بسبب عمليات التأكسد و الأختزال حيث ينتج طاقة ضوئية

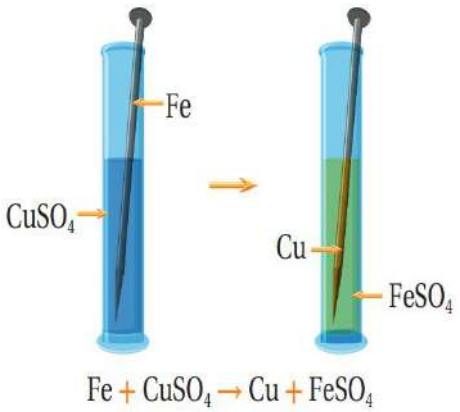


2- عملية البناء الضوئي في النباتات حيث يحدث تفاعل تأكسد و اختزال يسبب امتصاص الضوء

درست سابقاً سلسلة النشاط الكيميائي و عرفنا أن الفلز الأكثر نشاط يحل محل الفلز الأقل نشاط (تفاعل الإحلال الأحادي) حيث يتم ذلك عن طريق تفاعل تأكسد و اختزال كما في المثال التالي :

مثال:عند وضع مسمار من الحديد Fe في وعاء يحتوي على محلول من كبريتات النحاس $CuSO_4$ وضح كيفية حدوث هذه التفاعل وحدد المادة التي تأكسدت و المادة التي اختزلت ؟

الحل:



$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

يتأكسد الحديد بفقد إلكترونين ويتحول إلى أيون الحديد الموجب

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

بينما يختزل أيون النحاس في محلول كبريتات النحاس و يتحول إلى ذرات النحاس

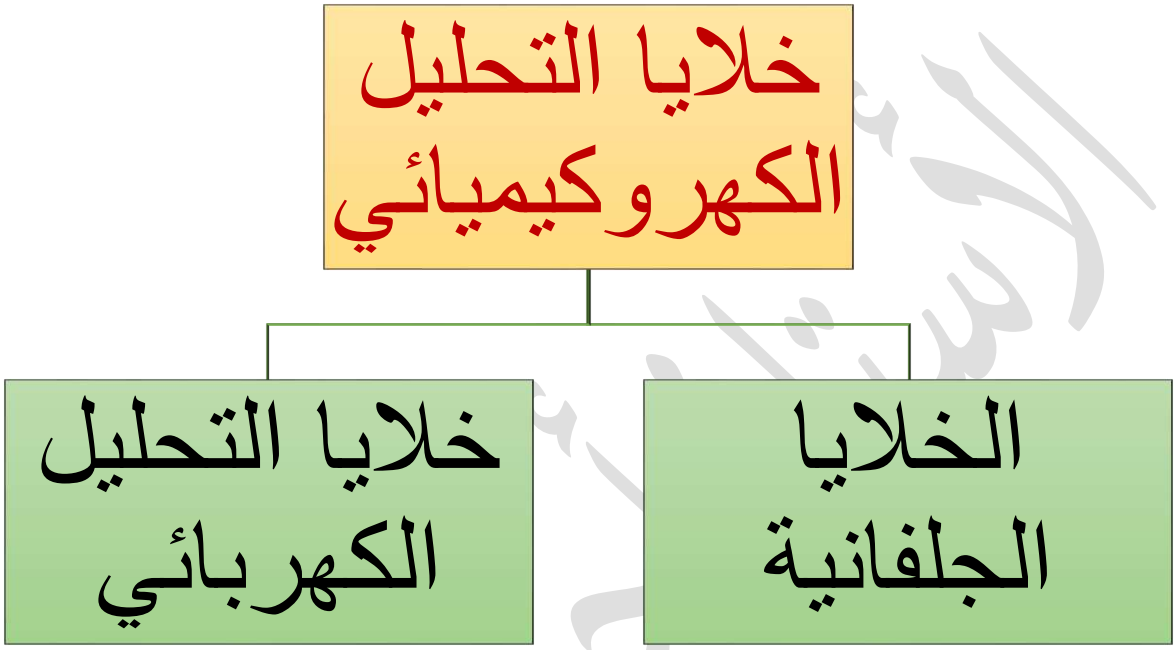
$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$$

استنتاج مهم: في تفاعلات الإحلال الأحادي يتأكسد الفلز الأكثر نشاطاً و يختزل الأيون الأقل نشاطاً

الخلايا الكهروكيميائية

الخلايا الكهروكيميائية : هي الأداة التي تحدث فيها تفاعلات تأكسد و اختزال منتجة لطاقة الكهربائية أو مستهلكة لها

تقسم خلايا التحليل الكهروكيميائي إلى نوعين :



الخلايا الجلفانية

الخلايا الجلفانية : هي الأداة التي يحدث فيها تفاعل تأكسد و اختزال منتج للطاقة الكهربائية

سؤال : اذكر مثالاً على الخلايا الجلفانية ؟

الحل :

تعد البطاريات أحد أكثر الأمثلة شيوعاً على تطبيقات الخلايا الجلفانية

والأن دعونا نتعرف على مكونات الخلايا الجلفانية و كيفية عملها

تقسم الخلايا الجلفانية إلى نوعين هما :

الخلايا الجلفانية

الخلايا الجلفانية البسيطة

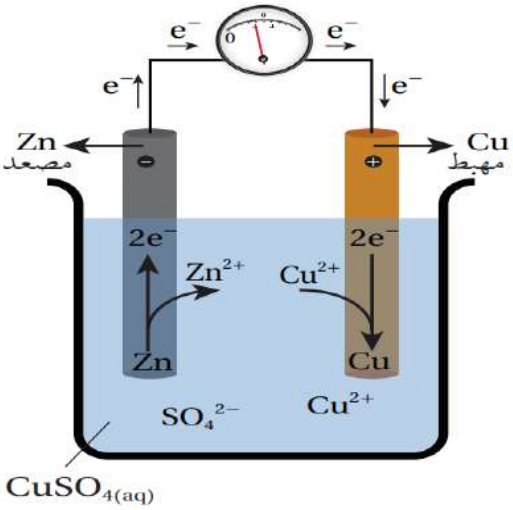
الخلايا الجلفانية ذات وعاءين

مكونات الخلايا الجلفانية البسيطة

سؤال اذكر مكونات الخلايا الجلفانية البسيطة ؟

الحل :

تتكون الخلايا الجلفانية البسيطة من وعاء يحتوي صفيحتين فلزيتين مغموستين في محلول كهرلي لأحد أملاح الفلز الأقل نشاطاً وتتصل كل صفيحة بسلك موصول بالفولتميتر



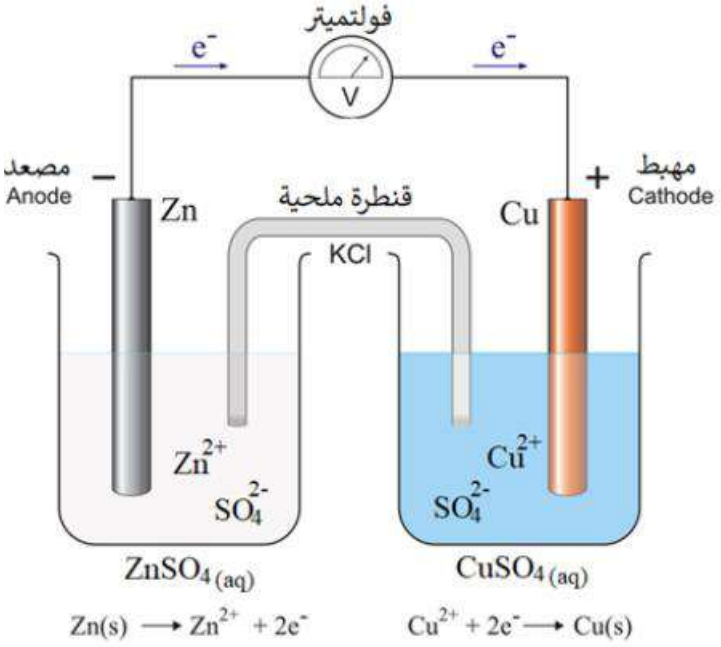
الشكلُ (5): خليّةٌ جلفانيّةٌ بسيطةٌ.

- ملاحظة مهمة : يكون اتجاه مؤشر الفولتميتر نحو المهبط (يتحرك من المصعد إلى المهبط نفس حركة الالكترونات)

تشكل الصفيحتان قطبي الخلية

- القطب : مادة صلبة موصولة في دارة كهربائية ينقل الإلكترونات من محلول أو مصهور وإليه وله نوعان
- المصعد : القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد (غالباً ما يكون العنصر الأكثر نشاط)
- المهبط : القطب الذي تحدث عنده عملية الأختزال (غالباً ما يكون العنصر الأقل نشاط)
- المحلول الكهرلي : محلول يحتوي الكترونات موجبة وسالبة حرة الحركة تسمح بمرور التيار الكهربائي (يجب ان يحتوي الملح على الفلز الأقل نشاطاً وهو الفلز عند المهبط)

مكونات الخلايا الجلفانية ذات الوعاءين



سؤال اذكر مكونات الخلايا الجلفانية ذات الوعائين ؟

تتكون الخلايا الجلفانية ذات الوعائين من :

1- وعائين يغمس بداخل كل منهما صفيحة فلزية (القطب) و محلول أحد أملاح الصفيحة الفلزية

2- أسلاك توصيل كهربائي

3- فولتميتر أو مصباح

4- القنطرة الملحية

القنطرة الملحية : هي أنبوب على شكل حرف U يحتوي على محلول مشبع لأحد الأملاح مثل KCl

ملاحظة مهمة : يكون اتجاه مؤشر الفولتميتر نحو المهبط (يتحرك من المصعد إلى المهبط نفس حركة الالكترونات)

سؤال : اذكر الوظيفة أو الأهمية التي تلعبها القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية ؟

تحافظ على التعادل الكهربائي في الخلية

سؤال : اذكر آلية (كيفية) عمل الخلايا الجلفانية ؟

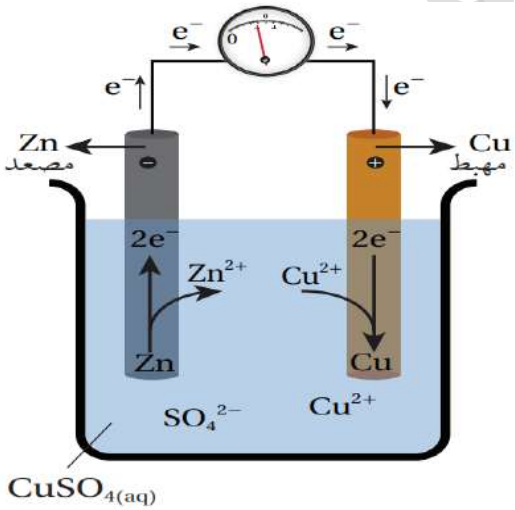
الحل:

1- تبدأ ذرات الفلز الأكثر نشاطاً بالتأكسد منتجه بذلك الكترونات حرة

2- يتولد فرق جهد كهربائي بسبب عملية التأكسد

3- يدفع فرق الجهد الكهربائي الإلكترونات عبر الأسلاك باتجاه قطب الفلز الأقل نشاطاً

4- تؤدي هذه العملية إلى ترسب أيونات الفلز الأقل نشاطاً الموجودة في المحلول على سطح القطب نفسه



الشكلُ (5): خليّةٌ جلفانيّةٌ بسيطةٌ.

الأستاذ أحمد ال

- يسمى القطب الذي يحدث عنده نصف تفاعل تأكسد (عند الفلز الأكثر نشاطاً) المصعد ويرمز له بشحنة سالبة في الخلية ويقل وزنه أثناء التفاعل
- يسمى القطب الذي يحدث عنده نصف تفاعل اختزال (عند الفلز الأقل نشاطاً) المهبط ويرمز له بشحنة موجبة في الخلية ويزداد وزنه أثناء التفاعل
- عند كتابة التفاعل الكلي للخلايا الجلفانية نقوم بجمع نصف تفاعل التأكسد و نصف تفاعل الأختزال مع مراعات أن يكون عدد الإلكترونات متساوي
- تكون حركة الإلكترونات في الخلية الجلفانية من المصعد إلى المهبط

مثال 1 :

خليةٌ جلفانيةٌ بسيطةٌ قطباها هما فلزُّ المغنيسيوم Mg وفلزُّ النحاسِ Cu في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$،

أستعينُ بسلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ على الإجابةِ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

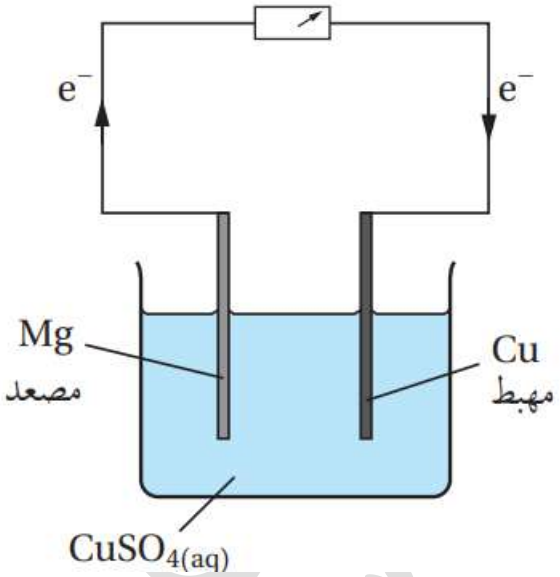
1- أرسمُ الخليةَ الجلفانيةَ، ثمَّ أحددُ المصعدَ والمهبطَ واتجاهَ حركةِ الإلكتروناتِ فيها على الرسمِ.

2- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ في الخليةِ.

3- أكتبُ معادلةً كيميائيةً تمثلُ التفاعلَ الكليَّ في الخليةِ.

4- أتوقّعُ التغيُّرَ في كتلةِ صفيحةِ النحاسِ بعدَ استخدامِ الخليةِ مدةً منَ الزمنِ.

الحل :



1- نحتاج لتحديد العنصر الأكثر نشاطاً (عنصر راح يتأكسد) القطب الموجب (المصعد) وذلك من خلال سلسلة النشاط الكيميائي

حيث يتبين أن فلز المغنيسيوم أكثر نشاطاً من النحاس وبذلك يكون المغنيسيوم هو المصعد و النحاس هو المهبط

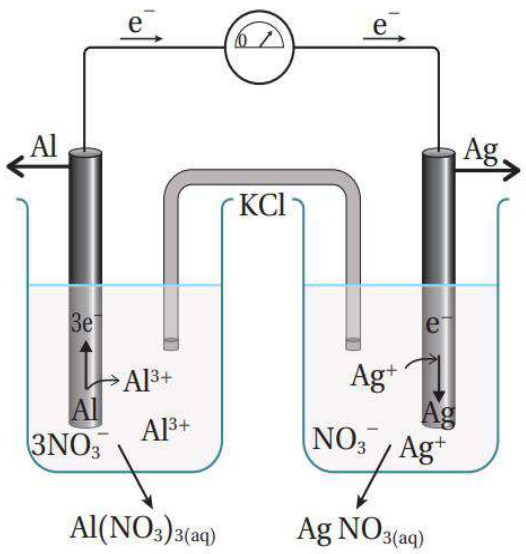
2- نصفُ تفاعلِ التأكسُدِ/ مصعد $Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصفُ تفاعلِ الاختزالِ/ مهبط $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

3- أجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال: $Mg_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

4- زيادة في كتلة صفيحة النحاس بسبب ترسب ذرات النحاس على القطب

مثال 2 :



خلية جلفانية قطباها منَ الألمنيوم Al في محلولِ نترات الألمنيوم $Al(NO_3)_3$ والفضةِ Ag في محلولِ نترات الفضةِ $AgNO_3$ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ مُستعينًا بالشكلِ المجاورِ:

1- أُحدّدُ المصعدَ والمهبطَ وشِحْنة كل منهما.

2- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ.

3- أكتبُ معادلةَ التفاعلِ الكيميائي الكليةَ في الخليةِ الجلفانيةِ.

4- ما وظيفةُ القنطرةِ الملحيةِ في الخليةِ؟

الحل :

1-المصعد قطب الألمنيوم وشحنته سالبه (--)

المهبط قطب الفضة وشحنته موجبة (+)

2- نصف تفاعل التأكسد: $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$

3- أجمعُ نصفي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ معًا بعدَ التأكدِ منْ أنَّ عددَ الإلكتروناتِ المفقودةِ تساوي عددَ الإلكتروناتِ المكتسبةِ، وإذا كانَتْ غيرَ متساويةٍ، أضرِبُ كلَّ نصفِ تفاعُلٍ في معاملٍ، بحيث تصبحُ متساويةً. هنا سيُضرَبُ نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ في الرَّقْمِ (3) كما يأتي:

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ: $(Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}) \times 3$

فتصبحُ المعادلة: $3Ag^+_{(aq)} + 3e^- \rightarrow 3Ag_{(s)}$

نصفُ تفاعُلِ التأكسدِ: $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

معادلةُ التفاعُلِ الكيميائي الكليةُ: $Al_{(s)} + 3Ag^+_{(aq)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3Ag_{(s)}$

4- وظيفةُ القنطرةِ الملحيةِ: المحافظةُ على التعادلِ الكهربائيِّ في الخليةِ.

سؤال أتحقق ص50 : خلية جلفانية بسيطة قطباها فلز الحديد Fe و فلز الرصاص Pb في محلول نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ مستعيناً بسلسلة النشاط الكيميائي أجب عن الأسئلة التالية :

1- أحدد المصعد و المهبط و اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية الجلفانية

2- أكتب نصفي تفاعل التأكسد و الأختزال

3- أفسر نقصان كتلة الحديد Fe بعد تشغيل الخلية مدة من الزمن

الحل :

1-

المصعد (نصف تفاعل التأكسد شحنته سالبه) : الحديد Fe

الهبط (نصف تفاعل الأختزال شحنته موجبة) : الرصاص Pb

2-

$$Fe \longrightarrow Fe^{+2} + 2e^-$$

$$Pb^{+2} + 2e^- \longrightarrow Pb$$

3- بسبب تأكسد ذرات الحديد و تحولها إلى أيونات تذوب بالمحلول

واجب : خلية جلفانية بسيطة قطباها فلز الخارصين Zn و فلز النحاس Cu في محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ مستعيناً بسلسلة النشاط الكيميائي أجب عن الأسئلة التالية :

1- أحدد المصعد و المهبط و اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية الجلفانية

2- أحدد العامل المؤكسد و العامل المختزل

3- أكتب معادلة نصف تفاعل التأكسد و نصف تفاعل الأختزال

4- حدد الأيونات المتفرجة في التفاعل ثم أكتب المعادلة الأيونية النهائية

فرق الجهد الكهربائي في الخلايا الجلفانية المختلفة

- كما تعلمنا سالبقاً فإن الخلايا الجلفانية تنتج طاقة كهربائية وتختلف مقدار هذه الطاقة باختلاف الأقطاب المكونة للخلية
- يعتمد مقدار فرق الجهد الكهربائي على موقع كل من الفلزين في سلسلة النشاط الكيميائي

كلما زاد الفرق في نشاط الفلزين زاد فرق الجهد الكهربائي في الخلية (علاقة طردية)

مثال : بالإعتماد على سلسلة النشاط الكيميائي أتوقع أي من الخلايا التالية يكون لها أكبر فرق جهد كهربائي خلية متكونة من (Zn,Fe) او خلية متكونة من (Zn,Cu) ؟

الحل :

في الخلية الأولى (Zn,Fe) ينتج فرق جهد كهربائي أقل من الخلية الثانية (Zn,Cu) ولذلك لأن عنصر الخارصين و النحاس أكثر تباعداً عن بعضهم في سلسلة النشاط الكيميائي

سؤال أتحصص ص52: أتوقع التغير في فرق الجهد الكهربائي الناتج إذا استخدم قطب من الألمنيوم بدلاً من قطب الخارصين في خلية(خارصين – حديد)هل سيزداد أم سيقل أم لا يتغير ؟ أبرر اجابتي .

الحل : سيزداد فرق الجهد الكهربائي وذلك لأن عنصر الألمنيوم اكثرنشاطاً من الخارصين (اكثر تباعداً في سلسلة النشاط الكيميائي من عنصر الخارصين)

سؤال أفكر ص52: هل يمكن تحديد فلزين يشكلان خلية جلفانية لها أقل فرق جهد كهربائي اعتماداً على سلسلة النشاط الكيميائي ؟ أفسر إجابتي .

يجب أن يكون الفلزين متتابيعين في سلسلة النشاط الكيميائي ولديهم قيم منخفضه ولكن بسبب عدم وجود قيم عددية للعناصر في سلسلة النشاط الكيميائي لا يمكن تحديد العناصر التي تشكل أقل فرق جهد كهربائي

البطاريات

- تعد البطاريات من أهم الأمثلة على الخلايا الجلفانية
- يحدث في داخل البطاريات تفاعل تأكسد و احتزال يؤدي إلى تحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية

توجد أنوع عدت من البطاريات وتقسم البطاريات إلى :

1- البطاريات الأولية

2- البطاريات الثانوية

البطاريات الأولية : هي البطاريات التي لا يمكن إعادة شحنها عندما تنفذ

أمثلة على البطاريات الأولية

البطاريات الجافة

البطاريات الثانوية : هي البطاريات القابلة لإعادة الشحن

أمثلة على البطاريات الثانوية

بطارية السيارة

سؤال اذكر بعض التطبيقات العملية على الخلايا الجلفانية ؟

الحل :

1- البطاريات الجافة

2- بطارية السيارة

3- خلايا الوقود

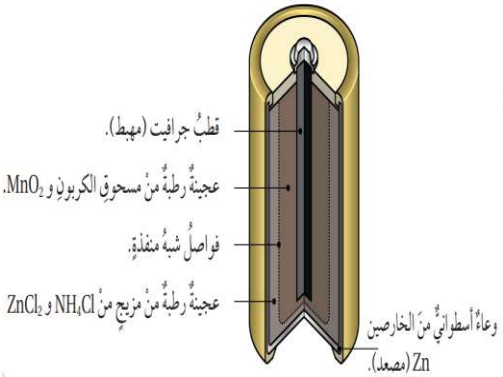
الأستاذ أحمد الدوك

البطاريات الجافة

- تعد البطاريات الجافة من اقدم انواع البطاريات و اكثرها انتشاراً و هي أحد الأمثلة على البطاريات الأولية
- من أشهر الأمثلة على هذه النوع من البطاريات هو بطارية (خارصين – جرافيت)

سؤال : اذكر الأجزاء الأساسية التي تتكون منها بطارية (جرافين – خارصين)؟

الحل :



1- المهبط : يتكون من قطب الجرافيت (عنصر الكاربون) ويحاط بعجينة رطبة تتكون من أكسيد المغنيسيوم $MnO_2(IV)$ و مسحوق الجرافيت

2- المحلول الكهرلي : هي عجينة رطبة تتكون من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl و كلوريد الخارصين $ZnCl_2$ لها خصائص حمضية

3- المصعد : يتكون من وعاء أسطواني من فلز الخارصين و يفصله عن العجينة الرطبة غشاء شبه منفذ

تبلغ قيمة فرق الجهد في الناتج من هذه البطارية 1.5 V

بطارية السيارة (بطارية الرصاص الحمضية)

- تعد بطارية السيارة ذات خصائص حمضية وهي مثال على البطاريات الثانوية (يعاد شحنها)

- تحتوي بطاريات السيارات على 6 خلايا جلفانية يعاد شحنها

سؤال : اذكر الأجزاء الأساسية التي تتكون منها بطارية السيارة ؟

1- المصعد : يتكون من الواح من الرصاص Pb

2- المهبط : يتكون من الواح من الرصاص Pb مغطاة بأكسيد الرصاص PbO_2(IV)

3- محلول كهرلي : يتكون من حمض الكبريتيك H_2SO_4 ويكون مغمور بداخل هذه الحمض الألواح (الأقطاب)

تبلغ قيمة فرق الجهد في الناتج من هذه البطارية 12 V

سؤال : اكتب التفاعل الكل الذي يحدث في بطارية السيارة ؟

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

خلية الوقود

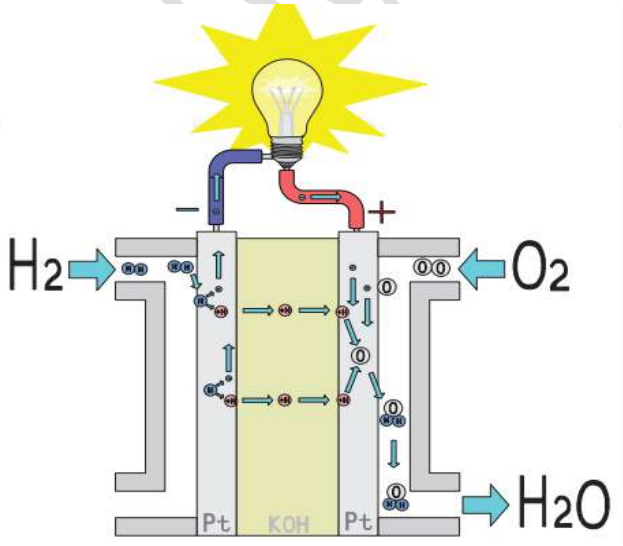
تعد خلية الوقود خلية جلفانية لكنها تختلف عن غيرها بتزويدها بالمواد المتفاعلة أو الوقود باستمرار هو غالباً غاز الهيدروجين

تتميز خلايا الوقود بما يلي

1- غير ملوثة للبيئة

2- تنتج كمية كبيرة من الطاقة

سؤال : اذكر الأجزاء الأساسية التي تتكون منها خلية الوقود ؟



1- قبطين من البلاتين يمثلان المصعد و المهبط

2- غاز الهيدروجين و الأكسجين

3- محلول كهرلي : هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

ملاحظ مهمة : يضخ غاز الهيدروجين إلى المصعد وغاز الأكسجين إلى المهبط

▼ ينتج من ضخ هذه الغازات تفاعل تأكسد و اختزال وعليه تحدث التفاعلات التالية :

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

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

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

سؤال : اذكر بعض الأستخدامات لخلايا الوقود :

1- تستخد في المركبات الفضائية للحصول على الطاقة

2- يستفيد رواد الفضاء من الماء الناتج للشرب

3- يستخدم في وسائل النقل كالسيارات و الباصات

4- تستخدم كمصدر احتياطي للطاقة للتشغيل عند الضرورة

سؤال أتحقق ص56:

1- أقارن بين الخلية الجافة و بطارية السيارة من حيث نوع البطارية وفرق الجهد الكهربائي الناتج

وجه المقارنة / نوع الخلية	الخلية الجافة	بطارية السيارة
نوع البطارية	البطارية الأولية	البطارية الثانوية
فرق الجهد الكهربائي	1.5	12

2- أكتب المعادلة الكلية للتفاعل في خلية الوقود

الحل :

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

مراجعة الدرس

1- الفكرة الرئيسة : كيف تنتج الخلايا الجلفانية تياراً كهربائياً ؟

عن طريق تفاعلات التأكسد و الأختزال التلقائية في الخلية و تحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية

2- أوضح المقصود بكل مما يلي :

أ- الخلايا الكهروكيميائية : الخلايا الكهروكيميائية : هي الأداة التي تحدث فيها تفاعلات تأكسد و اختزال منتجة لطاقة

ب- المصعد : القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد

ج : العامل المؤكسد : هي المادة التي تختزل و تسبب تأكسد غيرها

3- املاء الجدول الآتي الذي يتضمن المقارنة بين التأكسد و الأختزال :

وجه المقارنة / التفاعل	التأكسد	الأختزال
وفقاً لوجود الأكسجين	اتحاد العنصر مع الأكسجين	نزع الأكسجين من المادة
وفقاً للألكترونات	فقد المادة للأكسجين	كسب المادة للأكسجين

4- أحدد المادة التي تأكسدت و المادة التي اختزلت في المعادلة الكيميائية الآتية :

$$Zn_{(s)} + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

المادة التي تأكسدت : ذرات Zn

المادة التي اختزلت : أيونات Cu

5- أحدد المادة التي تأكسدت و المادة التي اختزلت في نصفي التفاعلين الآتيين:

$$F_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2F^-_{(aq)}$$

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

المادة التي تأكسدت : Cd

المادة التي اختزلت : F_2

6- استنتج العامل المختزل و العامل المؤكسد في المعادلة الكيميائية الآتية :

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

العامل المختزل : Mg

العامل المؤكسد : Pb^{2+}

7- وزعت صفائح فلزية للعناصر : (نحاس Cu , رصاص Pb , المنيوم Al , خارصين Zn) على مجموعات الطلبة في الصف وطلب إلى كل مجموعة :

- تشكيل خلية جلفانية بسيطة مختلفة باستخدام زوج من الفلزات و محلول كهرلي مناسب (يمكن استخدام أملاح نترات الفلزات إذ أن جميع النترات تذوب في الماء)
- تنظيم معلومات الخلية في الجدول الآتي :

قطبا الخلية	المصعد	المهبط	المحلول الكهرلي	اتجاه حركة اللإلكترونات من قطب... إلى قطب

- الإستعانة بسلسلة النشاط الكيميائي و بالجدول للاجابة عن الأسئلة الآتية :

أ- استنتج عدد الخلايا الجلفانية التي يمكن تكوينها

6 خلايا

ب- املاء الجدول بحيث يتضمن المعلومات الخاصة بكل خلية

قطبا الخلية	المصعد	المهبط	المحلول الكهرلي	اتجاه حركة اللإلكترونات من قطب... إلى قطب
Pb-Zn	Zn	Pb	$Pb(NO_3)_2$	من قطبZn إلى قطبPb
Cu-Zn	Zn	Cu	$Cu(NO_3)_2$	من قطبZn إلى قطبCu
Zn-Al	Al	Zn	$Zn(NO_3)_2$	من قطبAl إلى قطبZn
Pb-Al	Al	Pb	$Pb(NO_3)_2$	من قطبAl إلى قطبPb
Cu-Al	Al	Cu	$Cu(NO_3)_2$	من قطبAl إلى قطبCu
Cu-Pb	Pb	Cu	$Cu(NO_3)_2$	من قطبPb إلى قطبCu

ج- احدد الفلزين اللذان يشكلان قطبي الخلية الجلفانية التي تنتج أعلى فرق جهد كهربائي ثم ابرر اجابتي .

خلية Al و Cu لأن فرق النشاط (ترتيبهم في سلسلة النشاط الكيميائي) أكبر ما يمكن وهذه يعني أن عنصر Al هو الأكثر ميلا للتأكسد و عنصر Cu الأكثر ميلا للاختزال

8- خلية جلفانية بسيطة قبطاها القصدير Sn و النحاس Cu مغموسان في محلول كهرلي عند تشغيل الخلية لوحظ أن اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر من قطب القصدير إلى قطب النحاس علماً أن القصدير يكون أيون Sn^{2+} بناءً على ذلك أجيب عن الأسئلة الآتية

أ – أحدد المصعد و المهبط وشحنة كل منهما في الخلية

المصعد : قطب القصدير Sn

المهبط : قطب النحاس Cu

ب – أقترح المحلول الكهرلي الذي يمكن استخدامه في هذه الخلية

$Cu(NO_3)_2$

ج – أكتب نصفي تفاعل التأكسد و الأختزال

$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

$$Sn \longrightarrow Sn^{2+} + 2e^-$$

د – أكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية الغلفانية

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

هـ – استنتج التغير في كتلة Sn بعد انتهاء التجربة

تقل بسبب فقد الألكترونات من القطب و تحرر الأيونات

9- يوضح الجدول فرق الجهد الكهربائي الناتج من أربع خلايا جلفانية بسيطة مكونة من أزواج من الفلزات : A,B,C,D علماً أن A أقل هذه الفلزات نشاطاً وأن جميع هذه الفلزات تكون أيونات شحنتها 2+ أتامله جيداً ثم أجيب عن الأسئلة التالية :

رَقْمُ الخليةِ	قطبا الخليةِ		فَرْقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منَ الخليةِ (V)
	فلز 1	فلز 2	
1	A	B	0.1
2	A	C	2.2
3	A	D	1.6
4	B	C	1.9

أ – أستنتج رمز الفلز الأكثر نشاطاً ثم أفسر إجابتي

الفلز C أكثر نشاطاً لأن فرق الجهد بينه و بين الفلز A أكبر ما يمكن

ب – أرتب الفلزات وفقاً لنشاطها الكيميائي

A<B<D<C

ج – أرسم خلية جلفانية بسيطة تمثل الخلية (3) ثم أوضح عليها : المصعد ، المهبط ، المحلول الكهرلي المقترح ، اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك ، قراءة الفولتميتر

المصعد : قطب D

المهبط : قطب A

المحلول الكهرلي : $A(NO_3)_2$

د – اكتب رمز المصعد و المهبط في الخلية B – C

المصعد : قطب C

المهبط : قطب B

تذكر دوماً أن الأمتحان كالخليط الكيميائي يتكون من القليل من الألم مع القليل من الأمل لينتج محلولاً جديداً يسمى النجاح

الأستاذ أحمد الدوك

مساحة لتدوين ملاحظاتك و افكارك :

الأستاذ أحمد الدوك

خلايا التحليل الكهربائي

الدرس الثاني

- الفكرة الأساسية للدرس : تستخدم الطاقة الكهربائية في إحداث تفاعلات التأكسد و الأختزال في خلايا التحليل الكهربائي و يمكن توظيف ذلك في عدة مجالات سنتعرف عليها في هذه الدرس

مقدمة

- درسنا سابقاً عن المركبات الكيميائية و تعرفنا بعض خصائصها دعونا نستذكر بعضها

سؤال اذكر خصائص (صفات) المركبات الأيونية ؟

1- تتفكك في الماء إلى ايونات موجبة و السالبة

2- محاليلها موصلة للتيار الكهربائي

سؤال : اذكر بعض الأمثلة على محاليل المركبات الأيونية

1- محاليل الحموض

محاليل القواعد

- ولكن هناك مواد أخرى محاليلها غير موصلة للتيار الكهربائي سوف ندرسها في هذه الدرس و نعرف القواسم المشتركة بين المواد الموصلة وغير الموصلة للتيار الكهربائي

تقسم أنواع المواد التس سندرسها في هذه الدرس إلى نوعين :

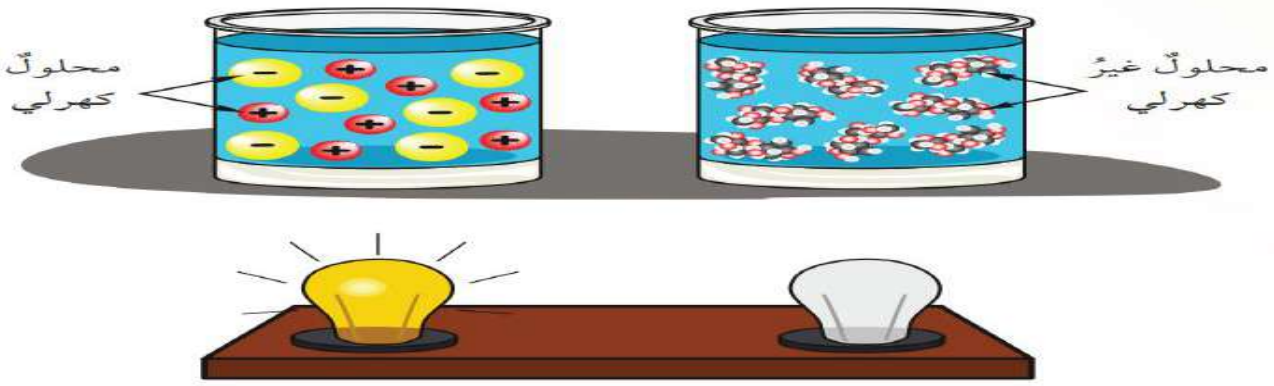
المواد الكهرلية

المواد الكهرلية : مادة تتفكك إلى أيونات موجبة وسالبة عند صهرها أو إذابتها في الماء

فسر لماذا تعد المواد الكهرلية موصلة للتيار الكهربائي ؟

الحل :

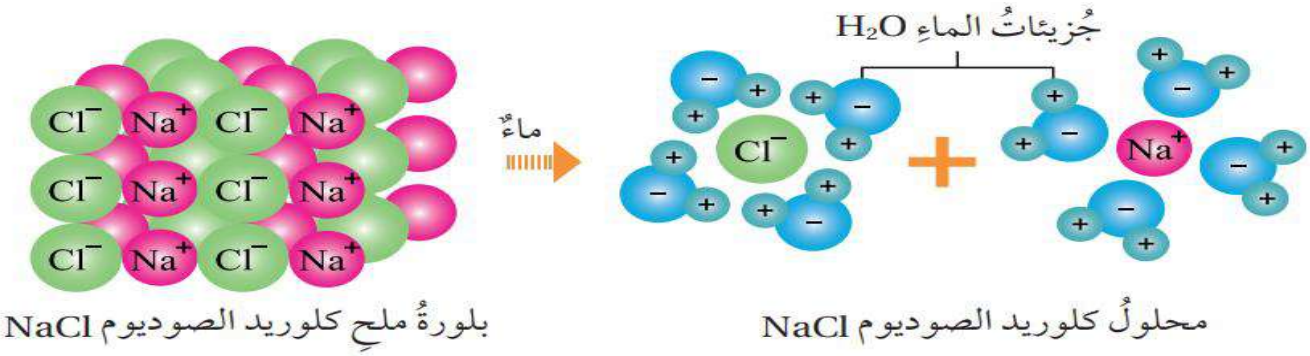
بسبب قدرة أيوناتها على التحرك إلى الأقطاب المخالفة لها في الشحنة



- تعد المركبات الأيونية مثل : NaCl , KBr من الأمثلة على المواد الكهرلية
- فمثلاً يتفكك ملح كلوريد الصوديوم NaCl في الماء بحسب المعادلة التالية :

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

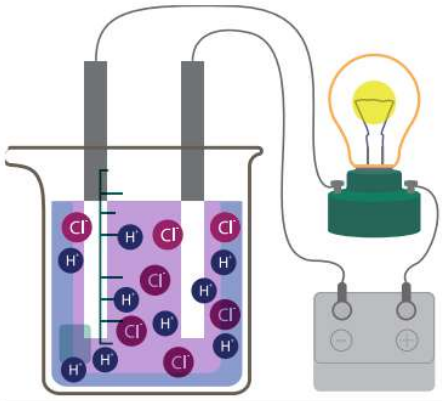
- الاحظ من المعادلة أن ملح كلوريد الصوديوم يتفكك إلى أيونات موجبة و سالبة عند إذابته في الماء



- وعند صهر ملح كلوريد الصوديوم NaCl بالحرارة فإنه يتفكك إلى أيونات موجبة و سالبة كما في التفاعل التالي :

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Na^+_{(l)} + Cl^-_{(l)}$$

- إذا وجود هذه الإلكترونات يفسر سبب توصيل محلول و مصهور ملح كلوريد الصوديوم للتيار الكهربائي وبذلك نستنتج أنه مادة كهرلية



- تعد الحموض مثل : HCl, H_2SO_4, HNO_3 (أي مادة تبدأ بيسارها ب H) مواد كهرلية على الرغم من أنها جزيئات صلبة وليست أيونات

- سؤال : فسر لماذا تعد الحموض مواد كهرلية ؟

لأنها تتأين في الماء و تنتج أيونات حرة الحركة كما في المثال التالي

$$HCl_{(g)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ملخص أفكار المواد الكهرلية :

1- تعد جميع المواد الكهرلية موصلة للتيار الكهربائي

1- تعد جميع المركبات الأيونية مواد كهرلية

2- تعد الحموض (أي مادة تبدأ ب H) مواد كهرلية

3- الشرط الأساسي لكي نعتبر المادة بأنها كهرلية هي أن تُكون هذه المواد أيونات موجبة و سالبة عند تفاعلها مع الماء

4- توجد المواد الكهرلية بشكلين هما :

أ – المحاليل

ب – المصاهير

المواد غير الكهرلية

المادة غير الكهرلية : مادة لا تتفكك إلى أيونات حرة الحركة عند صهرها أو ذوبانها في الماء

تعد المواد غير الكهرلية غير موصلة للتيار الكهربائي مثل السكر

سؤال : فسر تعد تعد المادة غير الكهرلية غير موصلة للتيار الكهربائي ؟

الحل :

لأنها لا تتفكك إلى أيونات حرة الحركة عند صهرها أو ذوبانها في الماء

سؤال أفكر ص60 : هل يعد مصهور الشمع مادة كهرلية ؟

الحل :

لا يعد مادة كهرلية لأنه لا يتفكك إلى أيونات حرة الحركة

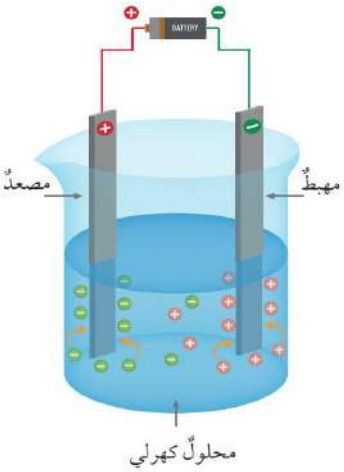
سؤال أتحقق ص60 : ما الشروط الواجب توافرها في المادة لوصفها بالكهرلية ؟

الحل:

1- محاليلها موصلة للتيار الكهربائي

2- تتفكك إلى أيونات حرة الحركة عند صهرها أو ذوبانها في الماء

التحليل الكهربائي



- التحليل الكهربائي : تمرير تيار كهربائي في محلول أو مصهور مادة كهرلية يؤدي إلى أحداث تفاعل تأكسد و اختزال
- خلايا التحليل الكهربائي : خلايا كهروكيميائية تتحول فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية

▼ والأن سوف نتعرف على مكونات خلايا التحليل الكهربائي

سؤال : اذكر مكونات خلاي التحليل الكهربائي ؟

الحل :

1- وعاء يحتوي محلول أو مصهور مادة كهرلية

2- بطارية و أسلاك توصيل

3- قطبان خاملان لا يشتركان في التفاعل

- وظيفة هذه الأقطاب نقل الإلكترونات من المحلول أو المصهور الكهرلي وإليه وله نوعين

أ – المصعد : يتصل بالقطب الموجب للبطارية وتتحرك بإتجاهه الشحنات السالبة

ب – المهبط : يتصل بالقطب السالب للبطارية وتتحرك بإتجاهه الشحنات الموجبة

▼ عند مرور التيار الكهربائي في محلول أو مصهور كهرلي تتحرك الأيونات السالبة باتجاة القطب الموجب (المصعد) و تتحرك الأيونات الموجبة باتجاة القطب السالب (المهبط)

تقسم أنواع التفاعلات داخل خلايا التحليل الكهربائي اعتماداً على نوع المادة الكهرلية إلى نوعين :

1- خلايا التحليل الكهربائي لمصهور مادة كهرلية حيث تتأكسد الأيونات السالبة عند المصعد(القطب الموجب) أما الأيونات الموجبة فتختزل عند المهبط (القطب السالب)

2- خلايا التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهرلية يحتمل تأكسد الأيون السالب أو الماء عند المصعد وكذلك يحتمل اختزال الأيون الموجب أو الماء عند المهبط

سؤال أتحقق ص[61] :

1 – أقارن بين تحولات الطاقة في الخلية الجلفانية و خلية التحليل الكهربائي

2 – أحدد التفاعل الذي يحدث عند كل من المصعد و المهبط في خلية التحليل الكهربائي

الحل:

-1

أنواع الخلايا الكهروكيميائية	تحولات الطاقة التي تحدث
1- الخلية الجلفانية	من كيميائية إلى كهربائية
2- خلية التحليل الكهربائي	من كهربائية إلى كيميائية

-2

عند المصعد : تأكسد الأيون الساب

عند المهبط : اختزال الأيون الموجب

التحليل الكهربائي لمصهور مادة كهرلية

دائماً وابداً عندما يكون لدينا مصهور كهرلي فإن

1- الأيونات السالبة تتأكسد عند المصعد

(يكون ناتجها دائماً صيغة ثنائية مثل F_2, Cl_2, Br_2, I_2)

2- الأيونات الموجبة تختزل عند المهبط

حفظ مهم

معلومات مهمة قبل البدأ بحل أي سؤال في الدرس :

1- أول خطوه لحل أي سؤال يجب أن نكتب معادلة تحلل أو تأين المادة الكهرلية (مصهور أو محلول)

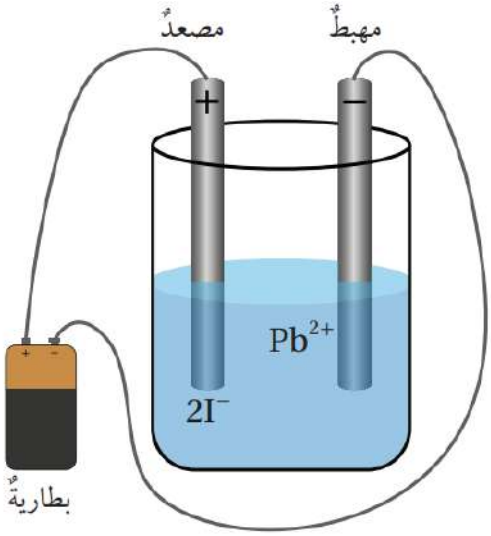
2- نقوم بفصل المركب من المنتصف (بعد أول عنصر في المركب)

3- دائماً العنصر الموجود على اليسار يأخذ شحنة موجبه

4- دائماً العنصر الموجود على اليمين يأخذ شحنة سالبة

5- إذا كان العنصر الموجود على اليمين يحتوي رقم في اخره فسوف يعطى نفس قيمة هذه الرقم للأيون الموجب

6- يجب أن يكون عدد الإلكترونات متساوي في أنصاف التفاعلات



مثال : أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب و التفاعل الكلي عند التحليل الكهربائي لمصهور يوديد الرصاص PbI_2 ثم اكتب نواتج التحليل الكهربائي له ؟

الحل :

أول خطوة نقوم بتفكيك المركب غلى أيوناته حسب الخطوات السابقه

ملاحظة كلمة مصهور تدل على أن المركب تعرض للحرارة $\triangle$

$$PbI_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} Pb^{2+}{}_{(l)} + 2I^-{}_{(l)}$$

وبما أن نوع المادة مصهور فيكون دائماً الأيون الموجب يختزل و الأيون السالب يتأكسد

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ/ مهبط: $Pb^{2+}{}_{(l)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(l)}$

نصفُ تفاعُلِ التأكسُدِ/ مصعد: $2I^-{}_{(l)} \rightarrow I_{2(l)} + 2e^-$

وعند حذف الإلكترونات في التفاعلين السابقين و دمج المعادلتين يتكون لدينا معادلة التفاعل الكلي

$$Pb^{2+}{}_{(l)} + 2I^-{}_{(l)} \rightarrow Pb_{(l)} + I_{2(l)}$$

أي أنه عند التحليل الكهربائي لمصهور يوديد الرصاص PbI_2 يتكون لدينا الرصاص و اليود

مثال : أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعلات التي تحدث على الأقطاب عند التحليل الكهربائي لمصهور برموير البوتاسيوم KBr ثم اكتب نواتج التحليل الكهربائي له؟

الحل :

بروميد البوتاسيوم مركّبٌ أيونيٌّ يتفكّكُ عندَ صهرِهِ بالحرارةِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$KBr_{(s)} \xrightarrow{\Delta} K^+{}_{(l)} + Br^-{}_{(l)}$$

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ/ مهبط:

$$K^+{}_{(l)} + e^- \rightarrow K_{(l)}$$

نصفُ تفاعُلِ التأكسُدِ/ مصعد:

$$2Br^-_{(l)} \rightarrow Br_{2(g)} + 2e^-$$

هنا نلاحظ أن عدد الإلكترونات فنقوم بعملية ضرب لجعل عدد الإلكترونات متساوي

أضرِبُ نصفَ تفاعُلِ الاختزالِ في 2:

$$(K^+_{(l)} + e^- \rightarrow K_{(l)}) \times 2$$

فيصبحُ:

$$2K^+_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2K_{(l)}$$

أمّا معادلةُ التفاعُلِ الكليِّ، فهيَ:

$$2K^+_{(l)} + 2Br^-_{(l)} \rightarrow 2K_{(l)} + Br_{2(g)}$$

ونواتجُ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ بروميد البوتاسيوم KBr هيَ تَكوُّنُ البوتاسيوم K والبروم Br_2.

سؤال أتحقق ص63 : عند التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$.

1- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ المصعدِ والمهبطِ والتفاعُلَ الكليَّ.

2- أُحدّدُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ للمصهورِ.

الحل :

اولاً نقوم بكتابة معادلة تفكك (انصهار) المركب

$$CaCl_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$$

-1

نصف تفاعل التأكسد / المصعد : $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

نصف تفاعل الأختزال / المهبط : $Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca$

معادلة التفاعل الكلي : $Ca^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow Ca + Cl_2$

2- تكون الكالسيوم Ca و الكلور Cl

ملخص حل جميع أفكار تحليل محلول كهربائي مكون من (XY)

المصعد		المهبط	
سؤال : هل Y أحد المواد التالية I_2, Br_2, Cl_2		سؤال : هل X أحد Cu,Ag,Au	
نعم	لا	نعم	لا
يحدث للمادة تأكسدY $2Y^- \longrightarrow Y_2 + 2e^-$	يحدث للماء تأكسد $2H_2O \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^+ + 4e^-$	يحدث للمادة اختزال $X^{+n} + ne^- \longrightarrow X$	يحدث للماء اختزال $2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$

مثال : استنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس $CuBr_2(II)$

الحل :

اولا نكتب معادلة تفكك بروميد النحاس $CuBr_2(II)$

$$CuBr_{2(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

ثم نطبق خطوات السؤال الموجودة في الجدول ونستنتج ما يلي :

نصف تفاعل التأكسد / المصعد :

$$2Br^-_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + 2e^-$$

نصف تفاعل الأختزال / المهبط :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$$

أيْ أنَّ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ هيَ تكوُّنُ النحاسِ Cu عندَ المهبطِ، وتكوُّنُ البروم Br_2 عندَ المصعدِ.

مثال : استنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد البوتاسيوم KCl اعتماداً على سلسلة النشاط الكيميائي

الحل :

اولا نكتب معادلة تفكك محلول كلوريد البوتاسيوم KCl

$$KCl_{(s)} \rightarrow K^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

ثم نطبق خطوات السؤال الموجودة في الجدول ونستنتج ما يلي :

نصف تفاعل التأكسد / المصعد :

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

نصف تفاعل الأختزال / المهبط :

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

أيْ أنَّ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ هيَ غازُ الهيدروجينِ H_2 عندَ المهبطِ، وغازُ الكلورِ Cl_2 عندَ المصعدِ.

سؤال أتحقق ص65 : استنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد الصوديوم NaI

الحل :

اولا نكتب معادلة تفكك محلول يوديد الصوديوم NaI

$$NaI \longrightarrow Na^{+} + I^{-}$$

ثم نطبق خطوات السؤال الموجودة في الجدول ونستنتج ما يلي :

نصف تفاعل التأكسد / المصعد :

$$2I^{-} \longrightarrow I_2 + 2e^{-}$$

نصف تفاعل الأختزال / المهبط :

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

أي أن نواتج التحليل الكهربائي هي غاز الهيدروجين عند المهبط و وغاز اليود عند المصعد

تطبيقات خلايا التحليل الكهربائي

كما تعلمنا سابقاً أن خلايا التحليل الكهربائي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية باستخدام تيار كهربائي يؤدي إلى حدوث تفاعلات تأكسد و اختزال ولهذه الخلايا تطبيقات كثيرة

سؤال : اذكر بعض التطبيقات المهمة لخلايا التحليل الكهربائي

الحل :

1- تحضير (استخلاص) بعض العناصر النشطة مثل الصوديوم

2- الطلاء الكهربائي للحلي و غيرها

سؤال : فسر استخدام عملية الطلاء الكهربائي للحلي أو الأدوات المنزلية ؟

1- لإكسابها مظهراً جميلاً

2- لحميتها من التآكل

استخلاص الصوديوم

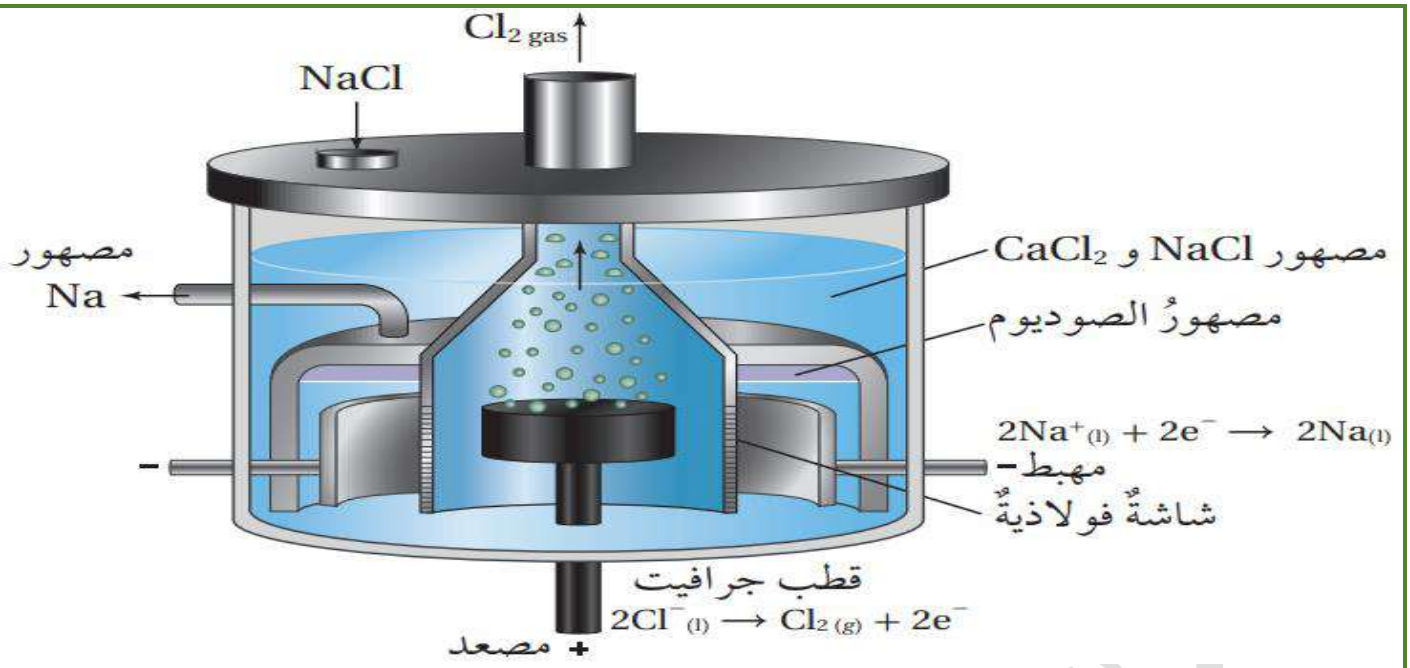
تستخدم عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl في استخلاص الصوديوم صناعياً باستخدام خلية داون

سؤال : اذكر خطوات استخلاص الصوديوم باستخدام خلية داون ؟

1- إمرار تيار كهربائي في مصهور كلوريد الصوديوم

2- تحرك أيونات الكلوريد السالبة Cl^- باتجاه المصعد (قضيب الجرافين أو القطب الموجب) وتتأكسد مكونة غاز الكلور Cl_2 كما في التفاعل التالي

نصفُ تفاعُل التأكسُدِ/ مصعد: $2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$



3- تحرك أيونات الصوديوم الموجبه بإتجاه المهبط (القطب السالب) وتحدث له عملية اختزال وتتكون ذرات الصوديوم كما في التفاعل التالي

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ/ مهبط $Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}$

4- تكون نواتج التحليل الكهربائي هي الصوديوم عند المهبط و غاز الكلور عند المصعد

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

- بعض الملاحظات على عملية استخلاص الصوديوم
  - يكون المصعد في الخلية محاط بشاشة فولاذية

سؤال : فسر يكون المصعد في الخلية محاط بشاشة فولاذية

الحل :

لمنع (عزل) غاز الكلور الناتج من التفاعل مع الصوديوم حيث يخرج غاز الكلور من مخرج خاص به

الطلاء الكهربائي

- الطلاء الكهربائي : عملية ترسيب طبقة رقيقة من المادة المراد الطلاء بها على سطح المادة المراد طلاؤها

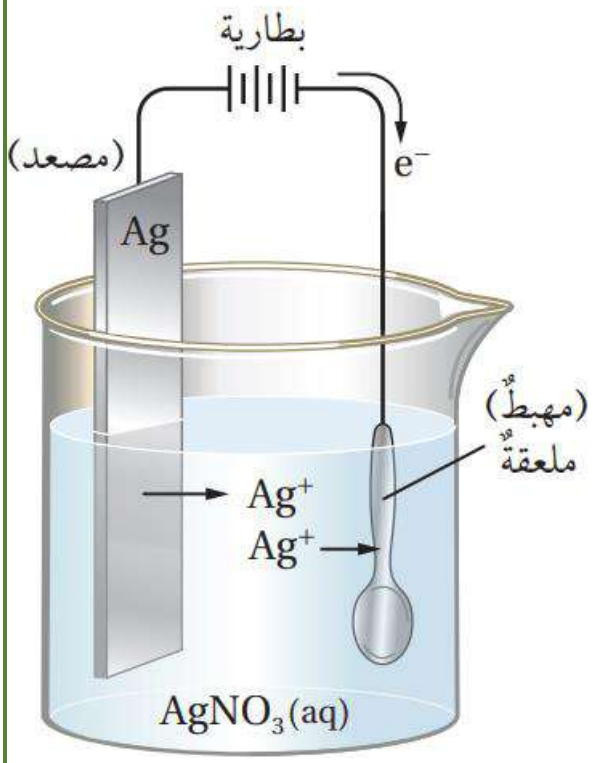
سؤال اذكر بعض الأمثلة على الطلاء الكهربائي ؟

1- طلاء الحديد بطبقة من الخارصين (عملية الجلفنة)

2- طلاء معلقة من الفضة

سؤال اذكر خطوات (كيفية) الطلاء الكهربائي لملعقة من الفضة ؟

الحل :



1- توصل الملعقة بالقطب السالب للبطارية وتمثل المهبط في خلية التحليل الكهربائي

2- يوصل قطب من الفضة في القطب الموجب للبطارية يمثل المصعد

3- يغمس القطبان بمحلول كهرلي لأحد أملاح الفضة (تم استخدام نترات الفضة $AgNO_3$)

4- عند إلاق التيار الكهربائي تحدث عملية التا:سد و الأختزال على الأقطاب ويتم طلاء ملعقة الفضة

معادلة التأكسد لذرات الفضة عند المصعد :

$$Ag_{(s)} \rightarrow Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$$

معادلة اختزال أيونات الفضة على الملعقة عند المصعد :

$$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow Ag_{(s)}$$

سؤال أتحقق ص67 : يطلى الكثير من الفولاذية كهربائياً بطبقة من الكروم Cr لحمايتها من الصدأ اكتب نصفي تفاعل التأكسد و الأختزال الذي يحدث فيها (شحنة أيون الكروم Cr^{3+})

الحل :

تأكسد ذرات الكروم عند المصعد :

$$Cr \longrightarrow Cr^{3+} + 3e^{-}$$

اختزال أيونات الكروم (عند سطح المادة الفولاذية) عند المهبط :

$$Cr^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow Cr$$

مراجعة الدرس

1 – كيف تسهم حركة الأيونات في إيصال التيار الكهربائي في المحاليل المائية ؟

من خلال قدرة الإلكترونات على الحركة للأقطاب المخالفة لها بالإشارة مما يجعل محاليلها و مصاهيرها موصلة للتيار الكهربائي

2 – أوضح المقصود بكل مما يلي :

أ . المادة غير الكهرلية : مادة لا تتفكك إلى أيونات حرة الحركة عند صهرها أو ذوبانها في الماء

ب . التحليل الكهربائي : تمرير تيار كهربائي في محلول أو مصهور مادة كهرلية يؤدي إلى أحداث تفاعل تأكسد و اختزال

3 – أفسر

أ . بروميد الخارصين مركب أيوني صيغته $ZnBr_2$ غير موصل للتيار الكهربائي في الحالة الصلبة لأن أيوناته مقيدة بروابط (غير حرة الحركة)

ب . عند التحليل الكهربائي لمصهور NaCl في خلية داون يفصل بين المصعد و المهبط لمنع (عزل) غاز الكلور الناتج من التفاعل مع الصوديوم حيث يخرج غاز الكلور من مخرج خاص به

4 – أكمل الجدول الآتي :

نواتج تحليل الكهربائي / المصهور	عند المصعد	عند المهبط
بروميد الفضة AgBr	البروم Br_2	الفضة Ag
كلوريد الرصاص $PbCl_2$(II)	الكلور Cl_2	الرصاص Pb
يوديد المغنيسيوم MgI_2	اليود I_2	المغنيسيوم Mg

5 – يراد استخدام الطلاء الكهربائي في طلاء خاتم نحاسي بالفضة

أ. أحدد مكونات خلية الطلاء الكهربائي المستخدمة في ذلك

1- يوصل الخاتم بالقطب السالب للبطارية ويمثل المهبط في خلية التحليل الكهربائي

2- يوصل قطب من الفضة في القطب الموجب للبطارية يمثل المصعد

3- يغمس القطبان بمحلول كهرلي لأحد أملاح الفضة

ب . أكتب انصاف التفاعلات التي تحدث عند كل من المصعد و المهبط

معادلة التأكسد لذرات الفضة عند المصعد :

$$Ag_{(s)} \rightarrow Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$$

معادلة اختزال أيونات الفضة على الخاتم عند المصعد :

$$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow Ag_{(s)}$$

6 – عند التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم ينتج غاز الكلور بناءً على ذلك أجب عن السؤالين الآتيين :

أ . أحدد القطب الذي يتكون عنده غاز الكلور

المصعد (+)

ب . أكتب نصف التفاعل الذي يؤدي إلى تكوين غاز الكلور Cl_2

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

7 – أكتب معادلات تمثل انصاف التفاعلات الآتيه :

أ . تكوين الألمنيوم مع أيونات الألمنيوم Al^{3+}

$$Al^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow Al$$

ب. تكوين البروم مع أيونات البروم Br^{-}

$$2Br^{-}_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + 2e^{-}$$

الأستاذ أحمد الدوك

مراجعة الوحدة

1 – أقارن بين الخلية الجلفانية و خلية التحليل الكهربائي بحسب الجدول الآتي :

وجه المقارنة / نوع الخلية	الخلية الجلفانية	خلايا التحليل الكهربائي
تحولات الطاقة في الخلية	من كيميائية إلى كهربائية	من كهربائية إلى كيميائية
التفاعل الذي يحدث عند المصعد	تأكسد قطب المصعد	تأكسد الأيون السالب
التفاعل الذي يحدث عند المهبط	اختزال أيونات المهبط	اختزال الأيون الموجب
شحنة المصعد	سالبة	موجبة
شحنة المهبط	موجبة	سالبة

2 – أوضح المقصود بكل من :

أ . الأختزال : عملية نزع الأكسجين من المركب أو كسب الإلكترونات

ب . القطب : مادة صلبة موصولة في دارة كهربائية ينقل الإلكترونات من محلول أو مصهور وإليه

ج . الطلاء الكهربائي : عملية ترسيب طبقة رقيقة من المادة المراد الطلاء بها على سطح المادة المراد طلاؤها

3 – اصف الإجرات التي أنفذها للتحقق إن كانت الكحول الطبية مادة كهرلية أم لا

نختبر إيصال الكحول للتيار الكهربائي إذا أوصل التيار يكون مادة كهرلية لكن نجد أنه لا يوصل التيار فيكون مادة غير كهرلية

4 – أفسر ما يأتي مستعيناً بسلسلة النشاط الكيميائي :

أ . فرق الجهد الكهربائي الناتج من الخلية الجلفانية قطباها (خارصين – فضة) أكبر من فرق الجهد الكهربائي الناتج من خلية جلفانية قطباها (حديد – نحاس)

لأن نشاط فرق الجهد يزداد كلما ابتعد الفلزين عن بعضهم في سلسلة النشاط الكهربائي

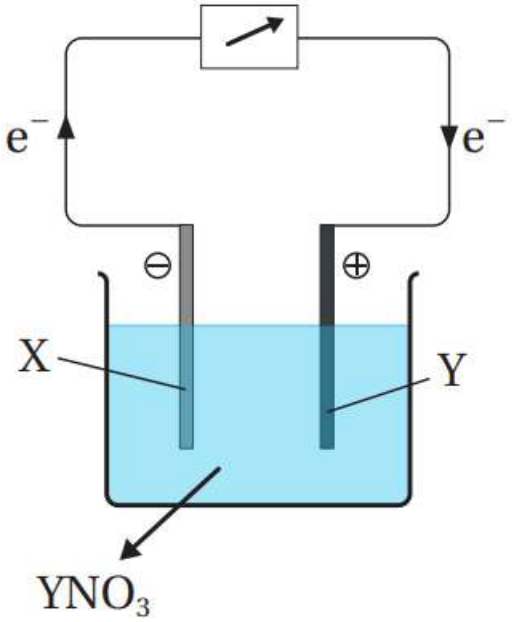
ب . لا يمكن استخلاص المغنيسيوم من محلول كلوريد المغنيسيوم بالتحليل الكهربائي للمحلول

لأن المغنيسيوم يقع فوق الهيدروجين فلا تختزل أيوناته و يختزل الماء و يتصاعد غاز الهيدروجين

5 – تنتج بطارية السيارة فرق جهد كهربائي يساوي (12V) هل يمكن استخدام 8 بطاريات جافة عوضاً عنها لقيادة السيارة ؟ أبرر إجابتي

لا يمكن ذلك لأن البطاريات الجافة بطاريات أولية غير قابلة للشحن بينما بطارية السيارة بطارية ثانوية قابلة للشحن

6 – أتامل الشكل المجاور الذي يمثل خلية كهروكيميائية قطباها الفلزان X,Y في محلول كهرلي YNO_3 ثم أجيب عن الأسئلة الآتية :



أ . ما نوع الخلية الكهروكيميائية

خلية جلفانية

ب . أحدد المصعد و المهبط في الخلية

قطب X المصعد

قطب Yالمهبط

ج .أي الفلزين الأكثر نشاطاً

القطب X أكثر نشاطاً

د . أحدد الفلز الذي تحدث له عملية تأكسد

الفلز X

هـ . ماذا تسمى المادة التي تحدث لها عملية اختزال

العامل المؤكسد

و . ما التغير الذي يطرأ على كتلة القطب Y

7 . أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ فِقْرةٍ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

1. نصفُ التفاعُلِ الذي يمثلُ الاختزالَ في ما يأتي هوَ:

أ . $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ ب . $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$

جـ . $Pb \rightarrow PbO_2$ د . $Cr_2O_3 \rightarrow 2Cr$

2. العاملُ المختزلُ في التفاعُلِ الآتي هوَ:

$$Al_2O_3 + 6Na \rightarrow 2Al + 3Na_2O$$

أ . Al_2O_3 ب . Al جـ . Na_2O د . Na

3. العاملُ المؤكسدُ في التفاعُلِ الآتي هوَ:

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

أ . Ni^{2+} ب . Fe جـ . Ni د . Fe^{2+}

4. واحدةٌ منَ العملياتِ الآتيةِ لا تُعَدُّ تأكسُدًا:

أ . تفاعُلُ العنصرِ معَ الأكسجينِ. ب . فَقْدُ الإلكتروناتِ.

جـ . كَسْبُ الإلكتروناتِ. د . $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$.

5. الوصفُ الصحيحُ لنصفِ التفاعلِ $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$ هوَ:

أ . أيوناتُ المغنيسيوم تتأكسَدُ. ب . أيوناتُ المغنيسيوم تفْقِدُ الإلكتروناتِ.

جـ . نصفُ تفاعُلِ تأكسُدٍ. د . نصفُ تفاعُلِ اختزالٍ.

6. العاملُ المؤكسدُ هوَ المادةُ التي:

أ . يحدثُ لها تأكسدٌ. ب . ترتبط بالأكسجين في أثناءِ التفاعلِ.

جـ . تؤكسدُ مادةً أخرى. د . تفْقِدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

7. في التفاعلِ الآتي: $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ يكونُ العاملُ المختزلُ:

أ . Fe_2O_3 ب . CO جـ . Fe د . CO_2

8. واحدٌ منْ أنصافِ التفاعلاتِ غير الموزونة الآتيةِ يمثلُ تفاعُلَ تأكسُدٍ:

أ . $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$ ب . $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$

جـ . $SO_4^{2-} \rightarrow SO_2$ د . $MnO_2 \rightarrow MnCl_2$

9. المادةُ التي تتأكسَدُ هيَ المادةُ التي:

أ . تفْقِدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ. ب . تكسبُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

جـ . يَنتزعُ الأكسجينَ منها. د . تسببُ تأكسدَ مادةٍ أخرى.

10. الوصفُ الصحيحُ للمادةِ التي تحدثُ لها عمليةُ اختزالٍ في تفاعُلٍ ما هوَ:

أ . يحدثُ فيها فَقْدٌ في الإلكتروناتِ. ب . تمثلُ العاملَ المؤكسدَ.

جـ . تمثلُ العاملَ المختزلَ. د . يتحولُ فلزُّ الفضةِ إلى أكسيدِ الفضةِ.

11. التفاعلُ الذي يحدثُ عندَ المهبط في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ بروميد النحاس $CuBr_2$ باستخدامِ أقطابِ جرافيت هوَ:

أ . تأكسُدُ النحاسِ ب . اختزالُ أيوناتِ النحاسِ

جـ . تأكسُدُ الماءِ د . اختزالُ الماءِ

12. يَنتُجُ منْ عمليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ يوديد البوتاسيوم KI:

أ . اليود والبوتاسيوم
ب . الكلور والبوتاسيوم
جـ . الكلور والصوديوم
د . اليود والصوديوم

13. يحدثُ التفاعلُ الآتي في خليةٍ جلفانيةٍ: $Cd^{2+} + Ni \rightarrow Ni^{2+} + Cd$ وعليهِ، فإنَّ العبارةَ **غيرَ الصحيحةِ** في ما يأتي هيَ:

أ . Cd عاملٌ مختزلٌ
ب . Ni^{2+} عاملٌ مؤكسدٌ
جـ . Ni يمثلُ المصعدَ
د . Cd يمثلُ المصعدَ

14. عندَ التحليلِ الكهربائي لمصهورِ فلوريد البوتاسيوم KF فإنَّ التفاعُلَ الحاصلَ عندَ المهبطِ هوَ:

أ . تأكسُد F^-
ب . اختزال F^-
جـ . تأكسُد K^+
د . اختزال K^+

15. يتكونُ عندَ المصعدِ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ كلوريد الليثيوم LiCl.

أ . Li
ب . O_2
جـ . Cl_2
د . H_2

16. يستطيعُ الفلزُّ A استخلاصَ الفلزيْنِ B و C منْ محاليلِهما ولا يستطيعُ استخلاصَ الفلزِّ D وعليهِ، فإنَّ العاملَ المختزلَ الأقوى هوَ:

أ . A
ب . B
جـ . C
د . D

17. في الخليةِ الجلفانيةِ التي تفاعلُها: $Zn^{2+} + Ni \rightarrow Ni^{2+} + Zn$:

أ . يكونُ القطبُ Zn هوَ القطبَ الموجبَ.
ب . تزدادُ كتلةُ القطبِ Ni.
جـ . تسيرُ الإلكتروناتُ منَ القطبِ Ni إلى القطبِ Zn
د . يكونُ القطبُ Ni هوَ القطبَ السالبَ.

18. إذا كانَ الأيونُ X^{2+} أقوى بوصفِهِ عاملًا مؤكسدًا منَ الأيونِ Z^{2+} وكُوِّنَتْ خليةٌ جلفانيةٌ منْ قطبَي Z/X فإنَّ:

أ . Z هوَ المهبطُ
ب . X هوَ المصعدُ
جـ . كتلةَ X تقلُّ
د . كتلةَ Z تقلُّ

19. أيُّ الجملِ الآتيةِ غيرُ صحيحةٍ في ما يتعلقُ بالخليةِ الجلفانيةِ:

أ . المصعدُ سالبُ الشِّحْنةِ.

ب . المهبطُ موجبُ الشِّحنةِ.

جـ . التأكسُدُ يحدثُ عندَ المهبطِ.

د . تتحركُ الإلكتروناتُ منَ المصعدِ إلى المهبطِ.

20. إذا كانَ اتجاهُ حركةِ الإلكتروناتِ السالبةِ نحوَ القطبِ Z في الخليةِ الجلفانيةِ التي قطباها Q وZ فإنَّ:

أ . شِحْنةَ القطبِ Z موجبةٌ

ب . شِحْنةَ القطبِ Q موجبةٌ

جـ . كتلةَ Z تقلُّ بمرورِ الزمنِ

د . كتلةَ Q تزدادُ بمرورِ الزمنِ

رقم السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الإجابة	د	د	أ	ج	د	ج	ب	أ	أ	ب
رقم السؤال	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
الإجابة	ب	أ	ج	د	ج	د	ب	د	ج	أ