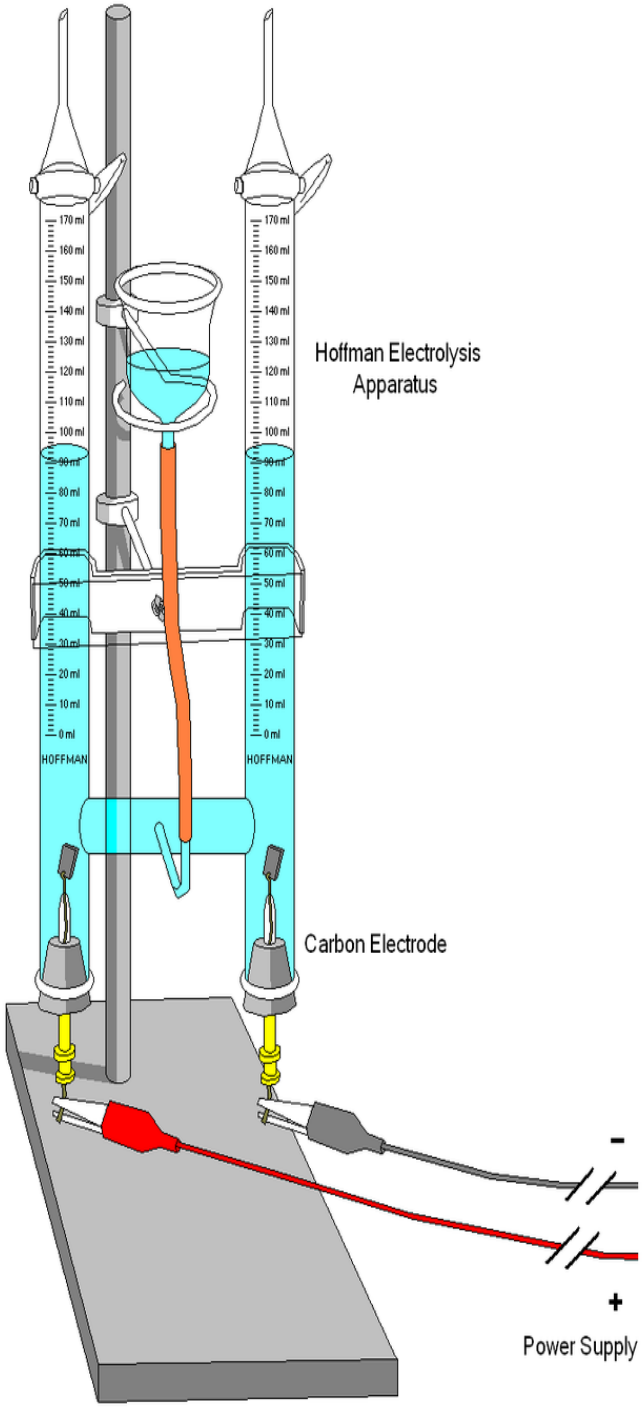
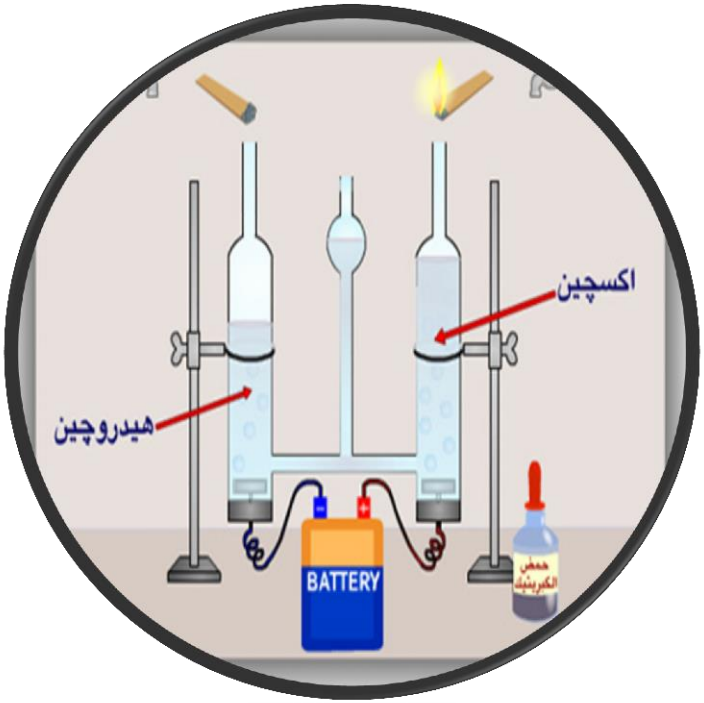
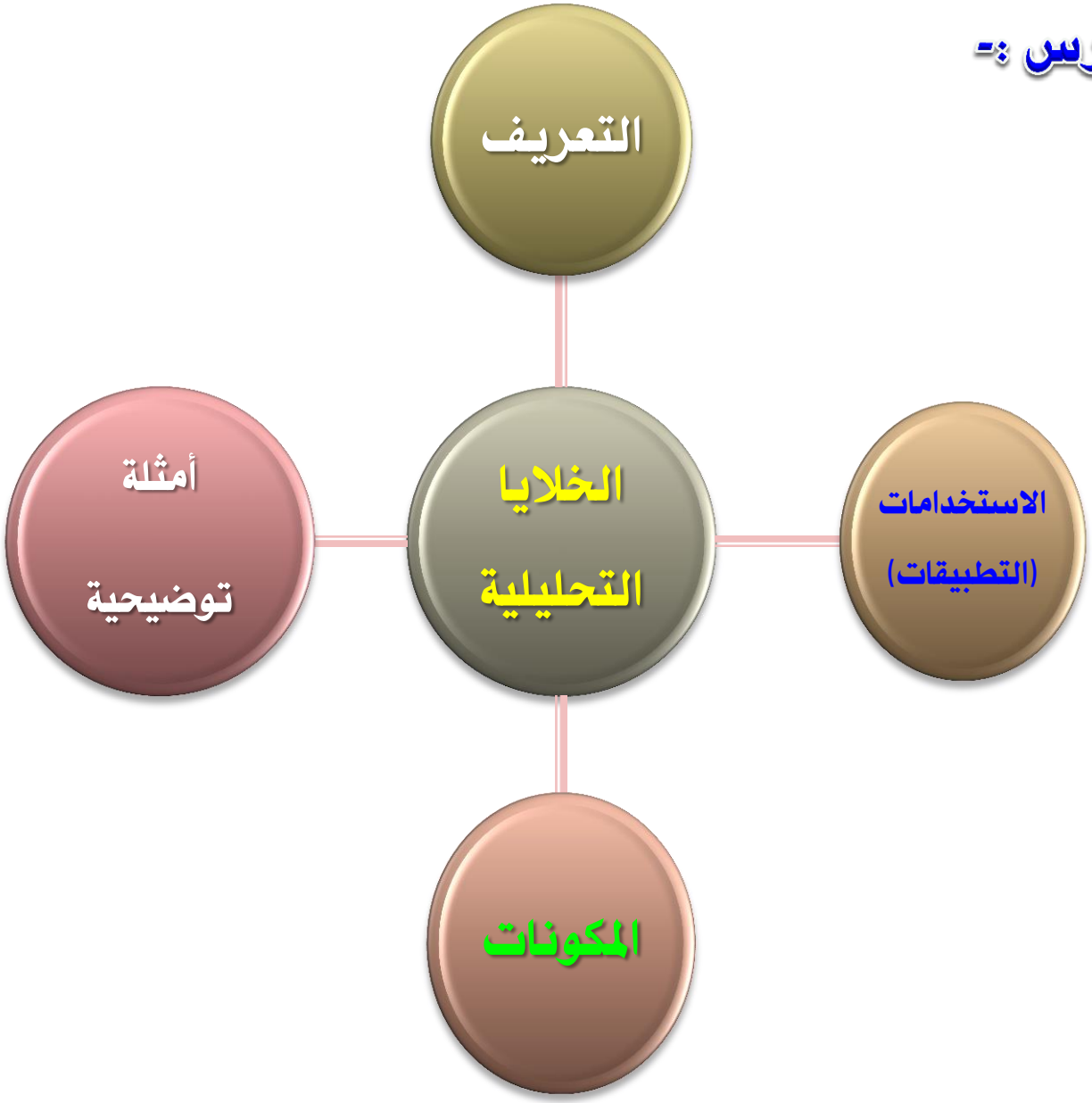


الخلايا التحليلية (الالكتروليتية)

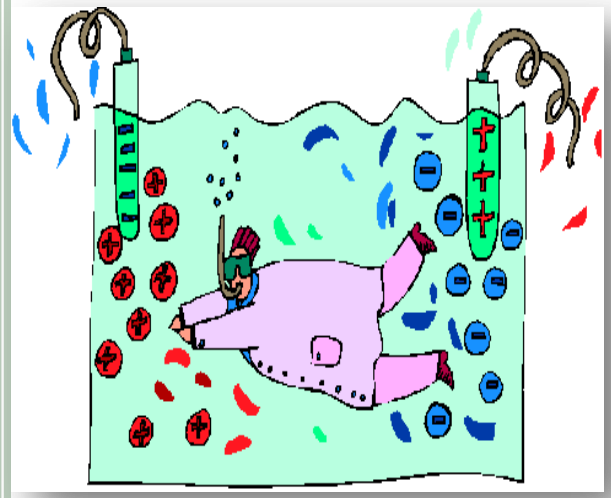


رضا حسين

محاور الدرس :-


التعريف
أمثلة توضيحية
الخلايا التحليلية
الاستخدامات (التطبيقات)
المكونات

التعريف:-

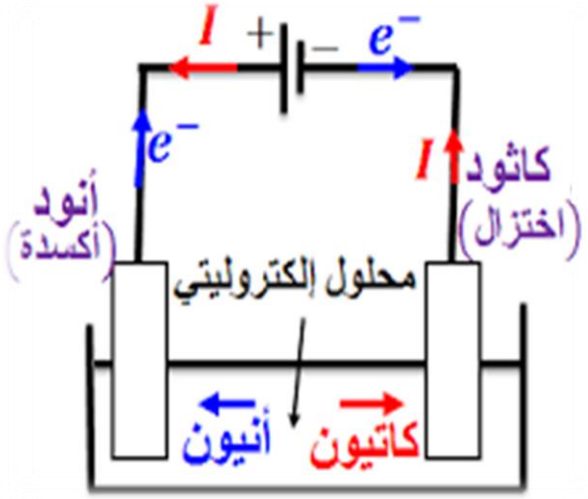


- أداة تستخدم لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال.
- تفاعل الاكسدة والاختزال فيها ليس تلقائياً
- جهد الخلية سالب القيمة.
- عملية التحليل تعنى عملية تفكك أو فصل المركب إلى عناصر أولية أو مركبات بسيطة

استخدامات الخلية :-

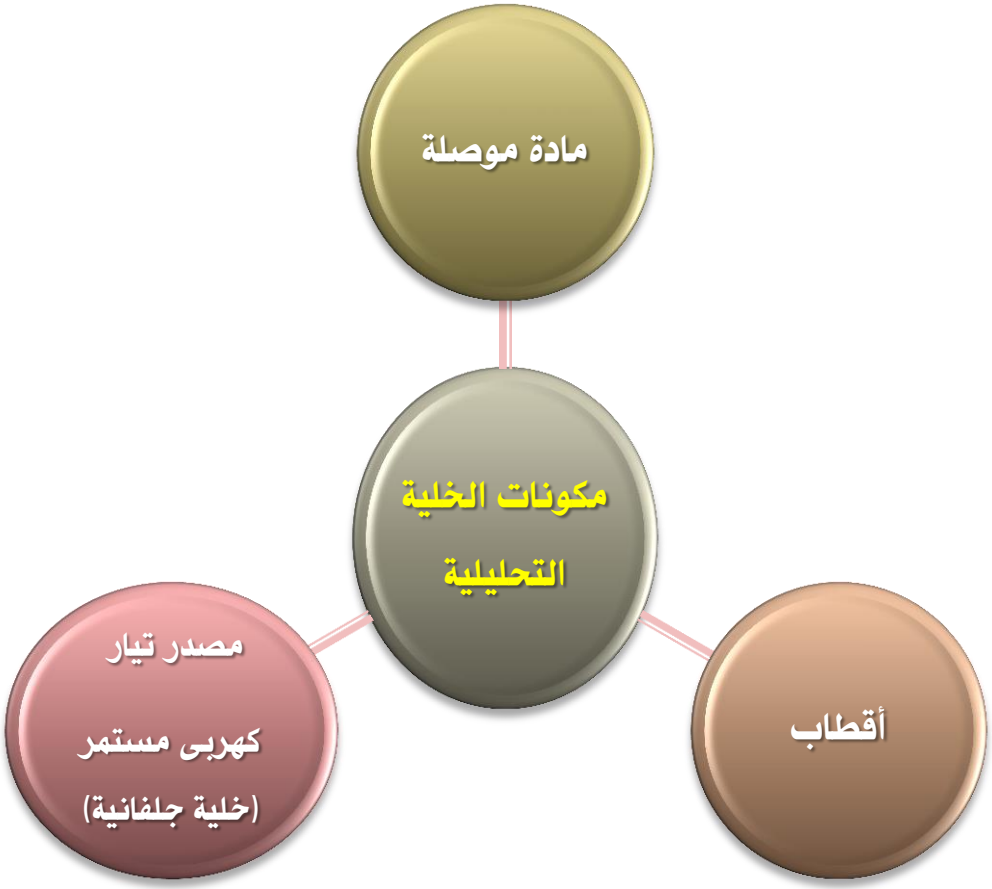
*التطبيقات : سيتم دراستها بالتفصيل فى المحاضرة القادمة إن شاء الله.

مكونات الخلية التحليلة :-



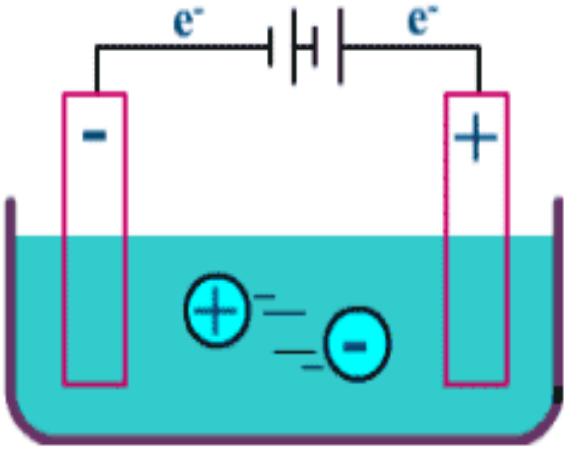
- **الأقطاب:** ألواح صلبة من (معدن أو بلاتين أو كربون) تنتقل من خلاله الألكترونات من مصدر التيار المستمر إلى المواد الموصلة ، فتكوِّن دائرة كهربية مغلقة.
- **المواد الموصلة:** مركب أيونى موصل جيد للتيار الكهربى تتفكك جزيئاته إلى أيونات سالبة وأخرى موجبة.
- **مصدر التيار:** مصدر تيار كهربى مباشر ومستمر مثل البطارية أو خلية جلفانية.

مكونات الخلية التحليلية :-

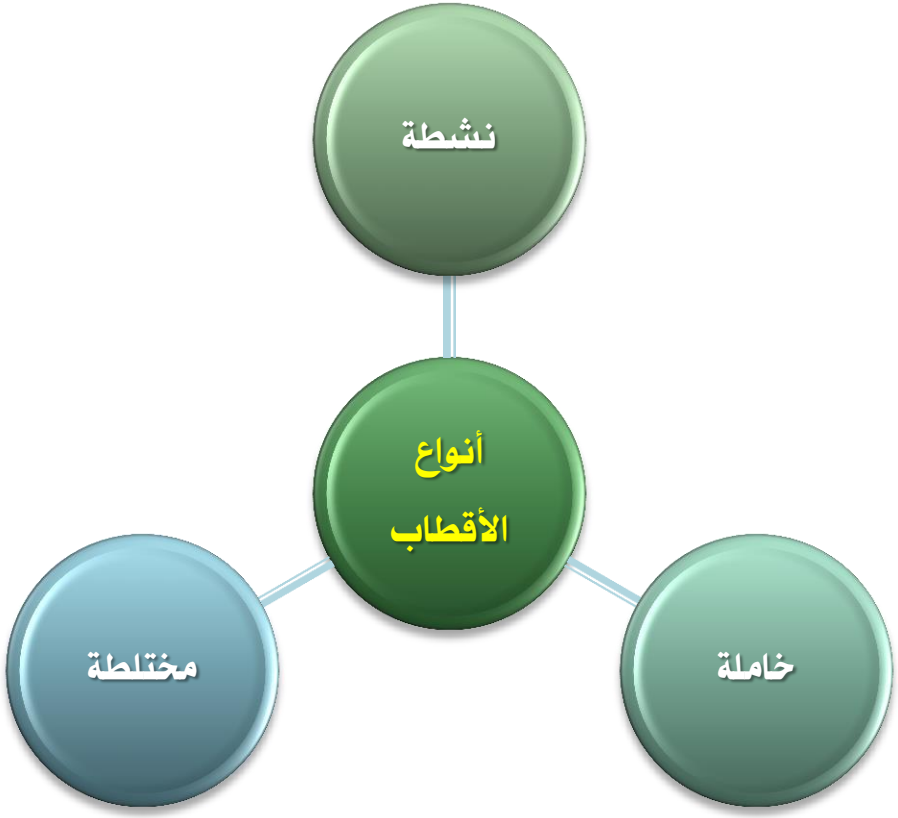


أنواع الأقطاب:-

- **الأقطاب النشطة :** مثل الفلزات نحاس – زنك – حديد – فضة – رصاص .....
- **الأقطاب الخاملة:** مثل البلاتين – الكربون الجرافيتى
- **المختلط :-** قطب نشط مع قطب خامل



أنواع الأقطاب:-



انواع المواد الموصلة:-

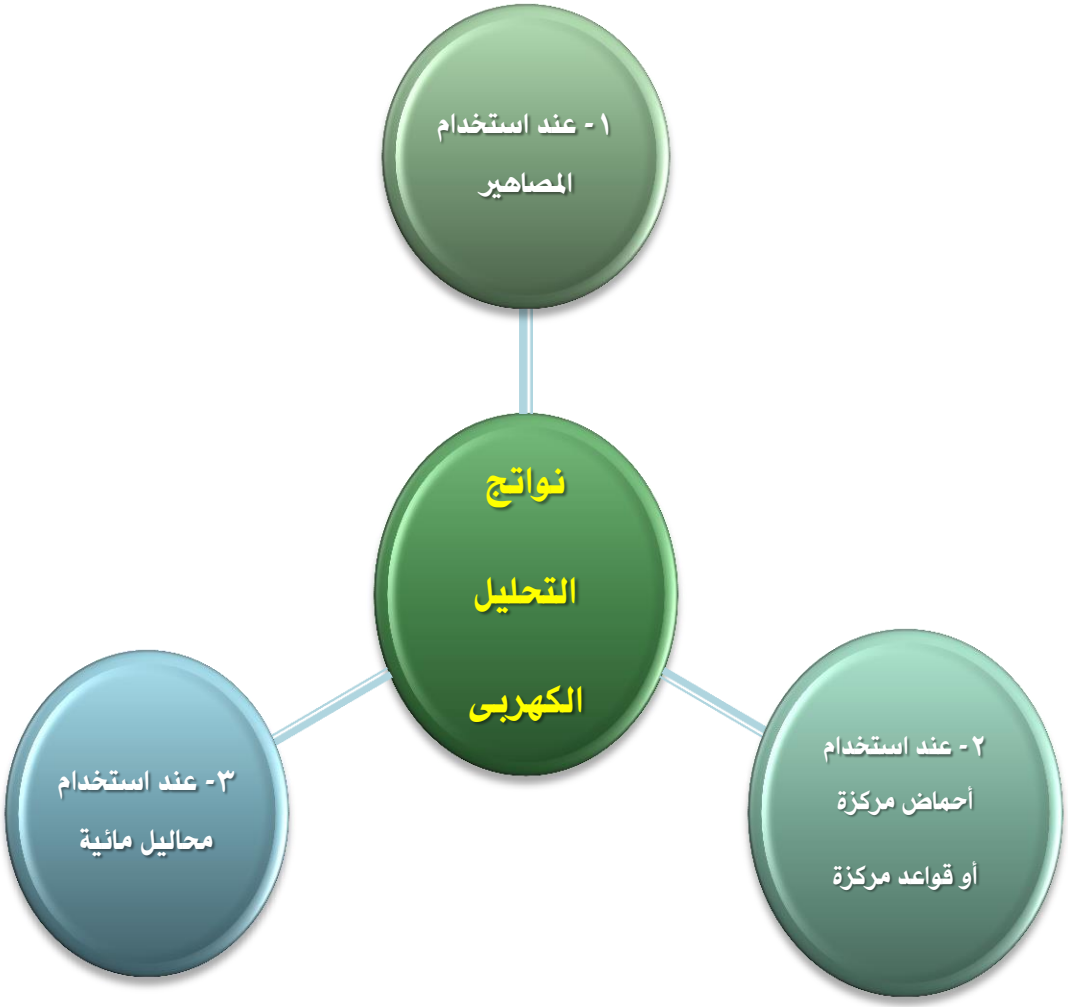
- **مصاهير:** عبارة عن أملاح صلبة تم تسخينها لدرجة الانصهار حتى صارت تشبه السائل من شدة الحرارة.
- **المواد المركزة:** مثل الأحماض المركزة مثل HCl – H_2SO_4 والقواعد المركزة $NaOH$ – KOH
- **المحاليل المائية:** عبارة عن أملاح ذائبة فى الماء أو أحماض أو قواعد تم تخفيف تركيزها بالماء.

أ.د شاهيرة

أنواع المواد الموصلة:-

أقطاب الخلية :-

نواتج التحليل الكهربى عند مرور التيار داخل الخلية:-

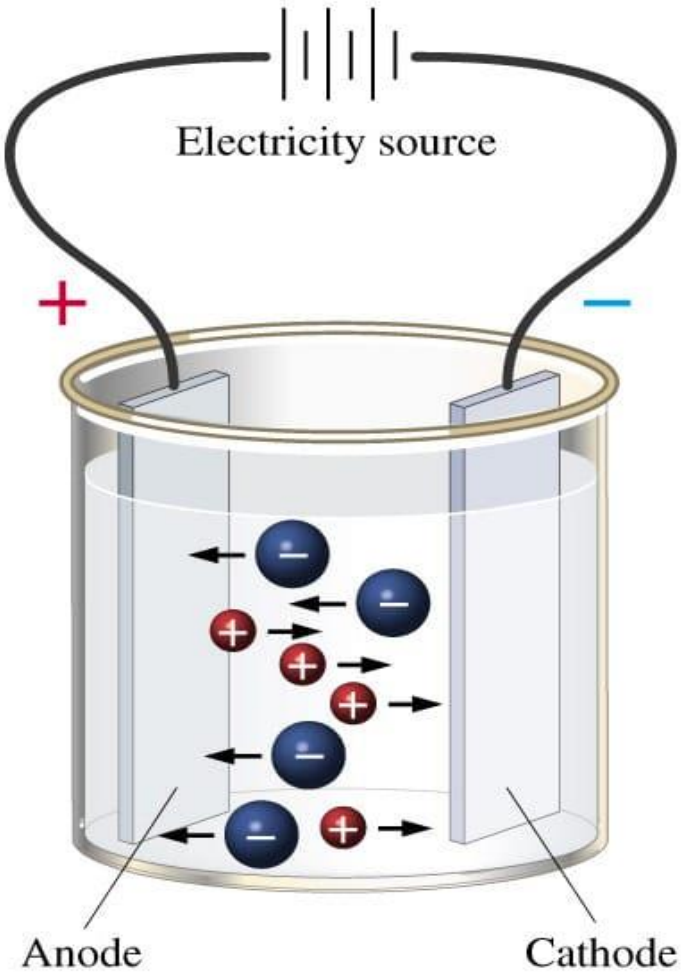


١ - نواتج التحليل عند استخدام مصاهير

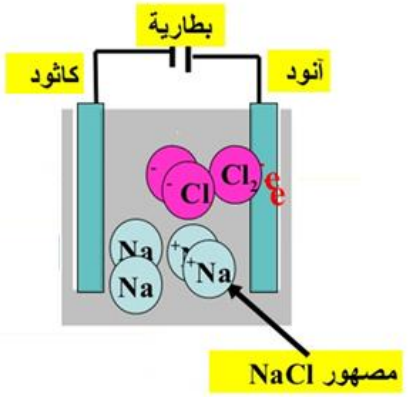
باستخدام أقطاب خاملة

حركة أيونات المصهور

- الأيونات الموجبة
  تتجه إلى المهبط
- الأيونات السالبة
  تتجه إلى المصعد



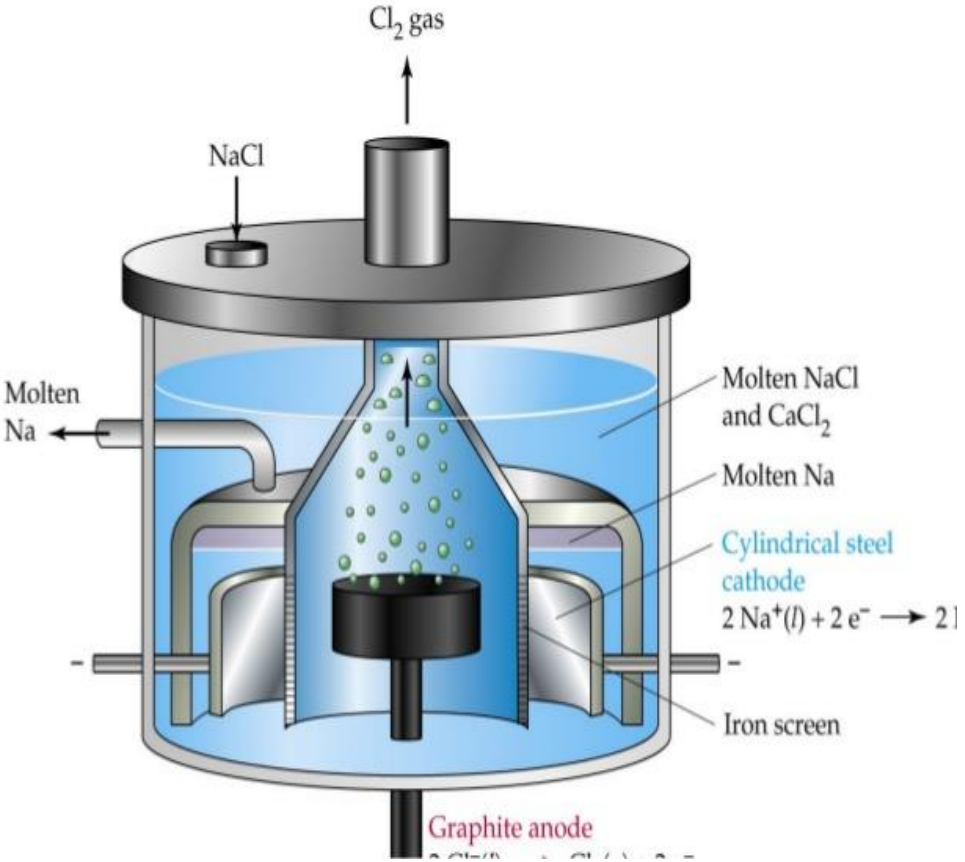
مثال ١ :- تحليل مصهور كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة:-



- عند تحويل أى مادة ملح صلب إلى مصهور بتسخينة إلى درجة الانصهار يتفكك إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة ولا توجد جزيئات ماء نتيجة لتبخرها عند التسخين.
- الايونات الموجودة فى المصهور ، أيونات الصوديوم الموجبة Na^+ وأيونات الكلور السالب Cl^-.
- عند مرور التيار الكهربى فى الخلية : تنجذب الأيونات الموجبة إلى القطب المخالف لها فى الشحنة وهو المهبط السالب فيحدث لها اختزال.
- $2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na \downarrow$ $\qquad E°_r = -2.71v$
- بينما تتجه أيونات الكلور السالبة إلى المصعد موجب الشحنة فيحدث لها أكسدة.
- $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 \uparrow + 2e^-$ $\qquad E°_r = +1.36v$
- التفاعل الكلى :
- $2Na^+ + 2Cl^- \longrightarrow 2Na \downarrow + Cl_2 \uparrow$ $\qquad E°_{cell} = -2.71 - (+1.36) = -4.07v$

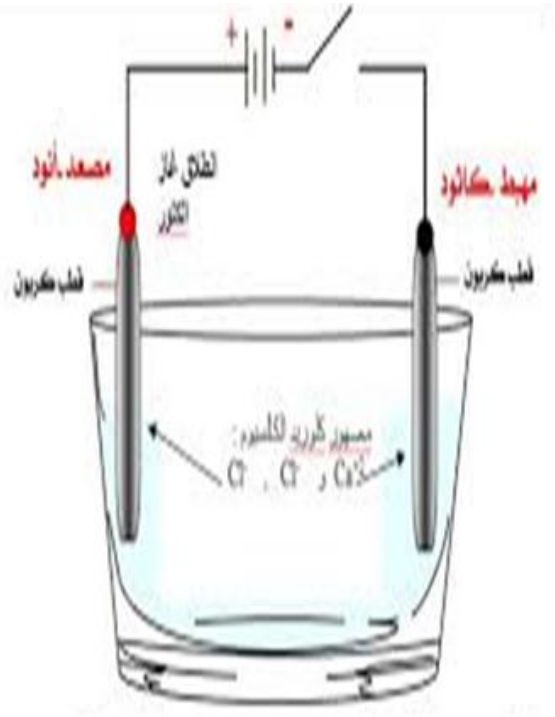
- نُلاحظ أن : قيمة جهد الخلية سالبة حيث تفاعلات الأكسدة والاختزال فى الخلية التحليلية غير تلقائية.

مثال ١ :- تحليل مصهور كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة فى الصناعة:-



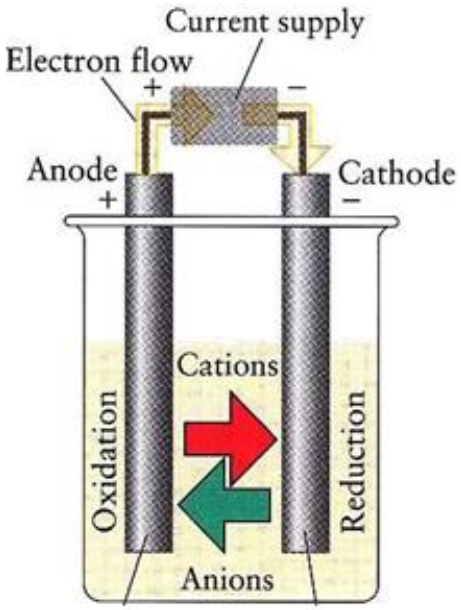
خلية داونز

مثال٢ : تحليل مصهور كلوريد الكالسيوم باستخدام أقطاب خاملة



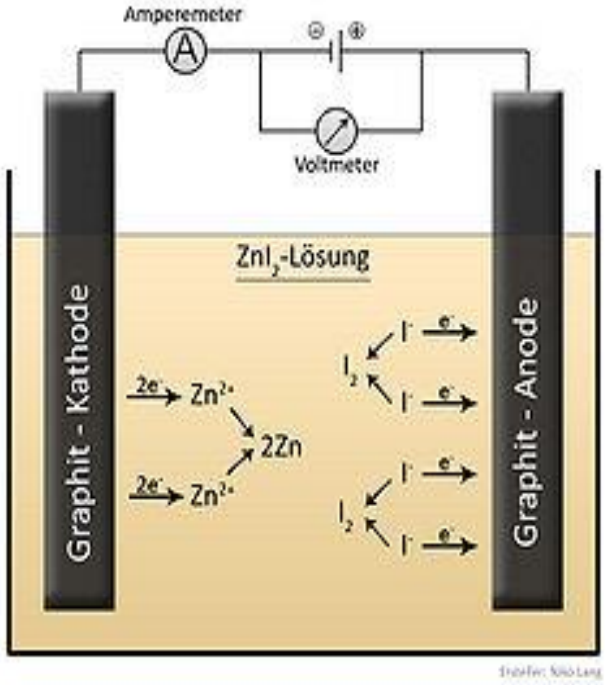
- الايونات الموجودة فى المصهور ، أيونات الكالسيوم Ca^{+2} الموجبة وأيونات الكلور السالب Cl^-
- عند مرور التيار الكهربى فى الخلية : تنجذب الأيونات الموجبة إلى القطب المخالف لها فى الشحنة وهو المهبط السالب فيحدث لها اختزال.
- $Ca^{+2} + 2e^- \longrightarrow Ca\downarrow$ $\quad E°_r = -2.87v$
- بينما تتجه أيونات الكلور السالبة إلى المصعد موجب الشحنة فيحدث لها أكسدة.
- $2Cl^- \longrightarrow Cl_2\uparrow + 2e^-$ $\quad E°_r = +1.36v$
- التفاعل الكلى :
- $Ca^{+2} + 2Cl^- \longrightarrow Ca\downarrow + Cl_2\uparrow$ $\quad E°_{cell} = -2.87v - (+1.36v) = -4.23v$
- نُلاحظ أن : قيمة جهد الخلية سالبة حيث تفاعلات الأكسدة والاختزال فى الخلية التحليلية غير تلقائية.

مثال ٣: تحليل مصهور كلوريد الماغنسيوم باستخدام أقطاب خاملة



- الايونات الموجودة فى المصهور ، أيونات الماغنسيوم الموجبة Mg^{+2}وأيونات الكلور السالبة Cl^- .
- عند مرور التيار الكهربى فى الخلية : تنجذب الأيونات الموجبة إلى القطب المخالف لها فى الشحنة وهو المهبط السالب فيحدث لها اختزال.
- $Mg^{+2} + 2e^- \longrightarrow Mg \downarrow \quad E°_r = -2.37v$
- بينما تتجه أيونات الكلور السالبة إلى المصعد موجب الشحنة فيحدث لها أكسدة.
- $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 \uparrow + 2e^- \quad E°_r = +1.36v$
- التفاعل الكلى:-
- $Mg^{+2} + 2Cl^- \longrightarrow Mg \downarrow + Cl_2 \uparrow \quad E°_{cell} = -2.37v - (+1.36v) = -3.73v$
- نُلاحظ أن : قيمة جهد الخلية سالبة حيث تفاعلات الأكسدة والاختزال فى الخلية التحليلية غير تلقائية.

مثال ٤: تحليل مصهور يوديد الخارصين باستخدام أقطاب خاملة



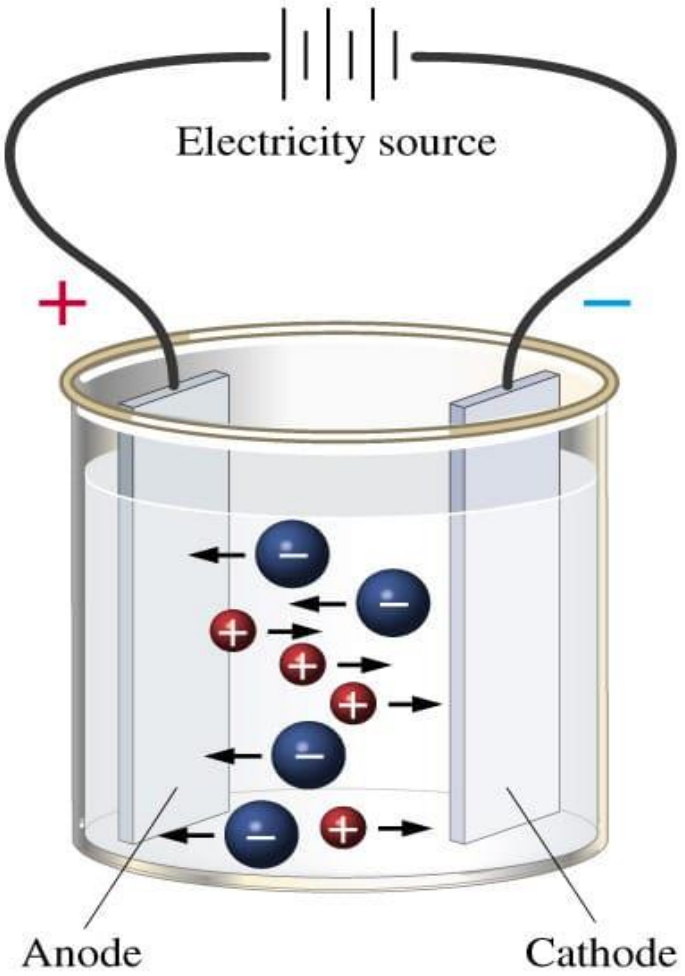
- الايونات الموجودة فى المصهور ، أيونات الماغنسيوم الموجبة Zn^{+2}وأيونات الكلور السالبة I^- .
- عند مرور التيار الكهربى فى الخلية : تنجذب الأيونات الموجبة إلى القطب المخالف لها فى الشحنة وهو المهبط السالب فيحدث لها اختزال.

- $Zn^{+2} + 2e^- \longrightarrow Zn\downarrow$ $\quad E°_r = -0.76v$
- بينما تتجه أيونات الكلور السالبة إلى المصعد موجب الشحنة فيحدث لها أكسدة.
- $2I^- \longrightarrow I_2\downarrow + 2e^-$ $\quad E°_r = +0.54v$
- التفاعل الكلى:
- $Zn^{+2} + 2I^- \longrightarrow Zn\downarrow + I_2\downarrow$ $\quad E°_{cell} = -0.76v - (+0.54v) = -1.3v$
- نُلاحظ أن : قيمة جهد الخلية سالبة حيث تفاعلات الأكسدة والاختزال فى الخلية التحليلية غير تلقائية.

٢- نواتج التحليل عند استخدام أحماض مركزة أو قواعد مركزة
باستخدام أقطاب خاملة

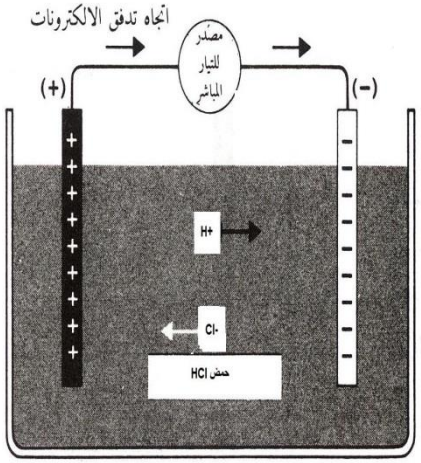
حركة أيونات المادة المركزة

- الأيونات الموجبة
  تتجه إلى المهبط
- الأيونات السالبة
  تتجه إلى المصعد



تحليل حمض HCl المركز باستخدام أقطاب خاملة

- الايونات الموجودة فى الحمض المركز ، أيونات الهيدروجين الموجبة H^+وأيونات الكلور السالبة Cl^- .



- عند مرور التيار الكهربى فى الخلية : تنجذب الأيونات الموجبة إلى القطب المخالف لها فى الشحنة وهو المهبط السالب فيحدث لها اختزال.

- $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2 \uparrow$ $\quad E°_r = 0.00v$

- بينما تتجه أيونات الكلور السالبة إلى المصعد موجب الشحنة فيحدث لها أكسدة.

- $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \uparrow$ $\quad E°_r = +1.36v$

- التفاعل الكلى:-

- $2H^+ + 2Cl^- \longrightarrow H_2 \uparrow + Cl_2 \uparrow$ $\quad E°_{cell} = 0.00v - (+1.36v) = -1.36v$

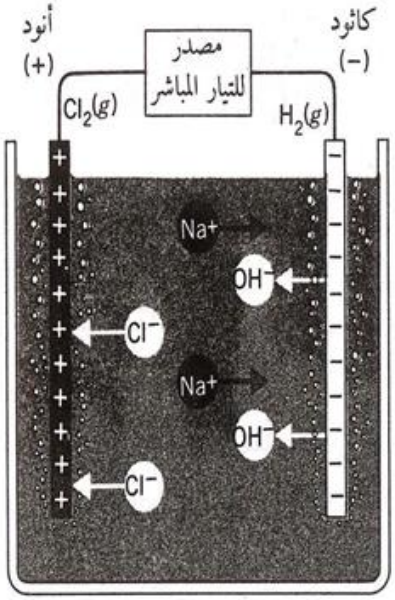
- نُلاحظ أن : قيمة جهد الخلية سالبة حيث تفاعلات الأكسدة والاختزال فى الخلية التحليلية غير تلقائية.

٣-نواتج التحليل لمحاليل مائية

باستخدام أقطاب خاملة

حركة أيونات وجزيئات المحلول المائى أثناء مرور التيار فى الخلية التحليلية :-

مثال١ : تحليل محلول كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة:-

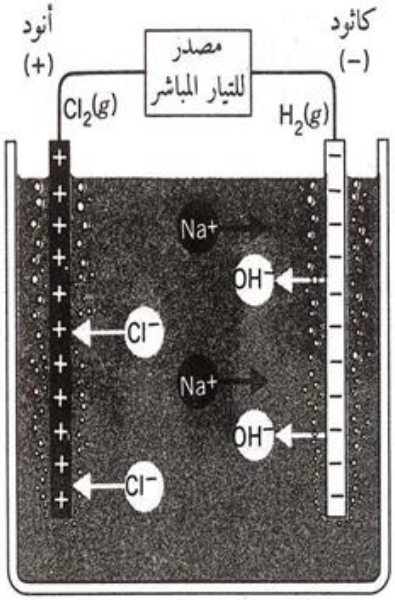


- الأيونات الموجودة فى المحاليل المائية ، أيونات الصوديوم Na^+وأيونات الكلور السالبة Cl^- ، وأيضا جزيئات الماء وبعض جزيئات الماء نتيجة لمرور التيار الكهربى به يتفكك إلى : أيونات الهيدروجين الموجبة H^+وأيونات الهيدروكسيد السالبة OH^- ، ولكن تركيز هذه الأيونات المتفككة يكون ضعيف.

- جزيئات الماء المتعادلة التى لم تفكك ، وهى كثير ، سوف تتجه إلى المصعد والمهبط فى نفس الوقت.

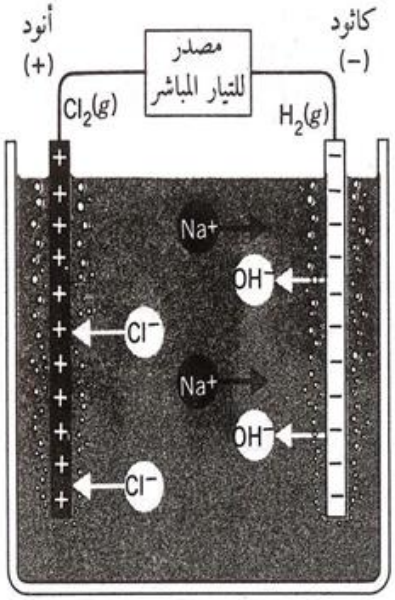
أ.رشا حسن

مثال ١ : تحليل محلول كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة:-



- عند مرور التيار الكهربى فى الخلية : تنجذب الأيونات الموجبة إلى القطب المخالف لها فى الشحنة وهو المهبط السالب فيحدث لها اختزال.
- هذه الأيونات هى Na^+ و H^+ وأيضا جزيئات الماء المتعادلة.
- الأسبقية لعملية الاختزال سوف تكون للأيون أو الجزىء الذى له جهد اختزال أعلى وتركيز عالى.
- ولمعرفة جهود الاختزال يجب الاستعانة بجدول جهود الاختزال القياسية صفحة ٥٨ بالكتاب المدرسى.
- ملاحظة هامة : أيونات الهيدروجين الموجبة سوف تخرج من التنافس على عملية الاختزال حيث لها تركيز ضعيف .

مثال ١ :تحليل محلول كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة:-



- فيصبح التنافس بين أيونات الصوديوم الموجبة وجزيئات الماء ، ومن خلال النظر فى الجدول نجد أن الماء أعلى فى جهد الاختزال ، فيسبق الماء أيونات الصوديوم فى عملية الاختزال عند المهبط.

- $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 \uparrow + 2OH^-$ $\quad E°_r = -0.83v$

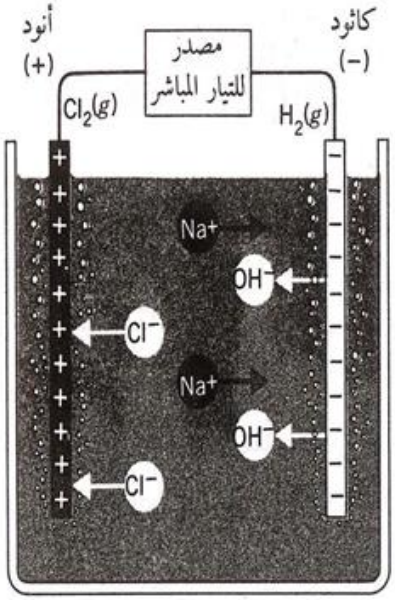
- فيتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط (يشتعل بفرقعة عند وضع عود ثقاب مشتعل)

- ويصبح الوسط حول المهبط قاعدى لوجود أيونات الهيدروكسيد السالبة (تزرق ورقة تباع الشمس الحمراء عند غمسها عند المهبط).

- وأيضا قيمة pH عند المهبط تكون مرتفعة لزيادة تركيز أيونات الهيدروكسيد السالبة OH^-.

أ.رشا حسن

مثال١ : تحليل محلول كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة:-

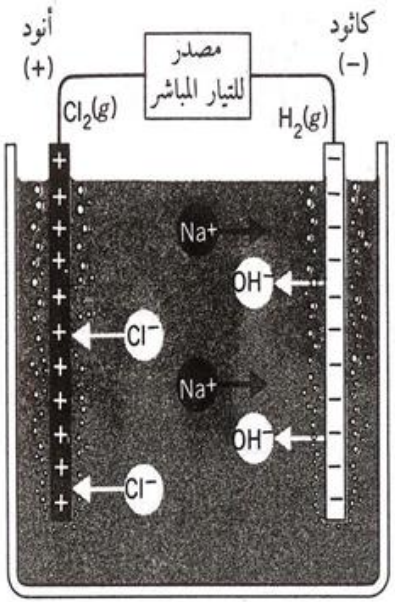


- بينما تتجه أيونات الكلور السالبة إلى المصعد (موجب الشحنة) فيحدث لها أكسدة.

- $2Cl^- \longrightarrow Cl_2\uparrow + 2e^-$ $\qquad E°_r = +1.36v$

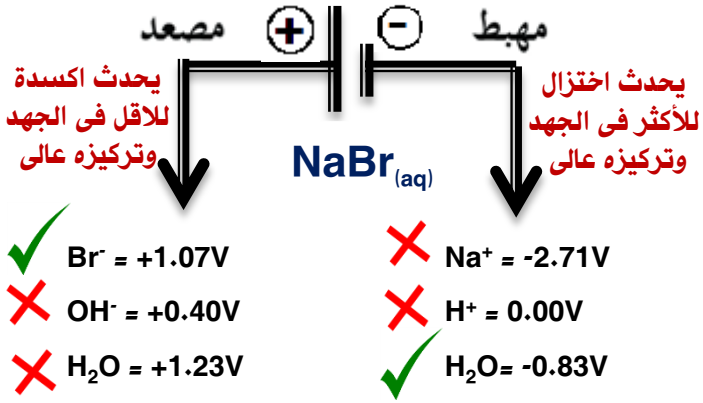
- فيتصاعد غاز الكلور عند المصعد بلونه الأصفر المخضر.

مثال١ : تحليل محلول كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة:-

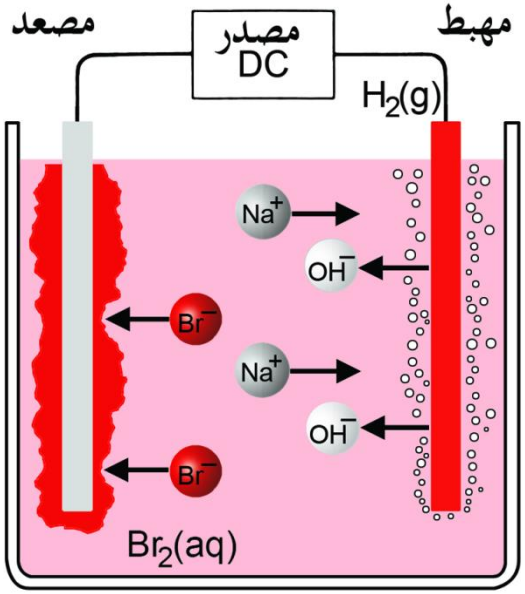


- ويغلب بذلك الوسط القاعدى على وسط الخلية كلها فيكون الوسط داخل الخلية وسط قاعدى ، أى قيمة الأس الهيدروجينى pH أعلى من ٧.
- وتكون معادلة التفاعل الكلى الحادث كما يلى:-
- $2H_2O + 2Cl^- \longrightarrow H_2\uparrow + 2OH^- + Cl_2\uparrow$
- الجهد الكلى للخلية يكون محصلة قيمة جهود المواد المتفاعلة الماء والكلور
- $E^\circ_{Cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{Anode} = -0.83 - (+1.36) = \mathbf{-2.19\ v}$
- نُلاحظ أن : قيمة جهد الخلية سالبة حيث تفاعلات الأكسدة والاختزال فى الخلية التحليلية غير تلقائية.

مثال٢ : تحليل محلول بروميد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة



ملاحظة هامة:- تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

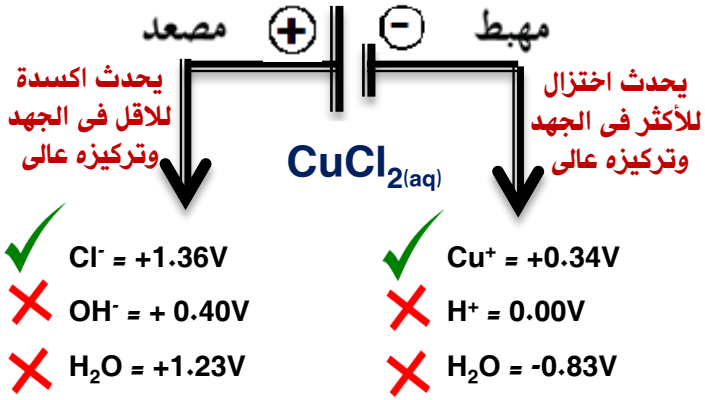


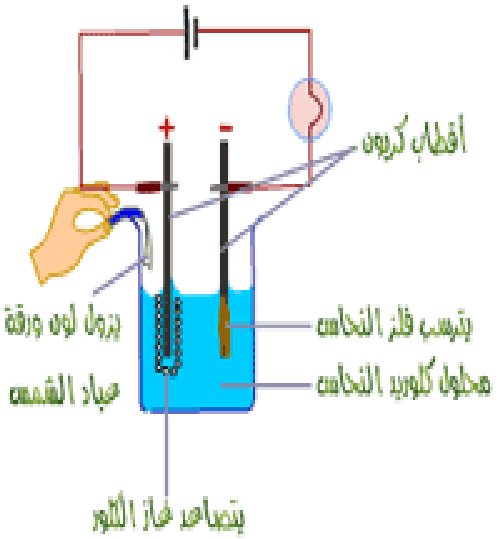
- عند المصعد :
  - $2Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$ $\quad E°_r = +1.07v$
- عند المهبط :
  - $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ $\quad E°_r = -0.83v$
- التفاعل الكلى:
  - $2Br^- + 2H_2O \longrightarrow Br_2 + H_2$ $\quad E°_r = -0.83v - (+1.07v) = -1.9v$

- ملاحظات على هذه الخلية:-
- تصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط.
- الوسط قاعدى
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧. (pH > 7)
- يترسب البروم عند المصعد

مثال٣: تحليل محلول كلوريد النحاس الثنائى باستخدام أقطاب خاملة

ملاحظة هامة:-تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

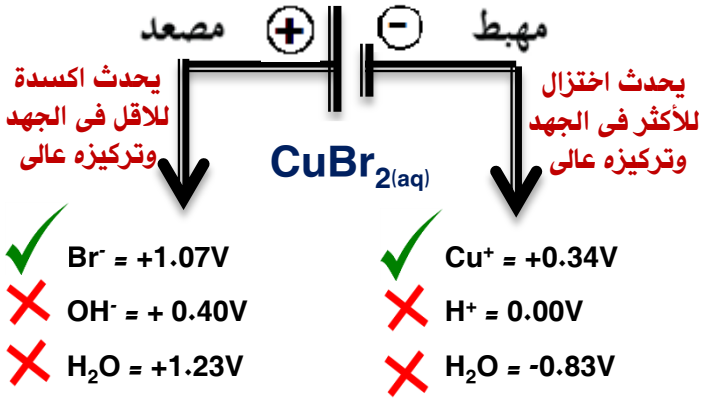




- عند المصعد :
- $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ $\quad E°_r = +1.36v$
- عند المهبط :
- $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ $\quad E°_r = +0.34v$
- التفاعل الكلى:
- $2Cl^- + Cu^{+2} \longrightarrow Cl_2 + Cu$ $\quad E°_r = +0.34v - (+1.36v) = -1.7v$

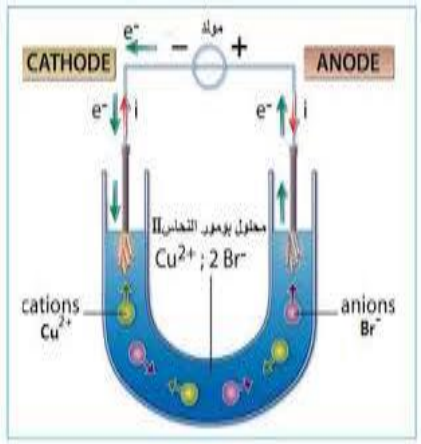
- ملاحظات على هذه الخلية:-
- تصاعد غاز الكلور عند المصعد.
- الوسط متعادل
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH = 7)
- يترسب النحاس عند المهبط.

مثال٤: تحليل محلول بروميد النحاس الثنائى باستخدام أقطاب خاملة



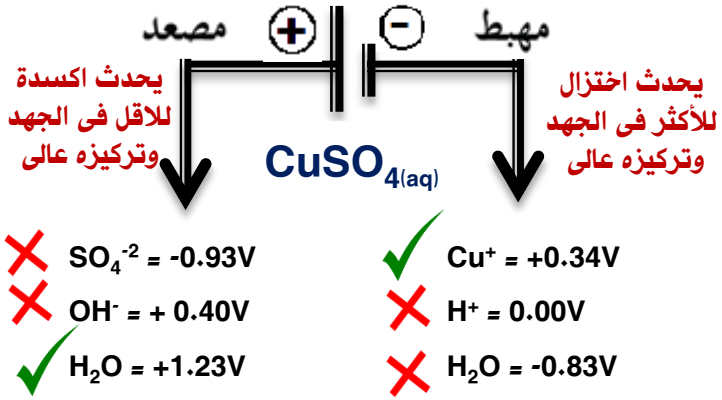
ملاحظة هامة:-تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

- **عند المصعد :**
- $2Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$ $\quad E°_r = +1.07v$
- **عند المهبط :**
- $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ $\quad E°_r = +0.34v$
- **التفاعل الكلى:**
- $2Cl^- + Cu^{+2} \longrightarrow Cl_2 + Cu$ $\quad E°_r = +0.34v - (+1.07v) = -1.41v$



- **ملاحظات على هذه الخلية:-**
- **يترسب البروم عند المصعد.**
- **الوسط متعادل**
- **الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH = 7)**
- **يترسب النحاس عند المهبط.**

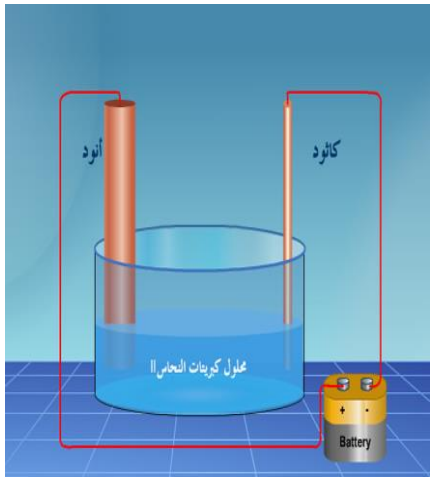
مثال٥: تحليل محلول كبريتات النحاس الثنائى باستخدام أقطاب خاملة



ملاحظة هامة ١ :- تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

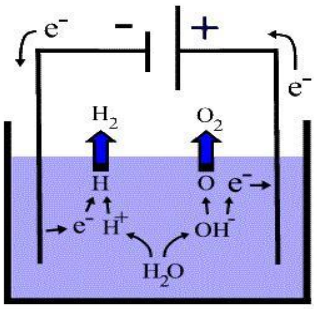
ملاحظة هامة٢ :- لا تتأكسد أيونات الكبريتات السالبة لأن الذرة المركزية لها (ذرة الكبريت) فى اعلى حالات تأكسدها

- عند المصعد :
- $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E^\circ_r = +1.23v$
- عند المهبط :
- $2Cu^{+2} + 4e^- \longrightarrow 2Cu$ $\quad E^\circ_r = +0.34v$
- التفاعل الكلى:
- $2H_2O + 2Cu^{+2} \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 2Cu$ $\quad E^\circ_r = +0.34v - (+1.23v) = -1.57v$

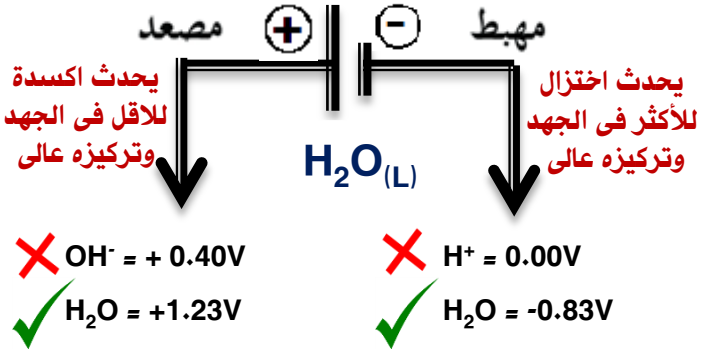


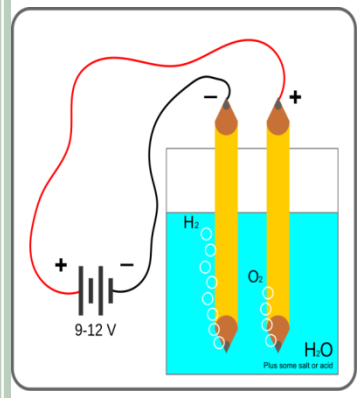
- **ملاحظات على هذه الخلية:-**
- يتصاعد غاز الأكسجين فى صورة فقاعات عند المصعد (يساعد على اشتعال عود ثقاب)
- الوسط حمضى لوجود ايونات الهيدروجين بوفرة عند المصعد.
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH < 7)
- يترسب النحاس عند المهبط.

مثال٦ : تحليل الماء النقى باستخدام أقطاب خاملة

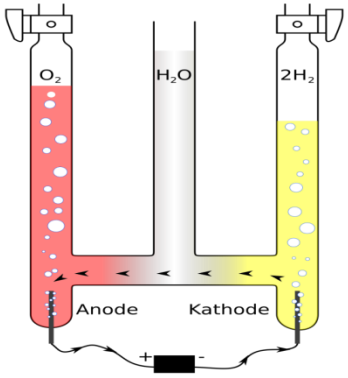


ملاحظة هامة:-تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال



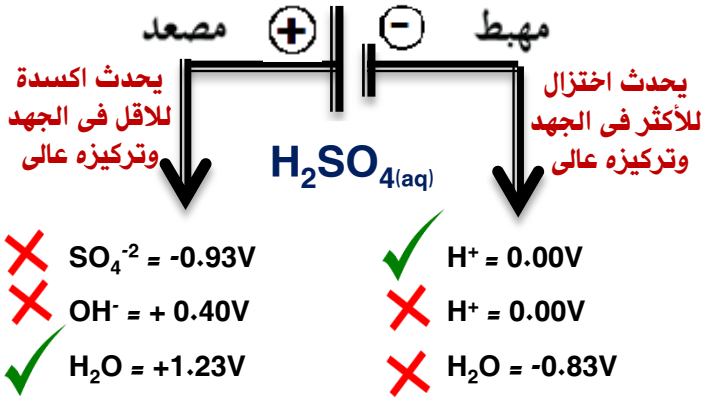


- عند المصعد :
  - $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E^\circ_r = +1.23v$
- عند المهبط :
  - $4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$ $\quad E^\circ_r = -0.83v$
- التفاعل الكلى:
  - $6H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 2H_2 + 4OH^-$ $\quad E^\circ_r = -0.83v - (+1.23v) = -2.06v$
  - $6H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2 + 4H_2O$ $\quad E^\circ_r = -2.06v$
  - $2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$ $\quad E^\circ_r = -2.06v$



- ملاحظات على هذه الخلية:-
- يتصاعد غاز الأكسجين فى صورة فقاعات عند المصعد (يساعد على اشتعال عود ثقاب)
- يتصاعد غاز الهيدروجين فى صورة فقاعات عند المهبط (يشتعل بفرقعة عند تقريب عود ثقاب مشتعل)
- الوسط فى هذه الخلية يكون متعادل.
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH = 7)

مثال٧: تحليل حمض كبريتيك مخفف باستخدام أقطاب خاملة



- عند المصعد :

- $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E^\circ_r = +1.23v$

- عند المهبط :

- $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H2$ $\quad E^\circ_r = +0.00v$

- التفاعل الكلى:

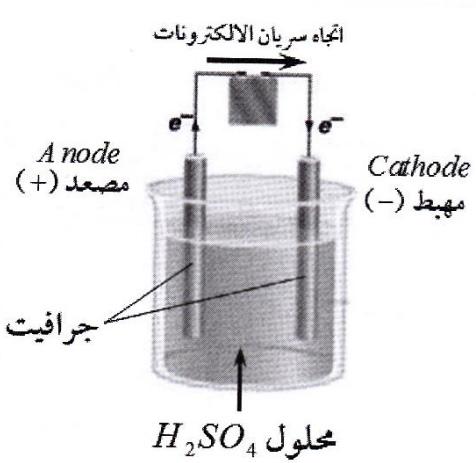
- $2H_2O + 2H^+ \longrightarrow O_2 + 4H^+ + H2$ $\quad E^\circ_r = +0.00v - (+1.23v) = -1.23v$

- ملاحظات على هذه الخلية:-
- يتصاعد غاز الأكسجين فى صورة فقاعات عند المصعد (يساعد على اشتعال عود ثقاب)
- الوسط حمضى لوجود ايونات الهيدروجين بوفرة عند المصعد.
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH < 7)
- يتصاعد غاز الهيدروجين فى صورة فقاعات عند المهبط (يشتعل بفرقعة عند تقريب عود ثقاب مشتعل)

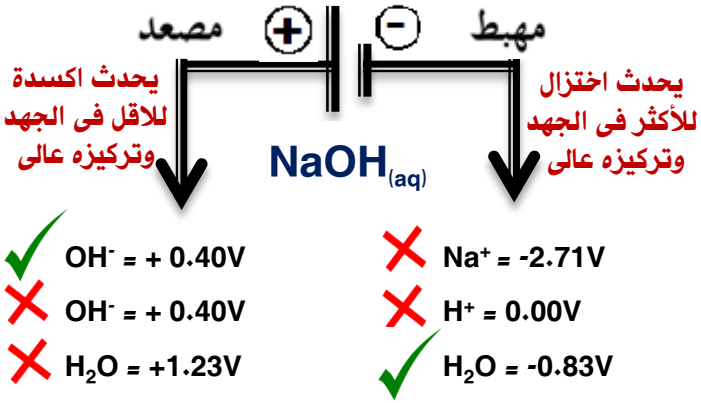
ملاحظة هامة ١ :- أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد الناتجة من تفكك الماء ذات تركيزات ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

ملاحظة هامة٢ :- لا تتأكسد أيونات الكبريتات السالبة لأن الذرة المركزية لها (ذرة الكبريت) فى اعلى حالات تأكسدها

ملاحظة هامة٣ :- أيونات الهيدروجين الموجبة الناتجة من تفكك الحمض ذات تركيز قوى جداً تدخل التنافس فى عملية الاختزال عند المهبط.



مثال٨: تحليل محلول هيدروكسيد الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة



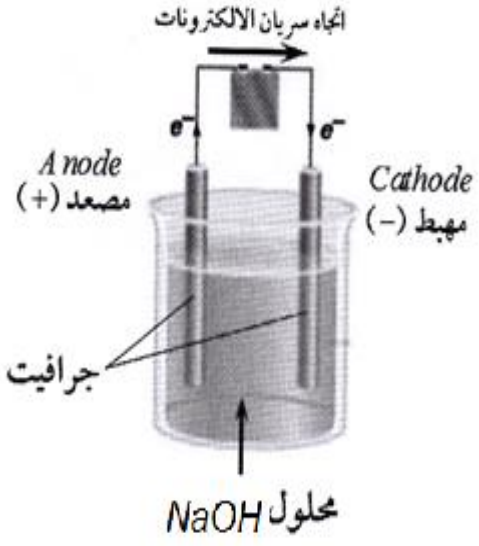
- عند المصعد :
- $4OH^- \longrightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$ $\quad E^\circ_r = +1.23v$
- عند المهبط :
- $4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$ $\quad E^\circ_r = -0.83v$
- التفاعل الكلى:
- $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$ $\quad E^\circ_r = -0.83v - (+1.23v) = -2.06v$

- ملاحظات على هذه الخلية:-
- يتصاعد غاز الأكسجين فى صورة فقاعات عند المصعد (يساعد على اشتعال عود ثقاب)
- الوسط متعادل
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH = 7)
- يتصاعد غاز الهيدروجين فى صورة فقاعات عند المهبط (يشتعل بفرقعة عند تقريب عود ثقاب مشتعل)

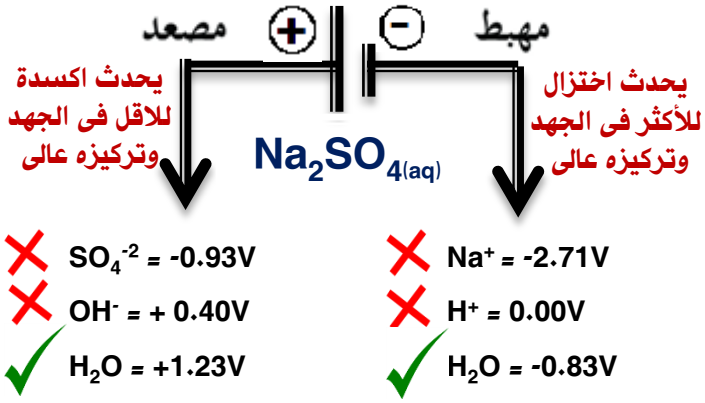
ملاحظة هامة ١ :- أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد الناتجة من تفكك الماء ذات تركيزات ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

ملاحظة هامة٢ :- لا تتأكسد أيونات الكبريتات السالبة لأن الذرة المركزية لها (ذرة الكبريت) فى اعلى حالات تأكسدها

ملاحظة هامة٣ :- أيونات الهيدروكسيد السالبة الناتجة من تفكك القاعدة ذات تركيزا قوى جداً تدخل التنافس فى عملية التأكسد عند المصعد.



مثال٩: تحليل محلول كبريتات الصوديوم باستخدام أقطاب خاملة



- عند المصعد :
- $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E°_r = +1.23v$
- عند المهبط :
- $4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$ $\quad E°_r = -0.83v$
- التفاعل الكلى:
- $6H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 2H_2 + 4OH^-$ $\quad E°_r = -0.83v - (+1.23v) = -2.06v$
- $6H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2 + 4H_2O$ $\quad E°_r = -2.06v$
- $2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$ $\quad E°_r = -2.06v$

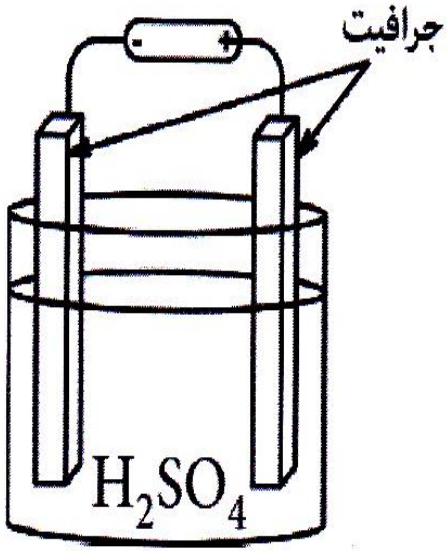
- ملاحظات على هذه الخلية:-
- يتصاعد غاز الأكسجين فى صورة فقاعات عند المصعد (يساعد على اشتعال عود ثقاب)
- يتصاعد غاز الهيدروجين فى صورة فقاعات عند المهبط (يشتعل بفرقعة عند تقريب عود ثقاب مشتعل)
- الوسط فى هذه الخلية يكون متعادل.
- الأس الهيدروجينى أكبر من ٧ (pH = 7)
- يزداد تركيز الملح فى الخلية نتيجة انخفاض كمية الماء بمرور الوقت لتحلله إلى غاز أكسجين وغاز هيدروجين.
- كمية غاز الهيدروجين المتصاعدة ضعف كمية غاز الأكسجين المتصاعدة ، النسبة ٢ : ١

ملاحظة هامة ١ :- أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد الناتجة من تفكك الماء ذات تركيزات ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

ملاحظة هامة٢ :- لا تتأكسد أيونات الكبريتات السالبة لأن الذرة المركزية لها (ذرة الكبريت) فى اعلى حالات تأكسدها

ملاحظة هامة٣ :- أيونات الهيدروجين الموجبة الناتجة من تفكك الحمض ذات تركيز قوى جداً تدخل التنافس فى عملية الاختزال عند المهبط.

تمرين محلول : أوجد نسب كتل الغازات المتصاعدة عند الأقطاب فى الخلية التحليلية التالية:-



- عند المصعد :
- $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E°_r = +1.23v$
- عند المهبط :
- $4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2$ $\quad E°_r = +0.00v$
- التفاعل الكلى:
- $2H_2O \longrightarrow O_2 + 2H_2$ $\quad E°_r = +0.00v - (+1.23v) = -1.23v$
- كتلة غاز الهيدروجين المتصاعد عند المهبط :-
- $(m)_{H2} = n \times Mr = 2 \times 2(1) = 4\ g$
- كتلة غاز الأكسجين المتصاعد عند المصعد:
- $(m)_{O2} = n \times Mr = 1 \times 2(16) = 32\ g$
- النسب بين كتل الغازين:-

$H_2 : O_2$

4 : 32

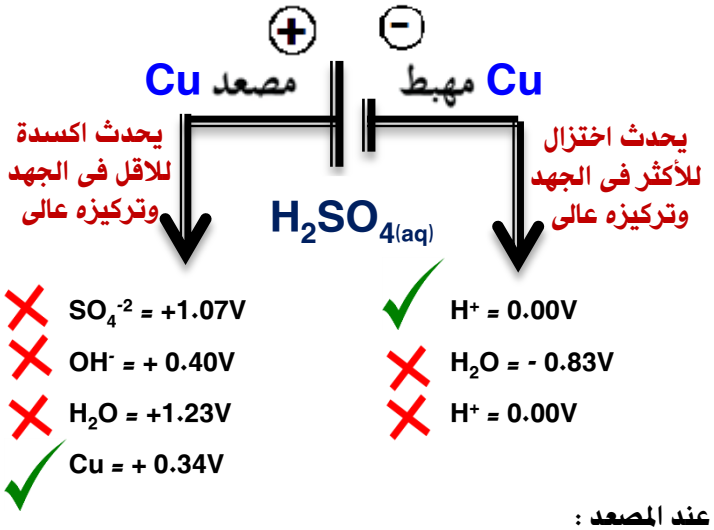
1:8

نواتج التحليل لمحاليل مائية

باستخدام أقطاب نشطة

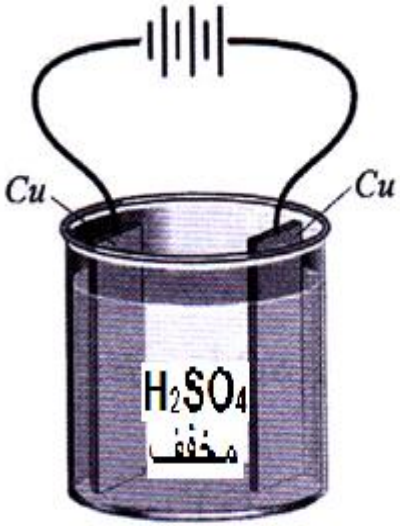
حركة أيونات وجزيئات المحلول المائى أثناء مرور التيار فى الخلية التحليلية :-

مثال١ : تحليل حمض كبريتيك مخفف باستخدام أقطاب نشطة



ملاحظة هامة ١ :- تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

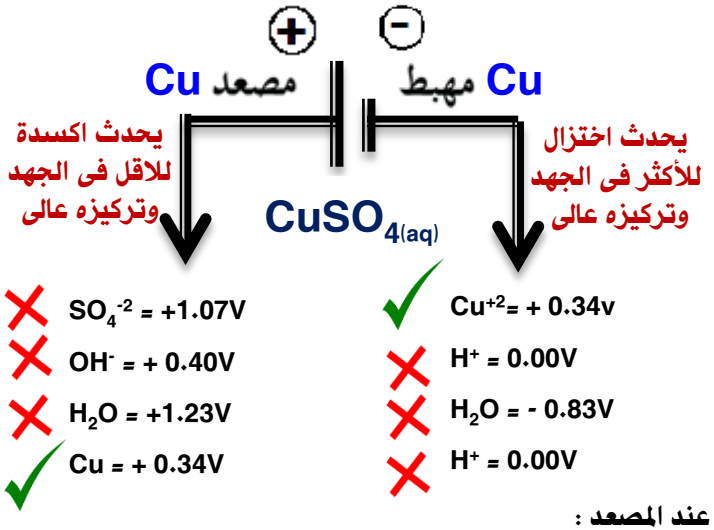
ملاحظة هامة٢ :- لا تتأكسد أيونات الكبريتات السالبة لأن الذرة المركزية لها (ذرة الكبريت) فى اعلى حالات تأكسدها



- عند المصعد :
  - $Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ $\quad E°_r = +0.34v$
- عند المهبط :
  - $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ $\quad E°_r = +0.00v$
- التفاعل الكلى:
  - $Cu + 2H^+ \longrightarrow Cu^{+2} + H_2$ $\quad E°_r = +0.00v - +0.34v = -0.34v$

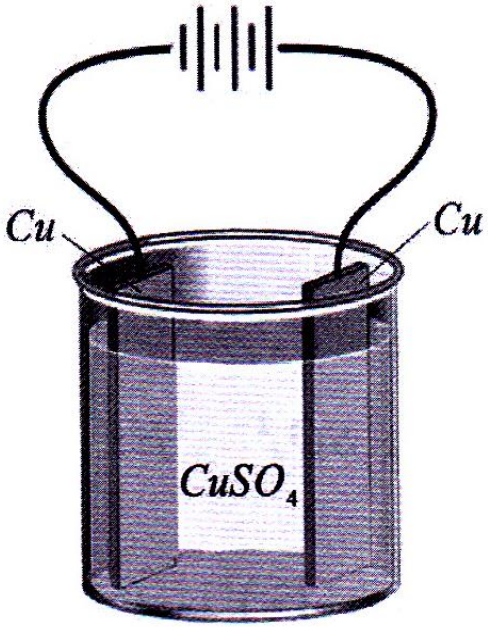
- **ملاحظات على هذه الخلية:-**
- نحاس المصعد يتأكل وتقل كتلته.
- تصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط.

مثال٢ : تحليل محلول كبريتات النحاس باستخدام أقطاب نشطة



ملاحظة هامة ١ :- تركيزات أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد ضعيفة فلا تدخل فى المنافسة على التأكسد والاختزال

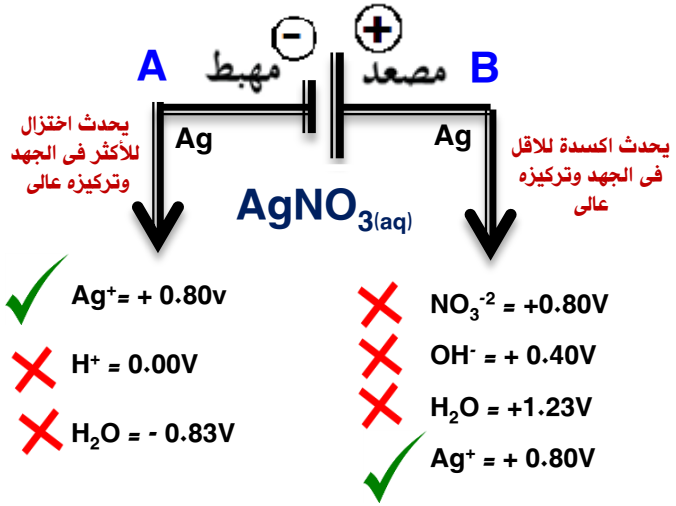
ملاحظة هامة٢ :- لا تتأكسد أيونات الكبريتات السالبة لأن الذرة المركزية لها (ذرة الكبريت) فى اعلى حالات تأكسدها

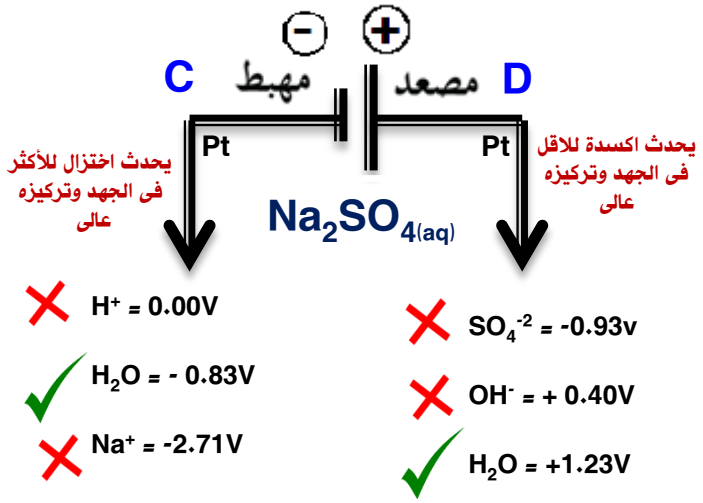


- عند المصعد :
  - $Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ $\quad E°_r = +0.34v$
- عند المهبط :
  - $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ $\quad E°_r = +0.34v$
- التفاعل الكلى:
  - $Cu + Cu^{+2} \longrightarrow Cu^{+2} + Cu$
- ملاحظات على هذه الخلية:-
- نحاس المصعد يتأكل وتقل كتلته.
- نحاس المهبط يتراكم ويزداد.
- تركيز كبريتات النحاس لا يتغير (ثابت).

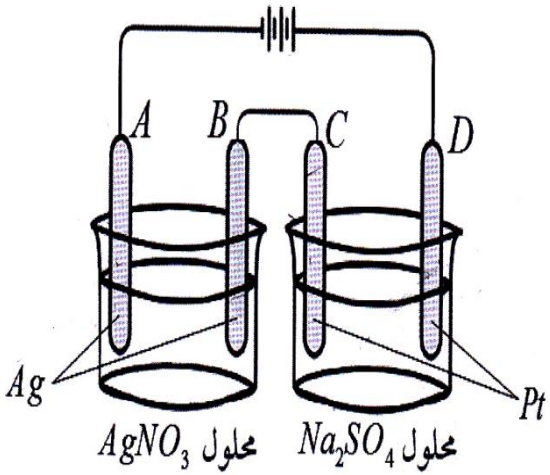
ناتج التحليل الكهربى لخليتين متصلتين على التوالى

مثال ١ : اكتب أنصاف التفاعل الحادثة عند جميع الأقطاب والتغيرات الحادثة لتركيز المحاليل



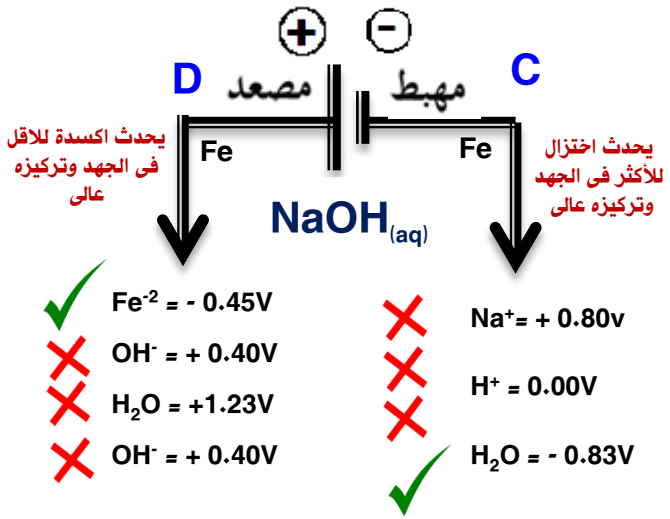


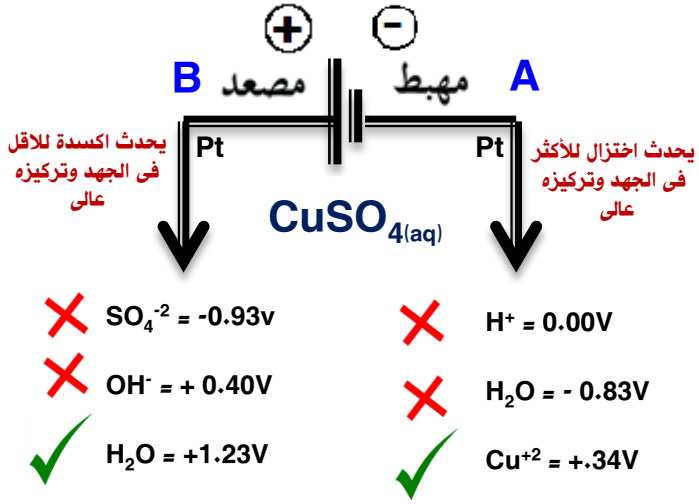
- عند A :
  - $2Ag^+ + + 2e^- \longrightarrow 2Ag$ $\quad E°_r = +0.80v$
- عند B :
  - $2Ag \longrightarrow 2Ag^+ + + 2e^-$ $\quad E°_r = +0.80v$
- عند C :
  - $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ $\quad E°_r = -0.83v$
- عند D :
  - $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e-$ $\quad E°_r = +1.23v$



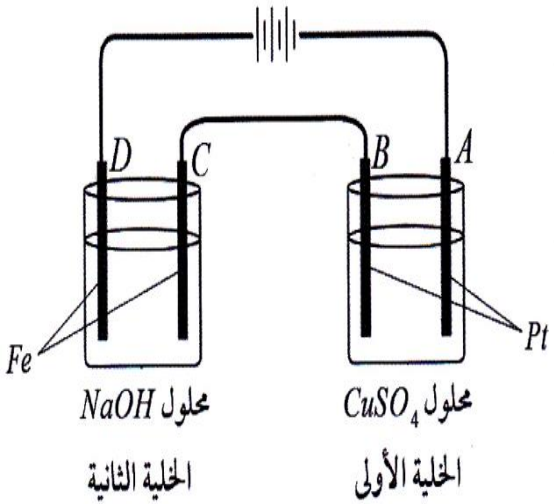
- **ملاحظات على هذه الخلية:-**
- تركيز نترات الفضة يبقى ثابت. (أيونات الفضة المتأكسدة تساوى أيونات الفضة المُختزلة)
- تركيز كبريتات الصوديوم يزداد. (نتيجة لتحلل الماء إلى غازات)
- الوسط عند القطب C قاعدى.
- الوسط عند القطب D حامضى
- الوسط الكلى فى خلية كبريتات الصوديوم يكون متعادل

مثال٢ : اكتب أنصاف التفاعل الحادثة عند جميع الأقطاب والتغيرات الحادثة لتركيز المحاليل





- عند A :
  - $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ $\quad E^\circ_r = +0.34v$
- عند B :
  - $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E^\circ_r = +1.23v$
- عند C :
  - $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ $\quad E^\circ_r = -0.83v$
- عند D :
  - $Fe \longrightarrow Fe^{+2} + 2e^-$ $\quad E^\circ_r = -0.45v$



- ملاحظات على هذه الخلية:-
- تركيز كبريتات النحاس يقل واللون الأزرق يخفت.
- تركيز أيونات الحديد فى المحلول تزداد ولونها الأخضر يزداد بمرور الوقت.
- القطب A تزداد كتلته بينما القطب D تقل كتلته.
- الطب B والقطب C تبقى كتلتهما ثابتة لا تتغير.
- يتصاعد غاز الأكسجين عند القطب B ويكون الوسط عنده حمضى.
- يتصاعد غاز الهيدروجين عند القطب C ويكون الوسط عنده قاعدى.

مسائل على الخلية التحليلية

١ - أىُّ الخلايا التالية تقل فيها قيمة الأس الهيدروجينى لتركيز المحلول أثناء التحليل الكهربى:-

- محلول كبريتات الصوديوم بين أقطاب البلاتين.
- محلول نترات الفضة بين أقطاب البلاتين.
- محلول نترات الفضة بين أقطاب الفضة.
- محلول كبريتات الصوديوم بين أقطاب الفضة.

أ.رشا حسن

٢- أحد الخلايا التالية تزداد فيها قيمة الأس الهيدروجينى للمحلول أثناء التحليل الكهربى:-

- محلول هيدروكسيد الصوديوم بين أقطاب من النحاس.
- محلول من حمض الكبريتيك بين أقطاب بين أقطاب من البلاتين.
- مجلول نترات الصوديوم بين أقطاب الجرافيت.
- محلول كلوريد الحديد الثنائى بين أقطاب من البلاتين.

أ/ رشا حسن

من أجل التفوق فى مادة العلوم

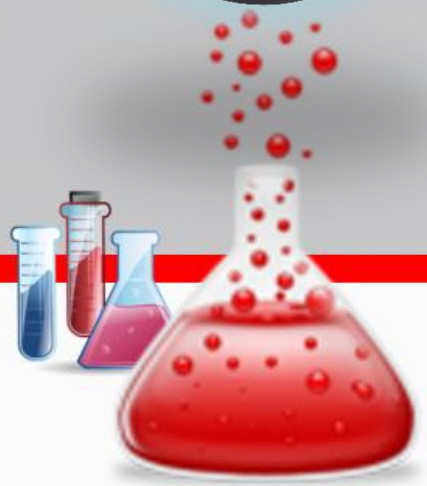
من أجل التميز فى مادة الكيمياء

أ.رضا حسين

معلم الكيمياء والعلوم

نَسْألُكَ اللَّهمَّ علماً نافعاً

93230937 – 78013128



نسألكُم الدّعاء بظهر الغيب

redabakery@gmail.com