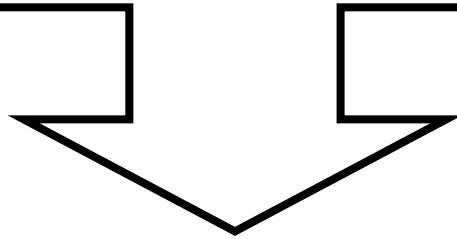


الوحدة الثالثة
التحليل الكهربائي



تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية

التحليل الكهربائي

تعريفات :

- التحليل الكهربائي : هو تحلل مادة إلكتروليتيّة كيميائيّاً في محلولها أو مصهورها عند مرور التيار الكهربائي فيها .
- السايرتان : هما سلكان أو قضيبان أو لوحان يوصلان التيار الكهربائي للمحلول أو المصهور .
- المصعد (آنود) : هي السارية المتصلة بموجب المصدر .
- المهبط (كاثود) : هي السارية المتصلة بسالب المصدر .
- الفولتامتر : هو الجهاز الذي تتم فيه عملية التحليل الكهربائي .
- الإلكتروليت : هو محلول أو مصهور جيد التوصيل للكهرباء .

أولوية تفريغ شحنات الأيونات الموجبة

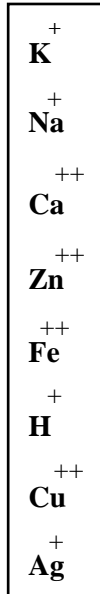
- تعتمد أولوية التفريغ على عاملين هما :
- ١/ وضع الأيون في السلسلة الكهروكيميائية :

في الأيونات الموجبة
يتم تفريغ الأيون

قبل الأعلى مثلاً :

H^+ قبل Na^+

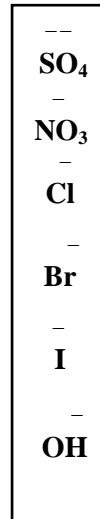
Cu^{++} قبل H^+



في الأيونات السالبة يتم تفريغ
الأسفل

الأسفل قبل الأعلى .

مثلاً OH^- قبل I^-



٢/ تركيز الأيون :

إذا زاد تركيز أيون معين في محلول ما يزداد احتمال تفريغ شحنته ، ويظهر ذلك بوضوح عندما يكون تركيز الكلوريد أكثر من الأيونات التي أسفله حيث يفرغ شحنته قبلها مما يدل على أن أثر التركيز في حالة أيون الكلوريد أكثر من اثر الترتيب في السلسلة الكهروكيميائية ، علماً بأن أثر التركيز لا يظهر في بقية الأيونات .

أمثلة على التحليل الكهربى :

١/ التحليل الكهربى لحمض الهيدروكلوريك المركز :

باستخدام سارتين من الكربون أو البلاتين في هذه الحالة لا يتأين الماء لأن الحمض مركز



التفاعل عند المهبط (-)



النتيجة النهائية :

يتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط ويمكن الكشف عن غاز H_2 بشظية مشتعلة .

التفاعل عند المصعد (+)



النتيجة النهائية :

يتصاعد غاز الكلور عند المصعد ويمكن الكشف عنه بتعريض ورقة نباتية مبللة بالماء

يزول لون الورقة النباتية وتتحول إلى بيضاء اللون .

ملحوظة :

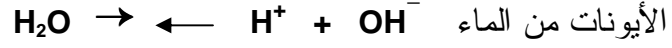
يلاحظ تآكل سارية المصعد (الكربون) ويتم تغيير السارية وذلك نسبة لتفاعل الكربون مع

الكلور .

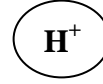
٢ / التحليل الكهربائي للماء المحمض (حامض الكبريتيك المخفف) :

باستخدام سارتين من الكربون

الأيونات في المحلول :



المهبط



يفرغ أيون الهيدروجين شحنته باكتسابه إلكترون من المهبط



ملحوظة :

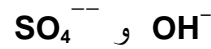
لهجرة مجموعات الكبريتات SO_4^{--} للمصعد وتعادل أيونات الهيدروجين الموجبة يقل تركيز حمض الكبريتيك حول المهبط .

النتيجة :

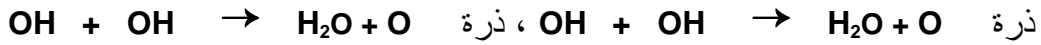
١- يتصاعد غاز الهيدروجين .

٢- يقل تركيز حمض الكبريتيك .

المصعد



تفرغ مجموعات الهيدروكسيد OH^- شحنتها أولاً حسب الترتيب في السلسلة الكهروكيميائية .



تتحد كل ذرتين من O وينتج جزئ O_2 ويتصاعد غاز الأكسجين عند المصعد .

ملحوظة :

تصاعد غاز O_2 يحدث خلافاً في الاتزان الأيوني للماء مما يجعل جزيئات أخرى من



OH^- تسلك السلوك السابق لذلك يزداد تركيز أيونات H^+ وهذا يزيد تركيز حمض

الكبريتيك حول المصعد .

النتيجة :

- ١/ يتصاعد غاز الأكسجين .
- ٢/ يقل تركيز حمض الكبريتيك .

النتيجة الإجمالية :

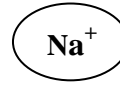
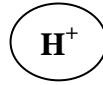
- يظل تركيز حمض الكبريتيك ثابتاً دون تغيير .
- يتصاعد غاز H_2 عن المهبط ، وغاز O_2 عن المصعد .

ملحوظة :

يلاحظ تغيير سارية المصعد (الكربون) من آن لآخر وهذا لتفاعل غاز الأكسجين مع الكربون .

٣/ التحليل الكهربى لمحلول هيدروكسيد الصوديوم :

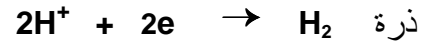
الأيونات داخل المحلول :



المهبط

تفرغ H^+ حسب الأولوية في

س.ك.ك



يتصاعد غاز H_2 عند المهبط يحدث خلل في الاتزان الأيوني للماء لذلك تتأين جزيئات أخرى

←

من H_2O .



H^+ يتعادل كما حدث سابقاً لذلك يزيد تركيز مجموعات الهيدروكسيد OH^- وتتحد مع Na^+

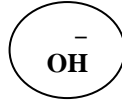
وينتج $NaOH$ لذلك يزيد تركيز هيدروكسيد الصوديوم حول المهبط .



النتيجة :

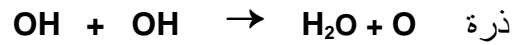
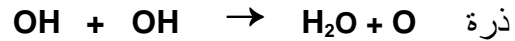
٣- يتصاعد غاز الهيدروجين H_2 .

٤- يزيد تركيز $NaOH$.



المصعد

تفرغ مجموعة الهيدروكسيد شحنتها عند المصعد بفقدانها للإلكترونات (تتأكسد) متحوّلة إلى [OH] صفر درجة وكل (OH)₂ ذرية ينتج عنها ماء + أكسجين ذري .



- تتحد كل ذرتين من O وينتج جزئ O₂ ويتصاعد غاز الأكسجين عند المصعد . يكشف عن O₂ بشظية مشتعلة يحدث توهج .
- يتأكسد مجموعات الهيدروكسيد وهجرة أيونات الصوديوم Na⁺ للمهبط يقل تركيز هيدروكسيد الصوديوم حول المصعد .

النتيجة :

١/ يتصاعد غاز الأكسجين O₂ .

٢/ يقل تركيز NaOH .

النتيجة الإجمالية :

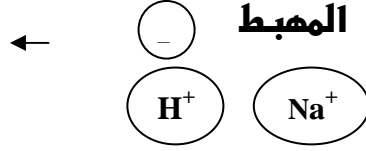
- يتصاعد غاز H₂ عن المهبط ، وغاز O₂ عن المصعد ويظل تركيز هيدروكسيد الصوديوم ثابتاً دون تغيير .

ملحوظة :

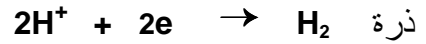
التحليل الكهربائي لحمض الكبريتيك المخفف وهيدروكسيد الصوديوم المخفف يعادلان تماماً التحليل الكهربائي للماء المقطر . لأن في الحالتين يتصاعد غاز H₂ عن المهبط ، وغاز O₂ عن المصعد بينما يظل تركيز H₂SO₄ ثابتاً وكذلك NaOH .

٤/ التحليل الكهربى لمحلول كلوريد الصوديوم المركز :

الأيونات داخل المحلول :



يفرغ H⁺ أولاً حسب الوضع في السلسلة الكهروكيميائية .

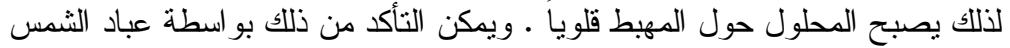
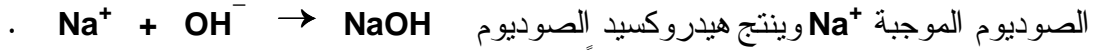


يتصاعد غاز H₂ عند المهبط .

يحدث خلل في الاتزان الأيوني للماء لذلك تتأين جزيئات أخرى منه .



لذلك يزيد تركيز أيونات الهيدروكسيد OH⁻ وبوجود أيونات



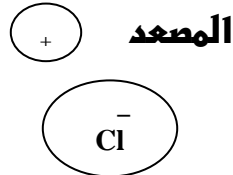
لذلك يصبح المحلول حول المهبط قلويًا . ويمكن التأكد من ذلك بواسطة عباد الشمس

حيث يتحول اللون إلى أزرق .

النتيجة حول المهبط :

١- يتصاعد غاز الهيدروجين H₂ .

٢- يصبح المحلول حول المهبط قلويًا .



تفرغ أيونات الكلوريد شحنتها عند المصعد بفقدانها إلكترونات



• يتصاعد غاز الكلور عند المصعد .

• تكشف عن غاز الكلور بورقة نباتية مبللة بالماء حيث يقصر (يزيل) الكلور الألوان

النباتية Bleaching of Colours .

• فرغت أيونات Cl⁻ قبل OH⁻ لأن أيون Cl⁻ مركز لذلك كانت له أولوية التفريغ .

النتيجة :

١/ يتصاعد غاز الهيدروجين H₂ عند المهبط .

النتيجة الإجمالية :

• يتصاعد غاز H₂ عن المهبط ، وغاز Cl₂ عن المصعد

• يصبح المحلول حول المهبط قلويًا .

٥/ التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس :

باستخدام مهبط من النحاس ومصعد من البلاتين :

الأيونات داخل المحلول :



(-) **المهبط من النحاس**



يفرغ أيون النحاسيك Cu^{++} شحنته قبل H^+ حسب الوضع في السلسلة الكهروكيميائية .

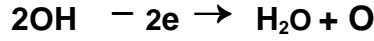
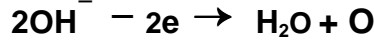


• يترسب النحاس كطبقة بنية على المهبط .

(+) **المصعد من البلاتين Pt**



• أولوية التفريغ لمجموعات الهيدروكسيد حسب الوضع في س.ك.ك .



• يتصاعد غاز O_2 عند المصعد .

يحدث خلل في اتران الماء (الأيوني) : $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

نسبة لذلك يزيد تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة H^+ وبوجود مجموعات الكبريتات



لذلك يصبح الحلول حول المصعد حامضياً ويمكن الكشف عن ذلك بورقة عباد الشمس يتحول لونه إلى الأحمر .

النتيجة :

١/ يتصاعد غاز الهيدروجين O_2 .

٢/ يصبح الحلول حول المصعد حامضياً .

باستمرار عملية التحليل الكهربائي يختفي لون محلول كبريتات النحاسيك الأزرق - يزيد

وزن المهبط (لترسب النحاس)

النتيجة الإجمالية :

١. يترسب النحاس عند المهبط (يزيد وزن المهبط) .

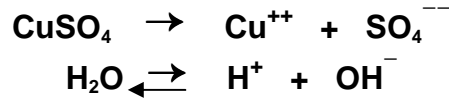
٢. يتصاعد غاز الأوكسجين عند المصعد .

٣. يصبح المحلول حول المصعد حامضياً .

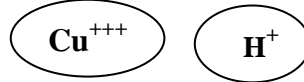
٤. اختفاء لون محلول كبريتات النحاس بعد فترة .

٦/ التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس باستخدام ساريتين من النحاس :

الأيونات في المحلول :



المهبط من النحاس

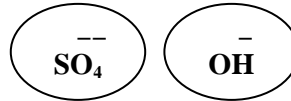


تفرغ أيونات النحاسيك Cu⁺⁺ شحنتها أولاً حسب الوضع في السلسلة الكهروكيميائية .



• يترسب النحاس كطبقة بنية على المهبط .

المصعد من النحاس



• لا تفرغ OH⁻ شحنتها .

• لا تفرغ SO₄⁻⁻ شحنتها .

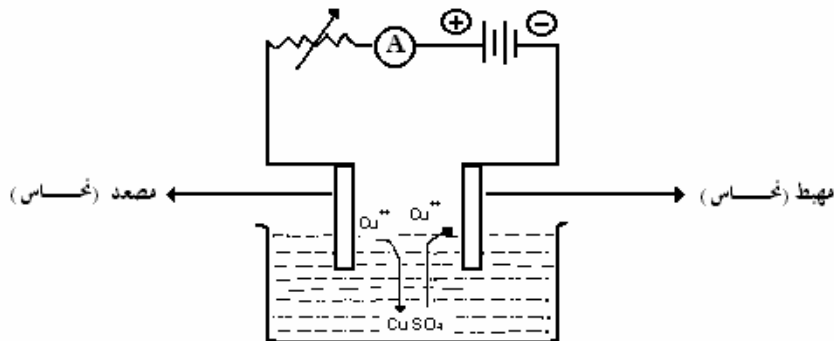
ولكن الذي يحدث هو :

يذوب النحاس في المصعد (تأكسد) متحولاً لأيونات النحاسيك الموجبة Cu⁺⁺ (ينقص وزن المصعد) وتتجه أيونات النحاسيك المنفصلة ناحية المهبط وتكتسب منه إلكترونات في المهبط (لوح النحاس) وتتعادل وتترسب عليه وبذلك يزيد وزن المهبط .



النتيجة الإجمالية :

- يترسب النحاس كطبقة بنية على المهبط (يزيد وزن المهبط) .
- ينقص وزن المصعد .
- يظل تركيز محلول كبريتات النحاس الزرقاء كما هو لذلك لا يحدث تغيير لون المحلول



التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس باستخدام ساريتين من النحاس

فوائد التحليل الكهربائي

١/ تنقية الفلزات من الشوائب :

في حالة تنقية الفلزات يكون المهبط من نفس الفلز المراد تنقيته ويجب أن يكون نقياً أن يكون المصعد من خام الفلز المراد تنقيته وأن يكون الإلكتروليت أحد أملاح الفلز المراد تنقيته .

مثال تنقية خام النحاس من الشوائب تتبع الخطوات الآتية :

١. المهبط من النحاس النقي .
٢. المصعد من النحاس الخام .
٣. الإلكتروليت أحد محاليل أملاح النحاس مثلاً CuSO_4 .

٢/ الطلاء بالكهرباء :

عادة يتم طلاء الفلزات التي تتأثر بالعوامل الجوية (CO_2 ، H_2O ، O_2) بفلزات لا تؤثر مثل الذهب ، البلاتين ، الفضة ، النيكل ، والكروم .

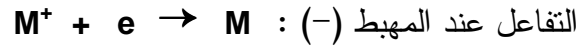
شروط الطلاء :

- أ- أن يكون الفلز المراد طلاؤه مهبطاً .
 - ب- أن يكون الفلز المراد الطلاء به مصعد .
 - ج- أن يكون الإلكتروليت أحد أملاح الفلز المراد الطلاء به .
 - د- أن يكون التيار المستخدم بسيط ولفتره طويلة .
- مثال لطلاء الحديد بالنيكل تتبع الخطوات الآتية :

- ١- يكون المهبط من الحديد .
- ٢- يكون المصعد من النيكل .
- ٣- يكون الإلكتروليت أحد محاليل أملاح النيكل (كبريتات النيكل) .

٣/ استخلاص الفلزات من خاماتها :

تستخدم هذه الطريقة لاستخلاص الفلزات النشطة التي يصعب استخلاصها بواسطة الكربون كعامل مختزل .
عادة في خلايا التحليل الكهربائي تتجه أيونات الفلزات ناحية المهبط وتكتسب إلكترونات وتتعاقل وترسب عليه .



قانونا فراداي للتحليل الكهربائي

القانون الأول :

وزن المادة الناتجة أثناء التحليل الكهربائي تتناسب تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء التي تمر في المحلول .

تعريفات :

الكولوم :

هو كمية الكهرباء التي تمر خلال موصل عندما يمر به تيار كهربائي شدته واحد أمبير لمدة ثانية واحدة . [الكولوم = أمبير / ثانية]

- تقاس كمية الكهرباء بالكولوم .

المكافئ الكهروكيميائي (هـ) :

هو وزن المادة التي ترسبها كمية من الكهرباء مقدارها واحد كولوم .

الفراداي :

هو كمية الكهرباء التي ترسب أو تذيب واحد وزن مكافئ جرامي لعنصر .
(الفراداي = 96500 كولوم)

الوزن المكافئ (ي) :

هو الوزن الذي يرسبه أو يذيبه واحد فراداي .

المكافئ الكهروكيميائي :

هو الوزن الذي يرسبه أو يذيبه واحد كولوم .

بعض القوانين التي تستخدم للوصول لقانون فراداي الأول :

كمية الكهرباء = شدة التيار (بالأمبير) × الزمن (بالثانية) .

$$ك = ت \times ن$$

الوزن المكافئ لعنصر = $\frac{\text{الوزن الذري}}{\text{التكافؤ}}$

$$ي = \frac{ذ}{ف}$$

قانون فراداي الأول :

و جرام = ك (كولوم) .

∴

$$\boxed{و = ك \times هـ}$$

حيث : و = وزن المادة المترسبة أو المتحررة بالجرام .

ك = كمية الكهرباء بالكولوم .

هـ = ثابت = المكافئ الكهروكيميائي وهو ثابت لكل عنصر .

مثال على القانون أعلاه :

في خلية للتحليل الكهربائي تحتوي على محلول كبريتات النحاس مرت كمية من الكهرباء مقدارها ١٠٠,٠٠٠ كولوم . أوجد وزن النحاس المترسب علماً بأن المكافئ الكهروكيميائي للنحاس = ٠,٠٠٠٣٣ جرام / كولوم = هـ .

الحل :

وزن النحاس المترسب = ك × هـ

$$= ٣٣ \text{ جرام} = ٠,٠٠٠٣٣ \times ١٠٠,٠٠٠ =$$

∴ ك = ت × ن

∴

$$\boxed{و = ت \times ن \times هـ}$$

مثال على القانون أعلاه :

إذا مر تيار شدته ٥ أمبير في محلول كلوريد النحاسيك لمدة ٤٥ دقيقة . أحسب كمية النحاس المترسبة علماً بأن المكافئ الكهروكيميائي للنحاس = ٠,٠٠٠٣٣ جرام .

و = ت × ن × هـ

$$\text{وزن النحاس} = ٥ \times ٤٥ \times ٦٠ \times ٠,٠٠٠٣٣ = \text{جرام} .$$

$$\boxed{\text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الفراداي}}{هـ}}$$

∴

$$ي = ٩٦٥٠٠ \times هـ$$

$$\frac{ي}{٩٦٥٠٠} = هـ ∴$$

$$٩٦٥٠٠$$

• بتعويض قيمة (هـ) في القانون السابق (و = ت × ن × هـ) .

∴

$$\boxed{و = \frac{ت \times ن \times ي}{٩٦٥٠٠}}$$

ي \equiv الوزن المكافئ

مثال على القانون أعلاه :

في خلية للتحليل الكهربائي تحتوي على محلول كلوريد الكالسيوم مر تيار شدته ٢ أمبير ولمدة ١٠ دقائق .

أوجد وزن الكالسيوم المترسب علماً بأن الوزن الذري للكالسيوم = ٤٠ ، ورقمه الذري = ٢٠
التوزيع ٢ ، ٨ ، ٨ ، ٢ .

$$\frac{20}{\underline{20}} = \frac{40}{2} = \frac{Z}{Y}$$

بما إن و = $\frac{ت \times ن \times ي}{96500}$

٩٦٥٠٠

∴ وزن الكالسيوم = $\frac{20 \times 60 \times 10 \times 2}{96500}$ جرام

بما إن $\frac{Z}{F} = \frac{ت \times ن \times ي}{96500}$ يمكن تعويضها في القانون السابق

∴

$$\frac{Z}{F} = \frac{ت \times ن \times ي}{96500}$$

ذ \equiv الوزن الذري ، ف \equiv التكافؤ

مثال على القانون السابق :

إذا مر تيار شدته ٥ أمبير في محلول كبريتات النحاس (II) لمدة ٤٥ دقيقة وكان القطبان من النحاس . احسب كمية النحاس المترسبة على المهبط علماً بأن الوزن الذري للنحاس = ٦٤ .

بما إن و = $\frac{ت \times ن \times ي}{96500}$

٩٦٥٠٠ ف

∴ وزن النحاس = $\frac{64 \times 60 \times 45 \times 5}{2 \times 96500}$ جرام

٢ × ٩٦٥٠٠

بما إن كمية الكهرباء بالفرادى = $\frac{كمية الكهرباء بالكولوم}{96500}$

٩٦٥٠٠

كمية الكهرباء بالفرادى = $\frac{ت \times ن}{96500}$

٩٦٥٠٠

بالتعويض في القانون السابق يصبح :

$$\frac{كمية الكهرباء بالفرادى \times ذ}{F} = و$$

∴ ي ≡ الوزن المكافئ

مثال على القانون السابق :

في خلية للتحليل الكهربائي تحتوي على محلول نترات الفضة مرت كمية من الكهرباء مقدارها ٠,٠١ فراداي . أوجد وزن الفضة المترسبة علماً بأن الوزن الذري للفضة = ١٠٨ .

الحل :

$$\text{∴ و} = \frac{\text{كمية الكهرباء بالفراڤاي} \times \text{ذ}}{\text{ف}} \text{ ف Ag} = ١$$

$$\text{∴. وزن الألمنيوم} = \frac{١٠٨ \times ٠,٠١}{١} = \underline{١,٠٨} \text{ جرام}$$

$$\text{بما إن ي} = \frac{\text{ذ}}{\text{ف}}$$

بالتعويض في القانون السابق :

$$\boxed{\text{و} = \text{كمية الكهرباء بالفراڤاي} \times \text{ي}}$$

ي ≡ الوزن المكافئ

مثال على القانون السابق :

في خلية للتحليل الكهربائي تحتوي على محلول كبريتات الألمنيوم مرت كمية من الكهرباء مقدارها ٤ فراداي . أوجد وزن الألمنيوم المترسب علماً بأن الوزن الذري للألمنيوم = ٢٧ .

الحل :

$$\text{الوزن المكافئ للألمنيوم} = \text{ي} = \frac{\text{الوزن الذري}}{\text{التكافؤ}} = \frac{٢٧}{٣} = ٩$$

$$\text{بما إن و} = \text{كمية الكهرباء بالفراڤاي} \times \text{ي}$$

$$\text{∴. وزن الفضة المترسب} = ٩ \times ٤ = \underline{٣٦} \text{ جرام}$$

$$\text{بما إن حجم واحد مول في أي غاز عند م. ض. د.} = ٢٢٤٠٠ \text{ سم}^٣$$

$$\text{∴. حجم ٣٢ جرام من الأكسجين عند م. ض. د.} = ٢٢٤٠٠ \text{ سم}^٣$$

(م. ض. د.) معدل الضغط ودرجة الحرارة في الظروف القياسية وهي عند واحد

ضغط جوي ودرجة حرارة صفر مئوي .

مثال :

كم يكون حجم الهيدروجين المتحرر الذي يمكن الحصول عليه في الظروف القياسية عند إمرار تيار كهربائي شدته ٣ أمبير في محلول مخفف لحمض الهيدروكلوريك لمدة ٥ دقائق .

الحل :

$$و = \frac{ت \times ن \times ذ}{ف ٩٦٥٠٠}$$

$$ت = ٣ \text{ أمبير ، ن = } ٥ \times ٦٠ \text{ ثانية ، ذ = } ١ ، ف = ١$$

$$\text{وزن الهيدروجين عند (م . ض . د) = } \frac{١ \times ٦٠ \times ٥ \times ٣}{١ \times ٩٦٥٠٠} = ٠,٠٠٩٣٢٦ \text{ جرام}$$

$$\therefore \text{ حجم } ٢ \text{ جرام من الهيدروجين عند م . ض . د = } ٢٢٤٠٠ \text{ سم}^٣$$

$$\therefore \text{ حجم } ٠,٠٠٩٣٢٦ \text{ جرام من الهيدروجين عند م . ض . د = } ١٠٤,٥ \text{ سم}^٣$$

$$\therefore \text{ س = } \frac{٢٢٤٠٠ \times ٠,٠٠٩٣٢٦}{٢} = \underline{١٠٤,٥ \text{ سم}^٣}$$

$$\therefore \text{ حجم الهيدروجين المنطلق عند (م . ض . د) = } ١٠٤,٥ \text{ سم}^٣$$

ملحوظة :

واحد فراداي يعطي واحد مول من الإلكترونات .

القيمة العددية للفراداي بالكولوم = عدد المولات $\times ٦ \times ١٠^{٢٣}$ كولوم .

عدد الإلكترونات = عدد المولات \times رقم أفوغادرو

عدد مولات العنصر = $\frac{\text{كمية الكهرباء بالفراداي}}{\text{التكافؤ}}$

وزن العنصر = عدد المولات \times الوزن الذري

قانون فراداي الثاني :

(أوزان المواد المختلفة الناتجة أثناء التحليل الكهربائي بنفس كمية الكهرباء تتناسب طردياً مع

أوزانها المكافئة)

$$\boxed{\frac{و أ}{و ب} = \frac{ي أ}{ي ب}}$$

مثال :

بإمرار تيار كهربائي مباشر في محلول كبريتات النحاس ونترات الفضة في خليتين للتحليل

الكهربائي موصلتين على التوالي . ترسب عند مهبطهما ٠,١٢٨ جرام من النحاس و ٠,٤٣٥

جم من الفضة فما هو الوزن المكافئ للفضة إذا كان الوزن المكافئ للنحاس = ٣١,٨ .

$\frac{\text{وزن النحاس المترسب}}{\text{وزن الفضة المترسب}} = \frac{\text{الوزن المكافئ للنحاس}}{\text{الوزن المكافئ للفضة}}$ [في هذا القانون الترتيب مهم جداً]

$$\frac{٠,١٢٨}{٤٣٥} = \frac{٣١,٨}{\text{الوزن المكافئ للفضة}}$$

$$\frac{108,07}{31,8 \times 0,435} = \text{الوزن المكافئ للفضة} = \frac{0,128}{0,128}$$

أمثلة متنوعة محلولة على التحليل الكهربائي :

(١) إذا علمت أن شحنة الإلكترون تساوي $1,6 \times 10^{-19}$ كولوم فما القيمة العددية للفراداي بوحدات الكولوم ؟

$$\text{الفراداي بالكولوم} = \text{شحنة إلكترون} \times \text{رقم أوفوقادرو} \\ = 1,6 \times 10^{-19} \times 6 \times 10^{23} = 96000 \text{ كولوم} .$$

$$\bullet \text{ شحنة الإلكترون بالكولوم} = \frac{96000}{6 \times 10^{23}} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \text{ كولوم}}{1} .$$

(٢) إذا كان هنالك ثلاث خلايا تحوي الأولى AgNO_3 والثانية CuSO_4 والثالثة $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ موصلة مع بعضها بالتوالي ومرر خلايا الدائرة تيار كهربائي مباشر مقداره $0,5$ أمبير لمدة قدرها 32 دقيقة و 10 ثواني .

أحسب : (أ) كمية الكهرباء التي مرت بالمحلول بالكولوم .

(ب) كمية الكهرباء التي مرت بالمحلول بالفراداي .

(ج) عدد مولات الإلكترونات ومن ثم عددها .

(د) عدد مولات الفضة والنحاس والالمنيوم مع إيجاد وزن الفضة .

الحل :

$$(أ) \text{ كمية الكهرباء بالكولوم} = \text{ت} \times \text{ن}$$

$$= 0,5 \times 1930 = 965,0 \text{ كولوم} .$$

$$(ب) \text{ كمية الكهرباء بالفراداي} = \frac{\text{كمية الكهرباء بالكولوم}}{96000} = \frac{965}{96000} = 0,01 \text{ فراداي}$$

(ج) عدد مولات الإلكترونات :

١ فراداي يعطي ← ١ مول إلكترونات

٠,٠١ فراداي يعطي ← ٠,٠١ مول إلكترونات

$$\text{عدد مولات الإلكترونات} = \frac{0,01 \times 1}{1} = 0,01 \text{ مول إلكترونات}$$

(د) عدد مولات العناصر Al ، Cu ، Ag

$$\boxed{\text{عدد مولات العنصر} = \frac{\text{كمية الكهرباء بالفراداي}}{\text{التكافؤ}}}$$

$$\text{عدد مولات Al} = \frac{0,01}{1} = 0,01 \text{ مول}$$

$$\text{عدد مولات Al} = \frac{0,01}{1} = 0,01 \text{ مول}$$

$$\text{عدد مولات النحاس Cu} = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ مول}$$

$$\text{عدد مولات الألمنيوم Al} = \frac{0,01}{3} = 0,0033 \text{ مول}$$

وزن العنصر = عدد المولات × الوزن الذري

$$\text{وزن الفضة} = 0,01 \times 108 = 1,08 \text{ جرام}$$

(٢) مرر تيار مقداره ٥ أمبير من خلال محلولي AgNO_3 و $\text{Pb(NO}_3)_2$ موصلين على التوالي لمدة ١٩٣ ثانية . أحسب :

أ/ كمية الكهرباء التي مررت بالفرادى .

ب/ عدد مولات الفضة ومولات الرصاص التي ترسبت .

$$\text{كمية الكهرباء بالفرادى} = \frac{ت \times ن}{96500}$$

$$0,01 \text{ فرادى} = \frac{965}{96500} = \frac{193 \times 5}{96500}$$

$$\text{عدد مولات العنصر} = \frac{\text{كمية الكهرباء بالفرادى}}{\text{التكافؤ}}$$

$$\text{عدد مولات الفضة} = \frac{0,01}{1} = 0,01 \text{ مول}$$

$$\text{عدد مولات الرصاص} = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ مول}$$

(٤) إذا كان المكافئ الكهروكيميائي للفضة يساوي ٠,٠٠١١٢ أحسب وزن الفضة الذي يترسب نتيجة إمرار تيار مباشر قدره ٠,٥ أمبير لمدة ساعة .
الحل :

$$و = ت \times ن \times هـ$$

$$\text{وزن الفضة} = 0,5 \times 60 \times 60 \times 0,00112 = 2,016 \text{ جرام}$$

(٥) أحسب الزمن المطلوب لتحليل ٢ مول من بروميد الصوديوم إلى الصوديوم والبروم باستخدام تيار مباشر مقداره ٢ أمبير .

الحل :

$$و = \frac{ت \times ن \times ذ}{96500 \text{ ف}}$$

المول من عنصر بالجرام = الوزن الذري



$$٢ \text{ مول من الصوديوم} = 23 \times 2 = 46 \text{ جرام}$$

$$\therefore 46 =$$

$$\frac{23 \times 2 \times 2}{96500} = 46$$

$$\text{٩٦٥٠٠ ثانية} = \frac{٩٦٥٠٠ \times ٤٦}{٢٣ \times ٢} = \text{٠.٧ (الزمن بالثانية)}$$