التوصيل الكهربائي (Electric Conductance)

يتم التوصيل الكهربائي عند تسليط مجال كهربائي على موصل حيث يعزى الى حركة الالكترونات في الموصلات الفلزية والى حركة الأيونات في المحاليل الالكتروليتية . وتنقسم الموصلات الكهربائية الى اربعة أقسام وهي:

أولا:- الموصلات الفلزية: (Metal Conductance)

يحدث هذا النوع من التوصيل نتيجة حركة وانتقال الألكترونات الحرة الموجودة في الأغلفة الخارجية للفلزات . ويزداد التوصيل المعدني بانخفاض درجات الحرارة حيث تعاني الألكترونات من مقاومة عند مرورها في الشبكية البلورية للفلز والتي يكون للشبكة البلورية أكثر فاعلية عند ارتفاع درجة الحرارة لذا تتناسب التوصيلية في الفلزات عكسيا مع درجة الحرارة .

ثانيا: شبة الموصلات : (Semi Conductance)

تعتمد توصيليتها على أنفصام الحزم الألكترونية من الأغلفة الخارجية وتتناسب طرديا مع درجة الحرارة .

ثالثا :- الموصلات الغازية :- (Gases Conductance)

تعتمد في توصيليتها على تأين الغازات لأن الغازات غير المتأينة تكون غير موصلة للتيار وتتناسب طرديا مع درجة الحرارة .

رابعا:- الموصلات الألكتروليتية :- (Electrolyte Conductance)

هذا النوع من التوصيل يحدث في المحاليل الحاوية على الأيونات وكذلك في منصهرات الأملاح ويحدث التوصيل نتيجة حركة الأيونات في الحلول بحيث تتحرك الأيونات الموجبة باتجاه القطب السالب والمسمى بالكاثود، اما الأيونات السلبة فتتجه باتجاه القطب الموجب والمسمى الأنود . ونتيجة لذلك يحدث ما يسمى بالتحليل الكهربائي .

وأبسط المحاليل الألكتروليتية هو الملول الناتج من اذابة (NaCl) في الماء حيث يكون تام التأين لعطاء المحلول الألكتروليتي .

$$NaCl \ + \ H_2 \ O \ \rightarrow Na^+ \ + Cl^-$$

وهذه التوصيلية تعتمد على حركة الأيونات باتجاه القطاب في المحلول. ويتأثر التوصيل في المحاليل بعدة عوامل أهما درجة الحرارة ،لزوجة المحلول وتركيز المحلول .

ويعبر عن المقاومة الكهربائية التي يبدها المحلول لمرور التيار بوحدات الأوم (Ohm) ويرمز لها (R) واتي تتناسب طرديا مع طول السلك وعكسيا مع المساحة السطحية للسلك(A).

$$R \propto \frac{L}{A}$$

في حالة دراسة المحاليل الألكتروليتية فأن :

(L) يمثل المسافة بين القطبين و (A) تمثل المساحة السطحية للقطب الموجب(+) والسالب (-)

$$R = r.\frac{L}{A}$$

حيث ان (r) تمثل المقاومة النوعية ووحدتها (ohm. cm) او (Ω) اوم .

التوصيلية هي عكس المقاومة ويرمز لها بالرمز (G)وتساوي :

$$G = \frac{1}{R}$$

او يرمز لها بالرمز كابا (Ƙ) وهي مقلوب المقاومة :

$$K = \frac{1}{r} \qquad (ohm^{-1}\ Cm^{-1})$$

لو ادخلنا تعريف التوصيل والتوصيلية في المعادلة الاتية :

$$R = r.\frac{L}{A}$$

نحصل على:

$$R = G\ \ (\frac{L}{A}\ )$$

التوصيل المولاري (Molecular Conductance) :-

هو يعبر عن توصيل ($1\ cm^3$) من المحلول الحاوي على مول واحد من الألكتروليت الذائب ويرمز لهُ بالرمز ($\mathbf{\Lambda m}$) .

$$\mathbf{\Lambda m = K \times \frac{1000}{C}}$$

حيث أن $\mathbf{\Lambda m}$: التوصيل المولاري ($Ohm^{-1}.cm^2.mol^{-1}$) .

K : التوصيل النوعي ($Ohm^{-1}.cm^{-1}$) .

C : التركيز (mol / L) .

التوصيل المكافئ (Equivalent Conductance) :-

هو يعبر عن توصيل ($1\ cm^3$) من المحلول الحاوي على مكافئ غر امي واحد من الألكتروليت الذائب ويرمز لهُ بالرمز ($\mathbf{\Lambda_{eq}}$) .

$$\mathbf{\Lambda eq = K \times \frac{1000}{C}}$$

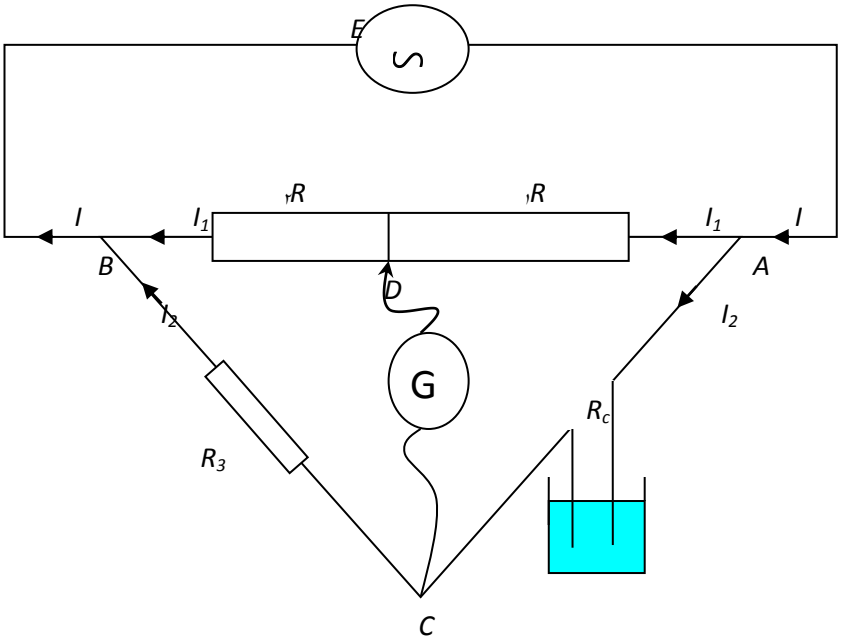
حيث أن $\mathbf{\Lambda_{eq}}$: التوصيل المكافئ ($Ohm^{-1}.cm^2.eq^{-1}$) .

K : التوصيل النوعي ($Ohm^{-1}.cm^{-1}$) .

C : التركيز (eq / L) .

** عندما يكون الألكتروليت ملحاً مثل كلوريد الصوديوم حيث يحمل الكاتيون شحنة موجبة واحدة و الأنيون شحنة سالبة واحدة فأن التركيز المكافئ للمحلول يكون مساوياً للتركيز المولاري عليه فأن $\mathbf{\Lambda eq}$ يساوي $\mathbf{\Lambda m}$.

تستخدم قنطرة ويتستون (Wheatstone bridge) والتي تتكون من أربع مقاومات موصلة كما هو موضح بالشكل التالي:



حيث E مصدر للتيار الكهربي المتردد، يمرّ التيار الكهربي I في الدائرة حيث ينقسم إلي قسمين I_1, I_2 عند النقطة B. فيمر التيار I_1 في المقاومة المتغيرة R_1 والمقاومة المعلومة R_2، بينما يمر التيار I_2 في المحلول المراد قياس مقاومته R_c و المقاومة R_3 . ولكي نصل بالقنطرة إلي حالة الاتزان يجب تغيير المقاومة R_1 حتى يتلاشي فرق الجهد بين النقطتين C, D في هذه الحالة يكون فرق الجهد عبر BC مساويا لفرق الجهد عبر BD . أي أنّ:

$$V_{BC} = V_{BD}$$

$$I_2R_c = I_1R_1 \qquad (4)$$

و بالمثل فإنّ:

$$V_{CA} = V_{DA}$$

$$I_2R_3 = I_1R_2 \qquad (5)$$

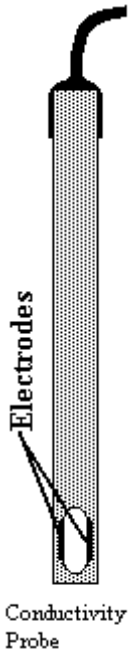
وبقسمة المعادلة ٤ علي المعادلة ٥ نحصل على:

$$\frac{R_c}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}$$

(٦)

بمعرفة كل من R_1, R_2, R_3 يمكن حساب R_c والتعويض في المعادلة ٣ للحصول على قيمة التوصيلية κ. في العادة، يجب تحديد قيمة ثابت الخليّة K قبل الشروع في قياسات التوصيليّة، ويتمّ ذلك بقياس المقاومة R_c أو التوصيل الكهربائي G لمحاليل إلكتروليتيّة قياسيّة ذات توصيليّة معروفة القيمة مثل محلول كلوريد البوتاسيوم بتركيز ٠.٠٢٠ M حيث تبلغ قيمة κ لهذا المحلول ٢٧٦٨ $\mu S.cm^{-1}$. وقد

ولقياس التوصيلية الكهربائية نستعمل لهذا الغرض خلايا تسمى خلايا التوصيل التي هي عبارة عن قطبين من الواح البلاتين مثبتة داخل غلاف زجاجي بحيث تكون المسافة بينهما ثابتة وتساوي (1 cm) ومساحة كل منهما تساوي ($1cm^2$) وتغطى هذه الألواح بالبلاتين الأسود .ولزيادة حساسية القطب وكذلك تقليل الاستقطاب الذي قد يظهر عند قياس التوصيلية .



ويربط كل من صفيحتي البلاتين في القطبين بسلك بلاتين موصل الى سلك معدني يربط بمصدر التيار الكهربائي ويتم قياس التوصيلية الكهربائية في المحلول الألكتروليتي من خلال قياس مقاومة المحلول التي تقسم على النحو الاتي :

حيث يتم قياس مقاومة المحلول الألكتروليتي وذلك بموازنته مع ظروف المقاومات الثلاث (R_1,R_2,R_3) المعلومة قيمتها وعن عمل الموازنة يمكن ايجاد قيمة (R) في المحلول المستخدم باستخدام المعادلات الأتية :

$$R = r.\frac{L}{A}$$

$$R = G \left(\frac{L}{A}\right)$$

ولعمل خلية يبعد قطباها (1 cm) ومساحة كل منهما تساوي ($1cm^2$) ومنه يتم قياس (K) التوصيلية الكهربائية . حيث ان الخلية تقيس(K) فقط .

ولصعوبة عمل خلية بهذا الوصف لذ نلجأ لقياس النسبة $\left(\frac{L}{A}\right)$ والتي تسمى بثابت الخلية (cell Cons) :

$$K_{cell} = \frac{L}{A} \qquad Cm^{-1}$$

ولقياس ثابت الخلية تمتلك محلول معروف التركيز وتوصيليته (K_t) ودائما يستخدم لهذا الغرض محلول (KCl) .

T °C	1M	0.1M	0.001M
0	0.06518	0.007138	0.0007736
18	0.09784	0.011167	0.001221
25	0.1190	0.01289	0.001413

ثم يعاد ملأ الخلية بالألكتروليت المراد قياس اللتوصيلة له فمن خلال قياس المقاومة يمكن ان نجد ثابت الخلية من محلول (KCl) المرجع ومنها يمكن استخراج قياس(R) للمحلول المجهول

$$K_{cell} = K_t \times R$$

مثال على ذلك :

خليه تحتوي على محلول ($0.1\ mol/dm^3$)من كلوريد البوتاســـــيوم وتوصيليتـــــه المولاريه تســـــاوي ($129\ \Omega^{-1}mol\ .cm^2$)وقد تم قياس مقاومة المحلول وكانت تساوي ($28.44\ \Omega$) أوم وبعد ذلك استخدمت الخلية نفسها لدراسة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه ($0.05\ mol/dm^3$) وكانت مقلومة محلول هيدروكسيد الصوديوم تساوي ($31.6\ \Omega$) أوم أحسب التوصيلية المولاريه لهيدروكسيد الصوديوم ؟

الحل :

١- حساب التوصيل النوعي من المعادلة الاتية:

$$\Lambda_m^c = \frac{L \times 1000}{C}$$

$$L = \frac{\Lambda_m^c \times C}{1000} = \frac{129\Omega^{-1}\ .mol^{-1}\ .cm^{-2} \times 0.1\ mol.dm^{-3}}{1000} =$$

$$L = 0.0129\Omega^{-1}.cm^{-1}$$

٢- حساب ثابت الخلية من المعادلة الأتية:

$$L = \frac{k\ cell}{R}$$

$$Kcell = L \times R = \ 0.0129\Omega^{-1}.cm^{-1}\ \times 28.44\ \Omega$$

$$Kcell = \ 0.36686cm^{-1}$$

٣-لأيجاد التوصيلية المولارية ل (NaOH) يجب حساب التوصيل النوعي (L) من المعادلة الأتية:

$$L = \frac{k\ cell}{R} = \ \frac{0.36686cm^{-1}}{31.6\ \ \Omega}$$

$$L = 0.01161\ \Omega^{-1}.cm^{-1}$$

$$\Lambda_{m(NaOH)}^c = \frac{L \times 1000}{C} \ = \frac{0.01161\ \Omega^{-1}.cm^{-1}}{0.05\ mol.dm^{-3}}$$

$$\Lambda_{m(NaOH)}^c = \ 232.2\ \Omega^{-1}\ .mol^{-1}\ .cm^2$$