

## الباب الأول

### التيار الكهربى

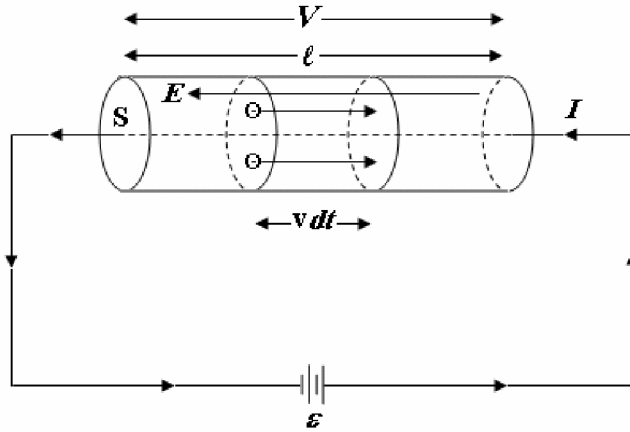
#### مقدمة:

لاحظ الإغريق ظواهر الكهربائية والمغناطيسية منذ عام 700 قبل الميلاد فقد وجدوا أن قطعة من الكهرمان تجذب إليها قطعاً من الريش أو القش إذا تم دلكها بقطعة من الصوف وتم التعرف على وجود قوى مغناطيسية بملاحظة أن هناك حجارة معينة تلتقط قطع الحديد عندما تقترب منها. بالإضافة إلى أن كلمة كهربية جاءت من الكلمة الإغريقية الكهرمان electron كما جاءت كلمة مغناطيسية من أسم مقاطعة شماليه في اليونان هي ماجنيزيا Magnesia حيث وجد فيها خام الماجنتيت Magnetite .

وفى مطلع القرن التاسع عشر اقر العلماء أن الكهربائية والمغناطيسية في الحقيقة ظاهرتان مرتبطتان معا وذلك عندما اكتشف هانز اورستد "Hans Orested" عام 1820م أن إبرة البوصلة المغناطيسية تنحرف إذا وضعت قريبة من موصل يمر فيه تيار كهربى وذلك بتأثير حركة الشحنات الكهربائية المارة في هذا الموصل. وفى عام 1831 لاحظ كل من ميخائيل فاراداي وجوزيف هنري أنه إذا تحرك سلك قريباً من مغناطيس (أو تحرك مغناطيس قريباً من سلك) فإن تياراً كهربياً يمر في هذا السلك. وفى عام 1873 استخدم جيمس كلارك ماكسويل (James Clerk Maxwell) هذه المشاهدات وحقائق تجريبية أخرى كأساس أو كقاعدة لصياغة قوانين الكهرومغناطيسية التي نعرفها حالياً. وفى عام 1888 استطاع هينريتش هرتز Heinrich Hertz تحقيق توقعات ماكسويل وذلك بتوليد أو إنتاج الموجات الكهرومغناطيسية في المعمل. وفي مطلع القرن العشرين جاء عصر الذرة وأوضح بما لا يدع مجالاً للشك أن الكهربائية والمغناطيسية تعتبر من خواص كل ذرة أي من خواص كل مادة.

## التيار الكهربائي *Electric Current*:

تحتوي المواد الموصلة على شحنات حرة الحركة تتحرك بشكل عشوائي بفعل الطاقة الحرارية، تماماً مثل حركة جزيئات غاز محجوز داخل وعاء مغلق. وفي حالة الاتزان الكهربائي، تكون كمية الشحنة المحصلة المنقولة من أية نقطة داخل الموصل إلى نقطة أخرى مساوية صفراً.



شكل (1)

وعندما يؤثر فرق جهد  $V$  بين طرفي السلك الاسطواني فإن مجالاً كهربائياً  $E$  سينتج داخل السلك باتجاه مواز لمحوره. ويؤثر المجال  $E$  على الالكترونات الحرة (شحنتها  $e$ ) داخل السلك بقوة  $F = -eE$  تعمل على تحريك هذه الالكترونات في اتجاه مفضل هو عكس اتجاه المجال  $E$ ، كما يبين الشكل

(1)، ويكسبها سرعة إنسيابية  $v$ . وتشكل الالكترونات هذه في حركتها تياراً كهربائياً.

وتعرف شدة التيار الكهربائي  $I$  بكمية الشحنة التي تمر خلال مقطع من السلك في الثانية

الواحدة.

فلو مرت شحنة  $dq$  في زمن قدره  $dt$  خلال مقطع السلك فإن شدة التيار  $I$  تعطي

بالعلاقة:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

ونتعامل في هذه الباب مع الحالات التي يكون فيها التيار  $I$  ثابتاً فقط. ونلاحظ من المعادلة

السابقة أن وحدة قياس التيار الكهربائي هي كولوم / ثانية وتسمى هذه الوحدة بالأمبير، ويرمز لها بالرمز  $A$ .

$$1A = 1 \frac{C}{s}$$

فإذا كانت  $n$  كثافة الإلكترونات الحرة (عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم) فإنه خلال زمن قدره  $dt$  سيمر من مقطع السلك الذي مساحته  $S$  عدد من الإلكترونات يساوي  $nSvdt$ . وبالتالي فإن الشحنة الكلية  $dq$  التي تمر من مقطع السلك خلال الزمن  $dt$  هي:

$$dq = neSvdt \quad (2)$$

وتكون شدة التيار  $I$  المار في السلك:

$$I = \frac{dq}{dt} = neSv \quad (3)$$

وقد اصطلح على أن يمثل اتجاه حركة الشحنات الموجبة اتجاه التيار الكهربائي في المادة الموصلة، سواء أكانت معدناً صلباً أم محلولاً متأيناً أم غازاً متأيناً، وهذا الاتجاه معاكس لاتجاه حركة الإلكترونات (والأيونات) السالبة.

### كثافة التيار *Current Density*:

من المناسب في كثير من الحالات الرجوع إلى كثافة التيار بدلاً من التيار في الموصل. وتعرف كثافة التيار  $J$  المار خلال موصل، بأنها النسبة بين التيار الكهربائي  $I$  ومساحة مقطع الموصل  $S$  أي أن:

$$J = \frac{I}{S} \quad (4)$$

ويكون اتجاه  $J$  هو نفس اتجاه التيار. وتقاس كثافة التيار بالأمبير لكل متر مربع ( $A/m^2$ )، ومن العلاقة (3)، (4) يمكن كتابة كثافة التيار على النحو التالي:

$$J = nev \quad (5)$$

أي أن كثافة التيار  $J$  هي كمية الشحنة التي تمر خلال وحدة المساحات في الثانية الواحدة.

### المقاومة النوعية *Resistivity* والتوصيلية الكهربائية *Electrical Conductivity*:

ترتبط ذرات المعدن بعضها ببعض وفق نمط معين، وبشكل هندسي متناسق ومتكرر مكونة الشبكية البلورية، وهي بنية خاصة ومميزة للمعدن الواحد. وعندما يؤثر على المعدن مجال كهربائي  $E$ ، تتحرك الإلكترونات التوصيل بعجلة وتصطدم مع ذرات الشبكية البلورية

بشكل عشوائى متكرر، وتكتسب الإلكترونات سرعة انسيابية  $v$ . ونتيجة لهذه التصادمات تزداد الطاقة التذبذبية لذرات المعدن وتزداد تبعاً لذلك درجة حرارة الموصل. ويعتبر التصادم بمثابة قوة تعيق حركة الشحنات وينتج عنها ما يسمى بالمقاومة النوعية  $\rho$ . والمقاومة النوعية  $\rho$  تساوي عددياً شدة المجال الكهربى الذى يسبب كثافة تياريه شدتها الوحدة. أى أن:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (6)$$

وحدات المقاومة النوعية فى النظام الدولى هي أوم متر ( $\Omega m$ ). ومقلوب المقاومة النوعية يسمى بالتوصيلية الكهربية  $\sigma$  وتعرف بأنها النسبة بين كثافة التيار وشدة المجال الكهربى المسبب له. أى أن:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{J}{E} \quad (7)$$

وحدات التوصيلية الكهربية فى النظام الدولى هي أوم<sup>-1</sup> متر<sup>-1</sup> ( $\Omega^{-1} m^{-1}$ ).

### مثال (1):

سلك أسطوانى من الفضة مساحة مقطعه الدائرى  $0.785 \text{ mm}^2$  ويحمل تياراً مقداره  $1.0 \text{ A}$  وعدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم تساوى  $5.86 \times 10^{28}$  إلكترون/متر<sup>3</sup>. أحسب كثافة التيار وسرعة الإلكترونات المتحركة داخل السلك. علماً بأن شحنة الإلكترون تساوى  $1.602 \times 10^{-19}$  كولوم.

الحل:

$$J = \frac{I}{S} = \frac{1.0}{0.785 \times 10^{-6}} = 1.274 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

$$v = \frac{J}{ne} = \frac{1.274 \times 10^6}{5.86 \times 10^{28} \times 1.602 \times 10^{-19}} = 1.357 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

**مثال (2) :**

سلك نحاسي اسطواني الشكل نصف قطر مقطعه 2mm ويحمل تياراً شدته 10.0 A، وعدد الإلكترونات الحرة لوحدة الحجم تساوي  $8.47 \times 10^{28}$  إلكترون/متر<sup>3</sup>. علماً بأن المقاومة النوعية للنحاس تساوي  $1.56 \times 10^{-8} \Omega.m$  وشحنة الإلكترون تساوي  $1.602 \times 10^{-19}$  كولوم.

احسب :

أ- كثافة التيار في السلك  $J$ .

ب- السرعة الانسيابية للإلكترونات  $v$ .

ج- شدة المجال الكهربائي  $E$  داخل السلك في اتجاه موازى لمحوره.

الحل:

أ-

$$J = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi r^2} = \frac{10}{3.14 \times (2 \times 10^{-3})^2} = 7.9 \times 10^5 \text{ A/m}^2$$

ب-

$$v = \frac{J}{en} = \frac{7.9 \times 10^5}{1.6 \times 10^{-19} \times 8.47 \times 10^{28}} = 5.8 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

ج-

$$E = \rho J = 1.56 \times 10^{-8} \times 7.9 \times 10^5 = 1.23 \times 10^{-2} \text{ V/m}$$

**المقاومة Resistance وقانون أوم Ohm's Law :**

عند توصيل أسلاك من مواد مختلفة بين نقطتين فرق الجهد بينهما ثابت نلاحظ أن التيار المار يختلف باختلاف السلك. ويرجع ذلك لاختلاف مقاومة الأسلاك لمرور التيار. وتعرف مقاومة السلك  $R$  بأنها النسبة بين فرق الجهد وبين شدة التيار. أي أن:

$$R = \frac{V}{I} \quad (8)$$

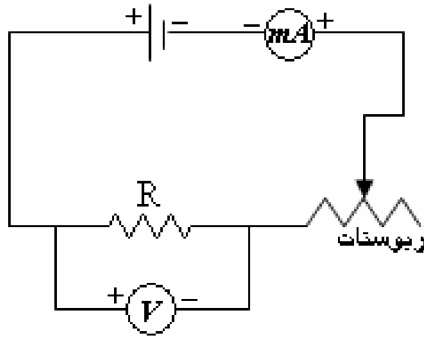
وتقاس المقاومة بوحدة تسمى الأوم (ohm).

ومقاومة الموصل تعتمد علي شكل الموصل فهي تتناسب طردياً مع طوله  $l$  وعكسياً مع مساحة مقطعه  $S$  وثابت التناسب يتوقف علي نوع مادة الموصل ويساوي وهو المقاومة النوعية  $\rho$  لمادة الموصل. أي أن:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (9)$$

ومن هنا يمكن تعريف المقاومة النوعية  $\rho$  لمادة الموصل علي أنها مقاومة سلك من تلك المادة طوله وحدة الأطوال ومساحة مقطعه وحدة المساحات.

العلاقة (8) تمثل قانون أوم والذي ينص علي أن فرق الجهد  $V$  بين طرفي الموصل يتناسب تناسباً طردياً مع شدة التيار  $I$  المار خلال الموصل وثابت التناسب هو مقاومة الموصل  $R$ .

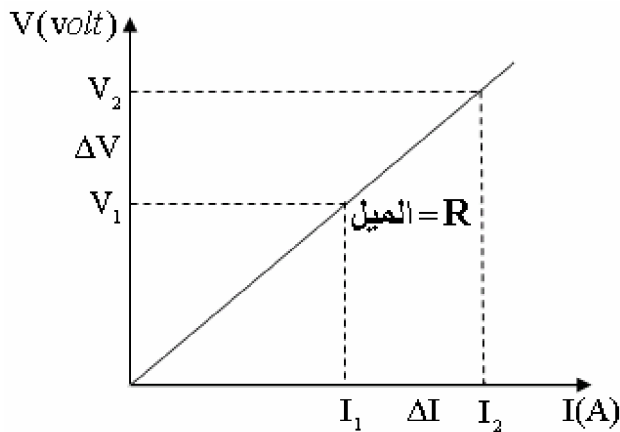


شكل (2)

### تحقيق قانون أوم عملياً:

لتحقيق قانون أوم عملياً نقوم بتوصيل الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل (2) والمكونة من بطارية (6v) وريوستات ومللي أميتر (mA) لقياس شدة التيار الكهربائي  $I$  وفولتميتر (V) لقياس فرق الجهد  $V$  ومقاومة مجهولة  $R$  ونستخدم الريوستات في الدائرة للتحكم في شدة التيار المار بالدائرة.

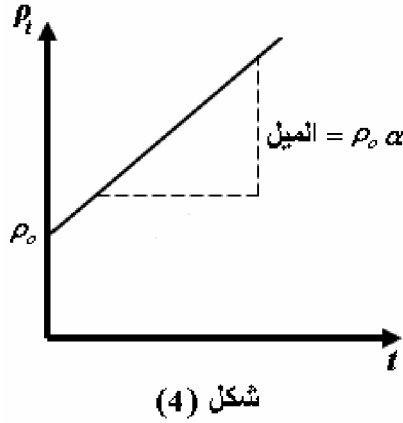
نحرك زالق الريوستات ونأخذ قراءات مختلفة للتيار  $I$  ونعين فرق الجهد  $V$  في كل مرة، ثم نرسم بيانياً العلاقة بين  $V$  علي محور الصادات و  $I$  علي محور السينات كما بالشكل



شكل (3)

(3)، ومن ميل الخط المستقيم نحسب قيمة المقاومة المجهولة  $R$ .

### المعامل الحراري للمقاومة النوعية (Temperature Coefficient of Resistivity):



أثبتت التجارب العملية أن المقاومة النوعية للمعادن  $\rho$  تتغير بشكل خطي تقريباً بتغير درجة الحرارة  $t$  كما هو موضح بالشكل (4). فكلما ارتفعت درجة حرارة الموصل زادت فرص التصادم مما يؤدي إلى زيادة المقاومة النوعية. ويمكن التعبير عن هذا التغير بالعلاقة:

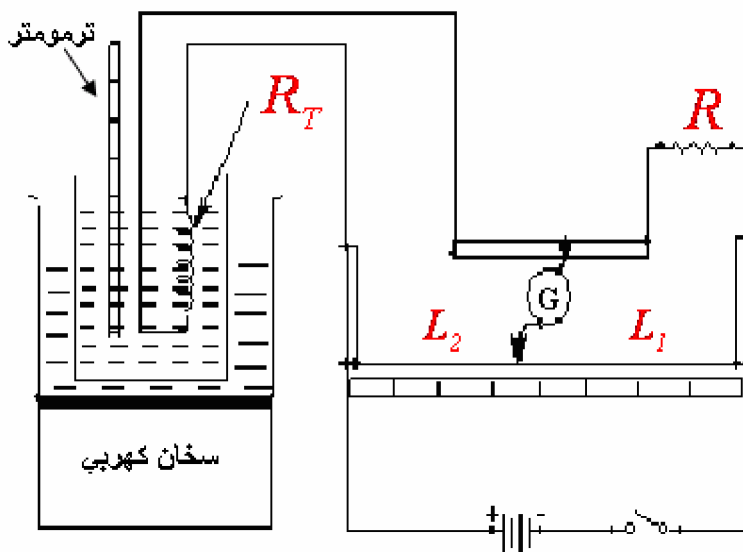
$$\rho_t = \rho_o (1 + \alpha t) \quad (10)$$

حيث:  $\rho_t$  تمثل المقاومة النوعية للمعدن عند درجة حرارة  $t$

درجة مئوية،  $\rho_o$  هي قيمة المقاومة النوعية للمعدن عند درجة حرارة الصفر المئوي،  $\alpha$  مقدار ثابت للمعدن يسمى بالمعامل الحراري للمقاومة النوعية. ومن العلاقتين (9)، (10) نستنتج مقاومة أي موصل  $R_t$  عند درجة حرارة  $t$  بدلالة مقاومته  $R_o$  عند درجة حرارة الصفر المئوي، والمعامل الحراري للمقاومة النوعية  $\alpha$ :

$$R_t = R_o (1 + \alpha t) \quad (11)$$

### تعيين المعامل الحراري للمقاومة النوعية $\alpha$ عملياً:

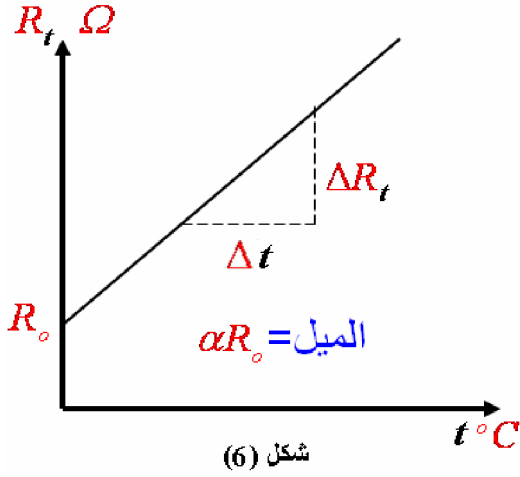


شكل (5)

لتعيين المعامل الحراري للمقاومة النوعية  $\alpha$  عملياً نستخدم دائرة القنطرة المتريّة المبينة بالشكل (5) ومنها نعين قيم المقاومة  $R_t$  عند درجات حرارة  $t$   $^{\circ}C$  مختلفة. فعند وضع الاتزان وبمعلومية كل من  $L_2$ ,  $L_1$ ,  $R$  نحسب قيمة المقاومة  $R_t$  من

## العلاقة:

$$R_t = R \frac{L_2}{L_1}$$



وبرسم العلاقة البيانية بين درجة الحرارة على المحور السيني والمقاومة  $R_t$  على المحور الصادي فنحصل على خط مستقيم كما في شكل (6) حيث يمثل الجزء المقطوع من محور الصادات قيمة  $R_o$ ، ومن الميل  $R_o \alpha$  يمكن حساب معامل التوصيل الحراري  $\alpha$ .

## مثال (3):

قضيب من النحاس إسطوانى الشكل طوله 1m ، ونصف قطر مقطعه 1mm إذا أثر فرق في الجهد بين طرفيه مقداره 2V ، فأحسب :

أ - شدة المجال الكهربائي داخل القضيب بالاتجاه الموازي لطوله.

ب - القوة المؤثرة على إلكترون حر داخل القضيب.

ج - مقاومة القضيب، علماً بأن المقاومة النوعية للنحاس تساوي  $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ .

الحل: التيار المار في القضيب.

الحل:

أ -

$$E = \frac{V}{l} = \frac{2}{1} = 2 \text{ V / m}$$

ب -

$$F = -e E = -1.6 \times 10^{-19} \times 2 = -3.2 \times 10^{-19} \text{ N}$$

ج -

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi r^2} = 1.6 \times 10^{-8} \frac{1}{3.14 \times (1 \times 10^{-3})^2} = 0.005 \Omega$$



**مثال (4):**

احسب مقاومة سلك من النحاس طوله 20m ونصف قطر مقطعه 0.4mm عند درجة حرارة 20°C مهملًا أي تمدد حراري للسلك. علماً بأن المقاومة النوعية للنحاس عند درجة الصفر المئوي تساوي  $1.56 \times 10^{-8} \Omega.m$  والمعامل الحراري  $\alpha$  للمقاومة النوعية للنحاس يساوي  $4.3 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ K^{-1}$ .

الحل:

$$\begin{aligned} \rho_t &= \rho_o (1 + \alpha t) \\ &= 1.56 \times 10^{-8} (1 + 4.3 \times 10^{-3} \times 20) = 1.69 \times 10^{-8} \Omega.m \end{aligned}$$

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi r^2} = 1.69 \times 10^{-8} \frac{20}{3.14 \times (0.4 \times 10^{-3})^2} = 0.68 \Omega$$

**مثال (5):**

أوجد التغير في مقاومة سلك طوله 2m ، ومساحة مقطعه  $0.3 \text{ mm}^2$  عند رفع درجة حرارته من 0°C إلى 100°C ، على افتراض أن طول السلك ومساحته لا يتأثران بدرجة الحرارة. علماً بأن المقاومة النوعية عند الصفر المئوي تساوي  $4.9 \times 10^{-7} \Omega.m$  والمعامل الحراري  $\alpha$  للمقاومة النوعية يساوي  $0.1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ K^{-1}$ .

الحل:

$$R_o = \rho_o \frac{l}{S} = 4.9 \times 10^{-7} \frac{2}{0.3 \times 10^{-6}} = 3.27 \Omega$$

$$R_t = R_o (1 + \alpha t) = 3.27 (1 + 10^{-4} \times 100) = 3.28 \Omega$$

$$\Delta R = R_t - R_o = 3.28 - 3.27 = 0.01 \Omega$$

## القدرة الكهربائية *Electric Power*:

تعرف القدرة  $P$  بأنها معدل استهلاك الطاقة، ومن تكافؤ الشغل والطاقة، نستطيع اعتبار القدرة بمثابة الشغل المبذول  $W$  في وحدة الزمن، أي أن:

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (12)$$

ووحدة القدرة تساوي جول/ثانية (J/s) وتسمى هذه الوحدة بالواط.

عند مرور تيار كهربائي شدته  $I$  في موصل مقاومته  $R$  تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تعمل على رفع درجة حرارة الموصل. فإذا كان فرق الجهد بين طرفي الموصل  $V$  فإن الشغل المبذول لنقل شحنه قدرها  $dq$  كولوم بين طرفي الموصل يساوي:

$$dW = V dq$$

وبالتعويض عن  $dq$  من العلاقة (1) نحصل على:

$$dW = IV dt \quad (13)$$

بالتكامل نحصل على:

$$W = IV t \quad (14)$$

ومن العلاقتين (12)، (13) نحصل على:

$$P = IV$$

ومن قانون أوم (8):

$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad (15)$$

### مثال (6):

يعمل محرك كهربائي من مصدر جهد ثابت مقداره 32 فولت . إذا علمت أن التيار المار في المحرك يساوي 8 أمبير، فاحسب قدرة المحرك، ثم احسب الطاقة المستهلكة عندما يعمل المحرك لمدة عشر ساعات.

**الحل:**

$$P = IV = 8 \times 32 = 256 \text{ W}$$

$$W = P t = 256 \times 10 \times 60 \times 60$$

$$= 9.216 \times 10^6 \text{ W.s}$$

$$= 9.216 \times 10^6 \text{ J}$$

$$= 2.56 \text{ KW.h}$$

**مثال (7):**

مدفأة كهربائية قدرتها 2500 W متصلة مع مصدر جهد ثابت مقداره 220V. أحسب:

أ - مقاومة أسلاك المدفأة.

ب - مقدار الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال ثلاثون يوماً بفرض استخدام هذه المدفأة بمعدل عشر ساعات يومياً.

**الحل:**

أ - من العلاقة (15):

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{2500} = 19.36 \Omega$$

$$U = P t = 2500 \times 30 \times 10 = 750000 \text{ W.h} = 750 \text{ kW.h}$$

**التأثير الحراري للتيار الكهربائي :**

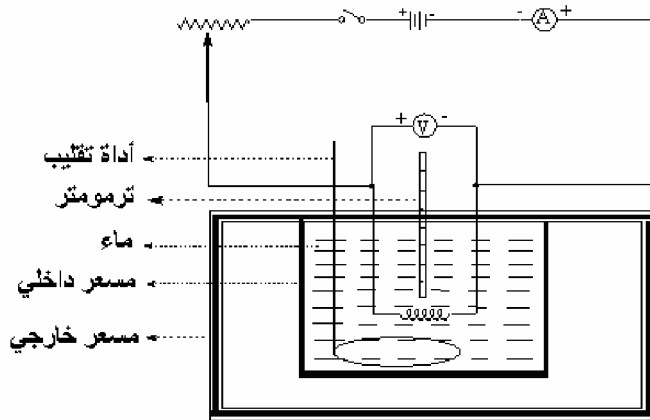
ينشأ عن مرور التيار الكهربائي في المعادن عدة ظواهر حرارية، هي في الحقيقة عبارة عن مظاهر تحول الطاقة من صورة إلى أخرى.

## 1- قانون جول:

عند مرور تيار كهربائي شدته  $I$  في موصل مقاومته  $R$  تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تعمل على رفع درجة حرارة الموصل. ينص قانون جول على أن "كمية الحرارة المتولدة  $Q$  في مقاومة ثابتة  $R$  تتناسب مع مربع التيار  $I$ ".

والنسبة بين الطاقة الكهربائية المستنفذة  $W$  إلى كمية الحرارة المتولدة  $Q$  تكون نسبة ثابتة تسمى بالمكافئ الميكانيكي الحراري أو مكافئ جول  $J$  وقيمته تساوي 4.2 جول/سعر، أي أن:

$$J = \frac{W}{Q} = 4.2 \text{ J/cal} \quad (16)$$



شكل (7)

ولتعيين مكافئ جول عملياً نستخدم الدائرة الكهربائية الموضحة في شكل (7)، وتتكون من مسعر حرارته النوعية  $s_1$  وكتلته وهو فارغ  $m_1$  وبه كمية من الماء كتلتها  $m_2$  وحرارتها النوعية  $s_2$ ، ومغمور في هذا الماء مقاومة  $R$  متصلة على التوالي مع مصدر للجهد الكهربائي وأميتر

وريوستات. نعين درجة حرارة الماء والمسعر الابتدائية  $T_1$  ثم نحرك الريوستات لضبط شدة التيار الكهربائي المار في المقاومة  $R$  على قيمة ثابتة  $I$  أمبير ونسجل قراءة الفولتميتر  $V$ . نمرر التيار الكهربائي لفترة زمنية محددة  $t$  في نهايتها نحدد درجة الحرارة النهائية  $T_2$ . فتكون الطاقة الكهربائية المستنفذة هي:

$$W = IVt$$

وتتحول الطاقة الكهربائية  $W$  إلى طاقة حرارية  $Q$  يكتسبها كل من المسعر والماء:

$$Q = (m_1 s_1 + m_2 s_2)(T_2 - T_1)$$

وبالتالي يكون مكافئ جول:

$$J = \frac{IVt}{(m_1 s_1 + m_2 s_2)(T_2 - T_1)}$$

**مثال (8):**

مكواة كهربائية مقاومتها 20 أوم يمر بها تيار شدته 5 أمبير ، احسب كمية الحرارة بالسعر المنبعثة في 10 دقائق .

**الحل:**

$$W = Pt = I^2 R t = 5^2 \times 20 \times 10 \times 60 = 3 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q = \frac{W}{J} = \frac{3 \times 10^5}{4.2} = 7.1 \times 10^4 \text{ calorie}$$

**مثال (9):**

أوجد الزمن اللازم لرفع حرارة 10 لتر من الماء في درجة 16م إلى الغليان بواسطة سخان كهربائي قدرته 2.5 كيلو وات.

**الحل:**

$$Q = m s (T_2 - T_1) = 10 \times 10^3 \times 1 \times (100 - 16) = 8.4 \times 10^5 \text{ cal}$$

$$W = Q J = 8.4 \times 10^5 \times 4.2 = 3.5 \times 10^6 \text{ Joule}$$

$$t = \frac{W}{P} = \frac{3.5 \times 10^6}{2.5 \times 10^3} = 1400 \text{ sec} = 0.39 \text{ hour}$$

## 2- تأثير بلتييه *Peltier Effect* :

في سنة 1834 اكتشف العالم الفرنسي بلتييه أنه عند مرور تيار كهربائي في دائرة تتكون من سلكين من معدنين مختلفين، فإن أحد موضعي الاتصال بين المعدنين ترتفع درجة حرارته في حين تنخفض درجة حرارة موضع الاتصال الآخر. وفكرة عمل بعض أجهزة التبريد (كالمبرد الصغير الموجود في بعض السيارات الحديثة) مبنية على تأثير بلتييه.

### 3- تأثير سيبك *Seebeck Effect* :

في سنة 1836 اكتشف توماس سيبك في برلين الظاهرة العكسية لظاهرة بلتييه. حيث وجد أنه عند توصيل معدنين مختلفين على التوالي بجلفانومتر حساس، فإنه يمر تيار كهربى في الجلفانومتر عند رفع درجة حرارة أحد موضعى الاتصال عن درجة حرارة موضع الاتصال الآخر، أى أنه تنشأ قوة دافعة كهربية بين موضعى الاتصال. وفكرة عمل الازدواج الحرارى مبنية على ظاهرة سيبك.

### 4- تأثير طومسون *Thomson Effect* :

وجد طومسون أن تأثير سيبك يظهر في المعدن الواحد. أى أنه تنشأ قوة دافعة كهربية في المعدن الواحد إذا اختلفت درجة حرارة أجزائه بعضها عن بعض.

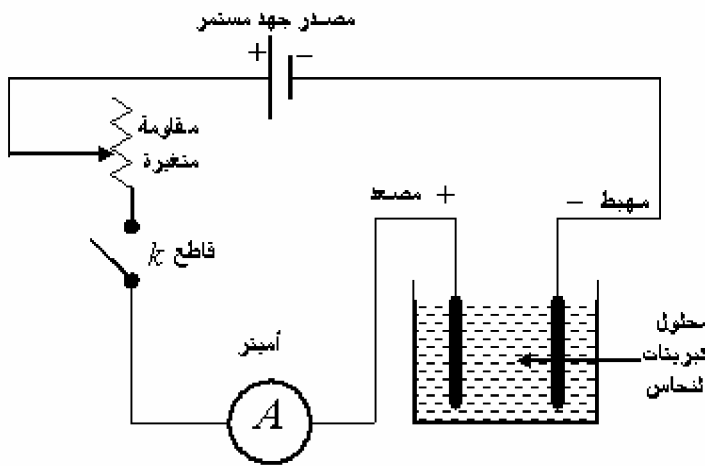
### 5- الانبعاث الأيونى الحرارى *Thermoionic Emission* :

عند تسخين المعادن فإن بعض الإلكترونات الحرة تنبعث من سطح المعدن. وفكرة عمل الصمامات وأنبوبة أشعة الكاثود مبنية على الانبعاث الأيونى الحرارى.

## التأثير الكيمىائى للتيار الكهربى :

### التحليل الكهربى *Electrolysis* :

إذا غمس لوحان من النحاس في محلول كبريتات النحاس ووصل اللوحين بقطبي بطارية فإن تياراً كهربياً يسرى في الدائرة يمكن قياسه بواسطة أميتر كما بالشكل (8)، ويسمى اللوح المتصل بالقطب الموجب للبطارية بالمصعد (anode) كما يسمى اللوح المتصل بالقطب السالب للبطارية بالمهبط



الشكل (8)

cathode وبعد مضي وقت كاف على مرور التيار الكهربى في المحلول نلاحظ أن وزن المصعد قد نقص بينما ازداد وزن المهبط نتيجة ترسيب طبقة حديثة من النحاس عليه .

ويفسر ذلك على أنه محلول كبريتات النحاس قد تأين إلى أيونات موجبة من النحاس ( $\text{Cu}^{++}$ ) وأيونات سالبة من الكبريتات ( $\text{So}_4^{--}$ ) وذلك نتيجة انتقال إلكترونين من ذرة النحاس

إلى مجموعة الكبريتات . و تتحرك أيونات النحاس الموجبة إلى المهبط حيث تتعادل وتترسب عليه، بينما تتحرك أيونات الكبريتات السالبة إلى المصعد حيث تتعادل وتتحد مع ذرات نحاس المصعد مكونة كبريتات النحاس التي تعود ثانية إلى المحلول . ولهذا نلاحظ :

1- أن الزيادة في وزن المهبط تساوى النقص في وزن المصعد.

2- يبقى تركيز محلول كبريتات النحاس بدون تغيير.

ويسمى هذا التأثير الكيميائي للتيار "بالتحليل الكهربائي" كما تسمى المحاليل التي تسمح بمرور التيار خلالها "بالمحاليل الكهربية" Electrolytes

### قانوني فاراداي للتحليل الكهربائي :

استخلص فاراداي من نتائج تجاربه العديدة على التحليل الكهربائي لكثير من العناصر قانونين هامين هما :

#### القانون الأول:

تتناسب كمية المادة المترسبة على المهبط أو التي تذوب من المصعد  $m$  مع كمية الشحنة المارة في المحلول  $Q$  ( أي مع حاصل ضرب شدة التيار  $\times$  الزمن) وثابت التناسب يسمى بالمكافئ الكيميائي الكهربائي. أي أن:

$$m = C I t \quad (17)$$

ويعرف المكافئ الكيميائي الكهربائي بكتلة المادة المتحررة بواسطة كولوم واحد من الكهربية ووحداته جم/كولوم (gm/colm).

ولتعيين المكافئ الكيميائي الكهربائي لمادة ما عملياً نصل الدائرة الكهربية الموضحة في الشكل (8)، ونعين وزن المهبط  $m_1$  بعد تجفيفه. ندرك زالق الريوستات حتى نحصل على تيار مناسب  $I$  ونبدأ في حساب الزمن لمدة ربع ساعة . مع التأكد خلال هذه الفترة أن التيار ثابت وذلك بملاحظة مؤشر الأميتر . ثم نزن المهبط بعد تجفيفه وليكن وزنه  $m_2$  جرام. نعين وزن المادة المترسبة  $m$  وذلك بطرح  $m_1$  من  $m_2$ . نعين قيمة المكافئ الكيميائي الكهربائي للمادة  $C$  من العلاقة (17).

## القانون الثاني:

تتناسب كتل المادة المتحررة بالتحليل الكهربائي من محاليل مختلفة نتيجة لمرور نفس كمية الكهرباء مع الأوزان المكافئة لهذه المواد. أي أن:

$$\frac{m_1}{M_1} = \frac{m_2}{M_2} = \frac{m_3}{M_3} = \dots = \text{constant} \quad (18)$$

حيث ترمز  $m_1, m_2, m_3, \dots$  إلى كتل المواد المترسبة من المواد ،  $M_1, M_2, M_3, \dots$  إلى الأوزان المكافئة لتلك المواد على الترتيب.

## الفاراداي :

من قانوني فاراداي الأول والثاني نجد أن:

$$m \propto Q M$$

أي تتناسب كمية المادة المترسبة مع كل من الشحنة والوزن المكافئ للعنصر.

$$\therefore m F = Q M \quad (19)$$

حيث F مقدار ثابت يسمى بالفاراداي. ومن العلاقتين (17) ، (18) نجد أن:

$$F = \frac{M}{C} \quad (20)$$

ومنها يمكن تعريف الفاراداي على أنه "كمية الكهربائية اللازمة لترسيب الوزن المكافئ الجرامي للعنصر" ولقد تمكن فاراداي من تعيين قيمة ثابت فاراداي F عملياً ووجد أن قيمته حوالي 96500 كولوم .

## مثال (10):

احسب المكافئ الكيميائي الكهربائي للذهب علماً بأن وزنه الذري 197 ، وتكافؤه 3 ، ثم أوجد قيمة التيار اللازم لترسيب 5 جم من الذهب في الساعة. علماً بأن الفاراداي يساوي 96500 كولوم.



**الحل:**

حيث أن الوزن المكافئ للذهب يساوي وزنه الذري مقسوماً على تكافؤه، فإن:

$$M = \frac{197}{3} = 65.67$$

$$C = \frac{M}{F} = \frac{65.67}{96500} = 6.81 \times 10^{-4}$$

$$I = \frac{m}{C t} = \frac{5 \times 10^{-3}}{6.81 \times 10^{-4} \times 1 \times 60 \times 60} = 2.04 \times 10^{-3} \text{ Amp}$$

**الطلاء بالكهرباء :**

تستخدم ظاهرة التحليل الكهربائي صناعياً في طلاء المعادن حيث يوضع الجسم المراد طلاؤه كمهبط في محلول ملح المادة المراد الطلاء بها، ويكون المصعد عادة صفيحة من المادة المراد الطلاء بها. وبإمرار التيار تترسب المادة المراد الطلاء بها على المعدن المراد طلاؤه. ويمكن الحصول على السمك المطلوب بإمرار التيار لمدة زمنية مناسبة.

**القوة الدافعة الكهربائية لمصدر:**

يعرف الشغل الذي يبذله مصدر القدرة الكهربائية لنقل وحدة الشحنات الكهربائية الموجبة في الدائرة بالقوة الدافعة الكهربائية  $\mathcal{E}$ ، أي أن:

$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq}$$

حيث تمثل  $dW$  الشغل الكلي المبذول في نقل  $dq$  من الشحنة. وعلى الرغم من أن القوة الدافعة الكهربائية  $\mathcal{E}$  كمية عددية إلا أنه يعين لها اتجاه عادة، وذلك برسم سهم من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية.

## قانونا كيرنتشوف:

في بعض الأحيان تكون الدوائر الكهربائية علي درجة كبيرة من التعقيد، لدرجة يصعب معها حساب قيم المقاومات أو فروق الجهد. ولذلك يستخدم قانوني كيرنتشوف لمعالجة تلك الدوائر.

### قانون كيرنتشوف الأول:

"المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في الدائرة الكهربائية يساوي صفراً".

$$\sum I = 0$$

وتحسب التيارات الداخلة إلي نقطة التفرع بإشارة تختلف عن إشارة التيارات الخارجة من نفس النقطة.

### قانون كيرنتشوف الثاني:

"في أي دائرة كهربائية مغلقة يكون المجموع الجبري للقوي الدافعة الكهربائية مساوياً للمجموع الجبري لفروق الجهد على مكونات هذه الدائرة"

$$\sum \varepsilon = \sum I R$$

وعند تطبيق قانوني كيرنتشوف نختار اتجاهها موجبا لعملية الحساب (مع عقارب الساعة أو ضد عقارب الساعة)، ونعين اتجاهات تقديرية للتيارات في الفروع المختلفة، ثم نبدأ في حساب المجموع الجبري للقوي الدافعة. ويكون فرق الجهد موجبا إذا كان التيار في الاتجاه الذي اخترناه، وسالبا إذا كان التيار يسري ضد الاتجاه الذي اخترناه. وكذلك عند حساب القوي الدافعة الكهربائية للمصادر، فيكون كل مصدر في الاتجاه الذي اخترناه موجبا، وكل مصدر ضد الاتجاه الذي اخترناه سالبا.