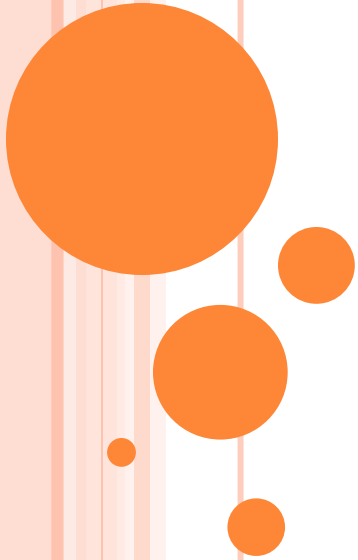


## المحاضرة السادسة



# التيار الكهربائي ( Electric Current )

د. شذى الدغفق

**في هذه المحاضرة سوف نناقش :** التيار الكهربائي - قانون أوم - العوامل التي تحكم توصيل المواد للكهرباء مثل : القوة الدافعة الكهربائية - المقاومة النوعية للموصل - طرق زيادة شدة التيار وتخفيضه عن طريق التوصيلات المختلفة للمقاومات - القدرة الكهربائية - قانوني فراداي - قانون جول .



# التيار الكهربى

تحرك الشحنات داخل مادة الموصل من مكان إلى آخر تحت تأثير مجال كهربى يُسمى بالتيار الكهربى

وتعرف شدة التيار الكهربى **(I)** : بأنها كمية الشحنة التى تمر خلال مقطع سلك فى الثانية الواحدة ،  
فإذا مرت شحنة كهربية صغيرة  $\Delta q$  فى زمن قدرة  $\Delta t$  خلال مقطع السلك فإن:

ووحدة هى امبير = كولوم/ثانية

$$(1 \text{ A} = 1 \text{ C} / 1 \text{ S})$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \text{ -----(1)}$$

$$m \text{ A} = 10^{-3} \text{ A} , \mu \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

واتجاه التيار الاصطلاحي دائما يكون عكس حركة الشحنات الكهربائية السالبة فى الموصلات وفى الدوائر الكهربائية من الطرف الموجب الى الطرف السالب عبر الموصل (الدائرة الخارجية).

إذا تعرض سلك موصل منتظم الشكل مساحة مقطعه  $A$  لمجال كهربى  $E$  فإن الشحنات السالبة سوف تتحرك بسرعة مقدارها  $v$  مسافة مقدارها  $v\Delta t$  وزمن قدره  $\Delta t$ . فإذا كانت  $n$  عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم وتسمى بكثافة الإلكترونات الحرة، فإن عدد الإلكترونات التي تمر من مقطع السلك في الفترة الزمنية  $\Delta t$  تساوى  $nevA\Delta t$ . فإذا كانت  $e$  تمثل شحنة الإلكترون فإن الشحنة الكلية التي تمر في هذه المسافة وفى زمن قدرة  $\Delta t$  هي:

$$\Delta q = nevA\Delta t \quad \text{-----(2)}$$

من 1 ، 2 نجد ان

$$I = nevA \quad \text{-----(3)}$$

والسرعة  $v$  تعرف بالسرعة الانسيابية (Drift velocity) للإلكترونات ( $v_d$ )

$$J = \frac{I}{A} = nev$$

ووحدة كثافة التيار هي :  $A / m^2$



## التوصيلية الكهربائية

إذا تم تطبيق فرق جهد كهربى بين طرفي الموصل فإنه ينشأ في داخل مادة الموصل مجال كهربى **E** وبالتالي كثافة للتيار الكهربى **J** . وكثافة التيار الكهربى الناتجة تتناسب طردياً مع شدة المجال الكهربى تبعاً للعلاقة التالية:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \text{-----(4)}$$

حيث أن  $\sigma$  هي ثابت التناسب وتسمى الموصلية الكهربائية (Electrical conductivity)

د. شذى الدخفق

وحداتها هي (Ampere /volt . meter) ، (A / V . m)

أما مقلوب التوصيلية الكهربائية ( $\sigma$ ) يسمى بالمقاومة النوعية . ( $\rho$ ) Resistivity

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{E}{J} = \frac{EA}{I} \text{-----(5)}$$

وحداتها هي (Volt . meter/Amper) ، (V. M / A)

## المقاومة الكهربائية (R):

يتحرك الإلكترون داخل الموصل نتيجة تسليط مجال كهربائي (E) عليه وأثناء حركته يحدث تصادمات واحتكاكات مع ذرات المادة فيزداد التذبذب وترتفع درجة حرارة السلك وتسمى هذه الحالة بالمقاومة الكهربائية.

### العوامل المؤثرة في المقاومة الكهربائية لموصل :

1. طول السلك  $l$  .
  2. مساحة مقطع السلك (A).
  3. نوع مادة السلك (المقاومة النوعية  $\rho$ )
- من هذه العوامل يمكن استنتاج العلاقة التالية :

$$R \propto \frac{l}{A} \Rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$$

ووحدة المقاومة هي : أوم (  $\Omega$  )



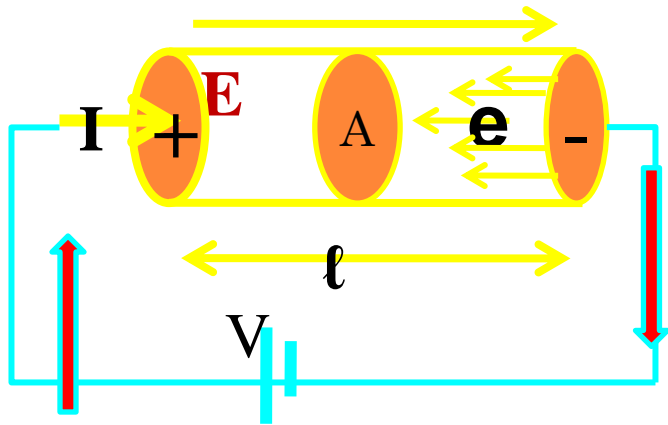
## قانون أوم:

المواد التي تحقق قانون أوم يكون فيها " المجال الكهربى والتيار الكهربى يتناسبان تناسباً طردياً" تسمى مواد أومية **Ohmic** والمواد التي لا تحقق قانون أوم تسمى مواد غير أومية **nonohmic**. وبالتالى قانون أوم هو قانون تجريبي وينطبق على عدد محدد من المواد ويمثل العلاقة بين الجهد والتيار والمقاومة .



## استنتاج قانون أوم:

لنفترض موصل طوله  $L$  ومساحة مقطعه  $A$  كما في الشكل أدناه ، فإذا طبق فرق جهد كهربائي على طرفي السلك فإنه سينشئ مجال كهربائي  $E$  في الموصل  
وحيث أن العلاقة بين المجال الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي



$$V = E \cdot \ell, \quad J = \sigma \cdot E = \frac{V}{\rho \ell}, \quad \therefore J = \frac{I}{A},$$

$$\therefore \frac{V}{\rho \ell} = \frac{I}{A} \Rightarrow V = \left( \frac{\rho \ell}{A} \right) I,$$

$$V = R I$$

هي شدة التيار

والمقدار  $(\rho \ell / A)$  يعرف بمقاومة المادة ويرمز لها بالرمز  $R$  (Resistance)  
حيث  $(R = \rho \ell / A)$

من المعادلة الأخيرة أن المقاومة  $R$  لها وحدة فولت على أمبير  $V/A$  وتسمى الأوم  $\Omega$  (ohm)  
 $1\Omega = 1 V/A$

وهذا يعني أنه عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل يساوي 1 فولت فإنه ينتج عنه تيار شدته 1 أمبير تكون مقاومة الموصل 1

أوم.



## المقاومة انواعها لبعض المواد عند 20 درجة مئوية

	Material	Resistivity ( $\Omega.m$ )
1	Silver	$1.59 \times 10^{-8}$
2	Copper	$1.7 \times 10^{-8}$
3	Gold	$2.44 \times 10^{-8}$
4	Aluminum	$2.82 \times 10^{-8}$
5	Tungsten	$5.6 \times 10^{-8}$
6	Iron	$10 \times 10^{-8}$
7	Platinum	$11 \times 10^{-8}$
8	Lead	$20 \times 10^{-8}$
9	Nichrome	$150 \times 10^{-8}$
10	Carbon	$3.5 \times 10^{-5}$
11	Germanium	0.46
12	Silicon	640
13	Glass	$10^{10}-10^{14}$

## ملاحظات هامة

تعتمد مقاومة الموصل على الأبعاد الهندسية للموصل بينما المقاومة النوعية تعتمد على التركيب الذري للموصل. وكلاً من المقاومة والمقاومة النوعية يعتمدان على درجة الحرارة.

من المعادلة السابقة نستنتج أن مقاومة موصل تتناسب طردياً مع طوله وعكسياً مع مساحته مقطعه، فإذا تضاعف طول الموصل مرتين تزداد مقاومته مرتين كما أنه إذا تضاعفت مساحة مقطع الموصل مرتين قلت المقاومة إلى النصف.

## مثال(1):

موصل من مادة الفضة مساحة مقطعه الدائري  $0.785 \text{ mm}^2$  ويحمل تيارا مقداره  $1 \text{ A}$  وعدد الالكترونات الحرة لوحدة الحجم تساوي  $5.86 \times 10^{28} \text{ elec./m}^3$

- احسبي كثافة التيار والسرعة الانسيابية للالكترونات المتحركة داخل الموصل. إذا علمت أن شحنة الإلكترون هي  $e = 1.6 \times 10^{-19}$

**الحل:**

$$J = \frac{I}{A} = \frac{1}{0.785 \times 10^{-6}} = 1.274 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

$$v = \frac{J}{ne} = \frac{1.274 \times 10^6}{5.86 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.357 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

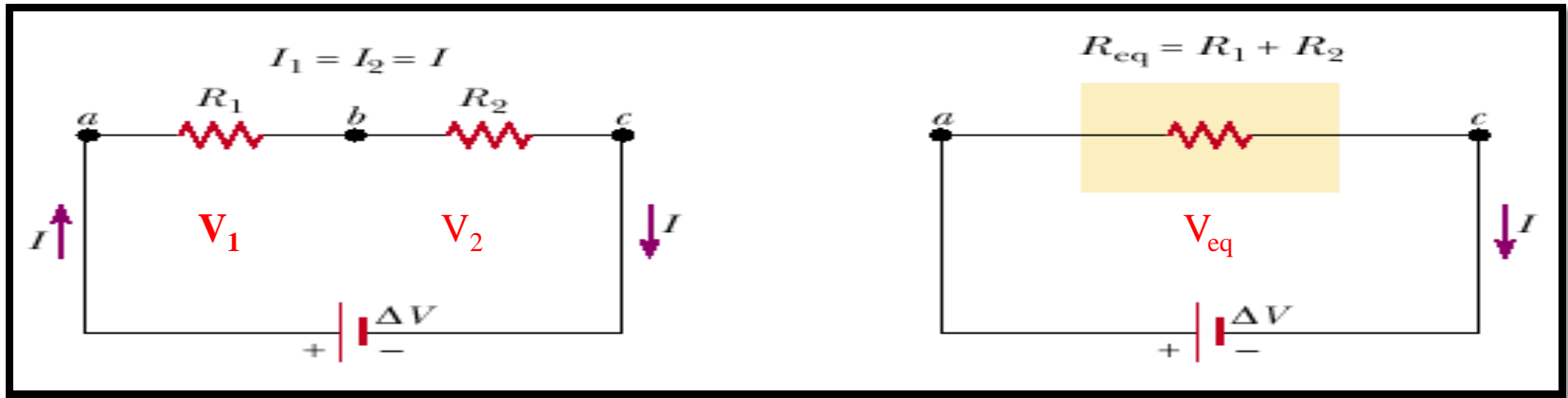


# 1. توصيل المقاومات على التوالي:

وهو اتصال المقاومات بحيث نهاية المقاومة الأولى مع بداية المقاومة الثانية وهكذا:

ويتميز بما يلي:

(أ) التيار ثابت لا يتجزأ (ب) فرق الجهد يتوزع على المقاومات



بحيث يكون:  $\Delta V = V_1 + V_2$

وبما أن التيار المار في كل مقاومة واحد فيكون:

$$\Delta V = I R_{eq} \quad , \quad V_1 = I R_1 \quad , \quad V_2 = I R_2$$

$$\Delta V = I R_1 + I R_2 = I (R_1 + R_2)$$

$$I R_{eq} = I R_1 + I R_2 \quad \text{بالتعويض:}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \quad \Leftarrow \text{المحصلة:}^*$$

فتكون المحصلة هي مجموع المقاومات

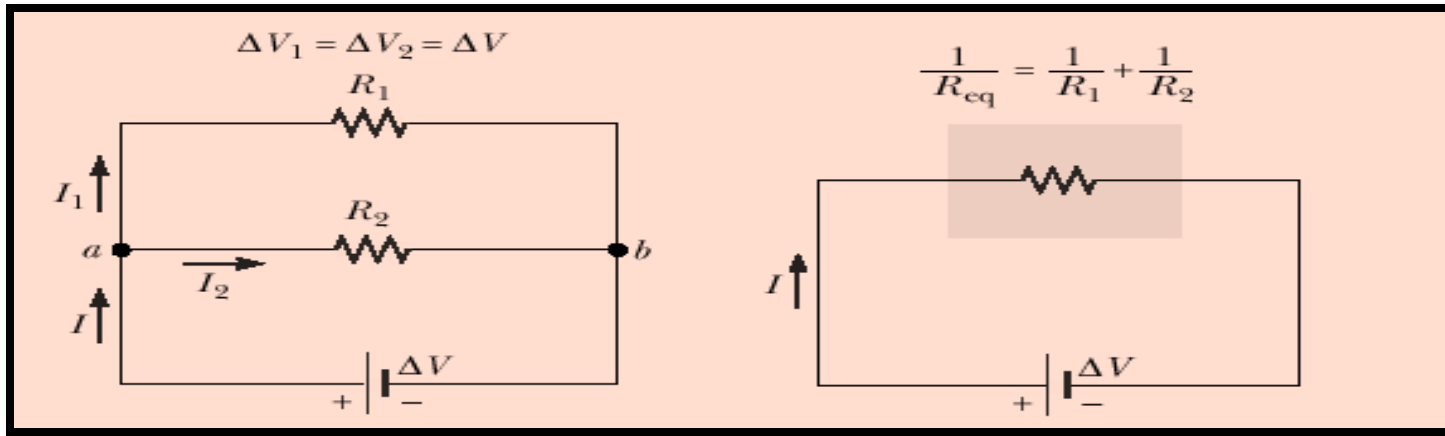


## 2. توصيل المقاومات على التوازي:

وهو اتصال المقاومات بحيث نهاية المقاومات معا وبداية المقاومات معا:

ويتميز بما يلي: (أ) فرق الجهد ثابت لا يتجزأ (ب) شدة التيار تتوزع على المقاومات

بحيث يكون:  $I = I_1 + I_2$



د. شذى الدخفق

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

عموماً

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

وتكون مقلوب المحصلة يساوي مجموع مقلوب المقاومات

### مثال (3) في الدائرة المبينة احسبي :

1- التيار المار في كل مقاومة 2- القدرة لكل مقاومة 3- المقاومة المكافئة 4- القدرة الكلية في الدائرة

$$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{18 \text{ V}}{3.0 \Omega} = 6.0 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\Delta V}{R_2} = \frac{18 \text{ V}}{6.0 \Omega} = 3.0 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\Delta V}{R_3} = \frac{18 \text{ V}}{9.0 \Omega} = 2.0 \text{ A}$$

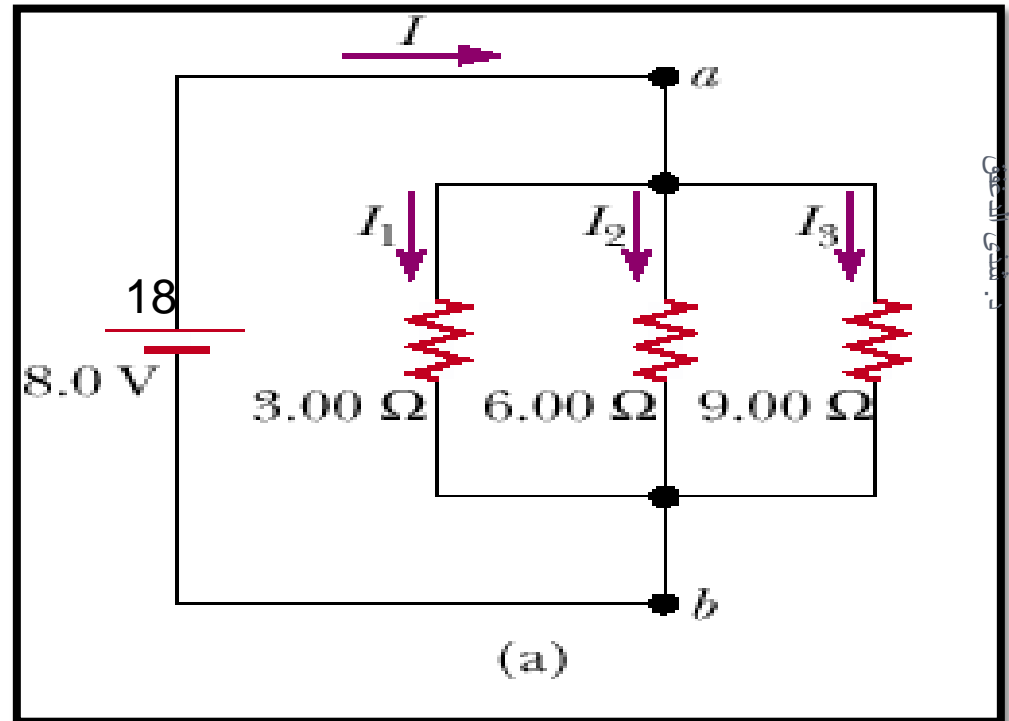
$$\mathcal{P}_1 = \frac{\Delta V^2}{R_1} = \frac{(18 \text{ V})^2}{3.0 \Omega} = 108$$

$$\mathcal{P}_2 = \frac{\Delta V^2}{R_2} = \frac{(18 \text{ V})^2}{6.0 \Omega} = 54 \text{ W}$$

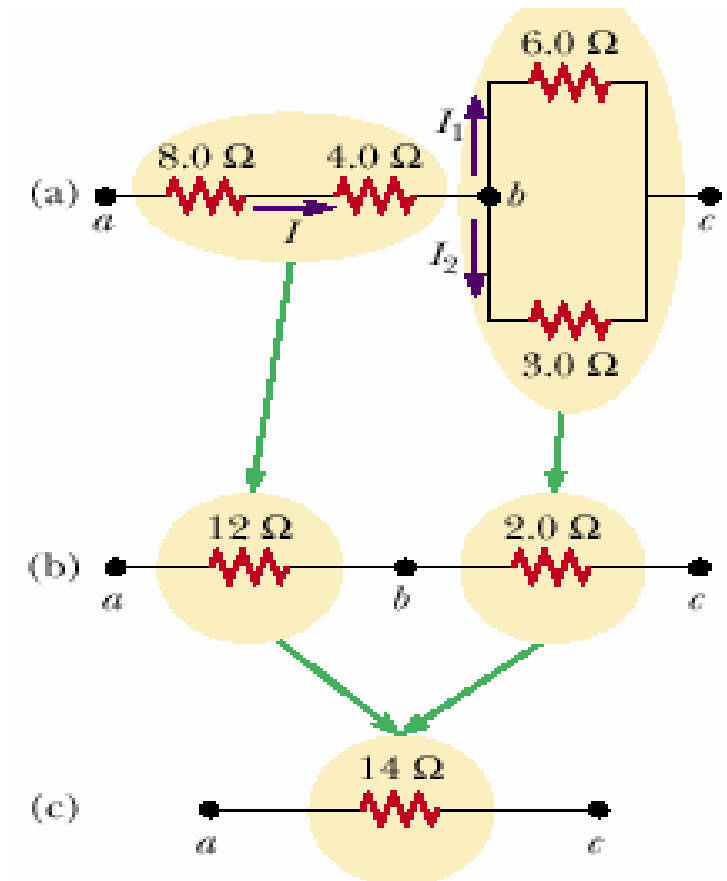
$$\mathcal{P}_3 = \frac{\Delta V^2}{R_3} = \frac{(18 \text{ V})^2}{9.0 \Omega} = 36 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{\text{eq}}} &= \frac{1}{3.0 \Omega} + \frac{1}{6.0 \Omega} + \frac{1}{9.0 \Omega} \\ &= \frac{6}{18 \Omega} + \frac{3}{18 \Omega} + \frac{2}{18 \Omega} = \frac{11}{18 \Omega} \end{aligned}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{18 \Omega}{11} = 1.6 \Omega$$



مثال (4) : إذا علمت أن فرق الجهد المار في الدائرة يساوي 42 v فأوجد قيمة التيار الكلي المار في الدائرة ؟



$$I = \frac{\Delta V_{ac}}{R_{eq}} = \frac{42\text{ V}}{14\ \Omega} = 3.0\text{ A}$$

# القدرة الكهربائية Electric power

تعرف القدرة بأنها الشغل المبذول في وحدة الزمن أثناء عملية معينة ويرمز لها بالرمز **P**

$$P = \frac{dw}{dt} \rightarrow (1)$$

حيث  $dw$  الشغل المبذول خلال الفترة الزمنية  $dt$  د. شذى الدغفق

$$\therefore V = \frac{dw}{dq}$$

$$\therefore dw = Vdq$$

وبقسمة طرفي المعادلة السابقة على  $dt$  ينتج:

$$\frac{dw}{dt} = V \frac{dq}{dt}$$

$$\therefore P = iV \rightarrow (2)$$



ومن المعادلتين 1 و 2 نجد أن وحدة القدرة هي:  
جول/ثانية (J/s) وتسمى هذه الوحدة بالوات (W)

أو الوحدة  $1W = \text{Volt} \times \text{Amber}$

ويمكن إعادة كتابة المعادلة (2) بالصورة التالية:

$$P = i (iR) = i^2 R$$

$$P = \left(\frac{V}{R}\right) V = \frac{V^2}{R} \quad \frac{(\text{volt})^2}{\Omega}$$

الملخص لقوانين القدرة:

$$P = \frac{dw}{dt} = iV = i^2 R = \frac{V^2}{R}$$





# قانوني فاراداي قانون جول

# قانوني فاراداي

- قام مايكل فاراداي بدراسة التغيرات الكيميائية المصاحبة لمرور كمية معينة من الكهرباء في محلول إلكتروليتي ومن تجاربه العديدة استنتج القانونين التاليين :

## قانون فاراداي الأول

وينص على ما يأتي :

" كمية المادة التي يطرأ عليها تغير كيميائي نتيجة مرور تيار كهربائي في محلول إلكتروليتي تتناسب طردياً مع كمية الكهرباء المارة خلال المحلول " .

$$m \propto I \cdot t$$

حيث  $m$  وزن المادة المترسبة أو المذابة ،  $I$  شدة التيار و  $t$  زمن مرور التيار

$$(1) \quad m = K \cdot I \cdot t$$

ويسمى المكافئ الكهروكيميائي

**تعريف المكافئ الكهروكيميائي :**

يعرف بأنه وزن المادة التي تذوب أو تترسب أثناء التحليل الكهربائي وذلك عند مرور كمية من الكهرباء مقدارها واحد كولوم.

**قانون فاراداي الثاني**

وينص على أن :

"أوزان المواد المترسبة أو المذابة بواسطة كمية واحدة من الكهرباء تتناسب تناسباً طردياً مع الوزن المكافئ لهذه المادة".

$$m \propto A/Z$$

حيث  $A$  هو الوزن الذري للمادة و  $Z$  هو تكافؤها

$$\text{وبما أن : } K = A/Z \cdot F$$

بالتعويض في (1)

$$m = A \cdot I \cdot t / Z \cdot F$$

والقيمة  $A/Z$  تمثل الوزن المكافئ للمادة  $E_w$

$$m = E_w \cdot I \cdot t / F$$

وبالتالي فإن وزن المادة = وزنها المكافئ عندما  $It/F$  تساوى الواحد الصحيح.

حيث  $F$  تمثل كمية تسمى بالفارادي وقيمتها عدديا هي  $96500C$

# قانون جول

عندما يمر في موصل مقاومته  $R$  تيار شدته  $I$  خلال مدة زمنية  $t$  فإنه يكتسب من الدائرة طاقة كهربية يعبر عنها بالعلاقة :

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

ويحدث دائما تبديد لهذه الطاقة على شكل حرارة.