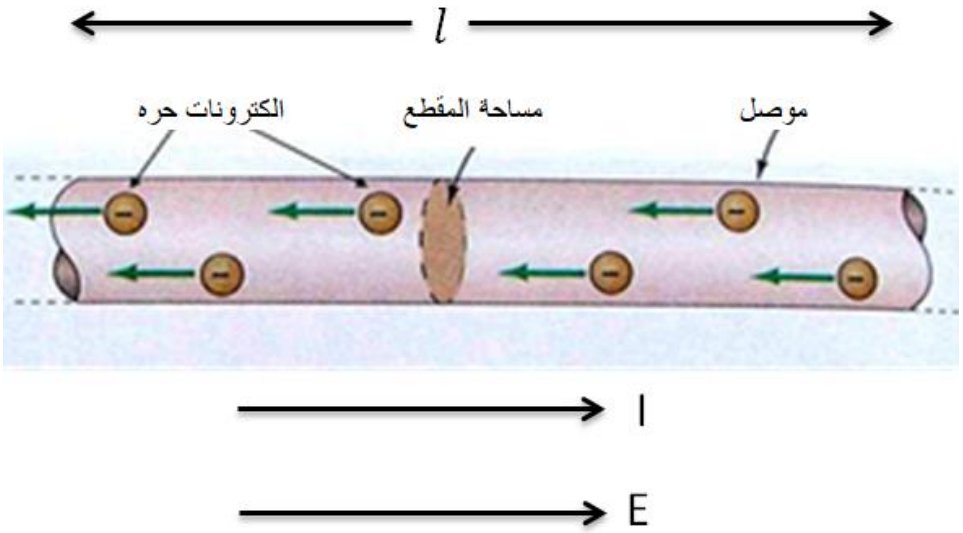
ثانياً:- الكهربائية المتحركة او التيارية

2.1- التيار الكهربائي (Electric current)

تطرقنا في دراستنا السابقة عن الكهربائية الساكنة والشحنات المستقرة ولغرض دراسة انتقال الشحنات الكهربائية نأتي بمفهوم جديد هو **التيار الكهربائي** ونرمز لة بالحرف (**I**) .

فلو وضعنا موصلاً معدنياً بشكل سلك في مجال كهروستاتيكي كما هو مبين في الشكل (13) لتاثرت الكتروناته الطليقة وتحركت مكونة تياراً عابراً (transient current) سرعان ما يزول بزوال المجال الكهربائي في داخل الموصل. اما اذا اردنا الحصول على تيار متواصل (continuous current) فلابد من استخدام وسيلة ما لادامة المجال الكهربائي داخل الموصل وبالتالي استمرار انسياب شحناته الطليقة . وهذه الوسيلة (سنتطرق لها في المحاضرات القادمة) تسمى القوة الدافعة الكهربائية (Source of emf) ومن امثلتها البطارية الجافة والبطارية السائلة والمولد الكهربائي .



شكل (13)

يعرف التيار الذي يمر بمساحة مقطع من الموصل بأنة الشحنة الكلية التي تعبر هذا المقطع في وحدة الزمن . فاذا كان انسياب الشحنات منتظماً خلال مقطع الموصل يصبح من السهولة ايجاد قيمة التيار وذلك بقسمة الشحنة التي تعبر المقطع على الزمن . ويطلق على وحدة التيار (الامبير Ampere) والتي تساوي (كولوم/ ثانية) .

$$I = \frac{q}{t} \quad \text{.....} \quad (24)$$

ويمكن ان نعرف وحدة الشحنة **(الكولوم) بانها كمية الشحنة التي تنساب خلال مقطع سلك في ثانية واحدة اذا كان السلك يحمل تياراً منتظماً قدره أمبير واحد .** كما اصطلح ان يكون اتجاه حركة ناقلات الشحنة الموجبة هو الذي يعبر عن اتجاه التيار .

2.2- المقاومة والمقاومة النوعية (Resistance and Resistivity)

تختلف المود بقابليتها على توصيل الكهربائية خلالها . فالفضة تعتبر من اجود المعادن توصيلاً للكهربائية يليها النحاس والالمنيوم . ان انتقال الالكترونات الطليقة التي تحتويها ذرات هذه المواد هوالذي يجعلها موصلة جيدة . بيد ان انسياب الالكترونات هذه بين ذرات وجزيئات المادة يلاقي مقاومة ناتجة عن تصادمها بذرات والكترونات المادة . ومن ذلك يتضح ان اعاقة انسياب الشحنات في المادة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بطبيعة المادة وتركيبها الذري والبلوري . فكلما زادت الاعاقة لمرور الشحنات خلال المادة ، كلما زادت مقاومتها للتيار الكهربائي المار فيها . وعلى هذا الاساس يمكن **تعريف المقاومة بأنها تلك الخاصية التي ينجم عنها اعاقة مرور الشحنات الكهربائية خلال المادة**

والان لو سلط المجال الكهربائي نفسه على قضيبين متناظرين من مادتين مختلفتين وذلك بتعريض نهايتهما لفرق الجهد نفسه لنتج تياران مختلفان في القضيبين . وبهذا **تعرف مقاومة الموصل بأنها حاصل قسمة فرق الجهد بين نهايتي الموصل على التيار المار فية .** اي ان

$$\boldsymbol{R = \frac{V}{I}} \qquad \text{.....} \qquad (25)$$

تبين هذة العلاقة ان وحدة المقاومة هي فولت/امبير وتسمى اوم ويرمز لها بالرمز الاغريقي Ω . ان مقاومة اي موصل لا تعتمد على طبيعة المادة فحسب بل على شكل الجسم الموصل وعلى ابعادة ايضاً . لذلك قد يكون من المستحسن استخدام خاصية اخرى ترتبط بالمقاومة ارتباطاً وثيقاً ولكنها لا تعتمد على شكل الجسم او ابعاده . هذه الخاصية تدعى المقاومة النوعية (Resistivity) ويرمز لها بالحرف الاغريقي (ρ) . **وتعرف بأنها النسبة بين شدة المجال الكهربائي وكثافة التيار .** اي ان

$$\rho = \frac{E}{J} \qquad \text{.....} \qquad (26)$$

وعلية تكون وحدة المقاومة النوعية هي الاوم.متر (m Ω)

لنفرض ان موصلاً اسطواني الشكل طولة L ومساحة مقطعة A سلط على نهايتيه فرق جهد قدره V فنتج تيار منتظم قدرة I واذا كان المجال الكهربائي داخل الموصل منتظماً فان مقداره سيكون

$$E = \frac{V}{L}$$

وكذلك فان كثافة التيار ستكون نتساوية لجميع نقاط الموصل ومقدارها يصبح

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

وبهذا يصبح بالامكان ايجاد المقاومة النوعية ρ كما يأتي

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{VA}{LI} = \frac{RA}{L}$$

حيث R تمثل مقاومة الموصل .

ومن هذة النتيجة نستطيع ان نجد بسهولة مقاومة السلك الموصل اذا عرف طولة ومساحة مقطعة A والمقاومة النوعية للمادة المعمول منها وذلك من العلاقة

$$\boldsymbol{R = \rho \frac{L}{A}} \quad \text{.....} \quad (27)$$

ان مقلوب المقاومة النوعية ρ يدعى الموصلية الكهربائية (Conductivity) ورمزها $\boldsymbol{\sigma}$ اي ان

$$\boldsymbol{\sigma = \frac{1}{\rho}} \quad \text{.....} \quad (28)$$

مثال6

اذا علم ان مقاومة سلك من النحاس طوله 200m تساوي 21Ω وان قطر السلك 0.44mm اوجد المقاومة النوعية للنحاس .

الحل:

لنجد اولاً مساحة المقطع بالامتار المربعة فنحصل على

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (0.44 \times 10^{-3})^2}{4} = 1.5 \times 10^{-7} m^2$$

وبالتعويض عن هذه القيمة وعن طول السلك ومقاومتة في المعادلة (27)

$$\rho = R\frac{A}{L} = \frac{21 \times 1.52 \times 10^{-7}}{200} = 1.5 \times 10^{-8} \Omega m$$

2.3- قانون أوم (Ohm's Law)

من خلال دراستنا للكهرباء المستقره وجدنا ان المجال الكهربائي في داخل الموصل يكون صفراً. بينما هنا الحالة مختلفة حيث يوجد مجال كهربائي دائمي في داخل الموصل الناتج عن فرق الجهد المسلط بين نهايتيه . مما يجعل الشحنات (وهي الكترونات في حالة المعادن) تنساب بشكل مستمراً داخل الموصل .

من العلاقة (26) بين شدة المجال الكهربائي داخل الموصل وكثافة التيار $E = \rho J$ فلو دققنا النظر مليا في هذة العلاقة انه ليس من الضروري ان تتناسب E طرديا مع J او ان تكون E دالة خطية لكثافة التيار ، الا اذا كانت المقاومة النوعية للموصل هي مقدار ثابت . وفعلا وجد ان المقاومة النوعية لكثير من الموصلات كالمعادن مثلا هي كمية ثابتة لا تعتمد على شدة المجال ولا على التيار(عند درجة حرارة معينة) فاذا تضاعف المجال تضاعفت كذلك كثافة التيار وبقيت المقاومة النوعية ثابتة على قيمتها . لقد كان العالم الالماني **أوم** هو اول من اكتشف **ثبوت المقاومة النوعية للمعادن عند درجة حرارة معينة . وهذا ما يعرف بقانون أوم .**

اما الصيغة الاكثر شيوعاً لقانون اوم فتكمن في الحالات الاعتيادية عندما يكون الموصل بشكل سلك منتظم المقطع . فلو ربطت نهايتا السلك (طوله L ومساحة مقطعة A) بفرق جهد قدره V لنتج مجال كهربائي منتظم في داخله شدته تساوي $E = \frac{V}{L}$

ولتكون تيار كهربائي كثافتة تساوي $J = I.A$

وبالتعويض عن هاتين النتيجتين في العلاقة (26) نجد ان

$$V = \left(\frac{\rho L}{A}\right) I = RI \quad \text{.....} \quad (29)$$

ومن هذه العلاقة نرى ان قانون اوم ياخذ صيغة جديدة وهي **ان فرق الجهد بين طرفي السلك يتناسب طردياً مع التيار المار فيه عند ثبوت درجة حرارة السلك .**

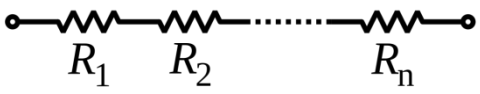
2.4- توصيل المقاومات

a.2.4- توصيل المقاومات على التوالي (series)

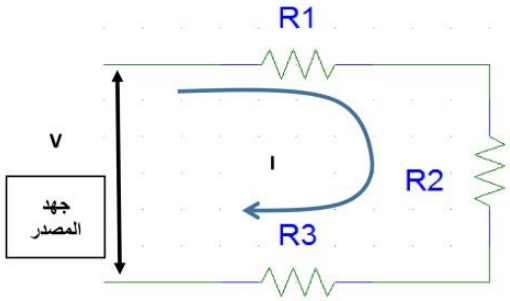
يمكن تعريف الربط على التوالي بانها طريقة ربط الاجزاء الكهربائية (المقاومات والمتسعات .....) بحيث يكون فيها تيار واحد يمر بكل اجزاء الدائرة بالتتابع .والفولتية الكلية المسلطة على الدائرة تكون مساوية للمجموع الجبري للفولتيات على كل مقاومة اي ان

$$I = I_1 = I_2 = I_n$$

$$V = V_1 + V_2 + \ldots\ldots\ldots + V_n$$



ولايجاد المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات موصولة على التوالي مع مصدر للجهد كما موضحة في الشكل (14) .



شكل (14)

ناخذ المجموع الجبري للتغيرات الحاصلة في الجهد عبر الدائرة المغلقة باتجاه التيار فنجد

$$V - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0$$

او

$$V = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

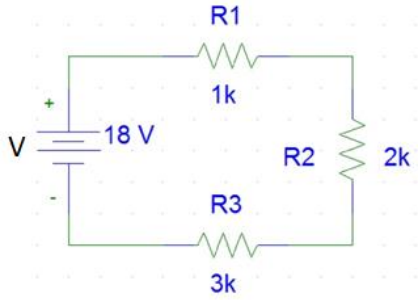
اذا المقاومة المكافئة (equivalent resistance) للمقاومات الثلاثة هي المجموع الجبري للمقاومات الثلاثة اي ان

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{.....} \quad (30)$$

مثال7

وصلت المقاومات الثلاثة R1,R2,R3على التوالي مع مصدر جهد 18 فولت . احسب شدة التيارالمار في كل مقاومة وفرق الجهد على كل مقاومة .

الحل:



$$R_e = R_1 + R_2 + R_3$$
$$R_e = 1 + 2 + 3 = 6K\Omega$$

وحيث ان المقاومات موصولة على التوالي فان التيار المار في كل مقاومة هونفسه في كل مقاومة ويمثل التيار الرئيسي للدائرة

$$I = \frac{V}{R_e}$$
$$I = \frac{18}{6\times10^3} = 3mA$$

ولحساب فرق الجهد على المقاومات الثلاثه

فرق الجهد على المقاومة الأولى $V_1 = IR_1 = 3 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 3V$

فرق الجهد على المقاومة الثانية $V_2 = IR_2 = 3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = 6V$

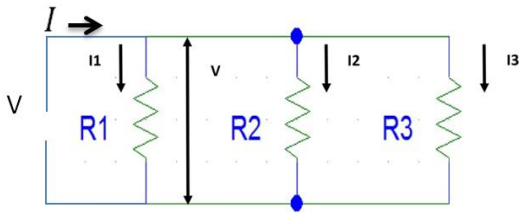
فرق الجهد على المقاومة الثالثة $V_3 = IR_3 = 3 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^3 = 9V$

وللتاكد:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 3 + 6 + 9 = 18V$$

b.2.4- توصيل المقاومات على التوازي (parallel)

يمكن تعريف التوصيل على التوازي بانها طريقة لتوصيل الاجزاء الكهربائية (المقاومات والمتسعات .....) بحيث تكون فيها الفولتية واحدة ومساوية لفولتية المصدربينما يكون توزيع التيار على المقاومات على حسب قيمتها حيث تتناسب قيمة التيار عكسيا مع قيمة المقاومة المار فيها.



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \ , \ I_2 = \frac{V}{R_2} \ , I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

$$\frac{I}{V} = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}) \quad \text{.....} \quad (31)$$

ولكن المقاومة المكافئة R_e لهذه المجموعة من المقاومات هي تلك المقاومة المنفردة التي يمكننا الاستعاضة بها عن هذه المقاومات بحيث تبقى قيمة التيار الكلي نفسها . لذلك فان

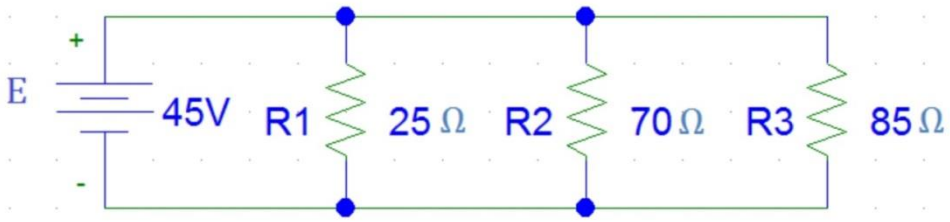
$$I = \frac{V}{R_e}$$

وبالتعويض في المعادلة (30) نحصل على ان

$$\boldsymbol{\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad \text{.....} \quad (31)$$

مثال8

وصلت المقاومات الثلاثة R1,R2,R3 على التوازي مع مصدر جهد 45 فولت كما موضح في الشكل التالي . احسب شدة التيار المار في كل مقاومة وفرق الجهد على كل مقاومة .



الحل:

$$\frac{1}{R_e}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_e}=\frac{1}{25}+\frac{1}{70}+\frac{1}{85}=0.066$$

$$\therefore R_e = 15.15\ \Omega$$

$$I=\frac{E}{R_T}=\frac{45}{15.15}=2.79A$$

$$I_1=\frac{E}{R_1}=\frac{45}{25}=1.8A$$

$$I_2=\frac{E}{R_2}=\frac{45}{70}=0.643A$$

$$I_3=\frac{E}{R_3}=\frac{45}{85}=0.529A$$

$$V_1=I_1\times R_1=1.8\times 25=45$$

$$E=V_1=V_2=V_3=45V$$

للتحقق:

$$I_T=I_1+I_2+I_3=1.8+0.643+0.529=2.79A$$