كلية التربية بقنا

مقرر

كهربية

لطلاب الفرقة اولي عام

شعبة الرياضيات

أستاذ المقرر : د / انشراح محمد سعد

قسم الفيزياء – كلية العلوم

العام الجامعي 2022 \ 2023

مقرر فيزياء الكهربية

الكهربية الساكنة	**Electrostatic**

التعرف على مفهوم الكهربية الساكنة وخصائصها مثل الشحنة والمواد الموصلة والمواد

العازلة.

قانون كولوم	**Coulomb's law**

قانون كولوم وحساب القوى الكهربية لشحنتين وأكثر.

المجال الكهربي	**Electric field**

المجال الكهربي ويشمل تعريفه وحساب المجال الكهربي لشحنة في الفراغ ولأكثر من شحنة وحركة الشحنة الكهربية في مجال كهربي منتظم وكذلك تعريف ثنائي القطب الكهربي وحساب المجال الكهربي ل ودراسة الأزدواج الناتج عن وجود ثنائي القطب الكهربي في مجال كهربي خارجي.

الفيض الكهربي	**Electric Flux**

الفيض الكهربي الناشىء عن مجال كهربي، وحساب الفيض الكهربي لشحنة، قانون جاوس واستخدامه لاشتقاق قانون كولوم ودراسة الاجسام الموصلة في مجال كهربي ودراسة بعض التطبيثات على قانون جاوس.

الجهد الكهربي Electric Potential

تعريف فرق الجهد الكهربي، اسطح متساوي الجهد، دراسة العلاقة بين فرق الجهد الكهربي والمجال الكهربي، حساب الجهد الكهربي لشحنة، طاقة الوضع الكهربية وحساب المجال الكهربي من الجهد الكهربي.

المكثف الكهربي Capacitors

تعريف المكثف، حساب سعة المكثف، توصيل المكثفات على التوالي والتوازي، حساب الطاقة المختزنة في المكثف ودراسة علاقة الطاقة مع المجال الكهربي، دراسة المكثفات بوجود مواد عازلة بين سطحيه .

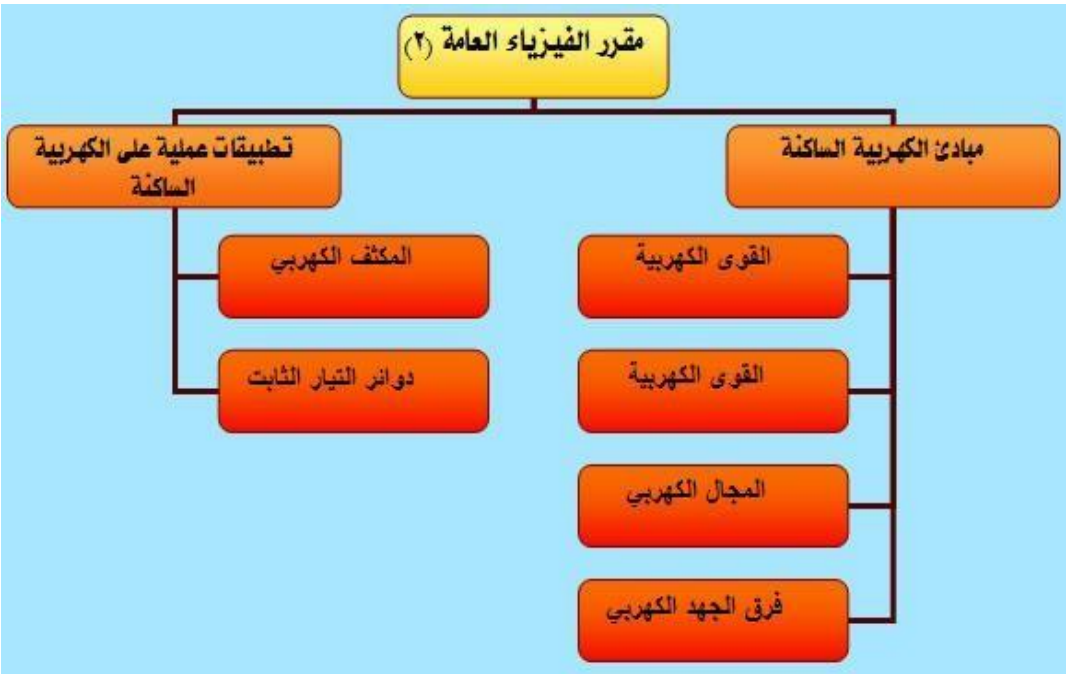
التيار والمقاومة Current and Resistance

تعريف التيار الكهربي وكثافة التيار، المقاومة والمقاومة النوعية، قانون أوم حساب مقاومة

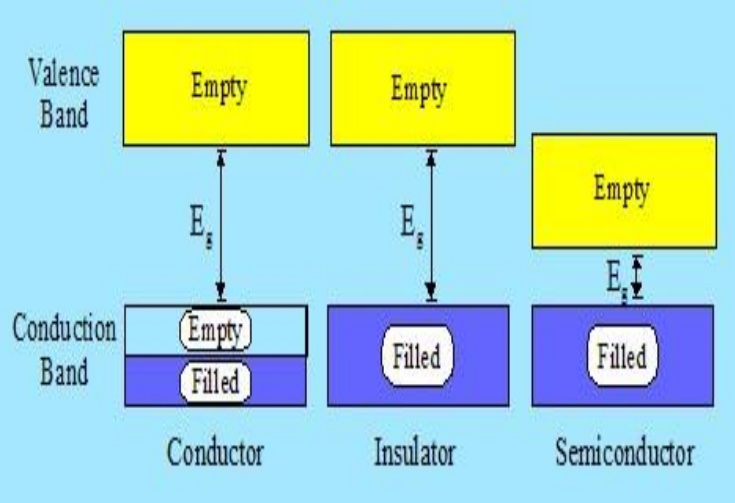
مقدمة عن علم الكهربية الساكنة

الكهربية الساكنة من علوم الفيزياء الاساسية ولها العديد من التطبيقات في حياتنا العملية مثل ماكينات التصوير وطابعات الليزر والمعجلات النووية، ولدراسة هذا العلم سوف نقوم بشرح مفاهيمه الاساسية التي يعتمد عليها هذا العلم، وتتلخص تلك المفاهيم في مفهوم الشحنة الكهربية والمجال الكهربي والفيض الكهربي والجهد الكهربي، سنقوم أيضا بدراسة بعد التطبيقات الاساسية مثل المكثف الكهربي والتيار الكهربي المستمر .

يوضح المخطط التالي الجزئين الاساسيين للمقرر والمواضيع الرئيسية التي سيتم شرحها



المواد قسمت حسب خواصها الكهربية إلى ثلاثة أقسام هي الموصلات Conductors والعوازل Insulators وأشباه الموصلات Semiconductors



بصفة عامة تكون الشحنة الكهربية في الموصلات حرة الحركة لوجود شاغر بينما في العوازل فإن الشحنة مقيدة. يتضح في الشكل أنه في المواد الصلبة solid الإلكترونات لها طاقات موزعة على مستويات طاقة محددة Energy level. هذه المستويات مقسمة إلى حزم طاقة تسمى Energy Bands المسافات بين حزم الطاقة لا يمكن أن يوجد فيها أي إلكترونات. وهناك نوعان من حزم الطاقة أحدهما يعرف بحزمة التكافؤ Valence Band والأخرى حزمة التوصيل Conduction Band ويسمى الفراغ بين الحزمتين بـ Energy Gap E_g. وتعتمد خاصية التوصيل الكهربائي على الشواغر في حزمة التوصيل حتى تتمكن الشحنة من الحركة، وبالتالي فإن المادة التي تكون بهذه الخاصية تكون موصلة للكهرباء بينما في المواد العوازل كالبلاستيك أو الخشب فإنه تكون حزمة التوصيل مملوءة تماما، ولكي ينتقل أي إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل يحتاج إلى طاقة كبيرة حتى يتغلب على Energy Gap E_g وبالتالي سيكون عازلاً لعدم توفر هذه الطاقة له. توجد حالة وسط بين الموصلات والعوازل تسمى semiconductor وفيها تكون حزمة التوصيل قريبة نوعا ما من حزمة التكافؤ المملوءة تماما وبالتالي يستطيع إلكترون من القفز بواسطة اكتساب طاقة حرارية Absorbing thermal energy ليقفز إلى حزمة التوصيل.

(الشحنة الكهربية) Positive and negative charg .

بواسطة التجارب يمكن إثبات أن هناك نوعين مختلفين من الشحنة. فمثلاً عن طريق دلك ساق من الزجاج بواسطة قطعة من الحرير فإن الزجاج يكتسب شحنة موجبة من الحرير و عن طريق دلك ساق من الابونيت بواسطة الصوف فان الابونيت يكتسب شحنة سالبة وعندتعليق ساق من الزجاج بخيط عازل. فإذاقربنا ساقاً آخر مشابها تم دلكه بالحرير أيضا من الساق المعلق فإنه سوف يتحرك في اتجاه معاكس ، أي أن الساقين يتنافران *Repel*. وبتقريب ساق من الابونيت تم دلكه بواسطة الصوف فإن الساق المعلق سوف يتحرك باتجاه ساق الابونيت أي انهما يتجاذبان *Attract*.

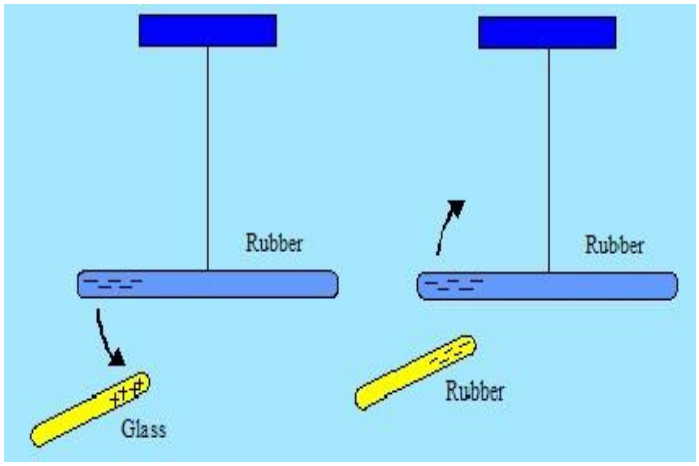


Figure 1.2

Unlike charges attract one another and like charge repel one another

وقد سمى العالم الأمريكي Franklin الشحنة التي تتكون على الابونيت *Negative* سالبة واستنتج أن الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب.

(قانون حفظ الشحنة) Charge is conserved

النظرة الحديثة للمواد هي أنها في الحالة العادية متعادلة Normal. هذه المواد تحتوي على كميات متساوية من الشحنة تنتقل من واحد إلى الأخر أثناء عملية الدلك)الشحن(، كما هو الحالة في دلك الزجاج بالحرير، فإن الزجاج يكتسب شحنة موجبة من الحرير بينما يصبح الحرير مشحوناً بشحنة سالبة، ولكن كلاً من الزجاج والحرير معاً متعادل كهربياً. وهذا ما يعرف بالحفاظ على الشحنة Conservation of electric charge.

Charge and Matter

القوى المتبادلة المسؤولة عن التركيب الذرى أو الجزئي أو بصفة عامة للمواد هي مبدئيا قوى كهربائية بين الجسيمات المشحونة كهربياً، وهذه الجسيمات هي البروتونات والنيوترونات والإلكترونات. وكما نعلم فإن الإلكترون شحنته سالبة, وبالتالي فإنه يتجاذب مع مكونات النواة الموجبة، وهذه القوى هي المسؤولة عن تكوين الذرة Atom. وكما أن القوى التي تربط الذرات مع بعضها البعض مكونة الجزيئات هي أيضا قوى تجاذب كهربية بالإضافة إلى القوى التي تربط بين الجزيئات لتكون المواد الصلبة والسائلة.

الجدول(1) التالي يوضح خصائص المكونات الأساسية للذرة من حيث قيمة الشحنة والكتلة:

Particle	Symbol	Charge	Mass
Proton	***p***	**$1.6x10^{-}$ $_{19}C$**	**$1.67x10^{-}$ $_{27}K$**
Neutron	***n***	**0**	**$1.67x10^{-}$ $_{27}K$**
Electron	***e***	**$-1.6x10^{-}$ $_{19}C$**	**$1.67x10^{-}$ $_{31}K$**

Table 1.1 ويجب أن ننوه هنا أن هناك نوعاً آخر من القوى التي تربط مكونات النواة مع بعضها البعض وهى القوى النووية، ولولاها لتفتت النواة بواسطة قوى التجاذب بين الإلكترون والبروتون .

Charge is Quantized (مفهوم مقدار الشحنة)

في عهد العالم Franklin's كان الاعتقاد السائد بأن الشحنة الكهربية شيء متصل كالسوائل مثلا .ولكن بعد اكتشاف النظرية الذرية للمواد غيرت هذه النظرة تماماً حيث تبين أن

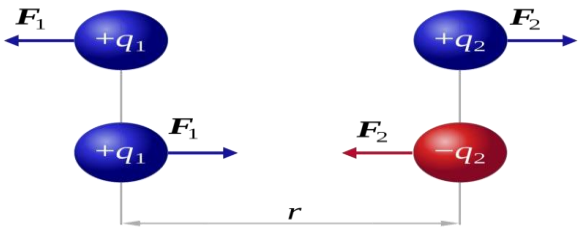
الشحنة الكهربية عبارة عن عدد صحيح من الإلكترونات السالبة أو البروتونات الموجبة، وبالتالي فإن أصغر شحنة يمكن الحصول عليها هي شحنة إلكترون مفرد وقيمتها $1.6x10^{-19}c$. وعملية الدلك لشحن ساق من الزجاج هي عبارة عن انتقال لعدد صحيح من الشحنة السالبة إلى الساق. وتجربة ميليكان تثبت هذه الخاصية.

القوى الكهربية وقانون كولوم

Coulomb's Law (قانون كولوم)

قانون كولوم، أو قانون التربيع العكسي لكولوم هو القانون الفيزيائي الذي يصف التفاعل الكهروستاتيكي بين الجسيمات المشحونة كهربياً، وقد نشر عام 1785 من قبل الفيزيائي الفرنسي شارل أوجستين دي كولوم ينص قانون كولوم على أن :

القوة الكهروستاتيكية بين جسمين مشحونين تتناسب طردياً مع ناتج كمية الشحنة للجسمين وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.



$$|F_1| = |F_2| = k_e \frac{|q_1 \times q_2|}{r^2}$$

اثبات قانون كولوم

1- القوة الكهروستاتيكية بين جسمين مشحونين تتناسب عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينهما أي

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

2- القوة الكهروستاتيكية بين جسمين مشحونين تتناسب طردياً مع قيمة الشحنة للجسمين

أي q_1 , q_2

$$F \propto q_1 q_2$$

يمكن التعبير عن قانون كولوم بالمعادلة التالية

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$
$$\therefore F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

حيث K ثابت يعرف بثابت كولوم و القيمة القياسية للثابت تساوي $9x\ 10^9\ ^2N.m^2/C$

حيث تقاس الشحنة بالكولوم والمسافة الفاصلة بين الشحنتين بالمتر والقوة بالنيوتن وقيمة الثابت تكتب في الصورة

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$$

ثابت السماحية الكهربية للفراغ $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 N m^2 / C^2$$

Calculation of the electric force (حساب القوى الكهربية)

القوى الكهربية تكون ناتجة من تأثير شحنة على شحنة أخرى أو من تأثير توزيع معين لعدة شحنات على شحنة معينة q_1 على سبيل المثال، ولحساب القوة الكهربية المؤثرة على تلك الشحنة نتبع الخطوات التالية:-

Electric force between two electric charges القوة الكهربية بين شحنتين

في حالة وجود شحنتين فقط والمراد هو حساب تأثير القوى الكهربية لشحنة على الأخرى. الحالة في الشكل(a)Figure 2.2 تمثل شحنات متشابهة إما موجبة أو سالبة حيث القوة المتبادلة هي *Repulsive force*.قوة تنافر

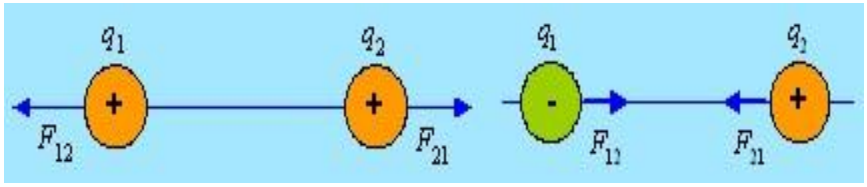


Figure 2.2(a) ***Figure 2.2(b)***

لحساب مقدار القوة المتبادلة نسمى الشحنة الأولى q_1 والثانية q_2. فإن القوة المؤثرة على الشحنة q_1 نتيجة الشحنة q_2 تكتب F_{12} وتكون في اتجاه التنافر عن q_2. وتحسب مقدار القوة من قانون كولوم كالتالي:

$$F_{12} = K\frac{q_1 q_2}{r^2} = F_{21}$$ **مقدار أ**

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$ **واتجاها**

أي أن القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

كذلك الحال في الشكل Figure 2.2(b) والذي يمثل شحنتين مختلفتين ،حيث القوة المتبادلة قوة تجاذب *Attractive force*. وهنا أيضا نتبع نفس الخطوات السابقة وتكون القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه أيضاً.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

لاحظ اتجاه أسهم القوة على الرسم.

Example.1

احسب قيمة كلا من الشحنتين المتساويتين في المقدار والمتنافرتين اذا كانت القوة بينهما 0.1N عندما تكون المسافة بينهما 50cm Solution

$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Since $q_1=q_2$

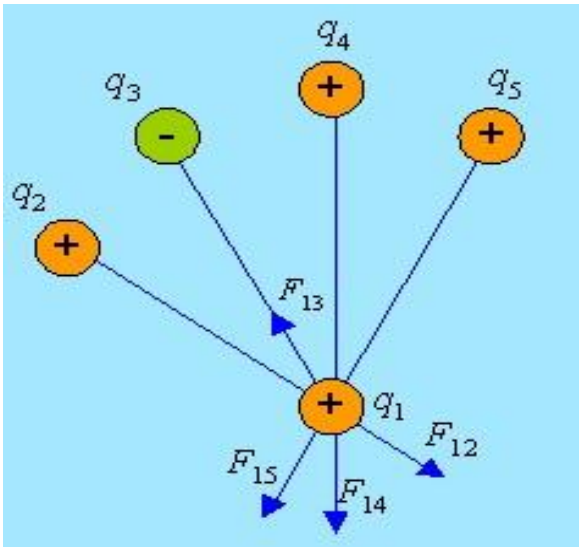
$$0.1 = \frac{9\times10^9 \times q^2}{(0.5)^2}$$

$$q = 1.7\text{x}10^{-6}\text{C} = 1.7\mu\text{C}$$

وهذه هي قيمة الشحنة التي تجعل القوة المتبادلة تساوي 0.1N.

Electric force between more than two electric charges

في حالة التعامل مع أكثر من شحنتين والمراد حساب القوى الكهربية الكلية المؤثرة على شحنة q_1 كما في الشكل Figure 2.3 فإن هذه القوة هي F_1 وهى الجمع الاتجاهي لجميع القوى المتبادلة مع الشحنة q_1 أي أن



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \vec{F}_{15}$$

ولحساب قيمة واتجاه F_1 نتبع الخطوات التالية:-

1- حدد متجهات القوة المتبادلة مع الشحنة q_1 على الشكل وذلك حسب إشارة الشحنات وللسهولة نعتبر أن الشحنة q_1 قابلة للحركة وباقي الشحنات ثابتة.

2- نأخذ الشحنتين $q_1 \& q_2$ أولا حيث أن الشحنتين موجبتان . إذاً q_1 تتحرك بعيدا عن الشحنة q_2 وعلى امتداد الخط الواصل بينهما ويكون المتجه F_{12} هو اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة q_1 نتيجة الشحنة q_2 وطول المتجه يتناسب مع مقدار القوة. وبالمثل نأخذ الشحنتين $q_1 \& q_3$ ونحدد اتجاه القوة F_{13} ثم نحدد F_{14} وهكذا.

3- هنا نهمل القوى الكهربية المتبادلة بين الشحنات q & q_3 & q_2 & q_4 لأننا نحسب القوى المؤثرة على q_1.

4- لحساب مقدار متجهات القوة كل على حده نعوض في قانون كولوم كالتالي:-

$$F_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{13} = K \frac{q_1 q_3}{r^2}$$

$$F_{14} = K \frac{q_1 q_4}{r^2}$$

5- تكون محصلة هذه القوى هي F_1 ولكن كما هو واضح على الشكل فإن خط عمل القوى مختلف ولذلك نستخدم طريقة تحليل المتجهات إلى مركبتين كما يلي

$$F_{1x} = F_{12x} + F_{13x} + F_{14x}$$

$$F_{1y} = F_{12y} + F_{13y} + F_{14y}$$

مقدار محصلة القوى

$$F_1 = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} \qquad (2.5)$$

واتجاهها .

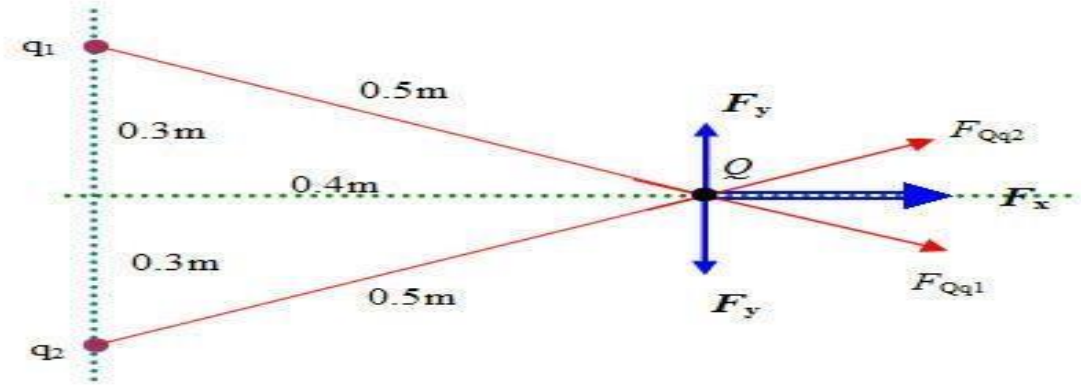
$$\theta = \tan^{-1}\frac{F_y}{F_x} \qquad (2.6)$$

أمثلة محلولة عن قانون كولوم

Example 2.2

In figure 2.4, احسب القوة الكلية التى تتفاعل بها شحنتان متساويتان $q=2x10^{-6}C$ لكل منهما

مع شحنة ثالثة $Q=4x10^{-6}C$, والموضوعة عند النقطة) 0m , 4.0 (علما بأن الشحنتين المتساويتين موضوعتان عند النقطتين) 0.3m- , 0 (,) 0 ,0.3m ( )



Solution

لإيجاد محصلة القوى الكهربية المؤثرة على الشحنة Q نطبق قانون كولوم لحساب مقدار القوة التي تؤثر بها كل شحنة على الشحنة Q. وبما أن الشحنتين q1&q2 متساويتان وتبعدان نفس المسافة عن الشحنة Q فإن القوتين متساويتان في مقدار وقيمة القوة

$$F_{Qq1} = K\frac{qQ}{r^2} = 9\times10^9\,\frac{(4\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(0.5)^2} = 0.29\,N = F_{Qq2}$$

بتحليل متجه القوة إلى مركبتين ينتج:

$$F_x = F\cos\theta = 0.29\left(\frac{0.4}{0.5}\right) = 0.23\,N$$
$$F_y = -F\sin\theta = -0.29\left(\frac{0.3}{0.5}\right) = -0.17\,N$$

وبالمثل يمكن إيجاد القوة المتبادلة بين الشحنتين q_2 وQ وهي F_{Qq_2} وبالتحليل الاتجاهي نلاحظ أن مركبتي y متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

$$\sum F_x = 2\times0.23 = 0.46\,N$$
$$\sum F_y = 0$$

وبهذا فإن مقدار القوة المحصلة هي 46N.0 واتجاهها في اتجاه محور x الموجب.

Electric field المجال الكهربي

سنقوم بإدخال مفهوم المجال الكهربي الناشئ عن الشحنة أو الشحنات الكهربية ،والمجال الكهربي هو الحيز المحيط بالشحنة الكهربية والذي تظهر فيه تأثير القوى الكهربية. كذلك سندرس تأثير المجال الكهربي على شحنة في حالة أن كون السرعة الابتدائية تساوي صفراً وكذلك في حالة شحنة متحركة.

المجال الكهربائي : هو المنطقة المحيطة بالشحنة التي تظهر منها القوة الكهربائية للشحنة. ويرمز له بالرمز E

شدة المجال الكهربائي عند نقطة:

هو مقدار

القوة التي تؤثر فيها الشحنة على شحنة اختبارية صغيرة موضوعه عند تلك

النقطة . الصيغة الرياضية للمجال الكهربائي

$$E = \frac{F}{q_o}$$

حيث : Eشدة المجال الكهربائي ويقاس ب نيوتن\كولوم N/C

Fالقوة المؤثرة على الشحنة وتقاس ب نيوتن N

qo مقدار شحنة الاختبار وتقاس ب كولوم

لاحظ هنا أن المجال الكهربي E هو مجال خارجي وليس المجال الناشئ من الشحنة q_o كما هو موضح في الشكل 1.3، وقد يكون هناك مجال كهربي عند أية نقطة في الفراغ بوجود أو عدم وجود الشحنة q_o ولكن وضع الشحنة q_o عند أية نقطة في الفراغ هووسيلة لحساب المجال الكهربي من خلال القوى الكهربية المؤثرة عليها.

اتجاه المجال الكهربائي The direction of E

يتم تحديد اتجاه المجال الكهربائي عن طريق استخدام شحنة اختبار موجبةويكون اتجاه المجال الكهربائي للشحنة الموجبة مبتعداً عن هذه الشحنة، ويمكن التعبير عن المجال الكهربائي للشحنة الموجبة عن طريق رسم أسهم مبتعدة)تشير إلى خارج الشحنة(عن الشحنة الكهربائية؛ وهذا لأن القوة المتبادلة بين شحنة الاختبار الموجبة .والشحنة الموجبة هي قوة تنافر بما أن الشحنتين تمتلكان النوع نفسه بينما تكون خطوط المجال الكهربائي للشحنة السالبة مقتربة عليها، ويمكن تمثليها عن طريق رسم أسهم تقترب من الشحنة السالبة وهذا لأن القوة المتبادلة هي قوة تجاذب لأن نوع الشحنتين مختلف

Figure 3.2 (a

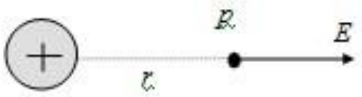
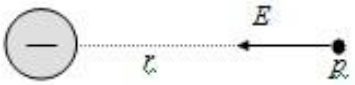


Figure 3.2 (b)



يكون اتجاه المجال عند نقطة ما لشحنة موجبة في اتجاه الخروج من النقطة كما في الشكل(a)2.3، ويكون اتجاه المجال عند نقطة ما لشحنة سالبة في اتجاه الدخول من النقطة إلى الشحنة كما في الشكل (b)2.3

<u>خصائص خطوط المجال الكهربائي</u> .

1 - خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية اتفق على أنها تبدأ من الشحنة الموجبة وتنتهي إلى الشحنة السالبة.

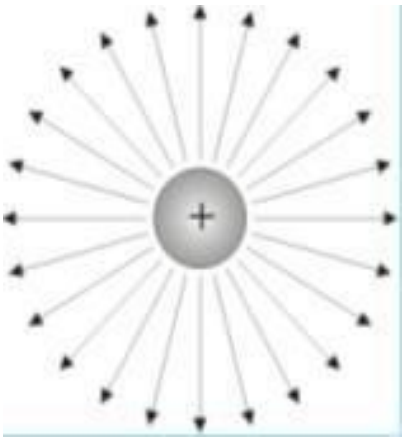
2- تتناسب كثافة خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية.

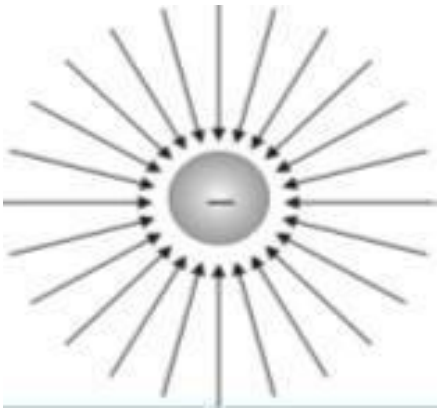
3- تنتهي الخطوط على سطح الشحنة ولا تخترقها.

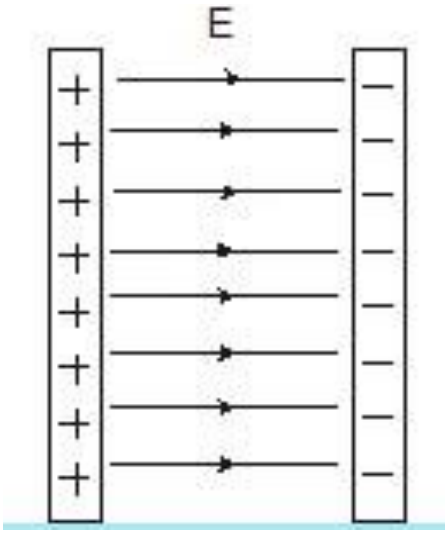
4- تتناسب عدد خطوط المجال التي تقطع عمودية على وحدة المساحة تناسباً طرديا مع شدة المجال.

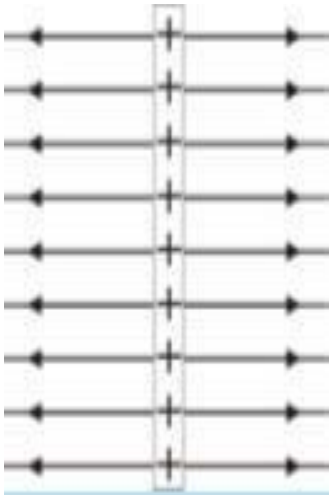
5- يدل إتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على إتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة.

6- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع.






E

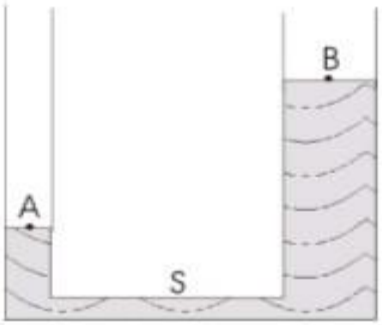


الجهد الكهربي The Electric Potential .

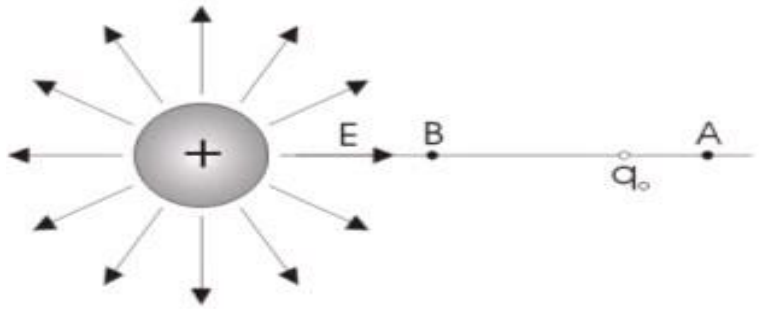
قبل أن نبدأ بتعريف الجهد الكهربي أو بمعنى أصح فرق الجهد الكهربي بين نقطتين في مجال شحنة في الفراغ سوف نضرب بعض الأمثلة التوضيحية.

مثال- 1عند رفع جسم كتلته m إلى ارتفاع h فوق سطح الأرض فإننا نقول أن شغلا خارجيا موجبا(تم بذله لتحريك الجسم ضد عجلة الجاذبية الأرضية، وهذا الشغل سوف يتحول إلى طاقة وضع مختزنة في المجموعة المكونة من الجسم m والأرض. وطاقة الوضع هذه تزداد بازدياد المسافة h لأنه بالطبع سيزداد الشغل المبذول. إذا زال تأثير الشغل المبذول على الجسم m فإنه سيتحرك من المناطق ذات طاقة الوضع المرتفعة إلى المناطق ذات طاقة الوضع المنخفضة حتى يصبح فرق طاقة الوضع مساوياً للصفر.

مثال- 2 تكون طاقة الوضع لجزئ 1.5 به ماء كما في شكلUنفرض إناء على شكل حرف فإن S ولذلك إذا فتح الصنبور A أكبر من طاقة الوضع عند النقطة Bالماء عند النقطة إلى أن يصبح الفرق في طاقتي الوضع بين Aالماء سوف يتدفق في اتجاه النقطة مساويا للصفر



مثال- 3إذا كانت هناك شحنة اختبار qo مناظرة للجسم m في مجال عجلة الجاذبية الأرضية موجودة بالقرب من الشحنة Q فإن الشحنة qoسوف تتحرك من نقطة قريبة من الشحنة إلى نقطة أكثر بعداً أي من Bإلى Aوفيزيائيا نقول أن الشحنة qo تحركت من مناطق ذات جهد كهربي مرتفع إلى مناطق ذات جهد كهربي منخفض .



فيكون فرق الجهد الكهربي بين نقطتين B&Aواقعتين في مجال كهربي شدته E هو الشغل المبذول بواسطة قوة خارجية (F_{ex} ضد القوى الكهربية) qE (لتحريك شحنة اختبار q_oمن Aإلى Bبحيث تكون دائما في حالة اتزان.

$$V_B - V_A = W_{AB} / qo$$

الوحدة العملية لفرق الجهد الكهربي)جول / كولوم = فولت

تعريف فرق الجهد الكهربى بين نقطتين:

الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الموجبة بين النقطتين عكس اتجاه المجال الكهربي

(a) فرق الجهد(positive عند $V_B > V_A$

(b) فرق الجهد(negative عند $V_B < V_A$

(c)) فرق الجهد zero عند $V_B = V_A$

وعندما تكون A = ∞ يكون الجهد الكهربي عند نقطةA= 0, 0= V_A)

الجهد الكهربي عند نقطة:

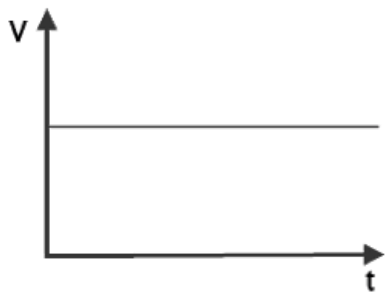
هوالشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الموجبة من مالانهاية الي تلك النقطة عكس اتجاه المجال الكهربي

انواع الجهد الكهربى :

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الجهد:

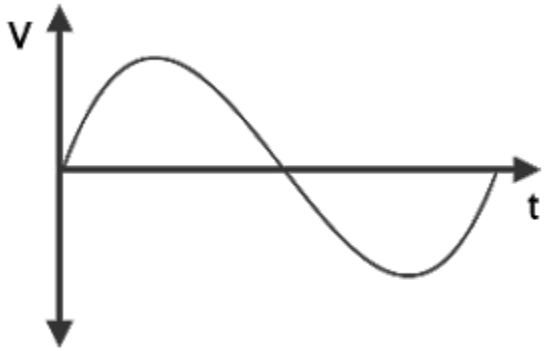
1- الجهد المستمر:DC

وهو ثابت القيمة والاتجاه مع تغير الزمن مثله مثل التيار المستمر ويمكن الحصول عليه من البطاريات والمراكم والخلايا الشمسية ومولدات التيار المستمر.



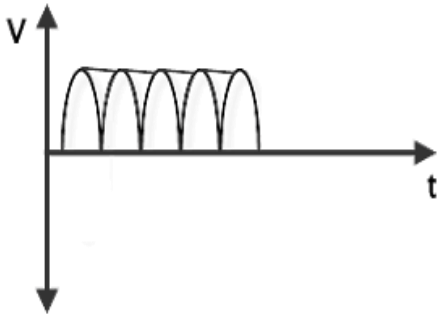
2- الجهد المتردد:AC

وهو مغير في القيمة والاتجاه مع تغير الزمن مثل التيار المتردد ويمكن الحصول عليه من مولدات التيار المتردد) محطات توليد الكهرباء .



3- <u>الجهد المختلط:</u>

وهو متغير القيمة ثابت الاتجاه مع تغير الزمن مثله مثل التيار المختلط ويمكن الحصول عليه من دوائر تقويم التيار المتردد



الفولتميتر: هو جهاز يستخدم لقياس الجهد ويتم توصيله بالتوازي مع أطراف الدائرة .

السعة الكهربائية

السعة الكهربائية لموصل C :

هى كمية الشحنة بالكولوم التى ترفع الجهد بين قطبيه إلى واحد فولت أي عبارة عن النسبة بين كمية الشحنة الكهربائية التي يحملها موصل إلى جهده الكهربائي الناشيء عن هذه الشحنة وحدة قياس السعة حسب النظام الدولي للوحدات هي فاراد

و تساوي كولوم لكل فولت

$$C = q/v \quad Colum/Volt$$

وأجزائه كالتالى-:

الميكرو فاراد 10^{-6} فاراد

النانو فاراد 10^{-9}فاراد

البيكو فاراد 10^{-12}-فاراد

الطاقة المحزنة في المكثف

عند شحن المكثف فإننا نقوم بنقل الشحنة من اللوح منخفض الجهد إلى الآخر أي أننا نقوم باستهلاك طاقة. وعندما تكون الشحنة على أي من الوحين تساوي q فإن فرق الجهد بينهما هو υ ومن ثم فإننا نحتاج إلى شغل dw لنقل الشحنة dq التالية ومن ثم فإن

$$dw = \upsilon dq = \frac{q}{C} dq$$

ويكون الشغل الكلي يساوي

$$\therefore w = \int_o^Q dW = \frac{1}{C} \int_o^Q q dq =$$

Q=CV

وباستخدام العلاقة

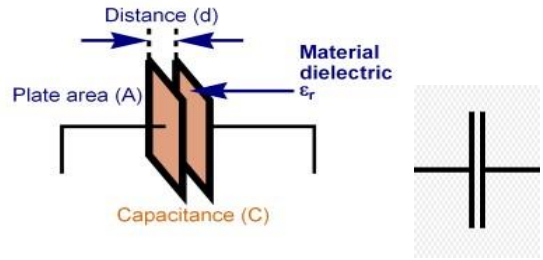
$$W = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}, W = \frac{1}{2}CV^2, W = \frac{1}{2}QV$$

المكثفات:

هي إحدى أجزاء الدوائر الإلكترونية حيث إنها تعمل على جمع وتخزين الطَّاقة الكهربائية

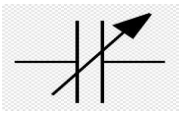
يتركب المكثف:

من سطحين معدنين يفصلهما وسط عازل وعادة ما يشحن أحد الموصلين بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة مساوية لها . ومن ثم فإن الشحنة الكلية على المكثف تساوي الصفر . يرمز للمكثف في الدوائر الكهربية بالرمز



مكثفات متغيرة السعة

وهي المكثفات التي تحتوي على مجموعة صفائح ثابتة وأخُرى متغيرة، والتي لها نوع واحد، وهو المكثف الهوائي؛ فالمكثفات الهوائية هي المكثفات التي تتكون من عدَّ ة صفائح؛ حيث إنّ العازل المستخدم بين هذه الصفائح هو الهواء، ولأنها تتكون من صفائح ثابتة ومتغيّرة، فإننا سنجد أن سعة المكثف تتغير بتغيرُّ مساحة الألواح المتداخلة، ولذلك نجدها تسُتخدم عادةً في أجهزة المذياع. يرمز للمكثف متغير السعة في الدوائر الكهربية بالرمز



مكثفات ثابتة السعة

وهي المكثفات التي تمتلك قيمةً ثابتةً من الشحنات الكهربائية؛ حيث إنّها تكون على عدَّ ة أنواع، وذلك حسب نوع العازل الذي بين الصفائح كما سيأتي:

1- المكثفات ذات العزل الورقي:

وهي التي تتكون من رقائق معدنية يعُزل فيما بينها بمادة الورق المُشبَّعة بالزيت أو الشمع، وتسُتخدم في الترددات المنخفضة؛ بسبب زيادة فقدان الترددات التي فيها.

2- المكثفات ذات العزل البلاستيكي:

وهي التي يسُتخدم فيها البلاستيك للعزل بين الصفائح.

3- المكثفات ذات عزل الميكا:

وهي التي تتكون من رقائق معدنية ورقائق الميكا الملفوفة والمربوطة على بعضها البعض؛ لتشكل وحدةً كاملة على شكل مكثِّفٍ مُتعدد الصفائح، وتتم تغطيتها بطبقةٍ بلاستيكيةٍ من الخارج لحمايتها من العوامل الخارجية، كالرُّطوبة والصَّدمات؛ حيث إنّها تسُتخدم كثير اً في دوائر الرنين، وأّما الأنواع ذات القيَم المنخفضة تسُتخدم في الدوائر الإلكترونية المطبوعة.

4- المكثفات ذات العزل السيراميكي:

وهي التي تسُتخدم فيها مادة الخَزف أو السيراميك كمادة عازلة بين الصفائح؛ حيث إنّه يتم رَش طبقة رقيقة من الفضة على السيراميك ومن ثمَّ تطُلى بطبقة "الورنيش"، ويمتاز هذا النوَّع ب صغَر حجمه و قلةً فقدانه للتردُّدات، ولذلك تسُتخدم في الدوائر الإلكترونية التي تحتاج إلى ترددات عالية. مكثفات قطُبية اِلسعة يختلف التركيب في هذا القسم من المكثفات عمَّا سبق من الأقسام، وهي من أهم الأنواع في عالم المكثفات، ولا يوجد منها إّلا شكل واحد وهو المكثفات الإلكتروليتية أو ما يسُمَّى بالمكثف الكيميائي؛ حيث إنّه يكون القطب الموجب مصنوعاً من معدن الألمنيوم، وأّما القطب السالب فيكون من مادة إلكتروليتية)كبورات الألمنيوم(، وأما المادة العازلة فتكون على شكل طبقة رقيقة من أوكسيد الألمنيوم

أنواع المكثفات من حيث الشكل:

1 – (المكثف الكروي)لوحاه علي هيئة كرتين متحدتي المركز .

2 – (المكثف الاسطواني) لوحاه علي هيئة اسطوانتين متحدتي المحور.

3 – المكثف المتوازي اللوحين

العوامل المؤثرة على سعة المكثف :

يوجد ثلاثة عوامل أساسية تؤثر على سعة المكثف بصورة مباشرة وهذه العوامل هي:

1- (المساحة السطحية لألواح المكثف) A

إن سعة المكثف تتناسب طرديا مع المساحة السطحية للألواح، فإذا زادت مساحة سطح اللوح زادت سعة المكثف وذلك لزيادة استيعابه للشحنات الكهربائية، وبالعكس تقل سعة المكثف كلما قلت هذه المساحة.

2- (المسافة بين الألواح) d

تقل السعة عندما تزداد المسافة بين الألواح وتزداد كلما قلت تلك المسافة، أي أنه يوجد تناسب عكسي بين سعة المكثف والمساحة بين ألواحه.

3- (الوسط العازل)المادة العازلة

تتغير سعة المكثف بتغير المادة العازلة بين الألواح ويعتبر الهواء الوحدة الأساسية لمقارنة قابلية عزل المواد الأخرى المستعملة في صناعة المكثفات. يوجد لكل مادة ثابت عزل يطلق عليه إبسلون

الاستخدامات العامة للمكثفات

1- يستعمل المكثف لإمرار التيار المتغير ومنع مرور التيار المستمر في الدائرة الإلكترونية، حيث يعمل كمكثف ربط(Coupling أو مكثف تسريب(Bypass.

2- يستعمل المكثف الكيماوي للشحن والتفريغ في دوائر تقويم التيار التي تحول التيار المتغير إلى تيار مستمر.

3- يستعمل المكثف الكيماوي كبير السعة في دوائر فلاش كاميرا التصوير، حيث يخزن شحنات كهربية عالية، وعندما يفُرغ فجأة يعطي ضوءا أبيضا باهرا اللازم لالتقاط الصورة.

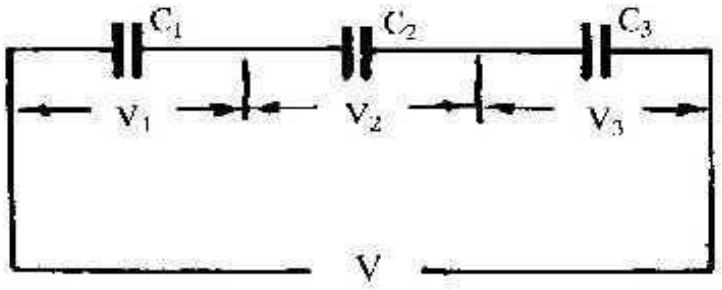
4- يستعمل المكثف المتغير على التوازي مع ملف لاختيار المحطات تردد الموجات في جهاز الراديو (عملية توليف)راديو(أو جهاز التلفزيون).

5- يوصل المكثف مع المقاومة في الدائرة الإلكترونية للحصول على أشكال موجات متنوعة ويطلق على الدائرة في هذه الحالة دائرة تفاضل أو دائرة تكامل.

توصيل المكثفات

تماماً مثل المقاومات يمكن توصيل المكثفات على التوالي أو على التوازي للحصول على سعة كلية مكافئة، لكن المكثفات تسلك عند توصيلها سلوك معاكس تماماً للمقاومات.

التوصيل على التوالي : نلاحظ أن الشحنة الكلية تظل ثابته على المكثفات ولكن يوزع فرق الجهد V بينهما حيث نجد أن



توصيل المكثفات على التوالي

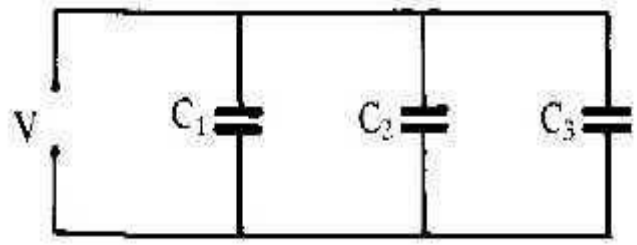
$$\because \quad V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore \quad \frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

التوصيل على التوازى :

نجد أن فرق الجهد على المكثفات يظل ثابتا ولكن الشحنة هي التي تتوزع بينهما وينتج أن:



توصيل المكثفات
على التوازي

∵ الشحنة الكلية $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

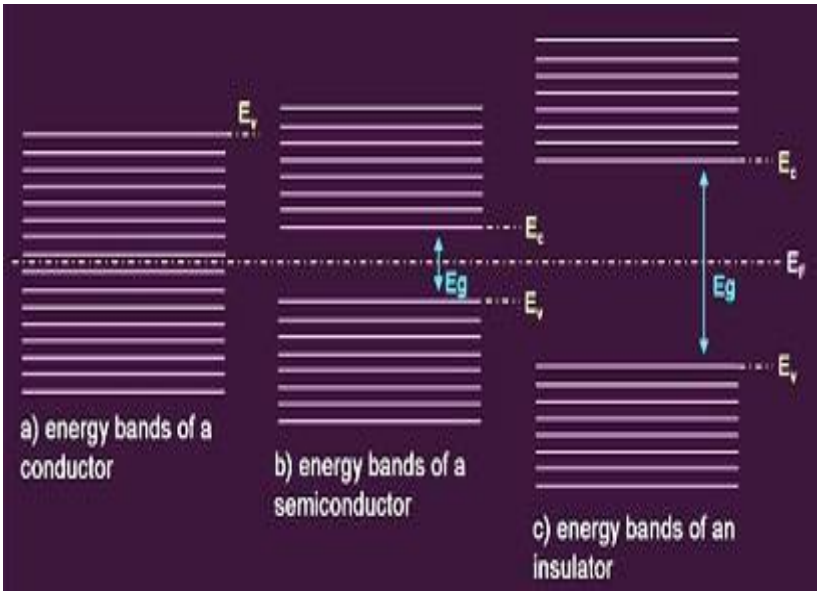
$\therefore V \times C = V \times C1 + V \times C_2 + V \times C3$

$\therefore C = C1 + C2 + C3$

التيار الكهربى والمقاومــة

Current and Resistance

مقدمة : تقسم المواد في الطبيعة حسب خواصها الكهربية فهناك المواد العازلة insulators والمواد الموصلة conductors والمواد اشباه الموصلات semiconductors.



شكل يوضح حزم الطاقة والمسافات بينها في المواد الموصلة واشباه الموصلات والعوازل

ولتوضيح سبب كون بعض المواد عازلة والبعض الآخر مواد موصلة للتيار الكهربي دعنا نلقي نظرة على مستويات الطاقة التي تتوزع عليها الالكترونات وهي في المواد الصلبة تكون على شكل حزم للطاقة energy band والمسافات بين حزم الطاقة لا يمكن أن يتواجد فيها إلكترونات. وهناك نوعان من حزم الطاقة أحدهما يعرف بحزمة التكافؤ Valence Band والأخرى حزمة التوصيل Conduction Band ويسمى الفراغ بين الحزمتين بـ E_g

Energy Gap وتعتمد خاصية التوصيل الكهربائي على (الشحنات الكهربية)الإلكترونات المتواجدة في حزمة التوصيل وعلى الشواغر الموجودة في حزمة التوصيل، فيمكن لتلك الشحنات من الحركة في حزمة التوصيل وتصبح المادة موصلة للكهرباء مثل المعادن كالحديد والنحاس والألومنيوم، بينما في المواد العوازل كالبلاستيك أو الخشب فإن حزمة التكافؤ تكون مملوءة تماما بالإلكترونات ولا يوجد الكترونات في حزمة التوصيل، ولكي ينتقل أي إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل يحتاج إلى طاقة كبيرة حتى يتغلب على E_g Energy Gap وبالتالي سيكون عازلاً لعدم توفر هذه الطاقة له. توجد حالة وسط بين الموصلات والعوازل تسمى semiconductor وفيها تكون حزمة التوصيل قريبة نوعا ما من حزمة التكافؤ المملوءة تماما وبالتالي يستطيع إلكترون من القفز بواسطة اكتساب طاقة حرارية Absorbing thermal energy ليقفز إلى حزمة التوصيل.

1 - أجسام موصلة : conductor

هي الأجسام التي تسمح للشحنات الكهربائية بالانتقال خلالها بحرية مثل : الذهب و الفضة و النحاس) الفلزات بشكل عام (والماء المالح وبعض الغازات عند درجات حرارة معينة . تعتبر الفلزات موصلات جيدة لأنها تحتوي على عدد كبير من الإلكترونات الحرة، ولذلك تصنع معظم الأسلاك المستخدمة في نقل الطاقة الكهربائية من الفلزات ،وخاصة النحاس .

2أجسام عازلة : **dielectric**

هي الأجسام التي لا تسمح للشحنات الكهربائية بالانتقال خلالها مثل : الزجاج و المطاط و الميكا والبلاستيك والخشب . المواد العازلة تكون الإلكترونات فيها مرتبطة

بإحكام بذراتها، ولا تستطيع التحرك بحرية. وعند مرور شحنة كهربائية إضافية على العازل تبقى الشحنة في مكانها، ولا تتحرك عبر المادة . وللعوازل مهمة في السلامة

الكهربائية، حيث تصنع معظم الحبال الكهربائية من مادة موصلة مغطاة بمادة عازلة مثل المطاط أو البلاستيك. ويستطيع الشخص لمس الحبل المغطى بالمادة العازلة حتى في حالة اتصال الحبل بمأخذ التيار

3 -أجسام شبه موصلة) أشباه الموصلات.

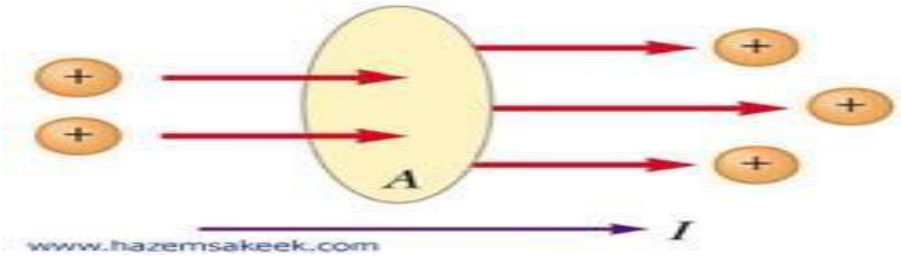
هي أجسام درجة توصيلها للكهرباء تتراوح بين الموصلات والعوازل ويعتمد مدى توصيلها على الشوائب المضافة إليها مثل : السيلكون ، الجرمانيوم ، تستخدم أشباه الموصلات في صناعة المكونات الخاصة بالدوائر الإلكترونية أشباه الموصلات هي المواد التي توصل الشحنة الكهربائية بشكل أفضل من العوازل ،ولكن ليس بمستوى الموصلات ، ومن أكثرها استخدامًا السليكون. وبإضافة كميات صغيرة من مواد أخرى إلى شبه الموصل نستطيع ضبط قدرتها على توصيل الشحنة الكهربائية. وأشباه الموصلات مهمة في تشغيل الحواسيب والآلات الحاسبة وأجهزة الراديو والتلفاز وألعاب الفيديو أجهزة أخرى عديدة.

وجه المقارنة	المواد الموصلة	المواد العازلة	أشباه الموصلات
أمثلة	الفلزات (الفضة - النحاس - الحديد - الرصاص - -)	الزجاج - الخزف - الكوارتز - البورسلين - الابونيت - الكهرمان	الجرمانيوم - السيلكون - كبريتيد الرصاص - كبريتيد الكادميوم
المقاومة النوعية	(من 10^{-5} الى 10^{-8}) **أوم . متر**	كبيرة جدا فى درجة حرارة الغرفة فى **المدى** من (10^{6}الى10^{16}) اوم . متر	متوسطة عند درجة الحرارة العادية فى المدى من 0.000055 — 00000) اوم . متر
نطاق التكافؤ	**مملوء بالالكترونات**	**مملوء بالالكترونات**	**مملوء بالالكترونات**
نطاق التوصيل	مملوء جزئيا بالالكترونات عند درجات الحرارة الاعتيادية	خالى من الالكترونات الحرة عند درجات الحرارة العادية	خالى من الالكترونات تماما فى درجة الصفر المطلق
طاقة الفجوة	صغيرة جدا (0.01) الكترون . فولت	كبيرة جدا (5) الكترون . فولت	من (2 الى 0.7) الكترون . فولت
تأثير رفع درجة الحرارة على المقاومة	تزداد المقاومة	تنخفض المقاومة ولكنها تظل كبيرة لدرجة ان المادة الصلبة تنصهر قبل ان تصبح موصلة	تنخفض المقاومة بشكل كبير

ما هو التيار الكهربي

عندما تتحرك الشحنات في مادة الموصل نقول إن تيار كهربي يمر في الموصل.
ويعرف التيار الكهربي بأنه

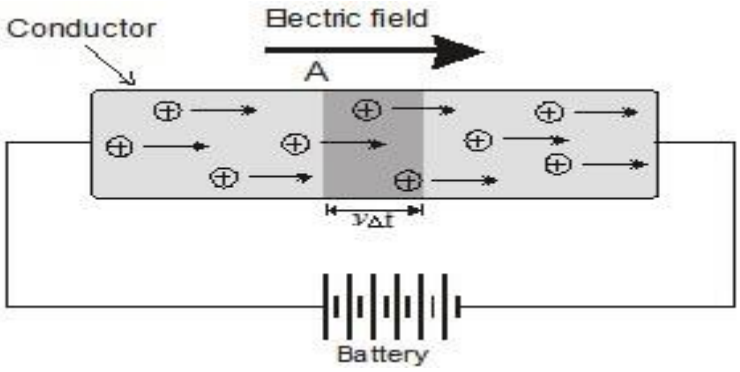
معدل تدفق الشحنات الكهربية عبر السلك عموديا على مساحة مقطعه.



حركة الشحنات عبر مساحة مقطع موصل = تيار كهربي

ماذا يحدث عند تطبيق فرق جهد كهربي على طرفي موصل؟

عند تطبيق فرق جهد كهربي صادر من بطارية كهربية على طرفي موصل كهربي مثل سلك من النحاس مساحة مقطعة *A*. ينشىء مجالاً كهربياً على طرفي السلك واتجاهه من الطرف الموجب إلى الطرف السالب)من اليسار إلى اليمين في الشكل الموضح أدناه(يؤثر المجال الكهربي على الشحنات داخل مادة الموصل بقوة كهربية مقدارها F=qE واتجاهها في اتجاه المجال إذا كانت الشحنة موجبة وفي عكس اتجاه المجال اذا كانت الشحنة سالبة. تعمل هذه القوى على تحريك الشحنات الحرة في مادة الموصل بسرعة تسمى سرعة الانجراف drift velocity وسنتعرف على ظواهر فيزيائية جديدة مثل التيار الكهربي والمقاومة.



تكون محصلة حركة الشحنات عبر مساحة محددة من مقطع السلك هو تيار كهربي يحسب من خلال معدل مرور الشحنات الكهربية عبر مساحة مقطعه خلال فترة زمنية

. Δt

$$I_{av} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

والتيار الكهربي كمية قياسية ووحدته تسمى الأمبير Ampere وتكتب اختصار اً Amp أو A وهي عبارة عن كولوم لكل ثانية.

1 A = 1 C/s

ملاحظة: يحدد اتجاه التيار الكهربي في الدائرة الكهربية باتجاه التيار الاصطلاحي وهو اتجاه حركة الشحنات الموجبة في الدائرة والذي يكون من القطب الموجب إلى القطب السالب عبر الدائرة. تقاس شدة التيار الكهربائي بجهاز الأميتر. ويرمز للتيار في المعادلات والمخططات الهندسية بحرفi او I

تعريف التيار الكهربي من خلال سرعة انجراف الشحنات

لنفترض أن هناك عدد n من الجسيمات المشحونة بشحنات موجبة لكل وحدة حجوم تتحرك في اتجاه المجال الكهربي من اليسار إلى اليمين كما في الدائرة الكهربية المبينة أعلاه. تتحرك كل الشحنات بسرعة انجراف drift velocity هي v. في فترة زمنية قدرها Δt فإن كل شحنة موجبة تقطع مسافة قدرها $v\Delta t$ المنطقة الداكنة في مقطع السلك في الشكل أعلاه.(حجم المنطقة المظللة من مقطع السلك هو عبارة عن مساحة المقطع A ضرب المسافة $v\Delta t$. وبالتالي تكون الشحنة الكلية التي تعبر مقطع السلك في الفترة الزمنية Δt هي ΔQ

وتحسب $nAv\Delta t$

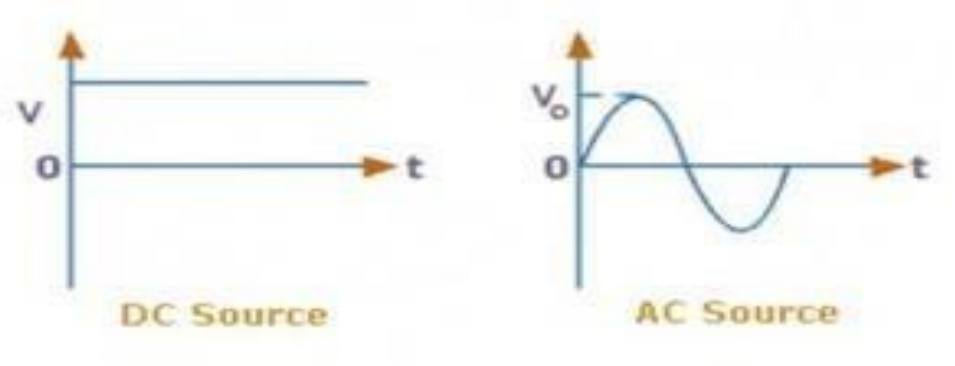
$$\Delta Q = nqvA\Delta t$$

حيث q هي قيمة الشحنة على كل جسيم ،وبالتالي يكون التيار الكهربي

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqvA$$

انواع التيار الكهربائي :المتردد والمستمر

يقسم التيار الكهربائي الى نوعين النوع الاول هو التيار المستمر والذي يرمز له بالانجليزية بـ DC. والنوع الاخر هو التيار المتردد والذي يرمز له بالانجليزية بـ AC



التيار المستمر:

عبارة عن تدفق ثابت للإلكترونات من منطقة ذات جهد عال)القطب السالب(إلى أخرى ذات جهد أقل)القطب الموجب(. وبالتالي فهو ثابت الشدة وموحد الاتجاة اي انه يسري في اتجاه واحد فقط. وفي التيار المستمر تتدفق الشحنة الكهربائية في نفس الاتجاة بعكس النوع الاخر وهو التيار المتردد. ويظهر التيار المستمر في العديد من التطبيقات المنخفضة الجهد، خصوصا تلك التي تعمل بالبطاريات، التي تولد تيارًا مستمرا فقط، أو أنظمة الطاقة الشمسي

التيار المتردد :

يعرف على انه تيار كهربائي يعكس اتجاهه بشكل دوري ويتذبذب في مكانه ذهابا وإيابا 50 أو 60 مرة في الثانية حسب النظام الكهربائي المستخدم. وبالتالي فهو متغير الشدة ومتغير الاتجاه)أي يتغير اتجاه سريانه بين القطبين الموجب والسالب(.

جميع البيوت واغلب الاجهزة الكهربائية تستخدم تيارا كهربائيا مترددا

كثافة التيار الكهربي

بتقسيم قيمة التيار الكهربي المار في سلك على مساحة مقطعه نحصل على كمية فيزيائية جديدة تسمى كثافة التيار الكهربي current density ويرمز له بالرمز J ويحسب من خلال المعادلة التالية:

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

وكثافة التيار الكهربي هي كمية متجهة ووحدته A/m^2

قانون أومOhm's Law

تتحرك الشحنات داخل مادة الموصل في شكل تيار كهربي تحت تأثير مجال كهربي داخل مادة الموصل .وهنا يجب التنويه انه يمكن للمجال الكهربي بالتواجد داخل مادة الموصل طالما أن الشحنات في حالة حركة .لأن في حالة الكهربية الساكنة إذا تعرض موصل معزول لمجال كهربي فإن ذلك يؤدي لحركة الشحنات لتستقر في النهاية على سطح الموصل وتكون حالة من الكهربية الساكنة electrostatic وينتج عن ذلك أن يصبح المجال الكهربي داخل مادة الموصل تساوي صفر .(ولكن في حالتنا هذه فإن الشحنات تتحرك عبر دائرة مغلقة وتستمر في الحركة طالما المجال الكهربي موجود وتسمى هذه بالكهربية غير الساكنة.nonelectrostatic افترض موصل مساحة مقطعه A يحمل تياراً كهربياً شدتهI ، فإن كثافة التيار J density current يعرف بأنه التيار الكهربي لكل وحدة مساحة حيث ان

$$I = nqAv\Delta t$$

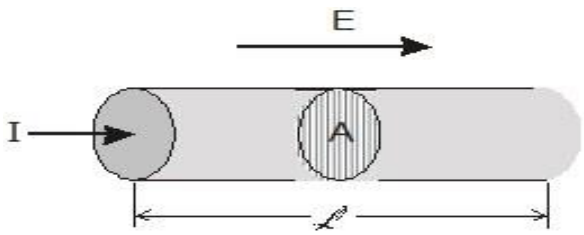
$$\vec{J} = \frac{I}{A} = nqv$$

كلاً من كثافة التيار الكهربي J والمجال الكهربي E ينشأن في داخل مادة الموصل طالما وجد فرق جهد كهربي مطبق على طرفي الموصل .إذا كان فرق الجهد الكهربي ثابت فإن التيار الكهربي يكون ثابت أيضاً. وكذلك فإن كثافة التيار الكهربي تتناسب طردياً مع شدة المجال الكهربي أي أن

$$J = \sigma E$$

حيث أن σ هي ثابت التناسب وتسمى الموصلية conductivity للموصل. والمواد التي تخضع لهذه المعادلة نقول أنها تحقق قانون أوم المواد التي تحقق قانون أوم في أن المجال الكهربي والتيار الكهربي يتناسبان تناسباً طردياً تسمى مواد أومية ohmic والمواد التي لا تحقق قانون أوم تسمى مواد غير أومية .nonohmic وبالتالي قانون أوم هو قانون تجريبي وينطبق على عدد محدد من المواد.

لنفترض موصل طوله L ومساحة مقطعه A كما في الشكل أدناه، فإذا طبق فرق جهد كهربي على طرفي السلك فإنه سينشئ مجال كهربي E في الموصل



وحيث أن العلاقة بين المجال الكهربي وفرق الجهد الكهربي هي

$$V = E\,L$$

ويمكن ان نعبر عن كثافة التيار الكهربي المار في الموصل بأنه

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{\ell}$$

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

$$V = \frac{\ell}{\sigma} J = \left(\frac{\ell}{\sigma A}\right) I$$

والمقدار $\left(\frac{\ell}{\sigma A}\right)$ **يسمى المقاومة resistance للموصل.**

$$R = \frac{\ell}{\sigma A} = \frac{V}{I}$$

ونجد من المعادلة الأخيرة أن المقاومة R لها وحدة فولت على أمبير V/A

وتسمى الأوم ohm ويرمز لها بالرمز Ω

$$1\Omega = 1\ V/A$$

وهذا يعني أنه عندما يكون فرق الجهد الكهربي يساوي 1 فولت على طرفي موصل ينتج عنه تيار شدته 1 امبير تكون مقاومة الموصل 1 اوم. أو اذا كان هناك جهاز كهربي يعمل على 120 فولت ويستهلك تياراً كهربياً شدته 6 امبير تكون مقاومة الجهاز 20 أوم.

المقاومة النوعيةResistivity

مقلوب الموصلية يسمى المقاومة النوعية للموصل

$$\rho \equiv \frac{1}{\sigma}$$

وبالتالي يمكن التعبير عن مقاومة الموصل بدلالة المقاومة النوعية على النحو التالي:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

حيثσ هي المقاومة النوعية ووحدتها Ω .m.

Resistivity of various materials at 20°C

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

ملاحظة :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 طرديا مع طوله وعكسياً مع مساحه مقطعه، فإذا تضاعف طول الموصل مرتين تزداد مقاومته مرتين كما أنه إذا تضاعفت مساحة مقطع الموصل مرتين قلت المقاومة إلى النصف. كل الأجهزة الكهربية التي نستخدمها مثل المكواة أو السخان الكهربي أو المصابيح تحتوي على مقاومة ثابتة، كما أن كل الدوائر الكهربية تستخدم المقاومة كجزء رئيسي في الدائرة. وترسم المقاومة على النحو الموضح في الشكل التالي:

Fixed resistor

مقاومة ثابته

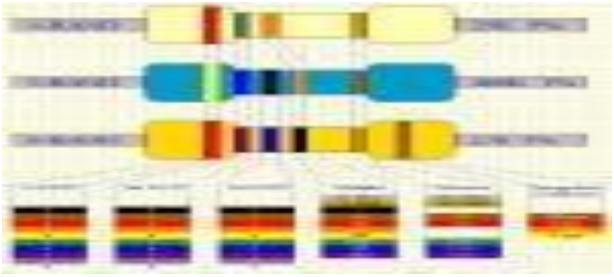
Variable resistor

مقاومة متغيرة

Potential divider

مجزئ للجهد الكهربي

هناك نوعان من المقاومات الكهربية النوع الأول عبارة عن مقاومة كربونية والنوع الثاني عبارة عن سلك في شكل ملف. وحيث ان المقاومة تكون صغيرة جداً مما لايكون مجال لكتابة قيمة المقاومة عليها لذا يتم الاعتماد على حساب قيمة المقاومة من خلال حلقات ملونة وكل لون يرمز لقيمة نستطيع منها حساب قيمة المقاومة، والشكل التالي يوضح ذلك.



Color	1st Band	2nd Band	3rd Band	4th Band
Black	0	0	1	1
Brown	1	1	10	
Red	2	2	100	
Orange	3	3	1,000	
Yellow	4	4	10,000	
Green	5	5	100,000	
Blue	6	6	1,000,000	
Violet	7	7	10,000,000	
Gray	8	8	100,000,000	
White	9	9	1,000,000,000	
Gold			0.1	5%
Silver			0.01	10%
None				20%

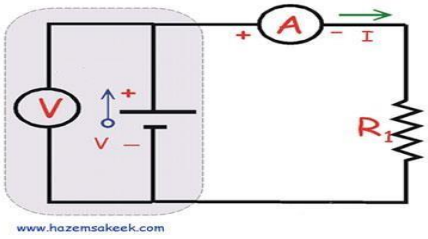
جدول حساب المقاومة من الالوان

نص قانون أومOhm's law

الكثير من المواد)مثل المعادن(فإن النسبة بين كثافة التيار الكهربي وشدة المجال الكهربي تكون ثابتة وتساوي الموصلية والموصلية لا تعتمد على المجال الكهربي المسبب للتيار الكهربي .

تجربة تحقيق قانون أوم الدائرة الكهربية المبينة في الشكل أدناه تمثل مقاومة متصلة مع مصدر كهربي) بطارية(يقاس فرق الجهد على طرفي المقاومة من خلال فولتميتر V موصل على التوازي وشدة التيار تقاس بواسطة اميتر موصل على التوالي في الدائرة، وبدراسة العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار المار في المقاومة نجد أن العلاقة طردية بحيث أن

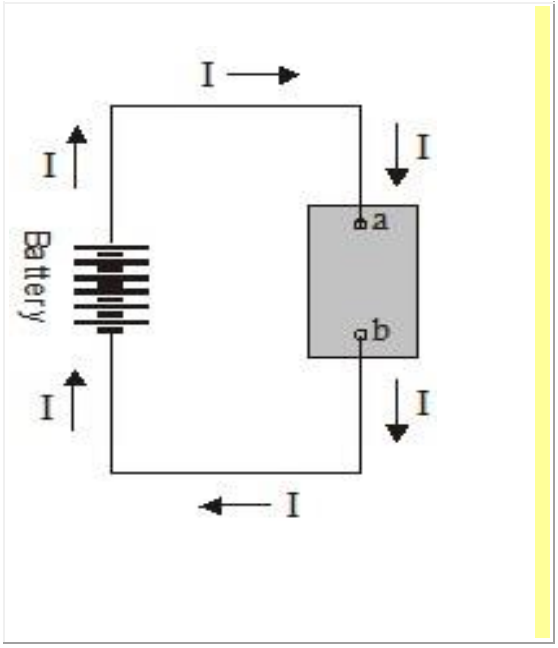
V =R x I



وبهذا يتحقق قانون أوم

الطاقة الكهربية والقدرة الكهربية

Electrical Energy and Power



يمر التيار الكهربي خلال الجهاز الكهربي عندما يتم توصيله ببطارية بواسطة اسلاك

التوصيل)دائرة كهربية(، فإذا تم توصيل القطب الموجب بالنقطة a للجهاز في الدائرة الموضحة بالشكل المقابل ووصل القطب السالب بالنقطة b فإن شحنة مقدارها dq تتحرك من النقطة a إلى النقطة b عبر الجهاز. هذا يتم من خلال قيام البطارية ببذل شغل مقداره dW والذي يساوي الشحنة ضرب فرق الجهد الكهربي بين النقطتين أي .$dW = dqV_{ab}$ هذا الشغل المبذول بواسطة البطارية هو من وجهة نظر أخرى عبارة عن الطاقة التي تنتقل إلى الجهاز الموصول بالدائرة الكهربية خلال زمن dt وعليه

$$dU=dW= dq\ V_{ab} =I\ dt\ V_{ab}$$

ويكون معدل بذل الطاقة الكهربية بالنسبة للزمن هو dU/dt هو القدرة الكهربية Power والذي يساوي

$$P=\frac{dU}{dt}=IV_{ab}$$

إذا افترضنا أننا استبدلنا الجهاز الكهربي بمقاومة كهربية فإن القدرة الكهربية تصبح

$$P=I^2R$$

$$P=\frac{V^2}{R}$$

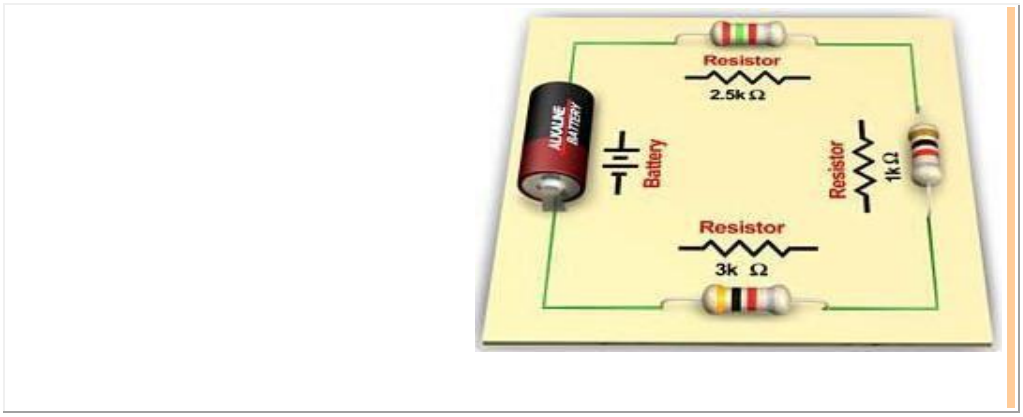
وتكون وحدة القدرة الكهربية هي جول/ثانية والتي تعرف باسم الوات

The unit of power is (*Joule/sec*) which is known as *watt* (*W*).

Combination of Resistors توصيل المقاومات

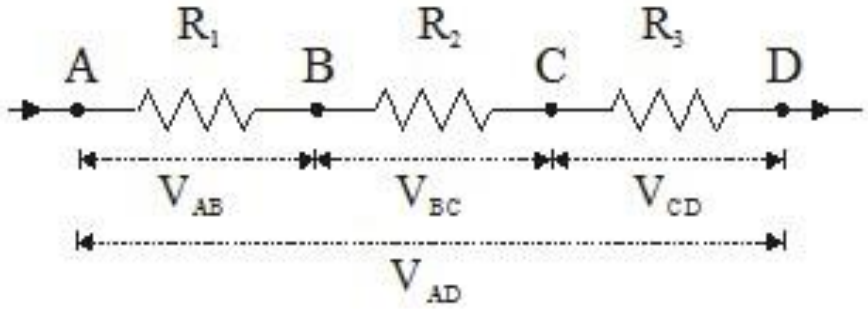
في كثير من الأحيان يتطلب توصيل عدة مقاومات في الدائرة الكهربية ويكون توصيلها بطريقتين إما على التوالي series أو على التوازي.parallel

Resistors in Series : التوصيل على التوالي



عند توصيل المقاومات على التوالي كما في الشكل المقابل فإننا نجد ان الطرف الموجب لمقاومة يتصل مع الطرف السالب للمقاومة الثانية وهكذا حتى تكتمل الدائرة وهنا يكون التيار الكهربي المار في الدائرة وفي كل مقاومة متساوي ويكون مجموع الجهد الكهربي على كل مقاومة يساوي الجهد الكهربي للبطارية أي ان الجهد الكهربي على كل مقاومة مختلف عن الآخرى .وللحصول على المقاومة المكافئة

نستخدم قانون أوم على النحو التالي:يمكن رسم الدائرة الكهربائية لتوصيل المقاومات على التوالي بالشكل التالي:



حيث أن الجهد الكهربي للبطارية V_{AD} يساوي مجموع فرق الجهد على طرفي كل مقاومة من المقاومات المتصلة على التوالي إذا

$$V_{AD} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}$$

ومن قانون أوم يمكن التعويض عن قيمة الجهد الكهربي بدلالة التيار الكهربي والمقاومة

$$V_{AB} = IR_1, \qquad V_{BC} = IR_2, \qquad V_{CD} = IR_3$$

وعليه نحصل على

$$V_{AD} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

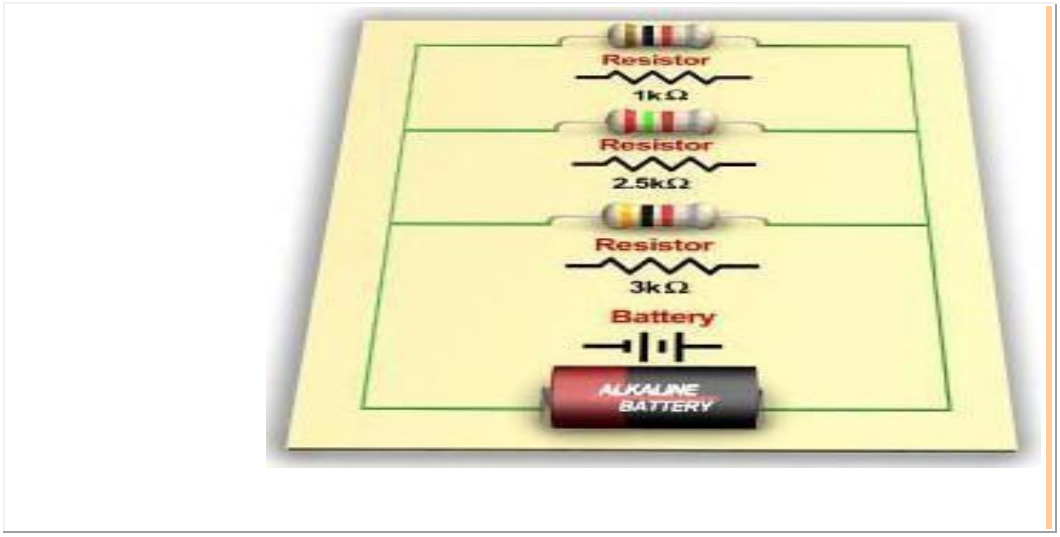
$$V_{AD} = I\,(R_1 + R_2 + R_3)$$

وبهذا تكون المقاومة المكافئة تساوي

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

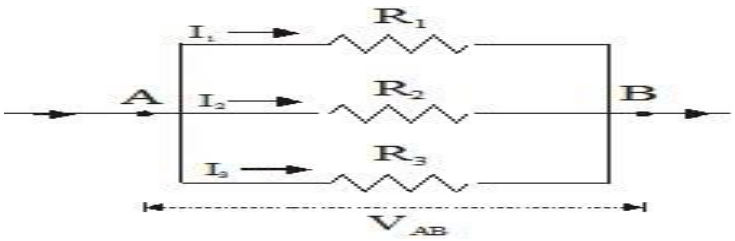
وهذا يعنى ان المقاومة المكافئة في حالت التوصيل على التوالي تكون أكبر من أكبرمقاومة في الدائرة.

التوصيل على التوازي Resistors in Parallel



عند توصيل المقاومات على التوازي كما في الشكل المقابل فإننا نجد ان الطرف الموجب للبطارية يتصل مع الأطراف الموجبة للمقاومات والطرف السالب للبطارية

يتصل مع الأطراف السالبة للمقاومات. وهنا يكون فرق الجهد الكهربي على طرفي كل مقاومة يساوي فرق جهد البطاربية ويكون مجموع التيار الكهربي المار في كل مقاومة يساوي التيار الكهربي الناتج من البطارية. أي ان التيار الكهربي المار في كل مقاومة يختلف عن الأخرى .وللحصول على المقاومة المكافئة نستخدم قانون أوم على النحو التالي: يمكن رسم الدائرة الكهربائية لتوصيل المقاومات على التوازي بالشكل التالي:



التيار الكلي في الدائرة يساوي مجموع التيارات المارة في كل مقاومة:

$$I=I_1+I_2+I_3$$

ويعطى التيار الكهربي المار في كل فرع من أفرع الدائرة بناءً على قانون أوم على النحو التالي :

$$I_1=\frac{V_{AB}}{R_1}, \qquad I_2=\frac{V_{AB}}{R_2}, \qquad I_3=\frac{V_{AB}}{R_3}$$

بجمع التيارات الكهربية للحصول على التيار الكلي

$$\therefore I = V_{AB}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

وبهذا تكون المقاومة المكافئة تساوي

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

وهذا يعنى ان المقاومة المكافئة في حالت التوصيل على التوازي تكون أصغر من أصغر مقاومة في الدائرة.