

فيزياء ١ (خواص مادة و كهرباء)  
لطلاب الفرقة الاولى اساسى رياضة  
اعداد

أ.د/ محمد محمد نصارى  
استاذ الفيزياء بكلية العلوم

٢٠٢٢-٢٠٢٣ م

# المحتويات

الصفحة	الموضوع
١	مقدمة عن الكهرباء..... <input checked="" type="checkbox"/>
٦	الكهرباء الساكنة وقانون كولوم..... <input checked="" type="checkbox"/>
٧	تمهيد..... ●
٨	الشحنة الكهربائية..... ●
١١	قانون كولوم..... ●
١٦	اسئلة وتمارين..... ●
١٧	الكهرباء التيارية..... <input checked="" type="checkbox"/>
١٨	تمهيد..... ●
٢٢	التيار الكهربى..... ●
٢٦	الجهد الكهربى..... ●
٢٩	اسئلة وتمارين..... ●
٣٠	المقاومة الكهربائية وقانون اوم..... <input checked="" type="checkbox"/>
٣١	مفهوم المقاومة الكهربائية..... ●
٣٤	قانون اوم..... ●
٣٥	تحقيق قانون اوم عمليا..... ●
٣٧	اسئلة وتمارين..... ●

- ٣٨ ..... توصيل الدوائر الكهربائية. ☒
- ٣٩ ..... عناصر الدائرة الكهربائية. ●
- ٤٤ ..... التوصيل على التوالي والتوازي. ●
- ٤٤ ..... اولاً: توصيل البطاريات على التوالي. ●
- ٤٥ ..... ثانياً: توصيل البطاريات على التوازي. ●
- ٤٦ ..... ثالثاً: توصيل المقاومات على التوالي. ●
- ٤٩ ..... رابعاً: توصيل المقاومات على التوازي. ●
- ٥١ ..... أسئلة وتمارين. ●



## مقدمة عن الكهرباء



## مقدمة

تعد الكهرباء عنصراً أساسياً في حياتنا اليومية، و لا يمكن لنا الاستغناء عنها. عندما ننظر من حولك ستجد كل مكان يكاد لا يخلو من آلة كهربائية أو جهاز كهربائي، فمصابيح الإضاءة جعلت لتنير المنازل وشوارع المدينة ليلاً، والتدفئة المركزية في المناطق الباردة والتكييف عند الاحساس بالحرارة كلها أصبحت اليوم متوقفة على الكهرباء. ماذا يعني لك أن تصحو يوماً لتجد أنك بلا تلفاز، راديو، حاسوب، مضخة، غسالة، ثلاجة، هاتف وأي آلة تعمل بالكهرباء؟ تمثل الطاقة الكهربائية أحد أهم أنواع الطاقة النظيفة وخاصة إذا ما عرفنا كيف نتعامل معها ونتجنب مخاطرها.

إن البشرية مدينة إلى اليوم للمخترع الكبير رجل الأعمال الأمريكي " توماس ألفا أديسون " ( ١٨٤٧ م - ١٩٣١ م)، الذي غير مسار العالم، وساعد في اختراع الكثير من الأجهزة مثل : تطوير جهاز الفوتوغراف، وآلة التصوير السينمائي، لكن أهمها المصباح الكهربائي الذي اخترعه "أديسون" بعد محاولات كثيرة باءت بالفشل . يعتبر " أديسون " أول من أنشأ مختبراً للأبحاث الصناعية، واعتمد فيه على العمل الجماعي؛ لتوسيع نطاق عملية الاختراع، وهو من أكثر الأشخاص إنتاجاً في التاريخ . ولد " أديسون " في ولاية " أوهايو " الأمريكية. عان منذ طفولته من مشاكل في السمع، وفشل في المدرسة، فاضطر لتركها؛ لتتولى أمه مهمة تدريسه في المنزل، بالإضافة إلى ذلك، أرشدته إلى قراءة الكتب العلمية بكثرة مما أسهم في نبوغه العلمي واتساع خياله. وحين أفصح " أديسون " عن سر نجاحه قال : "

والدتي هي من صنعتني، لقد كانت تثق بي، حينها شعرت بأن لحياتي هدف، وشخص لا يمكنني خذلانه". لقد عمل "أديسون" في كثير من المهن ليقتات هو وأسرته، فتدني مستوى العمل أدى به لبيع الحلوى والصحف والخضار في القطارات، واستثمر القطارات لإجراء التجارب الكيميائية فيها، إلى أن منع من القيام بالتجارب بعد أن كانت سبباً في اشتعال النيران داخل القطار. انتقل "أديسون" للعمل في البرقيات (التلغراف) كمشغل للتلغراف، وعمل بعدها في

مكتب وكالة أنباء، فكان يقضي

ليله في القراءة والتجريب.

كانت أولى براءة اختراع مسجلة

باسمه هي بسبب اختراع

لمسجل صوت كهربائي سنة

١٨٦٩م، وكان اختراعه

للفوتوغراف قد أكسبه شهرته

الأولى، وقد اعتبر هذا الاختراع

المذهل سحراً للناس في ذلك

العصر.

أنشأ "أديسون" أول مختبر

للبحوث الصناعية بولاية

"نيوجيرسي" من الأموال التي

حصل عليها من بيع



**Thomas Alva Edison**

"I like the Montessori method....It teaches through play. It makes learning a pleasure. It follows the natural instincts of the human being."

أنا أحب طريقة مونتيسوري .... وهو يعلم من خلال اللعب. يجعل التعلم متعة. ويترتب على الغرائز الطبيعية للإنسان

الفوتوغراف . أما اختراعه للمصباح الكهربائي فقد كان سنة ١٨٧٩م لتضاء به المنازل والشركات، كما قام بإنشاء نظاماً متكاملًا لتوليد وتوزيع الكهرباء. توالت اختراعات "أديسون" وحصوله على براءات الاختراع والجوائز العديدة بعد ذلك، مثل: الميكرفون الكربوني، والمنظار، وغيرها. وتكريماً له تم تسمية عدة جوائز باسمه . توفي "توماس أديسون" في ١٨ أكتوبر ١٩٣١م في "نيوجيرسي"، فقام متحف "هورون" بترميم مستودعه الأصلي الذي عمل به حين كان شاباً، وأطلق عليه اسم "متحف مستودع توماس اديسون".

ولفهم ماهية الكهرباء، ولفهم كيفية تولد الكهرباء لابد من التعرف على ما هي الذرة؟.

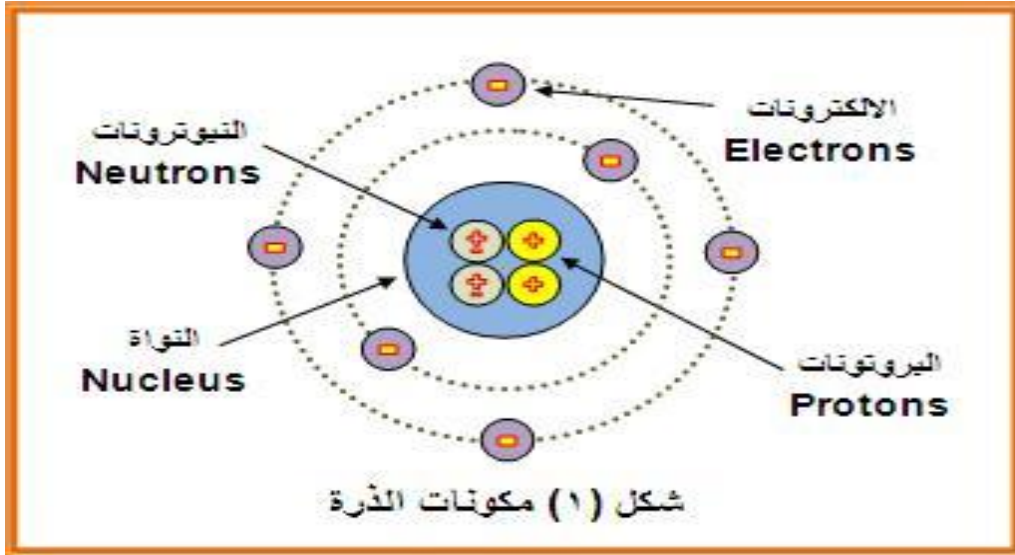
الذرة هي أصغر جزء من الجسيم وهي جزء متناه في صغره " مجهري " وكل شيء في نهاية الأمر.

تتكون الذرات من ثلاثة أجزاء:-

[١] البروتونات وهي الأجزاء من ذرة ذات الشحنة الموجبة ، وتواجد في منتصف الذرة "منطقة النواة" وهي ثابتة لا تتحرك.

[٢] النيوترونات وهي الأجزاء من الذرة التي لا تمتلك شحنة، أي أنها محايدة وتتواجد أيضاً في نواة الذرة مع البروتونات.

[٣] الإلكترونات وهذه الأجزاء من الذرة صغيرة جداً وتزن أقل بكثير من البروتونات و النيوترونات، و الإلكترونات لا تشكل جزءاً من نواة الذرة، فهي لا تتواجد داخلها ولكنها عوضاً عن ذلك تتحرك حولها في مدارات خارج النواة ، و الإلكترونات هي الجزء الوحيد المتحرك من الذرة.



## ■ انواع الكهرباء:

### ■ للكهرباء نوعان رئيسيان هما:

[١] الكهرباء السكونية أو الساكنة ينشأ هذا النوع من الكهرباء من خلال

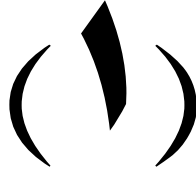
تجمع الإلكترونات أو غيابها على أي سطح ما، وتُعدّ هذه الظاهرة طبيعية وتنشأ عنها قيم كهربائية صغيرة بشكل عام، ومن الأمثلة عليها تولد الكهرباء الساكنة على قطعة بلاستيكية أثناء دلكها بصوف مثلاً، أو أثناء حركتك وأنت ترتدي لباساً صوفياً وتشعر بلسعة كهربائية في يديك حين تلامس سطحاً معدنياً، وكلّ هذه الأمثلة دليل على هذه الكهرباء الساكنة.

[٢] الكهرباء المتحركة تُسمّى بالمتحركة نتيجة لوجود تيار كهربائي وتدفق

لشحنات السالبة وهي الإلكترونات، وهذا النوع من الكهرباء يُدعى بالتيار، وينقسم التيار الكهربائي إلى نوعين هما التيار الكهربائي الثابت والمعروف باللغة الإنجليزية DC ، والتيار الكهربائي المتردد والمعروف أيضاً بالإنجليزية

AC.





## الكهرباء الساكنة

### وقانون كولوم

في نهاية هذا الدرس : نتوقع ان يكون الطالب قادر على:

1. التعرف على ماهية الكهرباء وانواعها وسبب تسميتها.
2. إعطاء مفهوم صحيح للشحنة الكهربائية .
3. إيجاد القوة الكهروستاتيكية التي توجد بين الشحنات وكذا الاستخدام الصحيح لقانون كولوم.

## تمهيد

عرف الإنسان الكهرباء من ايام قدماء اليونان عندما لاحظ ان ذلك قطعة كهربان - وهو عبارة بلورة متحجرة من خشب الصنوبر- بالفرو يجعلها تلتقط ذرات الغبار وقصاصات الورق الصغيرة بسهولة فقال إنها مكهربة وذلك نسبة الى للكهربان، واستخدم كلمة إلكترون (وهي الكلمة اليونانية للكهربان) للدلالة على الاجسام المكهربة. كما لوحظت ظواهر مماثلة عندما يدلك الزجاج بالحرير، أو عند تمشيط الشعر بمشط بلاستيكي جاف فيلتقط قصاصات الورق الصغيرة. ولو تلامست قطعة الكهربان مكهربة مع كرة معدنية صغيرة معلقة بخيط حريري ثم قربت هذه الكرة من أخرى مماثلة مشحونة بنفس الطريقة لتنافرت الكرتان. ولكن لو قربت الكرة الاولى نحو كرة مشحونة بالتلامس مع زجاج لتجاذبت الكرتان في هذه الحالة. فدل ذلك الى ان هناك نوعان من الشحنات اصطلح على اعتبار إحداهما سالبة (يحملها الكهربان) والثانية موجبة (يحملها الزجاج).

وبينت تجارب إضافية ان الكهربان المدلوك بالفرو يحمل شحنة سالبة بينما يحمل الفرو شحنة موجبة، أما الزجاج المدلوك بالحرير فيحمل شحنة موجبة بينما الحرير شحنة سالبة. وعموما فان ذلك اى جسمين ببعضهما يشحنها بشحنتين متعاكستين، لذا فمن المنطقي ان تكون الاجسام العادية معتدلة وعندما تدلك تتبادل الكهرباء بين بعضها بعضا.

## الشحنة الكهربائية

فيما سبق تعرضنا لفظ ان الجسم مشحون فما معنى ذلك؟ وهل الجسم المشحون يختلف في شكله او حجمة عن غيره من الجسيمات؟ وهل لو نظرنا اليه بالعين يتبين لنا انه مشحون من عدمه؟

للإجابة عن تلك التساؤلات كلها نقول انه في الحقيقة إن كون الجسم مشحونا لا يتعلق ذلك بخواصه الفيزيائية بالتالى لا يظهر ذلك على شكله او حجمه ومن ثم لانستطيع معرفة ذلك بالنظر الى الجسم والطريقة الوحيدة لمعرفة فيما اذا كان الجسم مشحونا هى أن نضعه قرب جسم آخر مشحون مسبقا فاذا دفعة أو جذبه عندها فقط نعرف انه مشحون. فالشحنة خاصية للجسم تمكنه من دفع او جذب أجسام مشحونة اخرى. وفيما يلي نستطيع إعطاء تعريف تائيرى للشحنة:

■ الشحنة تعرف بأنها الخاصية التي يمكنها جسم للتأثير على غيره من الاجسام التي تحمل نفس الخاصية.

فالشحنات تؤثر على بعضها بقوة كهربائية مثلما تؤثر الكتل على بعضها بقوة الجاذبية ، فمثلا لا يؤثر جسم مشحون كالبروتون بقوة كهربائية على جسم غير مشحون كالنيوترون بينما يؤثر عليه بقوة الجاذبية لان لكل منهما كتلة، لكن لا يؤثر على جسم عديم الكتلة والشحنة (كالضوء) بأى قوة.

ربما تكون الاجسام المتعادلة كهربائيا من حولنا ولاسيما ما يمكننا أن نراه منها، مسألة غير ملفتة للانتباه، إلا انها في حقيقة الامر تحتوى على اعداد هائلة من الشحنات الكهربائية. ومعنى ذلك ان الشحنات الموجبة تعادل وتساوى الشحنات السالبة ويقال عن الجسم في هذه الحالة انه متعادل كهربائيا، واما اذا كانت كمية الشحنات غير متساوية فاننا ننتقل الى حالة عدم التعادل. عندئذ نحصل على أجسام مشحونة كهربائيا إما بشحنة سالبة او موجبة. وبناء على ذلك تم تصنيف الشحنات الكهربائية ادى الى صياغة الظاهرتين المعروفين الآتين:

- الظاهرة الاولى: الشحنات المتشابهة تتنافر فيما بينها.
- الظاهرة الثانية: الشحنات غير المتشابهة تتجاذب فيما بينها.

وباعتماد الحقيقة العملية حول البنية الذرية للمادة واكتشاف كل من النواة ذات الطبيعة الكهربائية الموجبة والالكترون ذو الطبيعة الكهربائية السالبة. اصبحت المعلومات في هذا السدد متوافرة وبشكل مفيد للغاية، فقد ترتب على

ذلك معرفة الشحنة الاولية والمقصود بها شحنة الالكترون. وتم تحديد مقدارها بشكل مضبوط للغاية، واصبحت معروفة القيمة. كما اعتمد الحرف الانجليزي بشكله الصغير (e) للتعبير عن الالكترون واصبح معروفا ان:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

حيث الحرف الانجليزي بشكله الكبير (C) هي وحدة قياس الشحنة الكهربائية وتعرف بالكولوم ويمكن إعطاءه تعرف كالتالي:

▪ **الكولوم:** يعرف بأنه عبارة عن شحنة عدد من الالكترونات يساوي  $6.25 \times 10^{18}$  ومعنى هذا إن الجسم الذي يكتسب هذا العدد من الإلكترونات فإنه يحمل شحنة سالبة تساوي ١ كولوم. والجسم الذي يفقد ذلك العدد من الإلكترونات، يحمل شحنة موجبة تساوي ١ كولوم.

## قانون كولوم

في العام ١٧٨٥ أجرى العالم تشارلز كولوم تجارب عديدة على أجسام مشحونة كهربائياً بهدف معرفة العلاقة التي تحكم عمليات التجاذب والتنافر بينها، اي دراسة القوى المتبادلة بين الشحنات الكهربائية دراسة تجريبية. وقد أثمرت تجارب كولوم عن وضع قانون رياضي للتجاذب بين الشحنات يسمى باسمه ( قانون كولوم ) وما زال معمولاً به حتى اليوم .

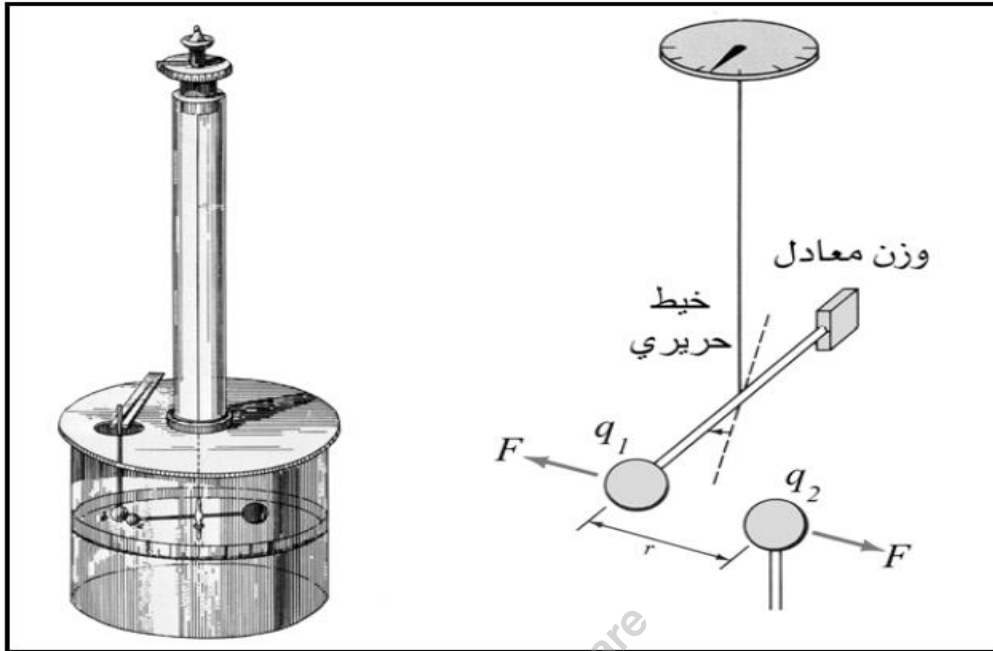
### Charles-Augustin de Coulomb شارل أوغستان دي كولوم

١٤ يونيو ١٧٣٦ - ٢٣ أغسطس ١٨٠٦

هو فيزيائي فرنسي اكتشف القانون الذي يحمل اسمه (قانون كولوم) والمتعلق بالقوى الفاعلة بين الجسيمات المشحونة. كما سميت وحدة قياس الشحنة الكهربائية باسمه كولوم.

اسهم كولوم اسهاماً علمياً في مجال الكهروستاتيكية والمغناطيسية . فقد اخترع ميزاناً الياً وصمم بوصلة تعتمد على مبدأ الي كما قدم برهان لقانون التربيع العكسي للقوة الكهروستاتيكية الذي اصبح اسمه فيما بعد قانون كولوم في الكهروستاتيكية وتخليداً وتعظيماً له اطلق اسمه على وحدة الشحنات الكهربائية .

وقد اجري تجاربه باستخدام ميزان اللى الذى صممه لهذا الغرض حيث تمكن من التوصل الى القانون الذى يعطى العلاقة بين القوة الكهروستاتيكية (سميت بهذا الاسم بسبب بقاء الشحنات فى مكانها ) ومقدار هذه الشحنات والمسافة الفاصلة بينهما.



الشكل (١-١) ميزان اللي للعالم كولوم، ويبين القوة الكهربائية بين شحنتين

إن ميزان اللي المكون من كرة معدنية صغيرة تحمل شحنة كهربائية مقدارها ( $q_1$ ) متصلة بوزن يعادلها لغرض الاستقرار بواسطة محور متصل بقرص مدرج مثبت عليه مؤشر يقيس زاوية الانحراف بسبب التأثير المتبادل بين الشحنة المعلقة واية شحنة اخرى. حيث ان مقدار زاوية الانحراف يتناسب مع قوة التنافر بين الشحنتين، وبتغير مقدار الشحنتين والمسافة بينهما في الفراغ توصل كولوم للنتائج التالية:

[١] تتناسب القوة الكهروستاتيكية المتبادلة والتي يرمز لها بالرمز  $F$  تناسباً طردياً مع مقدار الشحنتين ( $q_1$  ,  $q_2$ ) وهما شحنتان نقطيتان اي ان ابعادهما صغيرة اذا ما قورنت بالمسافة الفاصلة بينهما. ورياضياً تكتب على الصورة:

$$F \propto q_1 q_2 \quad (1)$$

[٢] تتناسب القوة الكهروستاتيكية المتبادلة تناسباً عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينهما ( $r^2$ ) ورياضياً تكتب على الصورة:

$$F \propto \frac{1}{r^2} \quad (2)$$

من العلاقتين (١) ، (٢) يمكن كتابة الآتي:

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (3)$$

وبتحويل التناسب إلى علاقة تساوي أي كتابتها على الصورة:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (4)$$

حيث  $k$  هو ثابت التناسب، ويطلق عليه الثابت الكهروستاتيكي، ويعتمد على الوحدات المستخدمة لقياس القوة والشحنة والمسافة، كما يعتمد أيضاً على الوسط الفاصل بين الشحنتين الكهربائيتين. وهنا يمكننا أن نقدم تعريفاً آخر للكولوم:

▪ الكولوم هو ذلك المقدار من الشحنة الكهروسكونية التي إذا وضعت على بعد (١ متر) من شحنة مماثلة لها وكان الوسط الفاصل بين الشحنتين الهواء كانت القوة بينهما  $9 \times 10^9$  نيوتن.

ولتحديد مقدار الثابت وباستخدام النظامي للقياس (SI). بوضع المقادير التالية للشحنت والمسافة:

$$q_1 = q_2 = 1 \text{ C (كولوم)}$$

$$r = 1 \text{ m (متر)}$$



فوجد ان قوة التنافر الكهروستاتيكية المتبادلة بينهما تساوى:

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N (نيوتن)}$$

وعليه وبالتعويض في العلاقة رقم ٤ نجد ان ثابت التناسب يساوى :

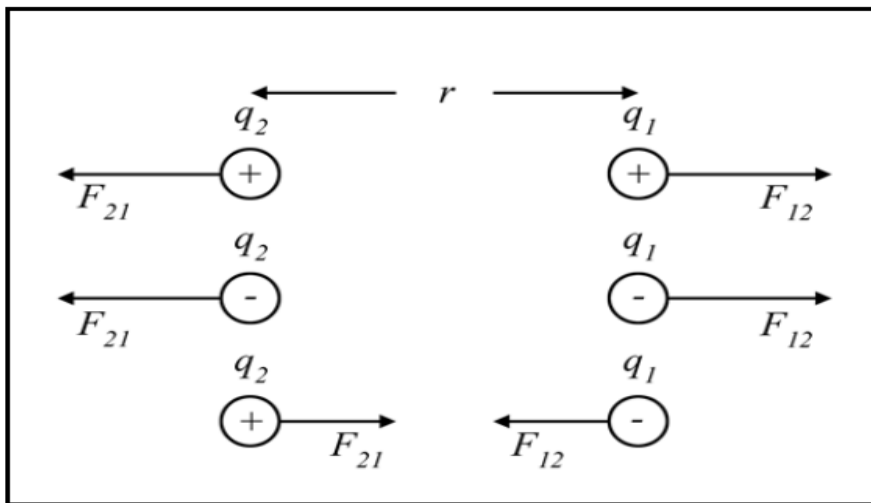
$$k = \frac{Fr^2}{q_1q_2} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N})(1 \text{ m}^2)}{1 \text{ C}^2} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^2$$

واخير نستطيع كتابة نص قانون كولوم كما التالي:

■ **قانون كولوم:** ينص على ان القوى المتبادلة بين اى شحنتين كهربائيتين نقطيتين تتناسب تناسبا طرديا مع مقدار كل منهما، وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

○ ملاحظه هامة:

من الضرورى ان تعرف عزيزى الطالب ان القوة الكهروستاتيكية هى كمية متجهة اى ان لكى نعرفا معرفة جيدة لابد من تعيينها مقدار واتجاها اى اضافة لما سبق لابد من الانبياه الى ضرورة تحديد تلك القوة. فى الشكل التالى توضيح لذلك:



في الشكل لاحظ ان قوة التاثير المتبادلة في الحالات الثلاثة متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه. وتذكر ان الشحنتين المتماثلين تتنافران فيما بينهما. وان الشحنتين المختلفين تتجاذبان فيما بينهما. ولتسهيل يمكننا كتابة الاتي:

✓ قوة التنافر ذات اشارة موجبة

✓ قوة التجاذب ذات اشارة سالبة

• مثال:

اذا كانت شحنة نواة ذرة الهيليوم تساوي ( $3.2 \times 10^{-19}$  كولوم) وشحنة نواة النيون تساوي ( $16 \times 10^{-19}$  كولوم) والمسافة الفاصلة بين النواتين تساوي ( $3 \times 10^{-9}$  متر) اوجد مقدار القوة الكهروستاتيكية بينهما. مع العلم بان الثابت  $k$  يساوي ( $9 \times 10^9$  نيوتن . متر<sup>2</sup> . كولوم<sup>2</sup>).

$$q_1 = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_2 = 16 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$r = 3 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^2$$

$$F = ??$$

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

• الحل:

$$F = 9 \times 10^9 \frac{(3.2 \times 10^{-19})(16 \times 10^{-19})}{(3 \times 10^{-9})^2} = 5.12 \times 10^{-10} \text{ N}$$

اي ان القوة الكهروستاتيكية بينهما تساوي  $5.12 \times 10^{-10}$  نيوتن  
وحيث ان القوة ذات اشارة موجبة هذا يدل على انها قوة تنافر وهذا لان الشحنتين متماثلتين.

## اسئلة وتمارين

- [١] هل تعلم لماذا سميت الكهرباء بهذا الاسم؟
- [٢] عرف الشحنة الكهربائية مع ذكر وحدة القياس؟
- [٣] اذكر نص قانون كولوم؟
- [٤] بالاستعانة بمعلوماتك بقانون كولوم بين ما يحدث للقوة الكهربائية بين شحنتين عندما:
١. تزداد إحدى الشحنتين إلى 3 أمثال ما كانت عليه .....
  ٢. تزداد إحدى الشحنتين إلى 3 أمثال ما كانت عليه وتقل الأخرى إلى الثلث .....
  ٣. تزداد إحدى الشحنتين إلى 3 أمثال ما كانت عليه وتزداد الأخرى إلى مثلي ما كانت عليه .....
  ٤. تزداد المسافة بين الشحنتين إلى الضعف .....
  ٥. تزداد المسافة بين الشحنتين إلى الضعف وتزداد إحدى الشحنتين إلى 4 أمثال .....
  ٦. تزداد المسافة بين الشحنتين إلى الضعف وتتضاعف كل من الشحنتين .....
- [٥] كرتان صغيرتان مجموع شحنتهما = ٥ ميكرو كولوم والمسافة بين مركزيهما ١ م والقوة المتبادلة بينهما  $0.4 \times 10^{-21}$  نيوتن احسب مقدار كل منهما

# (٢)

## الكهرباء التيارية

في نهاية هذا الدرس : نتوقع أن يكون الطالب قادر على:

١. ذكر مفهوم الكهرباء التيارية.
٢. تصنيف المواد من حيث توصيلها للكهرباء.
٣. تعريف التيار الكهربائي مع ذكر مفرداته.
٤. تعريف الجهد الكهربائي مع ذكر مفرداته.

## تمهيد

تتضمن الكهربية الديناميكية كل الظواهر المترتبة على حركة الشحنات الكهربية خلال موصل. ويتم نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية بوساطة نواقل من انواع ومقاسات مختلفة. تتكون هذه النواقل من قلب وغلاف. فالقلب عبارة عن مادة موصلة للكهرباء ، والغلاف عبارة عن مادة عازلة للكهرباء. وعموما تقسم المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربائي الى ثلاث اقسام، هي:

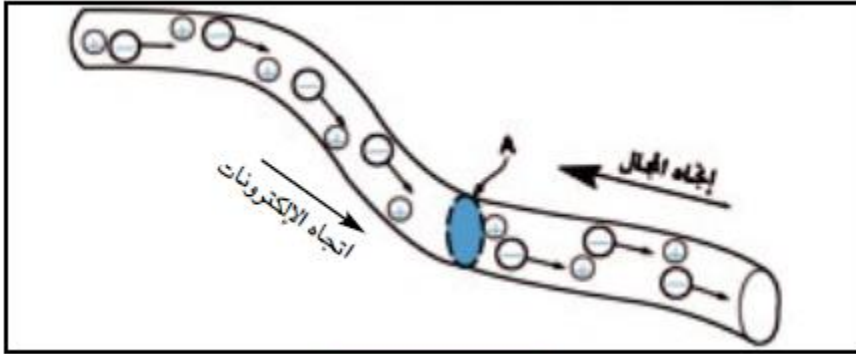
■ المواد الموصلة: وهي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل المعادن بمختلف أنواعها. ويرجع السبب في ذلك إلى تركيبها الذري حيث تحتوي على عدد هائل من الالكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تأثير قوة خارجية كمصدر جهد كهربائي او بطارية كما موضح في الشكل التالي. ان الفضة والنحاس والذهب والالومنيوم هي من الموصلات الممتازة. ولكن من النادر ما تستخدم الفضة او الذهب في عمل الموصلات بسبب ارتفاع ثمنها. اما النحاس فستخدم في شبكات التمديدات الداخلية والاجهزة الكهربائية والالكترونية. في حين يستخدم الالومنيوم في شبكات نقل وتوزيع الكهرباء الخارجية.

■ **المواد العازلة:-** وهى المواد التى لاتسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل الخشب والزجاج والمطاط والبلاستيك. ويرجع السبب فى ذلك إلى تركيبها الذرى حيث تحتوى على عدد قليل جدا من الالكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تاثير جهد كهربائي كما موضح فى الشكل التالي. للمواد العازلة أهمية كبيرة فى الأنظمة الكهربائية نظرا لاستعمالها المتعددة. فمثلا، يستخدم البلاستيك فى تغطية الأسلاك الكهربائية لحماية الانسان من الصدمة الكهربائية.

■ **اشباه الموصلات:** هى مواد وسط بين المواد العازلة والمواد الموصلة، اى إنها فى حالتها النقية عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون عازلة للكهرباء ويتم التحكم بموصليتها عن طريق اضافة بعض الشوائب اليها. ولاشباه الموصلات أهمية خاصة فى مجال الهندسة الالكترونية الحديثة حيث تستخدم فى صناعة جميع العناصر الالكترونية مثل الترانزستورات والدارات المتكاملة. ومن أهم المواد شبة الموصلة المستخدمة فى هذا المجال: السيليكون ومن ثم الجرمانيوم.

والشكل التالي يلخص مقارنة بسيط بين الموصلات والعوازل:

وفي الفلزات توجد بعض الالكترونات التي تعرف بالالكترونات الحرة لضعف ارتباطها بذراتها. لذلك يمكن لهذه الالكترونات ان تتحرك متجولة داخل الفلز. لذلك يكون التيار الكهربى فى الفلز ناتجا عن موجبة لهذه الالكترونات، ومع ذلك فهذه الحركة يوجد مايعوقها وتسمى المقاومة وسوف نتحدث عنها لاحقا. فوضع موصل فى مجال كهربي بالكيفية الموضحة بالشكل التالي: ينتج عنخ انتقال لبعض الالكترونات الحرة من طرف لطرف آخر فى عكس اتجاه المجال المؤثر، بينما تظل الايونات الموجبة ثابتة، وقد اصطلح على ان حركة إلكترونات وهي فى عكس اتجاه المجال تكافىء تيارا فى اتجاه المجال.



وينشأ عن مقاومة التيار داخل موصل إنتقال جزء من الطاقة الكهربائية للالكترونات إلي ذرات الموصل والتي تقوم بدورها بالتخلص منها الي الوسط صورة إشعاع، وبالتالي لكي نحصل على انتقال مستمر للشحنات الموصل لابد ان نوفر له ما يلي:

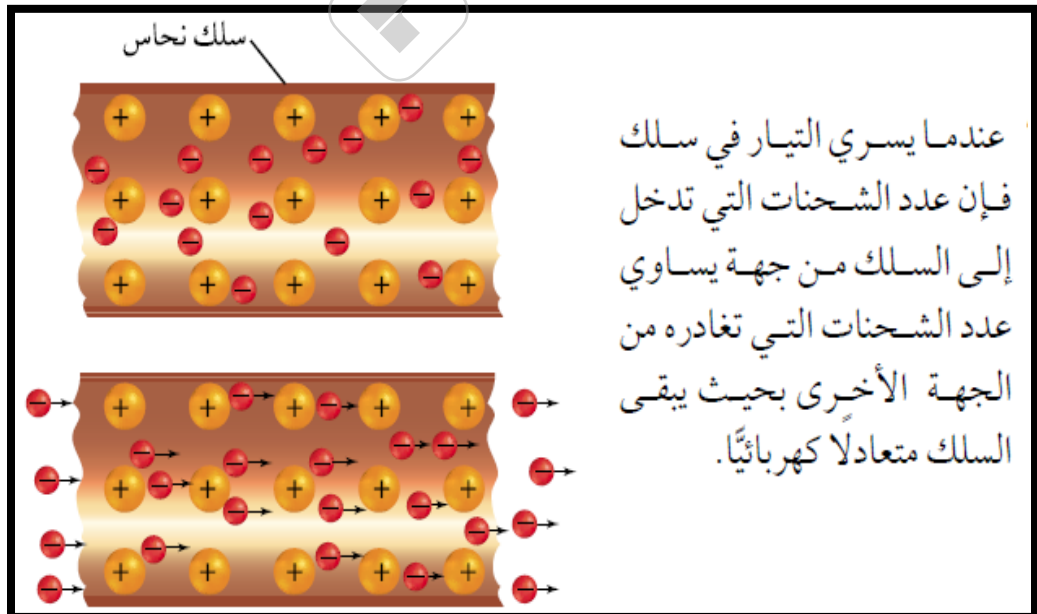
١. تزويد احد طرفيه بشحنات كهربية.
  ٢. سحب هذه الشحنات من طرفه الآخر.
- ويتطلب هذا بدوره:
١. وجود مصدر كهربى.
  ٢. وجود مسار مغلق تنتقل خلاله الشحنات متصل دورة كاملة تسمي الدائرة الكهربائية بحيث يكون التيار متواصلا وثابتا في الدائرة.



## التيار الكهربى

عندما تدير جهاز التلفاز تظهر صور على الشاشة ويصدر صوت؛ وذلك لأن التلفاز ينتج موجات ضوئية وصوتية تحمل طاقة تجعلك قادرا على رؤية الصور وسماع الصوت. ويحدث ذلك عندما يكون التلفاز متصلا بمصدر للكهرباء، حيث تتحول الطاقة الكهربائية من خلال التلفاز إلى ضوء وصوت. ولا تتوافر هذه الطاقة إلا عندما يسري تيار كهربائي في التلفاز.

يمكن تمثيل سريان الشحنات الكهربائية في سلك بسريان الماء في أنبوب، حيث تتحرك جزيئات الماء من مكان إلى آخر على طول الأنبوب. وهذا ما يحدث في السلك حيث تسري فيه الشحنات عندما تتحرك الإلكترونات على طول السلك وهذا ما يسمى التيار الكهربائي.



في المادة الموصلة التي يصنع منها السلك يكون عدد البروتونات مساويا لعدد الإلكترونات، وبذلك يكون السلك متعادلا كهربائيا وعندما يسري التيار الكهربائي في السلك كما في الشكل السابق، نجد أن عدد الإلكترونات التي تغادر طرفه الأيمن يساوي عدد الإلكترونات التي تدخل طرفه الأيسر بحيث يبقى السلك متعادلا كهربائيا. ومقدار التيار الكهربائي في سلك ما يكافئ كمية الشحنات الكهربائية التي تدخل السلك أو تغادره في كل ثانية. وعليه يمكننا ان نعطي الان تعريف لكمية فيزيائية نعبّر بها عن التيار تسمي شدة التيار كما يلي:

▪ شدة التيار الكهربائي: تعرف بانها هي كمية الشحنات التي تعبر نقطة ما في سلك موصل في الثانية الواحدة.

ويقاس التيار الكهربائي في النظام الدولي للوحدات بوحدة أمبير (A) نسبة الى العالم الفيزيائي أمبير. ويعبر عنه بالحرف الانجليزي بشكله الكبير (I). ويمكن كتابة علاقة رياضية تعبر عنه كالتالي:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}} = \text{أمبير}$$

عالم رياضيات وفيزياء فرنسي قاد علم الديناميكا الكهربائية واكتشف العديد من القوانين التي استفاد منها المهندسون في تحويلها الى معدات وآلات عظيمه الفائدةه للبشرية.

ويمكن تعريف الامبير كالتالي:

- الامبير هو شدة التيار الناشئ عن مرور شحنة قدرها ١ كولوم في زمن قدره ١ ثانية خلال مقطع الموصل.

مثال:

كم عدد الالكترونات التي تمر بنقطة حاجز موصل في زمن قدره ١ ثانية اذا كانت شدة التيار بهذه النقطة ٥٠ أمبير؟

الحل:

باستخدام العلاقة السابقة نحسب كمية الشحنة:

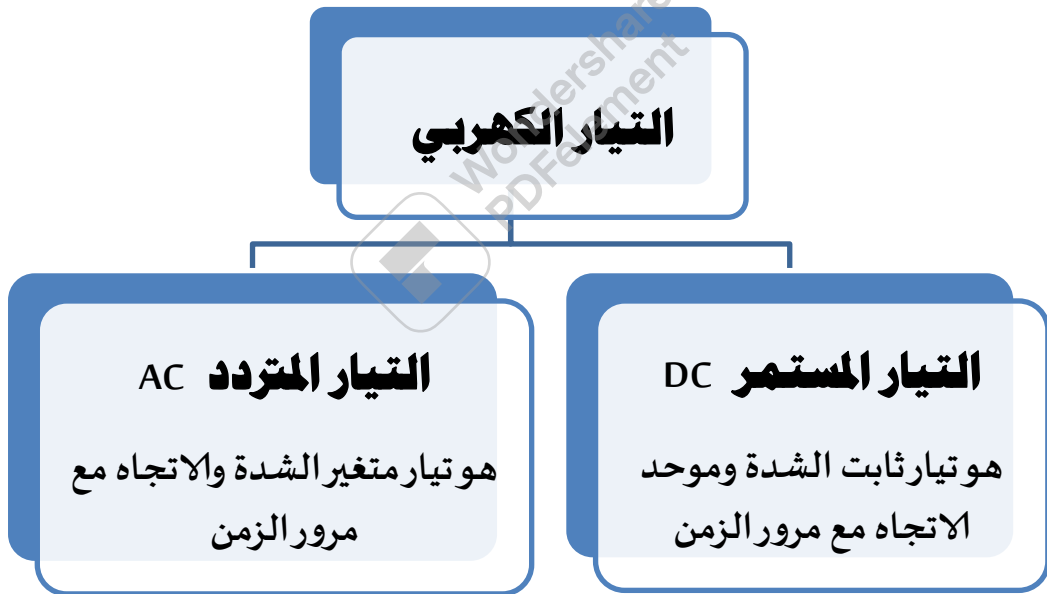
$$q = I t = 50 \times 1 = 50 \text{ C كولوم}$$

وبقسمة كمية الشحنة على شحنة الالكترون نحصل على عدد الالكترونات

$$N = \frac{q}{e} = \frac{50}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.125 \times 10^{20}$$

وفي الدائرة الكهربائية يرمز لجهاز الامبير بالرمز التالي:

اما في المعمل فتقاس شدة التيار  
الكهربي عن طريق يسمى الامتير  
كما في الصورة المقابلة:



**ملاحظة مهمة:** معظم الاجهزة في بيوتنا تستخدم تيار متردد بينما يمكننا ملاحظة التيار المستمر في البطاريات وكذا مخرج معظم الشواحن

## الجهد الكهربى

كما درسنا سابق ومن المعروف لدينا أن الشحنة دائما تنجذب إلى الشحنة المعاكسة لها بالقطبية، فالشحنة الموجبة تبحث عن السالبة لتنجذب إليها .. وكلما كانت هذه الشحنة قوية. كلما ازدادت قوة التجاذب بينهما . ومقدار هذه القوة نعبر عنها بما يسمى الجهد الكهربائي.

وعليه فالجهد الكهربى هو الطاقة اللازمة لدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب، وينتج عن هذه الحركة تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع أخرى من أنواع الطاقة وأهمها الطاقة الحرارية وذلك ناجم عن مقاومة المواد الموصلة لحركة اللإلكترونات، ويمكن تمثيل الجهد الكهربائي بضغط الماء.الضغط الذي يقوم بإجبار الماء بالانتقال من مكان إلى آخر عبر الأنابيب اما في حالة الكهرباء هى الأسلاك الكهربائية. اما فرق الجهد بين النقطتين يمكن تعريفه كما يلي:

▪ فرق الجهد: يعرف بأنه الشغل اللازم لنقل شحنة كهربائية من نقطة الى أخرى.

ويقاس فرق الجه فى النظام الدولى للوحدات بوحدة تسمى فولت (V) نسبة الى العالم الفيزيائى الايطالى ألساندرو فولتا. ويعبر عنه بالحرف الانجليزى بشكله الكبير (V).

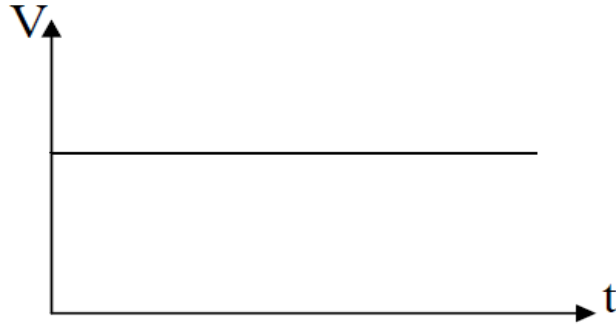
وأداة قياس فرق الجهد الكهربائي يقال لها الفولتметр وهي كلمة مركبة من فولت وهي وحدة قياس الجهد الكهربائي ومتر وهو جهاز قياس، وركبت الكلمتان مع بعضهما كي تعطيان معنى جهاز قياس الجهد " الفولتметр ". يوصل الفولتметр على التوازي في الدائرة المراد قياس الجهد عليها. كما يتضح بالشكل التالي:

وفي الدائرة الكهربية يرمز لجهاز الفولتميتر بالرمز التالي:

▪ **انواع الجهد:** يوجد ثلاث انواع رئيسية من الجهد تفصيلها كما يلي:

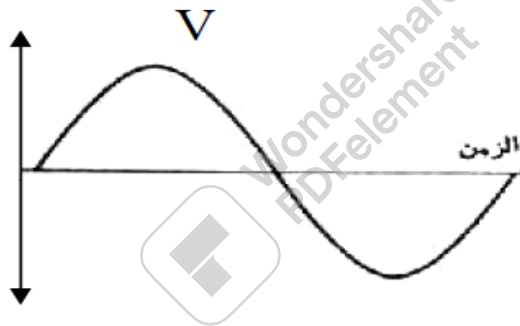
[١] **الجهد المستمر DC:**

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



### [٢] الجهد المتردد AC:

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



### [٣] الجهد المقوم او المختلط:

وهو متغير القيمة وثابت الاتجاه مع تغير الزمن ويمكن الحصول عليه من دوائر التيار المتردد.



## اسئلة وتمارين

١. عرف شدة التيار الكهربى مع ذكر وحدة القياس واسم الجهاز المستخدم للقياس؟
٢. عرف فرق الجهد مع ذكر وحدة القياس واسم الجهاز المستخدم للقياس؟
٣. قارن بين الموصلات والعوازل؟
٤. كم عدد الالكترونات التي تمر بنقطة حاجز موصل في زمن قدره ٣ ثانية اذا كانت شدة التيار بهذه النقطة ١٠٠ أمبير؟
٥. فرق بين انواع الجهد الكهربى؟





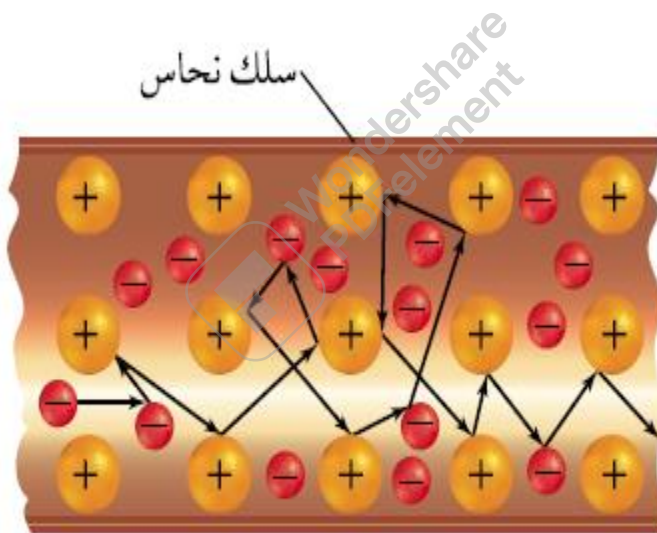
## المقاومة الكهربائية وقانون اوم

في نهاية هذا الدرس : نتوقع أن يكون الطالب قادر على:

١. إعطاء مفهوم عن المقاومة الكهربائية.
٢. تحديد العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الكهربائية.
٣. تعريف قانون اوم.
٤. تحقيق قانون اوم عمليا.

## مفهوم المقاومة الكهربائية

لفهم ما هية المقاومة الكهربائية دعنا نتخيل عزيزي الطالب انك تحاول الوصول الى مدرج المحاضرة وانت تسير في ممر مزدحم بالطلبة فإنك قد تصطدم بالعديد منهم. لتتفادى ذلك فإنك تغير اتجاه حركتك فتبطئ أحياناً، وتسرع أحياناً أخرى. وبالرغم من تغير مقدار السرعة واتجاه الحركة فإنك تتابع السير نحو المدرج. وهذا ما يحدث بالمثل في أثناء حركة الإلكترونات في سلك ما، حيث تصطدم مع ذرات السلك أو مع شحنات كهربائية أخرى، وينتج عن ذلك تغير في اتجاه . حركتها ويتضح ذلك كما بالشكل التالي:



ومن الشكل يتضح لنا انه في أثناء حركة الإلكترونون في سلك يتعرض لعدد هائل جداً من التصادمات في الثانية الواحدة ، وبين كل تصادم وآخر يعمل المجال الكهربائي في الدائرة على تسريع الإلكترونات في اتجاه سريان التيار الكهربائي.

وهكذا فإن المقاومة الكهربائية لجسم ما هي إلا مقياس مدى معاوقة ذلك الجسم لسريان الالكترونات فيه. تعد المقاومة الكهربائية للعازل كبيرة جداً مقارنة بمقاومة الموصلات، وتقاس المقاومة الكهربائية بوحدة تُسمى الأوم نسبة إلى العالم الفيزيائي الألماني جورج سيمون جورج أوم ويرمز لها بالرمز اليوناني أوميغا  $\Omega$ . وعليه نستطيع وضع التعريف التالي للمقاومة:

■ المقاومة: تعرف بانها المعاوقة التي يلاقيها التيار عن مرور في موصل ما. ونعبر عنها بالحرف الانجليزي بشكله الكبير (R).

وفي الدوائر الكهربائية يرمز للمقاومة بالرمز التالي:

وتضاف المقاومات في الدوائر الكهربائية لكي نتحكم في فرق الجهد والتيار في تلك الدوائر.

العوامل التي تتوقف عليها مقاومة موصل:

١. طول الموصل (L): حيث تتناسب مقاومة موصل مع طوله تناسباً طردياً أي أن:

$$R \propto L$$

٢. مساحة مقطع الموصل (A): حيث تتناسب مقاومة موصل مع طوله تناسباً طردياً أي أن:

$$R \propto \frac{1}{A}$$

وعليه يكون

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

وباستبدال التناسب بالتساوى ووضع ثابت تصبح على الصورة التالية:

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

حيث ثابت التناسب  $\rho$  يعتمد على نوع المادة أى انه خاصية مميزة لكل مادة ويسمى بالمقاومة النوعية للموصل وبترتيب العلاقة السابقة لتصبح على الشكل التالى:

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

يمكننا وضع تعريف بسيط للمقاومة النوعية:

- المقاومة النوعية لموصل: هي قيمة مقاومة موصل طوله واحد سم ومساحة مقطعه واحد سم مربع. ووحده قياسها طبقا للنظام الدولي هي اوم . سم<sup>2</sup> سم<sup>-1</sup>.

### معلومة هامة

الدائرة الكهربائية: هي أي حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية. فمثلا الشكل التالي يوضح ابطء دائرة كهربائية تحتوى على بطارية ومقاومة فقط.

## قانون أوم

يعد قانون أوم من أهم القوانين في فرع الفيزياء الكهربائية، حيث أثبت العالم الألماني جورج سيمون أوم (١٧٨٧-١٨٥٤ م) بعد سلسلة من التجارب في عام ١٨٢٦م أن التيار الكهربائي المار في موصل يتناسب طردياً (علاقة خطية) مع فرق الجهد الكهربائي المطبق بين طرفيه. وثابت التناسب يعبر عن المقاومة الكهربائية:

$$\text{فرق الجهد} = \text{ثابت} \times \text{التيار}$$

اي ان:

قانون أوم يصف العلاقة حسابياً بين كلا من فرق الجهد الكهربائي الذي يعبر عن قوة تدفق الشحنات الكهربائية.. وبين المقاومة الكهربائية التي تقاوم وتعيق هذا التدفق.. وبين النتيجة الحقيقية لهذا التدفق وهو التيار الكهربائي. ولكن تحن شرط ثبوت درجة الحرارة وعدم تغير خواص الموصل. ويمكن التعبير عنه رياضياً بالعلاقة التالية:

$$V = I R$$

لاحظوا أن العلاقة سهلة وبسيطة جداً.. كلما زاد الجهد او قلت المقاومة كلما زاد التيار المتدفق.. و زيادة المقاومة تحد من مرور التيار.

### نص قانون أوم

عند ثبوت درجة الحرارة يتناسب شدة التيار المار في موصل طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه

## تحقيق قانون اوم عمليا

ولتحقيق قانون اوم داخل المعمل نستعين بالادوات التالية:

١. بطارية: وهذه لامداد الدائرة بالطاقة الكهربائية اللازمة لمرور التيار.
٢. مقاومة كهربية: وهذه تعتبر بمثابة الموصل الذي يمر به التيار.
٣. ريوستات: وهى عبارة عن مقاومة متغيره لتحكم فى مقدار التيار المار فى الدائرة.
٤. اميتر: لقياس شدة التيار الكهربى.
٥. فولتميتر: لقياس فرق الجهد بين طرفى الموصل.
٦. سلك كهربى: وهذا لتوصيل مكونات الدائرة المختلفة. كما هى واضحة فى الشكل التالى:

### خطوات العمل:

- [١] نوصل الدائرة الكهربائية كما بالشكل السابق.
- [٢] بواسطة الريوستات نجعل قيمة معينة من التيار لتمر داخل الدائرة والتى يمكن معرفتها من خلال الاميتر.

[٣] نقيس مقدار فرق الجهد باستخدام الفولتميتر .

[٤] من خلال الريوستات نزيد من قيمة التيار المار بشكل منتظم ونقيس قيمة فرق الجهد المقابلة لكل قيمة من التيار.

[٥] نسجل جميع النتائج في جدول كالتالي:

I	V

نرسم العلاقة بين التيار على المحور الافقي ة فرق الجهد على المحور الراسي تنتج رسم بياني كما بالشكل التالي:



حيث ان الشكل عبارة عن خط مستقيم يمر بنقطة الاصل هذا يثبت ان العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد علاقة تناسب طردى وبحساب ميل الخط المستقيم تنتج قيمة المقاومة الكهربائية المدمجة في الدائرة وهذا ايضا يثبت ان ثابت التناسب هي المقاومة.

## اسئلة وتمارين

١. في الدائرة التالية هناك تيار بقيمة ١٢ امبير ومقاومة ١ اوم، احسب فرق الجهد  $V$  بين طرفي المقاومة؟

٢. اذكر نص قانون اوم؟ ووضح كيف يمكنك تحقيقه عمليا؟

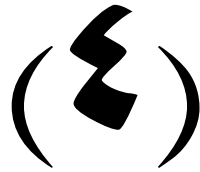
٣. عرف المقاومة النوعية لموصل؟ مع ذكر وحدة قياسها؟

٤. عرف المقاومة مع شرح ماهي العوامل التي تتوقف عليها؟

٥. موصل من معدن معين مقاومة تساوى ٥ اوم طوله ١٢ سم ومساحة مقطعه

١٠ سم<sup>٢</sup> احسب المقاومة النوعي لهذا الموصل؟





## توصيل الدوائر الكهربائية

في نهاية هذا الدرس : نتوقع ان يكون الطالب قادر على:

١. ان يتعرف على عناصر الدائرة الكهربائية.
٢. ان يوصل البطاريات او المقاومات سواء توالى او توازى.
٣. ان يحصل على القيمة المكافئة لدائرة كهربية بها مجموعة من المقاومات.

## عناصر الدائرة الكهربائية

في ما يلي عرض بسيط لبعض المكونات المهمة التي تحتوى على اى دائرة كهربية :

### [١] مصدر الطاقة الكهربائية (البطارية):

يستمد التيار المار في دائرة طاقتة من منبع للطاقة الكهربائية. وتنتج هذه الطاقة عن تحول الطاقة المختلفة كالكيميائية او الميكانيكية او الحرارية او غيرها الى طاقة كهربية فقد يكون المصدر الكهربى على شكل بطارية مكونة من اعمدة كهربية (تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربية) او مولد كهربى (تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربية) او ازدواج حرارى (تحويل الطاقة احرامية الى طاقة كهربية) او خلية شمسية او ضوئية (تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربية).

ويوجد نوعان من البطاريات الخلايا الاولى والخلايا الثانوية الخلايا الاولى ترمى بعد استنزاف طاقتها اما بالنسبة للخلايا الثانوية فإنه من الممكن اعادة شحنها من

جديد

## [٢] المقاومة

المقاومة هي احدى المكونات الالكترونيه وقد صممت لكي تقلل او تقاوم سريان التيار وكلما زادت قيمة المقاومه كلما قل سريان التيار وابسط انواع المقاومات مصنوع من الكربون والمقاومه المعطوبه تسبب في فتح الدائرة او بتغير القيمه ويوجد عدة انواع من المقاومات منها المقاومات الضوئية التي تقل مقاومتها باشتداد الضوء والمقاومات الحرارية التي تقل مقاومتها بإرتفاع درجة الحرارة.

ومن المهم معرفة ان للمقاومة نوعين اساسين هما:

المقاومة الثابتة وهى ذات قيمة ثابتة لا تتغير قيمتها داخل الدائرة ولها الشكل والرمز التالي:



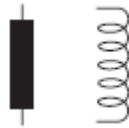
المقاومة المتغيرة وهى ما يطلق عليها فى المعامل الريوستات وهى تستخدم اما فى توزيع الجهد فى الدائرة او كمجزئ للتيار ولها الشكل والرمز التالي:

## [٣] الملف

الملف عبارة عن سلك موصل، ملفوف حول قلب حديدي أو هوائي، عند مرور التيار فيه فإنه يتحول إلى مغناطيس، أي يولد خطوط قوة مغناطيسية. وعليه يتم في الملف تخزين الطاقة الكهربائية على هيئة طاقة مغناطيسية.

إذا اعتبرنا أن اتجاه التيار هو اتجاه حركة الإلكترونات، فإننا نستخدم قاعدة اليد اليسرى لمعرفة القطب الشمالي والقطب الجنوبي. أما إذا اعتبرنا اتجاه التيار هو الاتجاه الإصطلاحي، فإننا نستخدم قاعدة اليد اليمنى.

يرمز للملف بالرمز الشائع هو  $L$ ، ويكون الرمز الكهربائي له في الدائرة بأحد الشكلين التاليين:



إن وظيفة المقاومة هي إعاقة مرور التيار، بينما تكون وظيفة الملف إعاقة تغيير قيمة التيار وذلك يكون نتيجة لما يعرف بالحث الذاتي للملف  $L$ ، ويتم قياس الحث بوحدة الهنري. نسبة إلى العالم الفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري.

## [٤] المكثف

المكثف في ابسط أنواعه عبارة عن لوحين معدنيين يفصلهما عن بعضهما لوح آخر من مادة عازلة وبتوصيل هذين اللوحين بمنبع وليكن بطارية فان الكهرياء تسرى في الدائرة ويشحن احد اللوحين بشحنة موجبة لاتصاله بقطب البطارية الموجب وفي نفس الوقت يشحن اللوح الأخر بشحنة سالبة نظرا لاتصاله بقطب البطارية السالب وينتج عن ذلك وجود فرق جهد بين اللوحين اقل من فرق الجهد بين قطبي البطارية فان البطارية تستمر في شحن اللوحين إلى أن يتساوى فرق الجهد (للضغط بالفولت) بين اللوحين وبين قطبي البطارية وفي هذه الحالة تكون عملية شحن المكثف قد انتهت وأصبح المكثف مشحونا وكمية الكهرياء المستعملة في شحن اللوحين تتوقف على ضغط منبع التيار ( البطارية مثلا ) وكذلك على سعة المكثف ، مقدرة المكثف على تخزين الكهرياء.

وتقسم المكثفات إلى أنواع حسب نوع المادة العازلة التي يحتويها كل مكثف إلى :

- مكثف هوائي ( المادة العازلة هي الهواء )
- مكثف ورقي ( المادة العازلة هي الورق )
- مكثف سيراميك ( المادة العازلة هي السيراميك )
- مكثف كيميائي ( المادة العازلة هي حامض كيميائي )

كما يمكن تقسيمها حسب القطبية إلى قسمين :

١. مكثفات ذات قطبية (وهي المكثفات الكيميائية فقط) ويرمز لها بالرمز



٢. مكثفات ليس لها قطبية (كبقية الأنواع الأخرى من المكثفات) ويرمز لها بالرمز



ويستخدم الحرف C في أغلب الأحيان للرمز للمكثف في الدوائر، مثل الدائرة التالية :

العوامل التي تعتمد عليها سعة المكثف:

تتوقف سعة المكثف على ما يأتي

[١] مساحة اللوحين: فإنه كلما زادت مساحة الألواح المكونة للمكثف زادت

سعته وإذا قلت مساحة الألواح قلت السعة.

[٢] المسافة بين اللوحين: فإنه كلما زادت المسافة بين اللوحين قلت السعة

وقلما قلت المسافة زادت السعة.

[٣] نوع العازل المستعمل: فإنه تزيد سعة المكثف باستعمال عازل آخر خلاف

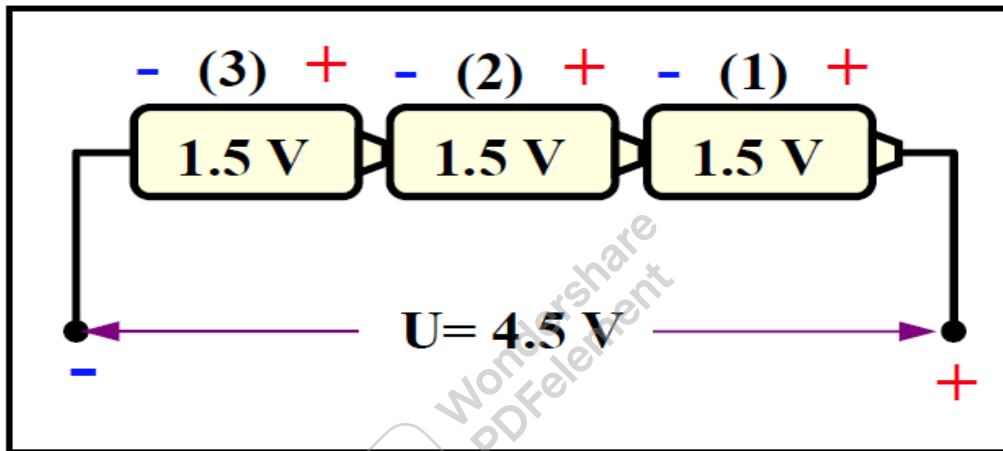
الهواء.

سعة المكثف : هي النسبة بين الشحنة المخزنة على أحد اللوحين وفرق الجهد بينهما ويرمز لها بالرمز C وتقاس بوحدة الفاراد للعالم الفيزيائي الانجليزي مايكل فاراداي.

## التوصيل على التوالي والتوازي

### أولاً: توصيل البطاريات على التوالي:

الشكل التالي يوضح توصيل البطاريات على التوالي حيث يتم توصيل القطب الموجب لمصدر للبطارية الأولى بالقطب السالب للبطارية الثانية وهكذا.



ويشترط ان تكون جميع مصادر الجهد متماثلة وتوصل البطاريات على التوالي عند الحاجة لجهد أعلي مما يعطيه مصدر جهد منفرد بينما يكون تيار المصدر كاف.

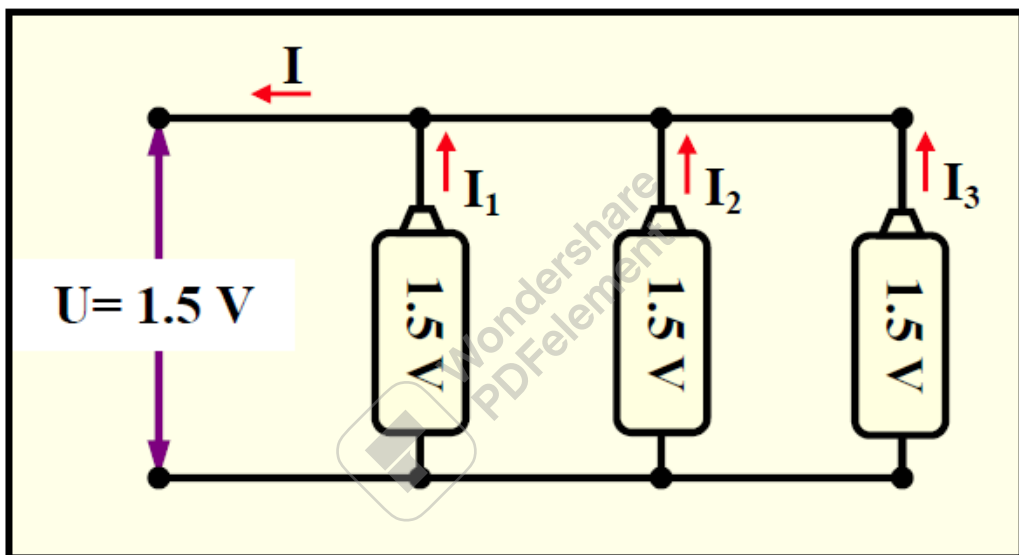
الجهد الكلي = جهد البطارية ١ + جهد البطارية ٢ + جهد البطارية ٣ + جهد البطارية ٤

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

التيار الكلي = تيار إحدى البطاريات.

## ثانياً: توصيل البطاريات على التوازي:

الشكل التالي يوضح طريقة توصيل البطاريات على التوازي حيث يتم توصيل جميع الأقطاب الموجبة مع بعضها وكذلك الأقطاب السالبة مع بعضها. ويشترط ان تكون جميع مصادر الجهد متماثلة. وتوصل البطاريات على التوازي عند الحاجة الى شدة تيارا أعلي مما يعطيه مصدر واحد ويكون جهد المصدر الواحد كافياً.



الجهد الكلي = جهد إحدى البطاريات

التيار الكلي = تيار البطارية ١ + تيار البطارية ٢ + تيار البطارية ٣ + تيار البطارية ٤

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$



### ثالثاً: توصيل المقاومات على التوالي:

عندما يكون هناك عدد من المقاومات متصلة بحيث تكون مسارا واحدا بمرور التيار وأن التيار ثابت في جميع المقاومات في هذه الحالة فقط تكون المقاومات متصلة على التوالي والشكل التالي يوضح حالات مختلفة من التوصيل. تذكر بأنه إذا كانت هناك قيمه واحده للتيار بين إي نقطتين تصبح جميع المقاومات بين النقطتين موصله على التوالي.

وابسط طريقة يتم توصيل المقاومات على التوالي كما في الشكل التالي :

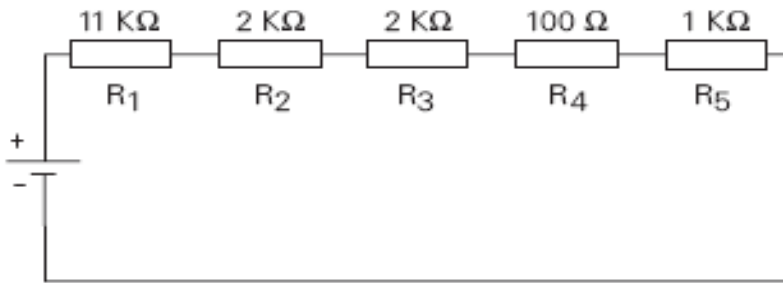


عند توصيل المقاومات على التوالي ، فإن القيمة الكلية للمقاومة يمكن حسابها كالآتي:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

أي ان المقاومة المكافئة تساوى مجموع قيم المقاومات المتصلة على التوالي.

**مثال:** إذا كانت قيم المقاومات كالآتي:



فإن القيمة الكلية للمقاومة تكون :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_t = 11000 + 2000 + 2000 + 100 + 1000$$

$$R_t = 16100 \text{ اوم}$$

أي ان الدائرة السابقة تكافئ الدائرة المقابلة

**مثال:** إحسب قيمة التيار المار في الدائرة التالية :

الحل :

نقوم بإيجاد قيمة المقاومة المكافئة في الدائرة ، والتي تساوي ١٠ أوم ، فتكون الدائرة المكافئة للدائرة السابقة هي :

وباستخدام قانون أوم :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{10} = 1.2 \text{ أمبير}$$

لاحظ أن قيمة التيار المار في الدائرة ، قيمة واحدة ، لأنه ليس هناك مسار آخر للتيار ، أما قيمة الجهد ( ١٢ فولت ) فإنها تقسم وتوزع على المقاومات حسب قيمة كل مقاومة ، فكلما كانت المقاومة كبيرة ، كلما أخذت جزءا أكبر من الجهد على طرفيها ، فمثلا :

فرق الجهد المطبق على R1 والتي قيمتها ٥ أوم تساوي :

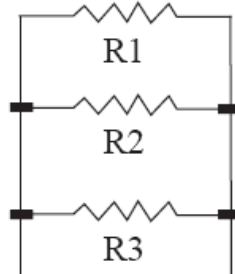
$$V_{R1} = I \times R_1 = 1.2 \times 5 = 6 \text{ volt}$$

أما الجهد المطبق على R2 والتي قيمتها ١ أوم تساوي :

$$V_{R2} = I \times R_2 = 1.2 \times 1 = 1.2 \text{ volt}$$

## رابعاً: توصيل المقاومات على التوازي:

يتم توصيل المقاومات على التوازي مع مصدر الـ DC كما في الشكل التالي :



ويتم حساب القيمة الكلية للمقاومة عن طريق القانون التالي :

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

مثال: إحسب قيمة المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات الموجودة في الدائرة

التالية :



الحل:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_t} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_t} &= \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20} \\ \frac{1}{R_t} &= \frac{4}{20} + \frac{2}{20} + \frac{1}{20} = \frac{7}{20} \\ R_t &= \frac{20}{7} = 2.86 \text{ اوم} \end{aligned}$$