كهرباء

أولي تربية عام بيولوجي وجيولوجي

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الجزء الاول : كهرباء	
☒ مقدمة عن الكهرباء.....	١١
☒ قصة اكتشاف الالكترون	٦
☒ الكهرباء الساكنة وقانون	٧
كولوم.....	٨
تمهيد.....	١١
الشحنة الكهربية.....	١٦
قانون كولوم.....	١٧
اسئلة وتمارين.....	١٨
☒ الكهرباء	٢٢
التيارية.....	٢٦
تمهيد.....	٢٩
التيار الكهربي.....	٣٠
الجهد الكهربي.....	٣١
اسئلة وتمارين.....	٣٤
☒ المقاومة الكهربائية وقانون	٣٥
اوم.....	٣٧
مفهوم المقاومة الكهربائية.....	٣٨
قانون اوم.....	٣٩
تحقيق قانون اوم عمليا.....	٤٤
اسئلة وتمارين.....	٤٤

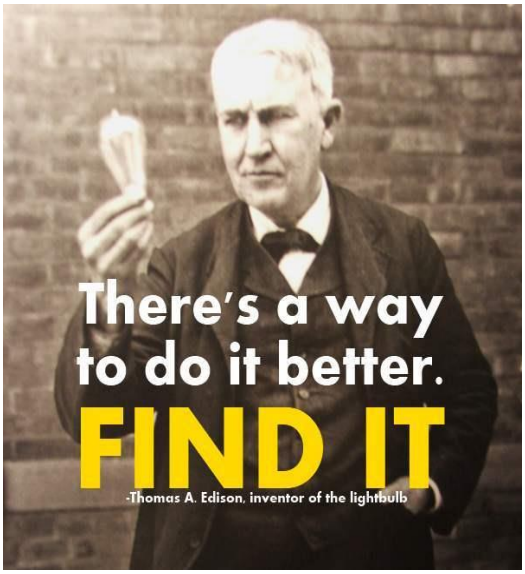
☒ توصيل الدوائر	٤٥
الكهربية.....	٤٦
عناصر الدائرة الكهربية.....	٤٩
التوصيل على التوالي والتوازي.....	٥١
اولا: توصيل البطاريات على التوالي.....	
ثانيا: توصيل البطاريات على التوزاى.....	
ثالثا: توصيل المقاومات على التوالي:.....	
رابعا: توصيل المقاومات على التوازي.....	
اسئلة وتمارين.....	
☒ خصائص اشعة الكاثود	
☒ حركة الإلكترون في المجالات الكهربية الإستاتيكية	
☒ حركة الإلكترون في المجالات المغناطيسية	
☒ انبوبة اشعة الكاثود	
☒ الميكروسكوب الالكتروني	
☒ مطياف الكتلة	

مقدمة عن الكهرباء

تعد الكهرباء عنصرا أساسيا في حياتنا اليومية، و لا يمكن لنا الاستغناء عنها. عندما تنظر من حولك ستجد كل مكان يكاد لا يخلو من آلة كهربائية أو جهاز كهربائي، فمصابيح الإضاءة جعلت لتنير المنازل وشوارع المدينة ليلا، والتدفئة المركزية في المناطق الباردة والتكييف عند الاحساس بالحرارة كلها أصبحت اليوم متوقفة على الكهرباء. ماذا يعني لك أن تصحو يوما 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 " (١٨٤٧م - ١٩٣١م)،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



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

صوت كهربائي سنة ١٨٦٩م، وكان اختراعه للفوتوغراف قد أكسبه شهرته الأولى، وقد اعتبر هذا الاختراع المذهل سحراً للناس في ذاك العصر .

أنشأ "أديسون" أول مختبر للبحوث الصناعية بولاية "نيوجيرسي" من الأموال التي حصل عليها من بيع الفوتوغراف . أما اختراعه للمصباح الكهربائي فقد كان سنة ١٨٧٩م لتضاء به المنازل والشركات، كما قام بإنشاء نظاماً متكاملاً 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."

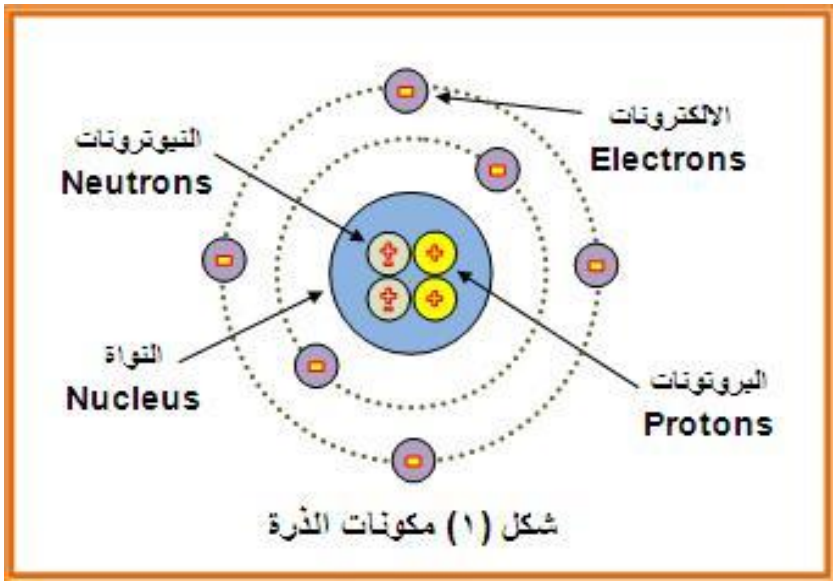
ولفهم ماهية الكهرباء، ولفهم كيفية تولد الكهرباء لابد من التعرف على ما هي الذرة؟.

الذرة هي أصغر جزء من الجسيم وهي جزء متناه في صغره " مجهري " و كل شيء في نهاية الأمر. تتكون الذرات من ثلاثة أجزاء:-

[١] **البروتونات** وهي الأجزاء من ذرة ذات الشحنة الموجبة ، ووتواجد 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.



شكل (١) مكونات الذرة

- **انواع الكهرباء:**
- **للكهرباء نوعان رئيسيان هما:**

[١] **الكهرباء السُكونيّة أو الساكنة** ينشأ هذا النوع من الكهرباء من خلال تجمّع الالكترونات أو غيابها على أي سطحٍ ما، وتُعدّ هذهِ الظاهرة طبيعيّة وتنشأ عنها قيم كهربائية صغيرة بشكل عامّ، ومن الأمثلة عليها تولّد الكهرباء الساكنة على قطعة بلاستيكية أثناء دلكها بصوف مثلاً، أو أثناء حركتك وأنت ترتدي لباساً صوفياً وتشعر بلسعة كهربائية في يديك حين تُلامس سطحاً معدنيّاً، وكلّ هذهِ الأمثلة دليل على هذهِ الكهرباء الساكنة.

[٢] **الكهرباء المُتحرّكة** نُسمّيها بالمُتحرّكة نتيجة لوجود تيّار كهربائي وتدفّق للشحنات السالبة وهيَ الالكترونات، وهذا النوع من الكهرباء يُدعى بالتيّار، وينقسم التيّار الكهربائي إلى نوعين هُما التيار الكهربائي الثابت والمعروف باللغة الإنجليزيّةDC ، والتيار الكهربائي المُتردد والمعروف أيضا بالإنجليزيّة.AC

قصة اكتشاف الالكترون

لم يكن لمفهوم الإلكترون أن يظهر لولا اعلان اليساندرو فولتا Allesandro Volta في العشرين من آذار مارس عام ١٨٠٠ عن اختراعه لعمود فولتا، وهو الصورة البدائية للعمود الجاف (البطارية)، عندما جمع بين معدنين مختلفين، هما الخارصين والفضة، بعد أن فصل بينهما بقطعة من قماش بللها في محلول من ملح، وربط هذا الزوج بمثله ثم بمثله، فلما تسلسلت، أعطت السلسلة تياراً كهربائياً ضعيفاً، تزداد قوته بزيادة طول السلسلة.

أوقد هذا الاختراع شعلة في رأس جونز برزيليوس Jons Berzelius، وأخذ يعمل على امرار الكهرباء القادمة من عمود فولتا خلال محاليل المركبات، وأعلن بعد عامين من اختراع عمود فولتا أن العناصر المعدنية (الأيونات الموجبة من محلول المركب بالمفهوم الحديث) تذهب دائماً الى القطب السالب المربوط بعمود فولتا، بينما العناصر غير المعدنية (الأيونات السالبة من محلول المركب بالمفهوم الحديث) تذهب دائماً الى القطب الموجب.

عام ١٨٠٦ قام الشاب الإنجليزي همفري دافي Humphry Davy في معمله بصنع بطارية فولتية قوية من النحاس، وفي أكتوبر تشرين أول من ذلك العام أجرى الطاقة الكهربائية التي جاءت من مائة وخمسين عموداً في وعاء يحتوي على البوتاس السائح، وبعد برهه ظهرت كرات من مادة كالفضة

على الطرف السالب من سلك البلاتين المتصل بالبطارية، لم تلبث أن اشتعلت من ذات نفسها، ولم يكن هذا العنصر الذي فصله إلا عنصر البوتاسيوم. وبذلك الكشف يكون دافي قد فتح باباً واسعاً للكيميائيين لاستخلاص العناصر.

وفي عام ١٨٣٤ أبدى العالم الانجليزي مايكل فارادي Michael Faraday اهتماماً بدراسة أثر التيار الكهربائي في محاليل ومصاهير المركبات الكيميائية، وقد بين أن إمرار التيار الكهربائي فيها يحدث تفاعلات كيميائية.

لاحظ فارادي عند إمرار تيار كهربائي خلال مصهور كلوريد النحاس ترسب النحاس على القطب السالب لخلية التحليل، وتصاعد غاز الكلور عند القطب الموجب ، وقد قاده ذلك للإستنتاج بأن جسيماً كهربائياً قد دخل على الأيون الموجب (أيون النحاس) وحوله إلى ذرة متعادلة (ذرة نحاس)، وفي نفس الوقت خرج الجسيم الكهربائي من الأيون السالب (أيون الكلور) وحوله إلى ذرات متعادلة أو جزيئاً متعادلاً (جزيء الكلور). وهذا ما دعاه للاستنتاج بأن الذرات تحتوي على جسيمات سالبة الشحنة.

تزايد اهتمام العلماء في تلك الأثناء كثيراً بفهم طبيعة الكهرباء، وبما أنه من المتعذر رؤية التيار الكهربائي عند مروره خلال سلك، فقد حاول العلماء

توليد تيار كهربائي من تلقاء نفسه عن طريق سحب الهواء من أنبوب، ثم امرار التيار خلال الفراغ.

في عام ١٨٥٥ قام المخترع الألماني هينريش غزلر Heinrich Geissler باختراع مضخة هواء جيدة قادرة على تفريغ الهواء من أنبوب زجاجي، وقد وصل الضغط في الأنبوب الى ١/١٠٠٠٠ من الضغط الجوي العادي.

وباختراع هذه المضخة قام العالم يوليوس بلكر Plucker . J عام ١٨٥٩ بتصميم أول أنبوب تفريغ زجاجي يتصل طرفيه من الداخل بلوحين فلزيين، وتم ربط اللوحين الفلزيين بكل من القطب السالب والقطب الموجب لمصدر عالي الفولتية، وبعد سحب الهواء جزئياً من داخل الأنبوب بوساطة مضخة غزلر المشار اليه سابقا، حدثت مفاجأة طار بلكر لها طرباً، فقد تشكلت حزمة ضوئية خضراء اللون بين اللوحين الفلزين، مما يعني سريان التيار الكهربائي خلال الفراغ، وهو ما كان يحلم به العلماء.

ولتفسير اللغز الذي حير العلماء في تفسير طبيعة الأشعة المهبطية (او اشعة الكاثود) افترض العلماء أن الحزمة الضوئية شكل من أشكال الضوء. ولكن الأشعة المهبطية انحرفت عن مسارها عند تعريضها لمجال مغناطيسي وهذا ما لا يحدث للضوء .

في العام ١٨٦٩ بين العالم هيتورف J . W . Hittorf أن الحزمة الضوئية تسير في خطوط مستقيمة، عندما لاحظ تكون ظل باتجاه المصعد لحاجز موضوع في مسارها.

وفي عام ١٨٧٦ أطلق العالم الألماني ايوغن غولدشتاين Eugen Goldstein اسم الأشعة المهبطية على الحزمة الضوئية في أنبوب التفريغ مستفيداً من تجربة هيتورف، لأنها تنطلق من المهبط (القطب السالب) باتجاه المصعد (القطب الموجب).

في عام ١٨٧٩ لاحظ السير ويليام كروكس Sir William Crookes أنه بالإمكان التحكم بسلوك الأشعة في أنبوب التفريغ بتخفيض الضغط فتتوهج الجدران الداخلية لأنبوب التفريغ. كما لاحظ كروكس أن استبدال الغاز بالهواء في أنبوب التفريغ يؤدي الى تغيير لون الحزمة الضوئية، أي أن لون الحزمة يعتمد على نوع الغاز الموضوع في أنبوب التفريغ. كما قام كروكس بالتأثير على مسار الأشعة المهبطية بمجال مغناطيسي فانحرفت مبتعدةً عن القطب الشمالي للمغناطيس.

وفي العام ١٨٩٥ أيضاً أيضاً قام العالم الفرنسي جين بيرين Jean Perrin بالتأثير على مسار الأشعة المهبطية بمجال كهربائي فانحرفت نحو المجال الكهربائي الموجب. وبذلك أكدت تجربتا كروكس وبيرين على أن الأشعة المهبطية تحمل شحنة سالبة.

(١)

الكهرباء الساكنة

وقانون كولوم

فى نهاية هذا الدرس : نتوقع ان يكون الطالب قادرعلى:

١. التعرف على ماهية الكهرباء و انواعها وسبب تسميتها.
٢. إعطاء مفهوم صحيح للشحنة الكهربية .
٣. إيجاد القوة الكهروستاتيكية التى توجد بين الشحنات وكذا الاستخدام الصحيح لقانون كولوم.

تمهيد

عرف الإنسان الكهرباء من ايام قدماء اليونان عندما لاحظ ان دلك قطعة كهرمان - وهو عبارة بلورة متحجرة من خشب الصنوبر- بالفرو يجعلها تلتقط ذرات الغبار وقصاصات الورق الصغيرة بسهولة فقال إنها مكهربة وذلك نسبة الى للكهرمان، واستخدم كلمة إلكترون (وهى الكلمة اليونانية للكهرمان) 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 الكهرمان مكهربة مع كرة معدنية صغيرة معلقة بخيط حريرى ثم قربت هذه الكرة من أخرى مماثلة مشحونة بنفس الطريقة لتتافرت الكرتان. ولكن لو قربت الكرة الاولي نحو كرة مشحونة بالتلامس مع زجاج لتجاذبت الكرتان فى هذه الحالة. فدل ذلك الى ان هناك نوعان من الشحنات اصطلح على اعتبار إحداهما سالبة (يحملها الكهرمان) والثانية موجبة (يحملها الزجاج).

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

الشحنة الكهربية

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

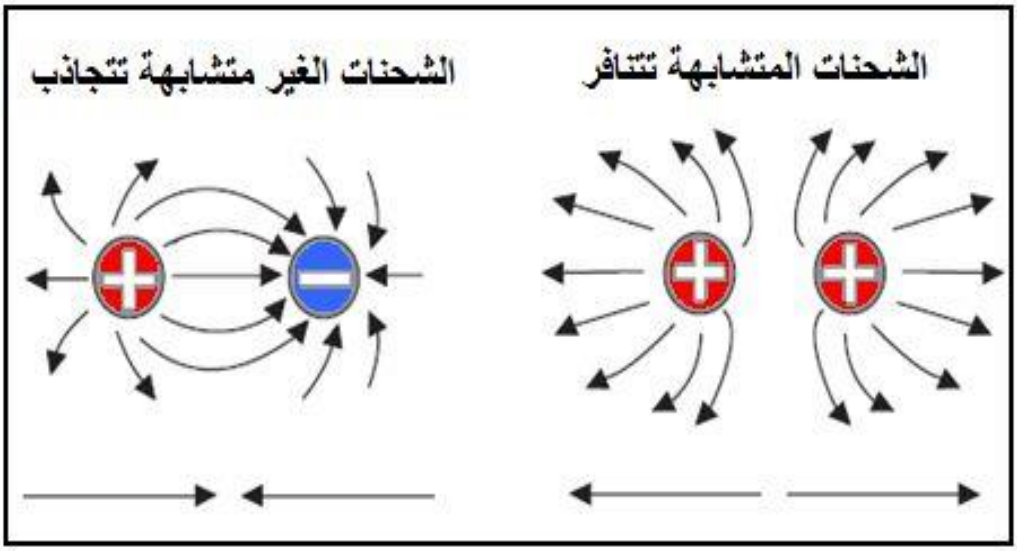
للاجابة عن تلك التساؤلات كلها نقول انه فى الحقيقة إن كون الجسم مشحونا لا يتعلق ذلك بخواصه الفيزيائية بالتالى لا يظهر ذلك على شكله او حجمه ومن ثم لانستطيع معرفة ذلك بالنظر الى الجسم والطريقة الوحيدة لمعرفة فيما اذا كان الجسيم مشحونا هى أن نضعه قرب جسم آخر مشحون مسبقا فاذا دفعة أو جذبه عندها فقط نعرف انه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

- **الشحنة تعرف بأنها الخاصية التى يمكلها جسم للتأثير على غيره من الاجسام التى تحمل نفس الخاصية.**

فالشحنات تؤثر على بعضها بقوة كهربائية مثلما تؤثر الكتل على بعضها بقوة الجاذبية ، **فمثلا** لايؤثر جسم مشحون كالبروتون بقوة كهربائية على جسم غير مشحون كالنيوترون بينما يؤثر عليه بقوة الجاذبية لان لكل منهما كتلة، لكن لايؤثر 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 فى حقيقة الامر تحتوى على اعداد هائلة من الشحنات الكهربائية. ومعنى ذلك ان الشحنات الموجبة تعادل وتساوى الشحنات السالبة ويقال عن الجسم فى 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 الآتيين:

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

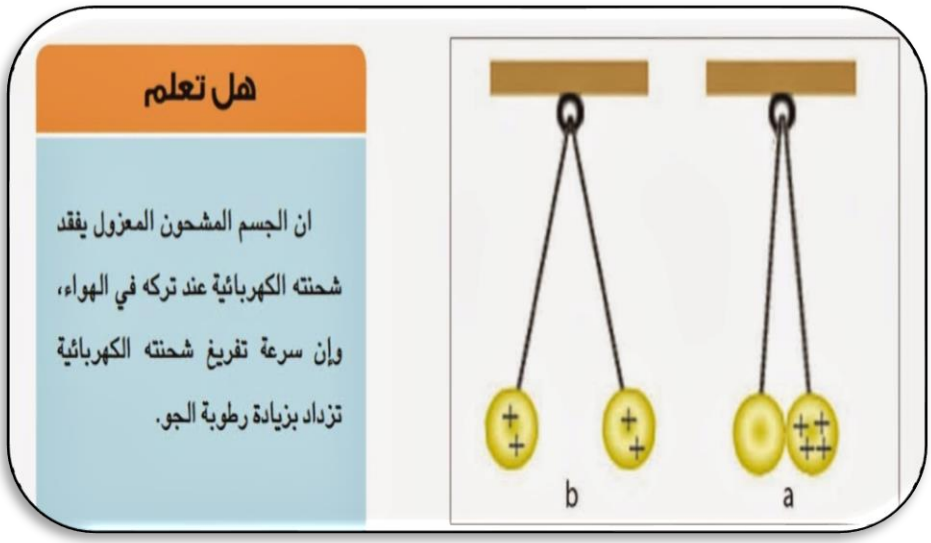


وباعتماد الحقيقة العملية حول البنية الذرية للمادة واكتشاف كل من النواة ذات الطبيعية الكهربائية الموجبة والالكترون ذو الطبيعية الكهربائية السالبة. اصبحت المعلومات فى هذا السدد متوافرة وبشكل مفيد للغاية، فقد ترتب على ذلك معرفة الشحنة الاولية والمقصود بها شحنة الالكترون. وتم تحديد مقدارها بشكل مضبوط للغاية، واصبحت معروفة القيمة. كما اعتمد الحرف الانجليزى بشكله الصغير (e) للتعبير عن الالكترون واصبح معروفا ان:

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

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

- **<u>الكولوم</u>: يعرف بأنه عبارة عن شحنة عدد من الالكترونات يساوى $6.25\ x10^{18}$** 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، اى 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 .

وقد اجرى تجاربه باستخدام ميزان اللى الذى صممه لهذا الغرض حيث تمكن من التوصل الى القانون الذى يعطى العلاقة بين القوة الكهروستاتيكية (سميت

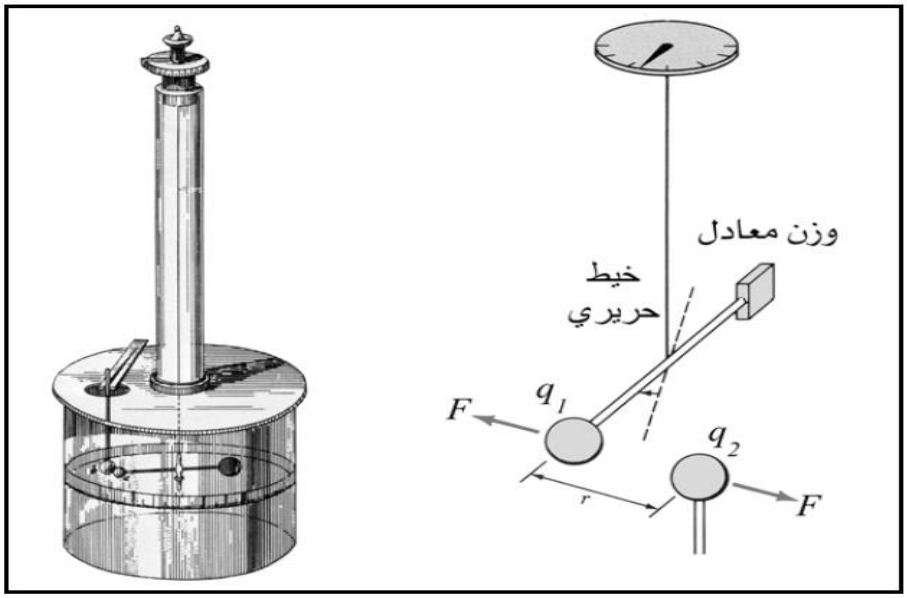
Charles-Augustin de Coulomb شارل أوغستان دي كولوم

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 الكهربية باسمه كولوم.

اسهم كولوم اسهاما علمياً في مجال الكهروسكونية والمغناطيسية . فقد اخترع ميزاناً الياً وصمم بوصلة تعتمد على مبدأ الي كما قدم برهان لقانون التربيع العكسي للقوة الكهروسكونية الذي اصبح اسمه فيما بعد قانون كولوم في الكهروسكونية وتخليداً وتعظيماً

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 اللى 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 التاثير المتبادل بين الشحنة المعلقة واية شحنة اخرى. حيث ان مقدار زاوية الانحراف يتناسب مع قوة التنافر بين الشحنتين، وبتغير مقدار الشحنتين والمسافة بينهما فى الفراغ توصل كولوم للنتائج التالية:

[١] تتناسب القوة الكهروستاتيكية المتبادلة والتى يرمز لها بالرمز F تناسبا طرديا مع مقدار الشحنتين (q_1 , q_2) وهما شحنتان نقطيتان اى ان ابعادهما صغيرة اذا ما قورنت بالمسافة الفاصلة بينهما. ورياضيا تكتب على الصورة :

$$F \alpha q_1 q_2 \qquad (1)$$

[٢] تتناسب القوة الكهروستاتيكية المتبادلة تناسبا عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما (r^2) ورياضيا تكتب على الصورة :

$$F \alpha \frac{1}{r^2} \qquad (2)$$

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

$$F \alpha \frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (3)$$

وبتحويل التناسب الى علاقة تساوى اى كتابتها على الصورة:

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

حيث k هو ثابت التناسب، ويطلق عليه الثابت الكهروستاتيكي، ويعتمد على الوحدات المستخدمة لقياس القوة والشحنة والمسافة، كما يعتمد ايضا على الوسط الفاصل بين الشحنات الكهربائية.

وهنا يمكننا ان نقدم تعريف اخر 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 ٩ × ١٠^{٩} نيوتن .

ولتحديد مقدار الثابت وباستخدام النظالمي للقياس (SI). بوضع المقادير التالية للشحنات والمسافة :

$$q_1 = q_2 = 1\ C\ \left(\text{كولوم}\right)$$

$$r = 1\ m\ \left(\text{متر}\right)$$

فوجد ان قوة التنافر الكهروستاتيكية المتبادلة بينهما تساوى:

$$\mathrm{F} = 9\ \mathrm{x}\ 10^{9}\quad \mathrm{N}\ \ (\text{نيوتن})$$

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

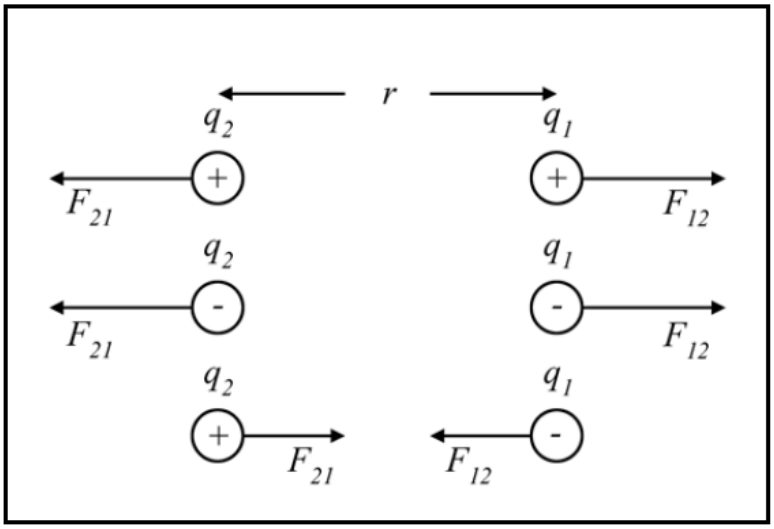
$$\mathrm{k} = \frac{\mathrm{Fr}^2}{q_1 q_2} = \frac{(9\mathrm{x}10^{9}\ \mathrm{N})(1\ \mathrm{m}^2)}{1\ \mathrm{C}^2} = 9\mathrm{x}10^{9}\ \mathrm{N.m}^2\mathrm{.C}^2$$

واخير نستطيع كتابة نص قانون كولوم كما التالي:

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

- **<u>ملاحظه هامة:</u>**

من الضروى ان تعرف عزيزى الطالب ان القوة الكهروستاتيكية هى كمية متجهة اى ان لكي 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:



فى الشكل لاحظ ان قوة التاثير المتبادلة فى الحالات الثلاثة متساوية فى المقدار ومتعاكسة فى 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 تساوى ($3.2x10^{-19}$ كولوم) وشحنة نواة النيون تساوى ($16x10^{-19}$ كولوم) والمسافة الفاصلة بين النواتين تساوى ($3x10^{-9}$ متر) اوجد مقدار القوة الكهروستاتيكية بينهما. مع العلم بان الثابت k يساوى ($9x10^9$ نيوتن . متر^2.كولوم^2).

$q_1 = 3.2 \times 10^{-19}$ C	$q_2 = 16 \times 10^{-19}$ C	$r = 3 \times 10^{-9}$ m	$k=9X10^9$ N.m^2.C^2
	F = ??		

- **الحل:**

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

$$F = 9x10^9\ \frac{(3.2\ x\ 10^{-19})(16\ x\ 10^{-19})}{(3\ x\ 10^{-9})^2} = 5.12\ x\ 10^{-10}\quad N$$

اى ان القوة الكهروستاتكية بينهما تساوى 5.12×10^{-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 شحنتيهما = ٥ ميكرو كولوم والمسافة بين مركزيهما ١م والقوة المتبادلة بينهما٥,٤*٢١٠ نيوتن احسب مقدار كل منهما

(٢)

الكهرباء التيارية

فى نهاية هذا الدرس : نتوقع ان يكون الطالب قادرعلى:

١. ذكر مفهوم الكهرباء التيارية.

٢. تصنيف المواد من حيث توصيلها للكهرباء.

٣. تعريف التيار الكهربي مع ذكر مفرداته.

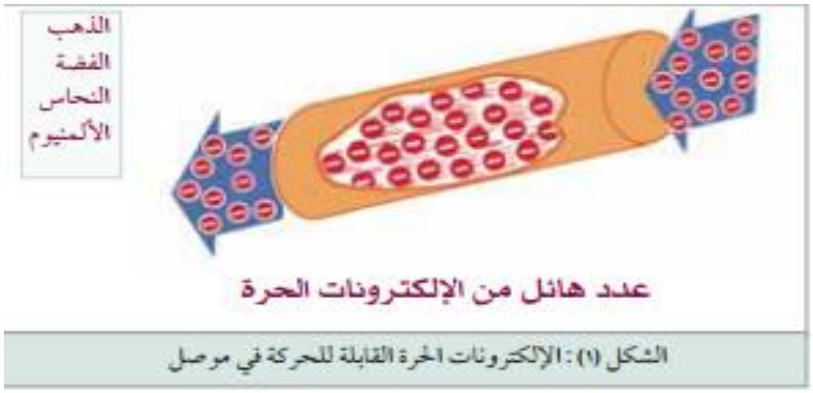
٤. تعريف الجهد الكهربي مع ذكر مفرداتة.

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:

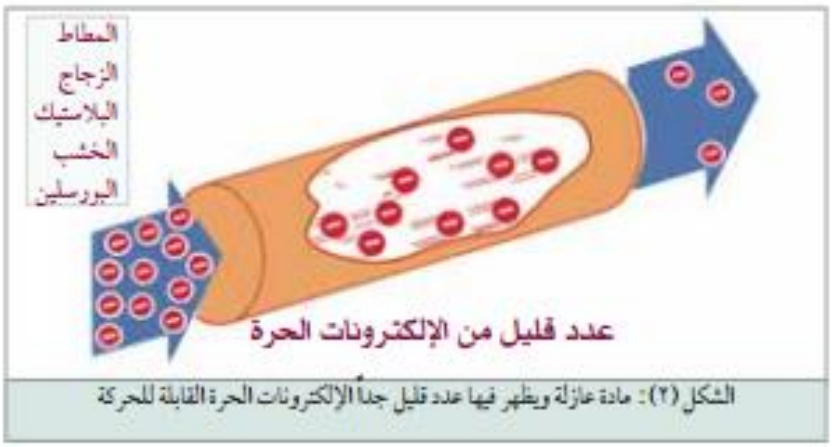
- **المواد الموصلة:** وهى المواد التى تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل المعادن بمختلف أنواعها. ويرجع السبب فى ذلك إلي تركيبها الذرى حيث تحتوى على عدد هائل من الالكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تأثير قوة خارجية كمصدر جهد كهربائي او بطارية كما موضح فى الشكل

التالي. ان الفضة والنحاس والذهب والالومنيوم هى من الموصلات الممتازة. ولكن من النادر ما تستخدم الفضة او الذهب فى عمل الموصلات بسبب ارتفاع ثمنها. اما النحاس فستخدم فى شبكات التمديدات الداخلية والاجهزة الكهربائية والالكترونية. فى حين يستخدم الالومنيوم فى شبكات نقل وتوزيع الكهرباء الخارجية.



الشكل (١) : الإلكترونات الحرة القابلة للحركة في موصل

- **<u>المواد العازلة:-</u>** وهى المواد التى لاتسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل الخشب والزجاج والمطاط والبلاستك. ويرجع السبب فى ذلك إلي تركيبها الذرى حيث تحتوى علي 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 لاستعمالاتها المتعددة. فمثلا، يستخدم البلاستيك فى تغطية الأسلاك الكهربائية لحماية الانسان من الصدمة الكهربائية.



الشكل (٢): مادة عازلة ويظهر فيها عدد قليل جداً الإلكترونات الحرة القابلة للحركة

- **<u>اشباه الموصلات:</u>** 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.

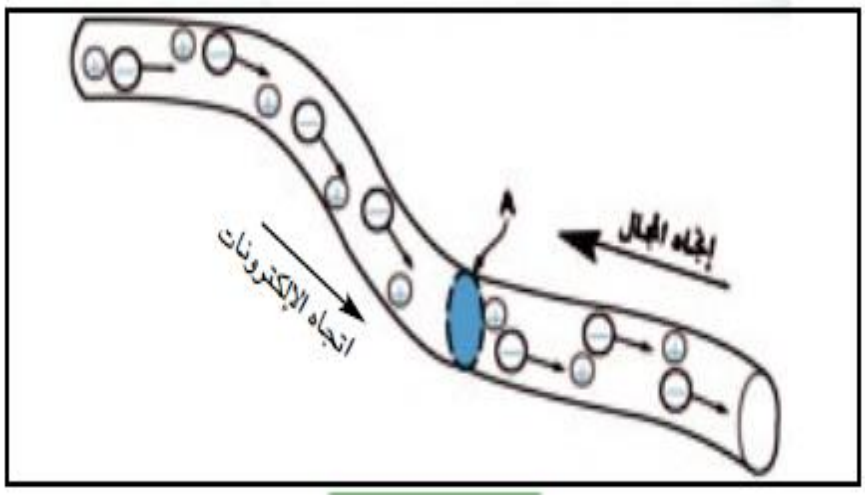
والشكل التالي يلخص مقارنة بسيط بين الموصلات والعوازل:

وجه المقارنة	الموصلات	العوازل
التعريف	هي مواد تسمح بمرور الشحنات الكهربية من خلالها	هي مواد لا تسمح بمرور الشحنات الكهربية من خلالها
الترابط بين الالكترونات والنواة	ضعيف الترابط	قوية الترابط
الالكترونات	الكترونات حرة	الكترونات مترابطة
أمثلة	الفلزات	المطاط - الزجاج

وفى الفلزات توجد بعض الالكترونات التى تعرف بالالكترونات الحرة لضعف ارتباطها بذراتها. لذلك يمكن لهذه الالكترونات ان تتحرك متجولة داخل الفلز.

لذلك يكون التيار الكهربي فى الفلز ناتجا عن موجهة لهذه الالكترونات، ومع ذلك فهذه الحركة يوجد مايعوقها وتسمي 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 الكهربية للالكترونات إلي ذرات الموصل والتى 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:

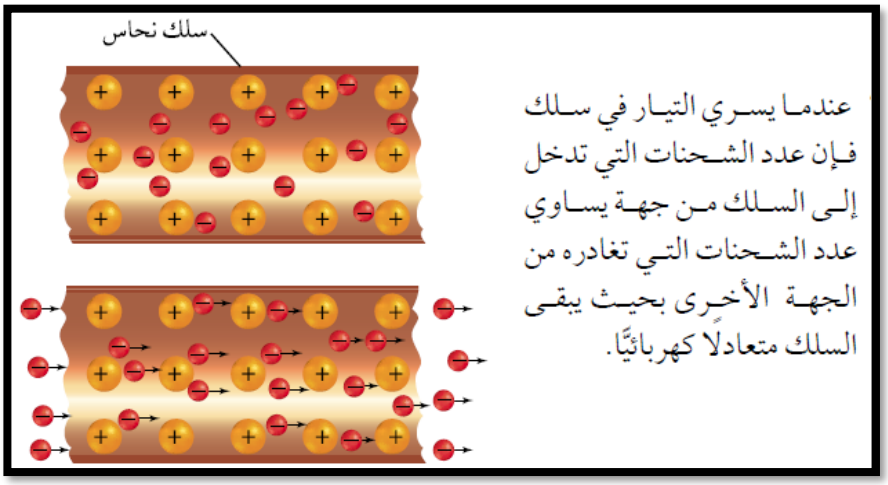
١. وجود مصدر كهربي.
٢. وجود مسار مغلق تنتقل خلاله الشحنات متصل دورة كاملة تسمي الدائرة الكهربية بحيث يكون التيار متواصلا وثابتا فى الدائرة.

التيار الكهربي

عندما تدير جهاز التلفاز تظهر صور على الشاشة ويصدر صوت؛ وذلك لان 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 نعطى الان تعريف لكمية فيزيائية نعبر بها عن التيار تسمي شدة التيار كما يلي:

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

ويقاس التيار الكهربائي فى النظام الدولي للوحدات بوحدة أمبير (A) نسبة الى العالم الفيزيائي أمبير. ويعبر عنه بالحرف الانجليزى بشكله الكبير (I).

عالم رياضيات وفيزياء فرنسي قاد علم الديناميكا الكهربائيه واكتشف العديد من القوانين اللي استفاد منها المهندسون في تحويلها الى معدات وآلات عظيمه الفائده للبشريه.

ويمكن كتابة علاقة رياضية تعبر عنه كالتالي:

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

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؟

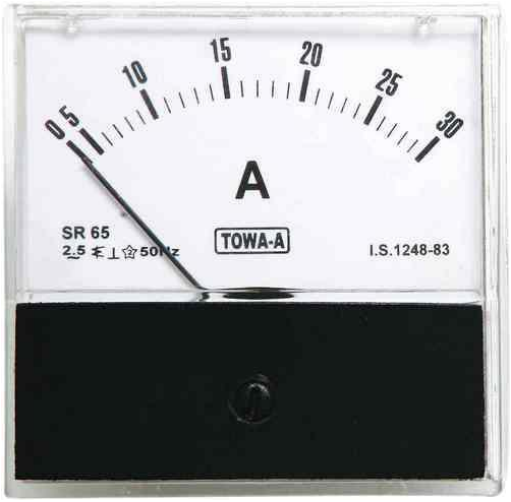
الحل:

باستخدام العلاقة السابقة نحسب كمية الشحنة:

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

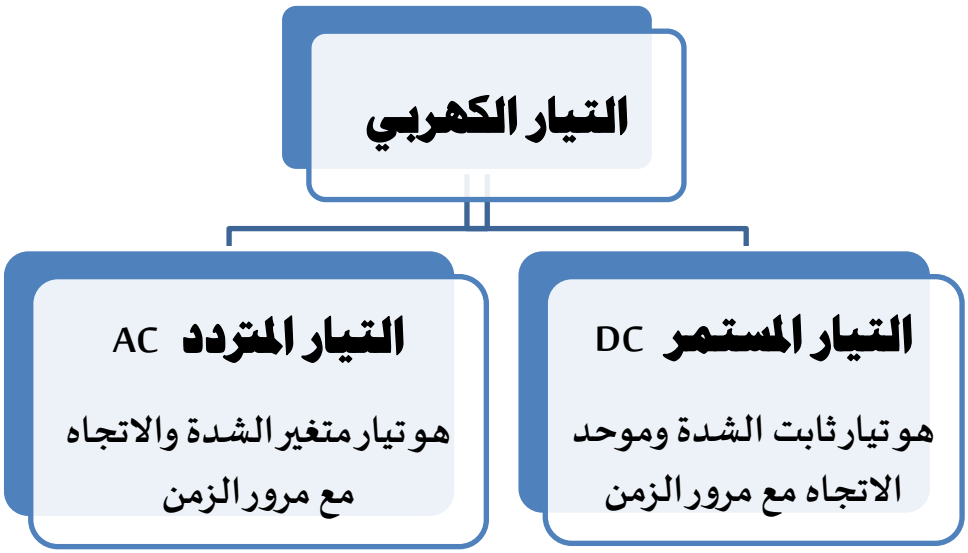
وبقسمة كمية الشحنة على شحنة الالكترون نحصل على عدد الالكترونات

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



وفى الدائرة الكهربية يرمز لجهاز الاميتر بالرمز التالي:

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



بينما يمكننا **ملاحظة مهمة**: معظم الاجهزة في بيوتنا تستخدم تيار متردد

ملاحظة التيار المستمر فى البطاريات وكذا مخرج معظم الشواحن

الجهد الكهربي

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 يسمي الجهد الكهربائي.

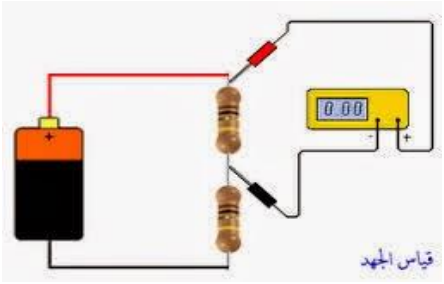
وعليه فالجهد الكهربي هو الطاقة اللازمة لدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب، وينتج عن هذه الحركة تحويل الطاقة الكهربائية إلى أنواع آخرى من أنواع الطاقة وأهمها الطاقة الحرارية وذلك ناجم عن مقاومة المواد الموصلة لحركة اللإلكترونات. ويمكن تمثيل الجهد الكهربائي بضغط الماء.الضغط الذي يقوم بإجبار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

<u>فرق الجهد:</u> يعرف بانه الشغل اللازم لنقل شحنة كهربائية من نقطة الى أخرى.

ويقاس فرق الجه فى النظام الدولي للوحدات بوحدة تسمى فولت (V) نسبة

الى العالم الفيزيائي الايطالي ألساندرو فولتا. ويعبر عنه بالحرف الانجليزى بشكله الكبير (V).

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

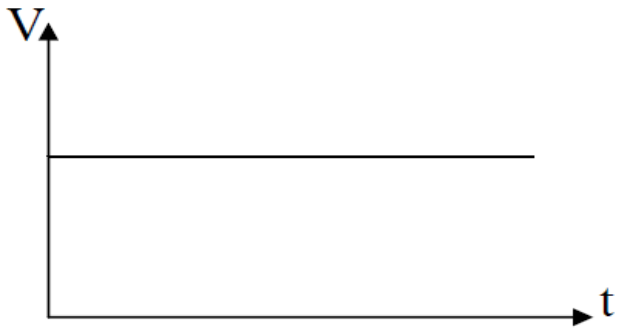


وفى الدائرة الكهربية يرمز لجهاز الفولتميتر بالرمز التالي:

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

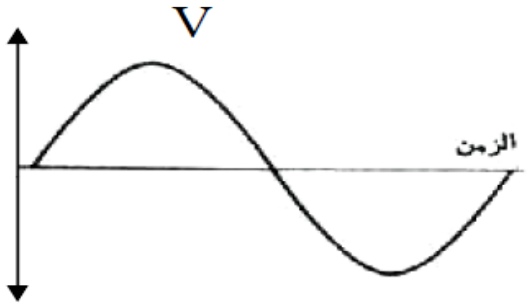
[١] **الجهد المستمر** DC:

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 فى 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 الكهربي 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 الكهربي؟

(٣)

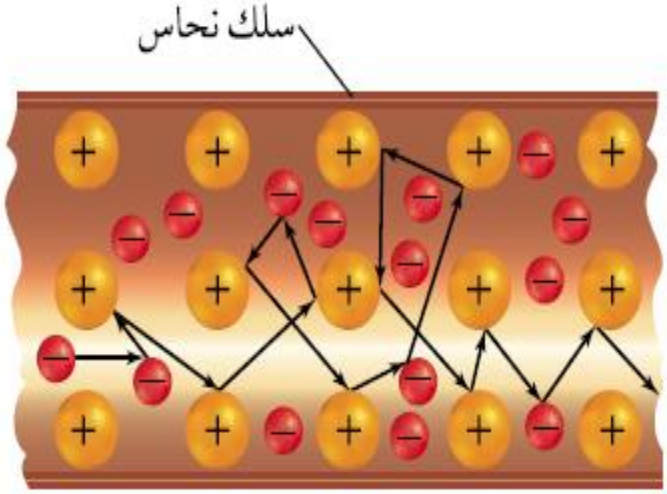
المقاومة الكهربائية وقانون اوم

فى نهاية هذا الدرس : نتوقع ان يكون الطالب قادرعلى:

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

مفهوم المقاومة الكهربائية

لفهم ماهية المقاومة الكهربية دعنا نتخيل عزيزى الطالب انك تحاول الوصول الى مدرج المحاضرة وانت تسير فى ممر مزدحم بالطلبة فإنك قد تصطدم بالعديد منهم. لتتفادى ذلك فإنك تغير اتجاه حركتك فتبطئُ أحيانًا، وتسرع أحيانًا 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 الإلكترون في سلك يتعرض لعدد هائل جدًّا 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 للعوزل كبيرة جدًّا مقارنة بمقاومة الموصلات، وتقاس المقاومة الكهربائية بوحدة تُسَمّى الاوم نسبة الى العالم الفيزيائي الالماني جورج سيمون جورج أوم ويرمز لها بالرمز اليوناني أوميجا Ω. وعليه نستطيع وضع التعريف التالي للمقاومة:

- **<u>المقاومة :</u> تعرف بانها المعاوقة التى يلاقيها التيار عن مرور فى موصل ما. ونعبر عنها بالحرف الانجليزي بشكله الكبير (R).**

وفى الدوائر الكهربية يرمز للمقاومة بالرمز التالي:

وتضاف المقاومات فى الدوائر الكهربية لكي نتحكم فى فرق الجهد والتيار فى تلك الدوائر.

العوامل التى تتوقف عليها مقاومة موصل:

١. طول الموصل (L): حيث تتناسب مقاومة موصل مع طوله تناسبا طرديا اى ان:

$$R\ \alpha\ L$$

٢. مساحة مقطع الموصل (A): حيث تتناسب مقاومة موصل مع طوله تناسبا طرديا اى ان:

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

وعليه يكون

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

وباستبدال التناسب بالتساوى ووضع ثابت تصبح على الصورة التالية:

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

حيث ثابت التناسب ρ يعتمد على نوع المادة اى انه خاصية مميزة لكل مادة ويسمى بالمقاومة النوعية للموصل وبترتيب العلاقة السابقة لتصبح على الشكل التالى:

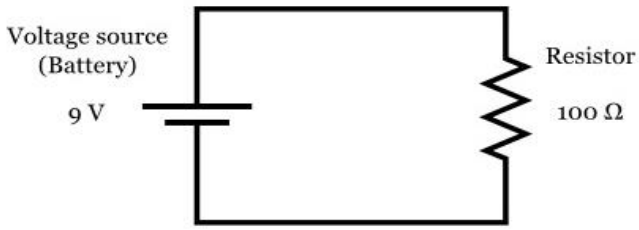
$$\rho = \frac{R\ A}{L}$$

يمكننا وضع تعريف بسيط للمقاومة النوعية:

- **المقاومة النوعية لموصل:** هى قيمة مقاومة موصل طوله واحد سم ومساحة مقطعه واحد سم مربع. ووحدو قياسها طبقا للنظام الدولي هى اوم . سم^{2} سم$^{-1}$.

معلومة هامة

الدائرة الكهربية: هي أي حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية. فمثلا الشكل التالي يوضح ابسط دائرة كهربية 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 الكهربي المار في موصل يتناسب طرديا (علاقة خطية) مع فرق الجهد الكهربائي المطبق بين طرفيه. وثابت التناسب يعبر عن المقاومة الكهربية:

فرق الجهد = ثابت x التيار

اى ان:

قانون أوم يصف العلاقة حسابيا 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 رياضيا بالعلاقة التالية:

$$V = I\,R$$

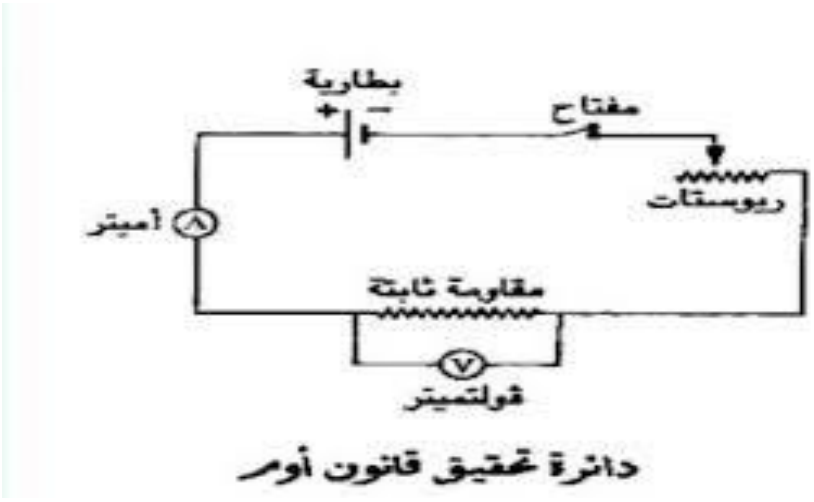
لاحظوا أن العلاقة سهلة وبسيطة جدا .. كلما زاد الجهد او قلت المقاومة كلما زاد التيار المتدفق .. و زيادة المقاومة تحد من مرور التيار.

نص قانون أوم
عند ثبوت درجة الحرارة يتناسب شدة التيار المار في موصل طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه

تحقيق قانون اوم عمليا

ولتحقيق قانون اوم داخل المعمل نستعين بالادوات التالية:

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



دائرة تحقيق قانون أوم

خطوات العمل:

[١] نوصل الدائرة الكهربية كما بالشكل السابق.

[٢] بواسطة الريوستات نجعل قيمة معينة من التيار لتمر داخل الدائرة والتى يمكن معرفتها من خلال الاميتر.

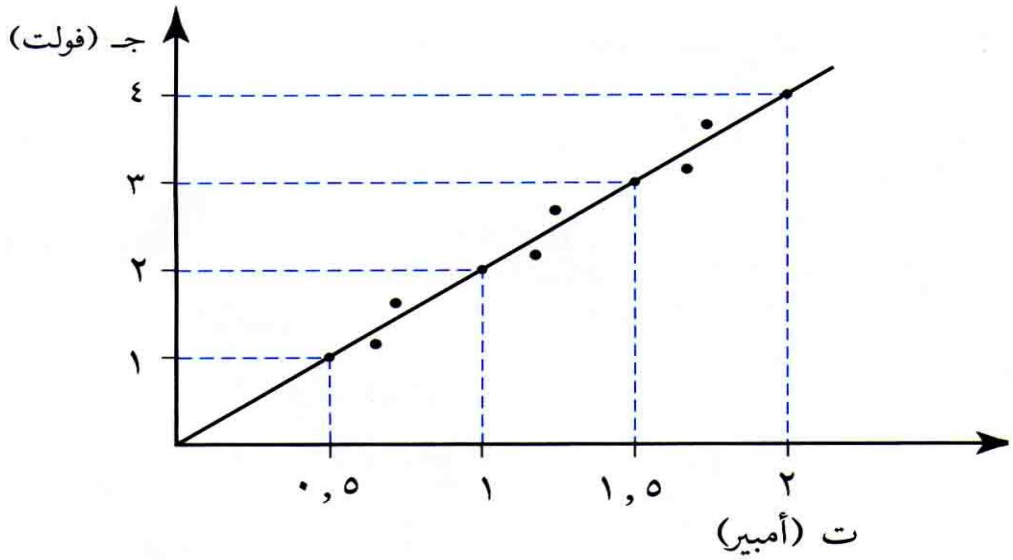
[٣] نقيس مقدار فرق الجهد باستخدام الفولتميتر .

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

[٥] نسجل جميع النتائج فى جدول كالتالي:

I	V

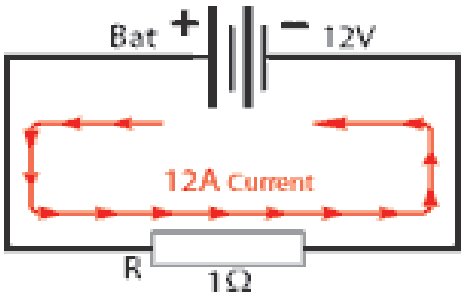
نرسم العلاقة بين التيار على المحور الافقي ةفرق الجهد على المحور الراسي تنتج رسم بياني كما بالشكل التالي:



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 الكهربية المدمجة فى الدائرة وهذا ايضا يثبت ان ثابت التناسب هى المقاومة.

اسئلة وتمارين

١. في الدائرة التالية هناك تياربقيمة ١٢ امبيرومقاومة 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 التى تتوقف عليها؟

٥. موصل من معدن معين مقاومة تساوى ٥ اوم طوله ١٢ سم ومساحة مقطعه ١٠سم^{٢} احسب المقاومة النوعي لهذا الموصل ؟

(٤)

توصيل الدوائر الكهربية

فى نهاية هذا الدرس : نتوقع ان يكون الطالب قادرعلى:

١. ان يتعرف على عناصر الدائرة الكهربية.

٢. ان يوصل البطاريات او المقاوات سواء توالى او توازى.

٣. ان يحصل على القيمة المكافئة لدائرة كهربية بها مجموعة من المقاومات.

عناصر الدائرة الكهربية

فى ما يلي عرض بسيط لبعض المكونات المهمة التى تحتوى على اى دائرة كهربية :

[١] مصدر الطاقة الكهربية (البطارية):

يستمد التيار المار فى دائرة طاقتة من منبع للطاقة الكهربية. وتنتج هذه الطاقة عن تحول الطاقة المختلفة كالكيميائية او الميكانيكية او الحرارية او غيرها الى طاقة كهربية فقد يكون المصدر الكهربي على شكل بطارية مكونة من اعمدة كهربية (تحويل الطاقة الكيمائية الى طاقة كهربية) او مولد كهربي (تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربية) او ازدواج حراري (تحويل الطاقة احرارية الى طاقة كهربية) او خلية شمسيةاو ضوئية (تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربية).

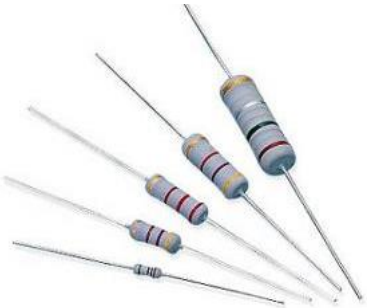
ويوجد نوعان من البطاريات الخلايا الاولية والخلايا الثانوية الخلايا الاوليه ترمى بعد استنزاف طاقتها اما بالنسبة للخلايا الثانوية فإنه من الممكن اعادة شحنها من جديد

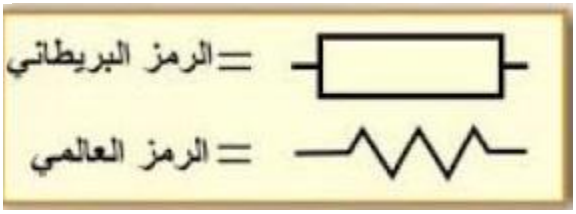
[٢] المقاومة

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.

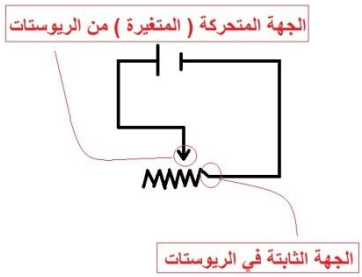
ومن المهم معرفة ان للمقاومة نوعين اساسين هما:

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





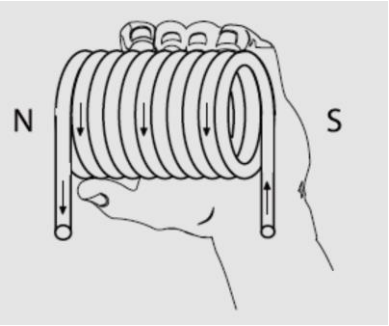
المقاومة المتغيرة وهى ما يطلق عليها فى المعامل الريوستات وهى تستخدم اما فى توزيع الجهد فى الدائرة او كمجزىء للتيار ولها الشكل والرمز التالي:



[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 فى الملف تخزين الطاقة الكهربية على هيئة طاقة مغناطيسية.

إذا إعتبرنا أن إتجاه التيار هو إتجاه حركة الإلكترونات, فإننا نستخدم قاعدة اليد اليسرى لمعرفة القطب الشمالي والقطب الجنوبي. أما إذا إعتبرنا إتجاه التيار هو الإتجاه الإصطلاحي , فإننا نستخدم قاعدة اليد اليمنى .

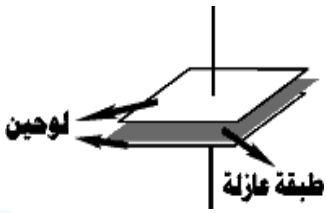


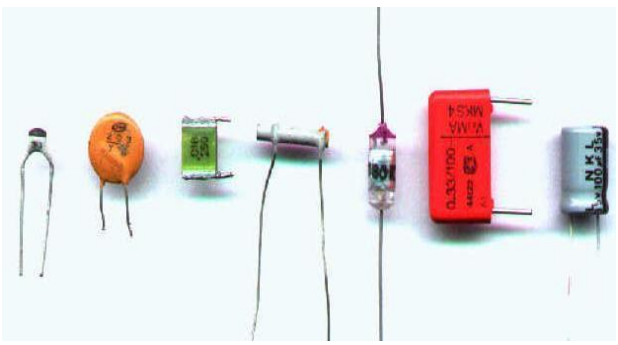
يرمز للملف بالرمز الشائع هو L , ويكون الرمز الكهربائي له في الدائرة بأحد الشكلين التاليين :

إن وظيفة المقاومة هي إعاقة مرور التيار , بينما تكون وظيفة الملف إعاقة تغيير قيمة التيار وذلك يكون نتيجة لما يعرف بـالحث الذاتي للملف L , ويتم قياس الحث بوحدة الـهنري. نسبة الى العالم الفيزيائي الامريكي حوزيف هنرى.

[٤] المكثف

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





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

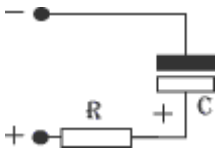
- مكثف هوائي (المادة العازلة هي الهواء)
- مكثف ورقي (المادة العازلة هي الورق)
- مكثف سيراميكي (المادة العازلة هي السيراميك)
- مكثف كيميائي (المادة العازلة هي حامض كيميائي)

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 التى تعتمد عليها سعة المكثف:

تتوقف سعة المكثف على ما يأتى

[١] **مساحة اللوحين:** فانه كلما ذادت مساحة الألواح المكونة للمكثف زادت سعته وإذا قلت مساحة الألواح قلت السعة.

[٢] **المسافة بين اللوحين:** فأنه كلما زادت المسافة بين اللوحين قلت السعة وقلما قلت المسافة زادت السعة.

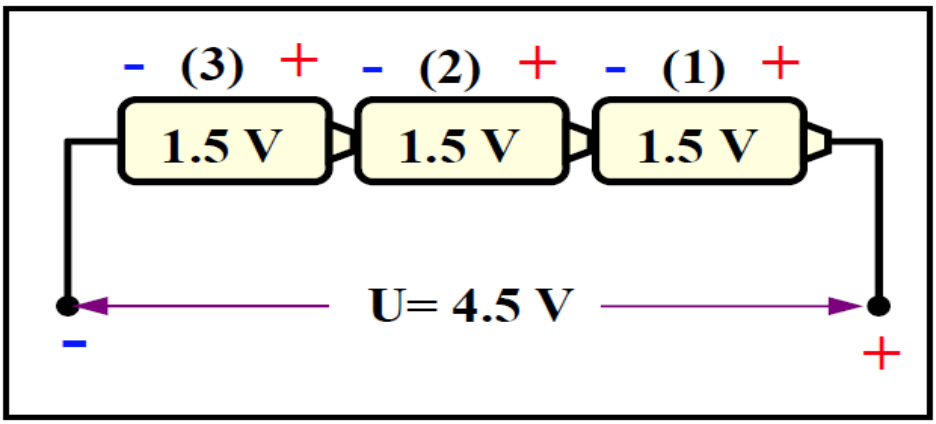
[٣] **نوع العازل المستعمل:** فأنه تزيد سعة المكثف باستعمال عازل آخر خلاف الهواء.

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

التوصيل على التوالي والتوازي

اولا: توصيل البطاريات على التوالي:

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

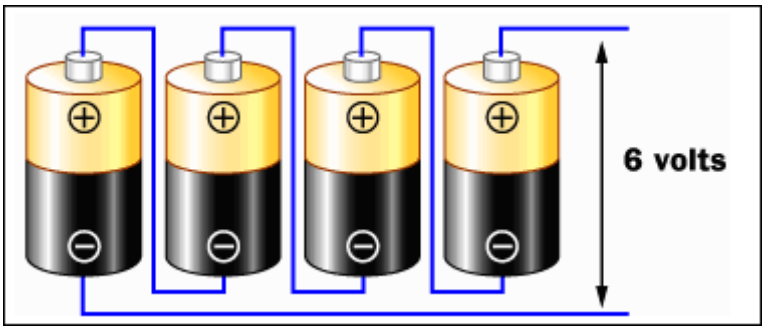


ويشترط ان تكون جميع مصادر الجهد متماثلة وتوصل البطاريات على التوالي عند الحاجه لجهد أعلي مما يعطيه مصدر جهد منفرد بينما يكون تيار المصدر كاف.

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

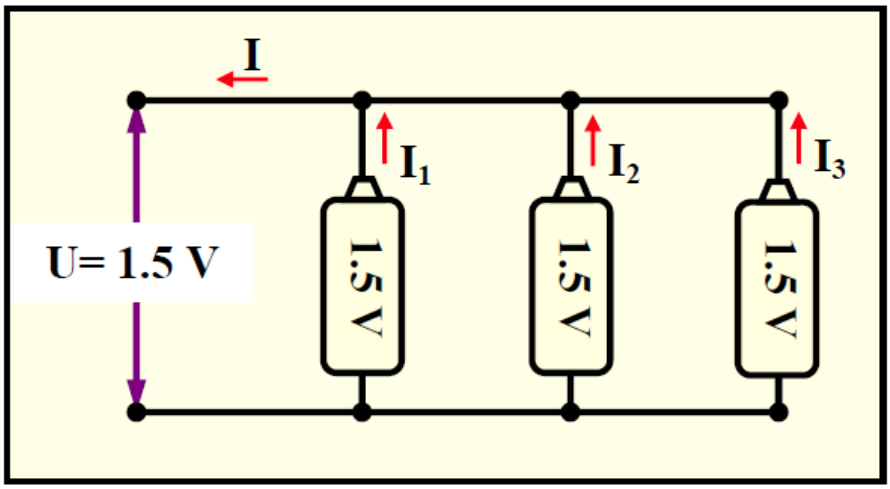
$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots..$$

التيار الكلي = تيار أحدى البطاريات.



ثانيا: توصيل البطاريات على التوزاى:

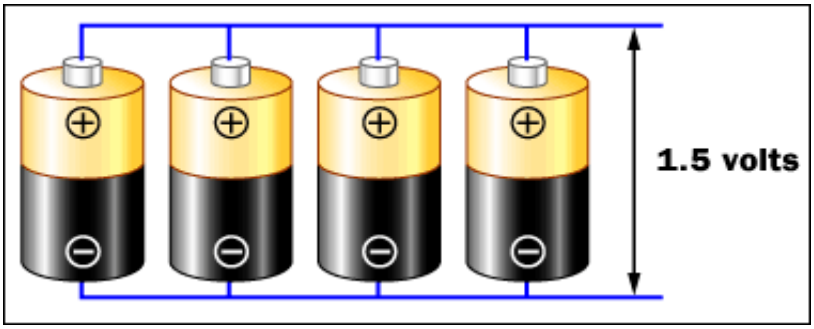
الشكل التالي يوضح طريقة توصيل البطاريات علي التوزاي حيث يتم توصيل جميع الأقطاب الموجبة مع بعضها وكذلك الاقطاب السالبة مع بعضها. ويشترط ان تكون جميع مصادر الجهد متماثلة. وتوصل البطاريات على التوازى عند الحاجة الى شدة تيارا أعلي مما يعطيه مصدر واحد ويكون جهد المصدر الواحد كافيا.



الجهد الكلي = جهد أحدى البطاريات

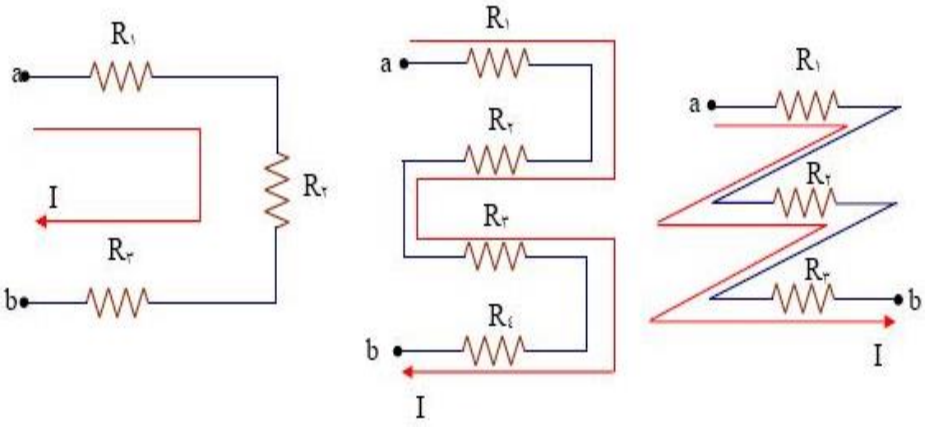
التيار الكلي = تيار البطارية ١ + تيار البطارية ٢ + تيار البطارية ٣ + تيار البطارية ٤

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots ..$$



ثالثا: توصيل المقاومات على التوالي:

عندما يكون هناك عدد من المقاومات متصـلة بحيث تكون مسـارا واحدا بمرور التيار وأن التيار ثابت في جميع المقاومات في هذه الحالة فقط تكون المقاومات متصـلة علي التوالي والشـكل التالي يوضـح حالات مختلفة من التوصـيل. تذكر بأنه إذا كانت هناك قيمه واحده للتيار بين إي نقطتين تصبح جميع المقاومات بين النقطتين موصله علي التوالي.



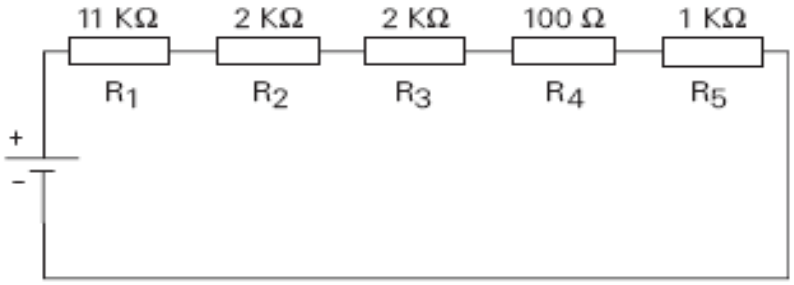
وابسط طريقة يتم توصيل المقاومات على التوالي كما في الشكل التالي :

عند توصـــيل المقاومات على التوالي , فإن القيمة الكلية للمقاومة يمكن حسابها كالآتي:

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

اى ان المقاومة المكافئة تساوى مجموع قيم المقاومات المتصلة على التوالى.

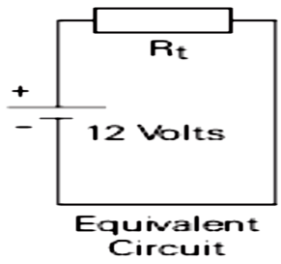
مثال: إذا كانت قيم المقاومات كالآتي:



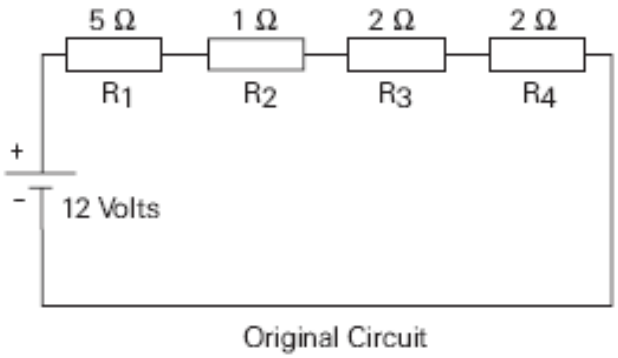
فإن القيمة الكلية للمقاومة تكون :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$
$$R_t = 11000 + 2000 + 2000 + 100 + 1000$$
$$R_t = 16100 \text{ اوم}$$

اى ان الدائرة السابقة تكافىء الدائرة المقابلة



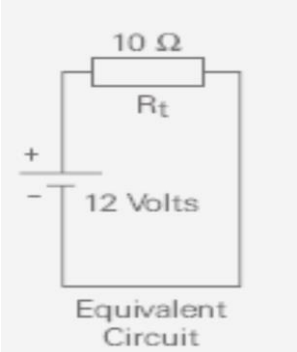
مثال : إحسب قيمة التيار المار في الدائرة التالية :



الحل :

نقوم بإيجاد قيمة المقاومة المكافئة في الدائرة ,والتي تساوي ١٠ أوم ,

فتكون الدائرة المكافئة للدائرة السابقة هي :



وباستخدام قانون أوم :

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

لاحظ أن قيمة التيار المار في الدائرة , قيمة واحده , 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 :

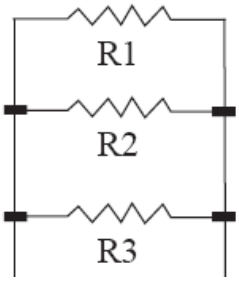
$$V_{R1} = I \times R_1 = 1.2 \times 5 = 6volt$$

أما الجهد المطبق على R2 والتي قيمتها ١ أوم تساوي :

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

رابعا: توصيل المقاومات على التوازي:

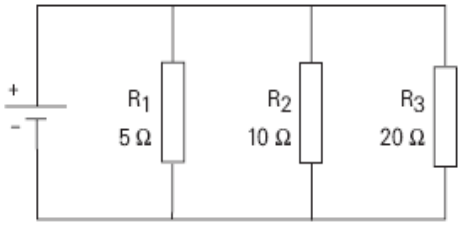
يتم توصيل المقاومات على التوازي مع مصدر الـDC كما في الشكل التالي :



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 : إحســـب قيمة المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات الموجودة في الدائرة التالية :



الحل :

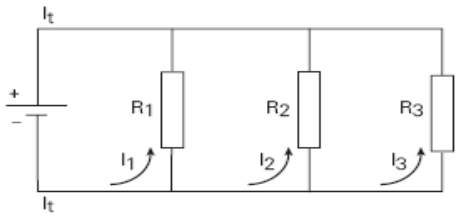
$$\frac{1}{R_t}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_t}=\frac{1}{5}+\frac{1}{10}+\frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{R_t}=\frac{4}{20}+\frac{2}{20}+\frac{1}{20}=\frac{7}{20}$$

$$R_t = \frac{20}{7} = 2.86 \text{ اوم}$$

لاحظ الدائرة التالية :



في التوصيل على التوازي , نجد أن التيار يتجزأ لأن له أكثر من مسار يمر فيه , أما فرق الجهد يكون ثابتا على كل المقاومات , أي أن فرق الجهد بين طرفي المقاومة الأول يساوي فرق الجهد بين طرفي المقاومة الثانية يساوي فرق الجهد بين طرفي المقاومة الثالثة. ونلاحظ أنهم جميعا متصلين بالتوازي مع مصدر الجهد أيضا , إذا فرق الجهد بين طرفي أي مقاومة منهم مساوي لجهد المصدر تماما.

حالات خاصة

١. القيمة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة على التوازي في حالة تساوي جميع قيم المقاومات .

المقاومة الكلية = قيمة أحد المقاومات / عدد المقاومات

٢. المقاومة الكلية لمقاومتين متصلتين على التوازي بغض النظر عما إذا كانوا متساوون في القيمة أو لا.

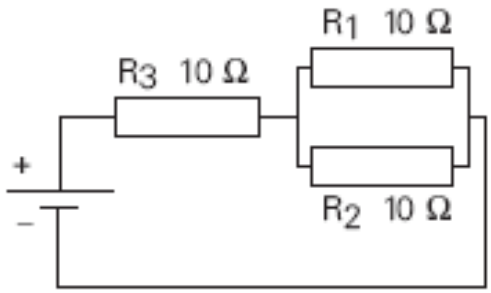
القيمة الكلية للمقاومة = حاصل ضربهم / حاصل جمعهم .

اسئلة وتمارين

١. اكمل الفرق بين التوالي والتوازي عند توصيل لمبتين:

خصائص	التوالي	التوازي
استهلاك التيار		
فرق الجهد		
شدة الإضاءة		
في حالة تلف أحد اللمبات		

٢. في الدائرة التالية , إحسب القيمة الكلية للمقاومة



٣. اثبت ان:

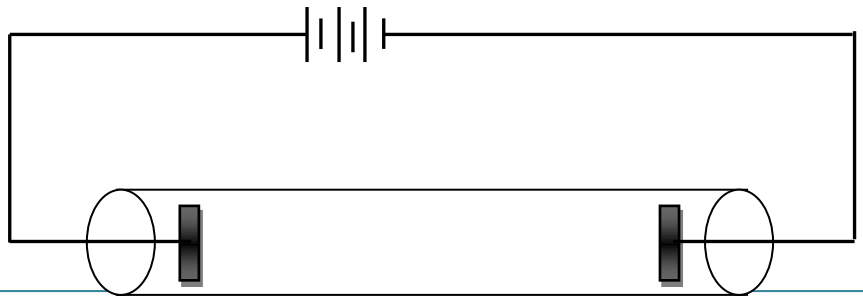
أ- المقاومة الكلية = قيمة أحد المقاومات / عدد المقاومات

ب- القيمة الكلية للمقاومة = حاصل ضربهم / حاصل جمعهم .

٤. فسر احيانا نحتاج الى توصيل البطاريات على التوالي؟

خصائص اشعة الكاثود

عام ١٨٩٧ أزاح الفيزيائي الإنجليزي طومسون J.J. Thomson الغموض عن الأشعة المهبطية، حيث أجرى طومسون مجموعة تجارب مهمة تهدف لدراسة الأشعة الصادرة من المهبط، حيث استخدم انابيب ضوئية أسطوانية من زجاجية تنتهي بطرفين من سطح معدني حيث يعملان كقطبي خلية كهربية بحيث حين توصل الخلية بمصدر تيار كهربي و بذلك يتولد فرق جهد يجعل أحد القطبين يحمل شحنة سالبة ويعمل كمهبط (أو كاثود) ويصبح الطرف الآخر حاملا شحنة موجبة ليعمل كمعصد (أو أنود). وفي حالة تطبيق فرق الجهد لاحظ طومسون ظهور توهج ضوئي في الاسطوانة (أي انها اصبحت كالمصباح).



وكان المطلوب معرفة ما إذا كان هذا التوهج الضوئي هو فقط أشعة ضوئية أم أنه ذو طبيعة جسيمية،

و لاختبار هذا الفرض قام طومسون بالآتي

١- وضع مروحة صغيرة مكونة من وريقات صغيرة وخفيفة فلاحظ أن هذه المروحة تدور كلما ظهر التوهج الضوئي، و هنا كان الافتراض أن هذا التوجه هو نتيجة انطلاق جسيمات من المهبط (الكاثود)

٢- من المنطقي أن الافتراض أن الجسيمات الصادرة من المهبط ذو الشحنة السالبة سوف تكون سالبة الشحنة ايضا ولكن طومسون ارد التأكد بما لا يدع مجالا للشك فقام بتطبيق مجال كهربي على الأنبوبة حين خروجها فلاحظ أن الأشعة تنحرف ناحية الطرف الموجب للمجال الكهربي بعيدا عن الطرف السالب، مما اكد أنها سالبة الشحنة أمرا قويا.

٣- ولكنه لم يكتف بذلك بل أراد مزيدا من التأكد فطبق مجال مغناطيسي على الأنبوبة حين خروج الأشعة فوجد أن جسيمات المهبط تنحرف نحو القطب الشمال مما يعطي تأكيدا على أنها حاملة لشحنة سالبة.

لم تقتصر تجربة طومسون على هذه الجوانب الوصفية بل أنه بتطبيق فروق جهود مختلفة القيمة و حساب تسارع الجسميات السالبة للمهبط التي هي الإلكترونات ناحية المصعد استطاع أن يحسب قيمة نسبة كتلتها إلى شحنتها لكل تغير في فرق الجهد.

وهنا وجد أن قيمة هذه النسبة كانت ثابتة دائما، هذه النسبة ظلت ثابتة حتى عندما غير مادة الأقطاب و نوعية الزجاج الموكن للأنابيب، كما أنه أعاد التجربة مرار باستخدام غازات مختلفة حينا و حين تفريغ الأنابيب تماما من الغاز. فاقترح أن تكون هذه الأشعة عبارة عن جسيمات صغيرة؛ أصغر من الذرة، وذات شحنة سالبة، وقد قام بتحديد الخصائص الآتية للأشعة المهبطية:

[١] لها القدرة على إدارة دولاب صغير أو مروحه موضوعة في مسارها دلاله على أنها تمتلك طاقة حركية.

[٢] لها القدرة على تسخين الأجسام التي تصطدم بها وهذا يعني أن لها طبيعة جسيمية أو مادية.

[٣] عند وضع حاجز في مسارها يتكون للحاجز ظل دلالة على سيرها في خطوط مستقيمة.

[٤] إذا أثر عليها مجال كهربائي أو مغناطيسي فإنها تنحرف نحو المجال الموجب دلالة على كونها سالبة الشحنة.

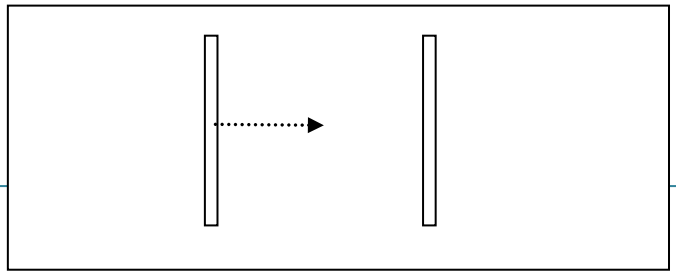
وفيما يلى نقدم بشىء من التفصيل وحركة الالكترون فى المجالات الكهربية والمغناطسية وفيها نوضح كيفية تاثير تلك المجالات على تيار الكترونات ومن حيث طبيعية الحركة او الانحراف.

حركة الإلكترون في المجالات الكهربية الإستاتيكية

ندرس فيما يلي ان شاء الله حركة الإلكترون الحر في الفراغ بين أقطاب عليها جهود كهربية تسبب في مجالات كهربية. مثل هذه المجالات تستخدم في الأنابيب الإلكترونية لتنظيم حركة الإلكترونات إما لتغيير سرعتها وذلك باستخدام مجالات كهربية موازية للحركة الإلكترونية وإما لتغيير اتجاهها وذلك باستخدام مجالات كهربية عمودية علي اتجاه حركة الإلكترونات الحرة في الفراغ فيما يعرف بالعدسات المغناطيسية التي تستخدم في تجميع أو تفريق الأشعة الإلكترونية.

١-٢-١ اتجاه حركة الإلكترونات موازيا لاتجاه المجال الكهربي المؤثر:

<u>الحالة الأولى:</u> مجال كهربي منتظم وسرعة الإلكترون الابتدائية تساوي صفراً.



الشكل السابق يوضح لوحين متوازيين بينهما المسافة (d) وفرق الجهد بينهما (V). هناك إلكترون عند القطب السالب شحنته (e) كولوم ويبدأ حركته تحت تأثير المجال من السكون أي أن سرعته الابتدائية تساوي صفراً. والمطلوب هو دراسة حركة هذا الإلكترون تحت تأثير المجال الكهربي أي تعيين كل من:

١- عجلة الحركة للإلكترون.

٢- المسافة التي يقطعها الإلكترون عند زمن (t).

٣- سرعة الإلكترون عند زمن (t).

٤- السرعة النهائية للإلكترون قبل اصطدامه باللوح الموجب.

٥- زمن العبور (t_d).

نتيجة لفرق الجهد بين الوحين يتولد مجال كهربي منتظم من العلاقة:

$$E = \frac{\nu}{d} \qquad volt/m \qquad (1)$$

وتحت تأثير قوة المجال (eE) سوف يتحرك الإلكترون في الأتجاه (X) مكتسباً عجلة مقدارها (a) تعطي من العلاقة الأتية

$$F = ma = eE$$

$$\therefore a = \frac{e}{m}.\frac{V}{d} \qquad m/\sec^2 \qquad (2)$$

ولحساب سرعة الإلكترون بعد زمن (t) تستخدم العلاقة :

$$v = v_0 + at$$

$$\therefore v = at \qquad (where \quad v_0 = zero)$$

$$\therefore v = \frac{e}{m}.\frac{V}{d}t \qquad (3)$$

ولحساب المسافة التي يقطعها الإلكترون بعد زمن (t)

$$X = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$\therefore X = \frac{1}{2}at^2 \qquad (where \quad v_0 = zero)$$

$$\therefore X = \frac{1}{2}\frac{e}{m}.\frac{V}{d}t^2 \qquad (4)$$

ومن المعادلة (٤)

$$t^2 = \frac{2 \times md}{eV} \qquad (5)$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{2 \times md}{eV}} \qquad (6)$$

وبالتعويض من (٦) في (٣)

$$\therefore \nu = \frac{e}{m}.\frac{V}{d}\sqrt{\frac{2\times md}{eV}} \qquad (7)$$

Or

$$\nu = \sqrt{\frac{e^2}{m^2}.\frac{V^2}{d^2}\frac{2\times md}{eV}} \qquad (8)$$

$$= \sqrt{\frac{2e}{m}.\frac{V}{d}X} \qquad (9)$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{e}{m}$

$$\therefore \nu = 5.93\times10^5\sqrt{\frac{V}{d}X} \qquad m/\sec \qquad (10)$$

$$= 5.93\times10^5\sqrt{E\,X} \qquad (11)$$

ولحساب سرعة الإلكترون النهائية ν_F قبل اصطدامه مباشرة باللوح الموجب أي بعد أن يقطع مسافة (d) يعوض عن (X) في المعادلة (١٠) بـ (d)

$$\therefore \nu_F = 5.93\times10^5\sqrt{\frac{V}{d}d}$$

$$\therefore \nu_F = 5.93\times10^5\sqrt{V} \qquad m/\sec \qquad (12)$$

وأخيرا لحساب زمن العبور (t_d) وهو الزمن الذي يستغرقه الإلكترون ليقطع المسافة بين اللوحين تستخدم المعادلة التالية:

$$t_d = \frac{\text{المسافة بين اللوحين}}{\text{السرعة المتوسطة}}$$

$$t_d = \frac{d}{\frac{\nu_0+\nu_F}{2}} = \frac{2d}{\nu_F} \qquad (13)$$

لأن السرعة الأبتدائية للإلكترون تساوي صفراً.

<u>الحالة الثانية:</u> المجال الكهربي منتظم والسرعة الابتدائية لا تساوي صفرا

التغيير الوحيد في هذه الحالة هو أننا نأخذ في الاعتبار قيمة v_0 لسرعة الإليكترون الابتدائية، ومن ثم فإن حساب الكميات الفيزيائية السابقة يتم وفقاً للمعادلات التالية :

العجلة التي يتحرك بها الإلكترون هي :

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{e}{m}.\frac{V}{d} \quad m/\sec^2 \qquad (14)$$

سرعة الإلكترون عند أية لحظة (t) هي

$$v = v_0 + at$$

$$v = v_0 + \frac{e}{m}\frac{V}{d}t \qquad m/\sec \qquad (15)$$

المسافة التي يقطعها الإلكترون عند زمن (t)

$$X = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$X = v_0 t + \frac{1}{2} \frac{e}{m} . \frac{V}{d} t^2 \qquad (16)$$

سرعة الإلكترون عند أي بعد (x) من اللوح السالب لتعطي من العلاقة .

$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \frac{e}{m} \frac{V}{d} x \qquad (17)$$

وبالتعويض عن (x) بالمقدار (d) وأخذ جذري الطرفين نحصل علي سرعة الإلكترون النهائية قبل اصطدامه باللوح الموجب

$$v_f = \sqrt{v_o^2 + \frac{2e}{m} V} \qquad (18)$$

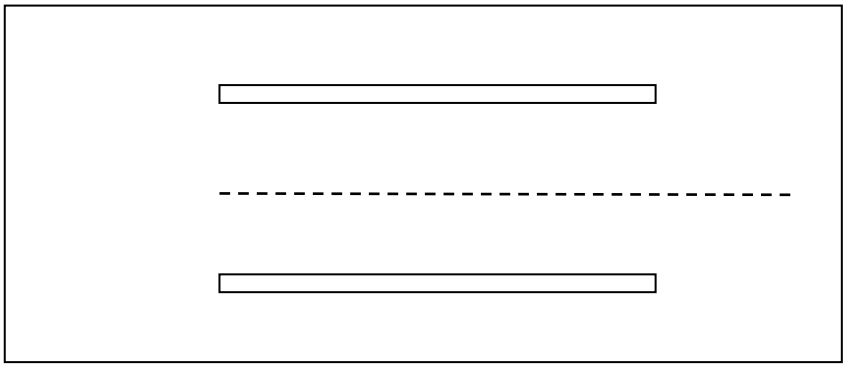
زمن العبور بين اللوحين (t_d) ليعطى من العلاقة

$$t_d = \frac{d}{\frac{v_0 + v_F}{2}} = \frac{2d}{v_0 + v_F} \qquad (19)$$

١-٢-٢ حركة الإلكترون في اتجاه عمودي علي مجال كهربي منتظم:

الشكل التالى يبين مجال كهربي (E) ينشأ نتيجة لوجود فرق في الجهد بين لوحين متوازيين المسافة بينهما (d) وطول كل منهما (L) . وبفرض أن هناك إلكترون يتحرك بسرعة ابتدائية مقدارها (v_0) في أتجاه عمودي علي أتجاه

المجال. والمجال الكهربي الناشئ عن وجود فرق الجهد يتعين من المعادلة: $E = \frac{V}{d}$



وفي اتجاه المحور الرأس Y وهذا المجال يؤثر علي حركة الإلكترون بقوة عمودية تسبب إزاحته عن مساره في الأتجاه الافقي (X) إلي الأتجاه الراسي (Y) وتكون العجلة التي يكتسبها الإلكترون في اتجاه المحور الرأسي تعطي من المعادلة:

$$a_y = \frac{F}{m} = \frac{e.E}{m} = \frac{e}{m}.\frac{V}{d} \qquad (20)$$

وتسبب إزاحته في الأتجاه (Y) بالمسافة (y) وكذلك تعطيه سرعة مقدارها يمكن حسابه وفقا للمعادلة التالية:

$$v_y = v_{oy} + a_y t = a_y t \qquad (21)$$

حيث سرعة الإلكترون الأبتدائية في الأتجاه الراسي = صفراً.

اما الازاحة فى الاتجاه الراسي تعطي وفقا للمعادلة التالية:

$$y = v_{oy} + \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} a_y t^2 \qquad (22)$$

هذا عن حركة الإلكترون في الأتجاه Y أما عن حركته في الأتجاه X فهي ثابتة أي أن سرعته الأبتدائية في الأتجاه X لا تتغير لعدم وجود قوي كهربائية في هذا الأتجاه. ومن ثم فإن الإزاحة في الأتجاه X في زمن معين تعطي من العلاقة :

$$x = v_{ox} t \qquad (23)$$

$$\therefore t = \frac{x}{v_{ox}} \qquad (24)$$

وبالتعويض عن قيمة (t) من المعادلة (٢٤) في المعادلة (٢٢) نحصل علي:

$$y = \frac{1}{2} a_y \left(\frac{x^2}{v_{ox}^2} \right) = \frac{1}{2} \frac{a_y}{v_{ox}^2} x^2 \qquad (25)$$

وهذه معادلة قطع مكافئ أي أن مسار الإلكترون بين اللوحين نتيجة للتأثير عليه بمجال كهربي عمودي علي اتجاه حركته يأخذ شكل القطع المكافئ. والزاوية (θ) والتي ينحرف بها تيار الإلكترونات عن مساره تعطي من تفاضل طرفي المعادلة (٢٥) بالنسبة لـ (x)

$$\because \tan\theta = \frac{dy}{dx}$$

$$= \frac{a_y}{2v_{ox}^{\ 2}}.2x$$

$$= \frac{e\,V}{2\,m\,d}.\frac{2x}{2v_{ox}^{\ 2}} \qquad (26)$$

$$= \frac{2\ y}{x} \qquad (26)$$

والزاوية θ_ℓ التي ينحرف بها تيار الإلكترونات عن مساره لحظة خروجه من تأثير المجال الكهربي أي بعد أن يقطع المسافة (L) تعطي بالتعويض عن (x) بالمقدار (L) في المعادلة (٢٦) أي

$$\because \tan\theta_\ell = \frac{e\,V}{2\,m\,d}.\frac{2L}{2v_{ox}^{\ 2}} = \frac{2\ y}{L} \qquad (27)$$

حركة الإلكترون في المجالات المغناطيسية

نفرض أن هناك تيار من الإلكترونات يتحرك بسرعة (υ) في أتجاه معين تحت تأثير مجال مغناطيسي (B) والزمن الذي يمضي بين تتابع إلكترون وآخر في هذا الأتجاه هو (dt) .

$$\therefore ds = \upsilon\, dt \qquad (1)$$

وحيثُ أن التيار الكهربي (I) في اتجاه الحركة (اتجاه المحور الأفقي X) يمكن أن يعطي من العلاقة :

$$\mathrm{I} = \frac{e}{dt} \qquad (2)$$

وطبقاً لقاعدة "لابلاس" نجد أن القوة المؤثرة علي التيار (F) الذي يمر في عنصر طول من السلك (ds) يعطي من المعادلة

$$F = \mathrm{I.B}.ds\sin\theta \qquad (3)$$

حيثُ (θ) هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه التيار. وبالتعويض عن I ، dt من المعادلتين (١) ، (٢)

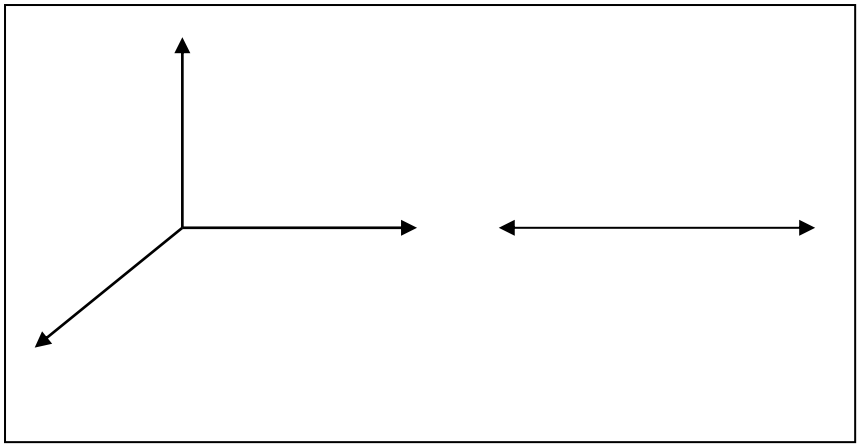
$$\therefore F = e\upsilon \mathrm{B}\sin\theta \qquad (4)$$

أولاً: إذا كان الإلكترون متحركاً في مجال مغناطيسي عمودي علي مستوي الصفحة فإن اتجاه القوة المؤثرة عليه يكون في مستوى الصفحة عمودياً علي كل من υ , B كما فى الشكلين التاليين.

ويكون مقدار هذه القوة في هذه الحالة

$$F = e\upsilon \mathrm{B}$$

(لأن جيب الزاوية 90^{o} $1=$) .



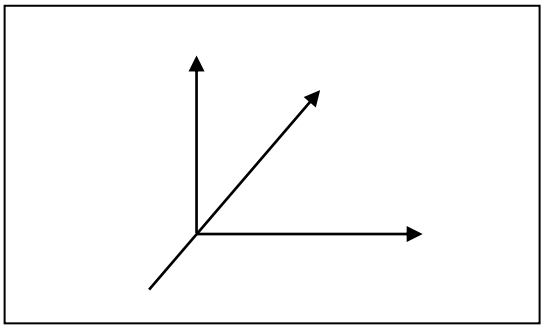
وتحت تأثير كتلة الإلكترون والقوة المغناطيسية المؤثرة عليه ينحرف الإلكترون في مسار منحنى نصف قطره (r) بحيث يكون تحت تأثير القوة (F) والقوة الطاردة المركزية $\frac{m\nu^2}{r}$ أي أن:

$$e\upsilon B = \frac{m\upsilon^2}{r} \qquad (5)$$

$$\therefore r = \frac{m}{e}.\frac{\nu}{\mathrm{B}} \qquad (6)$$

وإذا كانت السرعة التي يتحرك بها الإلكترون ثابتة فإن المسار الذي يرسمه الإلكترون يكون دائرياً في مستوى عمودي علي المجال المغناطيسي (B)

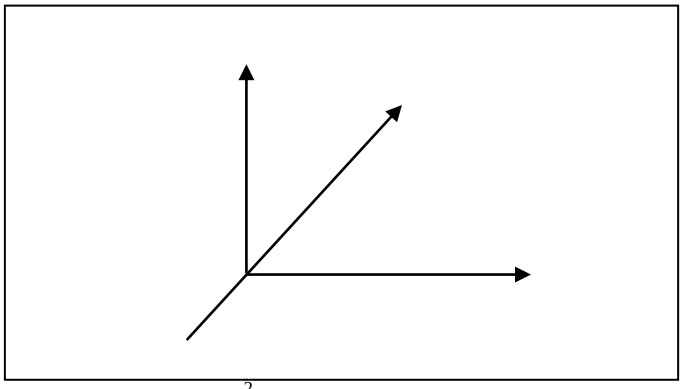
ثانياً: في حالة ما يكون اتجاه السرعة يعمل زاوية θ مع المجال فإنه يمكن تحليل هذه السرعة لمركبتين إحداهما في اتجاه المجال والأخرى عمودية عليها كما بالشكل التالى:



أ- بالنسبة للمركبة الأولي للسرعة والتي في اتجاه المجال (v_2 كما بالشكل) فإنها لا تعاني من أي تغيير لأنه لا توجد قوة تؤثر علي الإلكترون في هذا المجال حيثُ أن θ تساوي صفراً وبالتالي $\sin\theta$ سيساوي صفراً أيضاً، ومن المعادلة (٤) تصبح القوة في هذا الأتجاه تساوي أيضاً صفراً. وهذا يعني فيزيائياً أن الإلكترون يقطع في هذا الاتجاه (اتجاه المجال) مسافات متساوية في أزمنة متساوية.

ب- أما المركبة الثانية للسرعة العمودية علي اتجاه المجال (v_1 كما بالشكل) فإنها سوف تتأثر بالقوة (F) وتغير اتجاهها بالتالي لتسير في مسار منحنى كما سبق الإشارة إليه المعادلة (٦) والذي سيصبح دائري في حالة ثبات (υ).

ومعني هذا أن الإلكترون يتحرك في مسار بريمي محوره يوازي اتجاه المجال الشكل التالي. وإذا كانت θ هي الزاوية بين اتجاه المجال (B) واتجاه حركة الإلكترون فإن:



$$e\upsilon B\sin\theta = \frac{m\upsilon^2}{r} \qquad (7)$$

$$\therefore r = \frac{m\nu}{eB\sin\theta} \qquad (8)$$

وإذا كان كل من (υ) ، (B) ثابتة فإن الخط البريمي الذي يمثل حركة الإلكترون يكون نصف قطر مسقطه العمودي علي اتجاه المجال (B) ممثلاً بالمعادلة

$$r` = r\sin^2\theta \qquad (9)$$

$$r` = \frac{m\upsilon^2\sin^2\theta}{eB\sin\theta} = \frac{m\upsilon\sin\theta}{eB} \qquad (10)$$

وإذا لم يكن المجال نفسه منتظماً فإن مسار الإلكترون في هذه الحالة يكون علي شكل خط "بريمي" متغير الأتساع محوره يوازي اتجاه المجال.

تمارين

[١] إلكترون يتحرك بين لوحين فرق الجهد بينهما ١٨٢ فولت والمسافة بينهما ٤سم فإذا علم أن الإلكترون ترك المهبط بسرعة مهملة و $\frac{e}{m}=1.76\times10^{11}\,C/kg$ أوجد:

أ- زمن العبور بين المهبط والمصعد .

ب- المسافة التي سيقطعها الإلكترون في نصف الزمن.

ت- سرعة الإلكترون عند منتصف المسافة.

[٢] أحسب الزمن الذي يستغرقه إلكترون يتحرك تحت تأثير فرق الجهد ١٥٠٠ فولت لكي يعبر المسافة ٢٠سم بين اللوحين مع اعتبار أن $e=1.6\times10^{-15}\,Coulomb \;\&\; m=9.1\times10^{-31}\;\; kg$

[٣] في صمام ثنائي ذو لوحين متوازيين كان جهد الأنود ٢٥٠ فولت بالنسبة لجهد الكاثود و المسافة بين اللوحين هي ٤سم فإذا أنبعث إلكترون من الكاثود بسرعة ابتدائية 2×10^{6} متر/ ثانية نحو الأنود فأحسب:

أ- سرعة اصطدام الإلكترون بالأنود.

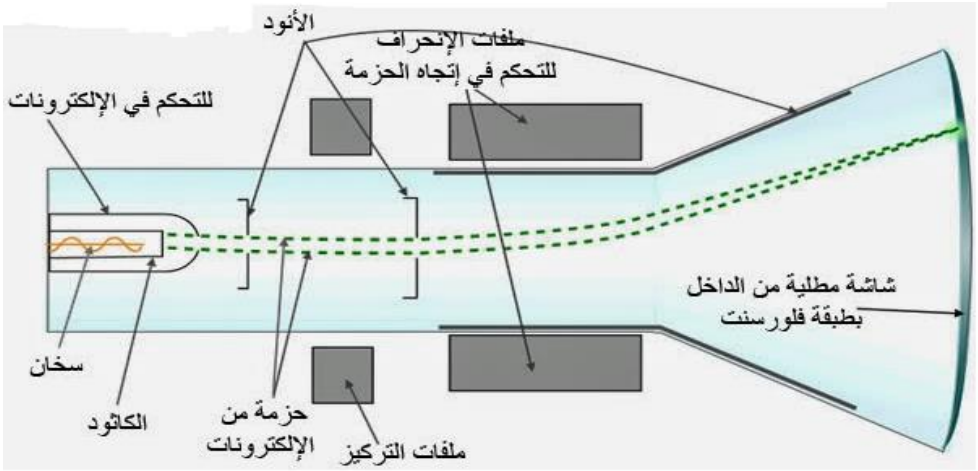
ب- زمن الانتقال من الكاثود إلي الأنود.

ت- سرعة الإلكترون عند منتصف المسافة بين اللوحين والزمن الذي يستغرقه للوصول إلي هذه النقطة.

انـبـوبـة اشعة الـكـاثـود

بالاستفادة مما سبق ذكره فقد تم تصميم انبوبة اشعة الكاثود التى استخدمت فى كثير من الشاشات لاجهزة الكمبيوتر والتليفزيزيون وغيرهما من اجهزة عرض الفيديو قبل ظهور الشاشات الحديثة الان مثل (CRT , LCD , LED).

يوضح الشكل التالى تركيب انبوبة اشعة الكاثود:



حيث تتركب من إنتفاخ زجاجى مفرغ من الهواء على شكل مخروطى قاعدته تمثل الشاشة التى تظهر عليها الصورة وهى عبارة لوح زجاجى سميك تغطى من الداخل بطبقة فسفورية له القدرة على إشعاع ضوء وذلك عند إصطدام الشعاع الالكترونى بهذه الطبقة.

ينتهى المخروط الزجاجى بعنق رفيع ويحتوى على قاذفة الكترونية وهى المسؤولة عن توليد الشعاع الالكترونى وتزويدة بالسرعة اللازمة للاصطدام بالشاشة فيجعل الشاشة تضئ وتتكون هذه القاذفة من مجموعة مكونات وهى:

الفتيلة : وهى تقوم بتوليد طاقة حرارية عند مرور التيار الكهربى بها.

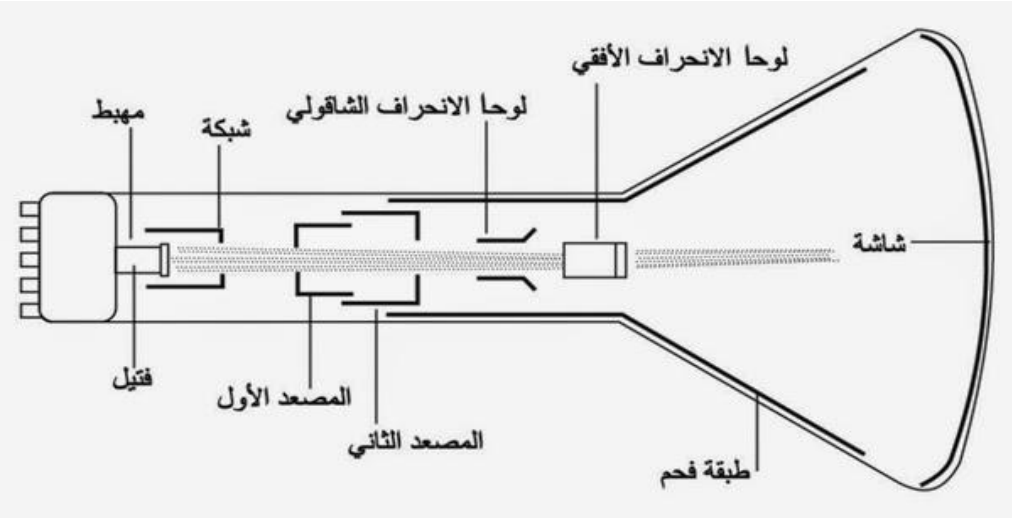
الكاثود : ويصنع من مادة مشعة من الاكترونيات والذى يتم تسخينها بواسطة الفتيلة فتنطلق منه عدد كبير من الاكترونات والتى تشكل الشعاع الالكترونى.

الشبكة الحاكمة : وهى على شكل إسطوانى بها ثقب صغير جدا تمر منه الالكترونات المنطلقة من الكاثود على شكل حزمة الكترونية ويتم التحكم فى كمية الالكترونات من خلالها وذلك بالتحكم فى الجهد السالب المار بها.

أقطاب التعجيل : وتتكون من مصعدين وهما مسؤلان عن زيادة سرعة الشعاع الالكترونى كما يعملان على تركيز الشعاع الالكترونى.

ملفات الانحراف : وهى تنقسم الى مجموعتان ملفات إنحراف رأسية وملفات إنحراف أفقية واللتان تقومان بتمديد الشعاع الالكترونى أفقيا ورأسيا فيتمدد من نقطة ليملأ الشاشة كاملة.

طريقة عمل تعتمد على ما سبق ذكره من حركة الالكترون داخل المجالات الكهربية والمغناطيسية ويمكن ان تتخلص كالتالي:



عند توصيل الانبوبة بالتيار الكهربى يمر التيار أولا عبر الفتيلة والتى تسخن عند مرور التيار بها مما يؤدى الى تسخين الكاثود والذى يقوم بدورة بإشعاع الكترونات ولكن تتحرك بأسلوب غير منتظم فتمر عبر الشبكة الحاكمة والتى تنظم الاكترونات على شكل حزمة الكترونية رفيعة.

بعد ذلك يمر الشعاع من خلال أقطاب التعجيل والتى تقوم بزيادة سرعة الشعاع بشكل كبير فيسقط الشعاع على الشاشة مكون نقطة بيضاء وهنا يأتى دور ملفات الانحراف والتى تقوم بمسح هذه النقطة وتمديدها أفقيا ورأسيا وبذلك تضئ الشاشة بكاملها مع العلم أن عملية المسح تتم بشكل سريع يصعب على العين أن تستوعبها.

كما يتم التحكم فى معالم الصورة وذلك من خلال التحكم فى شدة الشعاع الالكترونى فكلما زات شدته زادت شدة الضوء المنبعث من الحبيبات الفسفورية.

والسؤال هنا هو كيف يتم رسم أشكال وصور مختلفة على الشاشة ؟

يتم ذلك عن طريق تغيير مقدار الشحنة على أقطاب التحكم والتى يمكن من خلالها التحكم فى مقدار إنحراف الشعاع الالكترونى ليرسم منحنى أو شكل أى شكل هندسى. وفى الجزء التالى نتقدم بشيء من التفصيل نظرية عمل العدسات الإلكترونية والمغناطيسية وحساسية الانحراف في المجموعة الحارفة سواء كانت ألواح أو ملفات كهربية.

الـمـيـكـروسـكـوب الالـكـتـرونـي

Electron microscope

مقدمة: بداية نحتاج الى ان نتعرف على معامل مهم فى عملية التكبير هو قوة التمييز (Resolution power)أو قوة التبيين (التحليل) (Resolving power) وهي أصغر مسافة بين أصغر جسمين متقاربين يمكن أن نراهما بوضوح تام مفصولين تماماً عن بعضهما من غير أي تداخل.

وحيث ان قوة التبيين لا يحددها نوع العدسة المستخدم فى عملية الفحص وإنما يحددها الطول الموجي (λ) للموجه الساقطة على العينة حيث ان العلاقة عكسية بين قوة التبيين والطول الموجي بمعنى انه كلما قل الطول الموجي تزداد قوة التبيين. وعليه فان قوة التبيين للميكروسكوب الضوئي لها حد معين ذا قيمة محددة مرتبطة بالطول الموجي لموجه الضوء وهو ثابت. وفيما يلى نستعرض ذلك بصورة تاريخية بسيطة من خلال تجارب بعض العلماء فى هذا الصدد:

البداية: افترض العالم Ernst Abbe إن القدرة التحليلية لأي ميكروسكوب تعتمد على الطول الموجي للضوء المستخدم وبالتالي فان الميكروسكوبات التقليدية المعتمدة على الضوء المرئي سوف يكون لها حد أقصى للقدرة التحليلية لا يمكن أن تتجاوزه بأي حال من الأحوال ولهذا طور العالم Koehler جهاز ميكروسكوب يعمل بالأشعة الفوق بنفسجية

وبالرغم من أن ذلك زاد القدرة التحليلية إلا أن اعتماد هذا الميكروسكوب على استخدام بصريات مصنعة من الكوارتز ،لان الزجاج العادي يمتص الأشعة فوق البنفسجية، جعل سعره مرتفعا جدا. عند هذه المرحلة أصبح واضحا لدى العلماء أن الحصول على صور دقيقة بحجم أجزاء من الميكرون مستحيلا نظرا لقيود الطول الموجي للضوء المستخدم.

مع المزيد من الاكتشافات التي بدأت في العام ١٨٥٨ بواسطة العالم Plücker الذي استطاع التحكم في أشعة الكاثود (وهي حزمة من الالكترونات ولكن لم يكن ذلك معروفا إلا بعد تجارب العالم ج ج طومسون) بواسطة المجالات المغناطيسية. تمكن العالم Riecke في العام ١٨٩١ من تبئير أشعة الكاثود بواسطة المجالات المغناطيسية مما يعني انه استطاع تصميم عدسة مغناطيسية بسيطة.

في العام ١٩٢٨ في الجامعة التكنولوجية في برلين قام العالم Max Knoll برئاسة فريق بحثي بتطوير عدسات للتحكم في أشعة الكاثود لاستخدامها في الحصول على صور مكبرة. وبعد ثلاثة أعوام من الأبحاث والتجارب تمكن العالم Max Knoll وفريقه من الحصول على أول صورة مكبرة لشبكة وضعت فوق فتحة الانود وكان هذا في العام ١٩٣١. في نفس العام تمكن العالم Reinhold Rudenberg في شركة سيمينز Siemens company من الحصول على براءة اختراع للعدسة الكهروستاتيكية في الميكروسكوب الالكتروني.

في ذلك الوقت كان السلوك المزدوج للالكترونات معروفا من خلال الفرضية التي وضعها العالم دي برولي De Broglie hypothesis وهي أن كل جسيم له سلوك موجي وبالتالي وجد أن الإلكترون يسلك سلوك موجي بالإضافة إلى سلوكه الجسيمي مثله مثل الضوء تماما وبالرغم من أن فرضية دبرولي وضعت في العام ١٩٢٧ إلا أن الفريق البحثي المكلف بتطوير قدرة الميكروسكوب لم يكن يعلم بهذه الفرضية حتى العام ١٩٣٢ وبمجرد أن وصلتهم تلك الفرضية والتجارب التي أكدت صحتها لاحظ العلماء انه بالإمكان استخدام الموجة المصاحبة للإلكترون في عملية التكبير في الميكروسكوبات لان هذه الموجة اصغر كثيرا من الطول الموجي للضوء المرئي (الطول الموجي المتوسط للضوء ٥٠٠٠ انجستروم في حين إن الطول الموجي المصاحب للإلكترون في حدود ١ انجستروم) وبالتالي يمكن تطوير أجهزة تكبر الأشياء على المستوى الذري. في العام ١٩٣٣ تم الحصول على أول نجاح للحصول على صور مكبرة لعينة من ألياف القطن قبل أن تصاب العينة بالضرر نتيجة لاصطدام الالكترونات بها.

بعد هذا النجاح ازداد الاهتمام بالميكروسكوب الالكتروني من قبل العديد من المجموعات البحثية لتطويره واستمر التطوير ايضا في شركة سيمينز للحصول على صور لعينات بيولوجية وفي العام ١٩٣٨ تم بناء أول جهاز TEM وهو الميكروسكوب الالكتروني النافذ. والصورة التالية توضح شكل عام لميكروسكوب الكتروني:

وفي الميكروسكوب الإلكتروني تمر الإلكترونات من خلال سلسلة من المجالات المغناطيسية تشبه في عملها نظام العدسات في المجهر الضوئي وبذلك فالإلكترونات التي تنعكس عن العينة والتي تنفذ من خلالها تبعاً لكثافة التراكيب في العينة المفحوصة يمكن استقبالها على لوحات حساسة أو مشاهدتها على شاشات خاصة مفسفرة تسمح برؤية الصورة لامعة.

ومما هو جدير بالذكر أن الفحص الميكروسكوب الإلكتروني يحتاج إلى معاملات خاصة سواء في تحضير العينة أو في إعداد المجهر للفحص.

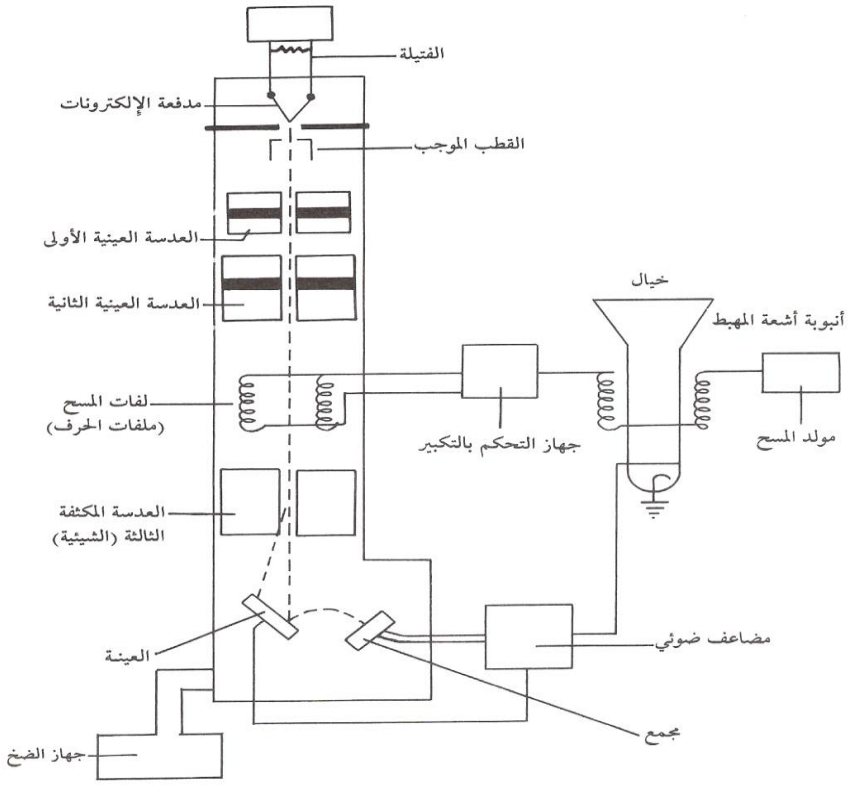
من أنواع الميكروسكوب الالكتروني :

المجهر الإلكتروني الماسح: (SEM) Scanning electron microscope

تقوم كمية قليلة من الإشعاع الإلكتروني بمسح العينة فتتجمع الإلكترونات المنبعثة من العينة لتكون الصورة المنبعثة على أنبوبة أشعة المهبط. والشكل التالى يوضح تركيبه بصورة مبسطة

توضع العينة المراد فحصها داخل العمود المفرغ من الهواء في المجهر الالكتروني من خلال مدخل أو سدادة محكمة الاغلاق .

وبعدما يفرغ العمود تمامًا من الهواء يطلق المدفع الإلكتروني حزمة شعاعية ذات طاقة عالية من الإلكترونات، ينطلق هذا الشعاع الإلكتروني متجها إلى الأسفل عبر سلسلة من العدسات المغناطيسية التي صممت لتقوم بتركيز وتجميع الإلكترونات في موضع محدد و دقيق.



بالقرب من نهاية العمود المفرغ السفلية توجد مجموعة من الملفات المغناطيسية الماسحة،والتي تقوم بدورها بتحريك الشعاع المركز من الإلكترونات فوق العينة المراد فحصها ذهابًا و إيابًا و صفًا تلو الآخر حتى يتم تغطية العينة كلها.

وعند ملامسة الشعاع الإلكتروني لسطح العينة تتحرر بعض الإلكترونات الثانوية من سطح العينة، ويتم الكشف عن هذه الإلكترونات المحررة عبر

كاشف خاص يقوم أيضا بحصرها وإرسال إشارة خاصة لجهاز مكبر الإشارات الإلكتروني .

تتكون الصورة النهائية تبعا لعدد الإلكترونات المحررة من كل نقطة على سطح العينة، وبذلك تنشأ الصورة محاكية تماما للعينة و مطابقة لها .

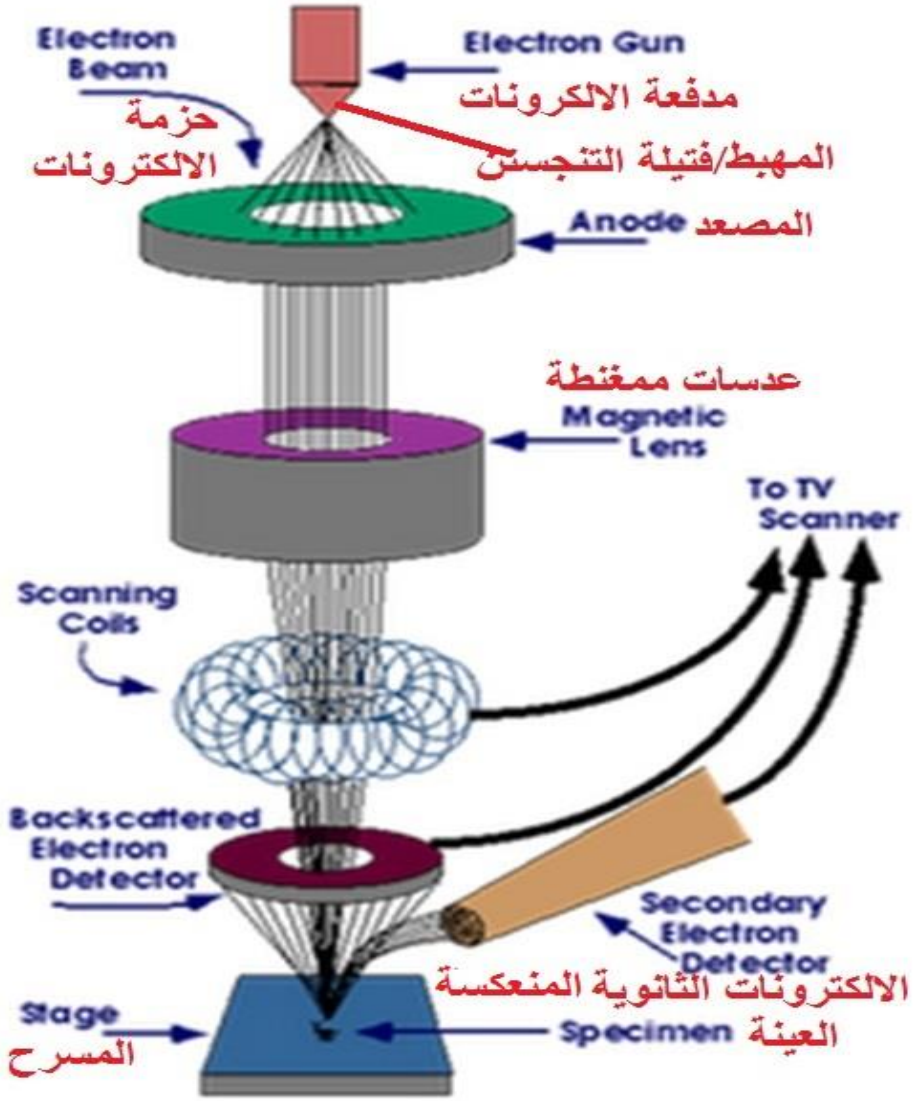
الميكروسكوب الإلكتروني النافذ

Transmission electron microscope (TEM)

في حالة الميكروسكوب النافذ تتعرض العينة كلية للإشعاع الإلكتروني الذي ينفذ أو يمر من العينة ليكون الصورة على شاشة العرض ويأتي التباين في الصورة من الإختلافات في الكثافة الإلكترونية للعينة , أو من كمية الإلكترونات التي تمر من خلال العينة..

إن الميكروسكوبات الإلكترونية النافذة لها دقة أعلى بكثير من الميكروسكوبات الضوئية نتيجة الموجة المادية الصغيرة للإلكترونات، مما يمكّن المستخدم من فحص تفاصيل العينة بشكل دقيق إلى درجة صف من الذرات وذلك بشكل يبلغ عشرة آلاف مرة قدرة تكبير مقارنة مع الضوئي. يمثّل الميكروسكوب الإلكتروني النافذ TEM وسيلة تحليل أساسية في العديد من فروع العلوم الطبيعية مثل علم المواد وأبحاث أشباه الموصلات بالإضافة إلى العلوم الحيوية مثل علم دراسة الفيروسات وأبحاث السرطان. وهو ايضا لفحص العينات حيه لانه لايتطلب مقاطع .

والشكل التالى يوضح التركيب الأساسي للمجهر الالكتروني النافذ

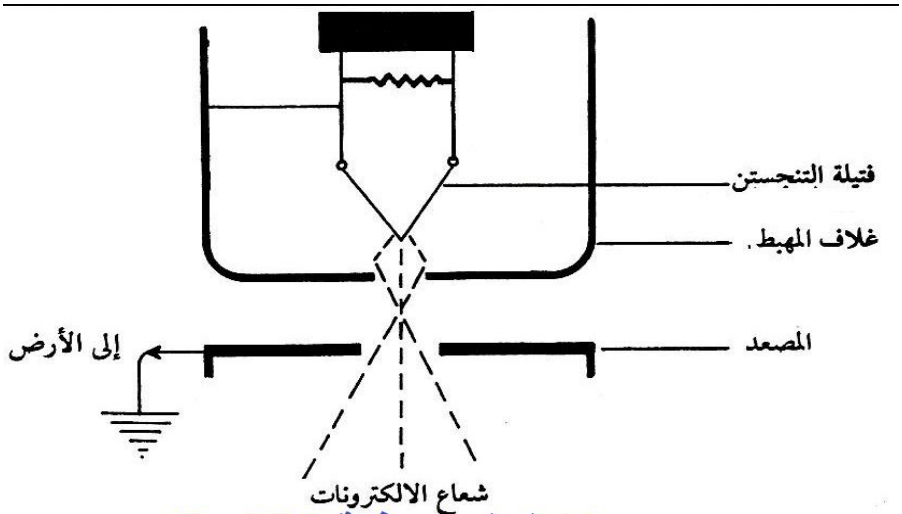


وفى اى ميكروسكوب الالكتروني الشىء الاساسى هو اصدار الاشعة الالكترونية المستخدمة فى فحص العينات ومن هذا المنطلق لابد ان

نستعرض سريعة تركيب المدفع الالكتروني **Electron Gun** والذى تتكون بصورة اساسية من الفتيلة و المصعد حيث ان:

الفتيلة عبارة عن سلك من التنجستن صغير على هيئة مخروط يعرف أيضا بالمهبط ويغلف المهبط صفيحة سالبة الشحنة تعرف بغلاف المهبط تساعد في ابتعاد الالكترونات عن منطقة المهبط ودفعها الى ثقب المصعد.

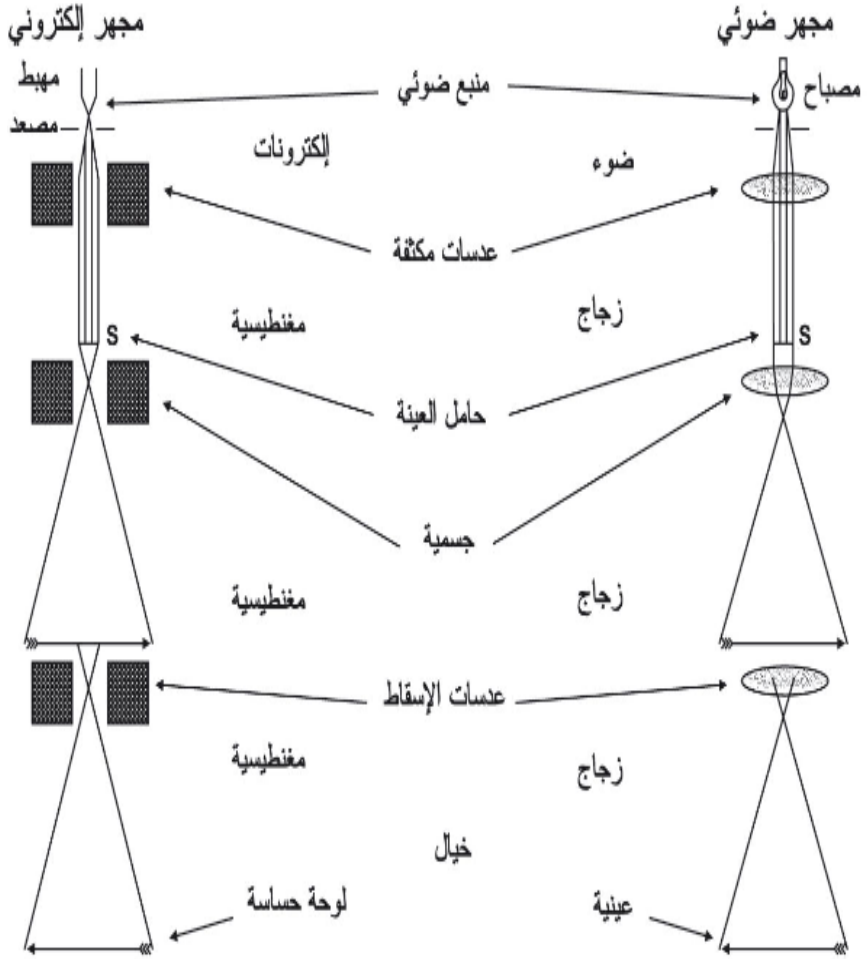
اما المصعد فهو عبارة عن قطعة معدنية دائرية الشكل في مركزها ثقب.



رسم تخطيطى لمدفعة الالكترونات

اما مسار الاشعة الالكترونية داخل الميكروسكوب والتحكم فيها واسقاطها على العينة فقد تم شرحه فى الاجزاء السابقة عن الحديث عن حركة الالكترون فى المجالات الكهربية والمغناطيسية وايضا شرح العدسات الالكترونية والمغناطيسية.

والشكل التالي يلخص اوجه التشابه بين الميكروسكوب الضوئي والميكروسكوب الالكتروني:



مطياف الكتلة

Mass spectrometry

مطياف الكتلة هو جهاز اخترعه فرانسيس أستون ويعتمد مبدأ عمله على أن الجسيمات المشحونة عندما تدخل مجالا مغناطيسيا منتظما، بحيث يعامد اتجاهه اتجاه حركتها، فإنها تأخذ مسارات دائرية تتناسب أنصاف أقطارها مع كتلة الجسيم المشحون. ويمكن بواسطة هذا الجهاز قياس نسبة الكتلة للشحنة وفصل الجسيمات المختلفة بهذا المقدار عن بعضها سواء كانت ذرات أو أيونات أو جزيئات. و هو يسمح بقياس q/m لذرة متأينة (حيث m كتلة الايون و q شحنته) وبتحديد كتلة الذرة، وقد لعبت المطيافية دورا كبيرا في دراسة النظائر.

يتكون المطياف من :

١. منبع أيونات Ion source

٢. محلل الكتلة Mass Analyzer

٣. كاشف Detector

حيث منبع الأيونات يشطر جزيئات العينة إلى أيونات. وجهاز التحليل يفرز الأيونات بحسب كتلتها عن طريق تطبيق حقول كهرومغناطيسية. ومكشاف لقياس قيمة مؤشر الكمية وبذلك تعطي بيانات لحساب وفرة الأيونات الملتقطة.

ولمطياف الكتلة استخدامات كمية ونوعية، تشمل تحديد هوية المركبات المجهولة، وتحديد التركيب النظائري للعناصر في الجزيء، وتحديد بنية المركب بمراقبة شظاياه. كما يستخدم في تحديد كمية مركب ما في العينة أو لدراسة كيمياء الأيونات في الطور الغازي (كيمياء الأيونات والجسيمات الحيادية في الفراغ). يستخدم مطياف الكتلة حاليا في مخابر التحليل التي تدرس الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لطيف واسع من المركبات.

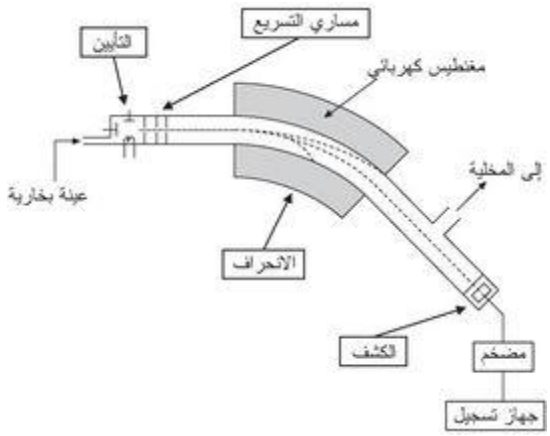
ويعتمد عمل مطياف الكتلة على قذف للمركب العضوي في حالته الغازية أو البخارية بسيل من الالكترونات السريعة والعالية الطاقة (طاقتها في حدود ٧٠ الكترون فولت) تحت هذه الظروف يؤدي اصطدام الجزيئات بهذه الالكترونات السريعة إلى انفصال إلكترون أو أكثر من الجزيء .. أي تحدث عملية تأين للجزيء lonization وتتكون ايونات موجبة الشحنة أو بالأصح جذر كاتيوني radical cation M بالإضافة إلى ذلك تؤدي الطاقة العالية إلى تكسير رابطة ضعيفة أو أكثر في الجزيء مما يؤدي إلى تكوين

ايونات صغيرة أو حطيمات مشحونة أو متعادلة .. وبذلك يحتوي المخلوط الناتج من معاملة المركب بهذه الطريقة على مجموعة من الايونات الموجبة التي تختلف في الكتلة و الشحنة ..ويتم فصل هذه الايونات الموجبة بناءً على اختلافها في نسبة الكتلة إلى الشحنة m/e باستخدام مجال كهربائي ومجال مغناطيسي ..ويتم تسجيل نتائج التحليل في صورة طيف كتلة mass spectrum يوضح كتلة هذه الايونات ووفرتها النسبية.

مبدا عمل المطياف الكتلي :

يعتمد مبدأ عمل المطياف الكتلي على توليد أيونات للمادة المدروسة في حيّز خالٍ من الهواء، وإخضاعها لحقول كهربائية ومغنطيسية حتى ترسم في نهاية المطاف الجسيمات المختلفة في الكتلة مسارات متباينة.

وقد تختلف الترتيبات المستخدمة لهذا الغرض من جهاز لآخر، ويظهر في الشكل التالي أحدها وهو الأكثر استخداماً، وهو يتألف من أربعة أجزاء هي:

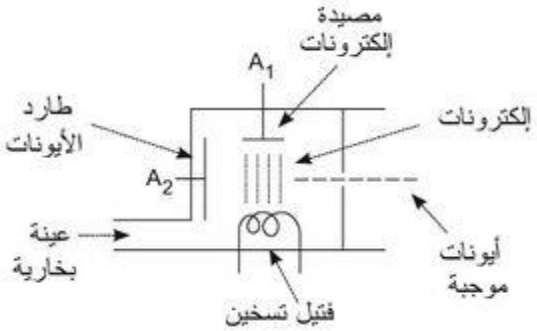


مخطط رمزي لمطياف كتلي

١- حجرة التأين ionization chamber

وهنا تُنتزع الإلكترونات من ذرات العيِّنة موضوع الدراسة، فتتحول إلى أيونات موجبة تمتلك جميعها كتلة متقاربة m، وهي تحمل شحنات كهربائية موجبة q = ne مساوية شحنة الإلكترون e أو مضاعفاتها n بالقيمة المطلقة. ويمكن الحصول على هذه الأيونات على سبيل المثال بإخضاع ذرات المادة وهي في حالة بخار تحت ضغط منخفض لسيل من الإلكترونات صادر عن فتيل ساخن.

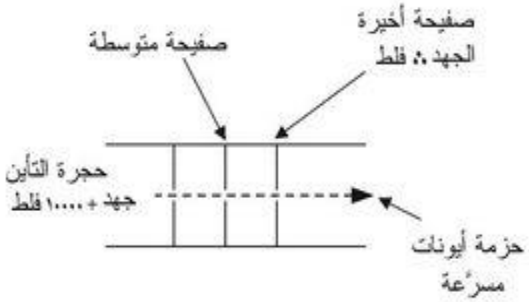
ويبين الشكل التالي وسيلة تحقيق ذلك. إذ تُدخَل العيّنة وهي بحالة بخار إلى حجرة صغيرة فيها فتيل يمر فيه تيار كهربائي، توضع مقابله صفيحة موجبة A_1 فتنجذب الإلكترونات إليها. وباصطدام الإلكترونات المسرَّعة هذه مع ذرات البخار تغدو الذرات متأينة مرة أو أكثر، وتقوم الصفيحة A_2 التي يطبق عليها جهد (كمون) كهربائي موجب بطرد الأيونات بعيداً عنها فتخرج الأيونات من فتحة في حجرة التأين.



حجرة التأين في المطياف الكتلي

٢- اقطاب التعجيل acceleration electrodes

يطبق على حجرة التأين جهد كهربائي موجب من رتبة ١٠٠٠٠ فولت، وتمر الأيونات الخارجة من فتحة حجرة التأين فتَرِدُ على مجموعة مسارٍ كهربائية تطبق عليها جهود كهربائية متناقصة حتى الصفر ڤولت، كما هو ظاهر في الشكل التالي، فتكتسب الأيونات سرعة عالية.



اقطاب تعجيل الأيونات

ويمكن التعبير عن طاقتها الحركية بدلالة الجهد الكهربائي المعجل V بالعلاقة:

$$\frac{1}{2}\ mv^2 = neV$$

وذلك بفرض m كتلة الأيون وv سرعته وne الشحنة الكهربائية التي يحملها. ومنها يكون:

$$v = \sqrt{\frac{2neV}{m}}$$

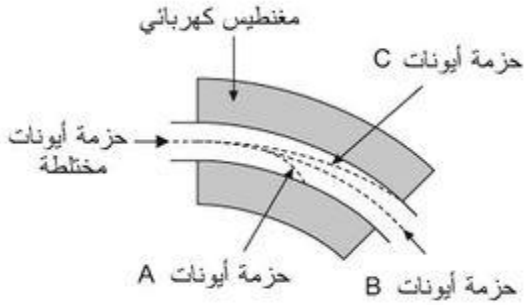
٣- حجرة الانحراف deflection chamber

تخضع الأيونات ذات السرعة v المعطاة بالعلاقة السابقة لدى دخولها منطقة الحقل المغنطيسي B العمودي على مسارها لقوة تجعلها ترسم مساراً بشكل قوس دائرة نصف قطرهاR يعطى بالعلاقة:

$$R = \frac{mv}{neB} = \frac{1}{B}\ \sqrt{2\,v\,\frac{m}{ne}}$$

فالأيونات ذات الكتلة الصغيرة ترسم أقواساً (A) أنصاف أقطارها صغيرة، في حين ترسم الأيونات ذات الكتلة الكبيرة أقواساً (C) أنصاف أقطارها كبيرة كما يظهر في الشكل التالي. كما تقوم الشحنة التي يحملها الأيون بدور

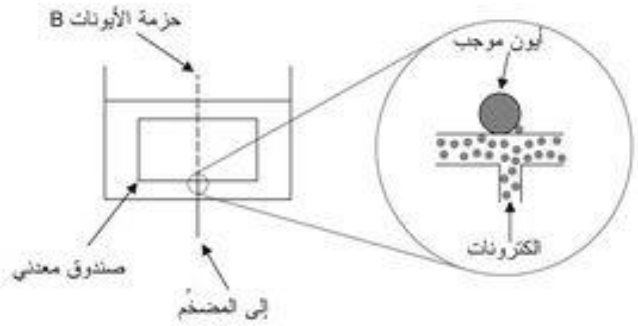
في تحديد نصف قطر الدائرة التي يرسمها وهذا واضح من العلاقة السابقة.



انحراف الأيونات في الحقل المغنطيسي

٤- حجرة الكشف detection chamber

تَرِد الأيونات بعد خروجها من منطقة الحقل المغنطيسي إلى حجرة الكشف التي تعلوها فتحة. فإذا تمكَّن أيون من دخول الحجرة والارتطام بقعرها فإنه يكتسب من جدارها الإلكترون اللازم لاعتداله، فإذا وُصِلت الحجرة بمقياس يسجل شدة التيار عن طريق مضخم أمكن مراقبة عدد الأيونات الأخف أو الأثقل. يجري التحكم بشدة الحقل المغنطيسي B، لكشف كل أنواع الأيونات الموجودة في العيِّنة المدروسة.



حجرة الكشف

- من مزايا مطياف الكتلة :

إننا نستطيع الحصول على طيف الكتلة لجميع المركبات العضوية الصلبة والسائلة و الغازية باستخدام كمية ضئيلة جداً من المادة.

- أما من أهم عيوب هذه الطريقة :

فتكمن في عدم قدرتنا على استرجاع المادة بعد التجربة لأنها تتكسر ..

كما أن هذه الأجهزة غالية الثمن لاتتوفر في كثير من المختبرات

يسمح المطياف الكتلي mass spectrograph أو راسم الطيف الكتلي بفصل الذرات بحسب كتلها، شأنه في ذلك شأن المطياف الضوئي الذي يسمح بفصل الضوء بحسب الأطوال الموجية التي يتركب منها. فمن المعلوم أن بالإمكان استخدام المطياف الضوئي لقياس الأطوال الموجية الصادرة عن منبع ضوئي، إضافة إلى قياس الشدات النسبية للأضواء وحيدة اللون التي يتركَّب منها. وبالمثل يمكن استخدام المطياف الكتلي جهاز تحليل للكشف عن الكتل الذرية المختلفة التي تتألف منها عيِّنة ما، وكذلك تقدير

الوفرة النسبية لكل منها. كما يمكن استخدامه وسيلة لفصل الذرات المتماثلة في الكتلة.

تاريخه

يعود الفضل إلى ف. و. آستون F.W.Aston في ابتكار أول مطياف كتلوي عام ١٩٢٠، الذي عمل على تطوير جهاز ابتكره ج.ج. طومسون J.J.Thomson لفصل النظائر isotopes لأول مرة، وهي عناصر لا يمكن تمييزها بعضها عن بعض كيميائياً، إلا أنها تختلف في الكتلة، وباستطاعة المطياف الكتلي تمييزها بسهولة.

دليل استخدام نظام Microsoft Teams

عن برنامج Microsoft Teams:

- هو تطبيق للاتصال و إنشاء الفصول الدراسية التعاونية، والاجتماعات.
- يجمع بين المحادثات والمحتوى والمهام والتطبيقات ومشاركة الملفات معاً في مكان واحد ويمكن لأي شخص الوصول إليها.
- يسمح للمعلمين بتوزيع وتحويل مهام طالب الصف الدراسي عبر الفرق باستخدام تبويب الواجبات.
- استضافة المؤتمرات الصوتية ومؤتمرات الفيديو والويب مع أي شخص داخل مؤسستك أو خارجها أو حتى حضور الأحداث المباشرة.
- الاجتماع من فريق مكون من ١٠ أفراد إلى ١٠٠٠٠ شخص.
- يسمح بإرسال رسائل فورية دون استخدام البريد الإلكتروني أو الرسائل النصية.

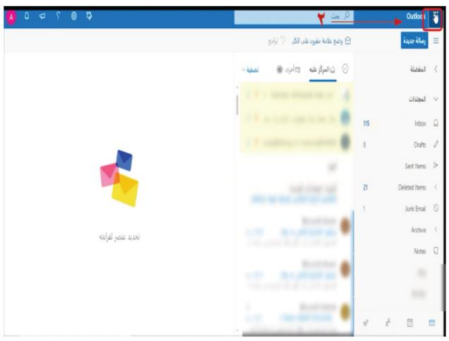
المستفيدون من البرنامج:

- أعضاء هيئة التدريس.
- طلبة الجامعة.
- موظفو الجامعة.

الدخول على البرنامج:

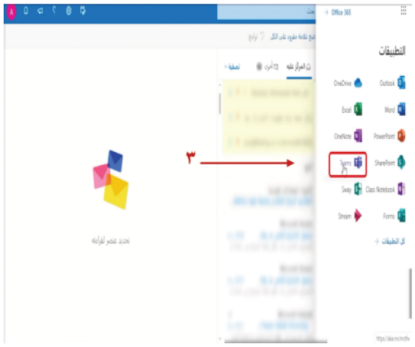
١- عن طريق البريد الإلكتروني الجامعي.

١- الدخول على البريد الإلكتروني من موقع الجامعة.

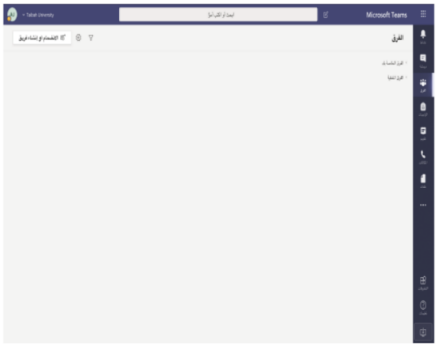


٢- الضغط على الأيقونة

الدخول على البرنامج:



٣- اختيار برنامج Teams، أو الضغط على كل التطبيقات واختيار Teams.



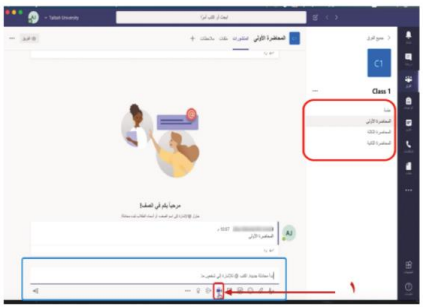
٤- تم فتح صفحة برنامج Teams وتسجيل الدخول.

٢- الطريقة الثانية للدخول على Teams عن طريق تحميل التطبيق من خلال الرابط:

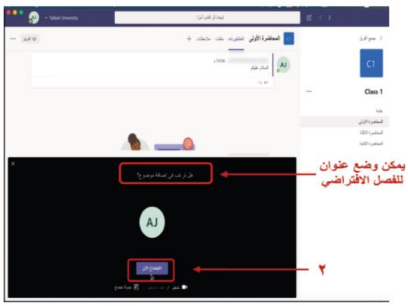
https://teams.microsoft.com/downloads

وتسجيل الدخول للبرنامج عن طريق البريد الإلكتروني الجامعي

كيفية بدء الاتصال في الفصل الافتراضي :

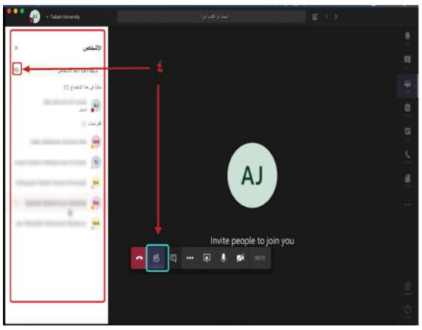


١- اختيار القناة العامة أو الفرعية ثم الضغط على أيقونة الفيديو في أسفل الشريط الخاص بالمحادثة.



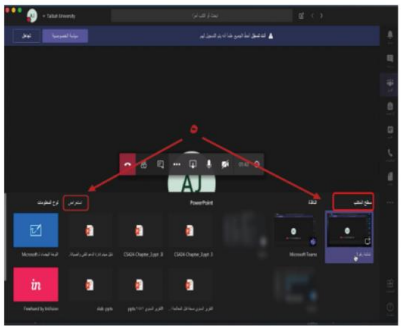
٢- الضغط على الاجتماع الآن.

٣- شريط أدوات التحكم في الاتصال للفصل الافتراضي



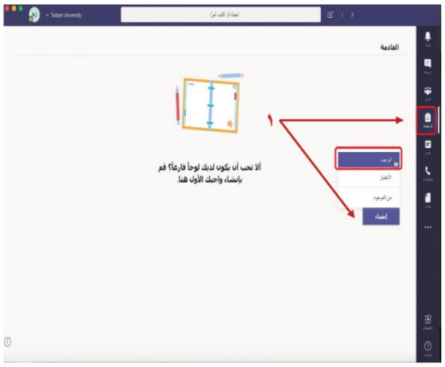
٤- يمكن الضغط على الأيقونة وإظهار قائمة الأشخاص المشاركين بالإضافة إلى خاصية كتم الصوت للمشاركين بالإضافة أنه يمكن الضغط على الايقونة

ونسخ رابط الاتصال للفصل الافتراضي وإرساله إلى الطلاب.

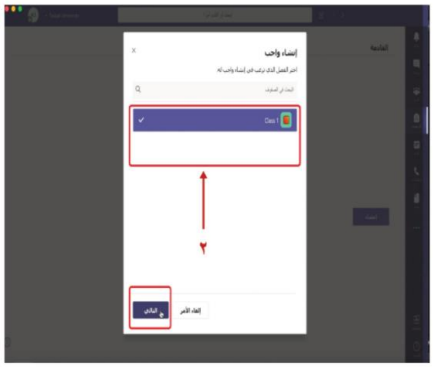


٥- يمكن الضغط على الأيقونة ومشاركة سطح المكتب أو الضغط على استعراض لعرض الملفات .

كيفية إنشاء واجبات في الفصول الافتراضية:

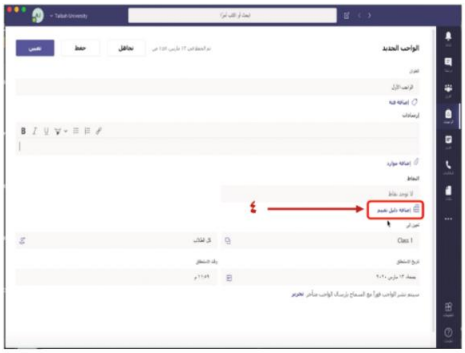


١- اختيار ايقونة الواجبات ثم الضغط على إنشاء واختيار الواجب.



٢- اختيار الفصل الدراسي المراد إنشاء واجب له والضغط على التالي.

٣- وضع عنون للواجب ويمكن وضع إرشادات وإضافة مرفقات عن طريق إضافة موارد.



٤- يمكن إضافة دليل تقييم للواجب من خلال إضافة دليل تقييم.

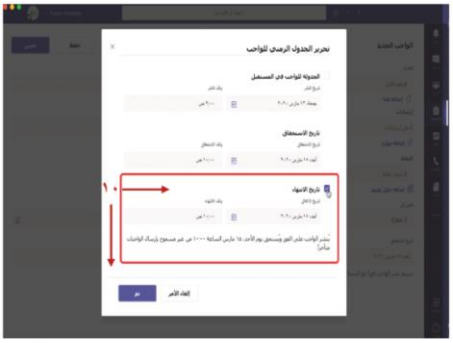
٥- الضغط على تقييم جديد ثم التالي.

٦- يمكن وضع تقييم للواجب ووضع تصنيف اختياري بالضغط على أيقونة تعيم ثم الضغط على إرفاق.

٧- يمكن تعيين الواجب إلى أكثر من فصل دراسي أو تحديد طلاب محددين فقط.

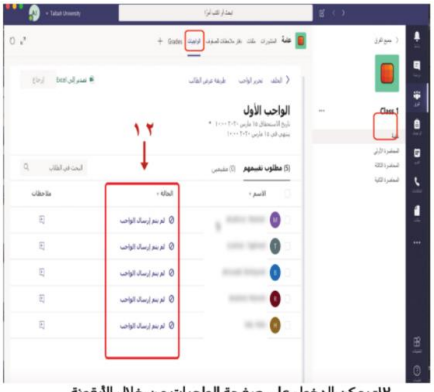
٨- يمكن تعيين تاريخ ووقت استحقاق للواجب.

٩- يمكن التعديل على الجدول الزمني للواجب عن طريق الضغط على تحرير.

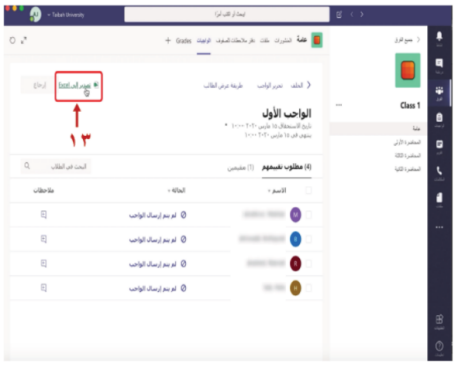


١٠- يمكن التحكم في حالة السماح أو عدمه بإرسال الواجبات متأخراً عند اختيار تاريخ الانتهاء.

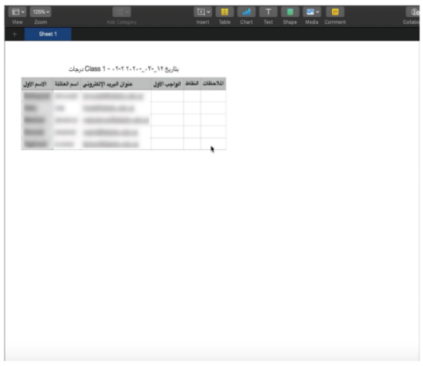
١١- بعد الانتهاء الضغط على تعيين.



١٢- يمكن الدخول على صفحة الواجبات من خلال الأيقونة أو من خلال الضغط على الواجبات في أعلى القناة و متابعة حالة إرسال الواجبات من قبل الطلاب.

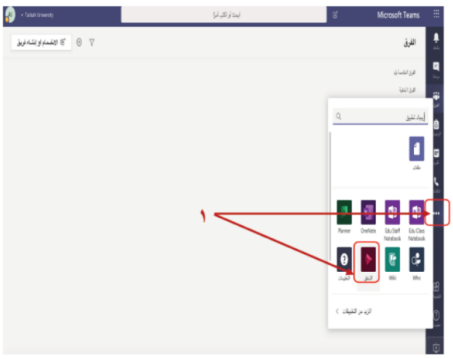


١٣- يمكن تصدير درجات الواجب للطلاب على ملف Excel.



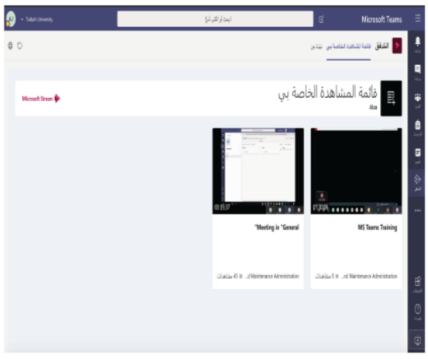
١٤- ملف Excel يوضح نقاط الطلاب للواجب.

كيفية حفظ ومشاهدة المقاطع المسجلة:

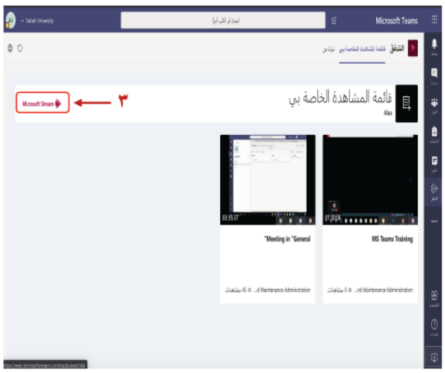


١- الضغط على الأيقونة ... ثم اختيار تطبيق Stream

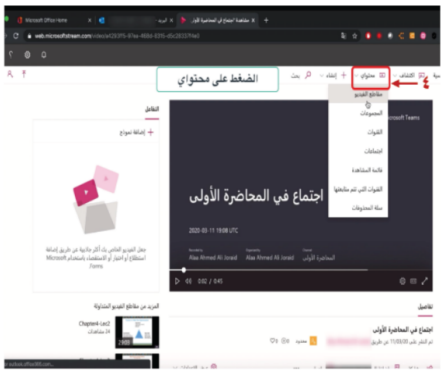
إذا لم يوجد التطبيق يتم الضغط على المزيد من التطبيقات والبحث عن التطبيق المطلوب.



٢- يمكن مشاهدة جميع المقاطع التي تم مشاهدتها.

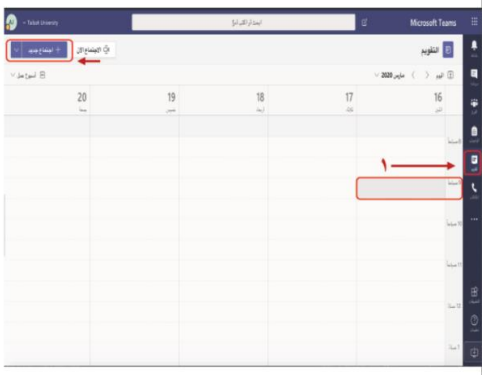


٣- يتم الضغط على Microsoft Stream للانتقال إلى صفحة المحاضرات والمقاطع المسجلة.



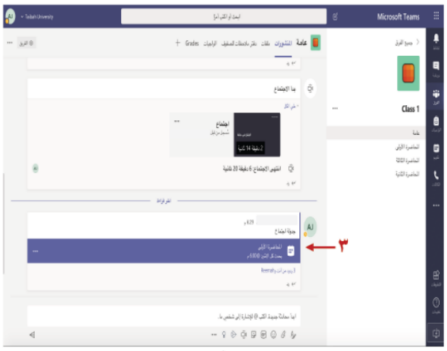
٤- بعد فتح صفحة الإنترنت وتسجيل الدخول بالبريد الجامعي يمكن مشاهدة جميع المقاطع عن طريق الضغط على محتواي.

كيفية جدولة المحاضرات والاجتماعات:

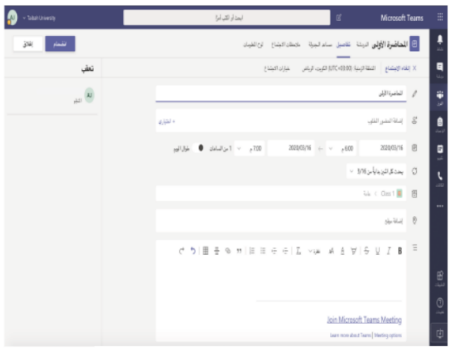


١- اختيار تقويم ثم تحديد موعد أو الضغط على اجتماع جديد.

٢- يتم إدخال عنوان المحاضرة أو الاجتماع ثم تأكيد الوقت والتاريخ وتحديد وقت التكرار ثم اختيار القناة والضغط على إرسال.



٣- تم جدولة المحاضرة أو الاجتماع ويتم إشعار الصف أو الفريق به من خلال ظهوره في المنشورات.



٤-يتم اختيار الاجتماع المجدول والدخول عليه ثم الضغط على انضمام.

لمزيد من المعلومات حول برنامج Teams:

للمزيد من المعلومات والخصائص نرجو زيارة موقع أساسيات العمل باستخدام Microsoft Teams

من خلال الرابط

أساسيات العمل باستخدام Microsoft Teams

https://www.microsoft.com/

المراجع

- الكهربية والمغناطيسية د. محمد بن علي احمد عيسى
- مبادى الفيزياء د. محمد عبد المقصود الجمال
- مذكرة الديناميكا الكهربية د. اميل ارميل رزق الله
- مذكرة الالكترونيات الفيزيائية أ.د ميلاد قسطينس
- مذكرة الكهرباء والتيار المتردد أ.د عماد علي أحمد
- مواضيع متفرقة من شبكة الانترنت.