كورس

اللَّيث

في الفيزياء

الصَّف العاشر

الفصل الثَّاني

إعداد

معاذ يوسف أبو طعمة

تدقيق

جهاد جمال دراغمة

الفهرس

الإهداء ٤
شكر وتقدير ٥

الفصل الرَّابع

- مقدِّمة الفصل ٦
- الشحنة الكهربائيَّة ٧
- طرق أخرى للشَّحن ١١
- قانون كولوم ١٥
- المجال الكهربائي ٢٧
- خطوط المجال الكهربائي ٣٣
- المجال الكهربائي المنتظم ٣٧
- التطبيقات ٣٨
- إثراء ٤٠
- حلول أسئلة الفصل ٤٢

الفصل الخامس

- مقدِّمة الفصل ٤٩
- التَّيَّار الكهربائي ٥٠
- الدَّارة الكهربائيَّة ٥٥
- المقاومة الكهربائيَّة ٦٢
- الطَّاقة والقدرة الكهربائيَّة ٦٧
- حساب الطَّاقة الكهربائيَّة ٧٣
- الكهرباء في المنزل ٧٧
- إثراء ٧٩
- حلول أسئلة الفصل ٨٠

الفصل السّادس

- مقدّمة الفصل ٨٩
- المجال المغناطيسي للتَّيَّار الكهربائي ٩٠
- المجال المغناطيسي النَّاشئ عن مرور تيَّار كهربائي في سلك موصل ٩١
- المجال المغناطيسي النَّاشئ عن مرور تيَّار في ملف دائري ٩٧
- المجال المغناطيسي النَّاشئ عن مرور تيَّار في مل فحلزوني ١٠٠
- القوَّة المغناطيسية المؤثِّرة في سلك موضوع في مجال مغناطيسي ويحمل تيَّاراً ... ١٠٢
- إستخدامات المغانط الكهربائيَّة ١٠٥
- المحرِّك الكهربائي ١٠٦
- المرحِّل الكهرومغناطيسي ١٠٨
- حلول أسئلة الفصل ١٠٩

الفصل السَّابع

- مقدّمة الفصل ١١٣
- التَّيَّار الحثِّي ١١٤
- تطبيقات ظاهرة الحثِّ الكهرومغناطيسي ١٢٢
- المحوِّل الكهربائي ١٢٥
- كفاءة المحوِّل ١٢٨
- نقل الطَّاقة الكهربائيَّة ١٣٢
- حلول أسئلة الفصل ١٣٣

الإهـــــداء

إلى طلبة الصفّ العاشر

شكر وتقدير

أتقدم بأسمى معاني الشُّكر والعرفان ، لمعلمي الفاضل ***جهاد جمال دراغمة*** على تشريفه لهذا العمل المتواضع بإشرافه وتدقيقه له .

وأخيراً وليس آخراً ، أسأل الله عزَّ وجل أن يسدد خطاكم ويحفظكم من كلِّ سوء .

مع فائق الإحترام والتقدير

تلميذك

معاذ يوسف أبو طعمة

مقدمة الفصل :-

١- إنّ الكهرباء عبارة عن قولبة لعدة مفاهيم ، و هي علم قائم يحتوي على مجموعة كبيرة من الوحدات البنائية التي تمتلك كل منها قانونها الخاص وتفسيرها الفيزيائي مثل فرق الجهد ، التَّيَّار ، معامل القدرة ، المصادر المعتمدة ، الدوائرة الكهربائيَّة وغيرها الكثير .

٢- إنّ من أهم الموضوعات في الكهرباء السكونية هو تكميم الشحنة حيث تعد الشحنة المكممة الأساس للظواهر الناتجة عن الشحنة كالقوة الكهربائيَّة المتبادلة بين شحنتين ، والمجال الكهربائي وغيرها ، أما تكميم الشحنة فيعني أنه لا يمكن لجسم أن يحمل شحنة كهربائية - سالبة كانت أم موجبة - إلا أن تكون عدد صحيح من مضاعفات شحنة الإلكترون ، ش = ن * ش$_e$ حيث ش :- مقدار الشحنة ، ن :- عدد صحيح ، ش$_e$:- شحنة الإلكترون وتساوي ١،٦×١٠$^{-١٩}$ كولوم .

٣- الكهرباء نوعان :- ١- كهرباء سكونية (مثل الكهرباء المتكونة على بالون عند دلكه بشعر الإنسان) .

٢- كهرباء متحركة (مثل الكهرباء المترددة (- AC - ALTERNATING CURRENT) والمستخدمة في المنازل والمصانع وغيرها.

٤- أمّا فيما يتعلق بالكهرباء السكونية فإنَّه تم إكتشافها على مراحل :-

أ- أكتشفت قبل الميلاد بـ ٦٠٠ سنة .

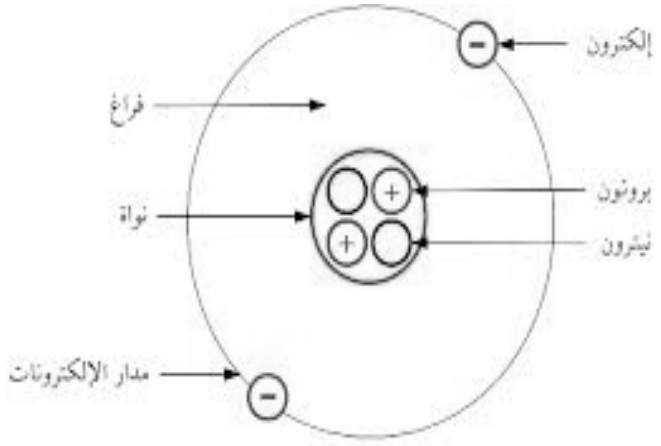
ب- أكتشف الأغريق أنَّ دلك حجر العنبر بالصوف يجذب الريش و أطلقوا على هذه الظاهرة اسم التكهرب .

جـ- من أشهر إستخدامات الكهرباء السكونية إستخدامها في آلة تصوير الأوراق .

الشحنة الكهربائيَّة (Electrical Charge)

كما تعلم عزيزي الطالب أنّ المادة تتكون من مجموعة من ***العناصر*** وهذه العناصر تتكون من مجموعة من ***الذرات*** والتي تهمنا دراستها عند دراسة الكهرباء ، لأنها تحتوي ***الإلكترونات*** والتي تعد ***الأساس المكون للكهرباء*** ؟

ولكن ، السؤال الأهم هو مما تتكون الذرة ؟!



تتكون الذرة من المكونات التالية :-

١- النواة :- تتكون النواة من البروتونات موجبة الشحنة والنيوترونات متعادلة الشحنة – لا شحنة لها - .
٢- الإلكترونات :- وهي سالبة الشحنة وتدور في المدارات حول النواة وهي التي تمثل الكهرباء .

ملاحظات :-

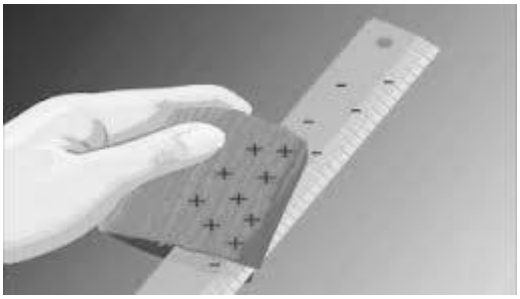
١- فيما يتعلق بالشحنات المتعادلة فإنَّ :-
أ- ***عدد الإلكترونات = عدد البروتونات***
فإذا كان عدد البروتونات في شحنة متعادلة يساوي ٥٠ بروتون فإن عدد الإلكترونات يساوي ٥٠ إلكترون .
٢- يمكن للإلكترونات الإنتقال من ذرة إلى ذرة أخرى كما في الجدول التالي :-

عدد الإلكترونات في المدار الأخير	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
الظاهرة	منح	منح	منح	تشارك	كسب	كسب	كسب

فالإلكترونات التي يحتوي مدارها الأخير من (١ – ٣) إلكترون تميل إلى منح الذرات الأخرى إلكترونات و الذرات التي يحتوي مدارها الأخير (**٥-٧**) تميل إلى كسب الإلكترونات بينما الذرات التي تحتوي (٤) إلكترونات في مدارها الأخير تميل إلى مشاركتها مع الذرات الأخرى .

الـدلــك :-

عزيزي الطالب إنَّ الدلك إحدى طرق الشحن المعروفة ، فإنَّه وعند دلك مادتين ***عازلتين*** فإن إحداهما تفقد الإلكترونات والثانية تكسب هذه الإلكترونات .



ومن الشكل السابق يمكننا ملاحظة التالي :-

١- المادة التي تفقد الإلكترونات شحنتها تصبح موجبة (+) وذلك لنقصان عدد الإلكترونات فيها .
٢- المادة التي تكتسب الإلكترونات شحنتها تصبح سالبة (-) وذلك لزيادة عدد الإلكترونات فيها .
٣- لا تستخدم هذه الطريقة إلَّا في شحن المواد العازلة .

** مبدأ حفظ الشحنة :-

الشحنة لا تفنى ولا تستحدث ،

أي أنَّ مجموع الإلكترونات المتواجدة على كلا المادتين العازلتين قبل دلكهما يبقى نفسه بعد الدلك مع تغير مقدار الشحنة على كل منهما لكن المجموع الكليِّ للشحنات يساوي مجموعها قبل الدلك .

ملاحظات :-

١- كلما زاد بعد الإلكترونات عن النواة يقل الجذب بينها وبين النواة (علاقة عكسية) .
٢- كسب وفقد الإلكترونات في الذرة يتم من آخر مدار لأن باقي المدارات ممتلئة .

** سلسلة الدلك الكهربائي :-

هي عبارة عن سلسلة تمَّ فيها ترتيب المواد من حيث قابليتها لفقد أو كسب الإلكترونات عند دلكها .

- يلاحظ في سلسلة الدلك الكهربائي أنَّ إنتقال الإلكترونات بين المواد يزداد بإزدياد البعد بينهما في سلسلة الدلك الكهربائي .

ملاحظة :- أنظر سلسلة الدلك الكهربائي صفحة ٧ .

سؤال **:- بالرجوع إلى سلسلة الدلك الكهربائي و أجب عما يلي :-**

١- عند دلك الصوف مع القطن حدد شحنة كل منهما .

٢- عند دلك التفلون مع الزجاج حدد شحنة كل منهما .

٣- أيهما أفضل دلك :- أ- التفلون والخشب ب- التفلون والزجاج

الحل **:-**

١- الصوف شحنته موجبة و القطن شحنته سالبة.

٢- الزجاج شحنته موجبة و التفلون شحنته سالبة.

٣- ب .

ملاحظة :- إذا تمَّ دلك مادتين عازلتين فليس من الشَّرط أن تشحنان لإنَّه يوجد إحتمال لأن تكون كلاهما لهما ميل لفقد الإلكترونات أو ميلاً لكسبها .

** أنواع المواد من حيث التوصيل :-

١- مواد موصلة ، ولها الخصائص التالية :-

أ- تتحرك فيها الإلكترونات بسهولة .

ب- عدد الإلكترونات الحرة فيها عالية .

ومن أمثلتها ***النحاس*** و***الألمنيوم*** و***الحديد*** وغيرها .

٢- مواد عازلة ، ولها الخصائص التالية :-

أ- لا تتحرك فيها الإلكترونات بسهولة .

ب- عدد الإلكترونات الحرة فيها قليل جداً .

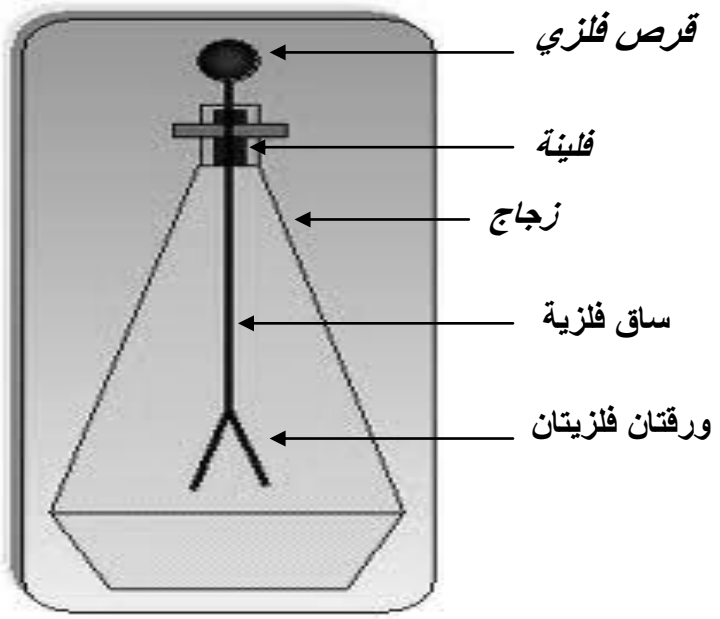
ومن أمثلتها ***الخشب*** و***البلاستيك*** و***المطاط*** وغيرها .

معلومة :-

المواد شبه الموصلة :- هي مواد تقع بين المواد الموصلة والعازلة من حيث الخصائص – عدد الإلكترونات الحرة و سهولة حركتها فيها – وأهم الأمثلة عليها السليكون (si) والجرمانيوم (Ge) حيث أنها تستخدم بشكل واسع في صناعة الأجهزة الإلكترونية بعد إدخال الشوائب لها فتستخدم بشكل رئيسي في صناعة الدايود (Diode) .

الكشاف الكهربائي :-

- **الهدف منه هو الكشف إذا كان الجسم مشحون أم لا .**



عند تقريب جسم مشحون من القرص الفلزي تنتقل الشحنة الكهربائيَّة عبره لشحن الورقتان الفلزيتان اللواتي يكون لهما نفس الشحنة بعد تقريب الجسم المشحون من القرص الفلزي فتتنافران وإذا لم يكن الجسم مشحون لن تتنافر الورقتان الفلزيتان,

طرق أخرى للشحن

- الدلك – تم شرحها - ،
- التوصيل (اللمس) :-

١- تستخدم هذه الطريقة لشحن الأجسام الموصلة فقط .

٢- عند تلامس الجسمان الموصلان تنتقل الشحنات من الجسم المشحون إلى الجسم غير المشحون .

٣- يعتمد مقدار الشحنة المنتقلة بين الجسمين على نوع المادة للجسم المشحون وحجمه

السؤال الأول :- كرتان فلزيتان الأولى شحنتها – ١٠ كولوم والأخرى غير مشحونة ، تلامستان ، فإذا علمت أنَّ حجمهما متساوي ، فكم تصبح الشحنة على كل منهما ؟

الحل :- بما انَّ الجسمان متساويين في الحجم فهذا يعني أنَّ ش ١ = ش٢ = $\frac{\text{صفر} - ١٠}{٢}$ = -٥ كولوم،

** شحنة كل جسم بعد التَّلامس = $\frac{\text{مجموع الشحنات قبل التَّلامس}}{\text{عدد الأجسام}}$

السؤال الثاني:- كرتان فلزيتان الأولى شحنتها + ٨ كولوم والأخرى شحنتها - ٥ كولوم ، تم توصيلهما معاً بسلك نحاسي ، إذا علمت أنَّ الكرتان متساويتان في الحجم والنوع ما مقدار الشحنة على كل منهما ؟

الحل :- بما انَّ الجسمان متساويين في الحجم فهذا يعني أنَّ ش ١ = ش٢ = $\frac{٨ + ٥-}{٢}$ = $\frac{٣}{٢}$ = ١،٥ كولوم ،

السؤال الثالث :- كرتان الأولى من البلاستيك متعادلة الشحنة و الثانية من النحاس ، إذا تلامستا وكانت الشحنة الكلية لهما تساوي + ١،٩ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، كم شحنة كل منهما بعد التلامس إذا كانتا متساويتين في الحجم ؟

الحل :- شحنة البلاستيك = صفر (مادة عازلة)

شحنة النحاس = + ١،٩ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ،

ملاحظة :- هذه الطريقة تستخدم فقط لشحن الأجسام الموصلة ،

السؤال الرابع :- كرتان من الفلز نق$_{1}$ = ٤ سم و نق $_{٢}$ = ٨ سم ، إذا كانت الأولى غير مشحونة قبل التلامس والثانية شحنها – ٦٠ كولوم ، حدد مقدار كل شحنة بعد توصيلهما بسلك فلزي ؟

الحل :- نق$_{1}$: نق $_{٢}$

٤ : ٨

١ : ٢

مجموعها ١ + ٢ = ٣

$\frac{-٦٠}{٣}$ = -٢٠ كولوم

ش $_{1}$ = ١ × - ٢٠ = - ٢٠ كولوم

ش$_{٢}$ = ٢ × -٢٠ = - ٤٠ كولوم

** إذا كانت الأجسام مختلفة في الحجم فإنَّ الشحنات توزَّع بعد التلامس بناءاً على أنصاف الأقطار كالآتي :-

الشحنة قبل التَّلامس = $\frac{\text{مجموع الشحنات قبل التَّلامس}}{\text{عدد الأجسام}}$ × نسبة نصف القطر

حيث أنَّ :- نسبة نصف القطر = $\frac{\text{نصف القطر (نق)}}{\text{مجموع أنصاف الأقطار}}$

السؤال الخامس :- كرتان حجم الأولى $\frac{\pi ٣٢}{٣}$ ومساحة الثانية ٦٤π ، وكان مجموع الشحنات عليهما قبل تلامسهما + ٣٠ كولوم ، حدد مقدار الشحنات عليها بعد التلامس ؟

الحل :- حجم الكرة $\frac{٤}{٣}\pi$ نق^{٣} = $\frac{٣٢}{٣}\pi$

نق^{٣} = ٨ ***إذن*** نق$_{1}$ = ٢

مساحة الكرة = ٤π نق^{٢} = ٦٤π ***و من هنا*** نق^{٢} = ١٦ ***إذن*** نق$_{٢}$ = ٤

نق$_{1}$ = ٢ و نق$_{٢}$ = ٤

٢ : ٤

١ : ٢ و مجموعها ١ + ٢ = ٣ ***ومن هنا*** $\frac{٣٠}{٣}$ = + ١٠ كولوم

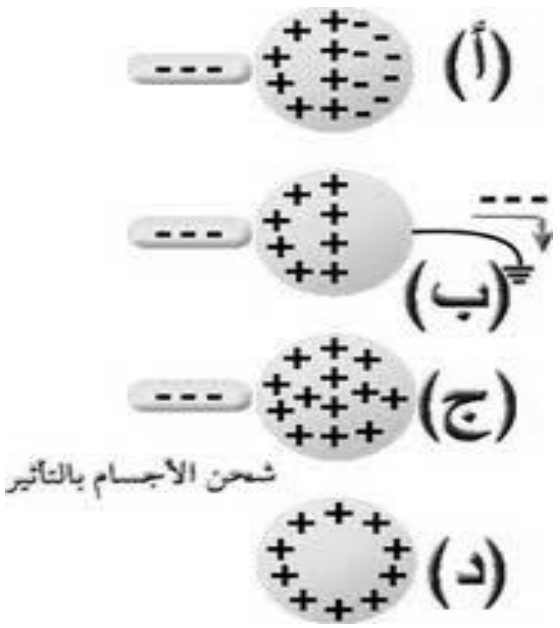
ش $_{1}$ = ١ × + ١٠ = + ١٠ كولوم

ش$_{٢}$ = ٢ × +١٠ = + ٢٠ كولوم

الشحن بالحث (التأثير) :-

,١- تسنخدم هذه الطريقة لشحن المواد الموصلة فقط

أما الآلية التي تتم فيها هذه الطريقه فهي كالتالي :-



١- إختيار المؤثر المناسب بحيث تكون شحنة المؤثر عكس شحنة الجسم .
٢- يقترب الجسم المشحون من الجسم المتعادل بحيث لا يلامسه .
٣- يتولد لدينا شحنة مقيدة نوعها عكس نوع شحنة المؤثر وشحنة حره نوعها النوع الآخر.
٤- يتم تفريغ الشحنة السالبة بالأرض بعد وصل الجسم الذي كان متعادلاً بالأرض .
٥- بعد زوال المؤثر تتوزع الشحنة الموجبة على الموصل .
٦- تصبح شحنته (الجسم الذي كان متعادل) موجبة .

**** مصطلحات تتعلق بالظاهرة السابقة :-***

١- جسم مشحون :- هو الجسم الذي يتأثر بالجسم الشاحن ويتكون عليه شحنة مقيدة وشحنة حره بسبب تأثره بالجسم الشاحن .
٢- جسم شاحن :- هو الجسم الذي يؤثر على الجسم المشحون ويكون على الجسم المشحون شحنة حرة وأخرى مقيدة بسبب تأثيره عليه .
٣- الشحنة المقيدة :- هي الشحنة الموجودة على الجسم المشحون وتخالف شحنة الجسم الشاحن وتنتج بفعل جذب الجسم الشاحن لها ، وتتمركز على الجانب القريب من الجسم الشاحن .

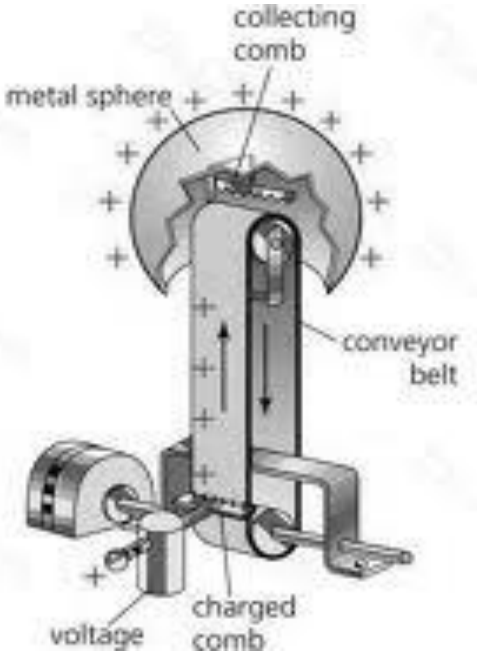
٤- الشحنة الحرة :- هي الشحنة الموجودة على الجسم المشحون وتشابه شحنة الجسم الشاحن وتنتج بفعل التنافر مع شحنة الجسم الشاحن ، وتتمركز على الجانب البعيد من الجسم الشاحن ، وهي التي يتم تفريغها .

معلومة :-

لقياس مقدار الشحنة الكهربائيَّة يستخدم جهاز يسمى الإلكتروميتر .

توضيح :-

١- يستخدم جهاز (فان دي جراف) لتوليد الشحنات الكهربائيَّة ،



الأجزاء :-

يتكون جهاز (فان دي جراف) مما يلي :-

كرة فلزية Metal sphere

مشط التجميع collecting comb

الحزام الناقل Conveyor belt

مشط الشحن Charged comb

مزود الفولتية Voltage

ويعمل جهاز (فان دي غراف) بالآليِّة التالية :-

١- يدور الحزام الناقل على بكرتين فيشحن نتيجة إحتكاكه بمشط الشحن (يشحن بالدلك).
٢- يقوم بنقل الشحنة إلى الكرة الفلزية أثناء دورانه .
٣- تستقر الشحنة على الكرة الفلزية .

و يستخدم هذا الجهاز لشحن الأجسام بسهوله هند دراسة الشحنة الكهربائيَّة .

قانون كولوم (Coulomb's law)

وسيتم مناقشته في عدة أجزاء وهي كالتالي :-

****الشحنة الكهربائيَّة**

١- هناك نوعان من الشحنة الكهربائيَّة :- موجبة و سالبة.
٢- الشحنات المتشابهة تتنافر .
٣- الشحنات المختلفة تتجاذب .

عزيزي الطالب إنَّ من الأشياء المهمة جداً والتي يجب الإنتباه لها قبل دراسة موضوع قانون كولوم هو مقدار الشحنة الكهربائيَّة التي يمكن لأي جسم إمتلاكها .

مبدأ تكميم الشحنة :- شحنة أي جسم تساوي عدد صحيح من شحنة الإلكترون

ويعبر عن ذلك رياضياً بـ :-

شحنة الجسم = عدد صحيح × شحنة الإلكترون

$$ش = ن \times ش_e$$

وكما تعلم عزيزي الطالب أنَّ :-

١- شحنة الإلكترون = - ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$
٢- شحنة البروتون = ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$

فلا يوجد شحنة جسم = -٢ × ١٠$^{-١٩}$ ، ٣،٥ × ١٠$^{-١٩}$ ، ،،،

ملاحظات :-

١- أصغر شحنة موجودة في الطبيعة هي شحنة الإلكترون ولا يوجد أصغر منها .
٢- لا يوجد شحنة في الطبيعة تكون فيها (ن) عدد غير صحيح .
٣- عند حل الأسئلة إذا ورد أنَّ " الجسم يفقد عدد (ن) من الإلكترونات " فهذا يعني أنَّ الجسم شحنته موجبة .
٤- عند حل الأسئلة إذا ورد أنَّ " الجسم يكسب عدد (ن) من الإلكترونات " فهذا يعني أنَّ الجسم شحنته سالبة .

السؤال الأول :- فسِّر كلاً مما يلي :-

١- أصبحت شحنة جسم سالبة بعد دلكه بجسم آخر ، بعد أنْ كانت شحنه موجبة .
- *هذا يعني أنَّ الجسم كسب إلكترونات .*

٢- أصبحت شحنة جسم موجبة بعد دلكه بجسم آخر ، بعد أنْ كانت شحنه سالبة .
- *هذا يعني أنَّ الجسم فقد إلكترونات.*

٣- إكتشف طالب في أحد التجارب أنَّ شحنة جسم = - ٠،٩ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم ، فقال له المعلم أن هذه النتيجة خاطئة .
- *أقل شحنة يمكن أن يكتسبها جسم هي شحنة الإلكترون .*

٤- إكتشف طالب في أحد التجارب أنَّ شحنة جسم = - ٢،٨ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم ، فقال له المعلم أن هذه النتيجة خاطئة .
- *شحنة الجسم تساوي عدد صحيح من شحنة الإلكترون .*

٥- إكتشف طالب في أحد التجارب أنَّ شحنة جسم = ٦،٤ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم ، فقال له المعلم أن هذه النتيجة صحيحة .
- *شحنة الجسم تساوي عدد صحيح من شحنة الإلكترون .*

٦- لا يمكن شحن جسم عازل بالحث .
- *لأنَّ عدد الإلكترونات الحرَّة فيه قليل جدَّاً .*

السؤال الثاني :- أحسب شحنة جسم فقد ميغا إلكترون ؟

ش = ن × ش$_e$

ش = ١٠ ^{٦} × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$ = + ١،٦ × ١٠$^{-١٣}$ كولوم .

ملاحظة :- شحنة الجسم موجبة لأنَّه فقد إلكترونات .

السؤال الثالث :- أحسب شحنة جسم فقد ١٠ ^{٩} إلكترون ؟

ش = ن × ش$_e$

ش = ١٠ ^{٩} × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$ = + ١،٦ × ١٠$^{-١٠}$ كولوم .

ملاحظة :- شحنة الجسم موجبة لأنَّه فقد إلكترونات .

السؤال الرابع :- أحسب شحنة جسم كسب ٣ × ١٠ ^{٣} إلكترون ؟

ش = ن × ش$_e$

ش = ٣ × ١٠ ^{٣} × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$ = - ٤،٨ × ١٠$^{-١٦}$ كولوم .

ملاحظة :- شحنة الجسم سالبة لأنَّه كسب إلكترونات .

السؤال الخامس :- هل شحنة الأجسام التالية صحيحة ؟

١- - ٠،٨ كولوم
٢- - ٣،٢ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم
٣- + ٤،٨ × ١٠$^{-١٦}$ كولوم

الحل :-

ش = ن × ش$_e$

١) -٠،٨ = ن × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$

$$\frac{-٠،٨}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{ن}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

ن = ٠،٥ × ١٠+ ^{١٩} ، نعم ، يوجد جسم بهذه الشحنة،

٢) - ٣،٢ × ١٠$^{-١٩}$ = ن × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$

$$\frac{-\ ٣،٢ \times ١٠^{-١٩}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{\text{ن} \times ١،٦ \times ١٠^{-١٩}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

ن = ٢ نعم ، يوجد جسم بهذه الشحنة،

٣) + ٤،٨ × ١٠$^{-١٦}$ = ن ×+ ٤،٨ × ١٠$^{-١٦}$

$$\frac{+\ ٤،٨ \times ١٠^{-١٦}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{\text{ن}\times+\ ٤،٨ \times ١٠^{-١٦}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

ن = ٣ × ١٠^{٣} نعم ، يوجد جسم بهذه الشحنة .

السؤال السادس :- حدد قيمة ن في كل مما يلي ، و قرر إذا كانت قد فقدت هذه الشحنات الإلكترونات أم كسبتها ؟

١- - ١،٦ × ١٠ $^{-١٥}$

٢- + ٥،٤ × ١٠ $^{-١٠}$

الحل :-

١) - ١،٦ × ١٠ $^{-١٥}$ = ن × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$

$$\frac{١،٦ \times ١٠^{-١٥}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{\text{ن} \times ١،٦ \times ١٠^{-١٩}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

ن = ١٠ ^{٤} ، و بما أنَّ شحنة الجشم سالبة إذن فإنَّ الجسم كسب إلكترونات

٢) + ٥،٤ × ١٠$^{-١٠}$= ن × ١،٦ × ١٠$^{-١٩}$

$$\frac{+\ ٥،٤ \times ١٠^{-١٠}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{\text{ن} \times ١،٦ \times ١٠^{-١٩}}{١،٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

ن =٣،٣٧٥ × ١٠^{٩} و بما أنَّ شحنة الجسم موجبة إذن فإنَّ الجسم فقد إلكترونات

قواعد :-

أ- الأسس في حالة الضرب تجمع :- $١٠^{أ} \times ١٠^{ب} = ١٠^{أ+ب}$

ب- الأسس في حالة القسمة تطرح :- $\frac{١٠^{أ}}{١٠^{ب}} = ١٠^{أ-ب}$

النظام العالمي للوحدات(*System international Unit*)

بادئات النظام العالمي :-

الوحدة	المقدار	الوحدة	المقدار
تيرا	$١٠^{١٢}$	ديسي	$١٠^{-١}$
غيغا	$١٠^{٩}$	سنتي	$١٠^{-٢}$
ميغا	$١٠^{٦}$	ميلي	$١٠^{-٣}$
كيلو	$١٠^{٣}$	ميكرو	$١٠^{-٦}$
هيكتو	$١٠^{٢}$	نانو	$١٠^{-٩}$
ديكا	١٠	بيكو	$١٠^{-١٢}$

عزيزي الطالب ، إنَّ بادئات النظام العالمي تستخدم وبشكل واسع جداً في هذا الفصل وغيره من الكتاب ، وكنت قد تطرقت إلى هذا الموضوع في الصفوف السابقة ، ولكن كان من الواجب علينا أن نعيد التذكير به لأهميته في هذا الفصل .

فعندما نقول :- **٢ سم فهذا يعني ٢ × $١٠^{-٢}$ م وأيضا عندما نقول ١،٧ ميكرو كولوم فهذا يعني ١،٧ × $١٠^{-٦}$ كولوم وهكذا ...**

ملاحظة :- أي عدد قوى صفر ($أ^{صفر}$) = ١ .

** قانون كولوم (Coulomb's law)

إنَّ قانون كولوم من القوانين المهمة في دراسة الكهرباء السكونية وفي البداية يجب علينا التركيز على ما يلي فيما يتعلق بقانون كولوم :-

١- تأثر الشحنات على بعضها البعض بقوة تسمى القوة الكهربائيَّة ، وهذا ما يناقشه قانون كولوم .
٢- ستقتصر دراستنا على القوة المتبادلة بين الشحنات في بعدين فقط .
٣- القوة كمية متجهة تحدد بمقدار وإتجاه واحد فقط .

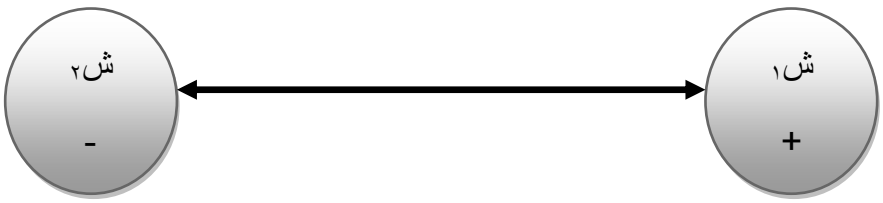
نص قانون كولوم :- القوة المتبادلة بين شحنتين تتناسب طردياً مع مقدار كل من الشحنتين وعكسياً مع مربع المسا فة بينهما،
العلاقة الرياضية لقانون كولوم هي :-

$$ق_{\text{الكهربائيَّة}} = أ \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

حيث أنَ :-

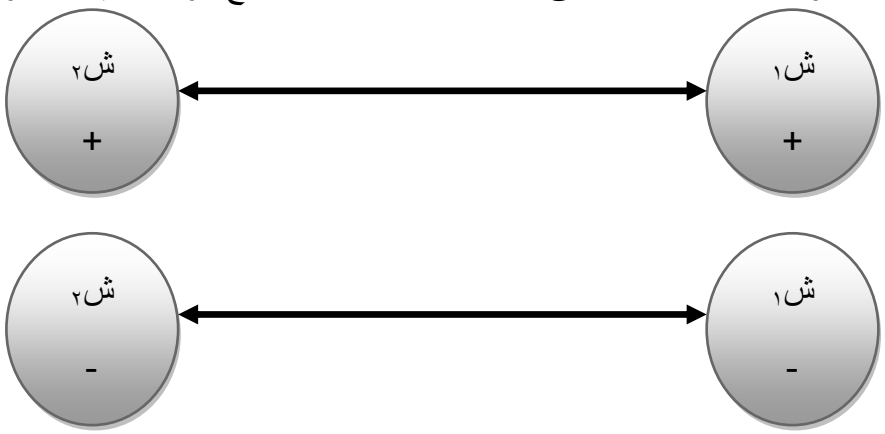
١- $ق_{\text{الكهربائيَّة}}$:- القوة الكهربائيَّة المتبادلة بين الشحنتين وتقاس بوحدة (النيوتن) .
٢- أ :- ثابت كولوم = ٩ × $١٠^{٩}$ (نيوتن × $م^{٢}$ / $كولوم^{٢}$) .
٣- $ش_{١}$:- الشحنة الكهربائيَّة الأولى وتقاس بوحدة (الكولوم) .
٤- $ش_{٢}$:- الشحنة الكهربائيَّة الثانية وتقاس بوحدة (الكولوم) .
٥- ف :- المسافة بين الشحنتين .

و الآن ، وبما أنَّ قانون كولوم يناقش موضوع القوة المتبادلة الكهربائيَّة المتبادلة بين شحنتين فإنه يجب علينا ملاحظة التالي :-



١- إذا أثرت $ش_{١}$ على $ش_{٢}$ بقوة معينة يرمز لها بالرمز ($ق_{٢١}$) ويكون إتجاهها نحو اليمين .

٢- إذا أثرت ش٢ على ش١ بقوة معينة يرمز لها بالرمز (ق١٢) ويكون إتجاهها نحو اليسار .
٣- الشحنة التي تتأثر هي فقط التي تتحرك والتي تؤثر تبقى ثابتة .
٤- القواعد السابقة تطبق على الشحنات المتماثلة أيضاً مع مراعات إتجاه القوة .



٥- ق الكهربائيَّة = أ $\frac{\text{ش١ × ش٢}}{\text{ف}^2}$

في القوانين الرياضيِّة ، فإنَّ المقدار الذي تمثله المعادلة الرياضية (ق الكهربائيَّة) يتناسب طردياً مع المقادير الموجودة في البسط (ش١ ، ش٢) وعكسياً مع المقادير الموجودة في المقام (ف^2) ، وذلك مع إهمال تأثير الثوابت مثل (أ) ,

---

السؤال الأول :- أحسب مقدار القوة المتبادلة بين شحنتين مقدارهما ٩ × ١٠$^{-٩}$ كولوم وشحنة أخرى مقدارها ٤ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، وإذا علمت أنَّ المسافة بينهما تساوي ٣م ؟

الحل :- ق الكهربائيَّة = أ $\frac{\text{ش١ × ش٢}}{\text{ف}^2}$ = $\frac{\text{٩ × ١٠}^{٩} \times \text{٩} \times \text{١٠}^{-٩} \times \text{٤ × ١٠}^{-٦}}{\text{٣}^2}$

ق الكهربائيَّة = ٣٦ × ١٠$^{-٦}$ نيوتن

السؤال الثاني :- إذا كان مقدار ش١ يساوي ١٥ × ١٠$^{-٣}$ كولوم و ش٢ تساوي -٩ × ١٠$^{-٩}$ كولوم حيث أنَ المسافة بينهما تساوي ٣ × ١٠$^{-٢}$ أحسب كلاً من :-

١- القوة التي تؤثر فيها ش١ على ش٢ (ق٢١).
٢- القوة التي تؤثر فيها ش٢ على ش١ (ق١٢).

الحل :- ١- ق الكهربائيَّة = أ $\frac{\text{ش١ × ش٢}}{\text{ف}^2}$ = $\frac{\text{٩ × ١٠}^{٩} \times \text{٩} \times \text{١٠}^{-٩} \times \text{١٥ × ١٠}^{-٣}}{(\text{٣ × ١٠}^{-٢})^2}$

ق الكهربائيَّة = ١٣٥× ١٠نيوتن = ١٣٥٠ نيوتن .

٢- ق٢١ = ق١٢ = ١٣٥٠ نيوتن .

ملاحظة :- ق٢١ = ق١٢ دائماً ولكنها تخالف بعضها في الإتجاه .

أو ق٢١ = - ق١٢ وإشارة السَّالب دلالة على أنَّهما متساويتان مقداراً متعاكستان إتِّجاهاً .
فحسب قانون نيوتن الثالث لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الإتِّجاه .

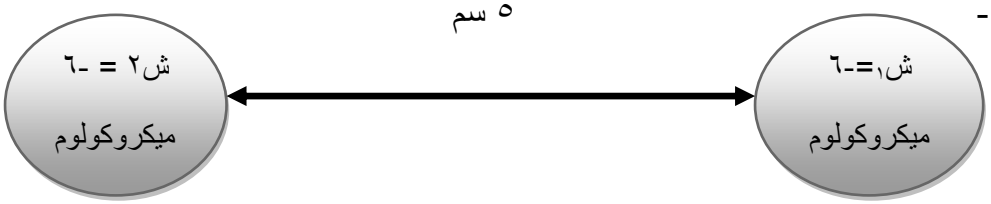
السؤال الثالث :- أحسب القوة المتبادلة بين الشحنات الموضحة في الشكل الآتي :-

١-

- ق الكهربائيَّة = أ $\frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٧ \times ١٠^{-٩}}{(٦ \times ١٠^{-٣})^2}$

ق الكهربائيَّة = ٧× ١٠ ^-٦ نيوتن .

٢-



ق الكهربائيَّة = أ $\frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٦} \times ٦ \times ١٠^{-٦}}{(٥ \times ١٠^{-٢})^2}$

ق الكهربائيَّة = ٩× ١٠^-١ نيوتن ،

السؤال الرابع :- أحسب ق٢١ في كل مما يلي :-

١- ش١ = ٢ × ١٠^-٩ كولوم ، ش٢ = ٥ × ١٠^-٩ كولوم ، ف = ١٠ × ١٠^-٣م.
٢- ش١ = -٣ × ١٠^-٤ كولوم ، ش٢ = -٣ × ١٠^-٥ كولوم ، ف = ٣ × ١٠^-٥م.
٣- ش١ =٧ × ١٠^-٩ كولوم ، ش٢ = -٤ × ١٠^-٤ كولوم ، ف = ٦× ١٠^-٩م.

الحل :- ق٢١ تعني القوة التي تؤثر فيها ش١ على ش٢

١- ق٢١ = أ $\frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩}}{(١٠ \times ١٠^{-٣})^2}$

, ق٢١ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩}}{١٠٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ٠،٩ × ١٠^-٣ نيوتن

٢- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٣} \times ٣ \times ١٠^{-٥}}{(٣ \times ١٠^{-٥})^٢}$

, $ق_{٢١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٣} \times ٣ \times ١٠^{-٥}}{٩ \times ١٠^{-١٠}} = ٩ \times ١٠^{١١}$ نيوتن

٣- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٧ \times ١٠^{-٦} \times ٣ \times ١٠^{-٤}}{(٦ \times ١٠^{-٩})^٢}$

, $ق_{٢١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٧ \times ١٠^{-٦} \times ٣ \times ١٠^{-٤}}{٣٦ \times ١٠^{-١٨}} = ٧ \times ١٠^{١٧}$ نيوتن

السؤال الخامس :- أحسب كلَّاً مما يلي :-

١- المسافة (ف) ، إذا كانت القوة الكهربائيَّة تساوي ٩ × ١٠^٩ نيوتن ، ش١ = ٩ × ١٠^-٩ كولوم ، ش٢ = ١٠^-١ كولوم ؟

الحل :- $ق_{الكهربائيَّة} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢} \longleftarrow ٩ \times ١٠^{٩} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩} \times ١٠^{-١}}{ف^٢}$

$ف^٢ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩} \times ١٠^{-١}}{٩ \times ١٠^{٩}} = ٩ \times ١٠^{-١٠}$ م $\longleftarrow$ ف = ٣ × ١٠^-٥ م

٢- ش١ ، إذا كانت القوة الكهربائيَّة تساوي ٩ × ١٠^١٨ نيوتن ، وكانت ش٢ تساوي ٨١ × ١٠^-٣ وكانت المسافة تساوي ثلاثة أمتار ؟

الحل :- $ق_{الكهربائيَّة} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢} \longleftarrow$

$٨١ \times ١٠^{١٨} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_١ \times ٩ \times ١٠^{-٣}}{٣^٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_١ \times ٩ \times ١٠^{-٣}}{٩}$

$\longleftarrow ش_١ = \frac{٩ \times ٨١ \times ١٠^{١٨}}{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٣}} = ٩ \times ١٠^{١٢}$ كولوم .

٣- ش٢ ، إذا كانت القوة الكهربائيَّة تساوي ١ × ١٠^٩ نيوتن ، وكانت ش١ تساوي ٨١ × ١٠^-٩ وكانت المسافة تساوي ٩ × ١٠^-٢ م ؟

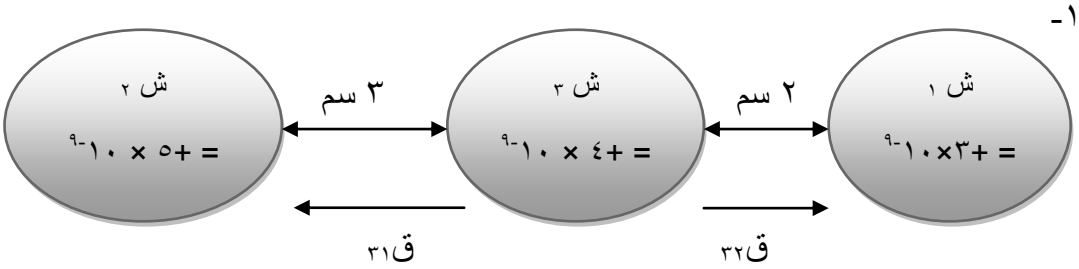
الحل :- ق الكهربائيَّة = أ $\frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2}$ ⟵

$$١ \times ١٠^{٩} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨١ \times ١٠^{-٩} \times \text{ش}_2}{(٩ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨١ \times ١٠^{-٩} \times \text{ش}_2}{٨١ \times ١٠^{-٤}}$$

⟵ ش٢ = $\frac{١ \times ١٠^{٩} \times ٨١ \times ١٠^{-٤}}{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨١ \times ١٠^{-٩}}$ = $\frac{١}{٣}$ × ١٠^-٤ كولوم .

السؤال السادس :- أحسب كلًّا من محصلة القوى المؤثرة على الشحنة (ش٣) وإتجاهها :-

١-



ق٣١ = أ $\frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_3}{\text{ف}^2}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{(٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

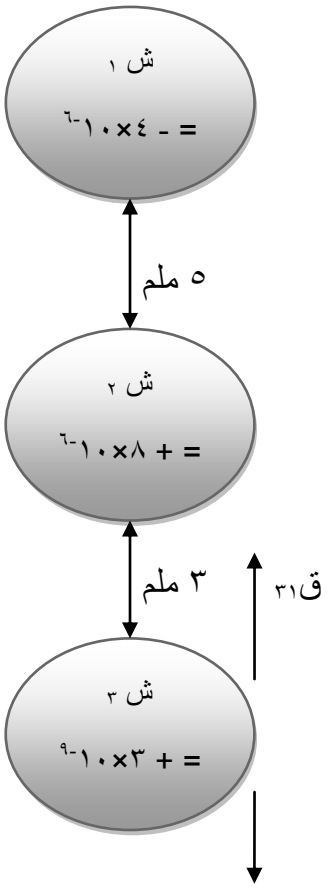
= $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٤}}$ = ٢٧ × ١٠^-٥ نيوتن ، نحو اليسار .

ق٣٢ = أ $\frac{\text{ش}_2 \times \text{ش}_3}{\text{ف}^2}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

= $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$ = ٢٠ × ١٠^-٥ نيوتن ، نحو اليمين .

ق ح = ق٣١ - ق٣٢ = ٢٧ × ١٠^-٥ - ٢٠ × ١٠^-٥ = ٧ × ١٠^-٥ نيوتن ، نحو اليسار .

٢-



ق٣١ = أ = ش١ × ش٣ / ف٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ × ٣ × ١٠^-٩ / (٨× ١٠^-٣)٢

= ٩ × ١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ × ٣ × ١٠^-٩ / ٦٤ × ١٠^-٦

= ١،٦٨٧٥ نيوتن ، نحو الأعلى ،

ق٣٢ = أ = ش١ × ش٣ / ف٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٨×١٠^-٦ × ٣ × ١٠^-٩ / (٣× ١٠^-٣)٢

= ٩ × ١٠^٩ × ٨×١٠^-٦ × ٣ × ١٠^-٩ / ٩ × ١٠^-٦

= ٢٤ نيوتن ، نحو الأسفل ،

ق ح = ق٣١ - ق٣٢ = ٢٤ ــ ١،٦٨٧٥

= ٢٢،٣١٢٥ نيوتن ، نحو الأسفل ،

ملاحظة :- القوى الَّتي في نفس الإتِّجاه تجمع والمتعاكسة تطرح .

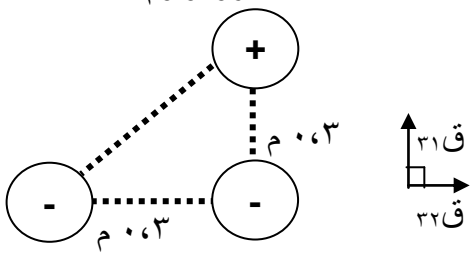
٣-

ش١ = + ٥ ميكروكولوم

ش٢ = - ٥ ميكروكولوم

ش٣ = - ١ كولوم

← ق٣١ = أ = ش١ × ش٣ / ف٢



١ كولوم ٥ ميكروكولوم

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦} \times ١}{(٠،٣)^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦} \times ١}{٩ \times ١٠^{-٢}}$$

= ٥ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن ، نحو الأعلى ،

ق$_{٣٢}$ = أ $\frac{ش_{١} \times ش_{٣}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦} \times ١}{(٠،٣)^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦} \times ١}{٩ \times ١٠^{-٢}}$

= ٥ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن ، نحو اليمين ،

ق ح = $\sqrt{ق_{٣١}^{٢} + ق_{٣٢}^{٢}}$ = $\sqrt{(٥ \times ١٠^{-٤})^{٢} + (٥ \times ١٠^{-٤})^{٢}}$ = ٧،٠٧ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن .

** في مثل هذا السؤال يتم إخراج إتجاه محصلة القوى عن طريق القانون التالي :-

Θ = ظا$^{-١}$ $\frac{ق_{ص}}{ق_{س}}$ .....*

Θ = ظا$^{-١}$ $\frac{ق_{٣١}}{ق_{٣٢}} = \frac{٥ \times ١٠^{-٤}}{٥ \times ١٠^{-٤}}$ = ١

من هنا عزيزي الطالب ، فإنَّه ومن القانون السابق يجب علينا معرفة الزاوية التي ظلها يساوي ١ وهي كما يتضح من الجدول التالي = ٤٥° ،.

الدالة / الزاوية	الجيب	جيب التمام	الظل
صفر	صفر	١	صفر
٣٠°	٠،٥	٠،٨٦٦	٠،٥٧٧
٤٥°	٠،٧٠٧	٠،٧٠٧	١
٦٠°	٠،٨٦٦	٠،٥	١،٧٣
٩٠°	١	صفر	∞

السؤال السابع :- موصل كهربائي كروي شحنته = ٩ × ١٠$^{-٦}$ كولوم يبعد مركزه عن شحنة كهربائية مقدارها يساوي ٢ × ١٠$^{-٩}$ كولوم ثلاثة سنتيمترات ، فإذا علمت أنَّ الموصل الكهربائي الكروي يعامل معاملة الشحنة الكهربائيَّة العادية ، فأحسب القوة المتبادلة لين الموصل والشُّحنة ؟

الحل :- ** إنَّ الهدف من هذا السؤال هو تعريف الطالب بأنَّ الموصل الكهربائي الكروي يعامل معاملة الشحنة الكهربائيَّة العادية،

$$ق_{\text{الكهربائيّة}} = أ \frac{ش_{\text{الموصل}} \times ش_{\text{العادية}}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٣ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}} = ١٨ \times ١٠^{-٢} \text{ نيوتن .}$$

**** ملاحظات :-***

١- الشحنة لا تعوض إشارتها في قانون كولوم ونستعين فيها لتحديد إتجاه ونوع القوى فقط ،

٢- لاحظ أنَّ $(١٠^{-٢})^{٢} = ١٠^{-٢} \times ١٠^{-٢} = ١٠^{-٤}$.

٣- الضرب التبادلي :-

أ- فإذا كان لدينا ما يلي :- $\frac{أ}{ب} = \frac{جـ}{ب}$ ⟵ أ × جـ = ب .

ب-وإذا كان لدينا ما يلي :- $\frac{أ}{ب} = \frac{جـ}{د}$ ⟵ أ × د = ب × جـ .

٤- ق ح :- القوة المحصلة وهي قوة تمثل مجموعة قوى بحيث تكافئها مقداراً وإتجاهاً.

٥- القوة المحصلة لمجموعة قوى تصنع بينها زاوية مقدارها ٩٠° تساوي

ق ح = $\sqrt{ق_{١}^{٢} + ق_{٢}^{٢}}$ ويعبر عن إتجاهها بالمقدار – والذي تمثله الزاوية Θ –

Θ = ظا$^{-١}$ $\frac{ق_{ص}}{ق_{س}}$.

المجال الكهربائي (*Electric field*)

عزيزي الطالب ، إنَّ الموضوعات الكهربائيَّة يطغى عليها طابع التسلسل ، لذلك لا يمكننا الحصول على المجال الكهربائي إلاَّ إذا وجدت القوَّة الكهربائيَّة ولا توجد القوَّة الكهربائيَّة إلاَّ بفعل وجود الشحنة الكهربائيَّة وهي شرط لكلا المجال والقوة الكهربائيَّة،

أمَّا المجال عموماً فقد شاع إستخدام هذا اللفظ كثيراً في الظواهر الفيزيائية التي يتم التأثير فيها عن بعد دون تلامس مباشر بين الجسم المُؤثِّر والجسم المتأثِّر ، من مثل المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي ، ومبتكر هذا المفهوم هو العالم فارادي .

المجال الكهربائي :- هو القوة الكهربائيَّة المؤثرة في شحنة إختبار صغيرة موجبة موضوعة عند تلك النقطة ،

$$مـ = \frac{ق}{شَ} = أ \frac{\frac{ش \times ش_{0}}{ف^{٢}}}{شَ} = أ \frac{ش_{0}}{ف^{٢}}$$

حيث أنَّ :-

١- ق :- القوة الكهربائيَّة (نيوتن) ،
٢- شَ :- شحنة الإختبار (كولوم) ،
وهذا في القانون الأول :- $مـ = أ \frac{ق}{شَ}$
٣- أ :- ثابت = ٩×١٠^{٩} (نيوتن × $م^{٢}$ / $كولوم^{٢}$) ،
٤- ش :- الشحنة (نيوتن) ،
٥- ف :- المسافة (متر) ،
وهذا في القانون الثاني :- $مـ = أ \frac{ش_{0}}{ف^{٢}}$

ملاحظة :- الشحنة الموجبة يكون فيها إتِّجاه القوى القوَّة الكهربائيَّة مع إتِّجاه المجال الكهربائي والسَّالبة بعكس إتِّجاهه ،

شحنة الإختبار :- هي شحنة صغيرة جدَّاً لا أبعاد لها ومقدارها + ١ كولوم وهي بهذه الخصائص لكي لا تؤثر على مقدار المجال الكهربائي وتستخدم لقياسه فقط وهي توضع في النقطة المراد قياس مقدار المجال الكهربائي فيها .

السؤال الأول :- إذا كان مقدار القوة الكهربائيَّة = ٤ × ١٠$^{-٧}$ ومقدار شحنة الإختبار = ٢ × ١٠$^{-٣}$ ، أوجد مقدار المجال الكهربائي ؟

الحل :- مـ = أ $\frac{\text{ق}}{\text{شَ}}$ = ٩ × ١٠$^{-٩}$ $\frac{٤ \times ١٠^{-٧}}{٢ \times ١٠^{-٣}}$ = ١٨ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن / كولوم .

السؤال الثاني :- إذا كان مقدار المجال الكهربائي عند نقطة = ٣ × ١٠$^{-٧}$ نيوتن / كولوم ، ومقدار شحنة الإختبار = ٦ × ١٠^{٧} ، أوجد مقدار القوة الكهربائيَّة ؟

الحل :- مـ = $\frac{\text{ق}}{\text{شَ}}$ ⟵ ٣ × ١٠$^{-٧}$ = $\frac{\text{ق}}{٦ \times ١٠^{٧}}$

⟵ ق = ١٨ نيوتن .

السؤال الثالث :- أوجد مقدار المجال الكهربائي في كل مما يلي :-

١- ش = + ٢ × ١٠$^{-٩}$ ، ف = ٣ × ١٠$^{-٣}$ ،
٢- ش = - ٣ × ١٠$^{-٧}$ ، ف = ٦ × ١٠$^{-٤}$ ،
٣- ش = + ٩ × ١٠$^{-٢}$ ، ف = ٩ × ١٠$^{-٥}$ ،

الحل :-

١- مـ = أ $\frac{\text{شَ}}{\text{ف}^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٣})^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٦}}$

= ٢ × ١٠$^{+٦}$ نيوتن / كولوم .

٢- مـ = أ $\frac{\text{شَ}}{\text{ف}^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٧}}{(٦ \times ١٠^{-٤})^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٧}}{٣٦ \times ١٠^{-٨}}$

$= \frac{٢٧}{٣٦} \times ١٠^{١٠} = ٠،٧٥ \times ١٠^{١٠}$ نيوتن / كولوم .

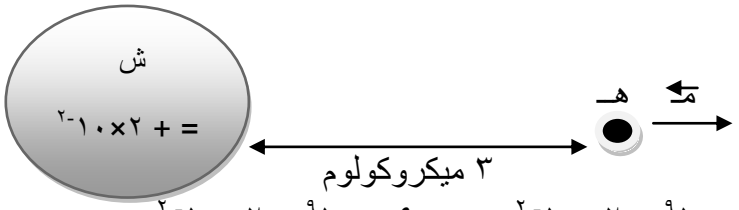
٣- $مـ = أ \frac{ش_{ن}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٢}}{(٩ \times ١٠^{-٥})^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٢}}{٨١ \times ١٠^{-١٠}}$

$= ١٠^{١٧}$ نيوتن / كولوم ..

السؤال الرابع :- أحسب مقدار المجال الكهربائي المؤثر في النقطة (هـ) في كل مما يلي وحدد إتجاهه ؟

**** ملاحظة :-** نضع شحنة إختبار في النقطة المراد حساب المجال فيها ،

١-



$مـ = أ \frac{ش_{ن}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٢}}{(٣ \times ١٠^{-٦})^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٢}}{٩ \times ١٠^{-١٢}}$

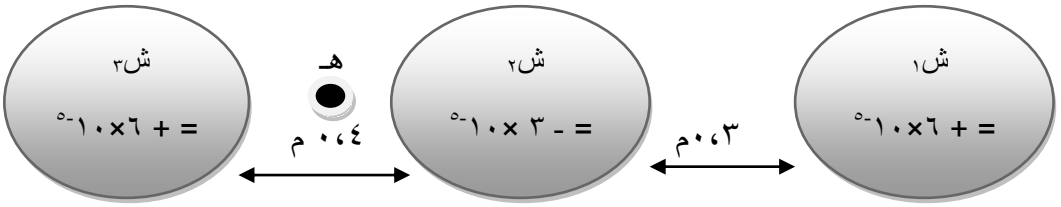
$= ٢ \times ١٠^{١٩}$ نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

٢-

$مـ = أ \frac{ش_{ن}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٢ \times ١٠^{-١})^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٢}}$

= ٩ × ١٠^٥ نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

٣-



** النقطة (هـ) تقع في منتصف المسافة بين ش٢ و ش٣ .

مـ١ = أ ش١ / ف٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٦×١٠^-٥ / (٠،٥)^٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٦×١٠^-٥ / ٢٥ × ١٠^-٢

= ٢،١٦ × ١٠^٦ نيوتن / كولوم ، نحو اليسار .

مـ٢ = أ ش٢ / ف٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٣×١٠^-٥ / (٠،٢)^٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٣×١٠^-٥ / ٤ × ١٠^-٢

= ٦،٢٥ × ١٠^٦ نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

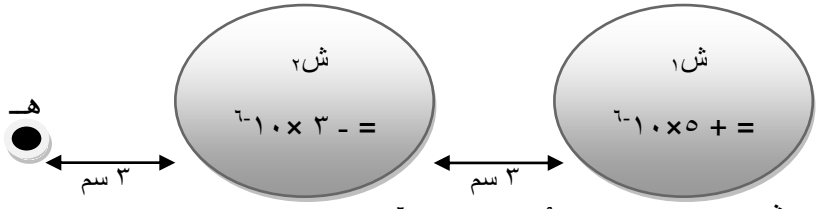
مـ٣ = أ ش٣ / ف٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٦×١٠^-٥ / (٠،٢)^٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٦×١٠^-٥ / ٤ × ١٠^-٢

= ١٣،٥ × ١٠^٦ نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

ق ح = مـ٢ + مـ٣ – مـ١ = ١٣،٥ × ١٠^٦ + ٦،٢٥ × ١٠^٦ – ٢،١٦ × ١٠^٦

= ١٧،٥٩ × ١٠^٦ نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

٤-



مـ١ = أ ش١ / ف٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٥×١٠^-٦ / (٦× ١٠^-٢)^٢ = ٩ × ١٠^٩ × ٥×١٠^-٦ / ٣٦× ١٠^-٤

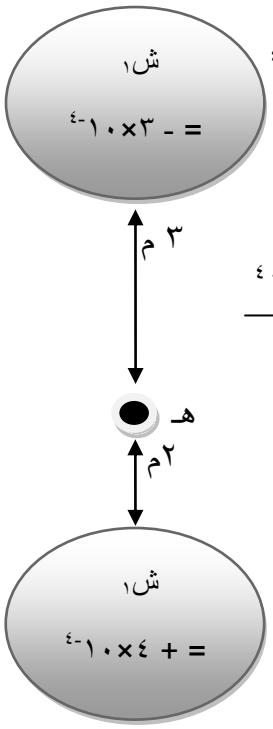
= ١،٢٥ × ١٠^{٧} نيوتن / كولوم ، نحو اليسار .

مـ$_{٢}$ = أ $\frac{ش_{٢}}{ف^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٦}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$

= ٣ × ١٠^{٧} نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

ق ح = مـ$_{٢}$ – مـ$_{١}$ = ٣ × ١٠^{٧} - ١،٢٥ × ١٠^{٧} = ١،٧٥ × ١٠^{٧} نيوتن / كولوم ، نحو اليمين .

٥-



مـ$_{١}$ = أ $\frac{ش_{١}}{ف^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٤}}{(٣)^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٤}}{٩}$

= ٣ × ١٠^{٥} نيوتن / كولوم ، نحو الأعلى .

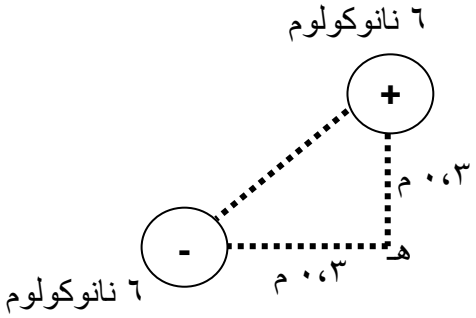
مـ$_{٢}$ = أ $\frac{ش_{٢}}{ف^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٤}}{(٢)^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٤}}{٤}$

= ٩ × ١٠^{٥} نيوتن / كولوم ، نحو الأعلى .

ق ح = مـ$_{٢}$ + مـ$_{١}$ = ٩ × ١٠^{٥} + ٣ × ١٠^{٥}

= ١٢ × ١٠^{٥} نيوتن / كولوم ، نحو الأعلى .

٦-



مـ$_{١}$ = أ $\frac{ش_{١}}{ف^{٢}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٩}}{(٠،٣)^{٢}}$

= $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٢}}$

= ٦ × ١٠^{٢} نيوتن / كولوم ، نحو الأسفل .

$$مـ_{٢} = أ \frac{ش_{٢}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٩}}{(٣)^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٩}}{٩}$$

$= ٦ \times ١٠^{٢}$ نيوتن / كولوم ، نحو اليسار .

$$ق ح = \sqrt{مـ_{١}^{٢} + مـ_{٢}^{٢}} = \sqrt{(٦ \times ١٠^{٢})^{٢} + (٦ \times ١٠^{٢})^{٢}} = ٨،٤٩ \times ١٠^{٢}$$

$$\Theta = ظا^{-١} \frac{مـ_{ص}}{مـ_{س}} = ظا^{-١} \frac{٦ \times ١٠^{٢}}{٦ \times ١٠^{٢}} = ٤٥^{\circ} .$$

** ملاحظات :-

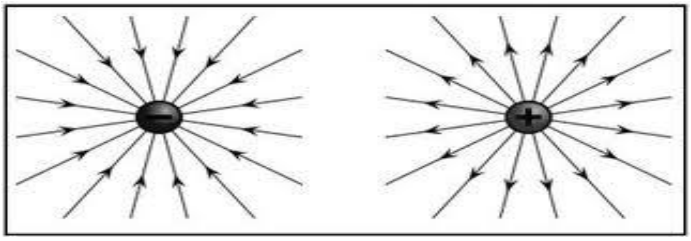
١- في قانون المجال الكهربائي لا تعوض الشحنة (الإشارة) لأنَّها تدل على الإتجاه فقط .
٢- عند حساب المجال الكهربائي عند نقطة نضع فيها شحنة إختبار (نحن نفرض وجودها هناك).
٣- وحدة المجال الكهربائي هي (نيوتن / كولوم) ونستدل على ذالك من قانون المجال الكهربائي (مـ = ق / شَ) .
٤- $١٠^{صفر} = ١$.
٥- إتجاه المحصلة دائماً نحو المجال الأكبر .

خطوط المجال الكهربائي

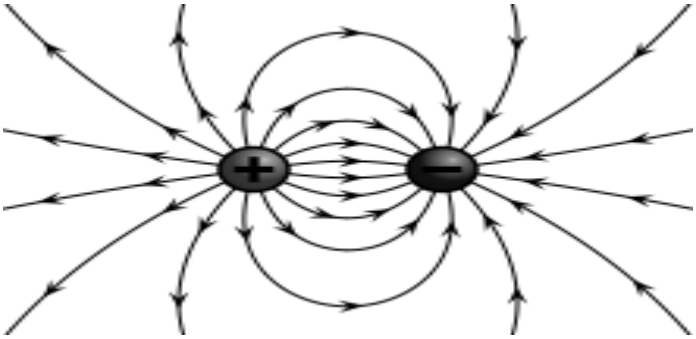
- تعريف :- هي المسار الوهمي الذي تسلكه شحنة إختبار صغيرة موجبة عند وضعها – تعرضها – للمجال الكهربائي .

ملاحظات :-

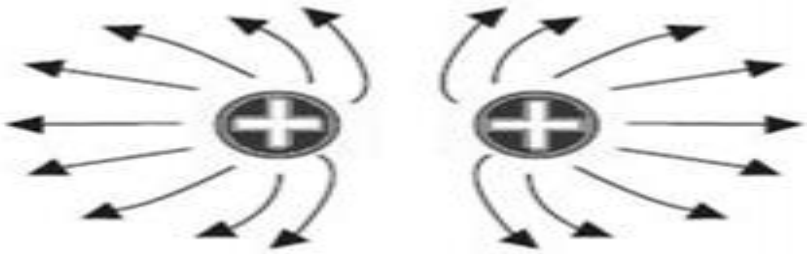
١- خطوط المجال الكهربائي تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل في الشحنة السالبة .



٢- في حالة الشحنات المتعددة والمختلفة يكون شكل خطوط المجال كالتالي :-

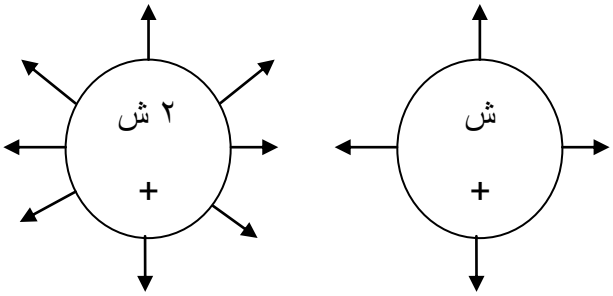


٣- في حالة الشحنات المتعددة والمتشابهه يكون شكل خطوط المجال كالتالي :-



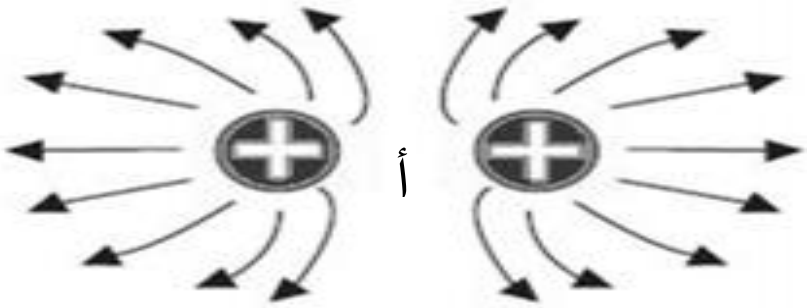
ومثلها الشحنات السالبة ولكن تكون خطوط المجال داخلة إليها .

٤- عدد خطوط المجال تتضاعف عند مضاعفة الشحنة :-



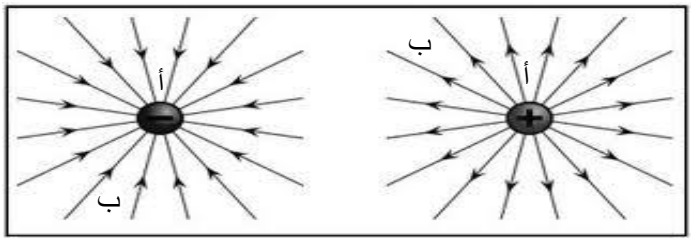
كان عدد خطوط المجال الكهربائي للمقدار ش يساوي (٤) ، وعند مضاعفة مقدار الشحنة لتصبح ٢ ش أصبح مقدار خطوط المجال يساوي (٨) .

٥- في الشحنات المتعددة المتشابهه تسمى المنطقة (أ) منطقة التعادل :-



** **منطقة التعادل** :- هي المنطقة التي لا يظهر للمجال الكهربائي فيها أي تأثير .

٦- في المنطقة الأقرب من الشحنة تكون كثافة خطوط المجال أكبر .



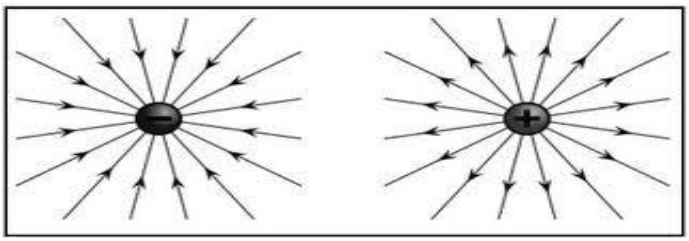
ففي الرسم السابق يكون المجال الكهربائي مقداره أكبر في النقطة (أ) في كل من الرسمين .

أمَّا فيما يتعلق برسم خطوط المجال الكهربائي فيجب الإنتباه إلى ما يلي :-

١- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع .

فسر ذلك ؟ لأنَّ المجال الكهربائي كمية متجهه تحدد بمقدار وإتجاه واحد فقط ، فإذا تقاطعة خطوط المجال فإنَّه يصبح عند نقطة التقاطع أكثر من إتجاه للمجال الكهربائي ، وهذا مخالف لحقيقة كونه كمية متجهه .

٢- خطوط المجال الكهربائي تقابل بعضها البعض فلا يجوز رسم خط لا يقابله خط آخر

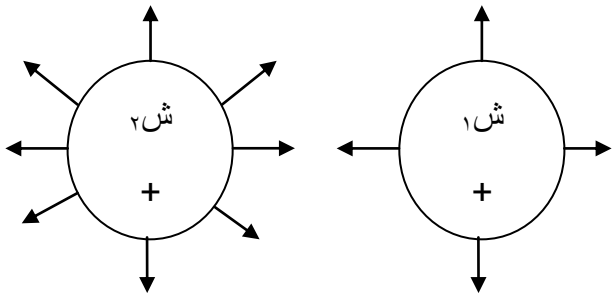


ففي الشكل السابق تلاحظ أنَّ كل خط مجال كهربائي يقابله خط آخر .

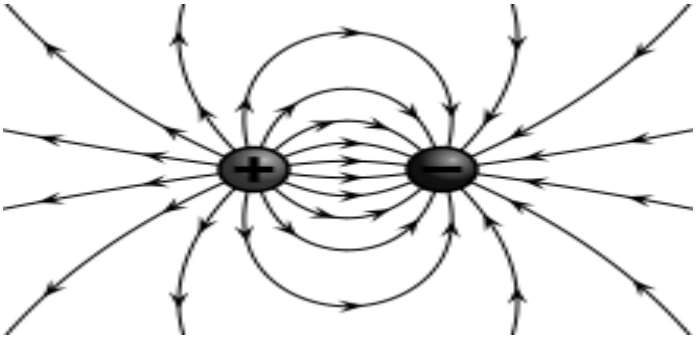
السؤال الأول :- أذكر خصائص خطوط المجال الكهربائي :-

١- تخرج خطوط المجال الكهربائي من الشحنة الموجبة .
٢- تدخل خطوط المجال الكهربائي في الشحنة السالبة .
٣- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع .
٤- خطوط وهمية .

السؤال الثاني :- أوجد نسبة خطوط المجال الكهربائي في كل مما يلي :-



ش١ : ش٢ = ٤ : ٨ وبالقسمة على العدد الأقل (٤) نجد أنَّ النسبة هي ١ : ٢ .



ش١ : ش٢ = ١٦ : ١٦ وبالقسمة على العدد (١٦) نجد أنَّ النسبة هي ١ : ١ .

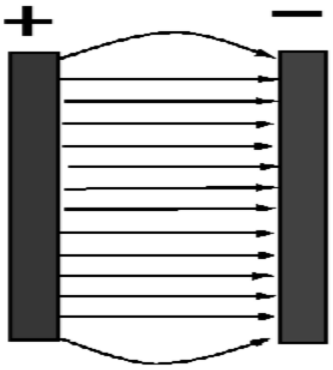
وفي هذا السؤال – كما تلاحظ عزيزي الطالب – أنَّ الحل تم على أساس عدد خطوط المجال الكهربائي ، وكان من الواجب علينا تعويض إشارة الشحنة مع عدد خطوطها ولكن لا يطالب بذلك في هذه المرحلة الدراسية .

المجال الكهربائي المنتظم

تعريفات :-

١- المجال الكهربائي غير المنتظم :- هو المجال الذي يتغير مقداره وإتجاهه من نقطة إلى أخرى ، والشحنات النقطية جميع مجالاتها غير منتظمة كما في رسومات الدرس السابق .

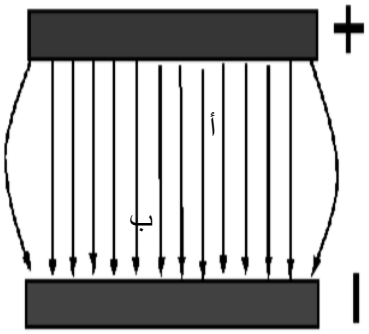
٢- المجال الكهربائي المنتظم :- هو المجال الذي لا يتغير مقداره وإتجاهه من نقطة إلى أخرى والمجال الكهربائي بين صفيحتين مشحونتين بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين في النوع من أبرز الأمثلة على هذا النوع من المجال .



ويتضح لدينا الرسم السابق أنَّ خطوط المجال الكهربائي المنتظم تتصف بما يلي :-

١- المجال الكهربائي يكون منتظماً فقط بين الصفيحتين الموجبة والسالبة .
٢- على أطراف الصفائح لا يكون المجال منتظم .
٣- تتصف خطوط المجال الكهربائي بين الصفيحتين بأنَّها :-
أ- متوازية أي لا تتقاطع .
ب- المسافات بينها متساوية .
ج- مقدار المجال الكهربائي وإتجاهه في أي نقطة بين الصفيحتين ثابت ، أي أنَّ المجال الكهربائي منتظم .
٤- الشحنة الموجبة تسير مع إتجاه المجال الكهربائي .
٥- الشحنة السالبة تسير عكس إتجاه المجال الكهربائي .

سؤال :- إذا كانت القوة الكهربائيَّة المؤثرة في شحنة نقطية (أ) مقدارها ٤ × ١٠$^{-٢}$ كولوم ، تساوي ١٦ × ١٠$^{-٥}$ نيوتن ،وعلمت أنَّها تخضع لمجال كهربائي منتظم بين صفيحتين ، وكانت الشحنة (أ) تتحرك عكس إتجاه المجال الكهربائي ، أحسب كل مما يلي :-



١- مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (أ) ، (ب) .
٢- حدد نوع الشحنة (أ) ،

الحل :- ١- مـ = $\frac{\text{ق}}{\text{شَ}}$ = $\frac{١٦ \times ١٠^{-٥}}{٤ \times ١٠^{-٢}}$ = ٤ × ١٠$^{-٣}$ نيوتن / كولوم

وهذا هو مقدار المجال الكهربائي عند النقطتين (أ) ، (ب) وذلك لأنَّ هذا المجال منتظم

٢- بما أنَّ الشحنة (أ) تتحرك عكس إتجاه المجال الكهربائي فهي سالبة .

التطبيقات (*Application*)

١- المرشحات الكهرسكونية :-
الوظيفة :- تنقية الهواء من دقائق الدخان (الملوثات) .
مبدأ العمل :-
١- يحتوي المرشح على أسلاك رفيعة مشحونة بشحنة سالبة ، تعمل على شحن دقائق الدخان بشحنة سالبة عند مرور الغازات الملوثة عبر المرشح .
٢- تنجذب دقائق الدخان إلى ألواح فلزية موجبة الشحنة عبر المرشح وتلتصق بها .
٣- بإستخدام مطرقة ميكانيكية يتم هزُّ هذه الألواح لتجميع الدقائق في الأسفل والتخلص منها .

**ملاحظة :- تستخدم المرشحات الكهرسكونية في بعض المنازل والأماكن العامة مثل المطاعم والقاعات الكبيرة وغيرها لتنقية الهواء من الغبار والدخان باستمرار .

٢- آلة تصوير الوثائق :-

تعد آلة تصوير الوثائق من التطبيقات الهامة التي تعتمد في عملها على الكهرباء السكونية .

وتعمل وفقاً للخطوات التالية :-

١- يوجد داخل آلة التصوير صفيحة مغطاة بمادة تصبح موصلة عند سقوط الضوء عليها وتشحن هذه الصفيحة بشحنة موجبة .

٢- يسلط ضوء على الورقة المراد تصويرها فينعكس عن المناطق الفاتحة أو التي لاتحتوي نصاً ولا ينعكس عن المناطق الغامقة ، ويسقط الضوء المنعكس عن الورقة على الصفيحة فتفقد الصفيحة شحنتها في المناطق التي يصلها الضوء ، وتبقى المناطق التي لا يصلها ضوء مشحونة ، مما يؤدي إلى تكوين خيال كهرسكوني للورقة المراد تصويرها .

٣- يرش حبر يسمى (Toner) ، على شكل دقائق مشحونة بشحنة سالبة على سطح الصفيحة فتنجذب دقائق الحبر إلى الشحنات الموجبة التي بقيت على الصفيحة التي تشكل النص المراد تصويره .

٤- يتم تمرير و ضغط ورقة على الصفيحة ، فتلصق دقائق الحبر بالورقة ،

٥- تعرض الورقة للحرارة فتنصهر دقائق الحبر و تلتصق بالورقة ، ويتم بذلك الحصول على صورة طبق الأصل للورقة الأصلية .

إثـــراء

السؤال الأول :- كرتان صغيرتان مشحونتان ، مجموع شحنتيهما ٥ ميكروكولوم ، والمسافة بين مركزيهما تساوي ١ متر، إذا كانت القوة المتبادلة بينهما تساوي ٤،٥ × ١٠$^{-٢}$ ، فما مقدار كل منهما ؟

الحل :- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢}$ ⬅ $٤،٥ \times ١٠^{-٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_١ \times (٥ \times ١٠^{-٦} + ش_١)}{(١)^٢}$

مع العلم أنَّ ($ش_١ + ش_٢ = ٥ \times ١٠^{-٦}$) ⬅

$٩ \times ١٠^{٩} ش_١^٢ + ٤٥ \times ١٠^{٣} ش_١ - ٤،٥ \times ١٠^{-٢}$ = صفر

$ش_١ = ٠،٨٥ \times ١٠^{-٦}$ ⬅ $ش_٢ = ٤،١٥ \times ١٠^{-٦}$

السؤال الثاني :- شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء والمسافة بينهما ف ، والقوة المتبادلة بينهما تساوي ١٠٠ نيوتن كم تصبح القوة إذا :-

١- إذا تضاعف مقدار إحدى الشحنتين ؟

٢- إذا تضاعف البعد بينهما ؟

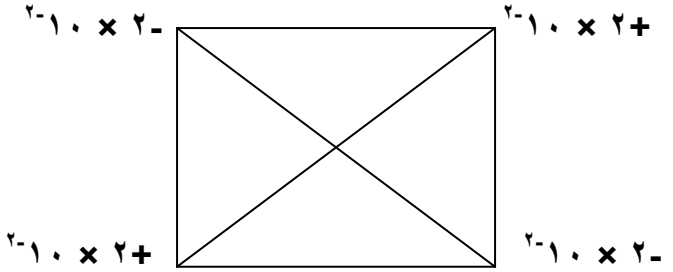
الحل :- ١- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢}$ = ١٠٠ نيوتن ⬅

$ق_{٢١} = أ \frac{٢ش_١ \times ش_٢}{ف^٢}$ = ٢ $ق_{٢١}$ = ٢٠٠ نيوتن .

٢- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف^٢}$ = ١٠٠ نيوتن

$ق_{٢١} = أ \frac{ش_١ \times ش_٢}{(٢ف)^٢} = \frac{ق_{٢١}}{٤}$ = ٢٥ نيوتن .

السؤال الثالث :- في الشكل التالي ما مقدار المجال الكهربائي في مركز المربع والذي على أطرافه الشحنات التالية؟



الحل :- المجال في مركز المربع = صفر ، لأنَّ كل مجال يقابله مجال يساويه في المقدار ويعاكسه بالإتِّجاه كما يتضح من الشكل .

ملاحظة :- طالع السؤال السابع والتاسع والعاشر من أسئلة الفصل .

حلول أسئلة الفصل

١- أ) تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل في الشحنة السالبة .
ب) إتجاه المماس عند أي نقطة على خط المجال يدل على إتجاه المجال عند تلك النقطة .
جـ) يتناسب عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو الداخلة في الشحنة السالبة تتناسب طردياً مع مقدار الشحنة .
د) خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع أبداً .

٢- أ) عند مسح الزجاج بقطعة قماش يفقد الزجاج بعض الإلكترونات ويصبح مشحوناً بشحنة موجبة ويعمل بدوره على شحن دقائق الغبار بالحث بشحنة سالبة ، وبفعل قوى التجاذب ونظراً لخفة دقائق الغبار فإنها تنجذب من الزجاج وتعلق به .
ب) عند دلك بالون بالصوف ، فإن البالون يكسب إلكترونات ويصبح سالب الشحنة ، وعند تقريبه من الحائط فإن المنطقة المقابلة له تشحن بشحنة موجبة ، وبفعل قوى التجاذب ، ونظراً لخفة البالون فإنه يلتصق بالجدار .
جـ) لأنَّ خط المجال الكهربائي هو المسار الذي تسلكه شحنة إختبار موجبة حرة الحركة ، وبما أن الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب ، لذلك تكون دائماً خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالب .

٣- أ) لأنه ينعكس عن المناطق الفاتحة والتي لا تحتوي نصاً أو رسماً ولا ينعكس عن المناطق المعتمة ، ويسقط الضوء المنعكس عن الورقة على الصفيحة ، فتفقد الصفيحة شحنتها في المناطق المضيئة ، بينما تبقى المناطق المعتمة مشحونة ، مما يسبب تكوين
خيال كهرسكوني للورقة المراد تصويرها .
ب) وذلك كي تنجذب دقائق الحبر إلى الشحنات الموجبة الموجودة على الصفيحة التي تشكل النص المراد تصويره .

٤- أ) القطعة الموجبة تنجذب إلى قضيب البلاستيك المشحون بشحنة سالبة ؛ لأنَّ الشحنات المختلفة تتجاذب .
ب) القطعة المتعادلة تشحن بالحث ، بحيث يتم شحن السطح المواجه للقضيب البلاستيكي بشحنة موجبة و تنجذب من القضيب .
جـ) القطعة المشحونة بشحنة سالبة تتنافر مع قضيب الأبونيت .

٥- القضيب فقد إلكترونات .
(التفسير) : عند دلك القضيب بمادة عازلة ، فإنَّه يفقد إلكترونات ويصبح مشحوناً بشحنة موجبة ، ودليل ذلك أنَّه عند تقريب القضيب من قرص الكشاف المشحون بالشحنة الموجبة

فإنَّه عمل على شحنه بالحث ، وحسب قانون كولوم وبفعل قوى التجاذب اندفعت شحنات سالبة من الورقتين إلى القرص فازداد مقدار الشحنة الموجبة على الورقتين ، مما سبب زيادة في إنفراج ورقتي الكشاف .

٦- الشحنة الكبرى (ش١) ، الشحنة الصغرى الصغرى (ش٢) سالبة .
عدد الخطوط الخارجة من الموجبة = ١٨ خط
عدد الخطوط الداخلة في السالبة = ٦ خط

$$\frac{ش_{١}}{ش_{٢}} = \frac{١٨}{٦} = ٣$$

$$\frac{ش_{١}}{ش_{٢}} = ٣ : ١$$

٧- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}} = ق_{٢١}$

$ق_{٢١} = أ \frac{٢ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}} = ٢ ق_{٢١}$

$ق_{٢١} = أ \frac{\frac{١}{٢} ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}} = \frac{١}{٢} ق_{٢١}$

$٢ ق_{٢١}$ ←— —→ $٢ ق_{٢١}$

$\frac{١}{٢} ق_{٢١}$ ←— —→ $\frac{١}{٢} ق_{٢١}$

٨- أ) عند تقريب القضيب المشحون بشحنة سالبة من الكرة (أ) الملامسة للكرة (ب) والمتماثلتان ، فإن الشحنات السالبة في الكرتين تتنافر مع شحنة المؤثرة السالبة فتبتعد إلى السطح البعيد للكرة (ب) فيصبح سالباً ، وبالتالي فإن السطح القريب للكرة (أ) من المؤثر يصبح موجباً ، أي تشحن الكرتان بالحث و من ثم يتم فصل الكرتين عن بعضهما بوساطة الحامل العازل بوجود المؤثر (القضيب) ، ومن ثم إبعاد المؤثر فتتوزع الشحنات على السطح الخارجي للكرتين وتصبح الكرتان مشحونتين بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفين نوعاً .

ب) شحن كرتين متماثلتين بشحنتين متساويتين مقداراً ومتماثلتين نوعاً نتبع الخطوات الآتية :-

- ندلك قضيب البلاستيك بقطعة الصوف ، فيصبح مشحوناً بالشحنة السالبة .

- نقرب القضيب من الكرة الأولى فيعمل على شحنها بالحث ، بحيث يشحن الطرف القريب بشحنة موجبة والطرف البعيد بشحنة سالبة .
- نصل الكرة بالأرض مع بقاء المؤثر (القضيب البلاستيكي) فتتفرغ الشحنة المطلقة السالبة في الأرض .
- نفصل الكرة عن الأرض ومن ثم نلامس الكرتين الأولى المشحونة بالثانية غير المشحونة .
- تعمل الكرة الأولى المشحونة على شحن الكرة الثانية بالمس ، بحيث تتوزع الشحنة الموجبة بين الكرتين بالتساوي لأنهما متماثلتين .
- نفصل الكرتين عن بعضهما ، وتصبح الكرتان مشحونتين بشحنتين متساويتي المقدار ومتماثلتي النوع .

٩- $ق_{٢١} = أ \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$ ، وبما أنَّ $ش_{١} = ش_{٢} = ش$

$$٢٧ \times ١٠^{-٥} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش^{٢}}{٠،٠١}$$

$$٣ \times ١٠^{-١٦} = ش^{٢}$$

ش = + ١،٧٣ × ١٠$^{-٨}$ كولوم ، - ١،٧٣ × ١٠$^{-٨}$ كولوم .

١٠- $ش_{١} + ش_{٢} = - ٦ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

وبما أنَّ الكرتين موصلتان ومتماثلتان فإنَّ $ش_{١} = ش_{٢} = ش$

٢ش = - ٦ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ← ش = - ٣ × ١٠$^{-٦}$ كولوم

$$ق_{٢١} = أ \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش^{٢}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-١٢}}{٣٦ \times ١٠^{-٢}}$$

$ق_{٢١}$ = ٠،٢٢٥ نيوتن .

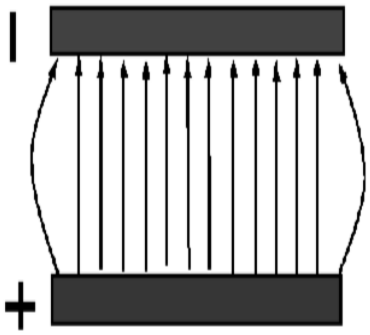
١١- أ) عند دلك المادة (ب) بالمادة (د) وحيث إن إتجاه السلسلة إلى أسفل يشير إلى نقصان قابلية فقد الإلكترونات ؛ لذا فإن المادة (د) تميل إلى كسب الإلكترونات وتصبح مشحونة بشحنة سالبة ، والمادة (ب) تميل إلى فقد الإلكترونات وتصبح مشحونة بشحنة موجبة .

ب) المادتان اللتان تولدان أكبر كمية ممكنة من الشحنات عند دلكهما معاً هما

(أ ، ي) .

جـ) عند دلك القضيب الأول من المادة (جـ) بالمادة (أ) فإن القضيب يكسب إلكترونات ويصبح مشحوناً بشحنة سالبة ، وعند دلك القضيب الثاني من المادة (جـ) بالمادة (هـ) فإن القضيب يفقد إلكترونات ويصبح مشحوناً بشحنة موجبة ، وعند تقريب القضيبين من بعضهما فإنهما يتجاذبان .

١٢- أ)



ب) مـ = $\frac{\text{ق}}{\text{شَ}}$ = $\frac{١٩ \times ١٠^{-٣}}{٥ \times ١٠^{-٦}}$ = ٣٨٠٠ نيوتن / كولوم .

جـ) ق = مـ × ش = ٣٨٠٠ × ٦ × ١٠$^{-٦}$ = ٢٢٨ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن ، بإتجاه الصفيحة الموجبة .

١٣- ١- مـ $_{س}$ = مـ$_{١}$ + مـ$_{٢}$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ش}_{١}}{\text{ف}^{٢}} + \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ش}_{٢}}{\text{ف}^{٢}}$$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}} + \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩}}{٨١ \times ١٠^{-٤}}$$

= ٩ × ١٠^{٤} + ١ × ١٠^{٤} = ١٠ × ١٠^{٤} نيوتن / كولوم ، بإتجاه اليمين .

٢- ص = مـ١ + مـ٢

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_{١}}{ف^{٢}} - \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}} - \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$$

= صفر (ص : هي نقطة تعادل) .

ب) إذا كانت الشحنة الأولى موجبة والشحنة الثانية سالبة ، عندئذ تكون محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (س) فرق المجالين ، أي أنَّ :-

مـ س = مـ١ — مـ٢

= ٩ × ١٠^٤ - ١ × ١٠^٤ = ٨ × ١٠^٤ نيوتن / كولوم ، بإتجاه اليمين .

و إذا كانت الشحنة الأولى موجبة والشحنة الثانية سالبة فعندئذ تكون محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (ص) مجموع المجالين ، أي أنَّ :-

مـ ص = مـ١ + مـ٢

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}} + \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$$

= ١٨ × ١٠^٤ نيوتن / كولوم ، باتجاه اليسار .

١٤- $ق_{أب} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ش_{أ} \times ش_{ب}}{ف^{٢}_{جـد}}$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{-٢}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}}$$

= ٢١،٦ نيوتن ،

$$\text{١- ق}_{\text{جـ ب}} = \frac{\text{ش}_{\text{جـ}} \times \text{ش}_{\text{ب}} \times ٩ \times ١٠^{٩}}{\text{ف}^{٢}_{\text{جـ ب}}}$$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ١ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{-٢}}{٤ \times ١٠^{-٤}}$$

= ٤٥ نيوتن .

$$\text{ق}_{\text{ب}} = \sqrt{(\text{ق}_{\text{أب}})^{٢} + (\text{ق}_{\text{جـ ب}})^{٢}}$$

$$= \sqrt{٤٦٦،٥٦ + ٢٠٢٥}$$

$$= \sqrt{٢٤٩١،٥٦}$$ نيوتن = ٥٠ نيوتن .

$$\text{ظا } \Theta = \frac{٢١،٦}{٤٥} = ٠،٤٨$$

$\Theta = ٢٥،٦^{\circ}$.

الفصل الخامس

الكهرباء المتحركة

مقدمة الفصل :-

عزيزي الطالب إنَّ الكهرباء المتحركة و الموجودة الآن عرفها الإنسان قبل ما يقارب ١٠٠ عام، وإنَّ هذه الطَّاقة العظيمة منذ أن عرفها الإنسان وهو يعمل على دراستها وإبتكار مختلف الأجهزة الكهربائيَّة التي تعمل بهذه الطَّاقة التي بدت غريبة في بادئ الأمر .

لقد ساهم عدد كبير من العلماء في صياغة منظومة العلوم الكهربائيَّة بمختلف مفرداتها و تفرعاتها المتنوعة من مثل العالم أوم وفارادي وكيرتشوف وأمبير وغيرهم الكثير .

وفي هذا الفصل سوف نتطرق إلى مقدمة بسيطة جداً عن مجموعة من المفاهيم المتعلقة بالكهرباء المتحركة ، ليكون هذا الفصل هو مدخل للموضوعات الكهربائيَّة التي سوف تتناولها في الصفوف القادمة أو على الأقل لتشكل خلفية بسيطة في موضوع الكهرباء تستفيد منها في حياتك اليومية .

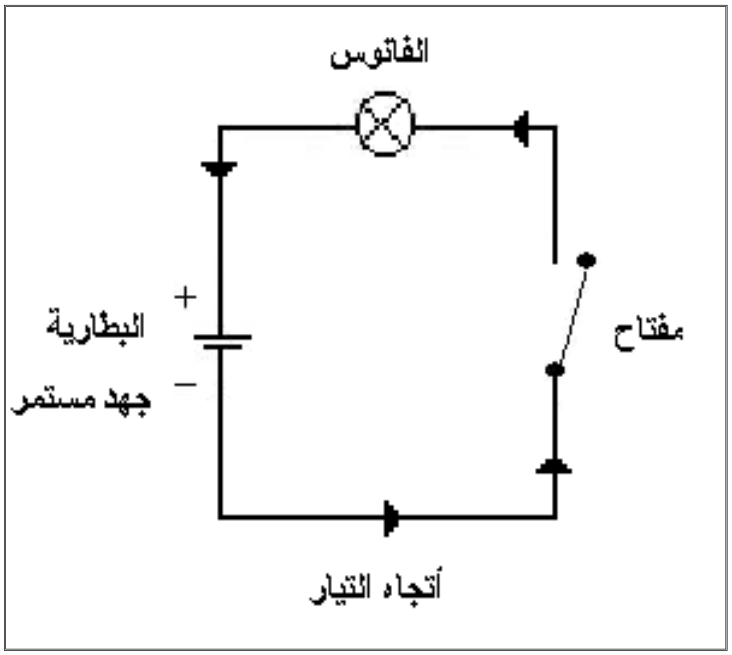
وموضوع الكهرباء – وكما أسلفنا سابقاً – موضوع شائك وطويل و يجدر بنا في مقدمة هذا الفصل الإشارة إلى ما يلي :-

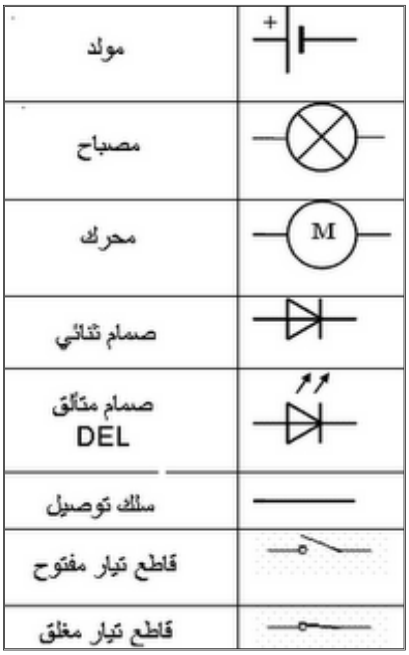
١- الرموز الكهربائيَّة ودلالاتها – للمعرفة فقط - :-

إنَّ هذه الرموز نلاحظها كثيراً في أماكن مختلفة ، ومن إنطلاقنا أنْ يكون هذا المؤلف غني بكل ما هو مفيد ، وحتى إن خرجنا فيما نذكر عن ما هو مقرر في المنهاج المدرسي ، قمنا بذكر هذه الرموز .

التَّيَّار الكهربائي (*Electrical current*)

عزيزي الطالب ، إنَّ التَّيَّار الكهربائي هو أول المواضيع التي سوف تتم دراستها في فصل الكهرباء المتحركة ، ولطالما لاحظنا في حياتنا اليومية كيف تعمل الدارات الكهربائيَّة و تحقق الغاية من وجودها بسبب سريان التَّيَّار الكهربائي فيها كالدارة البسيطة الموضحة في الشكل أدناه فكان لابد لنا من دراسة هذا الموضوع .





ملاحظات :-

١- الشحنات الكهربائيَّة التي تشكل التَّيَّار الكهربائي إما أن تكون سالبة أو موجبة وسالبة ، ففي بعض الفلزات الموصلة كالنحاس يسري ويتحرك فيها إلكترونات سالبة ، أمَّا في المحاليل الكهربائيَّة تتحرك الشحنات الموجبة والسالبة .

٢- الإلكترونات هي المكون الأساسي للتيار الكهربائي في الموصلات المستخدمة عملياً في نقلها بشبكة النقل والتوزيع ومن أمثلة هذه الموصلات (النحاس) وهو يستخدم بشكل كبير جداً .

٣- تتحرك الإلكترونات في السلك بفعل فرق الجهد الكهربائي .

تعريف :-

التَّيَّار الكهربائي :- هو عبارة عن سيل من الإلكترونات التي تعبر مقطع موصل خلال وحدة الزمن ،

ويعبر عن ذالك رياضياً :-

$$\text{التَّيَّار} = \frac{\text{الشحنة الكهربائيَّة}}{\text{الزمن}}$$

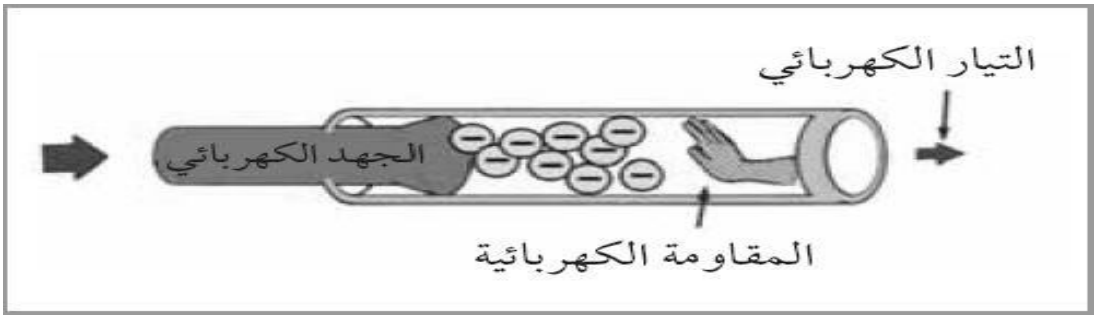
وبالرموز :-

$$\text{ت} = \frac{\text{ش}}{\text{ز}}$$

حيث أنَّ :-

١- ت :- التَّيَّار الكهربائي ويقاس بوحدة الأمبير
علماً أنَّ الأمبير = كولوم / ثانية ، كما يتضح من القانون السابق .
٢- ش :- الشحنة الكهربائيَّة وتقاس بوحدة (كولوم) .
٣- ز :- الزمن ويقاس بوحدة (الثانية) .

ويمكننا أيضاً أن نعرف التَّيَّار الكهربائي بأنَّه :- مقدار الشحنة الكهربائيَّة التي تعبر مقطع الموصل خلال الثانية الواحدة .



- **أما فيما يتعلق بإتجاه التَّيَّار بإتجاه سريان التَّيَّار الكهربائي عبر الموصل فإنه يتم معالجته نظرياً كالتالي:-**

١- يكون إتجاه الكهربائي مع إتجاه حركة الشحنات الموجبة وعكس إتجاه حركة الشحنات السالبة ، ويطلق عليه إسم التَّيَّار الإصطلاحي .
٢- التَّيَّار الإصطلاحي يكون إتِّجاهه مع إتِّجاه المجال الكهربائي .

ومن الدارة الكهربائيَّة وبسبب إختلاف شحنة أقطاب الكهربائيَّة ، فإنَّ إتجاه حركة الشحنات الموجبة يخالف إتجاه حركة الشحنات السالبة .

٣- في حالة وجود شحنات موجبة وأخرى سالبة في مقطع الموصل يكون إتجاه التَّيَّار بإتجاه الأكثر عدداً ، حيث أنها تعادل بعضها البعض وتبقى الشحنات الأكثر عدداً ، وبذلك يكون التَّيَّار الكهربائي بإتجاهها .
٤- في الموصل الذي يوجد فيه عدداً متساوي من الشحنات الموجبة والسالبة ، يكون مقدار التَّيَّار الذي يسري في ذلك الموصل صفراً .

**القوة الدافعة الكهربائيَّة (*The Electromotive Force*)

وفيما يتعلق بهذا الموضوع فيمكننا ذكر التالي :-

١- هي التي تمكن الإلكترونات من الحركة خلال الموصل (الأسلاك) ، وهي في الدارة الكهربائيَّة البسطة – كما تلاحظ من الشكل أعلاه - .
٢- تعرف القوة الدافعة الكهربائيَّة بأنَّها :- مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة التي تكسِبها البطارية لكل كولوم من الشحنة ينتقل بين قطبيها .

ومن هنا ، إذا كان مقدار البطارية ٢ فولت ، فهذا يعني أنَّها تكسب الإلكترونات المارة بين قطبيها طاقة كهربائية مقدارها ٢ جول لكل شحنة كهربائية .

٣- تقاس القوة الدافعة الكهربائيَّة بوحدة الفولت .

$$\text{الفولت} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}}$$

حيث أنَّ الجول هي وحدة قياس الطَّاقة الكهربائيَّة ، والكولوم وحدة قياس الشحنة الكهربائيَّة .

السؤال الأول :- فسر كل مما يأتي :-

١- مقدار التَّيَّار الكهربائي في موصل (سلك) يساوي ٥ أمبير .

ت = ش / ز = كولوم / ث ومن هنا فما ورد سابقاً يعني أنَّ ٥ كولوم من الشحنة الكهربائيَّة تعبر مقطع موصل خلال (١) ثانية .

٢- مقدار الفولتِّية لقوة دافعة كهربائية تساوي ٣،٥ فولت.

الفولت = جول / كولوم و من هنا فما ورد سابقاً يعني أنَّ البطارية تكسب الإلكترونات المارَّة عبر قطبيها طاقة كهربائية مقدارها ٣،٥ جول لكل شحنة كهربائية .

السؤال الثاني :- إذا كان مقدار الشحنة التي تعبر مقطع موصل خلال الزمن كالتالي :-

١- ش = ١٢ كولوم	ز = ١ دقيقة
٢- ش = ٦ × ١٠$^{-٩}$ كولوم	ز = ٢ ثانية
٣- ش = ٤ × ١٠$^{-٢}$ كولوم	ز = ١ ثانية
٤- ش = ٢٠ × ١٠$^{-٦}$ كولوم	ز = ٢ ثانية

أحسب مقدار التَّيَّار الكهربائي ؟

ت = ش / ز = ١٢ / ٦٠ = ٠،٢ أمبير .

ت = ش / ز = ٦ × ١٠$^{-٩}$ / ٢ = ٣ × ١٠$^{-٩}$ أمبير .

ت = ش / ز = ٤ × ١٠$^{-٢}$ / ١ = ٤ × ١٠$^{-٢}$ أمبير .

ت = ش / ز = ٢٠ × ١٠$^{-٦}$ / ١٢٠ = ١،٦٧ × ١٠$^{-٦}$ أمبير .

السؤال الثالث :- في الحالات التالية ، أحسب قيمة الشحنة الكهربائيَّة إذا كان :-

١- ت = ٥ أمبير ز = ٢ ثانية،
٢- ت = ٦ × ١٠$^{-٦}$ أمبير ز = ١ دقيقة،
٣- ت = ٤ أمبير ز = ٣ دقائق ،

ت = ش / ز ← ٥ = ش / ٢ ← ش = ١٠ كولوم .

ت = ش / ز ← ٦ × ١٠$^{-٦}$ = ش / ٦٠ ← ش = ٣٦٠ × ١٠$^{-٦}$ كولوم .

ت = ش / ز ← ٤ = ش / ١٨٠ ← ش = ٢٧٠ كولوم .

السؤال الرابع :- أحسب مقدار الزمن في كل مما يلي إذا كان :-

١- ت = ١٥ أمبير ش = ٥ كولوم ،
٢- ت = ١٠ × ١٠$^{-٢}$ أمبير ش = ٣٠ كولوم ،

ت = ش / ز ← ١٥ = ٥ / ز ← ز = ٥ / ١٥ = $\frac{١}{٣}$ ثانية .

ت = ش / ز ← ١٠ × ١٠$^{-٢}$ = ٣٠ / ز ← ز = ٣٠ / ١٠ × ١٠$^{-٢}$ = ٣ × ١٠^{٢} ثانية .

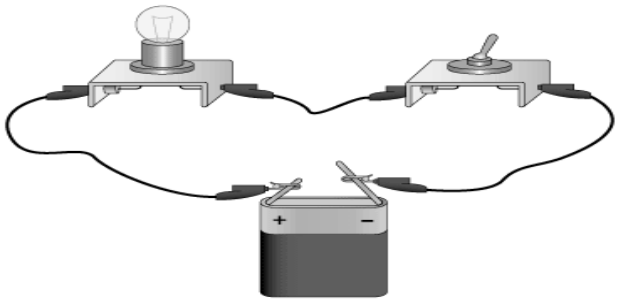
الدارة الكهربائيَّة (*Electrical circuit*)

عزيزي الطالب ، إنَّ الدارة الكهربائيَّة هي المفهوم الأساسي في دراسة العلوم الكهربائيَّة ، فلا يمكن لنا دراسة التأثيرات المختلفة للتيار والفولتية وغيرها على الأجهزة الكهربائيَّة وعلى الموصلات نتيجة سران التَّيَّار الكهربائي فيها .

تعريف :-

الدارة الكهربائيَّة :- هي عبارة عن مسار مغلق يتكون من عدَّة عناصر ، تقوم بالوظيفة التي صممت من أجلها الدارة .

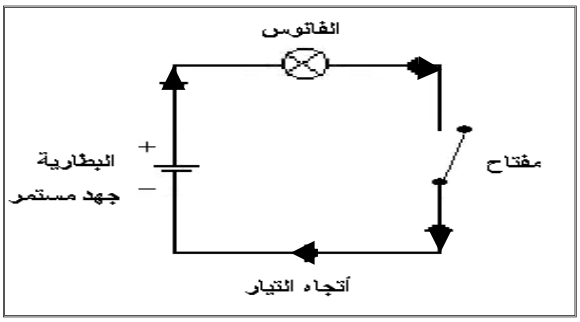
ومن أبرز الأمثلة على الدوائر الكهربائيَّة الدارة البسيطة المبينة في الشكل أدناه :-



أمَّا فيما يتعلق بهذه الدارة فإنَّها تتكون – وكما تلاحظ من العناصر التالية :-

١- مصباح
٢- بطارية (مصدر فرق الجهد الكهربائي)
٣- الأسلاك
٤- المفتاح

وترسم لأغراض الدراسة بالشكل التالي :-

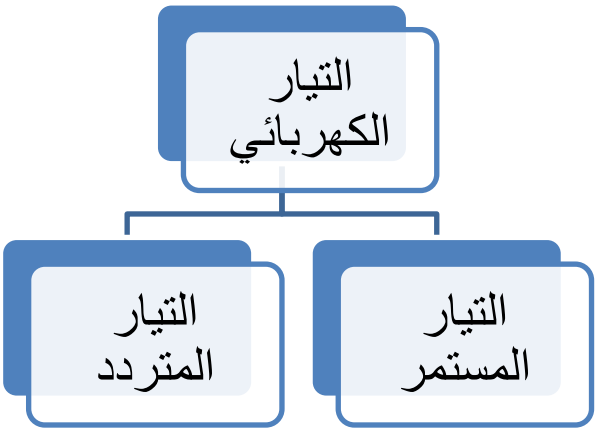


ومن هنا وكما تلاحظ ، فإنَّ الدارة الكهربائيَّة السابقة - و أي دارة كهربائية على وجه العموم – تعمل إذا كان المفتاح مغلق ، ولا تعمل إذا كان المفتاح مفتوح لإنَّنا سنعمل بهذه الحالة - أي عند فتح المفتاح الكهربائي – على قطع التَّيَّار الكهربائي المار في الدارة الكهربائيَّة .

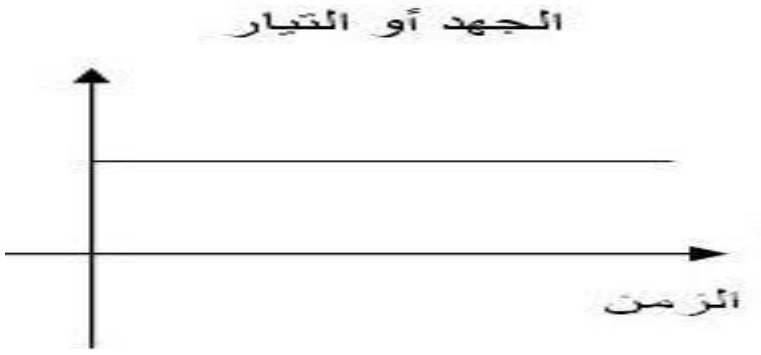
ومن هنا ، نستنتج عزيزي الطالب أنَّ الدارة التي يكون فيها المفتاح مفتوح تسمى عندئذ دارة مفتوحة .

التَّيَّار الكهربائي في الدارة الكهربائيَّة (*Electrical current in Electrical circuit*)

أمَّا التَّيَّار الكهربائي المار في الدارة الكهربائيَّة والتي لايمكن أن تعمل الدارة من غير سريانه فيها فإنه ينقسم إلى قسمين كالتالي :-



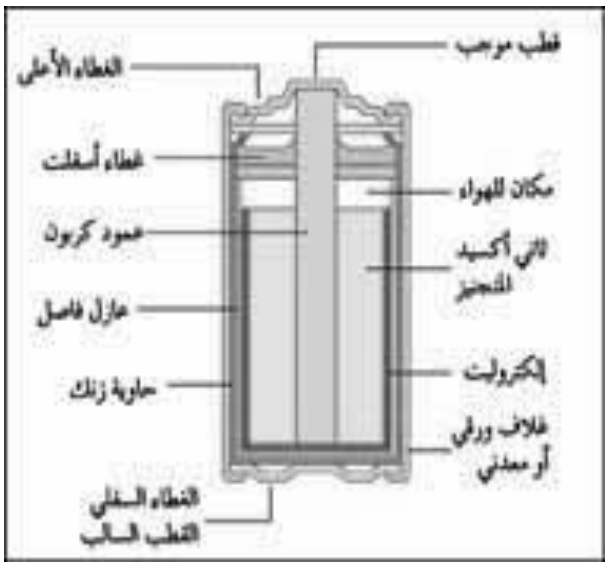
حيث أنَّ التَّيَّار المستمر في الدارة الكهربائيَّة يكون ثابت المقدار والإتجاه ويعبر عنه بيانيَّاً كالتالي :-



وبالنسبة لإتجاه التَّيَّار الكهربائي فهو يحدد في الدارة الكهربائيَّة من القطب الموجب إلى القطب السالب ، ويسمى هذا التَّيَّار بالتَّيَّار الإصطلاحي .

****البطارية – مصدر تزويد الفولتية – (*BATTERY - voltage power supply* -)**

أمَّا فيما يتعلق بمصدر تزويد الطَّاقة في الدارة الكهربائيَّة والذي يمثل البطارية فإنَّها تتركب من الأجزاء التالية :-

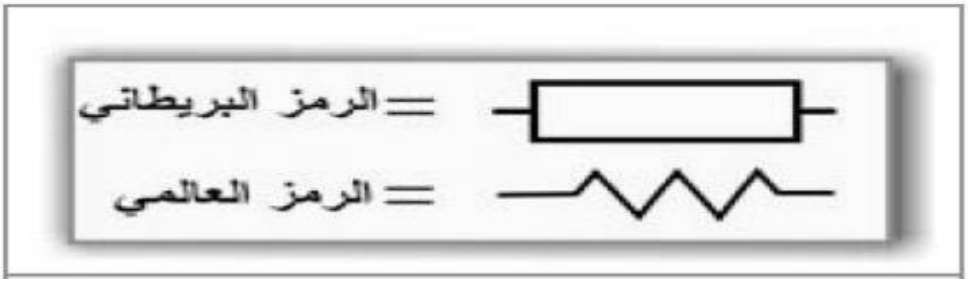


حيث يحدث في داخل البطارية تفاعلات كيميائية بحيث تتجمع الأيونات الموجبة على القطب الموجب والأيونات السالبة على القطب السالب لتشكل ما يعرف بفرق الجهد الكهربائي ، أو بمعنى آخر أنّ الطَّاقة الكيميائية في البطارية تتحول إلى طاقة كهربائية .

ملاحظة :- أ- إنَّ الطَّاقة الكهربائيَّة في الأسلاك (الموصل) تتحول إلى شكل من أشكال الطَّاقة التالية :-

١- في المصباح تتحول الطَّاقة الكهربائيَّة إلى طاقة حرارية وضوئية .
٢- في المكواة تتحول الطَّاقة الكهربائيَّة إلى طاقة حرارية .
٣- في المروحة تتحول الطَّاقة الكهربائيَّة إلى طاقة حركية .

ب – في الدارات الكهربائيَّة المقاومة الكهربائيَّة هي التي تعبر عن الحمل الكهربائي (الجهاز الكهربائي) المشبوك مع الدارة الكهربائيَّة ، ويرمز لهذه المقاومة ولأغراض الدراسة بالرمز التالي :-



جـ - تشبك مقاومة متغيرة (ريوستات) على التوازي مع المقاومة المراد تغيير قيمة التَّيَّار الداخل إليها .

حيث أنَّه - وكما يتضح من العلاقة التالية – أنَّ التغير في المقاومة الكهربائيَّة تؤدي إلى تغير في التَّيَّار الكهربائي ، حيث أنَّ التناسب بينهما هو تناسب عكسي .

$$\text{التَّيَّار} = \frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

فرق الجهد الكهربائي (*The Electrical potential*)

تعريف :-

فرق الجهد الكهربائي :- هو الطَّاقة التي يخسرها أو يكسبها الكولوم الواحد من الشحنة الكهربائيَّة عند مروره عبر موصل مطبق عليه فرق الجهد الكهربائي ، علماً بأنَّه يقاس بوحدة الفولت .

$$\text{الفولت} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} \longleftarrow \text{فرق الجهد} = \frac{\text{الطّاقة الكهربائيَّة}}{\text{الشحنة الكهربائيَّة}}$$

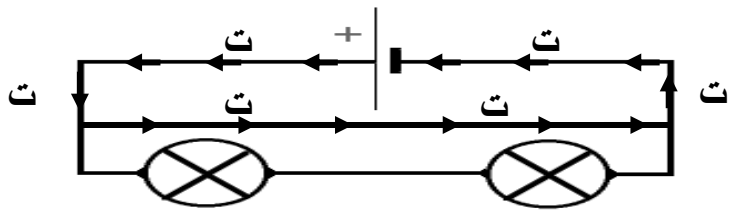
ومما سبق نستنتج أنَّه إذا طبقت فولتية مقدارها ٢٢٠ فولت على موصل ، فإنَّ ذلك يعني أنَّ الشحنة الكهربائيَّة المارة في الموصل تكتسب طاقة مقدارها ٢٢٠ جول .

ويقاس فرق الجهد الكهربائي عملياً بإستخدام جهاز الفولتميتر ، حيث أنّه يشبك مع الدارة الكهربائيَّة على التوازي .

****موضوعات تتعلق بالدارة الكهربائيَّة**

أولاً :- دارة القصر

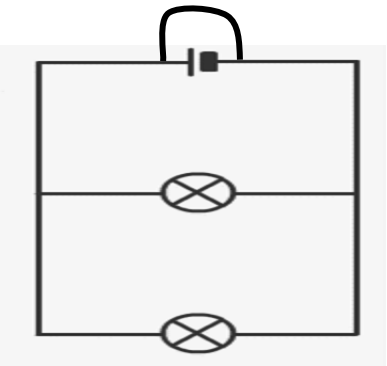
دارة القصر:- هي عبارة عن دارة مقاومتها تقترب من الصفر (مقاومتها أقل ما يمكن) .



الشرح :- إذا وصلت دارة قصر على التوازي مع أي حمل كهربائي فإنَّه يفصله عن الدارة الكهربائيَّة ، حيث أنَّ التَّيَّار الكهربائي لا يمر بالأحمال الكهربائيَّة (المصابيح) كما يتضح في الشكل أعلاه ، ويمكن أن يمر في هذا السلك (دارة القصر) تيار غير نهائي المقدار ، وهذا هو السبب الذي يؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الأسلاك الكهربائيَّة ومن ثم ذوبانها ، وهذا يؤدي إلى إندلاع الحرائق .

أمَّا السؤال الذي يطرح نفسه ، كيف نميز دارة القصر ؟

إذا كان المسار الذي يسلكه التَّيَّار يتفرع بين دارة القصر والحمل الكهربائي ، فإنَّ التَّيَّار الكهربائي يسلك دارة القصر ، مع ملاحظة أنَّ دارة القصر تكون مشبوكه مع الحمل أو الأحمال الكهربائيَّة على التوازي .



ففي الدارة السابقة لاحظ أنَّ التَّيَّار الكهربائي لن يمر في المصابيح لأنّه يوجد دارة قصر مشبوكة مع البطارية .

ثانياً :- مفهوم التوازي والتوالي

حيث أنَّ الفولتية تكون متساوية لجميع الأحمال الكهربائيَّة في حالة الشبك على التوازي فيما أنَّ التَّيَّار يتجزأ ، والعكس تماماً يحدث في حالة الشبك على التوالي حيث تتم تجزئة الجهد مع مرور التَّيَّار الرئيسي في جميع الأحمال الكهربائيَّة .

ثالثاً :- ملاحظات عامة

١- إذا كان إغلاق المفتاح الكهربائي سيؤدي إلى إكتمال دارة القصر المشبوكه مع الحمل الكهربائي فإنَّ إغلاقه سيؤدي إلى فصل الحمل الكهربائي عن الدارة .

ففي الشكل (٥ – ٨) في السؤال الأوَّل صفحة ٤٥ ، إذا تم إغلاق المفتاح (ح٢) والدارة تعمل فإنَّ ذلك سيؤدي إلا عمل دارة قصر على المصباح (٢) والذي سيفصل بذلك عن الدارة لعدم مرور التَّيَّار فيه لأنَّه سيمر بدارة القصر .

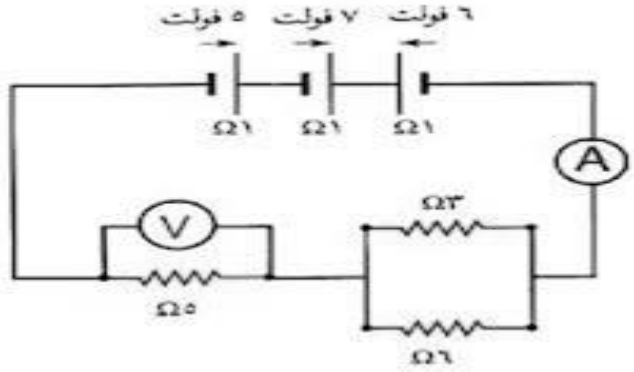
٢- أي فصل في الخط المغذي للأحمال الكهربائيَّة المتواجدة في الدارة سيؤدي إلى عدم عملها

ففي الشكل (٥ – ٨) في السؤال الأوَّل صفحة ٤٥ ، إذا تم إغلاق المفتاح (ح١) فإنَّ الدارة الكهربائيَّة ستعمل وغير ذلك فلن تعمل .

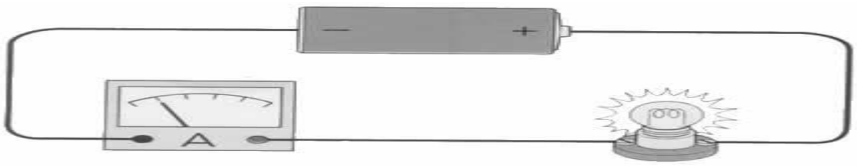
فمما سبق ، نستنتج أنَّه عند إغلاق كلا المفتاحين (ح١ + ح٢) في الدارة (الشكل (٥ – ٨) في السؤال الأوَّل صفحة ٤٥) ، فإنَّ المصباح (١) هو فقط سيعمل .

٣- الأميتر هو الجهاز المستخدم في قياس شدة التَّيَّار الكهربائي ، ومن الواجب ملاحظته :-

أ- أنَّ الأميتر (A) يوصل مع الدارة الكهربائيَّة على التوالي والفولتميتر (V) على التوازي كما يتضح من الشكل التالي :-



ب- في حالة الدارات الكهربائيَّة المكوَّنة من حلقة واحدة ، فإنَّ وضع الأميتر في أي مكان فيها يعطي نفس القراءة ؛ لأنَّ التَّيَّار لن يتجزَّأ .



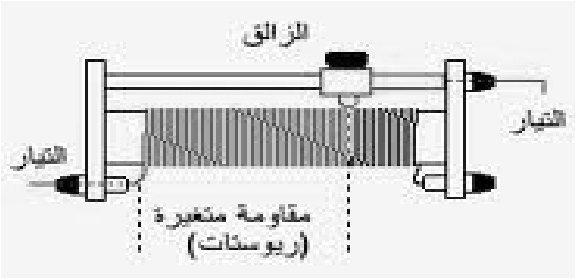
فمما سبق ، نستنتج أنَّ قراءة الأميتر في الدارة (الشكل (٥ – ٩) في السؤال الثاني صفحة ٤٥) سيعطي نفس القراءة

٤- في دارة كهربائية مكونة من حلقة واحدة ، إذا كانت مقدار التَّيَّار الكهربائي المار فيها يساوي ٢ كولوم / ثانية ، ووتستهلك الأحمال الكهربائيَّة فيها ما مقدارة ١٠ جول من الطَّاقة يمكننا حساب قراءة أميتر في هذه الدارة من خلال ما تعلمناه سابقاً والتي ستبلغ ٢ أمبير وأيضاً إذا شبك فولتميتر على التوازي مع الأحمال الكهربائيَّة المتواجدة في الدارة ، فيمكن حساب قرائته كالتالي :-

$$\text{جـ} = \frac{\text{ط}}{\text{ش}} = \frac{١٠}{٢} = ٥ \text{ فولت .}$$

فمما سبق ، نستنتج أنَّ هذه القيم هي نفس القيم التي ستتوصل إليها – عزيزي الطالب - في الدارة الكهربائيَّة (الشكل (٥ – ١٠) في السؤال الرابع صفحة ٤٥) عند إتباعك نفس الخطوات السابقة

٥- يزيد مقدار المقاومة الكهربائيَّة كلما زاد طولها .



حيث أنَّ زيادة طول المقاومة المتغيرة (الريوستات) يؤدي إلا زيادة مقاومتها وبالتالي نقصان مقدار التَّيَّار المار فيها والعكس صحيح .

فمما سبق ، نستنتج أنَّه لزيادة التَّيَّار المار في الدارة الكهربائيَّة (الشكل (٥ – ١١) في السؤال الرابع صفحة ٤٥) يجب علينا تحريك منزلق المقاومة المتغيرة (الريوستات) إلى جهة اليسار .

السؤال الأول :- إذا كان مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة تساوي ١٥ جول والفولتية تساوي ٥ فولت ،أحسب مقدار التَّيَّار المار في الدارة الكهربائيَّة خلال ثلاث ثواني ، وفقاً للمعطيات السابقة ؟

$$\text{ت} = \frac{\text{ش}}{\text{ز}} = \frac{٣}{٣} = ١ \text{ أمبير ، حيث أنَّ}$$

$$\text{جـ} = \frac{\text{ط}}{\text{ش}} \leftarrow \text{ش} = \frac{\text{ط}}{\text{جـ}} = \frac{١٥}{٥} = ٣ \text{ كولوم .}$$

السؤال الثاني :- أحسب مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة لدارة يمر فيها ٥ أمبير في كل ثانية ، إذا علمت أنَّ الجهد يساوي ٣ فولت ؟

جـ = $\frac{\text{ط}}{\text{ش}}$ ⟵ ط = جـ × ش = ٣ × ٥ = ١٥ جول ، حيث أنَّ

ت = $\frac{\text{ش}}{\text{ز}}$ ⟵ ٥ = $\frac{\text{ش}}{١}$ ⟵ ش = ٥ كولوم .

المقاومة الكهربائيَّة (*Electrical Resistance*)

عزيزي الطالب ، قلنا سابقاً أنَّ التَّيَّار الكهربائي هو عبارة عن سيل من الإلكترونات يعبر مقطع موصل خلال وحدة الزمن ، وهذه الإلكترونات هي الإلكترونات غير المملوكة للذرة ، وتتعرض حركتها لممانعة (إعاقة) مما يؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الموصل ، حيث أنَّها تتصادم بذرات الموصل وببعضها البعض ،

تعريف :-

المقاومة الكهربائيَّة :- هي مقياس لإعاقة الموصل لمرور التَّيَّار الكهربائي خلاله .

المقاومة = $\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{التَّيَّار}}$ ⟵ م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$

وتقاس المقاومة بوحدة الأوم ويرمز لها بـ Ω .

يعرَّف الأوم بأنَّه :- مقاومة موصل يمر فيه تيار شدته (١) أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (١) فولت ، ويتضح من القانون السابق أنَّ العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائيَّة عموماً هي :-

١- فرق الجهد
٢- شدة التَّيَّار

****مقاومة الموصل**

- تتناسب المقاومة الكهربائيَّة لموصل :-

١- تتناسب تناسباً طردياً مع الطول – ل - (طول الموصل) .

٢- تتناسب تناسباً عكسياً مع مساحة مقطع الموصل – أ - .

$$م \propto \frac{ل}{أ}$$

- أي علاقة على الشكل السابق يمكن تحويلها إلى قانون بإضافة ثابت إليها :-

$$م = \rho \frac{ل}{أ}$$

حيث (رو - ρ -) هي المقاومية الكهربائيَّة ولها مقدار ثابت لكل مادة .

وتعرَّف المقاومية بأنَّها :- مقياس مقاومة الموصل للشحنة الكهربائيَّة ، وتقاس بوحدة (أوم × متر)

المادة	المقاومية (Ω ، م)
فضة	١،٦ × ١٠$^{-٨}$
نحاس	١،٧ × ١٠$^{-٨}$
زجاج	١٠^{١٠}
سليكون	٦٤٠

ملاحظات :-

١- تزداد مقاومة المواد كلما قلت موصليتها .

٢- تقل مقاومة المواد كلما زادت موصليتها .

٣- المقاومية والمقاومة تقاس عند درجة حرارة معينة ، فسر ذلك ؟

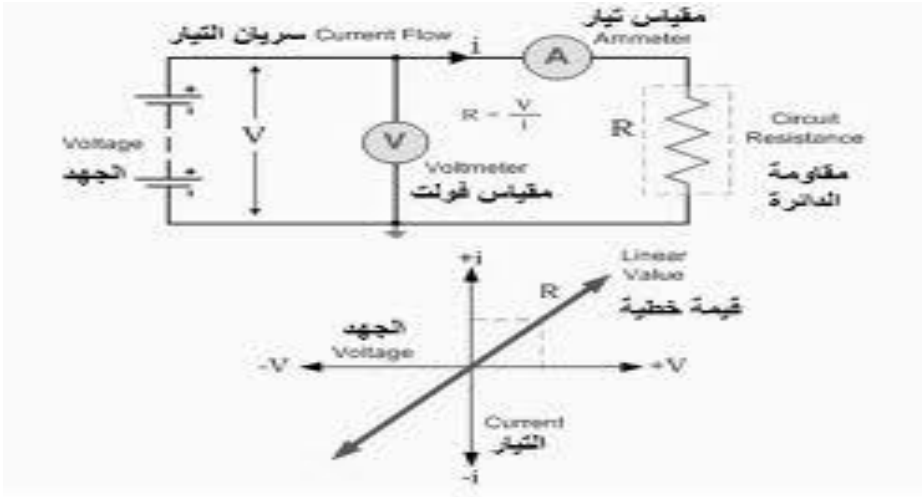
أ- مقاومة الموصلات تزداد بزيادة درجة الحرارة ، لأنَّ عدد الإلكترونات الحرة فيها تزداد ، فتزداد عدد التصادمات فيما بينها .

ب- مقاومة أشباه الموصلات تقل بزيادة درجة الحرارة ، لأنَّ عدد الإلكترونات الحرة فيها تزداد ، فتزداد موصليتها .

٤- أكتشف العالم أوم أنَّ المقاومة الكهربائيَّة تساوي :-

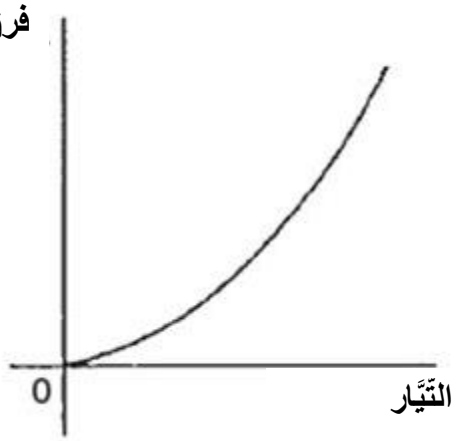
$$م = \frac{جـ}{ت}$$

٥- المواد التي تخضع مقاومتها لقانون أوم (بحيث تكون العلاقة بين فرق الجهد والتَّيَّار خطيِّة) تسمى المقاومات الأومية ، ويعبر عن هذه العلاقة كالتالي :-



حيث أنَّه ، وكما يتضح من الرسم البياني أسفل الدارة الكهربائيَّة ، فإنَّ ميل الخط المستقيم ثابت وهو يمثل مقدار المقاومة الكهربائيَّة,

٦- تسمى المقاومة الكهربائيَّة للمادة نفسها التي تختلف مقاومتها مع إختلاف شدة التَّيَّار الكهربائي (مقاومة غير أومية) وعندها تصبح العلاقة بين التَّيَّار والجهد علاقة غير خطيِّة



٧- تعتمد مقاومة الموصل الكهربائيَّة على أربعة عوامل هي :-

أ- المقاومية

ب- مساحة مقطع الموصل

ج- طول الموصل

د- درجة الحرارة

٨- قد تحتوي الدارة الكهربائيَّة على عناصر تتغير مقاومتها بتغير عامل معين ، وتستخدم مثل هذه العناصر كمجسَّات في الدارة الكهربائيَّة ، ومن هذه العناصر :-

أ- المقاوم الحراري (Thermistor)

١- تقل مقاومته عند التسخين فتعمل الدارة الكهربائيَّة .

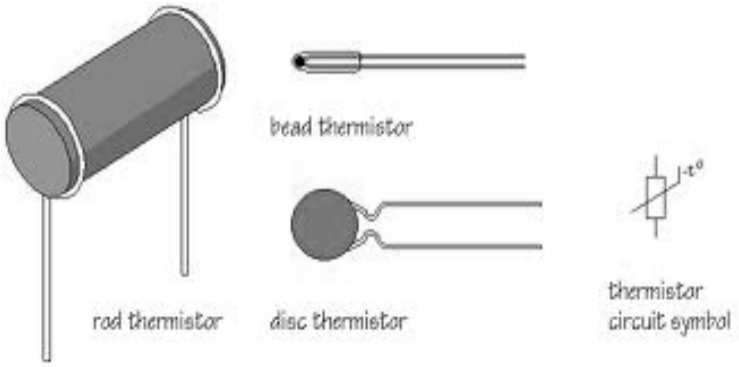
٢- تسخن عن طريق الحرارة ، أو مرور التَّيَّار الكهربائي فيها .

٣- تستخدم في دارات الإنذار من الحريق .

٤- تأتي على أشكال عدة كما يتضح من الشكل أدناه ، ومن هذه الأشكال :-

- المقاوم الحراري القضيبي (Rod Thermistor)
- المقاوم الحراري على شكل كرية (Bead Thermistor)
- المقاوم الحراري القرصي (Disk Thermistor)

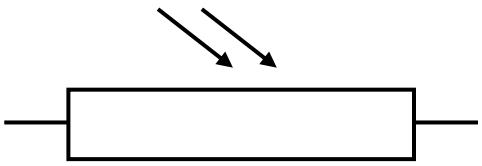
ويرمز لها بالرمز الموجود على يمين الشكل (Thermistor circuit symbol)



ب- المقاوم الضوئي (Light – Dependent Resistor)

١- تقل مقاومته مع زيادة شدة الضوء الساقط عليها ،

٢- تستخدم في دارات الإنذار من اللصوص وفي إنارة الشوارع وإطفائها تلقائيِّاً .



السؤال الأول :- إذا كان مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة خلال موصل تساوي ١٠ جول وكان مقدار الشحنة الكهربائيَّة المارة خلاله تساوي ٢ × ١٠$^{-١}$ كولوم ، فإذا كانت هذه الشحنة تعبر الموصل خلال ١٠$^{-٤}$ ثانية ، أحسب مقدار مقاومة الموصل ، ومن خلال ما توصلت إليه إذا علمت أن نصف قطر السلك (الموصل) يساوي ٢ × ١٠$^{-٢}$ م وطوله يساوي ٥ سم ، أحسب مقدار المقاومية الكهربائيَّة ومن ثمَّ فسر النتيجة التي توصلت إليها ؟

م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ ولكن ، جـ = $\frac{\text{ط}}{\text{ش}}$ = $\frac{١٠}{٢ \times ١٠^{-١}}$ = ٥٠ فولت .

ت = $\frac{\text{ش}}{\text{ز}}$ = $\frac{٢ \times ١٠^{-١}}{١٠^{-٤}}$ = ٢ × ١٠^{٣} أمبير .

م = $\frac{٥٠}{٢ \times ١٠^{٣}}$ = ٢٥ × ١٠$^{-٣}$ Ω .

م = ρ $\frac{\text{ل}}{\text{أ}}$ ⟵ ρ = ٢٥ × ١٠$^{-٣}$ $\frac{٥ \times ١٠^{-٢}}{٣،١٤ \times ٤ \times ١٠^{-٤}}$

⟵ ρ = ٦٢،٨ × ١٠$^{-٥}$ Ω ، م ، حيث أنَّ (أ) مساحة المقطع = مساحة الدائرة = π نق^{٢}

⟵ = ٣،١٤ × (٢ × ١٠$^{-٢}$)^{٢}

السؤال الثاني :- سلك نحاس مساحة مقطعه (٢،٥ × ١٠$^{-٣}$)م^{٢} وطوله يساوي ١٠ × ١٠$^{-٢}$ م أحسب مقاومة الموصل إذا علمت أنَّ مقاوميته تساوي ٢ Ω ، م ، ومن ثمَّ أحسب مقدار التَّيَّار الكهربائي المار فيه ، إذا علمت أنَّ الفولتية المطبقة عليه تساوي ١٢ فولت ؟

م = ρ $\frac{\text{ل}}{\text{أ}}$ = $\frac{٢ \times ١٠ \times ١٠^{-٢}}{٢،٥ \times ١٠^{-٣}}$ = ٨٠ Ω .

ت = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}}$ = $\frac{١٢}{٨٠}$ = ٠،١٥ أمبير .

السؤال الثالث :- أحسب مقدار كل مما يلي إذا علمت أنَّ :-

١- ρ ، إذا كانت :- م = ١٠ Ω ، ل = ٢ × ١٠$^{-٢}$ ، أ = ٥ × ١٠$^{-٤}$.

٢- ل ، إذا كانت :- م = ١٥ Ω ، ρ = ٥ Ω ، م ، أ = ٣ سم^{٢} ،

٣- أ ، إذا كانت :- م = ١٢ Ω ، ρ = ٣ × ١٠$^{-٢}$ ، ل = ٤ × ١٠$^{-٥}$ ؟

م = ρ $\frac{ل}{أ}$ ⟵ ١٠ = ρ $\frac{٢ \times ١٠^{-٢}}{٥ \times ١٠^{-٤}}$ ⟵ ρ = ٢٥ × ١٠$^{-٢}$ Ω ، م

م = ρ $\frac{ل}{أ}$ ⟵ ١٥ = $\frac{٥ \times ل}{٣ \times ١٠^{-٤}}$ ⟵ ل = ٩ × ١٠$^{-٤}$ م .

م = ρ $\frac{ل}{أ}$ ⟵ ١٢ = $\frac{٣ \times ١٠^{-٢} \times ٤ \times ١٠^{-٥}}{أ}$ ⟵ أ = ١ × ١٠$^{-٧}$ م^{٢} .

الطَّاقة والقدرة الكهربائيَّة (*Electric Energy and Power*)

عزيزي الطالب ، كل الأجهزة الكهربائيَّة لها قدرة كهربائية محددة القيمة ، وهذه القدرة التي تميز فعالية الأجهزة الكهربائيَّة صاحبة النوع الواحد (الثلاجات مثلاً) حيث أنَّها تحدد جودتها من حيث القدرة على التبريد ، فبذلك يختلف سعرها وحجمها وغير ذلك .

وغالباً ما نقرأ على الأجهزة الكهربائيَّة كلمة القدرة ، فمثلاً :-

الجهاز	القدرة
مصابيح الإضاءة	تتوفر بقدرات مختلفة تتراوح من10 واط إلى 100واط
المكاوي الكهربائية	1000-2000 واط
الثلاجة المنزلية	300واط
المدفئة الكهربائية	2200 واط
الأفران الكهربائية	3000 واط
جهاز التلفزيون	80 واط

إذن ، ماذا نعني بالقدرة الكهربائيَّة ؟

تعريف :-

القدرة الكهربائيَّة :- هي مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة التي يستهلكها (يحولها) الجهاز الكهربائي إلى شكل من أشكال الطَّاقة الأخرى في وحدة الزمن .

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الطّاقة المحوَّلة (المستهلكة)}}{\text{الزمن}} \longleftarrow \text{القدرة} = \frac{\text{ط}}{\text{ز}}$$

وتقاس القدرة بوحدة (جول / ثانية) وتعرف باسم الواط .

فهذا يعني أنَّ المصباح الذي تبلغ قدرته ٣٥ واط يستهلك ٣٥ جول من الطَّاقة في كل ثانية من مدة التشغيل .

والمكواة التي تبلغ قدرتها ١٢٠٠ واط تستهلك ١٢٠٠ جول من الطَّاقة في كل ثانية من مدة التشغيل

ومن العلاقة الموضحة سابقاً فإنَّ :- الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة الكهربائيَّة × الزمن ، يمكن ملاحظة التالي :-

١- تقاس الطَّاقة بالجول عند قياس القدرة بالواط ، والزمن بالثانية .
٢- تقاس الطَّاقة بالكيلو واط ، ساعة ، عند قياس القدرة بالكيلو واط ، والزمن بالساعة .
٣- عندما نقول أنَّ الطَّاقة الكهربائيَّة لإحدى الثلاجات تساوي ٣ كيلو واط ، ساعة ، فهذا يشير إلى أنَّ قدرتها تساوي ٣٠٠٠ واط ، وأنَّها تستهلك ٣٠٠٠ جول من الطَّاقة الكهربائيَّة في كل ساعة عمل .
٤- تزداد فعالية وجودة الجهاز الكهربائي بزيادة القدرة الكهربائيَّة له .
٥- الزمن إما أن يقاس بالساعة وتكون عندئذ القدرة مقاسة بالكيلو واط ، أو بالثانية وتكون عندئذ القدرة مقاسة بالواط .

وعلى ما سبق يمكننا طرح الأسئلة التالية :-

١- فرن كهربائي قدرته (٥٠٠٠) واط ، استخدم لمدة (٣) ساعات ، الطَّاقة المستهلكة فيه بوحدة كيلو واط ، ساعة تساوي ؟

القدرة = $\frac{\text{ط}}{\text{ز}}$ ٥ كيلو واط = $\frac{\text{ط}}{٣}$ ⟵ ط = ١٥ كيلو واط .

٢- ملف تسخين يستهلك (٦٢١٦٠) جول في دقيقتين ، قدرته بوحدة الواط تساوي ؟

القدرة = $\frac{\text{ط}}{\text{ز}}$ = $\frac{٦٢١٦٠}{١٢٠}$ = ٥١٨ واط .

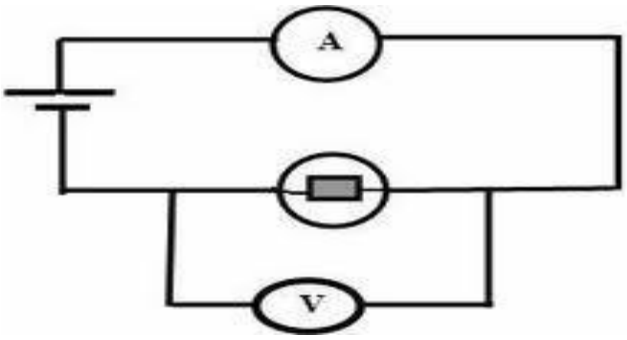
٣- مصباح يستهلك (٢٨٠٠) جول في (٤٠) ثانية ، قدرته بوحدة الجول تساوي ؟

القدرة = $\frac{\text{ط}}{\text{ز}}$ = $\frac{٢٨٠٠}{٤٠}$ = ٧٠ واط .

٤- تشغيل ميكروويف قدرته (٠،٦٥) كيلو واط ، لمدة (٣٠) ثانية ، فإنَّ مقدار الطَّاقة التي يستهلكها بالجول تساوي ؟

القدرة = $\frac{\text{ط}}{\text{ز}}$ ⟵ ٠،٦٥ × ١٠٠٠ = $\frac{\text{ط}}{٣٠}$ ⟵ ط = ١٩٥٠ جول .

ولكن ، هل تقتصر قوانين القدرة الكهربائيَّة على السابق ذكره فقط ؟



القدرة = جـ × ت ١

جـ = م × ت .....٢ عوض المعادلة (٢) في (١) فنحصل على معادلة ثانية للقدرة وهي :-

القدرة = م × ت^{٢}

ت = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}}$ ..... ٣ عوض (٣) في (١) فنحصل على معادلة ثالثة للقدرة وهي :-

القدرة = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$

ومن هنا وإذا علمنا أنَّ الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة الكهربائيَّة × الزمن ، وبإستخدام العلاقات السابقة نتوصل إلى ثلاث معادلات للطاقة الكهربائيَّة وهي :-

١- الطَّاقة = جـ × ت × ز
٢- الطَّاقة = م × ت^{٢} × ز
٣- الطَّاقة = $\frac{\text{جـ}^{٢} \times \text{ز}}{\text{م}}$

السؤال الأول :- إذا كانت الشحنة الكهربائيَّة المارة في موصل تساوي ٥٠ × ١٠$^{-٢}$ كولوم ، وتعبره خلال ١٠$^{-٢}$ ث ، وكان الموصل يخضع لفرق جهد مقداره ١٠ فولت ، أحسب مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة خلاله في ٣ ثواني ؟

ط = جـ × ت × ز

ت = $\frac{\text{ش}}{\text{ز}}$ = $\frac{٥٠ \times ١٠^{-٢}}{١٠^{-٢}}$ = ٥٠ أمبير .

⟵ ط = ٥٠ × ١٠ × ٣ = ١٥٠٠ جول .

السؤال الثاني :- إذا علمت أنَّ المقاومية الكهربائيَّة لمادة معينة تساوي ٢ Ω ، م ، وطولها يساوي ٤ × ١٠$^{-٢}$ م ، ومساحة مقطعة ٢ × ١٠$^{-٢}$ م^{٢} ، وكانت الشحنة الكهربائيَّة المارة فيه تساوي ٦ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، وتعبره خلال ١٠$^{-٦}$ ث ، أحسب الطَّاقة الكهربائيَّة المتولدة خلال الموصل في ٣ دقائق ؟

ط = م × ت^{٢} × ز

م = ρ $\frac{\text{ل}}{\text{أ}}$ = $\frac{٢ \times ٤ \times ١٠^{-٢}}{٢ \times ١٠^{-٢}}$ = ٤ Ω .

ت = $\frac{ش}{ز}$ = $\frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{١٠^{-٦}}$ = ٦ أمبير .

ط = ٤ × ٣٦ × ١٨٠ = ٢٥٩٢٠ جول .

السؤال الثالث :- مدفأة كهربائية بداخلها ثلاثة قضبان من ملفات التسخين ، تعمل على فرق جهد مقداره (٢٢٠) فولت ، عند إستخدام قضيب واحد يمر في المدفأة تيار (٥) أمبير ، أحسب :-

١- مقاومة الملف الواحد .
٢- القدرة المستهلكة عند إستخدام قضيب واحد .
٣- التَّيَّار المسحوب من المصدر عند إستخدام القضبان الثلاثة .
٤- القدرة المستهلكة عند استخدام القضبان الثلاثة .

الحل :-

١- م = $\frac{جـ}{ت}$ = $\frac{٢٢٠}{٥}$ = ٤٤ Ω .

٢- القدرة = الجهد × التَّيَّار = ٢٢٠ × ٥ = ١١٠٠ واط .

٣- بما أنَّ مقاومة القضبان ثابته ، بسبب عدم تغير نوعها وطولها وغير ذلك من العوامل نتوصل إلى التالي :- ت القضبان الثَّلاث = ت القضيب الواحد × عدد القضبان
ت = ٥ × ٣ = ١٥ أمبير .

٤- القدرة = جـ × ت = ٢٢٠ × ١٥ = ٣٣٠٠ واط .

**ملاحظة :- نلاحظ مما سبق عند توصيل المقاومة أو الأجهزة الكهربائيَّة مع مصدر فرق جهد (بطارية) على التوازي فإنَّ القدرة الكلية تساوي مجموع القدرة للأجهزة كافة .

فمن الشكل السابق ، إذا كانت قدرة المصباح الأول ٤٥ واط والثاني ٣٢ واط ، فإنَّ القدرة الكلية في الدارة الكهربائيَّة تساوي ٤٥ + ٣٢ = ٧٧ واط .

وكحالة خاصة ، إذا كانت جميع المقاومات (الأحمال – الأجهزة -) الكهربائيَّة في الدارة لها نفس المقاومة ، وكانت مشبوكة على التوازي مع مصدر تزويد الطَّاقة في الدارة ، فإنَّ القدرة الكهربائيَّة في عموم الدارة تساوي :-

القدرة الكلية = ن × قدرة الجهاز الواحد ، حيث (ن) هي عدد الأجهزة الكهربائيَّة في الدارة .

ملاحظات :-

١- يتصف التوصيل على التوازي بثبات الجهد للأحمال الكهربائيَّة المشبوكة مع مصدر الطَّاقة على التوازي حيث تساوي مقدار الفولتية الرئيسية ، وتجزئة التَّيَّار الرئيسي بقيم مختلفة تناسب كل جهاز حسب مقاومته .
٢- يتصف التوصيل على التوالي بثبات التَّيَّار للأحمال الكهربائيَّة المشبوكة مع مصدر الطَّاقة على االتوالي حيث تساوي مقدار التَّيَّار الرئيسي ، وتجزئة الفولتية الرئيسية بقيم مختلفة تناسب كل جهاز حسب مقاومته .

عزيزي الطالب ، لقد قمنا بذكر هذا الموضوع سابقاً ولكن قمنا بإعادته لدعوتك لملاحظة ما يلي :-

١- إذا كان الجهاز الكهربائي مشبوك مع مصدر الطَّاقة الكهربائيَّة على التوازي فإننا نستنتج ما يلي (حيث أنَّ الجهد يكون ثابت المقدار) :-
أ- كلما زادت قدرة الجهاز زادت فعاليته .
ب- كلما زادت قدرة الجهاز تقل مقاومته ؟

القدرة = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$ ، فنلاحظ أنَّ القدرة تتناسب عكسياً مع المقاومة .

ج- كلما زادت قدرة الجهاز الكهربائي يزداد تياره ؟
القدرة = جـ × ت ، نلاحظ أنَّ القدرة تتناسب طردياً مع التَّيَّار .
د- فرق الجهد ثابت لأنَّ التوصيل على التوازي .

٢- إذا كان الجهاز الكهربائي مشبوك مع مصدر الطَّاقة الكهربائيَّة على التوالي فإننا نستنتج ما يلي (حيث أنَّ التَّيَّار يكون ثابت المقدار) :-
أ- كلما زادت قدرة الجهاز زادت فعاليته .

ب- كلما زادت قدرة الجهاز تزيد مقاومته ؟
القدرة = م × ت^{٢} ، فنلاحظ أنَّ القدرة تتناسب طردياً مع المقاومة .
ج- كلما زادت قدرة الجهاز الكهربائي يزداد جهده ؟
القدرة = جـ × ت ، نلاحظ أنَّ القدرة تتناسب طردياً مع الجهد .
د- التَّيَّار ثابت لأنَّ التوصيل على التوالي .

حساب الطَّاقة الكهربائيَّة (*Cost of Electrical Energy*)

في الآخر من كل شهر تقوم شركة الكهرباء بإصدار ما يعرف (بفاتورة الكهرباء) للمستخدمين المشتركين مع شبكة التوزيع الكهربائيَّة ، وتتفاوت قيمة الفاتورة بإختلاف الشهر تقريباً حيث تكون مرتفعة صيفاً ومنخفظة شتاءاً على وجه العموم ، أما كيف يتم إحتساب تلك القيمة فهذا ماسوف نتعرف عليه في درسنا هذا .

فإذا تناولنا الجدول التالي والذي يبين القدرة الكهربائيَّة لأجهزة كهربائية مختلفة تعمل عند نفس الفولتية .

الجهاز الكهربائي	الإشارتان المسجلتان على الجهاز
المصباح1	(220V-100W)
المصباح2	(220V -75W)
المصباح3	(220V-60W)
المصباح4	(220V-40W)
المكواة1	(220V-600W)
المكواة2	(220V - 1200W)
المكواة3	(220V - 900W)

حيث أننا نلاحظ مما سبق أنَّ هذه الأجهزة تعمل على فرق جهد مقدارة ٢٢٠ فولت ، وهي الفولتية التي نستخدمها في بلدنا الأردن ، ومن الدرس السابق قلنا أنَّ :-

الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة الكهربائيَّة × الزمن

ومن العلاقة السابقة ، يتضح أنَّه كلما زادت قدرة الجهاز الكهربائي زاد إستهلاكه للطاقة ، فعند تشغيل المصباح ١ لمدة دقيقة ، فإنَّه يستهلك طاقة كهربائية مقدارها ٦٠٠٠ واط ، والمصباح ٤ يستهلك ٢٤٠٠ واط في نفس مدة التشغيل السابقة .

أمَّا بالنسبة لثمن الطَّاقة الكهربائيَّة ، فإنَّها تحسب كالتالي :-

ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس) .

ملاحظات :-

لإستخدام العلاقة السابقة يجب ملاحظة ما يلي :-

١- تحويل القدرة الكهربائيَّة لتقاس بالكيلو واط حيث أنَّ :- ١٠٠٠ الواط = ١ كيلو واط .
٢- الزمن يجب أن يقاس بوحدة الساعة ، حيث أنَّ :- ٦٠ ثانية = ١ دقيقة .
٣- ثمن (كيلو واط ، ساعة) – وهي وحدة قيمة الطَّاقة الكهربائيَّة الناتجة من (القدرة × الزمن) في العلاقة السابقة – يحدد بالفلس حيث أنَّ :- ١٠ فلس = ١ قرش .
٤- الأجهزة الكهربائيَّة في المنزل تكون مشبوكة على التوازي لذلك فإنَّ قدرتها الكلية تساوي مجموع القدرة للأجهزة جميعها .

السؤال الأول :- إذا أعطيت الجدول التالي، أجب عما يلي :-

الجهاز الكهربائي	الإشارتان المسجلتان على الجهاز
المصباح1	(220V-100W)
المصباح2	(220V -75W)
المصباح3	(220V-60W)
المصباح4	(220V-40W)
المكواة1	(220V-600W)
المكواة2	(220V - 1200W)
المكواة3	(220V - 900W)

١- التَّيَّار المار بالمصباح ١ ، المكواة ٢ ؟
٢- مقاومة المصباح ٣ ، المكواة ١ ؟
٣- القدرة الكلية المستهلكة في جميع الأجهزة السابقة عند إستخدامها في المنزل بنفس الوقت ؟
٤- التَّيَّار الكلي المار في جميع الأجهزة السابقة عند إستخدامها في المنزل بنفس الوقت ؟
٥- الطَّاقة الكلية المستهلكة في جميع الأجهزة السابقة عند إستخدامها في المنزل بنفس الوقت ، لمدة دقيقتين ؟
٦- ثمن الطَّاقة الكلية المستهلكة في جميع الأجهزة السابقة عند إستخدامها في المنزل بنفس الوقت ، لمدة ٣ دقائق ، إذا كان ثمن الكيلو واط الوحد = ٨٠ فلس ؟
٧- ثمن الطَّاقة الكلية المستهلكة في المكواة ٣ عند إستخدامها في المنزل ، لمدة نصف ساعة ، إذا كان ثمن الواط الوحد = ٠،٦٥ قرش ؟

الحل :-

١- القدرة = جـ × ت ⟵ ت = $\frac{\text{القدرة}}{\text{جـ}}$

⟵ ت مصباح ١ = $\frac{١٠٠}{٢٢٠}$ = ٠،٤٥٤ أمبير .

ت مكواة ٢ = $\frac{١٢٠٠}{٢٢٠}$ = ٥،٤٥٤ أمبير .

٢- القدرة = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$ ⟵ م = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{القدرة}}$

م المصباح ٣ = $\frac{(٢٢٠)^{٢}}{٦٠}$ = ٨٠٦،٦٧ Ω .

م المكواة ١ = $\frac{(٢٢٠)^{٢}}{٦٠٠}$ = ٨٠،٦٦٧ Ω .

٣- القدرة الكلية = ١٠٠ + ٧٥ + ٦٠ + ٤٠ + ٦٠٠ + ١٢٠٠ + ٩٠٠ = ٢٩٧٥ واط .

٤- ت الكلي = $\frac{\text{القدرة الكلية}}{\text{جـ}}$ = $\frac{٢٩٧٥}{٢٢٠}$ = ١٣،٥٢ أمبير .

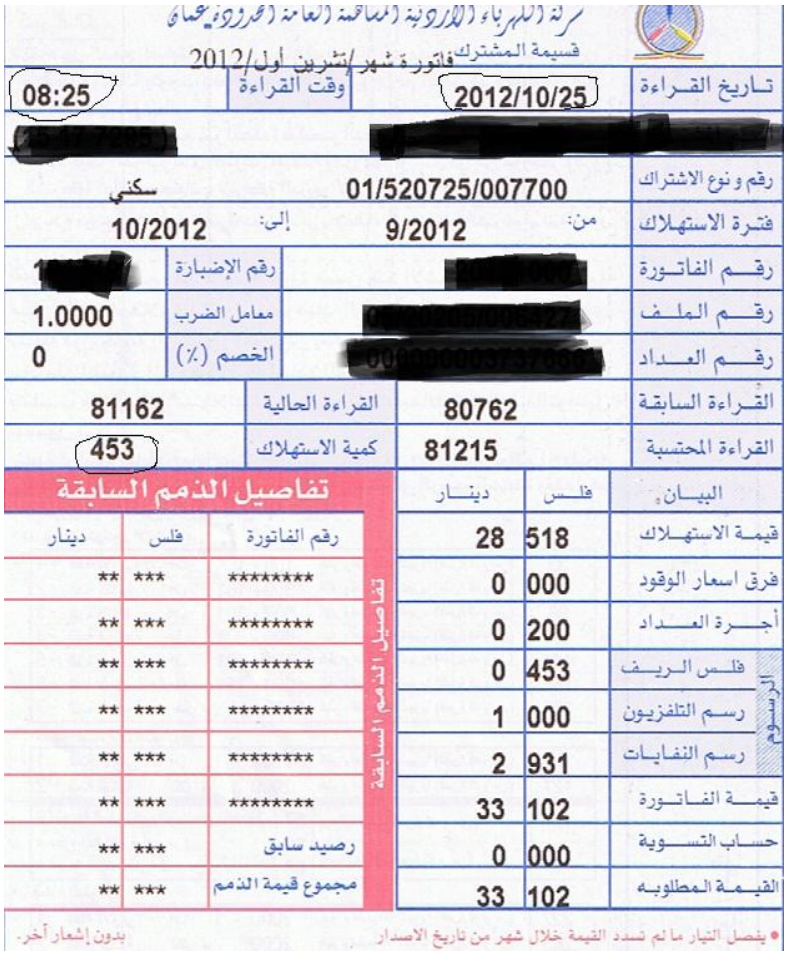
حيث أنَّ القدرة الكلية تساوي مجموع جميع القدرات الواردة في الجدول ، الأجهزة الكهربائيَّة في المنزل تكون مشبوكة على التوازي لذلك فإنَّ قدرتها الكلية تساوي مجموع القدرة للأجهزة جميعها .

٥- ط الكلية = القدرة الكلية × ز = ٢٩٧٥ × ١٢٠ = ٣٥٧٠٠٠ واط = ٣٥٧ كيلو واط .

٦- ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس)
ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = ٣٥٧ × (٣ / ٦٠) × ٨٠ = ١٤٢٨ فلس .

٧- ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس)
ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = (٩٠٠ / ١٠٠٠) × ٠،٥ × (٠،٦٥ × ١٠) = ٢،٩٢٥ فلس .

أمَّا فيما يتعلق بفاتورة الكهرباء فيجب علينا ملاحظة التالي :-



شركة الكهرباء الأردنية المساهمة العامة (مفوض عمان)

قسيمة المشترك فاتورة شهر تشرين أول/2012

تاريخ القراءة	2012/10/25	وقت القراءة	08:25
رقم ونوع الاشتراك	01/520725/007700		سكني
فترة الاستهلاك	من: 9/2012	إلى:	10/2012
رقم الفاتورة	[redacted]	رقم الإضبارة	[redacted]
رقم الملف	[redacted]	معامل الضرب	1.0000
رقم العداد	[redacted]	الخصم (٪)	0
القراءة السابقة	80762	القراءة الحالية	81162
القراءة المحتسبة	81215	كمية الاستهلاك	453

البيان	فلس	دينار
قيمة الاستهلاك	518	28
فرق اسعار الوقود	000	0
أجرة العداد	200	0
فلس الريف	453	0
رسم التلفزيون	000	1
رسم النفايات	931	2
قيمة الفاتورة	102	33
حساب التسوية	000	0
القيمة المطلوبة	102	33

الرسوم

تفاصيل الذمم السابقة

رقم الفاتورة	فلس	دينار
********	***	**
********	***	**
********	***	**
********	***	**
********	***	**
********	***	**
رصيد سابق	***	**
مجموع قيمة الذمم	***	**

• يفصل التيار ما لم تسدد القيمة خلال شهر من تاريخ الاصدار بدون إشعار آخر.

١- يتم إيراد كمية الإستهلاك بالكيلو واط ، ساعة في الفاتورة الكهربائيَّة وتساوي الفرق بين القيمة المحتسبة والقيمة السابقة .

٢- يتم إيراد قيمة الإستهلاك في الفاتورة الكهربائيَّة ، وتمثل ثمن الطَّاقة المستهلكة بالكيلو واط ، ساعة في الفاتورة .

٣- ثمن (كيلو واط ، ساعة) من الكهرباء يساوي في هذه الفاتورة :- الثمن = $\frac{\text{الثمن الكلي}}{\text{الطَّاقة}}$

وتساوي ٦٢،٩٥ فلس .

الكهرباء في المنزل (Electricity At Home)

**الخصائص العامة لها :-

١- جهدها ٢٢٠ فولت ، وترددها ٥٠ هيرتز حيث أنَّ التردد هو مقدار تكرر الموجة الكهربائيَّة في الثانية الواحدة .
٢- أحادية الطور .
٣- يغذى فيها المنزل والأجهزة الكهربائيَّة بسلك حي وسلك محايد ، حيث يتصل طرف من الجهاز الكهربائي بالسلك الحي والطرف الآخر بالمحايد .
٤- يؤدي إرتفاع التَّيَّار الكهربائي بشكل كبير إلى إندلاع الحرائق بسبب الحرارة العالية التي يولدها في المقاومات الكهربائيَّة عند مروره فيها .

**القابس الكهربائي :-

يتكون من :-

١- منصهر
٢- السلك الحي
٣- مقبض السلك
٤- عازل خارجي للسلكان الحي والمحايد
٥- السلك الحي – ويكون لونه عادةً أحمر -
٦- السلك المتعادل (المحايد) – ويكون لونه عادة أسود -
٧- السلك الأرضي – ويكون ملون بلونين مختلفين -

**وسائل الأمان الكهربائي :-

وسائل تستخدم لحماية الأجهزة الكهربائيَّة من الإرتفاع المباشر لقيمة التَّيَّار الداخل إليها ، مما يؤدي إلى تجنب الحرائق :-

أ- المنصهر (Fuse) :-
١- سلك فلزي ، يصنع بحيث لا يتحمل تياراً تزيد قيمته عن حد معين ، فإذا زاد التَّيَّار عن هذا الحد ، فإنَّه يسخن لدرجة كافيه لإنصهاره .
٢- المقاومة الكهربائيَّة يزداد طولها بإرتفاع درجة حرارتها ، وهذه هي الخاصية التي تم الإستفادة منها في صنع المنصهر الكهربائي .
٣- لكل منصهر قيمة معينة من التَّيَّار تكتب عليه من قبل الشركة المصنعة وهو أقصى تيار يمكن أن يمر فيه .

٤- عند تعرض المنصهر لتيار يفوق تياره فإنَّه يتعرض للقطع لذلك يجب إستبداله ،
٥- يحسب مقدار التَّيَّار الكهربائي المار في الأجهزة الكهربائيَّة كما في السؤال الأول من الدرس السابق ، حيث يتم إختيار منصهر قيمة التَّيَّار المارة فيه أكبر أو تساوي قيمة التَّيَّار المحسوب ، وحسب المواصفات المَّتبعة فإنَّ قيمة التَّيَّار الذي يحدد على أساسة المنصهر الواجب إستخدامة يساوي قيمة التَّيَّار الأصلي مجموع له ٠،٢٥ من قيمته .
٦- في جميع الدارات الكهربائيَّة يوصل المنصهر أو القاطع مع السلك الحي ، لأنَّه هو الذي يمر فيه التَّيَّار الكهربائي .

ب- القاطع الكهربائي:-

١- وهو ثلاثة أنواع ، حيث منها يفصل الدارة عند إرتفاع التَّيَّار الكهربائي فيها ، والآخر عند إرتفاع قيمة المجال المغناطيسي في الدارة ، أمَّا النوع الثالث فيفصل الدارة عند إرتفاع أحدهما أو كلاهما (التَّيَّار الكهربائي أو المجال المغناطيسي) .
٢- تفصل تلقائياً ، وعند إنهاء العطل يتم رفعه أي إعادته لوضع التشغيل .
٣- لا يحتاج لتبديل بعد العطل .

ج- التأريض (Earthing) :-

١- واحدة من وسائل الأمان عن طريق التوصيل بالأرض وتعرف باسم التأريض ،
٢- تهدف لحماية الإنسان من خطر الصدمة الكهربائيَّة عند ملامسة جسم الإنسان لأجهزة كهربائية سلكها الحي يلامس جسمها .
٣- مقاومة جسم الإنسان أكبر بكثير من مقاومة السلك الأرضي وبذلك يسلك التَّيَّار السلك بدلاً من جسم الإنسان في حالة تعرضه لصدمة كهربائية بسبب ملامسته لجهاز كهربائي سلكه الحي غير معزول جيدا ، بحيث يلامس جسم الجهاز .
٤- يتم إنجاز نظام التأريض عن طريق حفر حفرة طولها يقارب ٨٠ سنتيمتر ، تملأ بالفحم ورمل صويلح ونشارة الخشب ويدفن فيها قضيب نحاسي طوله ١،٥ متر تقريباً ، يوصل بسلك نصف قطره ١٥ ملم ، توصل معه القوابس الكهربائيَّة في المنزل .
٥- يجب تكبير مساحة مقطع سلك التأريض وتقليل طوله ، وذلك لتقليل مقاومته لأقل ما يمكن، وهذا ما توصلنا إليه من العوامل التي تعتمد عليها مقاومة موصل ، والتي تم ذكرها سابقاً في هذه الوحدة .

د- العزل المزدوج :-

١- هو عبارة عن تغطية الأجهزة بمادة بلاستيكية عازلة للتيار .
٢- في هذه الحالة لن يصاب مستخدم الجهاز الكهربائي بصدمة كهربائية حتى لو لامس السلك الحي جسم الجهاز ، وذلك بسبب وجود المادة العازلة .
٣- في هذه الحالة لا يحتاج الجهاز المحمي بهذه الطريقة إلى سلك تأريض .

** تغذية المنزل بالكهرباء :-

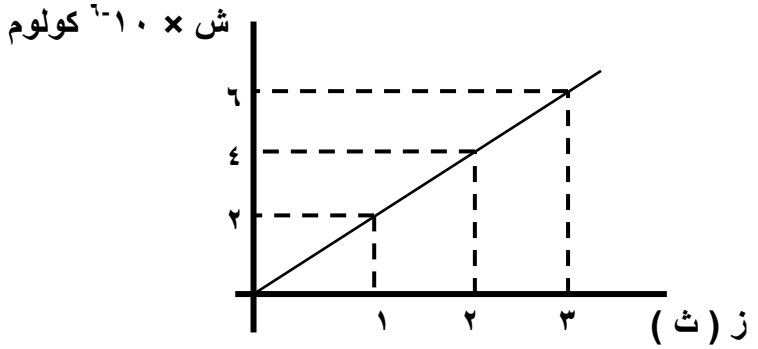
١- عداد الكهرباء في المنزل يقيس مقدار الطَّاقة الكهربائيَّة المستهلكة بالساعة الواحدة ، بوحدة (الكيلو واط ، ساعة) .
٢- نتحكم بالكهرباء في المنزل عن طريق القواطع الكهربائيَّة .
٣- تصل الطَّاقة الكهربائيَّة للمنزل عبر كيبل يحوي السلكين :- الحي والمتعادل (المحايد) .
٤- يتصل بالسلك الحي عداد يسجل الطَّاقة الكهربائيَّة المستهلكة بوحدة كيلو واط ، ساعة .
٥- بعد العداد يتفرع من السلك دارات منفصلة تتوزع في المنزل و تتصل مع بعضها على التوازي ، وكل دارة يحميها قاطع .

**الأستخدام الآمن للكهرباء :-

١- زيادة إستخدام الأجهزة الكهربائيَّة في المنزل ، يؤدي لزيادة القدرة الكلية للشبكة الكهربائيَّة في داخل المنزل ، مما يؤدي لزيادة التَّيَّار الكلي في الدارة الكهربائيَّة كما لاحظنا من السؤال الأول في الدرس السابق ، ومن هنا إذا زادت قيمة التَّيَّار الكهربائي الكلي عن ما هو مسموح به (قيمة التَّيَّار الأقصى للمنصهر أو القاطع الكهربائي) فإن ذلك سيؤدي لفصل الدارة ، ومن هنا ينصح بتخفيف إستخدام الأحمال الكهربائيَّة بالمنزل لتجنب ذلك ، فمثلاً إذا كان التَّيَّار الكهربائي الكلِّي في دارة كهربائية يساوي ١٣ أمبير والمنصهر الموجود فيها يسمح بمرور ١٣،٥ أمبير ، فإنك تلاحظ إنفصال الدارة الكهربائيَّة عند إضافة جهاز كهربائي تياره أكبر من ٠،٥ أمبير .

إثـــراء

السؤال الأول :- من الرسم البياني أمامك إحسب مقدار التَّيَّار الكهربائي ؟



ت = ميل الخط المستقيم = $\frac{\Delta \text{ ش}}{\Delta \text{ ز}} = \frac{\text{ش}_٢ - \text{ش}_١}{\text{ز}_٢ - \text{ز}_١} = \frac{٦ \times ١٠^{-٦} - ٢ \times ١٠^{-٦}}{٣ - ١}$

ت = ٢ × ١٠⁻٦ أمبير .

السؤال الثاني :- أحسب المقاومة الكهربائيَّة إذا أدت زيادة في فرق الجهد مقدارها ٣ فولت إلى إرتفع التَّيَّار من ١ أمبير ألى ٧ أمبير ؟

$\Delta \text{جـ} = \text{م} \times \Delta \text{ ت} \longleftarrow \text{م} = \frac{\Delta \text{ جـ}}{\Delta \text{ ت}} = \frac{٣}{٧ - ١} = ٠،٥ \ \Omega$.

السؤال الثالث :- إذا وضعت دارة قصر على بطارية فلا تبقيه طويلاً ؟

لأنَّه سيؤدي إلى مرور تيار كبير في البطارية يتلفها .

السؤال الرابع :- الطرف الأرضي في المقبس الكهربائي أطول من الطرفين الآخرين (الحي والمتعادل) ؟

وذلك ليعمل على فتح غطاء الإبريز ليدخل فيه ويعتبر هذا من وسائل الأمان لمنع الأطفال من العبث بالكهرباء .

ملاحظة :- باقي الأسئلة التي يمكن إعتبارها أسئلة إثرائية تم إيراد ما هو مثلها وأقوى في الأسئلة المطروحة خلال الشرح .

حلول أسئلة الفصل

١- أ- أي أنَّ الطَّاقة التي يستهلكها المصباح الكهربائي تساوي ٣٦ جول خلال الثانية الواحدة ، ويعمل على فرق جهد مقداره ٢٢٠ فولت .
ب- يضيء المصباح إضاءة ضعيفة (لأنَّ إضائته الفعلية تظهر عند تشغيله على ١٢ فولت) .
ج- سوف تنصهر المقاومة الكهربائيَّة بسبب تولد طاقة حرارية عالية جداً ، وقد يؤدي هذا إلى إحتراق المصباح الكهربائي على الأغلب .

٢- أ- وظيفة المفتاح (ح) : إغلاق الدارة الكهربائيَّة وفتحها على نحو كلي عبر المصهر للمفاتيح الثلاث معاً .
وظيفة المفتاح (ح١) : إغلاق دارة المصباح (أ) وفتحه فقط ، (إشعاله وإطفائه) .
ب- القدرة = جـ × ت
ت= ٠،٤٢ أمبير وهو مساوٍ للتيار بالمصباح ب لأنهما متشابهان .
ولحساب التَّيَّار الكهربائي المار في المصباح (د) :
ت د = ت ك – (ت١ + ت ٢)
= ١،٦٤ × (٠،٤٢ + ٠،٤٢)
= ٠،٦٢ أمبير ،
القدرة الكهربائيَّة للمصباح (د) = جـ × ت
= ٢٤٠ × ٠،٦٢
= ١٤٨،٨ واط .

٣- أ- القدرة = جـ × ت
٦٠ = ت × ٢٢٠
ت = ٠،٢٧٣ أمبير .

$$\text{عدد المصابيح} = \frac{٥}{٠،٢٧٣}$$

= ١٨،٣٣ = ١٨ مصباح .

أما إذا كان العدد أكثر من ١٨ مصباح ، فسوف نحتاج إلى تيار أكبر من ٥ أمبير ، وبالتالي ينصهر المنصهر .

ب- ٦٠ = ١٠٨٠ = ١،٠٨ كيلو واط .

ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس)

= ١،٠٨ × ٥ × ٧ × ٨٠ = ٣٠٢٤ فلس .

٤- أ- جـ = $\frac{\text{ط}}{\text{ش}}$ = $\frac{٣٠}{٢٠}$ = ١،٥ فولت .

ب- ت = $\frac{\text{ش}}{\text{ز}}$ = $\frac{٢٠}{٥}$ = ٤ أمبير .

ج- م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ = $\frac{١،٥}{٤}$ = ٠،٣٧٥ أوم .

د- القدرة = ت × جـ = ٤ × ١،٥ = ٦ واط .

٥- أ-١- القدرة = جـ × ت

= ٢٥ × ١٢ = ٣٠٠ واط .

٢- القدرة = $\text{ت}^{٢}$ × م

٣٠ = ٦٢٥ × م

م = ٠،٤٨ أوم (مقاومة جميع الأسلاك) .

مقاومة السلك الواحد = ٠،٤٨ × ١٤ (المقاومات معا على التوازي وهي متساوية)

= ٦،٧٦ أوم

ب- كمية الطَّاقة التي تحتاجها طبقة الماء لتتبخر = ٢٥٠٠٠٠٠ × ٠،٠٦ = ١٥٠٠٠٠ جول

الزمن = $\frac{\text{الطَّاقة}}{\text{القدرة}}$ = $\frac{١٥٠٠٠٠}{٣٠٠}$ = ٥٠٠ ثانية = ٨،٢ دقيقة .

٢-لأنَّ هناك ضياع لجزء من الطَّاقة في تسخين الزجاج والهواء المحيط .

٦-

	مصباح التنغستن (اللمبة)	مصباح الفلورسنت (النيون)
١	إستهلاك طاقة كبيرة ،	استهلاك طاقة كهربائية
٢	ضياع طاقة على شكل حرارة (٠،٩٦)	استهلاك طاقة على شكل حرارة (٠،٧٥)
٣	إضاءة قليلة (٠،٠٤)	إضاءة ٠،٢٥
٤	متوسط العمر ١٠٠٠ ساعة	متوسط العمر ٢٠٠٠ ساعة

مصباح الفلورسنت (النيون) أفضل من مصباح التنغستن (اللمبة) من حيث الإضاءة والتوفير في إستهلاك الطَّاقة ومتوسط العمر .

٧- أ- القدرة = ت × جـ ٢٠٠

٢٠٠ = ت × ٢٥٠

ت = ٨ أمبير

ب- م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ = $\frac{٢٥٠}{٨}$ = ٣١،٢٥ أوم .

ج- الطَّاقة = القدرة × الزمن = ٢٠٠٠ × (١ × ٦٠) = ١٢٠٠٠٠ جول .

د- ز = ١٠ دقائق يومياً × ٣ أشهر × $\frac{١}{٦٠}$ = ١٥ ساعة

ثمن الطَّاقة الكهربائيَّة = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (فلس)

= ٢ × ١٥ × ٦٢ = ١٨٦٠ فلس .

٨- أ- في الشكلين (أ) و (ب) تبقى المقاومة ثابتة لا تتغير بتغير التَّيَّار أو الجهد ، حسب قانون أوم فالعلاقة خطية .

أما في الشكلين (ج) و (د) فإنَّ المقاومة تتغير بتغير التَّيَّار والجهد ،

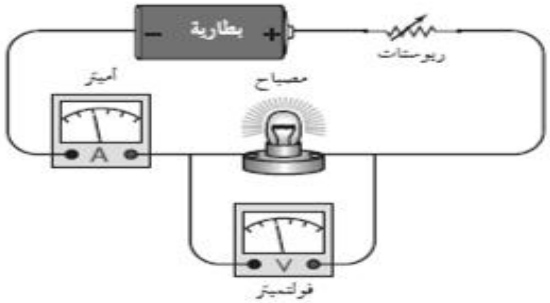
ب- ميل الخط المستقيم يمثل المقاومة (م) .

م = $\frac{\Delta \text{جـ}}{\Delta \text{ت}}$

م ب > م أ

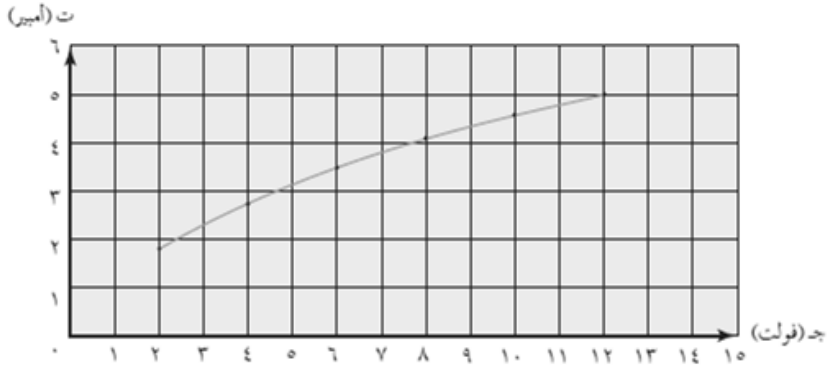
ج- الشكلان (جـ) و (د) يمثلان العلاقة لموصل لا أومي .

٩- أ-



الشكل (٥-١): السؤال (٩).

ب- وصل الدارة ، كما في الشكل (٥ – ١) .
تغيير التَّيَّار الكهربائي المار بالدارة عن طريق الريوستات ، وأخذ كل من قرائتي الأميتر والفولتميتر .



الشكل (٥-٢): السؤال (٩).

١- التَّيَّار المار عندما يكون الجهد ٩ فولت يساوي ٤،٤ أمبير .
٢- مقاومة السلك عندما ت = ٢ أمبير تساوي :
جـ = ٢،٣ فولت

$$م = \frac{جـ}{ت} = \frac{٢،٣}{٢} = ١،١٥ \text{ أوم} .$$

١٠- م = ρ $\frac{\text{ل}}{\text{أ}}$ = $\frac{١،٥ \times ١٠^{-٦} \times ١،٨}{٠،٣ \times ١٠^{-٦}}$ = ٩ أوم .

القدرة = ت × جـ = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$ = $\frac{(٢٢٠)^{٢}}{٩}$ = ٥٣٧٧،٨ واط .

١١- أ- مساحة مقطع السلك = π × نق^{٢}

= (٠،١٦ × ١٠$^{-٣}$)^{٢} × ٣،١٤ = ٨،٠٤ × ١٠$^{-٨}$ م^{٢} .

المقاومة الكهربائيَّة (م)

م = ρ $\frac{\text{ل}}{\text{أ}}$ = $\frac{١،٥ \times ١٠^{-٦} \times ١،٥}{٨،٠٤ \times ١٠^{-٨}}$ = ٢٧،٩٩ أوم .

الطَّاقة الحرارية الناتجة :

ط = $\frac{\text{جـ}^{٢} \times \text{ز}}{\text{م}}$ = $\frac{(٣٤)^{٢} \times ٥ \times ٦٠}{٢٧،٩٩}$ = ١٢٣٩٠،١٢ جول .

ب- وصل الملف من منتصفه بأحد أقطاب البطارية وبداية ونهاية الملف بالقطب الآخر للبطارية ، بحيث يصبح كملفين متصلين على التوازي ،

١٢- أ- ح$_{١}$: مفتاح تشغيل ملف التسخين الأول (٨٠٠ واط) .

ح$_{٢}$: مفتاح تشغيل ملف التسخين الثاني (٨٠٠ واط) .

ح$_{٣}$: مفتاح تشغيل المروحة (٧٥ واط) .

ومن خلال المفاتيح الثلاث يمكن الأختيار بتشغيل أداة كهربائية واحدة أو أكثر لتعمل في الوقت نفسه .

ب- ١- لحساب تيار المنصهر الازم لحماية المدفأة :

أ- التَّيَّار الكهربائي المار في نلف التسخين الأول :

القدرة = ت × جـ

٨٠٠ = ت × ٢٢٠

ت = ٣،٦٤ أمبير .

وهو نفس تيار الملف الثاني (لأنَّ له نفس القدرة والجهد) .

ب- التَّيَّار الكهربائي المار في المروحة :

القدرة = ت × جـ

٧٥ = ت × ٢٢٠

ت = ٠،٣٤ أمبير .
تيار المنصهر اللازم لحماية المدفأة = ٣،٦٤ + ٣،٦٤ + ٠،٣٤ = ٧،٦٢ أمبير .
إذن لحماية المدفأة نختار منصهراً يتحمل تياراً أكبر بقليل من هذا التَّيَّار ، مثلاً ٨ أمبير .

٢- مقاومة الدارة عند إغلاق (ح١) و (ح٣)
ت (للدارة) = ت١ + ت٣ = ٣،٦٤ + ٠،٣٤ = ٣،٩٨ أمبير .

إذن ، م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ = $\frac{٢٢٠}{٣،٩٨}$ = ٥٥،٢٨ أوم .

ج- إذا تلفت المادة العازلة التي تغطي السلك الحي ولامس جسم المدفأة وكانت مصنوعة من مادة موصلة للتيار الكهربائي ، فهذا يؤدي إلى تكوين دارة قصر ، مما يصهر المنصهر أو يفصل القاطع ، كما أنَّه قد يؤدي إلى إصابة الشخص الذي يلامسها بالصعقة الكهربائيَّة .

إثراء :- هل يجوز أن نضع مكان مقاومة فلزية (سلكية) تالفة في جهاز ما مقاومة كربونية بالقيمة نفسها وهل يجوز العكس ؟
لا ، إنَّ الخصائص الفيزيائي تختلف من مادة لأخرى ، وبالرغم من أنَّ مقاومتهن ثابته إلا أنّ الخصائص الفيزيائية لكل مادة والتي تساهم في تغير مقاومتها – كدرجة الحرارة – تختلف بالمقدار .

الفصل السادس

الأثر المغناطيسي للتيار الكهربائي

مقدمة الفصل :-

لقد ساهمت الظواهر المغناطيسية المصاحبة للتيار الكهربائي بتسهيل عملية دراسة الظواهر الكهربائي بالإضافة للظواهر المغناطيسية ، وكان من أبرز العلماء الذين ساهموا في ذلك العالم أورستد (Oersted) .

هانز كريستيان أورستد (بالإنجليزية:) Hans Christian Ørsted)
من١٤ أغسطس١٧٧٧إلى ٩مارس ١٨٥١هو عالم فيزيائي وكيميائي دنماركي توقع وجود علاقة بين الكهرباء و المغناطيسية وهو ما قاده إلى اكتشاف التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي عام١٨٢٠ حيث قام بتجربة بينت أنَّ مجالاً مغناطيسياً يمكنه أن يؤثر في البوصلة الموضوعة بجانب السلك إذا ما مرَّ في هذا السلك تيار كهربائي .[١]

حيث أنَّه لاحظ إنحناء البوصلة عند مرور التَّيَّار الكهربائي بجانبها وذلك أثناء أعطائه حصة دراسية لطلابه مما قاده لتقديم إكتشافات مذهله في علم المغناطيسية وفقاً للأثر المغناطيسي الناتج عن التَّيَّار الكهربائي .

(١) موسوعة الويكيابيديا – شبكة الإنترنت - .

المجال المغناطيسي للتيار الكهربائي

(Magnetic Field Of a Current)

عزيزي الطالب ، إنَّ الكهرباء والمغناطيسية مفهومان لا ينفصلان عن بعظهما البعض ، وبفضل هذا الشيء تمكن العلماء من دراسة الظواهر الكهربائيَّة مثل التَّيَّار وغيرها ، بشكل أفضل وذلك بسبب الظواهر المغناطيسية المتعلقة بها .

البوصلة أداة صنعها الإنسان منذ زمن طويل وإستخدمها في معرفة الإتجاهات المختلفة ، ولكن كانت هذه الأداة البسيطة سبب في إكتشاف المجال المغناطيسي المتولد عن التَّيَّار الكهربائي .

فكما لاحظ العالم أورستد (Oersted) ، إنَّ مرور التَّيَّار الكهربائي بجانب بوصلة يؤدي إلى إنحراف مؤشرها ، وعند عكس إتجاه التَّيَّار المار بجانبها – وذلك بعكس قطبية المصدر الفولتية المغذي للدارة – ينحرف مؤشر البوصلة للإتجاه الآخر ، وفي حالة إنقطاع التَّيَّار تعود البوصلة لوضعها الطبيعي ، من هنا توصل العالم أورستيد لعدة نتائج أهمها :-

١- إنحراف البوصلة كان نتيجة لتأثرها بقوة مغناطيسية بسبب وجودها في المجال المغناطيسي
٢- التَّيَّار الكهربائي هو السبب في توليد المجال المغناطيسي ، أثبت ذلك؟
تعود البوصلة لوضعها الطبيعي عند زوال التَّيَّار الكهربائي (إنقطاعه) .
٣- إختلاف إتجاه إنحراف البوصلة بإختلاف إتجاه التَّيَّار ، يدل على أنَّ إتجاه المجال المغناطيسي الناشئ حول السلك يعتمد على إتجاه التَّيَّار الكهربائي المار في السلك .

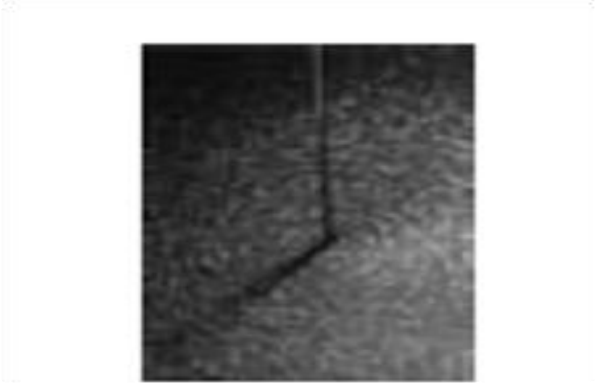
مرور تيار كهربائي في سلك موصل ، يولد حوله مجالاً مغناطيسياً،

**البوصلة :- إبرة مغناطيسية خفيفة تدور حرة على سن مدببة يشير قطبها الشمالي إلى إتجاه المجال المغناطيسي ، لذا تستخدم لرسم خطوط المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في سلك موصل مستقيم

(*Magnetic Field Of a current Carrying Conducting Wire*)

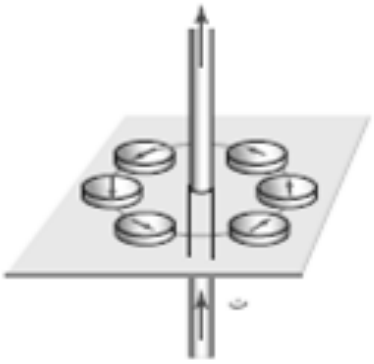
توصلنا من الدرس السابق أنَّ مرور التَّيَّار الكهربائي في سلك موصل يولد مجالاً مغناطيسياً ، أمَّا شكل هذا المجال فيمكن ملاحظته من خلال ما يحدثه مرور تيار كهربائي بسلك في وضع عامودي ببرادة حديد متواجدة حوله ، فكما تلاحظ من الشكل التالي :-

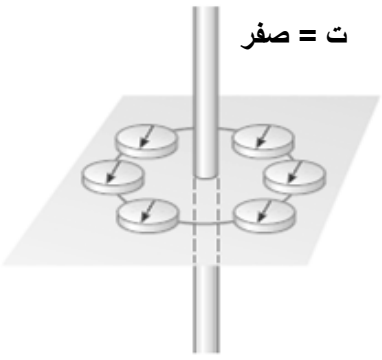


١- برادة الحديد ترتبت على شكل دوائر مركزها السلك .
٢- هذه الدوائر تمثل خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن السلك .
٣- مستوى هذه الدوائر متعامد مع السلك ، أي أنَّ خطوط المجال المغناطيسي تتعامد مع إتجاه التَّيَّار في هذه الحالة .

<u>أمَّا تحديد إتجاه المجال المغناطيسي المتولد بسبب مرور تيار كهربائي داخل موصل فيتم كالتالي</u>

إذا قمنا بوضع عدد من البوصلات حول سلك يسري فيه تيار كهربائي ، وعلى فرض أنَّ إتجاه التَّيَّار للأعلى ، فإنَّ الأقطاب الشمالية للبوصلات المحيطة بالسلك ستنحرف بإتجاه دائري واحد يدل على إتجاه المجال المغناطيسي كما في الشكل التالي .





**** قاعدة اليد اليمنى (Right – Hand Grip Rule)***

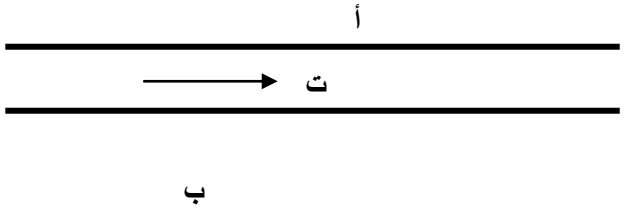
ومن هنا ، لتحديد إتجاه المجال المغناطيسي نطبق قاعدة اليد اليمنى (Right – Hand Grip Rule) كما يلي :-

إقبض على السلك بحيث يشير الإبهام إلى إتجاه التَّيَّار ، فتشير الأصابع إلى إتجاه المجال المغناطيسي كما في الشكل التالي .

<u>العوامل التى يعتمد عليها المجال المغناطيسى الناشئ حول سلك يحمل تياراً كهربائياً،</u>

عزيزي الطالب ، من خلال تجربة البوصلات سابقة الذكر ، فإنَّه وعند إجرائها عملياً ستلاحظ إنحراف مؤشرات البوصلات بشكل أكبر ، ولذلك يمكننا أن نقول التالي :-

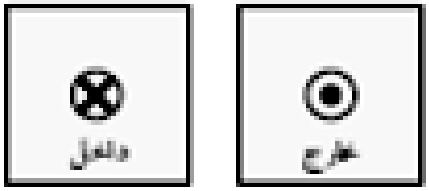
١- أنَّ المجال المغناطيسي يزداد بزيادة شدة التَّيَّار الكهربائي .
٢- أنَّ المجال المغناطيسي يقل كلما كانت النقطة أبعد عن السلك .



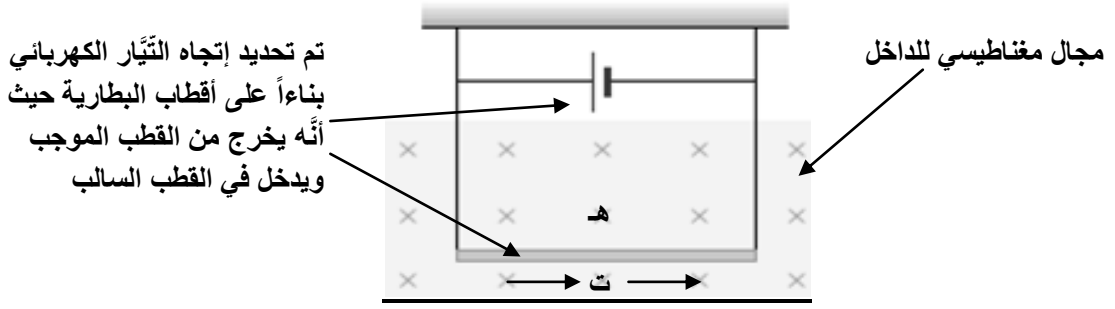
فالمجال عند النقطة (أ) أكبر من المجال عند النقطة (ب) .

تمثيل إتجاه المجال المغناطيسي لأغراض الدراسة ،

لقد أصطلح على تمثيل إتجاه التَّيَّار الكهربائي أو المجال الكهربائي إذا كان عمودياً خارجاً من الصفحة أو داخلاً فيها كما يلي :-

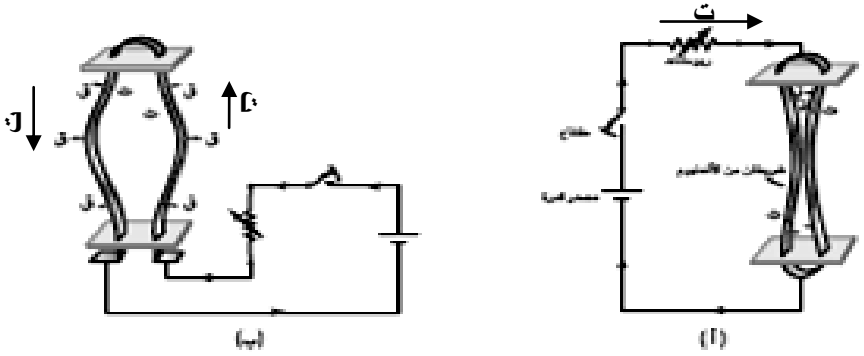


ومما سبق يمكننا معالجة القضايا التالية :-



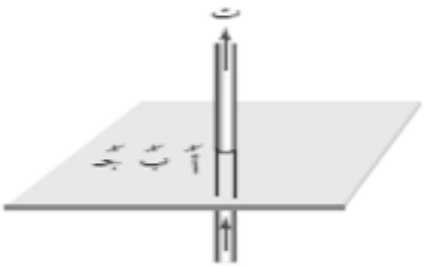
من الشكل السابق ، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى فإنَّ السلك سينتج مجال مغناطيسي نحو الناظر (نحو الخارج) عند النقطة (هـ) ، وبنفس الوقت فهناك مجال يؤثر على النقطة (هـ) نحو الداخل ، ومن هنا فإنَّ أي جسم موضوع عند النقطة (هـ) فسوف يتجه بإتجاه المجال أكبر مقداراً .

ولذلك فإذا كان المجال الناتج عن السلك هو الأكبر سيتجه الجسم نحو الناظر (للخارج) والعكس صحيح ، حيث أنَّه إذا كان المجال (نحو الداخل) والمؤثر في النقطة (هـ) هو الأكبر مقداراً فإنَّ الجسم سيتجه نحو الداخل .

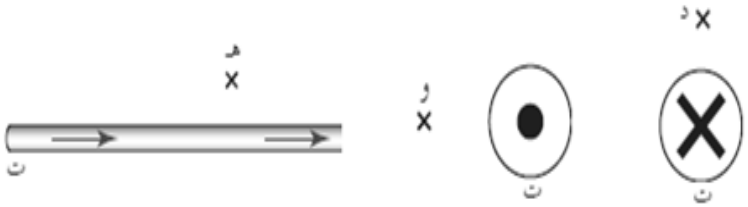


في الشكل الأول (أ) فإنَّ التَّيَّار الكهربائي سيتفرع ليمر في كل من السلكين بالإتجاه نفسه ، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على كل من السلكين ، فإنَّ السلك الأول سيؤثر على كل نقطة تقع على السلك الثاني بمجال مغناطيسي نحو السلك الأول ، وكذلك الحال بالنسبة للسلك الثاني سيؤثر على كل نقطة تقع على السلك الأول بمجال مغناطيسي نحو السلك الثاني ، ومن هنا – وكما نلاحظ من الشكل – أنَّ السلكين سوف ينجذبان نحو بعظهما البعض .

في الشكل الأول (ب) فإنَّ التَّيَّار الكهربائي لن يتفرع ليمر في كل من السلكين بإتجاهين مختلفين ، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على كل من السلكين ، فإنَّ السلك الأول سيؤثر على كل نقطة تقع على السلك الثاني بمجال مغناطيسي بإتِّجاه السلك الثاني ، وكذلك الحال بالنسبة للسلك الثاني سيؤثر على كل نقطة تقع على السلك الأول بمجال مغناطيسي بإتِّجاه السلك الأول ، ومن هنا – وكما نلاحظ من الشكل – أنَّ السلكين سوف يبتعدان عن بعضهما بعضاً .



من الشكل السابق ، فإنَّ المجال المغناطيسي يكون أكبر ما يمكن عند النقطة (أ) وأقل ما يمكن عند النقطة (جـ) ، لأنَّ شدة المجال المغناطيسي تتناقص بإزدياد المسافة بين التَّيَّار (السلك) والنقطة .

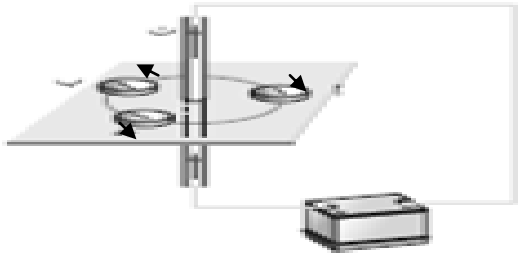


في الأشكال السابقة ، إذا طلب إلينا تحديد إتجاه المجال المغناطيسي عند النقاط ، (د ، و ، هـ)، فإننا نطبق قاعدة اليد اليمنى ، وقبل ذلك يجب علينا إنتباه إلى ما يلي :-

١- إتجاه التَّيَّار في الشكل الأول نحو الداخل ، مع ملاحظة أنَّ السِّلك عامودي على الصَّفحة .
٢- إتجاه التَّيَّار في الشكل الثاني نحو الخارج ، مع ملاحظة أنَّ السِّلك عامودي على الصَّفحة .
٣- إتجاه التَّيَّار في الشكل الثالث نحو اليمين ، ، مع ملاحظة أنَّ السِّلك في مستوى الصَّفحة .

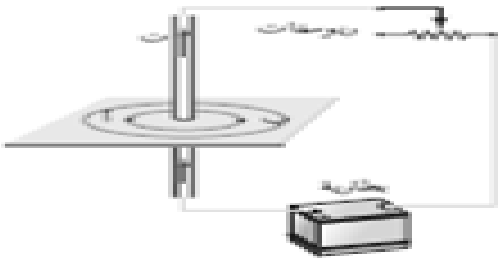
ومن هنا وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على كل شكل من الأشكال السابقة ، فإنَّنا نكتشف التالي :-

١- إتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (د) نحو اليمين .
٢- إتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (و) نحو الأسفل .
٣- إتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ) نحو الخارج – أي نحو الناظر - .



في الشكل السابق يمكننا ملاحظة ما يلي :-

١- البوصلة التي تعبر عن الإتجاه الصحيح للمجال المغناطيسي هي (جـ) .
٢- في حالة عكس تغيير وضعية أقطاب البطارية فإنَّ إتجاه التَّيَّار سيختلف – أي سيصبح للأسفل – وبالتالي فإنَّ البوصلة التي تعبر عن الإتجاه الصحيح للمجال المغناطيسي هي (أ) .



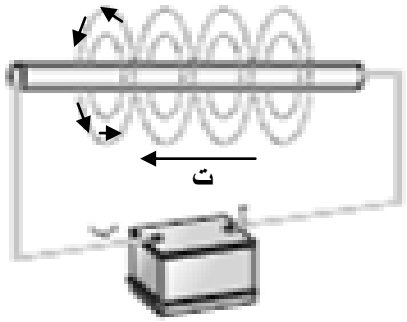
في الشكل السابق يمكننا ملاحظة ما يلي :-

١- المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) يساوي المجال المغناطيسي عد النقطة (ب) ، حيث أنَّها تقع على نفس خط المجال المغناطيسي .
٢- الشكل الذي يعبر عن إتجاه المجال المغناطيسي هو :-

٣- عند زيادة المقاومة المتغيرة (الريوستات) فإنَّ المجال عند النقطة (أ) سوف يقل ، لأنَّ شدة المجال المغناطيسي تتناسب مع شدة التَّيَّار تناسباً طردياً .

في الشكل السابق ، إنَّ إتجاه البوصلة يدل على إتجاه المجال المغناطيسي ، ومن هنا وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى يتضح أنَّ التَّيَّار الكهربائي إتجاهه نحو الخارج,

---



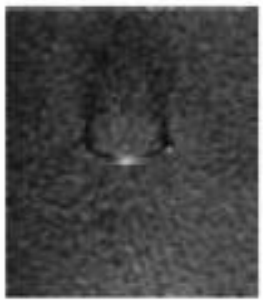
في الشكل السابق يتضح أنَّه (أ) ، تم تحديد ذلك عن طريق الخطوات التالية :-

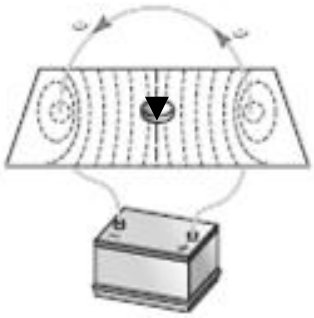
١- تم تطبيق قاعدة اليد اليمنى وتحديد إتجاه التَّيَّار منها ، حيث أنَّ إتجاه المجال المغناطيسي كان معلوم بينما إتجاه التَّيَّار مجهول ،
٢- التَّيَّار يخرج من القطب الموجب ويدخل القطب السالب .

المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف دائري

(*Magnetic Field Of a Current in Circular Coil*)

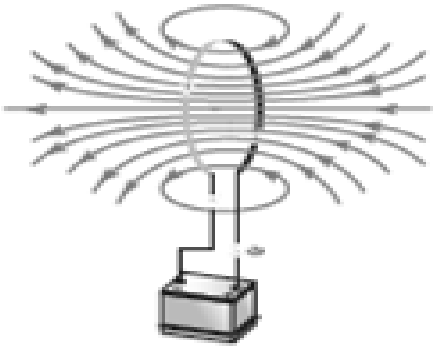
لقد تعرفنا في الدرس السابق بعض الأمور المتعلقة بالمجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في سلك مستقيم ، وفي هذا الدرس سنتعرف المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف دائري



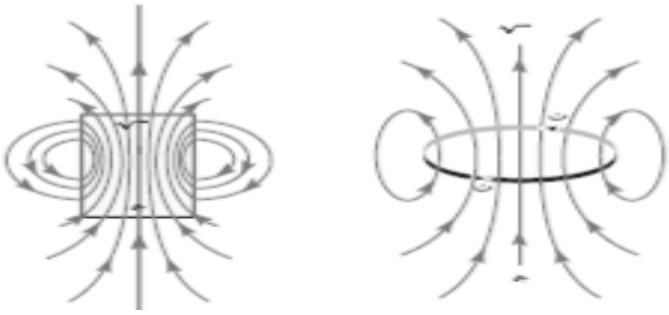


إنَّ خطوط المجال المغناطيسي الناشئة عن ملف دائري تكون ذو إنحناء ، ولكن من الملاحظ أنَّ إنحناء هذه الخطوط يقل كلما إقتربنا من مركز السِّلك ، أي أنَّ المجال المغناطيسي في المنطقة المتواجدة على إمتداد مركز الملف يكون ثابت المقدار والإتجاه (أي أنَّه منيظم) ،

لاحظ الشكل التالي :-

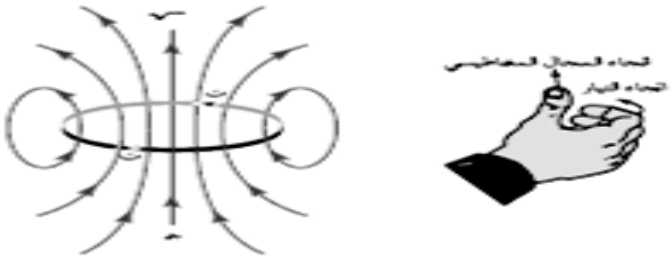


وإذا تأملنا الشكل أدناه نستنتج ما يلي :-

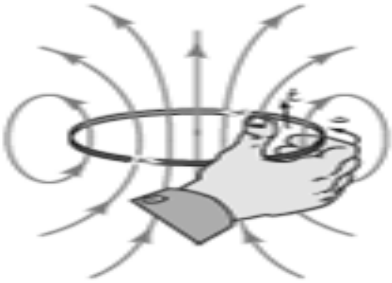


إنَّ هناك نوعاً من التشابه بين نمطي خطوط المجال للملف الدائري والمغناطيس المستقيم القصير (قرص) ، مما يعني أنَّ الملف عندما يمر فيه تيار كهربائي يصبح قرصاً ذا قطبين ويولد حوله مجالاً .

<u>لتحديد إتجاه المجال المغناطيسي نطبق قاعدة قبضة اليد اليمنى بالطريقة الآتية :-</u>



١- إقبض على الملف بحيث يشير إنحناء أصابعك إلى إتجاه التَّيَّار المار في الملف .
٢- يشير الإبهام إلى إتجاه المجال المغناطيسي .

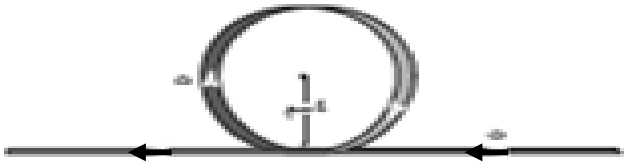


ملاحظات :-

١- يتجه خط المجال المغناطيسي من القطب الجنوبي إل القطب الشمالي داخل المغناطيس ومن الشمالي إلى الجنوبي خارج المغناطيس ، ومن هنا يمكننا تحديد أقطاب الملف الدائري وبنفس الأسلوب حيث أنَّ الإبهام يشير إلى القطب الشمالي .
٢- المجال المغناطيسي يكون أكبر في داخل الملف من خارجه ، وذلك لأنَّ أجزاء الملف تولد مجالاً في داخله بنفس الإتجاه فيتعاظم ، أمَّا في الخارج فإنَّ كل جزئين يولدان مجالين متعاكسين فتتناقص قيمة المجال المغناطيسي ، ثم إنَّ النقاط في الداخل قريبة وفي الخارج بعيدة ويتضح ذلك من كثافة خطوط المجال .

ومما سبق يمكننا معالجة القضايا التالية :-

في الشكل الاول وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى ، فإنَّ الوجه المقابل لك هو القطب الشمالي للملف والآخر هو القطب الجنوبي .

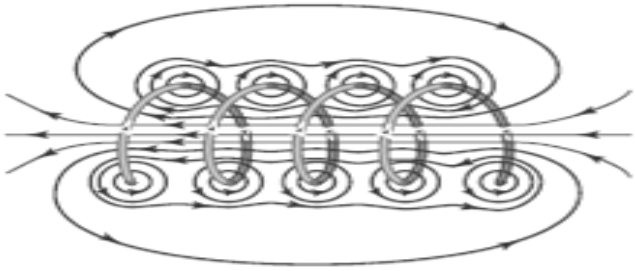


في الشكل السابق ، بتطبيق قاعدة اليد اليمنى الخاصة بالسلك عليه ، وقاعدة اليد اليمنى الخاصة بالملف الدائري عليه ، نلاحظ أنَّ إتجاه المجال المغناطيسي الناتج عنهما في مركز الملف الدائري هو للداخل (بعيداً عن الناظر) لذلك فإنَّ الجسيم الذي سوف يوضع في مركز الملف الدائري سيتحرك بعيداً عن الناظر ، والمجال الكلي في مركز الملف يساوي مجموع المجالين السابقين .

المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف حلزوني

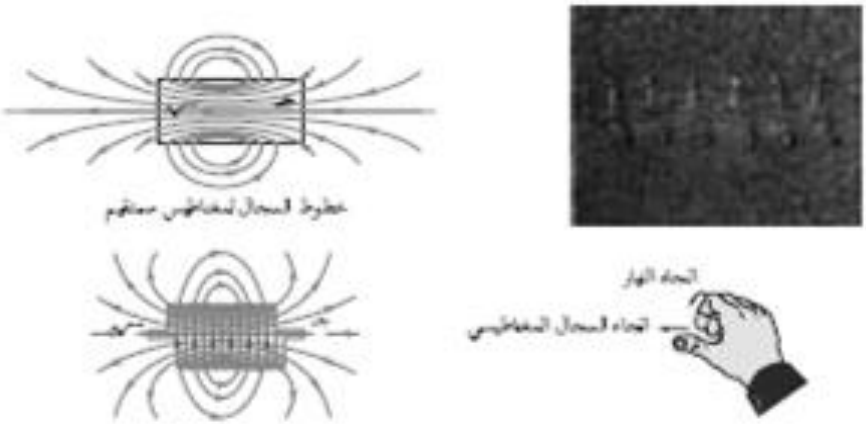
(*Magnetic Field Of a Current in a Solenoid*)

في هذا الدرس سنتناول المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف حلزوني .



يتضح من الشكل السابق ، أنَّ خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف حلزوني تتصف بما يلي :-

١- ثابتة الإتجاه في محور الملف ، وكذلك مقدار المجال المغناطيسي ثابت فيه – أي أنَّ المجال المغناطيسي منتظم داخل الملف - .
٢- تستخدم لتحديد إتجاه المجال هنا نفس قاعدة اليد اليمنى المستخدمة في الملف الدائري .



٣- هناك تشابه كبير بين نمطي خطوط المجال المغناطيسي للملف الحلزوني والمغناطيس المستقيم .

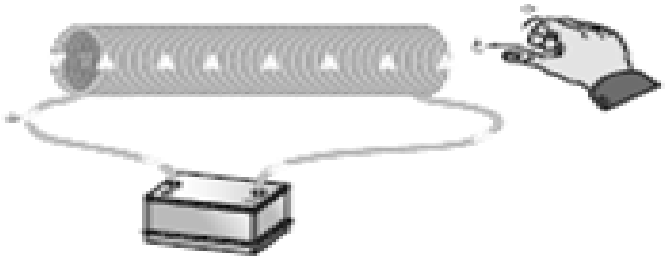
<u>ملاحظة :- يمكننا تكوين مغناطيس كهربائي بالطريقة التالية :-</u>

١- نضع قطعة من الحديد المطاوع داخل ملف لولبي .
٢- ستتمغنط قطعة الحديد عند مرور التَّيَّار الكهربائي في الملف .
٣- عند قطع التَّيَّار ستفقد القطعة مغناطيسيتها .

في هذه الحالة نكون قد صممنا مغناطيس كهربائي ، فسر ذلك ؟ لأنَّ تمغنط قطعة الحديد مرتبط بمرور التَّيَّار الكهربائي .

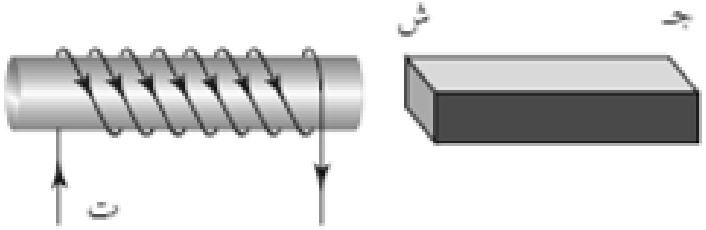
__معلومة :-**__ عند وضع مادة مغناطيسية في مجال مغناطيسي فإنَّها تتمغنط وتزيد المجال المغناطيسي ، وبعد زوال المجال فإنَّ بعض المواد مثل الحديد المطاوع تفقد مغناطيسيتها وتسمى مواد مغناطيسية لينة ، وبعضها يبقى ممغنطاً مثل حديد الصب (السكب) والفولاذ ، وتسمى مواد مغناطيسية قاسية .

__مما سبق يمكننا معالجة القضايا التالية :-__



في الشكل السابق ، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى يتضح أنَّ الطرف الأيسر للملف الحلزوني هو القطب الشمالي ، والآخر (الطرف الأيمن) هو القطب الجنوبي .

من الشكل السابق وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على كلا الملفين يتضح لنا انَّ الطرفين القريبين من بعظهما أحداهما الجنوبي (طرف الملف الأول) والآخر الشمالي (طرف الملف الثاني) ، ومن هنا يمكن تحديد نوع الطرفين الآخرين ، حيث أنَّ أحداهما الجنوبي (طرف الملف الثاني) والآخر الشمالي (طرف الملف الأول) ، ومن هنا فإنَّ الملفين سيتجاذبان .



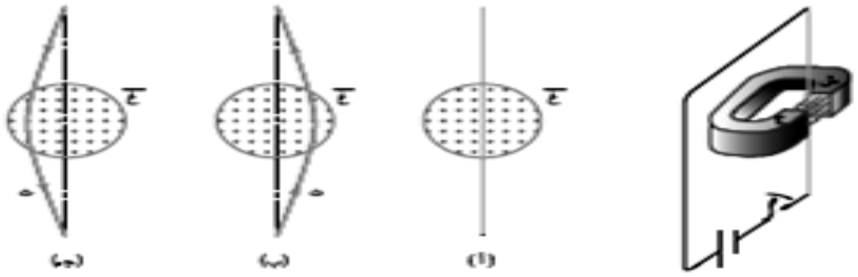
في الشكل السابق عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى على الملف ، يتضح أنَّ القطب القريب من المغناطيس هو القطب الشمالي والآخر هو الجنوبي ، ومن هنا فإنَّ الملف والمغناطيس سيتنافران .

ملاحظات :-

١- إنَّ الفرق بين المغناطيس الكهربائي والمغانط الدائمة مثل المغناطيس المستقيم أو مغناطيس حذاء الفرس يتضح في أنَّ المغناطيس الكهربائي هو مغناطيس مؤقت ، فعند مرور التَّيَّار فيه يتمغنط وعند إنقطاع التَّيَّار يفقد مغنطته .
٢- لو وضعت داخل الملف الحلزوني قطعة نحاس أو فلين بدلاً من الحديد المطاوع ، فإنَّها لن تتمغنط ، لذلك فإنَّه يجب الإنتباه لنوع المادة التي يجب وضعها داخل الملف لتكوين مغناطيس كهربائي .

القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك موضوع في مجال مغناطيسي ويحمل تياراً

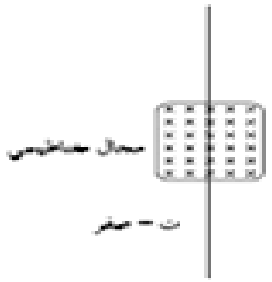
في هذا الدرس ، وبعد أن علمنا أنَّ السلك (الموصل) الذي يمر فيه تيار كهربائي يولد مجالاًحوله، فإنَّنا سنتطرق لدراسة الحالات التي سوف تنتج من وضع سلك يسري فيه تيار كهربائي داخل مجال مغناطيسي ،



عند غلق مفتاح الدارة الكهربائيَّة الموضحة في الشكل أعلاه ، سيمر تيار كهربائي داخل السلك فيتولد عنه مجال مغناطيسي ، ومما يجب ملاحظته أنَّ السلك هذا موضوع أيضاً في مجال مغناطيسي خارجي ، وعلى ذلك فإنَّ السلك سيتأثر بقوة تعرف ***بالقوة المغناطيسية*** .

ومن التجربة السابقة يمكن التوصل إلى أنَّ القوة المغناطيسية تتصف بما يلي :-

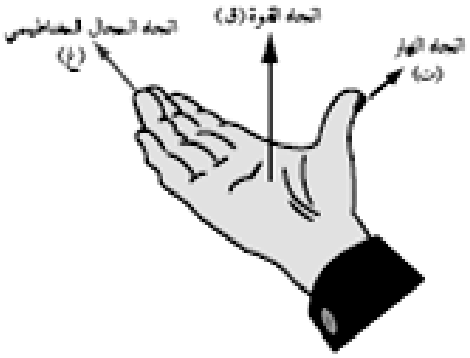
١- عند فتح الدراة الكهربائيَّة – أي عند قطع التَّيَّار الكهربائي – تختفي هذه القوة ، مما يعني أنَّ ظهورها أو عدمه مرتبط بوجود التَّيَّار الكهربائي .



٢- إنَّ حركة السلك (الموصل) والذي يمثل إتجاه القوة المغناطيسية ، تكون عمودية على إتجاه التَّيَّار وعلى إتجاه المجال المغناطيسي .

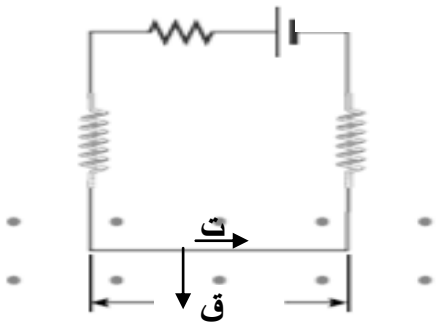
<u>تحديد إتجاه القوة المغناطيسية</u>

يحدد إتجاه القوة المغناطيسية بتطبيق قاعدة راحة اليد اليمنى (Right – Hand Rule) التالية :-



١- أبسط راحة اليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى إتجاه التَّيَّار .
٢- بقية أصابع اليد تشير إلى إتجاه المجال المغناطيسية .
٣- يكون إتجاه القوة عمودياً على راحة اليد وخارجاً منها .

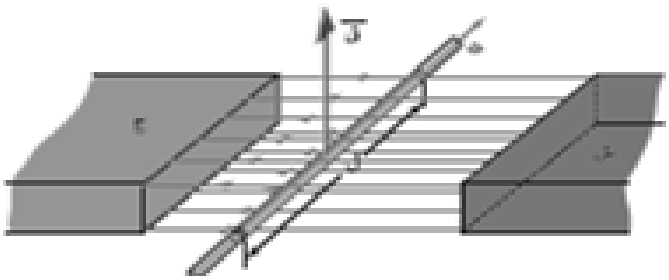
<u>ومما سبق يمكننا معالجة القضايا التالية :-</u>



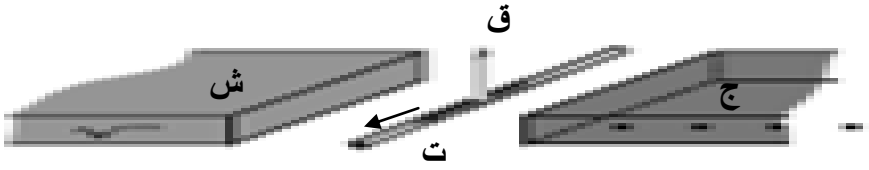
في الشكل السابق ، يمكننا مما سبق تحديد إذا كانت الزنبركات سوف تتمدد ام تتقلص بالخطوات التالية :-

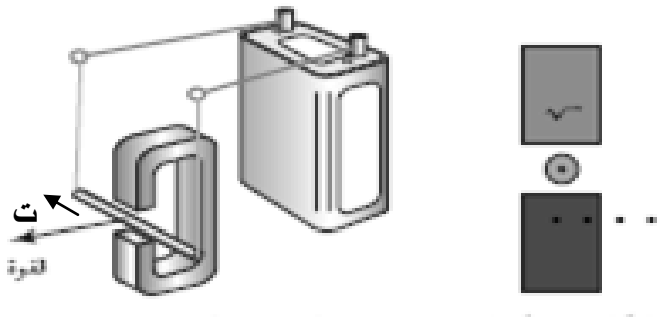
١- حدد إتجاه مرور التَّيَّار الكهربائي في السلك عن طريق أقطاب البطارية .
٢- حدد إتجاه المجال المغناطيسي الخارجي والذي يتعرض له السلك وهو هنا للخارج .
٣- طبق قاعدة راحة اليد اليمنى .

بعد ذلك سنكتشف أنَّ إتجاه القوة للأسفل مما يؤدي لتمدد الزنيركات .



في الشكل التالي ، يتضح أنَّه وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أنَّ إتجاه القوة للأعلى ، وفي مثل هذه الحالة إذا تم عكس إتجاه سريان التَّيَّار وعكس أقطاب المغناطيس ، فإنَّ القوة ستبقى كما هي ، لاحظ الشكل التالي :-





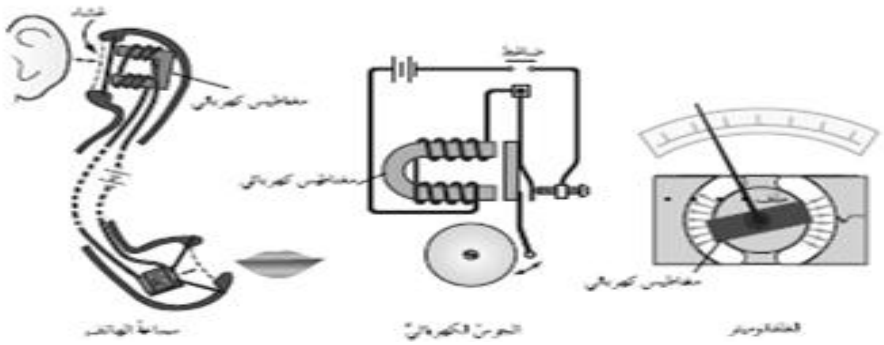
في الشكل الأول ، تخرج خطوط المجال المغناطيسي من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي وبما أنَّ التَّيَّار إتجاهه للخارج ، وبعد تطبيق قاعدة راحة اليد اليمنى يتضح أنَّ القوة إتجاهها لليمين .

في الشكل الثاني ووفقا للمعطيات في الشكل فإنَّه وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نستنتج أنَّ القطب السفلي للمغناطيس هو القطب الجنوبي والقطب العلوي هو الشَّمالي ، لأنَّ خطوط المجال المغناطيسي تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي .

إستخدامات المغانط الكهربائيَّة (*Uses Of Electromagnets*)

لقد تم الإستفادة من خصائص المغناطيس الكهربائي بصفته مؤقت التمغنط ، فتصبح له خصائص المغناطيس عند مرور التَّيَّار الكهربائي فيه ، وتنعدم عند إنعدامه ، ولذلك تم الإستفادة من هذه الخاصية في العديد من التطبيقات ، خاصة أنَّ المغناطيس الكهربائي يمكن التحكم يتشغيله وقت الحاجة فقط ، ومن أهم هذه التطبيقات :-

١- الغلفانوميتر .
٢- الجرس الكهربائي .
٣- سماعة الهاتف .

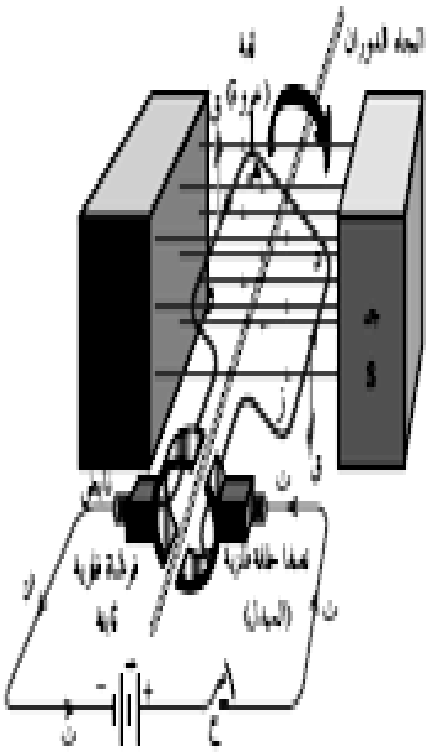


المحرك الكهربائي (*Electrical Motor*)

إنَّ إكتشاف الظواهر المغناطيسية السابقة ، ساعد العلماء على إبتكار أجهزة كهربائية ساعدت في تطوير الحياة البشرية ، ومن أهمها المحرك الكهربائي ،

المحرك الكهربائي :- هو جهاز يقوم بتحويل الطّاقة الكهربائيَّة إلى طاقة حركية (ميكانيكية) ,ويعتمد في آلية عمله على مفهوم القوة المغناطيسية

آلية العمل للمحرك الكهربائي



إنَّ حركة الملف عند مرور التَّيَّار فيه ناتجة عن تأثره بقوة مغناطيسية بسبب وجوده في المجال المغناطيسي ، إذ يتحرك الملف ربع دورة ثم يتوقف ، وهذه الفكرة هي نفسها التي تستخدم في المحرك الكهربائي الموضح في الشكل المجاور ، ولكن إذا كان الملف يتحرك ربع دورة ثم يتوقف فكان من الواجب علينا التفكير في حل لهذه المشكلة ؟!

لكي يستمر الملف بالدوران بنفس الإتجاه يجب علينا المحافظة على إتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة فيه ، وهذا لا يتم إلا إذا حافظنا على إتجاه سريان التَّيَّار في لفة (عروة) الملف ، فإنَّه وكما نعلم عند عكس إتجاه التَّيَّار الكهربائي ينعكس إتجاه حركة الملف ؛ وذلك بسبب تغير موضع القوة المغناطيسية العامودية ، ويمكن الإستدلال على ذلك بتطبيق قاعدة راحة اليد اليمنى ، ومن هنا :-

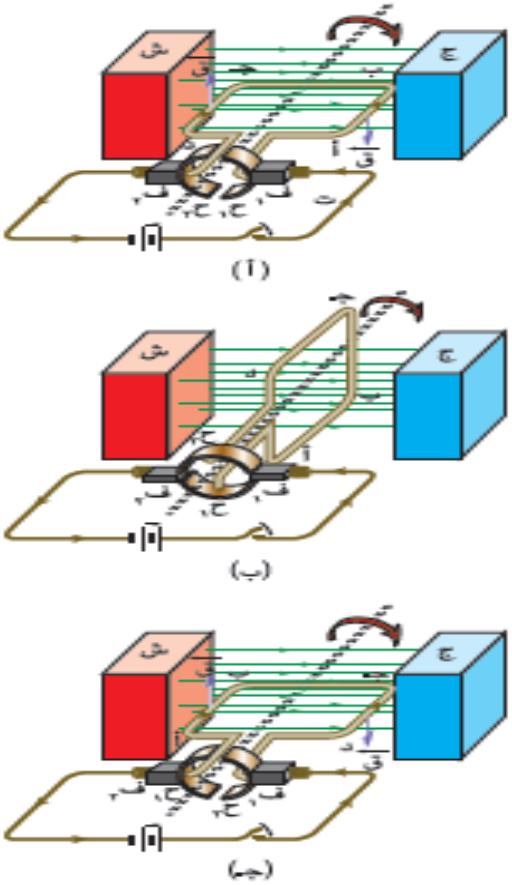
١- عند عكس إتجاه التَّيَّار كل نصف دورة فإنَّ الملف سيكمل دورته الكاملة ،
٢- يزود المحرك بحلقة فلزية مقسومة نصفين ، تقوم بعكس إتجاه التَّيَّار المار في العروة كل نصف دورة ، لذا تسمى المبدل (Commutator) .
٣- تقوم الحلقة الفلزية بعكس إتجاه التَّيَّار الكهربائي كالتالي :-

أ- إنَّ مرور التَّيَّار الكهربائي من الشكل أدناه من النقاط (أ – ب) فإنَّه يولد قوة مغناطيسية فيه إتجاهها للأسفل وعند مروره في النقاط من (جـ - د) فإنَّه يولد قوة مغناطيسية إتجاهها للأسفل ، فتتحرك العروة كما في الشكل (ب) .

ب – بعد إكمال الملف نصف دورة فإنَّه من الواجب عليه أن يتوقف وذلك لأنَّ الفرشاتان الموصلتان بالبطارية تفقد إتصالهما مع المبدل ، وبالتالي ينقطع التَّيَّار الكهربائي الذي يسري في عروة الملف ، مما يؤدي إلى زوال القوة المغناطيسية المؤثرة في الملف .

جـ - بالرغم من ذلك فإنَّ الملف لا يتوقف عن الحركة ، فيتجاوز الحالة المذكورة في النقطة السابقة بسبب إكتسابها سرعة وطاقة حركية ، فتستمر بالدوران بفعل قصورها الذاتي .

د – عندما يعود التماس بين الفرشاتين والمبدل تكون القطعتان المستقيمتان (أ ب) و (جـ د) قد تبادلتا المواقع ، فيعكس إتجاه التَّيَّار في كل منهما وتنعكس القوة المغناطيسية ويستمر دوران العروة باتجاه عقارب الساعة .



ملاحظات :-

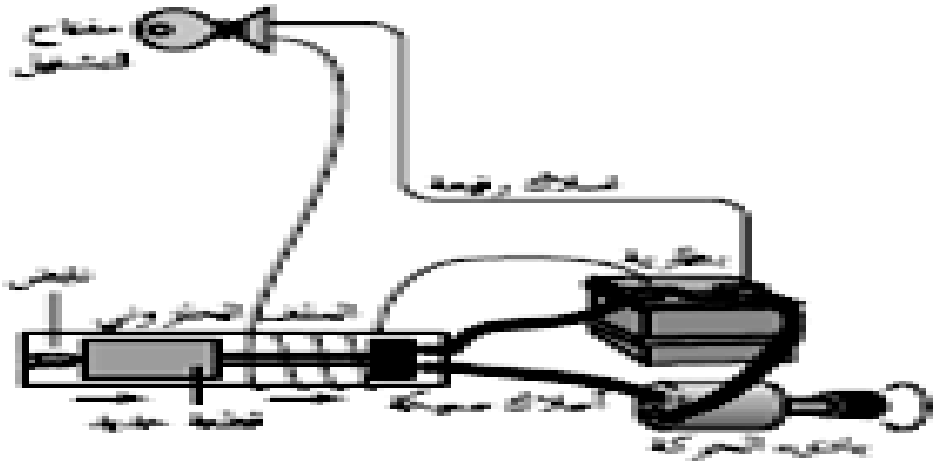
١- الفصور الذاتي :- هو ممانعة الجسم الطبيعية لأي تغيير في حالته من حركة أو سكون ، ففي قانون نيوتن الأول (الجسم الساكن يبقى ساكن والجسم المتحرك بسرعة ثابتة يبقى كذلك مالم تؤثر عليه قوى خارجية تغير من حالته) .
٢- إنَّ المحرك الكهربائي يستخدم ملفاً مكوناً من عدة لفات بدلاً من عروة واحدة .
٣- في المحرك الكهربائي تضغط الفرشاتان فيه على المبدل بواسطة نوابض .

المرحِّل الكهرمغناطيسي (*Electromagnetic Relay*)

من الأجهزة الاخرى التي تعتمد في عملها على الظواهر سابقة الذكر في هذا الفصل .

المرحِّل :- هو مفتاح يستخدم ليجعل تياراً كهربائياً في دارة ما يتحكم في تشغيل دارة أخرى .

ومن أشهر الإستخدامات له في السيارة ، فيحتاج محرك السيارة لبدء الحركة تياراً كهربائياً كبيراً قد يصل إلى ١٠٠ أمبير أو أكثر ، ويحمل هذا التَّيَّار الكبير في أسلاك سميكة وقصيرة قدر الأمكان ؛ وذلك لتقليل مقاومتها حيث أنَّ المقاومة تتناسب طردياً مع طول الموصل وعكسياً مع مساحة مقطعه كما تناولنا سابقاً .



آلية العمل

١- يقوم المرحل بالتحكم بتشغيل دارة التَّيَّار الكهربائي بواسطة تيار صغير عند إدارة مفتاح تشغيل السيارة حيث يعمل على إكمال (إغلاق) دارة التَّيَّار الصغير ،
٢- يمر التَّيَّار من خلال مفتاح التشغيل إلى الملف الحلزوني .
٣- يصبح الملف الحلزوني مغناطيساً كهربائياً فيجذب قطعة الحديد المطاوع ، فتتحرك بإتجاه الملف الحلزوني ، فتغلق بذلك دارة التَّيَّار الكبير فيدور محرك السيارة .
٤- في حال إنقطاع التَّيَّار الكهربائي بسبب فتح دارة التَّيَّار الصغير ، يقوم النابض بإرجاع قطعة الحديد المطاوع لوضعها الأصلي .

إستخدامات أخرى للمرحل الكهرمغناطيسي

١- يستخدم في الدارات الإلكترونية لفتح وغلق الدارة ذاتياً .
٢- تستخدم في مصانع السيارات حيث يتم لحم هيكل السيارة باستعمال آلات لحام ضخمة تعمل على تيارات كبيرة ، فيتم التحكم بها بواسطة حواسيب تستخدم تيارات صغيرة ومرحلاً لتشغيل التَّيَّار الكبير .

حلول أسئلة الفصل

١- المغناطيس الكهربائي : ملف من سلك موصل يمر فيه تيار كهربائي فينشأ مجال مغناطيسي داخل الملف وحوله ويصبح شبيهاً بالمغناطيس الدائم ، أي يصبح له قطبان شمالي وجنوبي ويتلاشى المجال المغناطيسي كلياً بتلاشي التَّيَّار .

- الفرق بينه وبين المغناطيس الدائم هو أن المغناطيس الكهربائي يفقد مغناطيسيته بزوال التَّيَّار الكهربائي ، كذلك نستفيد من المجال المغناطيسي داخله خلافاً للدائم فلا نستفيد إلا من المجال حوله .

٢- العوامل هي :-

أ- مقدار التَّيَّار الكهربائي المار في السلك .

ب- بعد النقطة عن السلك .

ج- نوع مادة الوسط المحيط بالسلك (هواء ، ماء ، زيت ، ،،،) .

٣- إستخدامات المحرك الكهربائي :

المراوح ، الغسالات ، الخلاط ، المكنسة الكهربائيَّة ، مضخات المياه ، ألعاب الأطفال

إستخدامات المرحل المغناطيسي :

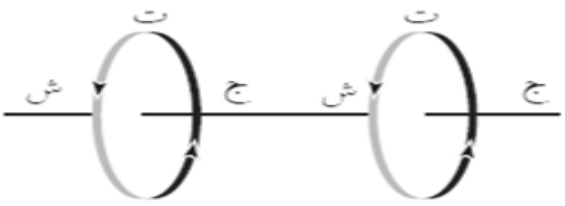
في السيارة ، الدارات الإلكترونية ، مصانع السيارات .

٤- أ- إلى الأعلى في الجزء القريب من اللفة ، وإلى الأسفل في الجزء البعيد (عكس عقارب الساعة) .

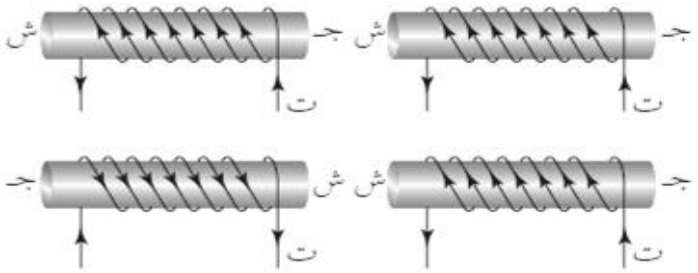
ت- إلى الأعلى .

٥- حسب قاعدة اليد اليمنى ، فإنَّ إتجاه القوة المؤثرة في السلك ستكون للأعلى ، وبالتالي فإنَّ السلك سيتحرك للأعلى .

٦- لأنَّه نتيجة مرور تيارين في الحلقتين سيتولد مجالان مغناطيسيان ، وحسب قاعدة قبضة اليد اليمنى فإنَّ إتجاه المجال في الحلقة اليمنى سيكون لليسار وفي الحلقة اليسرى لليسار أيضاً وبالتالي ستتجاذب الحلقتان ، كما في الشكل التالي :-

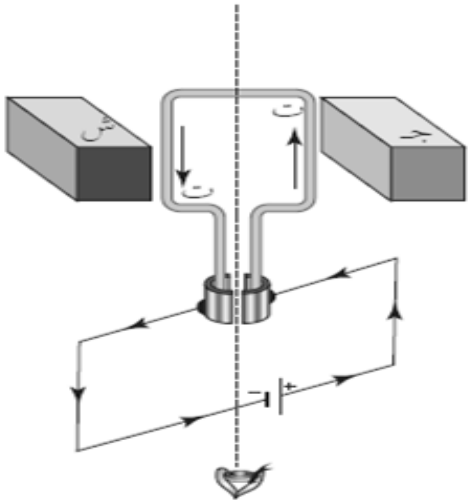


٧- أ-



ب- الحلقتان في الشكل الأول .

٨- أ-



ب- سيدور الملف عكس عقارب الساعة ، وذلك نتيجة تأثر القطعتين (أ ب) ، (جـ د) بقوتين تكون على القطعة (أ ب) نحو الداخل وعلى القطعة (جـ د) نحو الخارج ، لذا يدور الملف عكس عقارب الساعة .

ج- وظيفة نصفي الحلقة : عكس إتجاه التَّيَّار في العروة كل نصف دورة .

د- ١- تزداد سرعة دوران الملف .

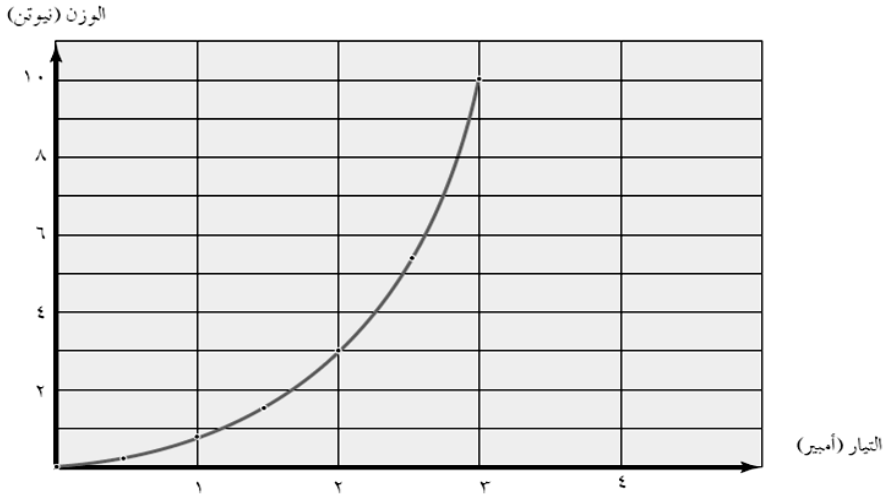
٢- لا تتغير السرعة .

٣- لا تتغير السرعة .

٩- عند محاولة فتح الباب أو الشباك يتم فتح دارة الملف الحلزوني فينقطع التَّيَّار المار في الدارة و يتلاشى المجال المغناطيسي وينزلق المفصل للأسفل فيغلق دارة الجرس الكهربائي فيقرع الجرس .

١٠- عند مرور السيارة فإنَّها تضغط على المفتاح (ح) فتغلق الدارة الكهربائيَّة ، مما يؤدي إلى جذب الأسطوانة الحديدية للأسفل ، فترتفع الذراع للأعلى وتمر السيارة .

١١- أ-



ب- ١،٢ نيوتن .

الفصل السابع

الحث الكهرمغناطيسي

مقدمة الفصل

بعد إكتشاف العالم أورستد (Oersted) الأثر المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في سلك أصبح التفكير منصبَّاً على التأثير المعاكس ، حيث أنَّه هل بالأمكان توليد تيار كهربائي من المجال المغناطيسي ؟ .

وقد جاءت هذه الإجابة في العام ١٨٣١ م من قبل العالمين مايكل فارادي (Michael Faraday) في إنجلترا والعالم جوزيف هنري (Joeseph Henry) في الولايات المتحدة الأمريكية .

وقد توصل كلا العالمان بعد إجراء تجارب تثبت أنَّه يمكن باستخدام مجال مغناطيسي توليد أو حث تيار كهربائي على السريان في دارة كهربائية دون وجود مصدر قوة دافعة كهربائية ، وهو ما يعرف بضاهرة الحث الكهرمغناطيسي .

مايكل جيمز فارداي (١٨٦٧ - ١٧٩١) هو عالم كيمائي وفيزيائي إنجليزي، وهو من المشاركين في علم المجال الكهرومغناطيسي والكهروكيميائي،

درس فارداي المجال المغناطيسي على موصل يحمل تيار كهربائي مستمر وبذلك وضع أسس الكهرومغناطيسية، وهو مكتشف نظرية المحاثة والنفادية المغناطيسية وقوانين التحليل الكهربائي.

جوزيف هنري (بالإنجليزية Joseph Henry:) ولد في ١٧ من ديسمبر عام ١٧٩٧م وتوفي قي ١٣ من مايو ١٨٧٨م، عالم فيزيائي أمريكي ذاتي التعلم إلى حد كبير اخترع المحرك الكهربائي ويعود له الفضل في اكتشاف ظاهرة الحثِّ الكهرومغناطيسي وظاهرة الحثِّ المتبادل . ولذلك تم تكريمه في عام ١٨٩٣ بالحاق وحدة الحث الكهرومغناطيسي الدولية باسم هنري (وحدة) .

التَّيَّار الحثي (*Induced Current*)

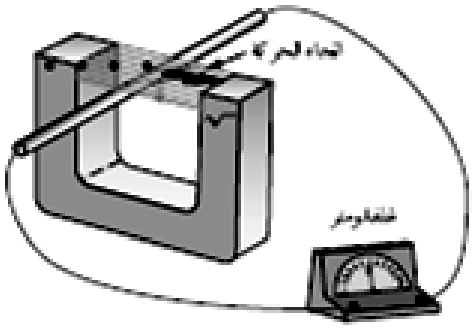
عزيزي الطالب ، تتبع معنا التجربة التالية وما ينتج عنها :-

١- الأدوات اللازمة :-

أ- غلفانوميتر ، حيث أنَّ الغلفانوميتر هو جهاز يستخدم للكشف عن التَّيَّار الكهربائي من خلال إنحراف مؤشِّره .

ب- مغناطيس حذوة فرس أو مغناطيسين مختلفين .

ج- موصل (سلك) ، وهو الذي سوف تجري عليه التجربة لنلاحظ إذا كان سوف يتولد فيه تيار كهربائي بفعل المجال المغناطيسي .

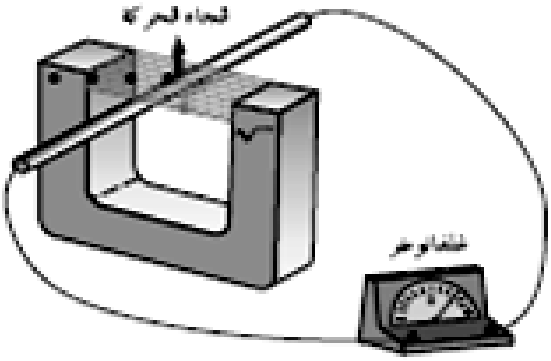


٢- خطوات إجراء التجربة :-

أ- توصل الأدوات كما في الشكل التالي .

ب- جعل السلك يقطع خطوط المجال المغناطيسي والتي ينتجها المغناطيس ، حيث أنَّ إتجاهها كما تعلم من القطب الشمالي للقب الجنوبي .

ج- لاحظ التغييرات التي ستحدث لمؤشر الجلفانوميتر .



٣- الملاحظات والنتائج :-

أ- سيتولد تيار كهربائي لحظي في السلك على الرغم من عدم وجود بطارية في الدارة الكهربائيَّة يسمى التَّيَّار الحثِّي ،لأنَّه تيار نشأ بحث (تأثير) من المجال المغناطيسي

ب- التَّيَّار الحثي يتولد في الدارة عندما يقطع السلك خطوط المجال ؛ بينما لا يتولد عندما لا يقطع السلك خطوط المجال .

القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية – قانون فارادي –

(*Induced Electromotive Force – Faraday's Law*)

في هذا الدرس سوف نناقش السبب الذي أدَّى إلى توليد التَّيَّار الحثي ، بالرغم من عدم وجود مصدر فولتية ، وكنا قد تناولنا في الفصل الماضي أنَّ البطارية هي العنصر المسؤول عن توليد التَّيَّار الكهربائي في الدارة الكهربائيَّة .

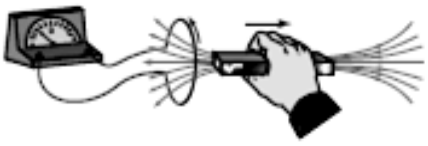
عزيزي الطالب ، تتبع معنا التجربة التالية وما ينتج عنها :-

الشكل (٧ – ٢ / أ) : تقريب المغناطيس من الملف.

١- عند تقريب المغناطيس من الملف – بعد إيصال طرفيه بالغلفانوميتر- ، يلاحظ أنَّ مؤشر الغلفانوميتر سوف ينحرف بالإتجاه الموجب ، ويعود السبب لإزدياد عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف .

الشكل (٧ – ٢ / ب) : تثبيت المغناطيس بالقرب من الملف.

٢- عند تثبيت المغناطيس بالقرب من الملف – بعد إيصال طرفيه بالغلفانوميتر- لن يتحرك مؤشر الغلفانوميتر – حيث سيبقى على الصفر - ، ويعود السبب لعدم تغير عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف ، حيث أنَّه عند الثبات (عدم الحركة) يخترق الملف عدد ثابت من خطوط المجال .



الشكل (٧ – ٢ / جـ) : أبعاد المغناطيس عن الملف.

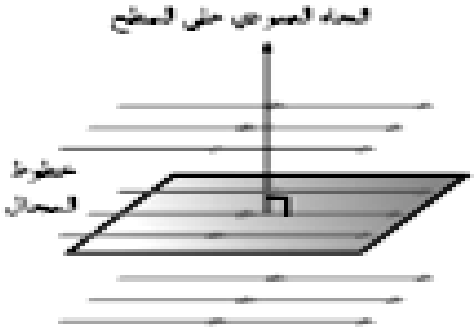
٣- عند إبعاد المغناطيس عن الملف – بعد إيصال طرفيه بالغلفانوميتر- ، يلاحظ أنَّ مؤشر الغلفانوميتر سوف ينحرف بالإتجاه السالب ، ويعود السبب لنقصان عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف .

ومما سبق نستنتج أنَّ التَّيَّار الحثي يتولد عندما يتغير عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف مع الزمن .

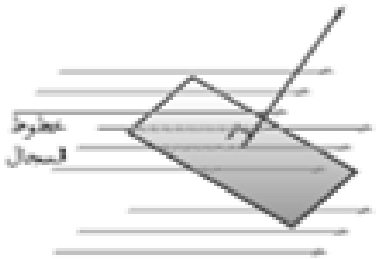
التدفق المغناطيسي :- مفهوم يستخدم للتعبير عن عدد خطوط المجال التي تخترق الملف .

وبالنسبة لخطوط المجال المغناطيسي وعلاقتها بالتدفق ، فيمكننا قول التالي :-

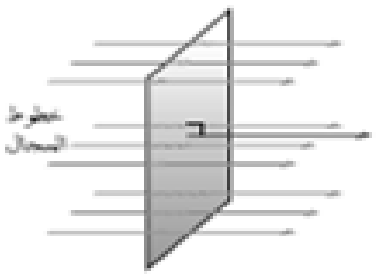
١- إذا مرَّت خطوط المجال موازية لسطح الملف كما في الشكل التالي ، يكون التدفق المغناطيسي عبر الملف صفراً ، فسر ذلك ؟ لأنَّ خطوط المجال لا تخترق السطح .



٢- يزداد التدفق المغناطيسي بزيادة عدد خطوط المجال التي تعبر سطح الملف ، أي بزيادة مقدار الزاوية بين خطوط المجال و مستوى الملف .



٣- يكون التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن عندما يصبح مستوى الملف عمودياً على خطوط المجال .



ومن هنا ، فإنَّ التغير في التدفق المغناطيسي (زيادةً أو نقصاناً في عدد خطوط المجال) هو السبب في تولد التَّيَّار الحثي في الملف ، أمَّا إذا كان التدفق ثابتاً مع الزمن فلا ينشأ تيار حثي .

القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية

إنَّ التغير في التدفق المغناطيسي مع الزمن يولد قوة دافعة كهربائية في الملف ، وهي السبب في نشأة التَّيَّار الحثي ، وبذلك يمككنا تعريف القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية بـ :-

القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية:- هي القوة الدافعة الكهربائيَّة الناتجة عن حث (تأثير) المجال المغناطيسي .

وظاهرة توليد تيار حثي من قوة دافعة كهربائية حثية (أي من تغير التدفق المغناطيسي) تسمى ***ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي*** .

أمَّا العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية هي :-

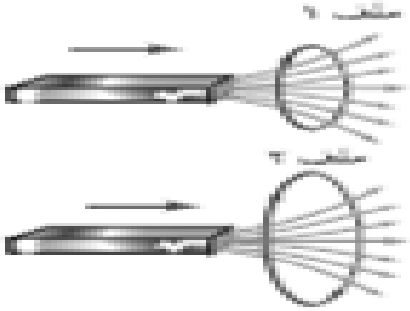
١- بزيادة شدة المجال المغناطيسي تزداد القوة الدافعة المغناطيسية ، وذلك بسبب زيادة عدد خطوط المجال التي تقطع سطح الملف ، مما يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي ، ويمكن زيادة شدة المجال المغناطيسي بإحدى الطرق التالية :-
   أ- إستعمال مغناطيس أقوى .
   ب- تحريك المغناطيس المؤثر في الملف بسرعة أكبر مما يؤدي إلى تقليل الفترة الزمنية لتغير عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تعبر سطح الملف ، وبدوره يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي .
٢- كلما زادت مساحة الملف بزيادة قطره تزداد القوة الدافعة المغناطيسية ، وذلك بسبب زيادة عدد خطوط المجال التي تقطع سطح الملف ، مما يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي .
٣- بزيادة عدد لفات الملف المستخدم تزداد القوة الدافعة المغناطيسية ، وذلك بسبب زيادة عدد خطوط المجال التي تقطع سطح الملف ، مما يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي .

و العوامل السابقة توصل إليها العالم فارادي الذي يعود إليه الفضل في إكتشاف ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي .

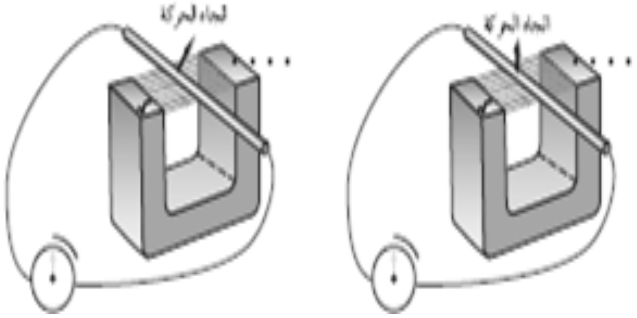
قانون فارادي في الحث

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية المتولدة في دارة كهربائية مغلقة تناسباً طردياً مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترق الدارة .

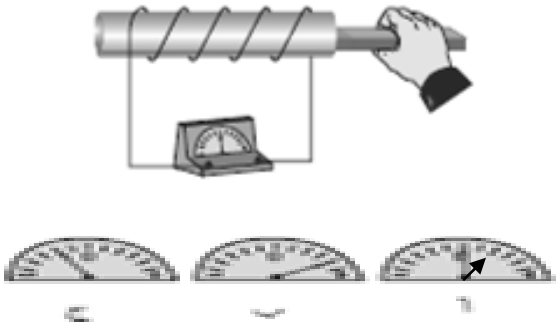
ومما سبق يمكننا معالجة القضايا التالية :-



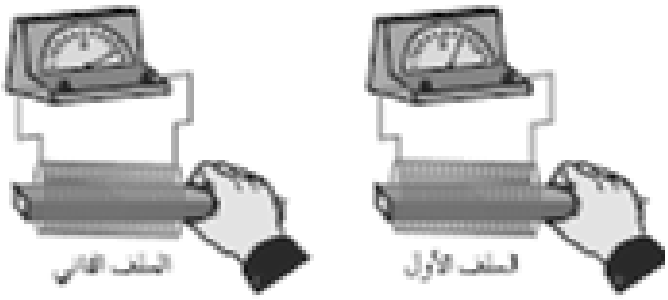
في الشكل السابق ، عند تحريك المغناطيس نحو الملف (١) ، ثم تحريكه بالسرعة نفسها نحو الملف (٢) ، يكون التَّيَّار المار في الملف (١) أقل (<) من التَّيَّار المار في الملف الثاني ، وذلك لأنَّ مساحة الملف الثاني أكبر من مساحة الملف الأول ، حيث أنَّنا عرفنا أنَّ مساحة الملف تتناسب طردياً مع مقدار التدفق المغناطيسي .



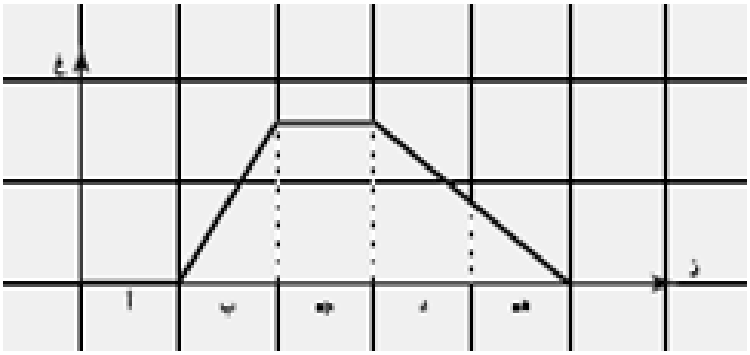
في الشكل السابق ، إذا كانت سرعة حركة السلك نفسها فإنَّ إنحراف مؤشر الغلفانوميتر الأول أكبر (>) من الغلفانوميتر الثاني ، وذلك لأنَّه كما تلاحظ في الشكل الأول فإنَّ حركة السلك عامودية ولذلك تزداد مساحة السطح الذي تعبره خطوط المجال وبذلك يزداد مقدار التدفق الذي يؤدي إلى زيادة شدة التَّيَّار .



في الشكل السابق ، عند تقريب المغناطيس من الملف ينحرف مؤشر الغلفانوميتر لجهة اليسار ، وعند إبعاد المغناطيس بالسرعة نفسها فإنَّ إنحراف المؤشر يصبح كما في الشكل (أ) ، ومن هنا إذا نظرنا بتمعن على الأشكال (أ ، ج) سنلاحظ أنَّ مقدار الإنحراف فيها لليمين واليسار هو نفسه لأنَّ سرعة تحريك المغناطيس في الحالتين ثابتة .



في الشكل السابق ، عند تقريب مغناطيس بالسرعة نفسها من ملفين ، لوحظ أنَّ إنحراف مؤشر الغلفانوميتر كان كما في الشكل ، حيث أنَّ الغلفانوميتر زاد إنحرافه في الملف الثاني بقدر أكبر من الملف الأول ، وذلك لأنَّ عدد لفات الملف الثاني أكبر من عدد لفات الملف الأول ، وكما تعلمنا سابقاً فإنَّ عدد لفات الملف يتناسب طردياً مع مقدار التدفق المغناطيسي وبالتالي يتناسب طردياً مع مقدار التَّيَّار المتولد .



إذا نظرنا إلى الشكل السابق ، والذي يمثل التغير في مقدار المجال المغناطيسي (غ) مع الزمن (ز) ، نستنتج أنَّ أكبر تغير في التدفق يحدث خلال الفترة (ب) ، ثم الفترة (د) و (هـ) ، ثم الفترة (أ) و (جـ) حيث لايحدث تغير في التدفق .

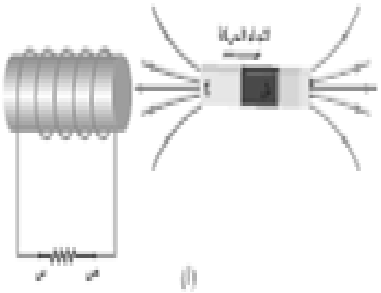
أمَّا سبب إنحراف مؤشر الغلفانوميتر يفسره قانون لينز الذي ينص على ما يلي :-

قانون لنز : - يكون إتجاه التَّيَّار الحثي في الملف بحيث ينشئ تدفقاً مغناطيسياً يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي أحدثه .

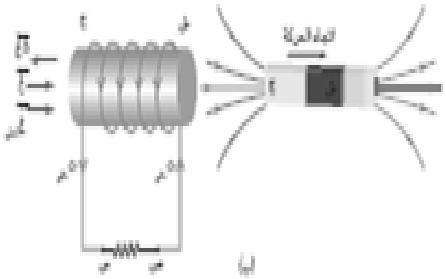
تفسير قانون لنز

عندما يتغير التدفق المغناطيسي في دارة كهربائية ثابتة فإنَّ التَّيَّار الحثي المتولد ينشئ مجالاً مغناطيسياً يعاكس – ضمن المساحة المحدودة بالدارة الكهربائيَّة – المجال الأصلي إذا كان التدفق المغناطيسي بازدياد ، ويكون بنفس إتجاهه إذا كان التدفق المغناطيسي الأصلي في نقصان ، و بذلك فإنَّ التغير في التدفق المغناطيسي هو الذي يقاوم من قبل التَّيَّار الحثي المتولد وليس التدفق نفسه .

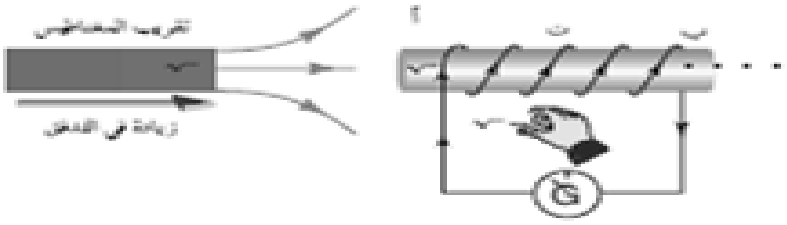
لتوضيح ما سبق دعنا نتأمل الشكل المجاور ، حيث أنَّه عند إبتعاد القطب الجنوبي للمغناطيس عن الملف - وهو القطب القريب منه كما يبدو في الشكل – يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف فيسري فيه تيار حثي يتولد عنه مجال مغناطيسي بإتجاه المغناطيسي الذي سببه ليقاوم النقص في التدفق,



وتبعاً لقاعدة اليد اليمنى لتحديد أقطاب الملف اللولبي يكون إتجاه التَّيَّار الحثي كما في الشكل (ب) .

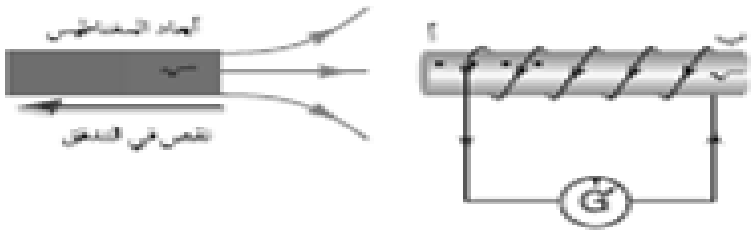


والآن يمكننا ملاحظة التالي :-



١- عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من الطرف (أ) ، يزداد التدفق المغناطيسي داخل الملف .
٢- حسب قاعدة لنز سيقاوم الملف الزيادة ، وتكون المقاومة بأن يتولد في الملف تيار حثي لينتج مجالاً مغناطيسياً داخل الملف ، قطبه الشمالي عند طرف الملف (أ) ليتنافر مع المغناطيس المستقيم .

٣- لتحديد إتجاه التَّيَّار الحثي الذي ولَّد هذا المجال ، إجعل إبهامك يشير إلى القطب الشمالي (عند الطرف أ) فتشير حركة أصابعك إلى إتجاه التَّيَّار في الملف (قاعدة اليد اليمنى) .



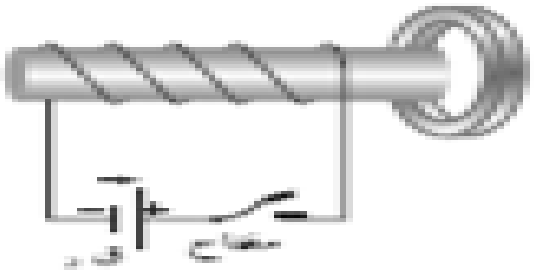
٤- عند إبعاد القطب الشمالي عن الطرف (أ) فيحدث نقصان في التدفق المغناطيسي داخل الملف .

٥- حسب قاعدة لنز سيقاوم الملف النقصان ، وتكون المقاومة بأن يتولد في الملف تيار حثي لينتج مجالاً مغناطيسياً داخل الملف ، قطبه الجنوبي عند طرف الملف (أ) ليتجاذب مع المغناطيس المستقيم .

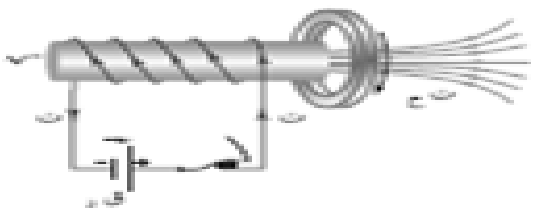
٦- لتحديد إتجاه التَّيَّار الحثي الذي ولَّد هذا المجال ، إجعل إبهامك يشير إلى القطب الشمالي (عند الطرف ب) فتشير حركة أصابعك إلى إتجاه التَّيَّار في الملف (قاعدة اليد اليمنى) .

وهذا هو ما يفسر إنحراف مؤشر الغلفانوميتر في إتجاهين مختلفين عند تقريب القطب الشمالي وعند إبعاده عن الملف .

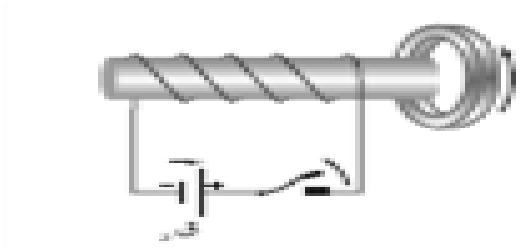
<u>ومما سبق يمكننا معالجة القضايا التالية :-</u>



١- عند إغلاق المفتاح يسري التَّيَّار في الدارة الكهربائيَّة فيولد مجالاً مغناطيسياً في الإتجاه الأيمن .



٢- إنَّ تولد تيار كهربائي بالإتجاه المبين في الشكل السابق ، يماثل تقريب قطب مغناطيسي جنوبي من الحلقة – تم التوصل إلى ذلك من تطبيق قاعدة اليد اليمنى - ، مما يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي .
٣- حسب قاعدة لنز ستقاوم الحلقة هذه الزيادة ، وتكون المقاومة بأن يتولد في الحلقة تيار حثي ينتج مجالاً مغناطيسياً قطبه الجنوبي في الطرف القريب من الدارة ، أي يتنافر المغناطيسان معاً .
٤- حسب قاعدة قبضة اليد اليمنى يكون إتجاه التَّيَّار الحثي (ت ح) في الحلقة كما في الشكل السابق .
٥- بعد إغلاق الدارة بعدة ثوانٍ ، يصبح التدفق المغناطيسي في الحلقة ثابتاً ، لذا يصبح التَّيَّار الحثي صفراً .
٦- فتح الدارة الكهربائيَّة يسبب نقصان التدفق المغناطيسي في الحلقة ، و لمقاومة هذا التغير ينشأ تيار حثي في الإتجاه المبين في الشكل التالي .



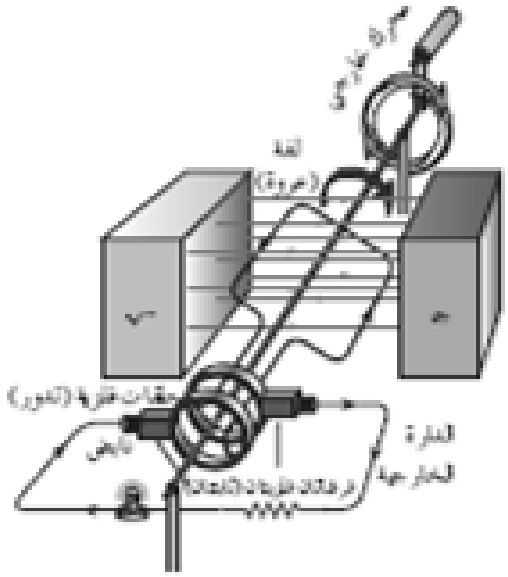
تطبيقات ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي

(*Applications of Electromagnetic Induction*)

عزيزي الطالب ، ساهم إكتشاف ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي إلى تطوير كبير في وسائل إنتاج ونقل الطَّاقة الكهربائيَّة والتي تشكل الأساس في إستمرار الحياة بما فيها من تكنولوجيا ، ومن أهم التطبيقات على ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي المولد والمحول الكهربائي ، وهي التي تشكل محور حديثنا في هذا الدرس .

المولد الكهربائي (Electric Generator)

المولد الكهربائي :- جهاز يقوم بتحويل الطّاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربائية ، ويعد المصدر الرئيس المستخدم في إنتاج الطَّاقة الكهربائيَّة ، ويعمل على مبدأ الحث الكهرمغناطيسي



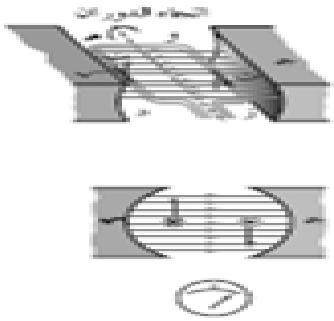
مكونات المولد الكهربائي

يتكون المولد في أبسط أشكاله من :-

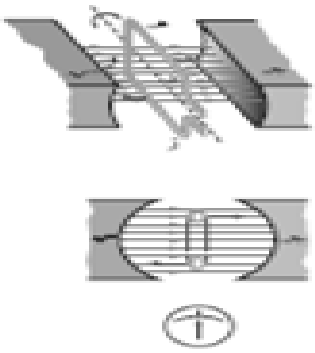
١- لفة سلك (عروة) توضع داخل مجال مغناطيسي وتدور بفعل محرك خارجي .
٢- حلقتان فلزيتان تتصلان بطرفي العروة تدوران معها .
٣- فرشاتان فلزيتان وتلامسان الحلقتان الفلزيتان ، حيث أنَّ هذه الفرشاتان ثابتتان تتصلان بالدارة الخارجية (دارة المصباح) .

آلية العمل

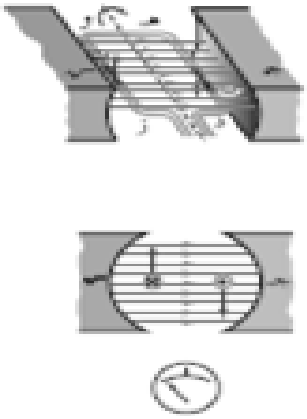
١- عندما تتحرك القطعة المستقيمة (د هـ) – قطعة الملف القريبة من القطب الشمالي – للأعلى فإنَّها تخترق خطوط المجال بشكل عمودي (التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن) لأنَّ مساحة السطح عند هذه اللحظة يكون أكبر ما يمكن .
٢- تنشأ قوة دافعة كهربائية حثية عظمى و تيار حثي في العروة في الإتجاه (د هـ و ز) كما في الشكل التالي :-



٣- عندما تصبح العروة في الأعلى ، فإنَّ القطعة (د هـ) تتحرك بشكل موازٍ لخطوط المجال فتصبح القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية والتَّيَّار الحثي في العروة صفراً ؛ لأنَّ خطوط المجال في هذه الحالة لا تقطع السطح (موازية له) .



٤- بعد نصف دورة ، تصبح القطعة المستقيمة (ز و) مكان (د هـ) ، فينعكس إتجاه التَّيَّار الحثي في العروة ويصبح الإتجاه (ز و هـ د) .

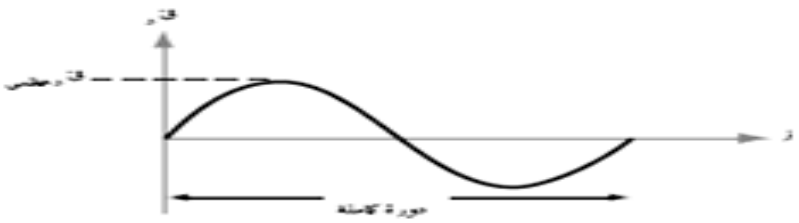


وهكذا يتغير مقدار وإتجاه القوة الدافعة الكهربائيَّة الحثية والتَّيَّار الحثي في العروة مع الزمن ، ومن هنا فإنَّ التَّيَّار الحثي الناشئ في المولد الكهربائي يكون متغير المقدار والإتجاه مع الزمن ، وبناءاً على ذلك :-

١- يسمى هذا النوع من التَّيَّار (التَّيَّار المتناوب أو المتردد) .

٢- يرمز له في الدارات الكهربائيَّة بهذا الرمز (~) .

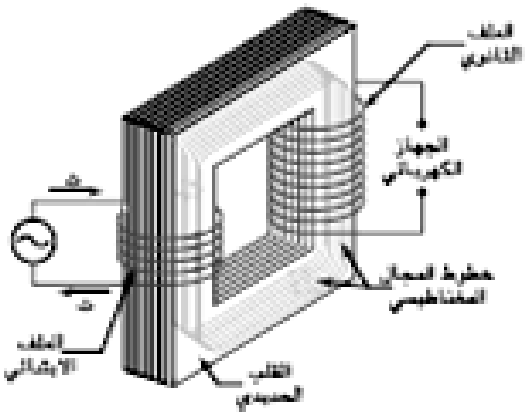
٣- يسمى المولد الكهربائي الذي ينتج التَّيَّار المتناوب مولد التَّيَّار المتناوب ، أي مصدر قوة دافعة كهربائية متناوبة .



٤- إنَّ الفرق بين التَّيَّار المتناوب والتَّيَّار المستمر يتمثل فيما يلي :-
أ- التَّيَّار المتناوب متغير المقدار والإتجاه مع الزمن .
ب- التَّيَّار المستمر ثابت المقدار والإتجاه مع الزمن .
٥- يمكن زيادة التَّيَّار الحثي في المولد الكهربائي بإحدى الطرق التالية :-
أ- زيادة عدد لفات الملف .
ب- زيادة مساحة سطح الملف .
ج- زيادة المجال المغناطيسي .
د- زيادة سرعة الدوران .
٦- المولد الكهربائي الموجود في الدراجات الهوائية ، ملفه ثابت والمغناطيس يدور وذلك لزيادة سرعة الدوران مما يؤدي لزيادة التَّيَّار الحثي في المولد الكهربائي .

المحول الكهربائي (Transformer)

عزيزي الطالب ، إنَّ مقدار الفولتية التي تصل لمنازلنا تساوي ٢٢٠ فولت ، ولكن هذه الفولتية يمكن أن تكون كبيرة جدَّاً بالنسبة لأنواع من الأجهزة المتواجدة في المنزل ، فمثلاً الجرس الكهربائي يعمل على فولتية تساوي ٦ فولت ، ولذلك فمثل هذه الأجهزة لا يمكن تزويدها بفولتية المقابس الكهربائيَّة المتواجدة في المنزل بشكل مباشر ، وهنا تكمن أهمية المحولات الكهربائيَّة، حيث يتم من خلالها تغيير مقدار الفولتية الداخلة إليها سواء كان ذلك بزيادة مقدارها أو إنقاصها حسب الحاجة .



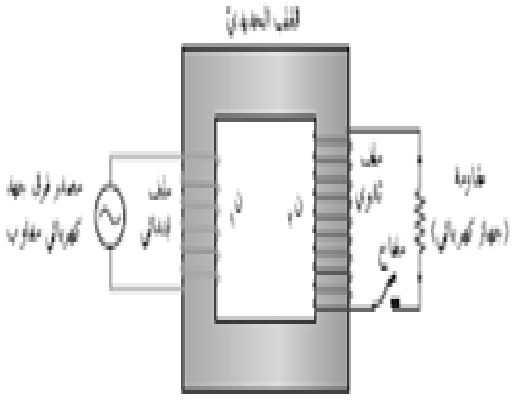
مكونات المحول الكهربائي

١- الملف الإبتدائي ، ويكون مزود بمصدر فولتية متردد ، ولا يمكن أن يزوَّد بمصدر قوة دافعة كهربائية ثابتة مثل البطارية لأنَّه لا يحدث تغير مستمر في التدفق المغناطيسي ، وبذلك لا تنشأ قوة دافعة كهربائية حثية في الملف الثانوي إلا لحظة إغلاق الدارة ولفترة زمنية قصيرة ثم يثبت التدفق المغناطيسي ويتلاشى التَّيَّار .

٢- الملف الثانوي ، ويشبك به الحمل الكهربائي (الجهاز الكهربائي) ويتولد في هذا الملف مقدارين مختلفين للتيار والفولتية عن مقدارهما في الملف الإبتدائي ، وذلك مع الحفاظ على التردد .

٣- قلب حديدي من الحديد المطاوع وله عدة خصائص يجب مراعاتها عند تصنيعه ، ولكن ما يهمنا هنا أنَّه يعمل على تركيز خطوط المجال المغناطيسي في الملفين .

<u>مبدأ عمل المحول الكهربائي</u>



١- إنَّ إستعمال القوة الدافعة الكهربائيَّة المتناوبة ، يولد تياراً متناوباً في الملف الإبتدائي .

٢- ينشأ مجال مغناطيسي متناوب داخل الملف الإبتدائي (أي متغير في المقدار والإتجاه) .

٣- تولد هذا المجال يوفر تغيراً مستمراً في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي .

٤- يؤدي ما سبق إلى ديمومة التَّيَّار الحثي المتناوب في الملف الثانوي ، وذلك وفقاً لقانون فارادي) .

<u>خصائص متعلقة بالمحول الكهربائي</u>

١- النسبة بين فرق الجهد تساوي النسبة بين عدد لفات الملفين الإبتدائي والثانوي :-

$$\frac{جـ_{١}}{جـ_{٢}} = \frac{ن_{١}}{ن_{٢}}$$ ، حيث أنَّ

جـ١ :- القوة الدافعة الكهربائيَّة أو فرق الجهد بين طرفي الملف الإبتدائي .

جـ٢ :- القوة الدافعة الكهربائيَّة الثانوية (الحثية) أو فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي .

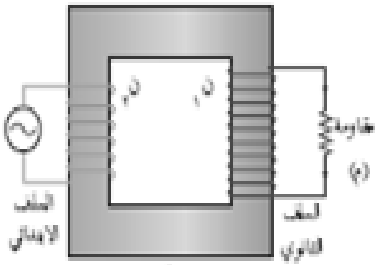
ن١ :- عدد لفات الملف الإبتدائي .

ن٢ :- عدد لفات الملف الثانوي .

٢- تنقسم المحولات إلى نوعين :-

أ- محول رافع للجهد ، حيث أنَّ

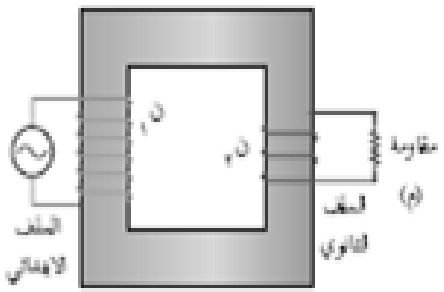
ن٢ > ن١ ⟵ جـ٢ > جـ١



ويستخدم هذا النوع من المحولات في شبكات توزيع الطَّاقة الكهربائيَّة ، حيث أنَّه يقوم برفع الجهد الكهربائي ،

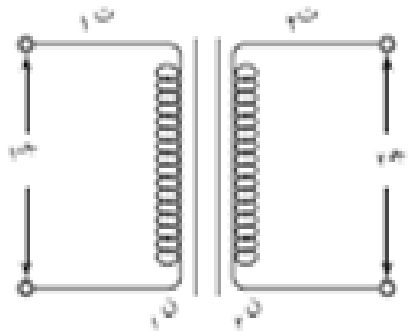
ب- محول خافض للجهد ، حيث أنَّ

ن١ > ن٢ ⟵ جـ١ > جـ٢



ويستخدم هذا النوع من المحولات في الهواتف المحمولة ، حيث أنَّه يقوم بخفض الجهد الكهربائي ،

ويرمز للمحول الكهربائي في الدارات الكهربائيَّة بالرمز التالي - وذلك لأغراض الدراسة فقط - .



كفاءة المحول (Transformer Efficiency)

لاحظ أنَّ المحول يتكون من دارتين كهربائيتين ، دارة الملف الإبتدائي و دارة الملف الثانوي ، وبما أنَّ المحول يعمل على رفع أو خفض الجهد فإنَّ ذلك يتبعه رفع أو خفظ للتيار (قانون أوم) ، وبمعنى آخر يقوم المحول بخفض أو رفع الطَّاقة الكهربائيَّة (ط = جـ × ت × ز) .

ويكون المحول مثالياً إذا لم يحدث فقد للطاقة خلال عملية التحويل ، وعندئذٍ يعبر عن ذلك بقولنا : إنَّ كفاءة المحول المثالي تساوي ١٠٠ % .

ولكن من المعروف لنا أنَّ الطَّاقة الكهربائيَّة يفقد جزء منها بسبب مقاومة الأسلاك والملفات وغيرها ففي المحول الكهربائي يتم فقد الطَّاقة الكهربائيَّة على شكل طاقة حرارية في الأسلاك ، وكذلك يمكن للطاقة أن تضيع بسبب عدم إختراق جميع خطوط المجال الناشئ في الملف الإبتدائي للملف الثانوي .

ومما سبق نستنتج أنَّ الطَّاقة الداخلة للمحول أكبر من الطَّاقة الخارجة منه بسبب الضياعات التي تتعرض لها ، وبما أنَّ القدرة هي معدل الطَّاقة بالنسبة للزمن ، فإنَّه :-

$$\text{كفاءة المحول} = \frac{\text{القدرة الكهربائيَّة الخارجة (العظمى)}}{\text{القدرة الكهربائيَّة الداخلة}} \times ١٠٠ \%$$

وبما أنَّ : القدرة الكهربائيَّة = التَّيَّار (ت) × فرق الجهد الكهربائي (جـ) .

ومن هنا فيمكننا كتابة المعادلة السابقة على النحو التالي :-

$$\text{كفاءة المحول} = \frac{ت_٢ \times جـ_٢}{ت_١ \times جـ_١} \times ١٠٠ \%$$

حيث أنَّ $ت_٢$:- هو أكبر تيار يمكن الحصول عليه في الملف الثانوي ، أي حين تكون القدرة الكهربائيَّة الخارجة قيمة عظمى ، والذي يحدد قيمة تيار الملف الثانوي هو مقاومة الجهاز الموصول به .

**إذا كان المحول مثالياً فإنَّ المعادلة السابقة تصبح على النحو التالي :-

$$\frac{ت_٢ \times جـ_٢}{ت_١ \times جـ_١} = ١ \leftarrow ت١ \times جـ١ = ت٢ \times جـ٢ \quad \text{ومن هنا} \quad \frac{جـ_٢}{جـ_١} = \frac{ت_١}{ت_٢}$$

السؤال الأول :- يقوم محول كهربائي بتحويل فرق الجهد الكهربائي من ٢٢٠ فولت إلى ٢٠ فولت فإذا كان عدد لفات الملف الإبتدائي ٤٤٠ لفة ، أجب عما يلي :-

١- كم عدد لفات الملف الثانوي ؟
٢- ما نوع المحول ؟

$$\frac{جـ_١}{جـ_٢} = \frac{ن_١}{ن_٢} \leftarrow \frac{٢٢٠}{٢٠} = \frac{٤٤٠}{ن_٢} \leftarrow ن_٢ = ٤٠ \text{ لفة .}$$

بما أنَّ $ن_١ > ن_٢$ ← $جـ_١ > جـ_٢$ ، إذن المحول خافض للجهد .

السؤال الثاني :- في إحدى الدوائر الكهربائيَّة تم إستخدام محول النسبة بين جهد ملفه الإبتدائي وجهد ملفه الثانوي تساوي (٨ : ٢) ، أجب عما يلي :-

١- حدد نوع المحول ؟
٢- أيهما أكبر عدد لفات الملف الإبتدائي أم الملف الثانوي ؟
٣- إذا كانت الفولتية الخارجة منه ٤٠ فولت ، أحسب مقدار الفولتية الداخلة إليه ؟

الحل :-

١- النسبة (٨ : ٢) تساوي (٤ : ١) ومن هنا يتضح انَّ فولتية الملف الإبتدائي هي أربع أضعاف فولتية الملف الثانوي ، لذلك فالمحول خافض للجهد .
٢- النسبة (٨ : ٢) تساوي (٤ : ١) ومن هنا يتضح انَّ فولتية الملف الإبتدائي هي أربع أضعاف فولتية الملف الثانوي ، إذن فولتية الملف الإبتدائي = ١٦٠ فولت ، والآن نقوم بضرب النسبة (٤ : ١) بالرقم ٢ لتصبح (٨ : ٢) ومن هنا تصبح الفولتية الدَّاخلة (فولتية الملف الإبتدائي) تساوي ٣٢٠ فولت .

السؤال الثالث :- محول كهربائي عدد لفات ملفه الإبتدائي (٣٠٠ لفة) والثانوي (٦٠ لفة) ، إذا كان فرق الجهد بين طرفي الملف الإبتدائي (١٠٠ فولت) وقدار التَّيَّار المتناوب المار فيه ٠،٢ أمبير ، فإحسب فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي ، ومقدار التَّيَّار المتناوب فيه ، إذا كانت كفاءة المحول :-

١- ١٠٠ %
٢- قدرة الملف الثانوي إذا كانت كفاءة المحول ٦٠ % .
٣- تيار الملف الثانوي إذا كانت كفاءة المحول ٦٠ % .

الحل :-

١- إذا كانت كفاءة المحول ١٠٠ % ؛ أي أنّض المحول مثالي :-

$$\frac{\text{جـ}_1}{\text{جـ}_2} = \frac{\text{ن}_1}{\text{ن}_2} \quad \text{ومن هنا} \quad \text{جـ}_2 \times \text{ن}_1 = \text{جـ}_1 \times \text{ن}_2$$

٣٠٠ جـ$_2$ = ١٠٠ × ٦٠ ⟵ جـ$_2$ = ٢٠ فولت .

وتناولنا سابقاً أنَّه في المحول المثالي فإنَّ :

$$\frac{\text{جـ}_2}{\text{جـ}_1} = \frac{\text{ت}_1}{\text{ت}_2} \quad \text{ومن هنا} \quad \text{جـ}_2 \times \text{ت}_2 = \text{جـ}_1 \times \text{ت}_1$$

٢٠ × ت$_2$ = ١٠٠ × ٠،٢ ⟵ ت$_2$ = ١ أمبير .

٢- إذا كانت كفاءة المحول ٦٠ % ، فإنَّ قدرة الملف الثانوي تحسب من المعادلة :

$$\text{كفاءة المحول} = \frac{\text{ت}_2 \times \text{جـ}_2}{\text{ت}_1 \times \text{جـ}_1} \times ١٠٠ \%$$

$$\frac{٦٠}{١٠٠} = \frac{\text{ت}_2 \times \text{جـ}_2}{١٠٠ \times ٠،٢} \times \frac{١٠٠}{١٠٠}$$

قدرة الملف الثانوي = ت$_2$ × جـ$_2$ = ١٢ واط

٣- قدرة الملف الثانوي = ت$_2$ × جـ$_2$ ⟵ $\text{ت}_2 = \frac{\text{قدرة الملف الثانوي}}{\text{جـ}_2}$

$$\text{ت}_2 = \frac{١٢}{٢٠} = ٠،٦ \text{ أمبير} .$$

السؤال الرابع :- إذا كان لديك محول ، عدد لفات ملفه الإبتدائي (٨٠٠) لفة والثانوي (٥ لفات) ، وتيار ملفه الإبتدائي ١ أمبير ، فكم يكون التَّيَّار في ملفه الثانوي ؟ كيف يمكن الإستفادة من هذا التَّيَّار ؟ (على فرض أنَّ المحول مثالي) وهل يمكن إستخدام مثل هذا المحول في آلات اللحام ، فسر إجابتك ؟

$$\frac{جـ_١}{جـ_٢} = \frac{ن_١}{ن_٢} \longleftarrow \frac{جـ_١}{جـ_٢} = \frac{٨٠٠}{٥}$$

جـ$_١$ = ١٦٠ جـ$_٢$

وبما أنَّ المحول مثالي ، أي أنَّ كفائته تساوي (١٠٠ %) وعليه فإنَّ

قدرة الملف الإبتدائي = قدرة الملف الثانوي

جـ$_١$ × ت$_١$ = جـ$_٢$ × ت$_٢$ ⟵ ١٦٠ جـ٢ × ١ = جـ$_٢$ × ت$_٢$ ⟵ ت$_٢$ = ١٦٠ أمبير .

وكما نلاحظ أنَّ التَّيَّار عالي جداً ، وبذلك يمكن لنا إستخدام هذا المحول في آلات اللِّحام لأنَّه قادر على صهر الحديد .

ملاحظات :-

١- المحول رافع الجهد يسمى المحول خافض التَّيَّار ، أي أنَّ (ت$_١$ > ت$_٢$) .
٢- المحول خافض الجهد يسمى المحول رافع التَّيَّار ، أي أنَّ (ت$_٢$ > ت $_١$) .

نقل الطَّاقة الكهربائيَّة (Electric Energy Transfer)

تمر الطَّاقة الكهربائيَّة قبل إستعمالها في أربعة مراحل :-

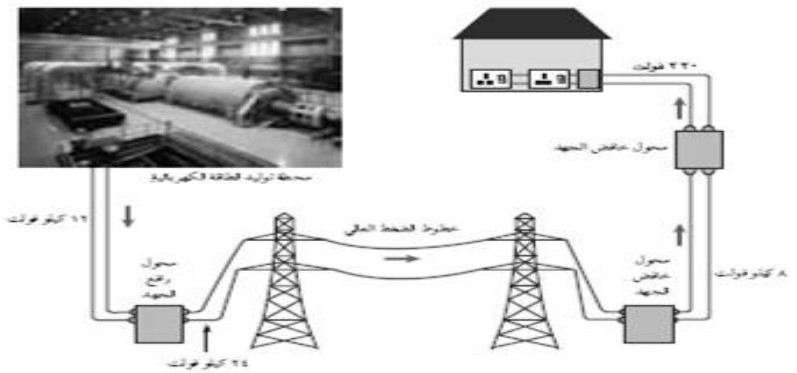
١- تستخدم مولدات كهربائية ضخمة لإنتاج الطَّاقة الكهربائيَّة في محطات التوليد .
٢- تنقل الطَّاقة الكهربائيَّة إلى المنازل والمصانع وغيرها بواسطة شبكة من أسلاك التوصيل (تسمى الشبكة الوطنية لتوزيع الكهرباء) حيث أنَّها تمتد إلى مئات الكيلومترات .
وتستعمل هذه الشبكة الأسلاك النحاسية جيدة التوصيل ذات المقاومة القليلة ، وتتعرض الطَّاقة الكهربائيَّة للفقد بسبب طول المسافة ومقاومة الأسلاك حيث أنَّها تضيع على شكل طاقة حرارية في الأسلاك ، وكما تناولنا سابقاً فإنَّ القدرة الضائعة = ت^{٢} × م .

ولتغلب على هذه المشكلة نقوم بما يلي :-

أ- تقليل مقاومة أسلاك التوصيل ، وهذا غير ممكن لأنَّ العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصل (طوله ، مساحة مقطعه ، ومقاوميته) من الصعب جداً تغييرها .
ب- تقليل التَّيَّار الكهربائي المار في أسلاك الشبكة ما أمكن ، وهذا ما يتم فعلاً .

ولجعل الطَّاقة الكهربائيَّة تقطع مسافات طويلة بالرغم ما تتعرض له من فقد ، يتم إستخدام محولات رافعة للجهد الكهربائي ، فعند رفع الجهد الكهربائي يقل التَّيَّار لأنَّ القدرة الكهربائيَّة ثابتة المقدار وبالتالي وبما أنَّ الطَّاقة تتناسب طردياً مع (ت^{٢}) فإنَّ فقدانها يقل .

٣- يتم بعد ذلك تخفيض الجهد الكهربائي إلى الحد المطلوب وتوزيعه على المستهلكين للإستفادة من الطَّاقة الكهربائيَّة .



حلول أسئلة الفصل

١- التَّيَّار الحثي : تيار ينشأ عن تغير التدفق المغناطيسي عبر دارة ما .
القوة الدافعة الحثية : هي القوة الكهربائيَّة الناشئة بين طرفي سلك عندما يقطع خطوط المجال المغناطيسي ، أو الناشئة عن تغير التدفق المغناطيسي عبر دارة ما .
ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي : ظاهرة تولد تياراً حثياً من قوة دافعة كهربائية حثية .

٢- الشكل (١) الخطأ هو إضاءة المصباح عبر وصلة بمحول يعمل على تيار مستمر .
المصباح يضيء لحظة إغلاق الدارة ، لأنَّ التدفق المغناطيسي يتغير في تلك اللحظة ،
الشكل (٢) الخطأ هو إنحراف مؤشر الغلفانوميتر .
بما أنَّ الموصل يتحرك بإتجاه موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي ، لذلك لا يحدث تقطيع لخطوط المجال المغناطيسي ولا ينحرف مؤشر الغلفانوميتر .

٣- أ- ينحرف مؤشر الغلفانوميتر بإتجاه معين حسب قاعدة لنز .
ب- يتأرجح مؤشر الغلفانوميتر إلى اليمين و اليسار .
ج- ينحرف مؤشر الغلفانوميتر بعكس إتجاه إنحرافه في الحالة (أ) .
د- يعود المؤشر إلى الوضع الصفري .

٤- عند تقريب المغناطيس من الملف ونتيجة لزيادة عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الملف ، يتغير التدفق المغناطيسي وتتولد قوة دافعة كهربائية حثية ، وحسب قاعدة لنز يحدث زيادة في التدفق المغناطيسي ، وينشأ تيار يقاوم المولد له بعكس إتجاهه ، ويكون إتجاه التَّيَّار الحثي في الملف الدائري بعكس دوران عقارب الساعة .

٥- أ- عند إمعان النظر في الشكلين (أ ، ب) نلاحظ زيادة مساحة سطح الملف في الشكل (ب) مما سبب زيادة في عدد خطوط المجال المغناطيسي التي عبرت سطحه بمقدار (٣) خطوط ، وبالتالي يتغير التدفق المغناطيسي داخل الملف ويتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ، مما يؤدي إلى توليد تيار حثي فينحرف مؤشر الغلفانوميتر .

٦- في الحالة (ب) أبعد القطب الشمالي المغناطيسي وبسرعة أكبر من سرعة إقترابه في الشكل (أ) ، وحسب قاعدة لنز حدث نقصان في التدفق المغناطيسي أدى إلى نشوء تيار حثي في الملف يقاوم المولد له بنفس إتجاهه ، لذلك ينعكس إتجاه التَّيَّار الحثي المار في الملف ، مما يؤدي إلى إنحراف مؤشر الغلفانوميتر بالإتجاه المعاكس .

٧-

$$\frac{\text{جـ}_1}{\text{جـ}_2} = \frac{\text{ن}_1}{\text{ن}_2}$$

$$\frac{١٢}{\text{جـ}_2} = \frac{١٠٠}{٥٠}$$ ، جـ$_2$ = ٦ فولت والمحول خافض للجهد لأنَّ (ن$_2$ < ن$_1$) .

٨- أ- القدرة المدخلة = جـ$_1$ × ت$_1$ = ٢٠٠ × ٣ = ٦٠٠ واط .

ب- $$\frac{\text{جـ}_1}{\text{جـ}_2} = \frac{\text{ن}_1}{\text{ن}_2}$$

$$\frac{٢٠٠}{\text{جـ}_2} = \frac{١٠٠}{٤٠}$$ ، جـ$_2$ = ٨٠ فولت .

القدرة الخارجة = جـ$_2$ × ت$_2$ = ٨٠ × ٥ = ٤٠٠ واط .

ج- كفاءة المحول = $\frac{\text{القدرة الكهربائيَّة الخارجة (العظمى)}}{\text{القدرة الكهربائيَّة الداخلة}}$ × ١٠٠ %

$$= \frac{٤٠٠}{٦٠٠} \times ١٠٠\ \% = ٦٦،٧\ \%$$.

د - $$\frac{\text{جـ}_1}{\text{جـ}_2} = \frac{\text{ن}_1}{\text{ن}_2}$$

$$\frac{٢٠٠}{\text{جـ}_2} = \frac{١٠٠}{٤٠}$$ من هنا جـ$_2$ = ٨٠ فولت .

هـ - المحول خافض للجهد لأنَّ (ن$_2$ < ن$_1$) .

٩- كفاءة المحول = $\frac{\text{القدرة الكهربائيَّة الخارجة (العظمى)}}{\text{القدرة الكهربائيَّة الداخلة}} \times ١٠٠ \%$

$= \frac{\text{القدرة الكهربائيَّة الخارجة (العظمى)}}{٦٠٠} \times ١٠٠ \% = ٩٥ \%$

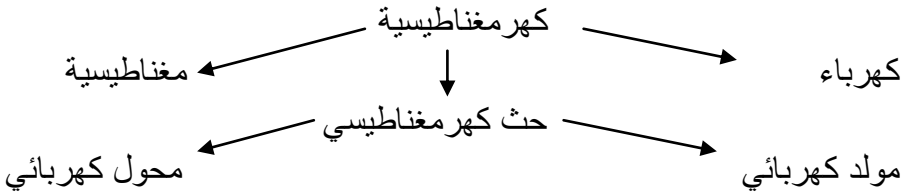
القدرة الكهربائيَّة الخارجة (العظمى) = ٥٧٠ واط ,

$\frac{\text{جـ}_١}{\text{جـ}_٢} = \frac{\text{ن}_١}{\text{ن}_٢}$ من هنا $\frac{١٢٠}{\text{جـ}_٢} = \frac{\text{ن}_١}{\text{ن}_١^٢}$ من هنا جـ$_٢$ = ٢٤٠ فولت .

القدرة الخارجة = جـ$_٢$ × ت$_٢$

٥٧٠ = ٢٤٠ ت$_٢$ ومن هنا ت$_٢$ = $\frac{٥٧}{٢٤}$ = ٢،٣٧٥ أمبير .

١٠-



١١- عندما يؤثر تيار هوائي على المروحة فإنَّها تتحرك وتدور ، وبما أن الملف والمروحة متصلان بمحور مشترك لذلك يدور الملف ، وفي أثناء دورانه يتغير عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطح الملف ، مما يؤدي إلى تغير التدفق المغناطيسي فيه وتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه تسبب مرور تيار حثي حسب قاعدة لنز ، فيضيئ المصباح الكهربائي .

١٢- أ- المحول (١)

محول رافع جهد ، والهدف من إستخدامه تقليل التَّيَّار الكهربائي المار في أسلاك الشبكة ، وذلك لتقليل الطَّاقة الكهربائيَّة المفقودة ما أمكن .

ب- المحول (٢)

يخفض الجهد الكهربائي ، وذلك ليناسب الإستخدامات الكهربائيَّة المنزلية ويحقق شروط السلامة العامة .

ج- خطوط الضغط العالي

تعني أنَّ الجهد الكهربائي للأسلاك عالي ، وتوضع بجانبها عبارة " خطر الموت " لأنَّه إذا إقترب منها الشخص – وخاصة في الجو الرطب – قد يحدث تفريغ كهربائي عبر الشخص إلى الأرض تؤدي إلى صعقه .

تمَّ بحمد الله