

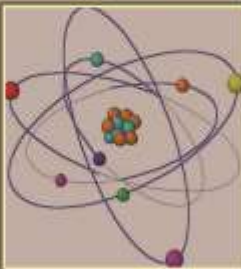


المعاهد الصناعية الثانوية

الحقيبة التدريبية:

فيزياء - ٢

لجميع التخصصات



$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$





مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية **التمهيدية** لمتدربي دبلوم للمعاهد الصناعية الثانوية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص. والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله - عز وجل - أن تسهم بالشكل المباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب ميسر يخلو من التعقيد، مزود بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات. والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء .

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الفهرس

رقم الصفحة	الموضوع
1	المقدمة
4	تمهيد
5	الوحدة الأولى: التيار الكهربائي .



6	1-1 مقدمة .
رقم الصفحة	الموضوع
37 8	1-3 التجربة رقم (3): توصيل المقاومات على التوازي .
39 11	1-4 الأجهلة الكهربائية .
42 13	1-5 الوحدة الكهربائية المكثف الكهربائي .
43 14	1-6 توصيل المكثف الكهربائي في الدائرة .
43 15	1-7 توصيل المكثف الكهربائي في الدائرة .
44 16	1-8 قانون أوم .
19	تجربة رقم (1) : قانون أوم .
21	الأسئلة .
23	الوحدة الثانية : توصيل المقاومات .
24	2-1 مقدمة .
24	2-2 ربط المقاومات على التوالي .
27	2-3 ربط المقاومات على التوازي .
31	2-4 التوصيل المركب للمقاومات .
34	تجربة رقم (2) : توصيل المقاومات على التوالي .



47	3-4 سعة المكثف ذو اللوحين المتوازيين .
51	تجربة رقم (4) : سعة المكثف .
55	الأسئلة .
57	الوحدة الرابعة : توصيل المكثفات .
58	4-1 مقدمة .
58	4-2 توصيل المكثفات على التوازي .
60	4-3 توصيل المكثفات على التوالي .
63	4-4 التوصيل المركب للمكثفات .
66	تجربة رقم (5) : توصيل المكثفات .
68	الأسئلة .
69	الملاحق :
69	الملحق (أ) : معادلات التحويل بين وحدات القياس .
71	الملحق (ب) : الكتابة العلمية للأعداد .
73	المراجع

تمهيد

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين وبعد:
أخي المتدرب: إن علم الفيزياء يهتم بدراسة الظواهر الطبيعية وبخصائص المادة في ضوء مبادئ وقوانين أساسية.

وهذه الحقيبة التي بين يديك هي عونٌ لك - بعد توفيق الله عز وجل- على فهم بعض الظواهر التي تعاشها لتستشعر بذلك عظمة الله الخالق - عز وجل- في إبداعه ودقة خلقه ، هذا بالإضافة إلى أن علم الفيزياء يعد ركناً أساسياً لدراسة العلوم التطبيقية والتقنية التي سخرت بدورها تلك المفاهيم والمبادئ الأساسية في إنتاج العديد من الأجهزة والآلات المختلفة التي لا غنى عنها اليوم.

لقد روعي في وضع مادة هذه الحقيبة أن تحتوي على الجوانب الثلاث الأساسية في تعلم الفيزياء، الجانب النظري، والجانب التطبيقي من خلال الأمثلة التطبيقية، و الجانب التجريبي العملي التي تتحقق من صحة القوانين النظرية، وبذلك تكتمل المنظومة الفيزيائية،



و التي يتوقع من خلالها- بإذن الله- تقريب المفاهيم الفيزيائية بإسلوب سهل ومناسب لجميع أقسام المعاهد المهنية الصناعية .

تحتوي هذه الحقيبة أربع وحدات : ١-التيار الكهربائي . ٢- توصيل المقاومات ٣-المكثفات . ٤-توصيل المكثفات .

وغاية ما نرجوه من هذا الجهد أن يكون لبنة في بناء جيل مزود بذخيرة علمية تقدم نواة صالحة للنهوض بمجتمعنا إلى أعلى المستويات ، وأن يجد أبنائنا الطلاب كل فائدة فيه، وأن يتقبله الزملاء الأساتذة بحسن الرضى والارتياح، وأن يدلوا بدلهم بملحوظة هادفة أو نقد بناء لتفادي الهفوات والثغرات، وإتمام العمل على الوجه الأمثل-إن شاء الله-.
سدد الله على دروب الخير خطانا ، والله الموفق.



الوحدة الأولى

التيار الكهربائي



التيار الكهربائي

الهدف العام :

التعرف على التيار الكهربائي .

الأهداف الخاصة :

في نهاية دراسة هذه الوحدة ستكون قادرًا - بإذن الله - على أن :

١. تعرف التيار الكهربائي .
٢. تذكر وحدة قياس التيار الكهربائي وتعرفها .
٣. تعرف فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين .
٤. تذكر وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي و تعرفها .
٥. تذكر مكونات الدائرة الكهربائية السهلة .
٦. ترسم دائرة كهربائية سهلة و تبين فيها كيف يتم ربط مقياس التيار و مقياس الجهد الكهربائي .
٧. تذكر قانون (أوم) نصاً و رياضياً .
٨. ترسم العلاقة البيانية بين التيار و الجهد الكهربائي، و تحدد نوع العلاقة بينهما .
٩. تعرف المقاومة الكهربائية .
١٠. تذكر وحدة قياس المقاومة و تعرفها .
١١. تطبق المهارات السابقة في حل التمارين و التطبيقات المتعلقة فيها .

العملي:

١٢. تتحقق من قانون (أوم) عملياً، وتحسب قيمة مقاومة مجهولة باستخدام ميل الخط البياني .

التيار الكهربائي

1-1 مقدمة :

الكهرباء هي أحد أشكال الطاقة ، ويمكن إنتاجها من أنواع أخرى للطاقة، ولعل أولى التساؤلات التي تطرأ على أذهاننا هي :
ما الكهرباء؟ وما الشحنات الكهربائية؟ وما خواصها؟ :-
وبداية تاريخية فإن لفظ الكهرباء مشتقة من مادة الكهرمان وهي مادة صفراء اللون شبه شفافة ولها خاصية جذب الأجسام الخفيفة وذلك بعد دلكها بجسم آخر . و تعارف الناس بعد ذلك أن أي مادة لها خاصية مادة الكهرمان نفسها أنها ذات طبيعة كهربائية ، إذن ظاهرة الكهرباء هي ظاهرة تنشأ من تكوين شحنة كهربائية على جسم بفعل الاحتكاك أو الحرارة



أو تحت ظروف فيزيائية معينة، حيث يكتسب الجسم من جراء هذه الشحنة قوة جذب أو تنافر مع أجسام أخرى تمتلك الخاصية نفسها . إن جميع الظواهر الكهربائية تعتمد على شحنات كهربائية موجبة وسالبة تتأثر فيما بينها بقوى كهربائية . و تعد الذرات مصدرًا للشحنات الكهربائية . وينظر إلى الذرة في الوقت الحاضر على أنها وحدة صغيرة تتكون من أجزاء مختلفة وهي كما يلي :

١. النواة و تمثل معظم كتلة الذرة و تقع في وسطها و تحتوي على :
(أ) بروتون : وهو : جسيم شحنته موجبة وله كتلة أكبر من كتلة الإلكترون
ب ١٨٣٦ مرة تقريباً . وللبروتون وحدة شحنة موجبة واحدة تعادل شحنة الإلكترون .

(ب) نيوترون : جسم غير مشحون كهربائياً (متعادل الشحنة) له كتلة مساوية لكتلة البروتون تقريباً.

٢. الإلكترونات وهي جسيمات تحيط بالنواة و تدور حولها في مدارات مختلفة، وهي سالبة الشحنة ، ولكل إلكترون وحدة شحنة سالبة واحدة. وتعرف الإلكترونات بالمدار الخارجي (الأخير) بالإلكترونات التكافؤ، وهي التي تحدد الخواص الكهربائية للعنصر .

1-2 المواد الموصلة والمواد العازلة :

يمكن تقسيم المواد حسب قابليتها لنقل الشحنات الكهربائية إلى ثلاثة مجموعات :

١. مواد موصلة : وهي المواد التي تنقل الشحنات الكهربائية خلالها بحرية وذلك بسبب احتوائها على إلكترونات حرة الحركة لأن طاقة ارتباطها بالنواة ضعيفة مثل المعادن .
٢. مواد عازلة : وهي المواد التي لا تنقل الشحنات الكهربائية خلالها بسهولة وذلك بسبب ارتباط إلكتروناتها بذراتها ارتباطاً قوياً لا يمكنها الانتقال من ذرة إلى أخرى في المادة . مثل الزجاج ، البلاستيك ، الخشب ... الخ
٣. مواد شبه موصلة : وهي المواد التي يتراوح توصيلها الكهربائي بين الموصلات والعوازل مثل

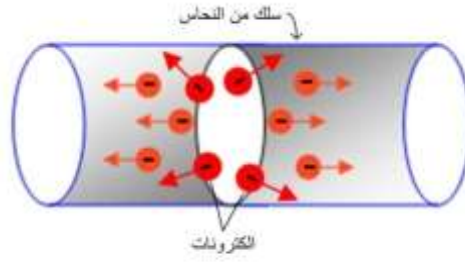
السليكون والجرمانيوم و الكربون و الرصاص . وتستخدم أشباه الموصلات في صناعة الترانزستور .

1-3 التيار الكهربائي :

تعلمنا سابقاً أن المعادن تعد مواد موصلة للكهرباء، وذلك بسبب امتلاكها أعداداً هائلة من الإلكترونات الحرة القادرة على التحرك من مكان إلى آخر داخل المادة، ولكن حركة هذه الإلكترونات حركة عشوائية في اتجاهات مختلفة، فلو تصورنا مقطعاً عرضياً

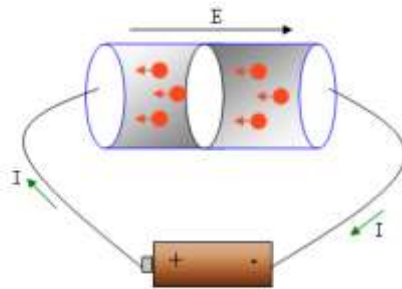


في سلك موصل كالنحاس مثلاً كما في الشكل (1-1) لوجدنا أن محصلة الإلكترونات (الشحنات الكهربائية) التي تعبر المقطع في اتجاه واحد تساوي صفراً.



شكل (1-1) حركة الإلكترونات عشوائية .

وإذا وصل طرفا السلك ببطارية (مصدر قدرة كهربائية) فإن مجالاً كهربائياً ينشأ خلال السلك ، مما يؤدي إلى حركة الإلكترونات الحرة في اتجاه واحد يعاكس اتجاه المجال كما في الشكل (1-2) . ويطلق على حركة الإلكترونات في اتجاه واحد داخل الموصل بالتيار الكهربائي.



شكل (1-2) حركة الإلكترونات في اتجاه واحد بسبب تأثير المجال الكهربائي .

وتعرّف شدة التيار الكهربائي بأنها:

شدة التيار الكهربائي : هي كمية الشحنة q التي تعبر مقطع من الموصل في الثانية الواحدة .

و تحسب رياضياً على النحو الآتي:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1)$$



حيث I : شدة التيار الكهربائي وتقاس في النظام العالمي بوحدة أمبير A ولقياس التيارات الصغيرة نستخدم وحدات صغيرة كالأملي أمبير mA أو الميكرو أمبير μA حيث إن :

$$1 A = 1000 mA = 10^3 mA$$

$$1 A = 1000000 \mu A = 10^6 \mu A$$

q : مقدار الشحنة الكهربائية و تقاس في النظام الدولي بوحدة الكولوم C .

t : الزمن و تقاس بوحدة الثانية s .

و لتعريف الأمبير نستخدم المعادلة السابقة (1-5) على النحو الآتي :

$$1 A = \frac{1 C}{1 s}$$

الأمبير : هو مقدار شدة التيار الكهربائي الناتج عن حركة شحنة كهربائية مقدارها كولوم $(1C)$ تعبر مقطع من الموصل في الثانية الواحدة .

مثال (1-1) :

إذا كان مقدار شدة التيار المار خلال فتيلة مصباح كهربائي هو $1 A$ كم مقدار الشحنة المارة فيها خلال ثانية ؟ وكم عدد الإلكترونات المتدفقة من خلالها ؟ . علماً أن مقدار شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$.

الحل :

$$I = 1 A , \quad t = 1 s$$

-١

$$q = ? \quad \text{شحنة المارة}$$

$$q = I t$$

$$q = 1 \times 1 = 1 C$$

٢- لنفرض أن عدد الإلكترونات المارة في الثانية الواحدة هو n و التي تحمل كمية من

الشحنة مقدارها $q = 1 C$ و بما أن شحنة الإلكترون الواحد تساوي

$e = 1.6 \times 10^{-19} C$ إذن عدد الإلكترونات n هو :

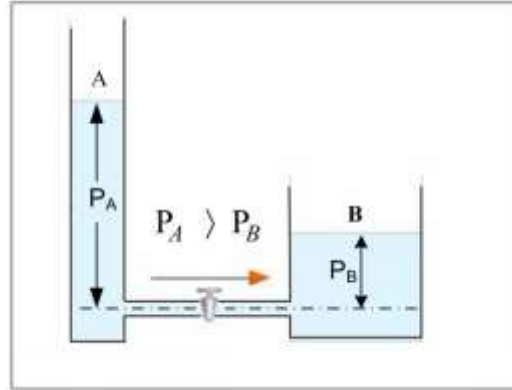
$$n = \frac{q}{e}$$

$$n = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18} \text{ electron}$$



1-4 الجهد الكهربائي :

لنفرض أن لدينا كُرتين من المعدن مشحونتين كهربائياً ، إذا حدث بينها تلامس فإن الشحنات الكهربائية تبدأ بالانتقال من الكرة ذات الجهد الكهربائي المرتفع إلى الكرة ذات الجهد المنخفض ، ويستمر هذا الانتقال حتى يتساوى الجهد الكهربائي في كلا الكرتين . إن انتقال الشحنات الكهربائية بين الأجسام أو من نقطة إلى أخرى ضمن المجال الكهربائي في الموصل يشبه تماماً بعض الظواهر الطبيعية الأخرى التي نلاحظها في حياتنا اليومية ، فمثلاً تنتقل الحرارة بين الأجسام حين تلامسها من الجسم الساخن إلى الجسم البارد ويستمر هذا الانتقال حتى يحدث الإتزان الحراري بينهما، وكذلك ينتقل الماء من الضغط العالي في الإناء A إلى الضغط المنخفض في الإناء B كما في الشكل (1-3) حتى يتساوى ضغط الماء في الإناءين أي حينما يتساوى سطح الماء في الإناءين .



شكل (1-3) ينتقل الماء من الإناء A إلى الإناء B بسبب اختلاف ضغط الماء وذلك حين فتح الصمام .

ويعرف فرق الجهد بين نقطتين كما يلي :

فرق الجهد بين نقطتين : هو التغير الحاصل في الطاقة الكامنة الكهربائية مقسوماً على كمية الشحنة المنقولة من إحدى النقطتين إلى الأخرى .

فإذا كان مقدار التغير في الطاقة الكامنة الكهربائية U اللازمة لنقل كمية الشحنة q بين النقطتين فإن مقدار فرق الجهد V يحسب كما يلي :

$$V = \frac{U}{q}$$

(1-2)



- حيث إن U : التغير في الطاقة الكامنة الكهربائية و تقاس في النظام الدولي بوحدة الجول J .
 q : كمية الشحنة و تقاس بوحدة الكولوم C .
 V : فرق الجهد بين نقطتين و تقاس في النظام الدولي بوحدة الفولت V .
 ومن المعادلة (2-5) يمكن تعريف الفولت حيث إن :

$$1 V = \frac{1 J}{1 C}$$

و على ذلك يكون تعريف الفولت كما يلي :

الفولت : هو مقدار فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين ، حينما تنتقل وحدة الشحنات الكهربائية بينهما يكون مقدار التغير في الطاقة الكامنة الكهربائية ١ جول .

مثال (1-2) :

إذا كان فرق الجهد بين طرفي بطارية $9 V$ ، كم مقدار الطاقة التي يفقدها لدفع شحنة كهربائية مقدارها $2 C$ في دائرة كهربائية ؟
 الحل :

$$V = \frac{U}{q}$$

$$\Rightarrow U = V q = 9 \times 2 = 18 J$$

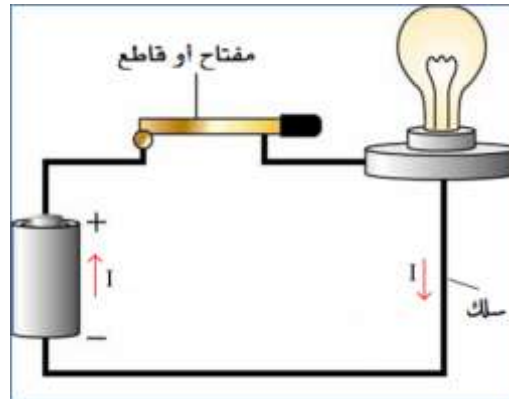
مثال (1-3) :

ماذا تعني العبارة الآتية : فرق الجهد بين نقطتين $6 V$.
 الحل :

تعني أن وحدة الشحنات الكهربائية تستهلك $6 J$ حين انتقالها بين هاتين النقطتين .

1-5 الدائرة الكهربائية السهلة :

يمثل الشكل (1-4) دائرة كهربائية سهلة .



شكل (1-4) دائرة كهربائية سهلة.



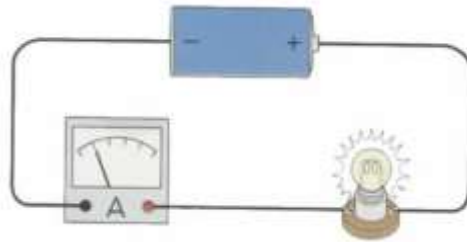
و هي تتكون من العناصر الآتية :

العنصر	مثال	عمله
١	بطارية	يبدل شغلا لدفع الشحنات الكهربائية كي تمر في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية : ١. خارج البطارية من الطرف الموجب الى الطرف السالب. ٢. داخل البطارية من الطرف السالب إلى الطرف الموجب.
٢	مصباح ،مقاومة كهربائية ،تلفاز ، ثلاجة ، فرن الخ	يستهلك الطاقة الكهربائية لتحويلها إلى أشكال أخرى مثل الطاقة الحرارية أو الضوئية أو الصوتية الخ .
٣	أسلاك التوصيل	لربط عناصر الدائرة بعضها ببعض .
٤	مفتاح أو قاطع	للتحكم بمرور التيار أو قطعه . من خلال فتح الدائرة الكهربائية فينقطع التيار أو إغلاقها فيمر التيار في الدائرة .

تعريف الدائرة الكهربائية : مسار يتكون من عناصر كهربائية متصلة بعضها ببعض لمرور التيار الكهربائي من خلاله .

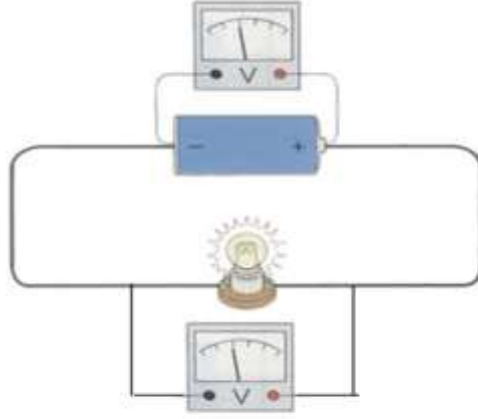
1-6 توصيل أجهزة القياس في الدائرة :

١. **الأميتر :** يستخدم الأميتر لقياس شدة التيار المار بالدائرة . و يوضح الشكل (1-5) طريقة توصيل الأميتر في الدائرة الكهربائية حيث يوصل على التوالي مع المصدر . إن شدة التيار المار في أي جزء من الدائرة متساوية لذلك، فإنه يمكن وضع الأميتر في أي مكان في الدائرة .



شكل (1-5) يوصل الأميتر على التوالي مع مصدر الجهد .

٢. **الفولتميتر :** يستخدم الفولتميتر لقياس فرق الجهد بين نقطتين . و يوضح الشكل (1-6) طريقة توصيل الفولتميتر مع البطارية أو المصباح على التوازي . علماً أن فرق الجهد بين أي نقطتين في دائرة كهربائية يختلف باختلاف موضع هاتين النقطتين ، فكلما زاد مقدار مقاومة عنصر في الدائرة زاد مقدار فرق الجهد بين طرفيه .



شكل (1-6) يوصل الفولتميتر على التوازي مع المصدر أو المصباح .

1-7 تمثيل الدائرة الكهربائية :

لكل عنصر من عناصر الدائرة الكهربائية رمز خاص بها . و تستخدم هذه الرموز في تمثيل الدوائر الكهربائية ، و يبين جدول (1-1) بعض الرموز المشهورة :

الرمز	العنصر	الرمز	العنصر
	مصباح		بطارية
	أميتر		سلك توصيل
	فولتميتر		مقاومة
	مكثف		مفتاح
	مصدر جهد متردد		مقاومة متغيرة

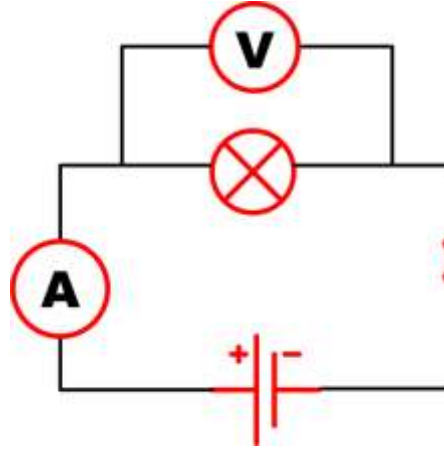
جدول (1-1) رموز العناصر الكهربائية في الدائرة .

مثال (1-4) :

مثل الدائرة الكهربائية في الشكل (4-5) باستخدام رموز العناصر الواردة في جدول (1-1) و بين فيها كيف يتم ربط الأميتر لقياس شدة التيار الكهربائي المار بالدائرة، و كذلك ربط

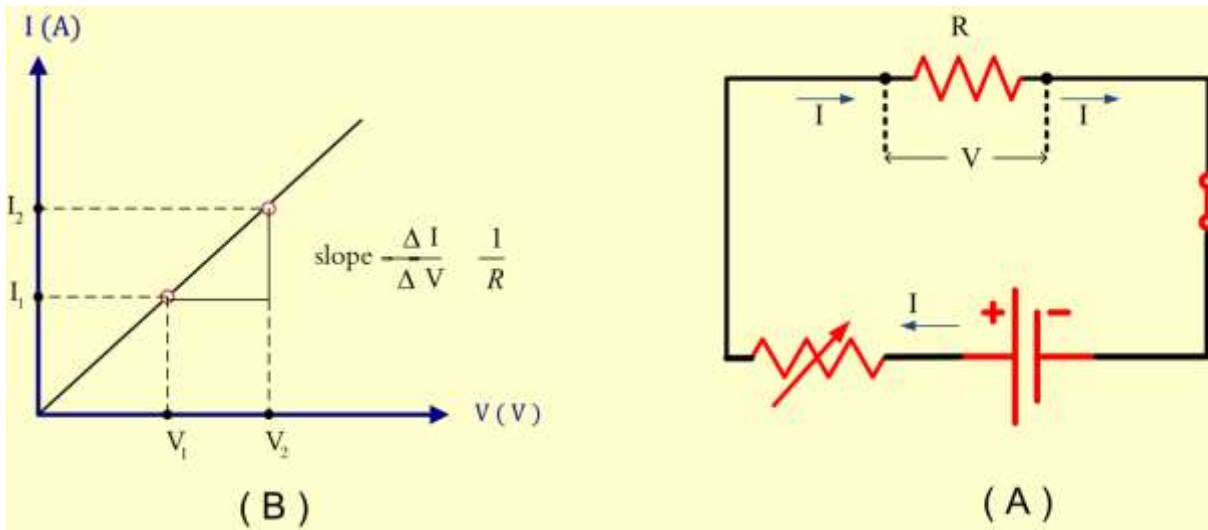


الفولتميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي المصباح .
الحل :



1-8 قانون (أوم) :

لقد قام العالم (جورج أوم) بإجراء تجارب عديدة لإيجاد العلاقة التي تربط بين شدة التيار الكهربائي I المار في موصل مقاومته R ، كما في الدائرة المبينة في الشكل (1-7A) ، و بين فرق الجهد V بين طرفي الموصل .



شكل (1-7) A دائرة كهربائية تحتوي على بطارية و مقاومة و مفتاح و مقاومة متغيرة .
B العلاقة البيانية بين الجهد و التيار .

فوجد أن العلاقة بينهما خطية كما في الشكل (1-7B) و استنتج مايلي :

١. إن شدة التيار الكهربائي المار في الموصل يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفي الموصل حين ثبوت درجة حرارة الموصل .

٢. إذا تضاعف مقدار فرق الجهد بين طرفي الموصل، فإن مقدار شدة التيار المار فيها

يتضاعف و لكن النسبة بينهما

$$\text{مقدار ثابت} = \frac{\text{فرق الجهد بين طرفي الموصل}}{\text{شدة التيار الكهربائي المار فيه}}$$



أي أن المقدار الثابت لا يعتمد عليهما فهو مقدار خاص بالمادة . و إذا ثبتنا قيمة فرق الجهد بين طرفي الموصل و استبدلنا الموصل السابق بموصل آخر نجد أن مقدار شدة التيار الكهربائي المار يختلف من موصل الى آخر. نستنتج من ذلك أن مقدار الثابت يعتمد على طبيعة المادة المكونة للموصل فهي تقيس مقاومة مرور التيار الكهربائي فيه.

فكلما زادت مقاومة الموصل فإن شدة التيار تقل و العكس كذلك صحيح . و بناء على ما سبق يمكن كتابة النسبة السابقة على النحو الآتي :

$$\text{المقاومة الكهربائية} = \frac{\text{فرق الجهد بين طرفي الموصل}}{\text{شدة التيار الكهربائي المار فيه}}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (1-3)$$

و تعرف هذه العلاقة بقانون (أوم) . ويمكن أن نكتبها على الصورة الآتية :

$$V = R I \quad (1-4)$$

حيث إن V : فرق الجهد بين طرفي الموصل ويقاس في النظام الدولي بوحدة الفولت (V) .
 I : شدة التيار الكهربائي المار بالموصل و يقاس في النظام الدولي بوحدة الأمبير .
 (A).

R : المقاومة الكهربائية و تقاس في النظام الدولي بوحدة الأوم (Ω) .
 تعريف المقاومة الكهربائية لمادة ما :

المقاومة الكهربائية : هي مقاومة المادة لمرور التيار الكهربائي فيها .

ولتعريف و حدة القياس أوم (Ω) نستخدم المعادلة (1-3) على النحو الآتي :

$$1 \Omega = \frac{1 V}{1 I}$$

إذن تعريف وحدة الأوم هو :

الأوم : مقدار مقاومة موصل حينما يكون فرق الجهد بين طرفيه $1 V$ فإن تياراً كهربائياً مقداره $1 A$ يسري فيه .

وكما أن المقاومة الكهربائية تستهلك جزءاً من الطاقة، إلا أنها ضرورية لحماية بعض أجزاء الدوائر الكهربائية، حيث تتحكم في شدة التيار المار فيها .

قصور قانون أوم :



يطبق قانون أوم على الموصلات التي تخضع للعلاقة الخطية بين شدة التيار المار فيها و فرق الجهد بين طرفيها حين ثبوت درجة حرارتها . وتعرف هذه المقاومات بمقاومات أومية أو خطية .

بينما الموصلات التي لا تخضع للعلاقة الخطية بين التيار و الجهد، فلا يطبق عليها قانون أوم مثل أشباه الموصلات . وتعرف مثل هذه المقاومات بمقاومات لأومية أو لخطية .

مثال (1-5) :

ما معنى أن المقاومة الكهربائية لموصل 20Ω .

الحل :

$$20 \Omega = \frac{\text{فرق الجهد بين طرفي الموصل}}{\text{شدة التيار الكهربائي المار فيه}}$$

مثال (1-6) :

مدفأة كهربائية تعمل عند فرق جهد مقداره 220 V فإذا كانت شدة التيار المار فيها 10 A . احسب مقاومة سلك المدفأة .

الحل :

$$V = 220 \text{ V} , \quad I = 10 \text{ A}$$

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

$$R = \frac{220}{10} = 22 \Omega$$

مثال (1-7) :

إذا كانت مقاومة موصل نحاسي 35Ω و فرق الجهد بين طرفيه 20 V ، احسب شدة التيار المار فيه .

الحل :

$$R = 35 \Omega , \quad V = 20 \text{ V}$$

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

$$I = \frac{20}{35} = 0.57 \text{ A}$$

تجربة رقم (1) :

اسم التجربة : قانون (أوم)

الهدف من التجربة :

١ . تحقيق قانون أوم عمليا .

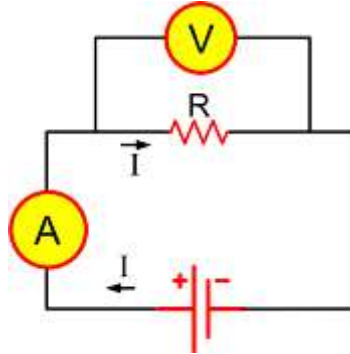
٢ . حساب قيمة مقاومة مجهولة .

أدوات التجربة :

مصدر جهد مستمر له قيم مختلفة - مقاومة - فولتميتر - أميتر - أسلاك توصيل .

**خطوات العمل :**

١. صل الدائرة كما في الشكل (1-8) .



شكل (1-8) .

٢. اضبط فرق الجهد بين طرفي المقاومة عند قيمة مناسبة و لتكن 1 V من مصدر الجهد !
وسجل الجهد و التيار المار في الدائرة ! و دون قراءتك في الجدول (1-2) !.

٣. ارفع فرق الجهد بين طرفي المقاومة من مصدر الجهد! و سجل الجهد و التيار المار في الدائرة !

٤. كرر الخطوة رقم (٣) خمس مرات !

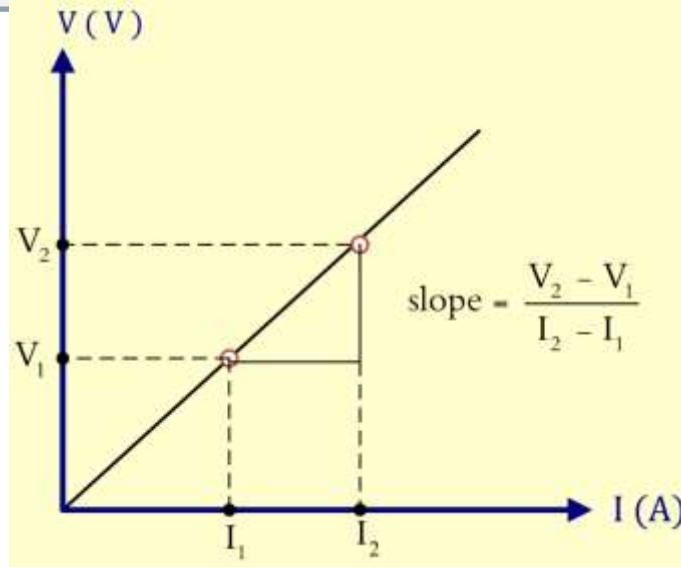
	V (V)	I (A)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

جدول (1-2)

٥. ارسم العلاقة البيانية بين فرق الجهد بين طرفي الموصل مقيسًا بوحدة V على المحور الصادي و شدة التيار بوحدة الأمبير على المحور السيني! . سوف تحصل على خط مستقيم كما في الشكل (1-9) .

٦. احسب الميل (slope) وهو يساوي مقاومة الموصل بوحدة الأوم . حيث إن :

$$R = slope = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$



شكل (1-9) العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي الموصل و التيار المار فيها .

الأسئلة:

- ١- إذا مرت شحنة مقدارها 3 C خلال مقطع من سلك في 0.5 s احسب شدة التيار!
- ٢- يمر تيار شدته 3A خلال سلك أوجد عدد الإلكترونات التي تمر عبر نقطة معينة منه في الثانية ! علمًا بأن شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$
- ٣- عرف كلاً من: التيار الكهربائي - المقاومة الكهربائية - فرق الجهد - قانون أوم !
- ٤- سخان كهربائي مقاومته الكهربائية 3.5Ω ويعمل حينما يكون فرق الجهد بين طرفيه 120 V ، احسب شدة التيار المار فيه !
- ٥- ماذا نقصد بالعبارة الآتية : مقاومة ناقل 10Ω ؟
- ٦- ماذا نقصد بالعبارة الآتية : فرق الجهد بين نقطتين 120 V ؟
- ٧- مكيف يمر فيه تيار شدته 15 A وفرق الجهد بين طرفيه 220 V احسب مقاومة المكيف !



- ٨- مكواة كهربائية إذا كانت شدة التيار المار فيها 5A و تبدي مقاومة لمرور التيار فيها مقدارها 44Ω احسب فرق الجهد بين طرفيها !
- ٩- ارسم دائرة كهربائية مكونة من: بطارية و مصباح و مقاومة و قاطع متصلات على التوالي! . و مبينا بالرسم طريقة ربط الأميتر لقياس التيار المار بالدائرة و ربط الفولتميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي المصباح !

الوحدة الثانية

توصيل المقاومات



توصيل (ربط) المقاومات :

الهدف العام : التعرف على ربط المقاومات .
الأهداف الخاصة :

١. تبين ما الغاية العلمية من توصيل المقاومات على التوالي .
 ٢. تذكر خصائص و قوانين الربط على التوالي .
 ٣. تبين ما الغاية العلمية من توصيل المقاومات على التوازي .
 ٤. تذكر خصائص و قوانين الربط على التوازي .
 ٥. ترسم دائرة كهربائية فيها مقاومات متصلة على التوازي و أخرى متصلة على التوالي .
 ٦. تطبق المهارات السابقة في حل التطبيقات المتعلقة فيها .
- العملي :** تؤدي في المعمل المهام الآتية :
٧. تقيس التيار الكهربائي بين طرفي كل مقاومة من المقاومات المتصلة على التوازي، و تتحقق من قانون كيرشوف الأول : $I = I_1 + I_2$.
 ٨. تقيس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة من المقاومات المتصلة على التوازي، و كذلك بين طرفي المجموعة . و تتحقق من العلاقة : $V = V_1 = V_2$.
 ٩. تحسب R_{eq} للتوازي بواسطة ميل الخط المستقيم . و تتحقق من العلاقة :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

١٠. تقيس التيار الكهربائي المار في كل مقاومة من المقاومات المتصلة على التوالي، و التيار المار في الدائرة و تتحقق من العلاقة : $I = I_1 = I_2$.
 ١١. تقيس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة من المقاومات المتصلة على التوالي، و كذلك بين طرفي المجموعة . و تتحقق من العلاقة : $V = V_1 + V_2$.
 ١٢. تحسب R_{eq} للتوالي بواسطة ميل الخط المستقيم . و تتحقق من العلاقة :
- $$R_{eq} = R_1 + R_2$$

توصيل (ربط) المقاومات :

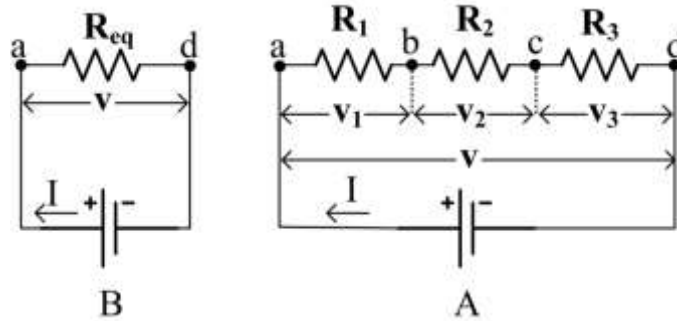


2-1 مقدمة :

عند تصميم دائرة كهربائية يتطلب الأمر ربط مجموعة من المقاومات بإحدى الطريقتين على التوالي أو على التوازي أو كليهما معاً . وسوف نتعرف في هذه الوحدة كيفية الربط لكل نوع و خصائصه .

2-2 ربط المقاومات على التوالي :

تربط المقاومات على التوالي بتوصيل نهاية المقاومة الأولى ببداية المقاومة الثانية، و نهاية المقاومة الثانية ببداية المقاومة الثالثة و هكذا . بحيث يكون هناك مسار واحد فقط للتيار الكهربائي يمر في هذه المقاومات حين توصيلها بمصدر للجهد . كما في الشكل (2-1A)



شكل (2-1)

ومن خصائص هذا الربط ما يلي :

- ١- يمر التيار I نفسه في كل المقاومات المتصلة على التوالي .
- ٢- يتوزع فرق الجهد الكلي V بين طرفي المجموعة (فرق الجهد بين النقطتين a , d) إلى جهود جزئية على طرفي كل مقاومة ، ويكون مساوياً لمجموع الجهود الجزئية . أي أن :

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

- ٣- مقدار الانخفاض في الجهد عبر كل مقاومة هو :

$$V_1 = I R_1 \quad , \quad V_2 = I R_2 \quad , \quad V_3 = I R_3$$

٤- المقاومة المكافئة R_{eq} :

المقصود بالمقاومة المكافئة R_{eq} هي المقاومة التي يمكن أن تحل محل مجموعة من المقاومات دون أن تحدث أي تغيير في الدائرة الكهربائية، و الدائرتان الكهربائيتان في الشكل (2-1A) و (2-1B) متكافئتان . وفي حالة التوصيل على التوالي فإن المقاومة المكافئة R_{eq} تساوي مجموع قيم المقاومات . أي أن:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

ويمكن تعميم العلاقة السابقة



لعدد n من المقاومات المتصلة على التوالي على النحو التالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + + R_n \quad (2-1)$$

وهكذا فإن قيمة R_{eq} أكبر من أي مقاومة متصلة على التوالي .

مثال (2-1) :

علل الآتي :

١. تربط المقاومات على التوالي في الدوائر التي تتطلب مقدارًا صغيرًا من شدة التيار المار فيها .
٢. حينما يتلف أحد المصابيح المتصلة على التوالي في دائرة كهربائية مغلقة مزودة بمصدر للجهد فإنها لا تضيئ .

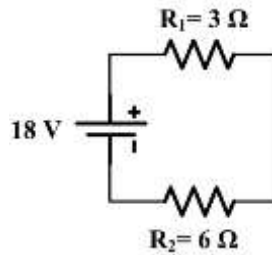
الحل :

١. لأن المقاومة المكافئة لها تكون أكبر من أي مقاومة متصلة على التوالي، وحسب قانون أوم: كلما زادت المقاومة قل التيار الكهربائي المار فيها .
٢. لأن الدائرة الكهربائية تصبح مفتوحة . فالمصباح التالف يسبب فجوة في الدائرة .

مثال (2-2) :

من الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل (2-2) احسب ما يلي :

١. شدة التيار المار في الدائرة .
٢. فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة . ثم تحقق من القاعدة : $V = V_1 + V_2$



شكل (2-2)

الحل :

المقاومتان R_1 و R_2 متصلتان على التوالي إذن المقاومة المكافئة لهما R_{eq}



$$1- I = ?$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$R_{eq} = 3 + 6 = 9 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}}$$

$$I = \frac{18}{9} = 2 A$$

$$2- V_1 = ? \quad V_2 = ?$$

$$V_1 = R_1 I$$

$$V_1 = 3 \times 2 = 6 V$$

$$V_2 = R_2 I$$

$$V_2 = 6 \times 2 = 12 V$$

إن من خصائص التوصيل على التوالي تجزئة فرق الجهد الكلي V إلى جهود جزئية ويكون مساوياً لمجموع الجهود الجزئية . أي أن :

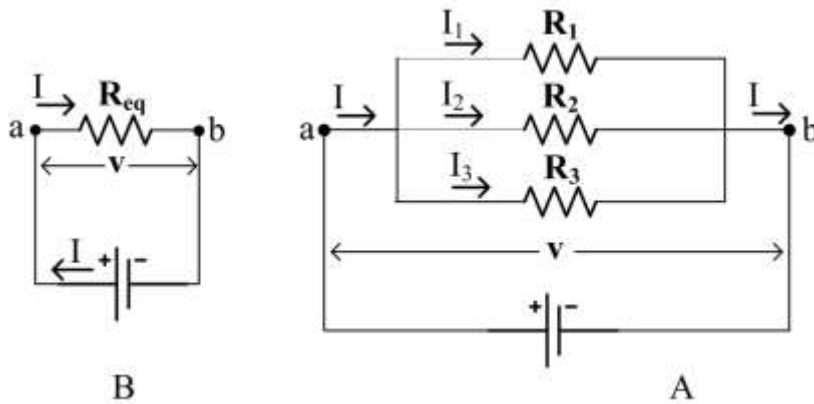
$$V = V_1 + V_2$$

$$\therefore V_1 = 6 V, \quad V_2 = 12 V$$

$$\therefore V = 12 + 6 = 18 V$$

2-3 ربط المقاومات على التوازي :

تربط المقاومات على التوازي بربط البدايات ببعضها البعض، و كذلك الأمر بالنسبة للنهايات كما في الدائرة الكهربائية شكل (2-3A) ، و في هذا الربط يكون فرق الجهد هو نفسه عبر جميع المقاومات، أما التيار فإنه يتجزأ في مسارات متعددة .



شكل (2-3)

ومن خصائص هذا الربط :

١. فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة هو نفسه فرق الجهد بين طرفي المجموعة V أي أن :



$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

٢. شدة التيار الكلي I يساوي مجموع التيارات المارة في كل مقاومة بناء على قانون كيرتشف لل نقطة (ويطلق عليه أيضاً قانون كيرتشف الأول) والذي ينص على أن :
" مجموع التيارات الداخلة في نقطة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها " أي أن :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

٣. شدة التيار المار في كل مقاومة هو :

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

٤. في التوصيل على التوازي يكون مقلوب المقاومة المكافئة R_{eq} مساوياً لمجموع مقلوب المقاومات، أي أن :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ويمكن تعميم العلاقة السابقة لعدد n من المقاومات المتصلة على التوازي كما يلي :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

(2-2)

وعليه فإن قيمة المقاومة R_{eq} أقل من أي مقاومة متصلة على التوازي .

مثال (2-3) :

علل مايلي :

١. تربط المقاومات على التوازي في الدوائر التي تتطلب مقداراً كبيراً من شدة التيار المار فيها .

٢. توصل الأجهزة الكهربائية في المنازل على التوازي .

الحل :

١. لأن المقاومة المكافئة لها تكون أقل من أي مقاومة متصلة على التوازي . و حسب

قانون أوم : كلما قل مقدار المقاومة زاد مقدار شدة التيار المار فيها .

٢. لأن في هذا التوصيل عدة فوائد منها :

(١) تعمل جميعها تحت فرق جهد واحد ثابت .

(٢) يمكن التحكم في تشغيل كل جهاز على حدة .

(٣) في حالة تلف أحد الأجهزة لا تتأثر بقية الأجهزة . لأن كل جهاز له مسار خاص

به يمر من خلاله التيار الكهربائي .

(٤) يقل مقدار المقاومة المكافئة للدائرة، و هكذا يقل مقدار الطاقة المهدرة على شكل

حرارة . و التي نلاحظها بارتفاع درجة حرارة الجهاز أو أسلاك التوصيل .

مثال (2-4) :

ثلاث مقاومات $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$ بين كيف يتم ربطها لتحصل على :

أ - أكبر مقاومة .



ب - أصغر مقاومة .

الحل :

أ - للحصول على أكبر مقاومة نربطها على التوالي

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = 2 + 4 + 5 = 11 \Omega$$

ب - للحصول على أصغر مقاومة نربطها على التوازي.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} = \frac{10 + 5 + 4}{20} = \frac{19}{20}$$

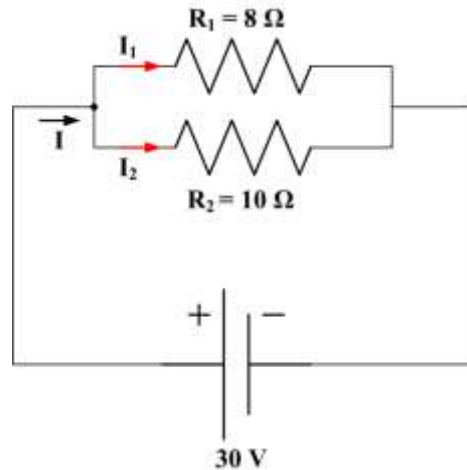
$$R_{eq} = \frac{20}{19} = 1.05 \Omega$$

مثال (2-5) :

من الدائرة المبينة في الشكل (2-4) احسب ما يلي :

١. شدة التيار المار بالدائرة .

٢. شدة التيار I_1 و I_2 ثم تحقق من العلاقة : $I = I_1 + I_2$



الشكل (2-4)

الحل :

١. بما أن المقاومتين R_1 و R_2 متصلتان على التوازي، فإن المقاومة المكافئة لهما R_{eq}

هي :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{8} + \frac{1}{10} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{10}{80} + \frac{8}{80} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{18}{80}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{eq} &= \frac{80}{18} = 4.44 \Omega \\ I &= \frac{V}{R_{eq}} \\ I &= \frac{30}{4.4} = 6.75 A\end{aligned}$$

وفي حالة مقاومتين متصلتين على التوازي يمكن تحليل العلاقة (2-2) على النحو الآتي :

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2-3)$$

$$\frac{8 \times 10}{8 + 10} =$$

$$R =$$

$$4.44 \Omega$$

٢. فرق الجهد بين طرفي المقاومتين يساوي 30 V لأنهما متصلتان على التوازي .

$$V = V_1 = V_2 = 30 V$$

$$\therefore I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{30}{8} = 3.75 A$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{30}{10} = 3 A$$

من خصائص التوصيل على التوازي أن : $I = I_1 + I_2$

$$\therefore I_1 = 3.75 A$$

$$I = 3 A$$

$$I = 3.75 + 3 = 6.75 A$$

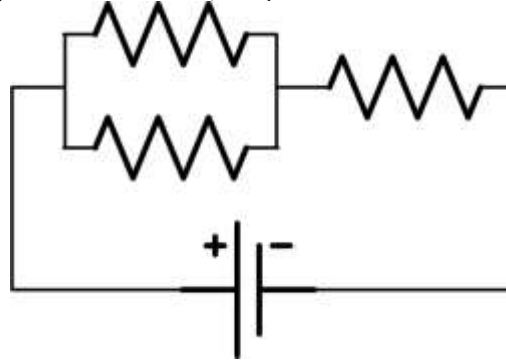
وهي النتيجة نفسها في المطلوب الأول .



2-4 التوصيل المركب للمقاومات :

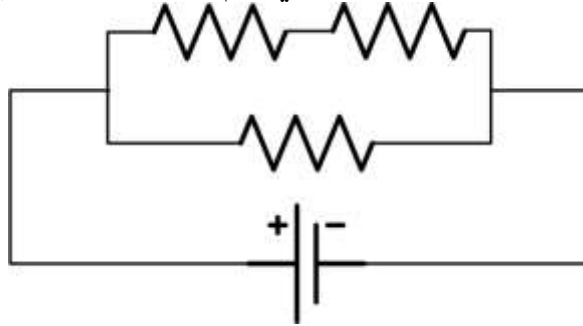
التوصيل المركب هو خليط من التوصيل على التوازي و على التوالي، و لحل التمارين المتعلقة بها نتبع مايلي :

١. إذا كان التوصيل على التوازي جزءاً من التوصيل على التوالي كما في الشكل (2-5) نحسب أولاً قيمة المقاومة لتوصيلة التوازي، ثم لتوصيلة التوالي .



شكل (2-5)

٢. إذا كان التوصيل على التوالي جزءاً من التوصيل على التوازي كما في الشكل (2-6) نحسب أولاً قيمة المقاومة لتوصيلة التوالي، ثم لتوصيلة التوازي .



شكل (2-6) .

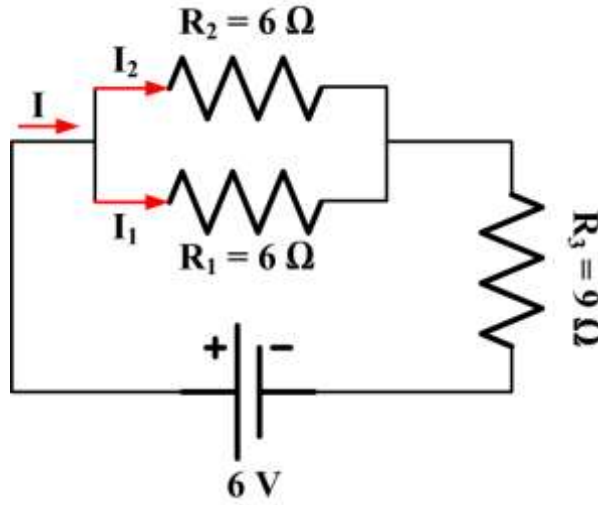
مثال (2-6)

من الشكل (2-7) احسب ما يلي:

١. المقاومة المكافئة الكلية R_{eq} للدائرة (بافتراض أن المقاومة الداخلية للمصدر مهملة)



٢. شدة التيار المار بالدائرة .
٣. فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .



شكل (2-7)

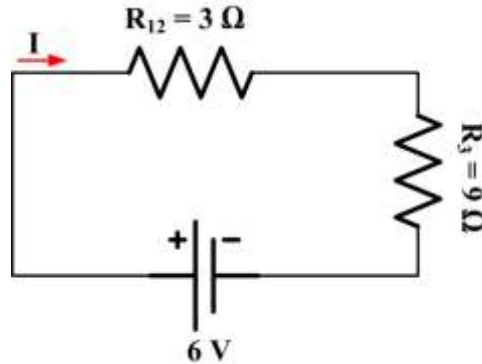
الحل :

١. نحسب أولاً المقاومة المكافئة لـ R_1 و R_2 المتصلتين على التوازي، ولتكن R_{12} :

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{12} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3 \Omega$$

وهذه الأخيرة متصلة على التوالي مع R_3 كما في الشكل (2-8).



شكل (2-8) .

وهما متصلتان على التوالي، و أخيراً نحسب المقاومة المكافئة لهما R_{eq} على النحو الآتي :

$$R_{eq} = R_{12} + R_3$$

$$R_{eq} = 3 + 9 = 12 \Omega$$

ولحساب التيار I :



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

$$I = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ A}$$

٢. فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة :

$$V_3 = ?$$

$$V_3 = R_3 I$$

$$V_3 = 9 \times 0.5 = 4.5 \text{ V}$$

فرق الجهد بين R_1 و R_2 هو نفسه فرق الجهد بين طرفي المقاومة المكافئة لهما R_{12} لأنهما متصلتان على التوازي . أي أن : $V_{12} = V_1 = V_2$

$$V_{12} = R_{12} I$$

$$V_{12} = 3 \times 0.5 = 1.5 \text{ V}$$

$$\therefore V_1 = 1.5 \text{ V}$$

$$V_2 = 1.5 \text{ V}$$

تجربة رقم (2) :

اسم التجربة : توصيل المقاومات على التوالي .

الهدف من التجربة :

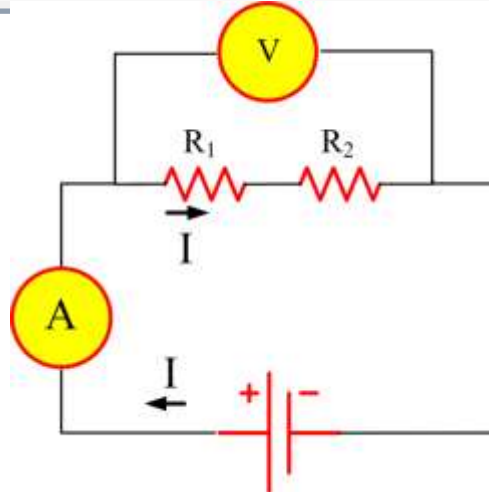
التحقق من قوانين توصيل المقاومات على التوالي .

أدوات التجربة :

مصدر جهد مستمر له قيم مختلفة -مقاومتان - فولتميتر -أميتر -أسلاك توصيل .

خطوات العمل :

١. صل الدائرة كما في الشكل (9-2) .



الشكل (2-9)

٢. اضبط فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة المكونة من R_1 و R_2 عند قيمة مناسبة ! و لتكن 1 V من مصدر الجهد، وسجل الجهد و التيار المار في الدائرة، و دون قراءتك كما في جدول (2-1) !.
٣. ارفع فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة من مصدر الجهد ! و سجل الجهد و التيار المار في الدائرة !.

٤. كرر الخطوة رقم (٣) خمس مرات .

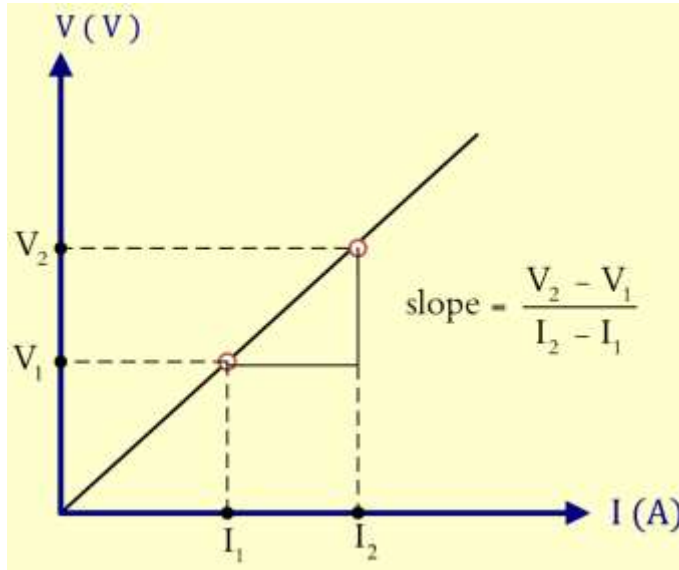
	V (V)	I (A)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

جدول (2-1)

٥. ارسم العلاقة البيانية بين فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة مقيسًا بوحدة V على المحور الصادي و شدة التيار I بوحدة الأمبير على المحور السيني . سوف تحصل على خط مستقيم كما في الشكل (2-10) .
٦. احسب الميل (slope) وهو يساوي مقدار المقاومة المكافئة بوحدة الأوم . حيث إن



$$R_{eq} = \text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$



شكل (10-2) العلاقة بين الجهد و التيار .

٧. احسب مقدار المقاومة المكافئة لـ R_1 و R_2 نظرياً باستخدام العلاقة :

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

٨. قارن بين مقدار المقاومة المكافئة التي حصلت عليها عملياً من الخطوة السادسة، و بين مقدار المقاومة التي حصلت عليها نظرياً من الخطوة السابعة !. ماذا تلاحظ ؟. هل تحقق قانون التوصيل ؟

٩. وصل مقياسين آخرين من الفولتميتر بين طرفي كل مقاومة على التوازي !

١٠. حدد قيمة مناسبة لفرق الجهد الكلي V ثم سجل قراءة V_1 و V_2 ! كرر ذلك مرة أخرى عند قيمة مختلفة لفرق الجهد الكلي V و سجل قيمة V_1 و V_2 الجديدتين !. في كل مرة اجمع القيمتين $V_1 + V_2$. دون قراءتك كما في جدول (2-2) ! ماذا تلاحظ ؟ هل تحققت العلاقة الآتية : $V = V_1 + V_2$ ؟

	$V (V)$	$V_1 (V)$	$V_2 (V)$	$V_1 + V_2$
1				
2				

جدول (2-2)



تجربة رقم (3) :

اسم التجربة : توصيل المقاومات على التوازي .

الهدف من التجربة :

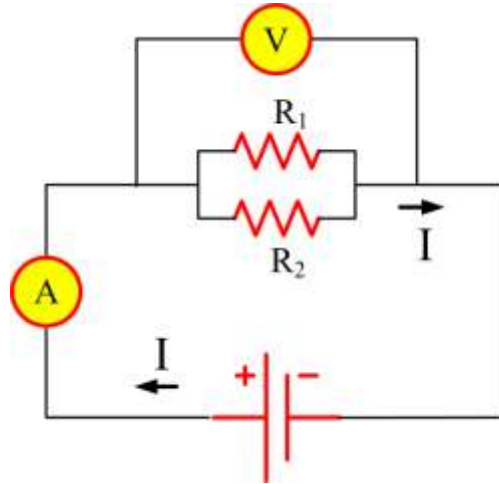
التحقق من قوانين توصيل المقاومات على التوازي .

أدوات التجربة :

مصدر جهد مستمر له قيم مختلفة -مقاومتان - فولتمتر -أميتر -أسلاك توصيل .

خطوات العمل :

١. صل الدائرة كما في الشكل (2-11) .



الشكل (2-11)

٢. اضبط فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة المكونة من R_1 و R_2 عند قيمة مناسبة، ولتكن 1 V من مصدر الجهد. وسجل الجهد و التيار المار في الدائرة، و دون قراءتك إكما في جدول (2-3) .

٣. أرفع فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة من مصدر الجهد، و سجل الجهد و التيار المار في الدائرة !

٤. كرر الخطوة رقم (٣) خمس مرات .



	V (V)	I (A)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

جدول (2-3)

٥. ارسم العلاقة البيانية بين فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة مقيسًا بوحدة V على المحور الصادي و شدة التيار I بوحدة الأمبير على المحور السيني ! سوف تحصل على خط مستقيم كما في الشكل السابق (2-10) في التجربة (2) .
٦. احسب الميل (slope) وهو يساوي مقدار المقاومة المكافئة بوحدة الأوم . حيث إن

$$R_{eq} = slope = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

٧. احسب مقدار المقاومة المكافئة لـ R_1 و R_2 نظريًا باستخدام العلاقة :

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

٨. قارن بين مقدار المقاومة المكافئة التي حصلت عليها عمليًا من الخطوة السادسة، و بين مقدار المقاومة التي حصلت عليها نظريًا من الخطوة السابعة ! ماذا تلاحظ ؟ هل تحقق قانون التوصيل ؟
٩. وصل لكل مقاومة مقياس أميتر على التوالي لقياس شدة التيار I_1 المار في المقاومة R_1 و شدة التيار I_2 المار في المقاومة R_2 !
١٠. حدد قيمة مناسبة لشدة التيار المار في الدائرة I ثم سجل قراءة I_1 و I_2 . كرر ذلك مرة أخرى عند قيمة مختلفة لـ I و سجل قيمة I_1 و I_2 الجديدتين !. في كل مرة اجمع القيمتين $I_1 + I_2$. دون قراءتك كما في جدول (2-4) ! ماذا تلاحظ ؟ هل تحققت العلاقة الآتية : $I = I_1 + I_2$ ؟

	I (A)	I_1 (A)	I_2 (A)	$I_1 + I_2$
1				
2				

جدول (2-4)

أسئلة

١. مقاومتان $R_1 = 6\Omega$ ، $R_2 = 3\Omega$ ربطتا على التوازي :
أ- ارسم شكلاً يوضح طريقة ربطهما ! ثم احسب المقاومة المكافئة لهما !



ب- إذا وصلت المجموعة بمصدر للجهد مقداره 12 V احسب شدة التيار المار في كل منهما وكذلك شدة التيار المار بالدائرة !

٢. مقاومتان $R_1 = 4\Omega$ ، $R_2 = 2\Omega$ ربطتا على التوالي: ارسم شكلاً يوضح طريقة ربطهما ! ثم:

أ- احسب المقاومة المكافئة لهما !

ب- إذا وصلت المجموعة بمصدر للجهد مقداره 18 V احسب شدة التيار المار بالدائرة، ثم احسب فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة !

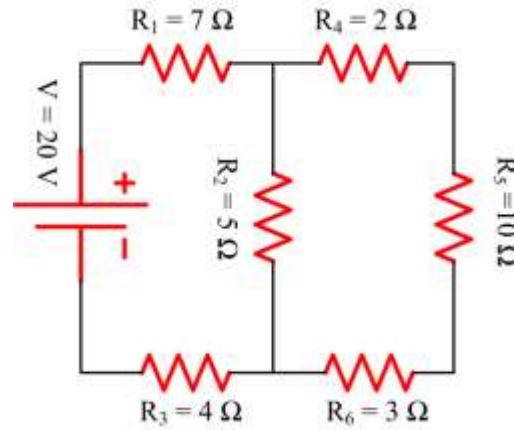
٣. علل لما يأتي:

أ- ترابط المقاومات على التوالي في الدوائر التي تتطلب تيارات شدتها صغيرة جداً .

ب- ترابط المقاومات على التوازي في الدوائر الكهربائية التي تتطلب تيارات شدتها كبيرة .

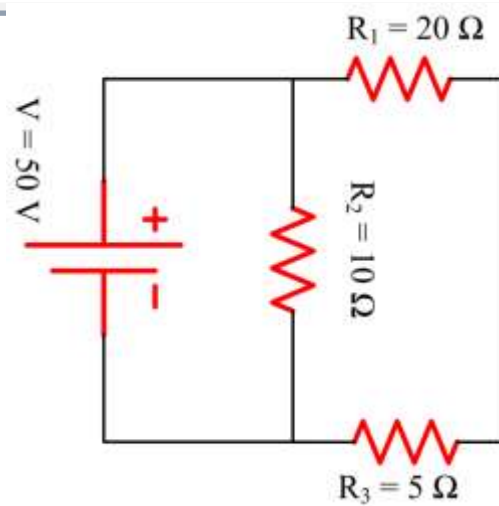
ج- توصل المصابيح والأجهزة الكهربائية في المنازل على التوازي .

٤. من الشكل (2-12) احسب المقاومة المكافئة و شدة التيار المار في الدائرة .



الشكل (2-12)

٥. من الشكل (2-13) احسب شدة كل من التيارات المارة في المقاومات R_1 ، R_2 ، R



الشكل (2-13)



الوحدة الثالثة

المكثفات

المكثف الكهربائي

الهدف العام :

التعرف على المكثف الكهربائي .

الأهداف الخاصة : أن تصبح – بإذن الله- قادرًا على أن :

١. تذكر مما يتألف المكثف و ما فائدته . تبين كيف يتم شحن المكثف .
 ٢. تعرف سعة المكثف .
 ٣. تذكر و تعرف وحدة قياس سعة المكثف .
 ٤. تحدد العوامل المؤثرة على مقدار سعة المكثف ذي اللوحين المتوازيين .
 ٥. تذكر العلاقة الرياضية التي تربط بين سعة مكثف ذي اللوحين المتوازيين و بين العوامل المؤثرة فيهما .
 ٦. تطبق المفاهيم السابقة في حل التطبيقات المتعلقة بها .
- العملي :
٧. تحسب عمليًا سعة مكثف باستخدام ميل الخط بين الشحنة المكتسبة، و فرق الجهد بين طرفيه .

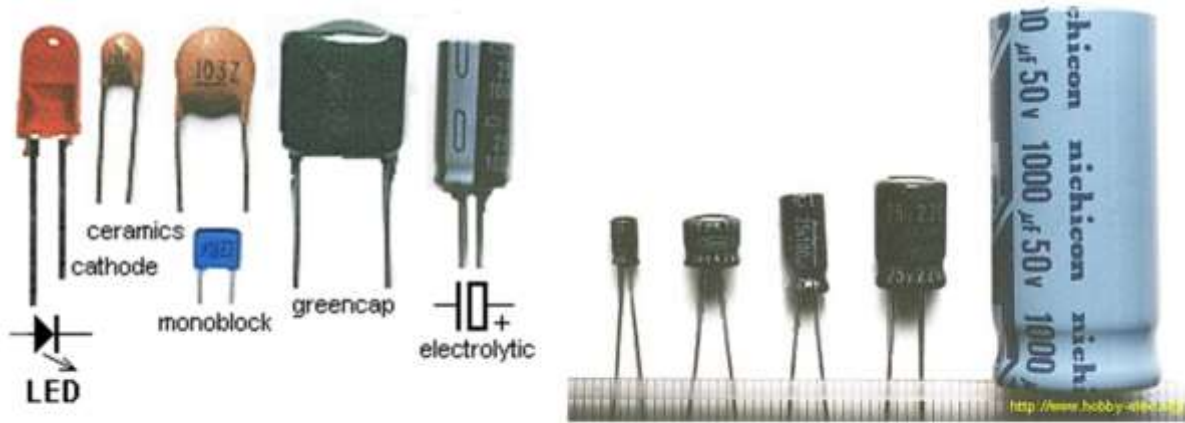
٨. تحسب عمليًا السعة الكهربائية باستخدام ميل الخط لمكثف في حالة وجود مادة عازلة بين اللوحين لبيان أثر المادة العازلة على مقدار السعة . وتحسب ثابت العزل لها .



المكثف الكهربائي

3-1 المكثف الكهربائي :

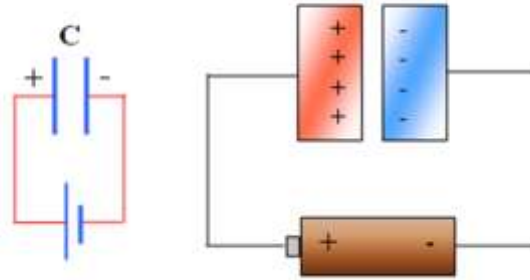
يعد المكثف من العناصر الأساسية في تركيب غالبية الدارات الإلكترونية والكهربائية مثل دارات الإرسال والاستقبال في المذياع (الراديو) والتلفاز، وهو : جهاز يعمل على تخزين الطاقة والشحنة، ويوجد على أشكال متعددة إلا أنه في أبسط صورة يتكون من لوحين معدنيين متوازيين تفصلهما مادة عازلة سمكها صغير جدًا كالهواء أو الورق أو الزجاج إلخ ، وشحنة أحد لوحيه تساوي شحنة الآخر، و لكن إحداها موجبة و الأخرى سالبة ، ويعرف هذا المكثف باسم المكثف ذي اللوحين المتوازيين . و يبين الشكل (3-1) أنواع مختلفة من المكثفات .



شكل (3-1) أنواع المكثفات

3-2 شحن المكثف :

يتم شحن المكثف بوصل لوحيه بقطبي بطارية كما في الشكل (3-2)، فاللوح الموصل مع القطب السالب يشحن بشحنة سالبة - ونتيجة لذلك تكون شحنة اللوح الآخر موجبة لأن إلكتروناته تتنافر مع الكترونات اللوح السالب وتنجذب إلى القطب الموجب للبطارية . و يسمى التيار الناشئ بتيار الشحن أو تيار الإزاحة و يسري لوقت قصير طالما استمرت إزاحة الإلكترونات، ويتوقف بعدما يتم شحن المكثف، بحيث يصبح فرق الجهد بين طرفيه مساويًا لجهد المصدر (البطارية) ويظل هذا المكثف مشحونًا إلى مستوى ذلك الجهد حتى ولو فصل مصدر الجهد . فهو جهاز قادر على تخزين الشحنة .



الشكل (3-2) شحن المكثف

3-3 سعة المكثف الكهربائي :

إذا ملأنا إناءين مختلفين في الحجم (السعة) بالماء إلى الارتفاع نفسه، فإن كمية الماء فيهما غير متساوية، فكمية الماء في أحدهما حتماً سيكون أكثر من الآخر لأنه ذو سعة أكبر . وكذلك في المكثفات إذا شحنا مكثفين مختلفين في السعة إلى الجهد نفسه، فإن مقدار الشحنة التي يكتسبها أحدهما أكبر من الآخر، لأن سعته الكهربائية أكبر . و من خلال التجارب التي أجريت على المكثفات لدراسة العلاقة بين كمية الشحنة المكتسبة و فرق الجهد بين طرفيها و جد أن :

مقدار الشحنة الكهربائية يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفي المكثف الكهربائي . و يمكن أن نعبر عن ذلك رياضياً على النحو الآتي :

$$q \propto V$$

وعلاقة التناسب α : قيمة ثابتة، و هي خاصية من خصائص المكثف تعرف بالسعة الكهربائية لذلك المكثف، و هي تساوي حاصل قسمة الشحنة المكتسبة على فرق الجهد بين طرفي المكثف، و نعبر عن ذلك بصورة رياضية على النحو الآتي :

$$C = \frac{q}{V} \quad (3-1)$$

و تعرف السعة الكهربائية للمكثف كما يلي :

سعة المكثف الكهربائي: هي النسبة الثابتة بين شحنة المكثف إلى فرق الجهد بين طرفيه .



- حيث إن C : السعة الكهربائية للمكثف، وتقاس في النظام الدولي بوحدة الفاراد F .
 q : كمية الشحنة و تقاس في النظام الدولي بوحدة الكولوم C .
 V : فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المكثف و يقاس بوحدة الفولت V .
 ويعرف الفاراد بأنه :

الفاراد : سعة المكثف الذي إذا أعطي شحنة مقدارها كولوم واحد فإن فرق الجهد بين طرفيه فولت واحد .

أي أن :

$$1 F = \frac{1 C}{1 V}$$

والفاراد كمية كبيرة جداً من السعة، والقيم المتداولة عملياً هي أجزاء الفاراد من رتبة المايكرو فاراد (μF) ، أو أقل، وعلاقة التحويل فيما بينها على النحو الآتي :

1-	$1 F = 10^{-6} \mu F$	مايكرو فاراد
2-	$1 F = 10^{-9} nF$	نانو فاراد
3-	$1 F = 10^{-12} pF$	بيكو فاراد

مثال (3-1) :

ما المقصود بالعباراة الآتية : " مكثف سعته $8 \times 10^{-6} F$.

الحل :

أي أن النسبة بين كمية الشحنة التي يكتسبها إلى فرق الجهد بين طرفيه يساوي

$$8 \times 10^{-6} F$$

جواب آخر : إذا كان فرق الجهد بين طرفي المكثف $1 V$ فإن كمية الشحنة المكتسبة

$$8 \times 10^{-6} C$$

مثال (3-2) :

احسب السعة الكهربائية لمكثف اكتسب شحنة مقدارها $4.5 \times 10^{-4} C$ حينما كان فرق

الجهد بين طرفيه $120 V$.

الحل :



$$C = \frac{q}{V}$$

$$\therefore C = \frac{4.5 \times 10^{-4}}{120} = 3.75 \times 10^{-6} \text{ F} = 3.75 \mu \text{ F}$$

مثال (3-3) :

احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي يكتسبها مكثف سعته الكهربائية $4 \mu \text{F}$ إذا وصل بجهد مقداره 220 V .
الحل :-

$$q = 4 \mu \text{F} = 4 \times 10^{-6} \text{ F}$$

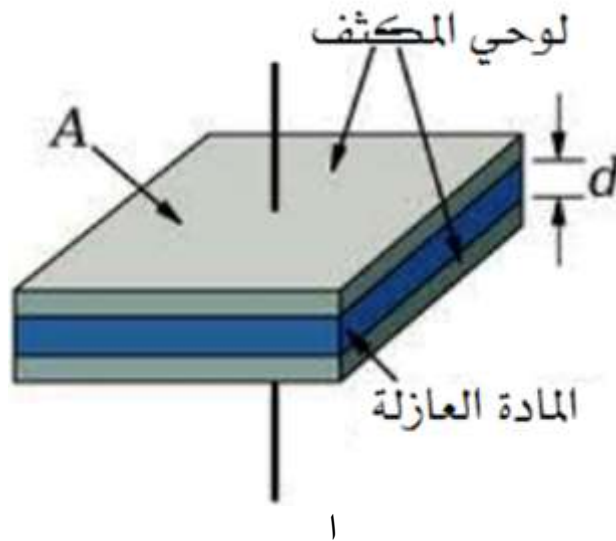
$$V = 220 \text{ V}$$

$$\therefore C = \frac{q}{V}$$

$$\therefore q = C V$$

$$q = 4 \times 10^{-6} \times 220 = 8.8 \times 10^{-4} \text{ C}$$

3-4 سعة المكثف ذي اللوحين المتوازيين :
دلت التجارب العملية أن مقدار سعة المكثف ذي اللوحين المتوازيين يعتمد على الشكل الهندسي و نوع المادة العازلة بين اللوحين كما في الشكل (3-3) .



لشكل (3-3)



- حيث وجد أن مقدار السعة يتناسب مع كل من :
١. طردياً مع مساحة أحد اللوحين A .
 ٢. عكسياً مع المسافة الفاصلة بين اللوحين d .
 ٣. و تزيد بزيادة ϵ_r ثابت السماحية النسبية للمادة العازلة كالهواء و الزجاج و المايكا و البلاستيك الخ .
- و تعطى قيمة سعة المكثف ذي اللوحين المتوازيين بحسب العلاقة الآتية :

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_o A}{d} \quad (3-2)$$

- حيث أن C : سعة المكثف و تقاس بوحدة الفاراد F .
- A : مساحة أحد اللوحين و تقاس بوحدة المتر المربع m^2 .
- d : المسافة الفاصلة بين اللوحين و تقاس بوحدة المتر m .
- ϵ_o : السماحية الكهربائية للهواء أو الفراغ و تقاس بوحدة $\frac{C^2}{N \cdot m^2}$ كولوم مربع نيوتن \times متر مربع
- $$\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} C^2 / N \cdot m^2$$
- ϵ_r : ثابت السماحية النسبية للمادة العازلة، وتسمى أيضاً بثابت العزل . ليس له وحدة قياس .
- و يبين الجدول (3-1) قيمة ϵ_r لبعض المواد عند درجة الحرارة $20^\circ C$.

المادة	ϵ_r ثابت العزل	المادة	ϵ_r ثابت العزل
الفراغ	1	الورق	3.5
الهواء	1.00059	المطاط	7
بنزين	2.284	مايكا	5-8
زيت البترول	2.22	خزف	5-3000
شمع البرافين	2-2.5	جرافيت	10-15
الماء	80	بوليستيرين	2.4-2.7
الزجاج	5-7	السليكون	11.68

جدول (3-1) ثابت العزل لبعض المواد عند $20^\circ C$.

في حالة الوسط العازل هو الفراغ فإن $\epsilon_r = 1$ و تحسب السعة مباشرة كما يلي :

$$C_o = \frac{\epsilon_o A}{d} \quad (3-3)$$



و يمكن أن نعبر عن المعادلة (7-2) بالتعويض عن $\frac{\epsilon_0 A}{d}$ بالمقدار C_0 لنحصل على :

$$C = \epsilon_r C_0 \quad (3-4)$$

حيث تبين القيمة العددية لـ ϵ_r عدد المرات التي تتضاعف بها سعة مكثف إذا ما استخدمت مادة عازلة أخرى بدلاً من الفراغ .

مثال (3-4) :

احسب سعة مكثف مساحة أحد لوحيه 10 cm^2 تفصلهما طبقة من شمع البرافين سمكها 4 mm . إذا علمت أن ثابت العزل للشمع يساوي 2 .
الحل :

$$A = 10 \text{ cm}^2 = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = 4 \text{ mm} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$\epsilon_r = 2$$

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$$

$$C = \frac{2 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}} = 4.4 \times 10^{-12} \text{ F} = 4.4 \mu\text{F}$$

مثال (3-5) :

مكثف لوحى مساحة أحد لوحيه 4 cm^2 و المسافة بينهما 0.5 mm احسب سعته في الحالتين التاليتين إذا كان الوسط العازل هو :

١. الفراغ .

٢. ورق مقوى ثابت العزل له يساوي 5 .

الحل :



1-

$$A = 4 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$C_0 = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 4 \times 10^{-4}}{0.5 \times 10^{-3}}$$

$$C_0 = 7.1 \times 10^{-12} \text{ F} = 7.1 \text{ pF}$$

2-

$$C = \epsilon_r C_0$$

$$C = 3.5 \times 7.1 = 24.85 \text{ pF}$$

مثال (3-6) :

من المثال السابق (3-5) . احسب مقدار الشحنة المكتسبة في الحالتين إذا وصل المكثف بجهد مقداره 20 V . قارن بين النتيجةين و ماذا تستنتج .

1-

$$C_0 = 7.1 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$V = 20 \text{ V}$$

$$q_0 = C_0 V$$

$$q_0 = 7.1 \times 10^{-12} \times 20 = 1.42 \times 10^{-10} \text{ C}$$

2-

$$C = 24.85 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$V = 20 \text{ V}$$

$$q = C V$$

$$q = 24.85 \times 10^{-12} \times 20 = 4.97 \times 10^{-10} \text{ C}$$

لاحظ أن كمية الشحنة المكتسبة في حالة المادة العازلة الورق أكبر من الشحنة في حالة الفراغ . و نستنتج من ذلك أن وجود المادة العازلة تزيد من كمية الشحنة المكتسبة بخلاف لو كان الوسط بين لوحَي المكثف هو الفراغ .



تجربة رقم (4) :

اسم التجربة : سعة المكثف .

الغرض من التجربة :

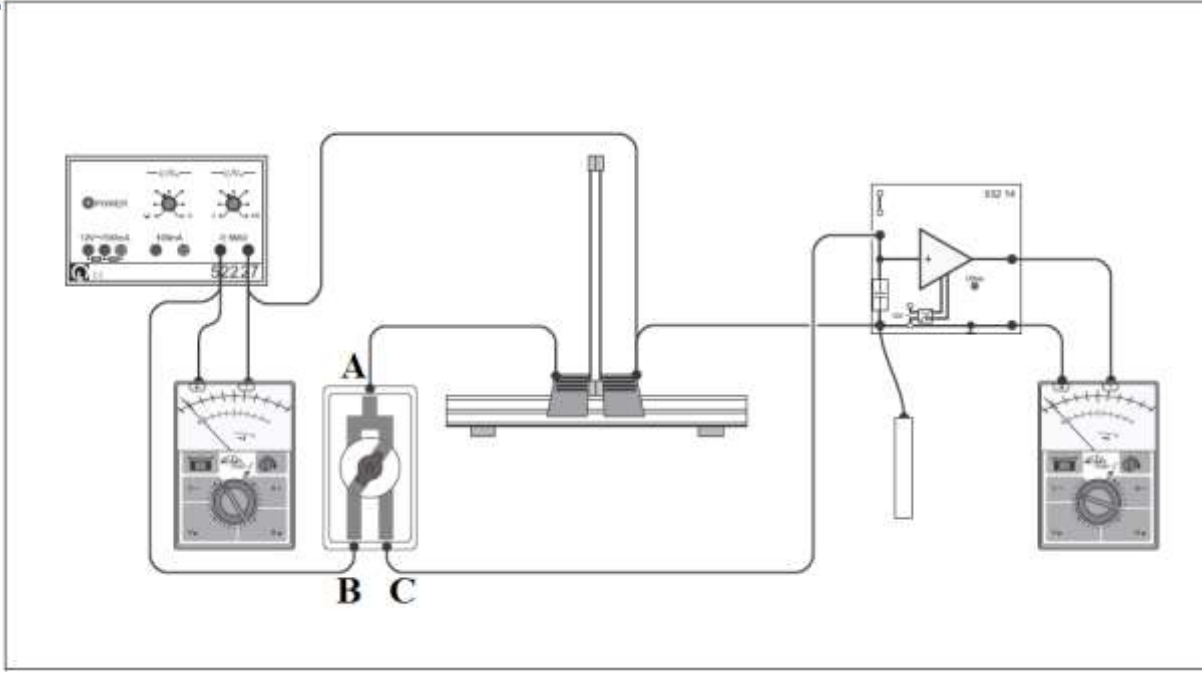
١. إيجاد العلاقة بين كمية الشحنة المكتسبة، و فرق الجهد بين طرفي المكثف .
٢. حساب قيمة سعة مكثف .

أدوات التجربة :

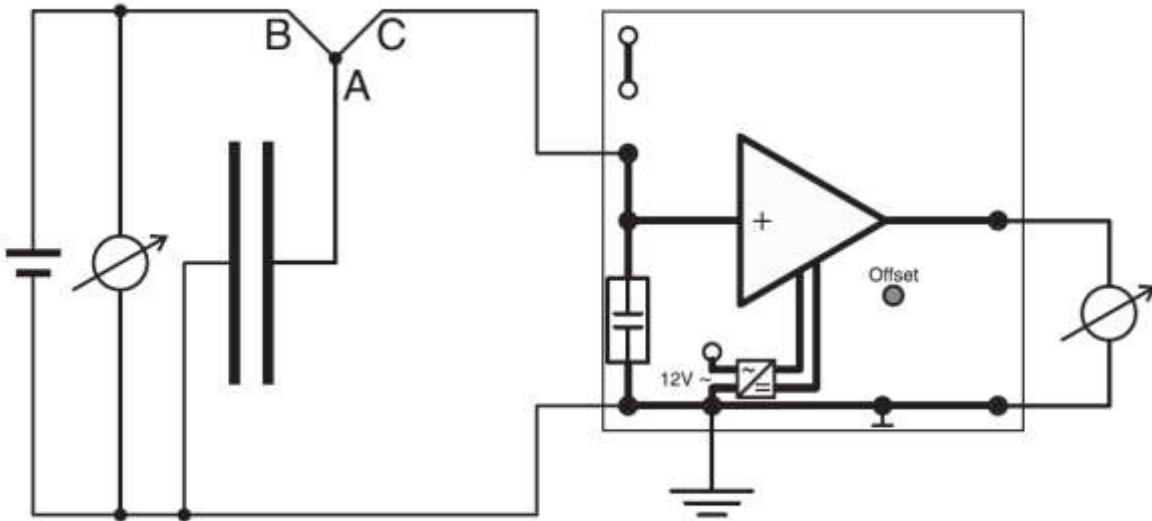
١. مكثف لوحي قابل للفك ذو مساحات مختلفة	٢. مكثف معلوم $C_A = 10 \text{ nF}$
٣. مصدر جهد مستمر يصل إلى 450 V	٤. جهازان فولتميتر
٥. مفتاح توصيل ذو اتجاهين	٦. مضخم الكتروميتر
٧. قضيب التوصيل الأرضي	٨. أسلاك توصيل

خطوات العمل :

١. ركب لوحي المكثف ذي المساحة $A = 800 \text{ cm}^2$ في الركاب المدرج ، و اجعل المسافة بينهما $d = 4 \text{ mm}$ مع الفواصل البلاستيكية .
٢. انظر إلى الشكلين (3-4) و (3-5)، ثم صل الأجهزة فيما بينها على النحو الآتي :
أ-صل الطرف السالب من مصدر الجهد المستمر باللوح الأيمن، ثم إلى الطرف الأرضي للمضخم . ثم صل قضيب التوصيل الأرضي للمضخم .
ب-صل الطرف الموجب لمصدر الجهد المستمر بالطرف B للمفتاح ذي الاتجاهين.
ج-صل الطرف A للمفتاح ذي الاتجاهين إلى اللوح الأيسر، ثم صل الطرف C إلى طرف الدخول للمضخم .
د- صل المكثف $C_A = 10 \text{ nF}$ في المضخم، ثم صل فولتميتر بطرف الخرج للمضخم ، و ذلك لقياس فرق الجهد V_A .
هـ- صل الفولتميتر بمصدر الجهد المستمر لقياس فرق الجهد V بين طرفي المكثف اللوحي .



شكل (3-4)



شكل (3-5)

٣. تأكد من الفولتميتر المتصل بالمضخم أن فرق الجهد $V_A = 0$ ، و إذا لم يكن كذلك عليك بتفريغ الشحنة من المكثف C_A من خلال ملامسة قضيب التوصيل الأرضي بلوح المكثف الأيسر و المفتاح ذي الاتجاهين على الوضع AC .



٤. اشحن المكثف اللوحي بوضع المفتاح ذي الاتجاهين على الوضع AB ، ثم شغل مصدر الجهد المستمر و اضبطه عند 50 V .
٥. بعد مدة قصيرة حرك المفتاح ذي الاتجاهين إلى الوضع AC ، و ذلك لتفريغ الشحنة من المكثف اللوحي و شحن المكثف C_A .
٦. احسب كمية الشحنة من خلال قياس فرق الجهد V_A ثم طبق العلاقة :

$$q = C_A V_A$$
٧. أعد الخطوات من ٣ إلى ٦ ، وذلك بزيادة جهد الشحن في كل مرة 50 V إلى أن تصل إلى 300 V .
٨. دون قياساتك كما في جدول (3-2) .
٩. أدخل لوح البولسترين (المادة العازلة) بين لوحي المكثف، و تأكد من ملائمة لوحي المكثف بلوح البولسترين .
١٠. أعد الخطوات من ٣ إلى ٧ ، و دون قياساتك كما في جدول (3-3) .

الوسط العازل بين اللوحين البولسترين		الوسط العازل بين اللوحين الهواء	
V (V)	q (C)	V (V)	q (C)
50		50	
100		100	
150		150	
200		200	
250		250	
300		300	
جدول (3-3)		جدول (3-2)	

١١. ارسم العلاقة البيانية بين فرق الجهد بين طرفي المكثف اللوحي مقيسًا بوحدة V على المحور السيني ، و كمية الشحنة بوحدة الكولوم على المحور الصادي لجدول (3-2) . سوف تحصل على خط مستقيم كما في الشكل (3-6) .
١٢. احسب الميل (slope) وهو يساوي سعة المكثف C_0 بوحدة الفاراد (F) في حالة إذا كان الهواء هو الوسط العازل أي أن :

$$C_0 = slope = \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

ملحوظة :

مقدار سعة المكثف في حالة إذا كان الفراغ هو الوسط العازل يساوي تقريبًا مقدار السعة في حالة إذا كان الهواء هو الوسط العازل .

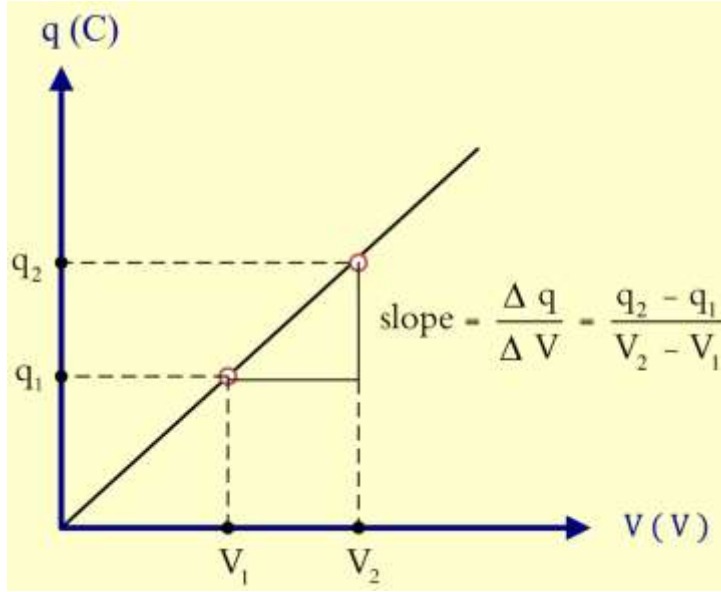


١٣. كرر الخطوتين ١١ و ١٢ باستخدام الجدول (3-3)، و ذلك لحساب سعة المكثف C في حالة البولسترين .

١٤. قارن بين المقدارين C و C_0 وماذا تستنتج من ذلك؟.

١٥. احسب ثابت العزل ϵ_r للبولسترين كما يلي :

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0}$$



شكل (3-6)

أسئلة

١. ما المكثف الكهربائي ؟
٢. مكثف ذو لوحين متوازيين سعته $2\mu F$ شحن بشحنة مقدارها $30 \times 10^{-6} C$ احسب فرق الجهد بين لحي المكثف !
٣. ما الفائدة من وضع المادة العازلة بين لحي المكثف ؟
٤. ماذا نقصد حينما نقول إن السعة الكهربائية لمكثف $8 \times 10^{-6} F$ ؟
٥. مكثف سعته $6 \times 10^{-8} F$ شحن تماماً باستعمال بطارية فرق الجهد بين طرفيها $V = 60 V$ احسب مقدار الشحنة المكتسبة !
٦. مكثف متوازي اللوحين مساحة أحد لوحيه 40 cm^2 و المسافة بينهما 2 mm و يفصلهما الهواء الذي سماحته الكهربائية $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C / N} \cdot \text{m}^2$ ، تم شحنه عند فرق جهد مقداره $100 V$ احسب ما يلي :
أ- سعة المكثف . ب- مقدار الشحنة التي اكتسبها .
- إذا وضعت مادة عازلة ثابت عزلها 8 بين اللوحين . احسب سعته و مقدار الشحنة المكتسبة !
٧. مكثف سعته 30 nF في حالة الوسط العازل هو الفراغ كم مقدار سعته إذا وضع بين لوحيه مطاط ثابت العزل له 7 ؟





الوحدة الثامنة

توصيل المكثفات



توصيل المكثفات

الهدف العام :

التعرف على توصيل المكثفات .

الأهداف الخاصة : أن يصبح المتدرب قادرًا - بإذن الله - على أن :

١. يرسم دائرة كهربائية لمكثفات متصلة على التوالي .

٢. يذكر خصائص و قوانين الربط على التوالي .

٣. يرسم دائرة كهربائية لمكثفات متصلة على التوازي .

٤. يذكر خصائص و قوانين الربط على التوازي .

٥. يطبق المفاهيم السابقة في حل التطبيقات المتعلقة بها .

العملى :

٦. يربط مكثفات متصلة على التوالي مرة و على التوازي مرة أخرى .

٧. يقيس السعة المكافئة، و يتحقق من قوانين الربط على التوالي و على التوازي .



توصيل المكثفات

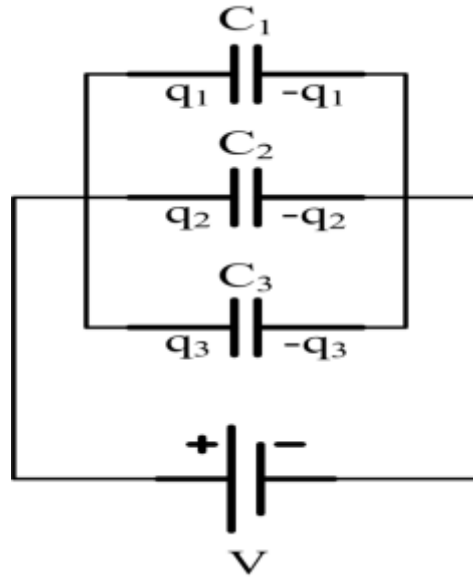
4-1 مقدمة :

من الناحية العملية نلجأ إلى توصيل مكثفين أو أكثر بهدف الحصول على سعات أكبر، أو أصغر من القيم الأساسية لكل مكثف على حدة ، وهناك طريقتين لتوصيل المكثفات :

- ١ - توصيل المكثفات على التوازي .
- ٢ - توصيل المكثفات على التوالي .

4-2 توصيل المكثفات على التوازي :

وفيه يتم توصيل المكثفات كما في الشكل (4-1):



الشكل (4-1)

خصائص هذا الربط :

١ - الشحنة المكافئة q تساوي مجموع شحنة كل مكثف متصل على التوازي أي أن :

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

٢- فرق الجهد بين طرفي كل مكثف متصل على التوازي هو نفسه، ويساوى فرق الجهد بين طرف المجموعة أي أن :

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

٣- السعة المكافئة C_{eq} تكون أكبر من أي سعة مكثف متصل على التوازي، و تساوي :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

ولعدد n من المكثفات المتصلة على التوازي فإن :



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + + C_n \quad (4-1)$$

مثال (4-1) :

مكثفان متصلان على التوازي سعة أحدهما $20 \mu F$ و الآخر $10 \mu F$ وصلا بمصدر للجهد مقداره $120 V$ احسب مايلي :

١. السعة المكافئة لهما C_{eq} .
٢. فرق الجهد بين طرفي كل منهما .
٣. مقدار الشحنة لكل منهما .

الحل :

١-

$$C_1 = 20 \mu F , C_2 = 10 \mu F$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

$$C_{eq} = 20 + 10 = 30 \mu F$$

٢- لأنهما متصلان على التوازي فإن فرق الجهد بينهما $120 V$ حيث إن :

$$V = V_1 = V_2 = 120 V$$

٣-

$$q_1 = C_1 V_1$$

$$q_1 = 20 \times 10^{-6} \times 120 = 2.4 \times 10^{-3} C$$

$$q_2 = C_2 V_2$$

$$q_2 = 10 \times 10^{-6} \times 120 = 1.2 \times 10^{-3} C$$

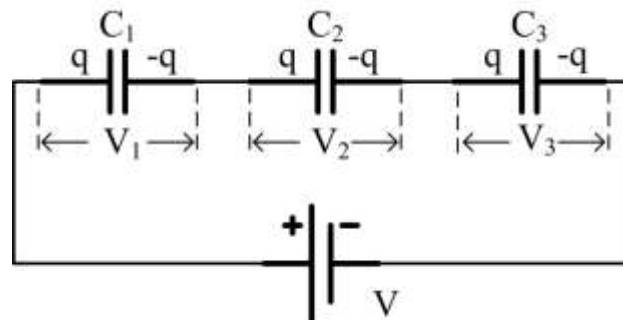
مقدار الشحنة الكلية لهما :

$$q = q_1 + q_2$$

$$q = 2.4 \times 10^{-3} + 1.2 \times 10^{-3} C$$

4-3 توصيل المكثفات على التوالي:

وفيه يتم توصيل المكثفات كما في الشكل (4-2) :





الشكل (4-2)

خصائص هذا الربط :

١- الشحنة على أي مكثف تساوي الشحنة على أي مكثف آخر، وتساوي الشحنة المكافئة q أي أن :

$$q = q_1 = q_2 = q_3$$

٢- فرق الجهد بين طرفي المكثفات على التوالي يساوي مجموع فرق الجهد لكل مكثف على حدة أي أن:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

٣ - السعة المكافئة C_{eq} تكون أصغر من أصغر سعة في المكثفات المتصلة على التوالي أي أن :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ولعدد n من المكثفات المتصلة على التوالي فإن :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (4-2)$$

مثال (4-2) :

مكثفان تم توصيلهما على التوالي سعة الأول 7 pF و الثاني 3 pF وصلا بمصدر للجهد بمقداره 100 V احسب مايلي :

١. السعة المكافئة لهما C_{eq} .
٢. مقدار الشحنة لكل منهما.
٣. فرق الجهد بين طرفي كل منهما.

الحل :

١-



$$C_1 = 7 \text{ pF} , C_2 = 3 \text{ pF}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{7} + \frac{1}{3} = \frac{3}{21} + \frac{7}{21} = \frac{10}{21}$$

$$C_{eq} = \frac{21}{10} = 2.1 \text{ pF}$$

وفي حالة مكثفين متصلين على التوالي يمكن تعديل العلاقة (2-8) و ذلك بعد توحيد المقامات على النحو الآتي :

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (4-3)$$

$$C_{eq} = \frac{7 \times 3}{7 + 3} = \frac{21}{10} = 2.1 \text{ pF}$$

٢- لأنهما على التوالي فإن :

$$q = q_1 = q_2$$

$$\therefore C_{eq} = 2.1 \text{ pF} = 2.1 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$V = 100 \text{ V}$$

$$\therefore q = C_{eq} V$$

$$q = 2.1 \times 10^{-9} \times 100 = 2.1 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$\therefore q = q_1 = q_2 = 2.1 \times 10^{-7} \text{ C}$$

٣-

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{2.1 \times 10^{-7}}{7 \times 10^{-9}} = 30 \text{ V}$$

$$V_2 = \frac{q_2}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{2.1 \times 10^{-7}}{3 \times 10^{-9}} = 70 \text{ V}$$

لاحظ أن مجموع فرق الجهد بين طرفي كل منهما:

$$V_1 + V_2 = 30 + 70 = 100 \text{ V}$$



يساوي فرق الجهد بين طرفي السعة المكافئة لهما، و يساوي أيضاً جهد المصدر .

مثال (4-3) :

إذا كانت $C_1 = 3 \mu F$ ، $C_2 = 6 \mu F$ ، $C_3 = 4 \mu F$ ، بين كيف يتم ربطها لتحصل على
أ - أكبر سعة . ب - أصغر سعة.

الحل :

أ - نحصل على أكبر سعة في حالة توصيلها على التوازي :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_{eq} = 3 + 6 + 4 = 13 \mu F$$

ب - و للحصول على أصغر سعة نربطها على التوالي :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4}$$

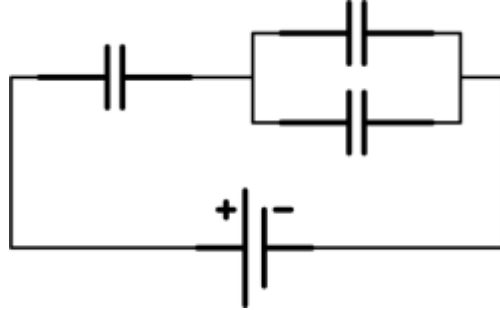
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{4}{12} + \frac{2}{12} + \frac{3}{12} = \frac{9}{12}$$

$$R_{eq} = \frac{12}{9} = 1.33 \mu F$$

4-4 التوصيل المركب للمكثفات :

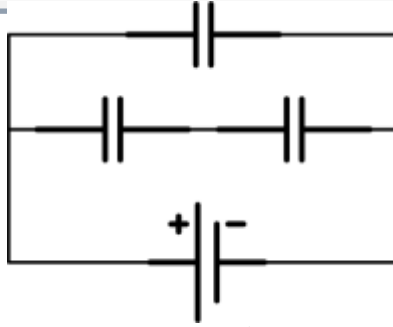
التوصيل المركب هو خليط من التوصيل على التوازي و على التوالي و لحل التمارين المتعلقة بها نتبع مايلي :

٣. إذا كان التوصيل على التوازي جزءاً من التوصيل على التوالي كما في الشكل (4-3) نحسب أولاً قيمة السعة لتوصيلة التوازي، ثم لتوصيلة التوالي .



شكل (4-3)

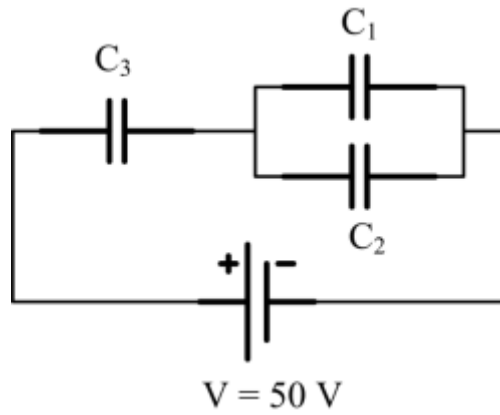
٤. إذا كان التوصيل على التوالي جزءاً من التوصيل على التوازي كما في الشكل (4-4) نحسب أولاً قيمة السعة لتوصيلة التوالي، ثم لتوصيلة التوازي .



شكل (4-4) .

مثال (4-4)

في الشكل المبين (4-5) ثلاثة مكثفات حيث : $C_1 = 2\mu F$ ، $C_2 = 4\mu F$ ، $C_3 = 6\mu F$
 احسب ما يلي :
 ١ - السعة المكافئة.
 ٢ - شحنة كل مكثف.



الشكل (4-5)

الحل :

١- C_1 و C_2 متصلتان على التوازي :

$$C_{12} = C_1 + C_2$$

$$C_{12} = 2 + 4 = 6 \mu F$$

وتصبح C_{12} موصلة على التوالي مع C_3 ، وهكذا فإن C_{eq} تكون كالآتي :

$$C_{eq} = \frac{C_{12} C_3}{C_{12} + C_3}$$

$$C_{eq} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = \frac{36}{12} = 3 \mu F$$



-٢

$$q_2 = ? \quad q_3 = ? \quad q_1 = ?$$

في حالة C_3 و C_{12} المتصلتين على التوالي فإن :

$$q = q_3 = q_{12}$$

$$q = C_{eq} V$$

$$q = 3 \times 10^{-6} \times 50 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$q = q_3 = q_{12} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ C}$$

ولحساب q_1 ، q_2 نحسب أولاً V_{12}

$$V_{12} = \frac{q_{12}}{C_{12}}$$

$$V_{12} = \frac{1.5 \times 10^{-4}}{6 \times 10^{-6}} = 25 \text{ V}$$

$$\therefore V_{12} = V_1 = V_2$$

لأنهما متصلتان على التوازي

$$\therefore q_1 = C_1 V_1$$

$$q_1 = 2 \times 10^{-6} \times 25 = 5 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$q_2 = C_2 V_2$$

$$q_2 = 4 \times 10^{-6} \times 25 = 1 \times 10^{-4} \text{ C}$$



تجربة رقم (5) :

اسم التجربة : توصيل المكثفات.

الغرض من التجربة :

١. قياس سعة المكثفات مباشرة من خلال مقياس الملتيميتر .
٢. التحقق من قوانين توصيل المكثفات على التوالي و على التوازي .

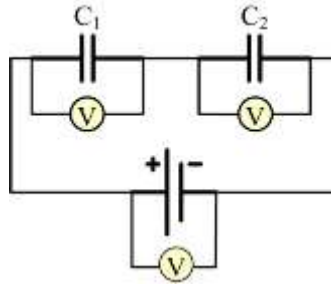
أدوات التجربة :

١. مكثفان سعتهما معلومة .	٢. أسلاك توصيل
٣. مصدر جهد مستمر يصل إلى 12 V	٤. لوح توصيل نقطي
٥. ملتي ميتر	

خطوات العمل :

أولا التوصيل على التوالي :

١. صل المكثفين على التوالي كما في الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل (4-6) .



شكل (4-6)

٢. شغل مصدر الجهد و ارفع الجهد عند قيمة 3 V
٣. قس مقدار فرق الجهد الكلي V بين طرفي المكثفين، و دونه في جدول (4-1) .
٤. قس مقدار فرق الجهد V₁ بين طرفي C₁ و سجله .
٥. قس مقدار فرق الجهد V₂ بين طرفي C₂ و سجله .
٦. اجمع V₁ + V₂ و قارن الناتج مع مقدار الجهد الكلي V و ماذا تستنتج من ذلك؟
٧. قس مقدار السعة المكافئة C_{eq} عملياً بواسطة مقياس الملتيميتر، و ذلك بوضع قرص المقياس على الرمز F وتعني وحدة القياس فاراد .

٨. احسب مقدار السعة المكافئة C_{eq} نظرياً على النحو الآتي : $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

٩. قارن بين مقداري السعة المكافئة C_{eq} العملية و النظرية، و ماذا تستنتج من ذلك ؟

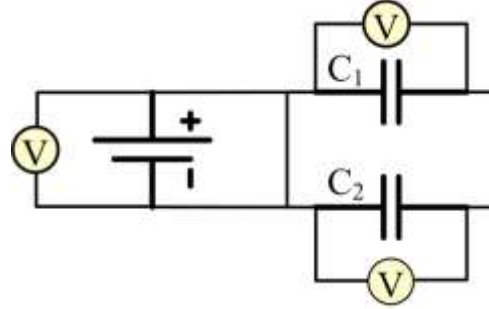
V (V)	V ₁ (V)	V ₂ (V)	V ₁ + V ₂	C _{eq} (F) عملياً	C _{eq} (F) نظرياً



جدول (4-1)

ثانيا التوصيل على التوازي :

١. صل المكثفين على التوازي كما في الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل (4-7) .



شكل (4-7)

٢. شغل مصدر الجهد، و ارفع الجهد عند قيمة 3 V
٣. قس مقدار فرق الجهد الكلي V بين طرفي المكثفين، و دونه في جدول (4-2) .
٤. قس مقدار فرق الجهد V_1 بين طرفي C_1 و سجله .
٥. قس مقدار فرق الجهد V_2 بين طرفي C_2 و سجله .
٦. قارن قياسات كل من V_1 و V_2 و V ، و ماذا تستنتج من ذلك ؟
٧. قس مقدار السعة المكافئة C_{eq} عملياً بواسطة مقياس المليمتر .
٨. احسب مقدار السعة المكافئة C_{eq} نظرياً على النحو الآتي : $C_{eq} = C_1 + C_2$
٩. قارن بين مقداري السعة المكافئة C_{eq} العملية و النظرية، و ماذا تستنتج من ذلك ؟

V (V)	V_1 (V)	V_2 (V)	C_{eq} (F) عملياً	C_{eq} (F) نظرياً

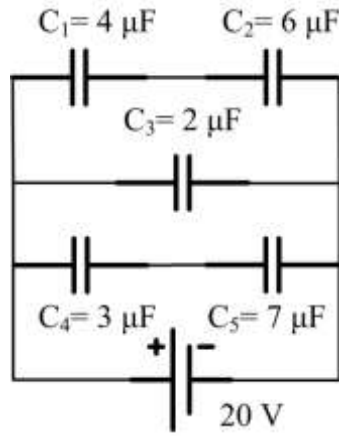
جدول (4-2)



أسئلة

١. ثلاثة مكثفات سعاتها $20, 30, 60, \mu F$ على الترتيب ، أوجد السعة الكلية لهذه المكثفات في حالة :

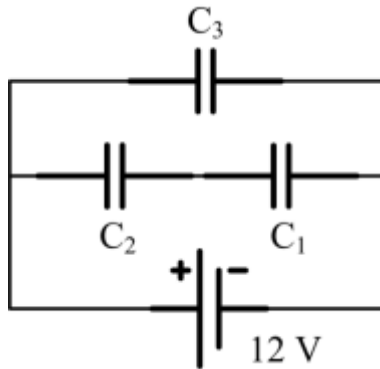
أ (التوصيل على التوالي) . ب (التوصيل على التوازي) .
٢. من الشكل (4-8) احسب السعة المكافئة و الشحنة المكافئة .



الشكل (4-8)

٣. وصلت ثلاثة مكثفات سعاتها كما يلي : $C_3 = 2 \mu F$, $C_2 = 6 \mu F$, $C_1 = 6 \mu F$ كما في الشكل (4-9)، ثم وصلت المجموعة إلى بطارية جهدها $12 V$. أوجد :

- ١ - السعة المكافئة للمجموعة .
- ٢ - شحنة كل مكثف .
- ٣ - فرق الجهد بين لوحي كل مكثف .



الشكل (4-9)



الملحق أ

بعض التحويلات الهامة:

المعادلة	الرمز	اسم الوحدة	وحدات الطول
1 mi = 1.609 km	mi	ميل	
1 km = 10 ³ m	km	كيلو متر	
1 m = 10 dm	m	متر	
1 m = 10 ² cm	dm	ديسيمتر	
1 m = 10 ³ mm	cm	سنتيمتر	
1 m = 3.281 ft	mm	مليمتر	
1 m = 39.3 in	ft	قدم	
1 ft = 30.48 cm	in	انش	
1 ft = 12 in			
1 in = 2.54 cm			

1 km ² = 10 ⁶ m ²	km ²	كيلو متر مربع	وحدات المساحة
1 m ² = 10 ⁴ cm ²	m ²	متر مربع	
1 m ² = 10 ⁶ mm ²	cm ²	سنتيمتر مربع	
1 m ² = 10.76 ft ²	mm ²	مليمتر مربع	
1 m ² = 1550 in ²	ft ²	قدم مربع	
1 ft ² = 144 in ²	in ²	انش مربع	
1 in ² = 6.452 cm ²			

1 m ³ = 10 ⁶ cm ³	m ³	متر مكعب	وحدات الحجم
	cm ³	سنتيمتر مكعب	



1 m ³	=	10 ⁹ mm ³	mm ³	مليمتر مكعب	
1 m ³	=	35.31 ft ³	ft ³	قدم مكعب	
1 ft ³	=	2.832×10 ⁴ cm ³	li	لتر	
1 m ³	=	1000 li	mli	مليتر	
1 li	=	1000 cm ³			
1 mli	=	1 cm ³			

1 ton	=	10 ³ kg	ton	طن متري	وحدات الكتلة
1 kg	=	10 ³ g	kg	كيلو جرام	
1 g	=	10 ³ m g	g	جرام	
			mg	ملي جرام	

1 h	=	60 min	h	ساعة	وحدات الزمن
1 h	=	3600 s	min	دقيقة	
1 min	=	60 s	s	ثانية	
1 s	=	1000 ms	ms	ملي ثانية	

الملحق ب

الكتابة العلمية للأعداد

بعد أن قطعت العلوم التجريبية والتقنية شوطاً كبيراً من التقدم العلمي ظهرت ثوابت فيزيائية قيمها كبيرة جداً مثل سرعة الضوء = 300000000 m/s. أو قيمها صغيرة جداً مثل قطر نواة الذرة يساوي تقريباً 0.000000000005 mm ولأجل سهولة قراءتها وحفظها وتداولها في الحسابات فإنها تكتب بصورة قوى العدد عشرة، و الصيغة العامة لكتابة الأعداد علمياً على النحو الآتي :

$$a \times 10^b$$

حيث إن a : عدد قيمته المطلقة أكبر أو تساوي 1 و أصغر من 10 .

b : عدد صحيح نسبي .

مثال :



اكتب الصورة العلمية للعددين الآتيين :

أ- 3000000000 ب- 0.0000000000005

الحل :

$$3000000000 = 3 \times 1000000000 = 3 \times 10^8$$

$$a = 3 \text{ و } b = 8$$

و اختصاراً نتبع الطريقة الآتية:

$$\begin{array}{c} a = 3 \\ \uparrow \\ 3 \overbrace{00000000}^{\text{٨ منازل}} \\ b = 8 \end{array}$$

$$0.0000000000005 = \frac{5}{1000000000000} = \frac{5}{10^{12}} = 5 \times 10^{-12}$$

حيث أن :

$$b = -12 \text{ و } a = 5$$

و اختصاراً نتبع الخطوات الآتية :

$$\begin{array}{c} a = 5 \\ \uparrow \\ 0. \overbrace{000000000000}^{12 \text{ منزلة عشرية}} 5 \\ b = -12 \end{array}$$

أمثلة أخرى :

الكتابة الأساسية للعدد	الكتابة العلمية للعدد
700	7×10^2
2341.759	2.341759×10^3
-82000	-8.2×10^4
483000000	4.83×10^8



9×10^{-1}	0.9
3.67×10^{-7}	0.000000367



المراجع

اسم المرجع	المؤلف
الفيزياء النظرية الأساسية - الطبعة الثانية	د. مروان أحمد الفهاد
أساسيات الفيزياء ، الطبعة التاسعة	بوش
الفيزياء الجامعية (سلسلة ملخصات شوم) الطبعة العربية الأولى	بوش
المرشد إلى وحدات القياس ط ١ ، ١٩٩٥ م.	جاك ليبوا
الميكانيك وخواص المادة ، ط ٢ ، ١٤١٠ هـ.	ميرزا محمد قيصرون .
الفيزياء (سلسلة التبسيط) الطبعة الأولى	ناصر عبدالعزيز آل عبدالكريم
الحقيبة التدريبية : مختبر قياس ط : ١٤٢٩	المؤسسة العامة للتدريب التقني و المهني
الفيزياء التجريبية الأساسية ، الطبعة الأولى	د. مروان أحمد الفهاد أ. عبدالعزيز علي المسعود
الفيزياء التجريبية ، الطبعة الثالثة	د. أحمد مصمص د. أحمد ميره د. زياد المصري
الصفحة الالكترونية لمادة القياسات http://hctmetrology.tripod.com/chap1.htm	د . محمد أحمد عيشوني
Fundamentals of physics . 1997 .	Halliday. Resnick
Physics for scientists and engineers . ninth edition .	serway
http://www.gphysics.net/leybold-experiments-setups	leybold-experiments