جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للمناهج

الفيزياء

للصف السادس العلمي

تأليف

أ. د. قاسم عزيز محمد
أ. د. حازم لويس منصور
سعيد مجيد العبيدي
د. شفاء مجيد جاسم
أ. د. ماهر ناصر سرسم
أ. د. محمد صالح مهدي
محمد حمد العجيلي

الطبعة الحادية عشرة
١٤٤٧هـ/٢٠٢٥م

المشرف العلمي على الطبع: م.م. علا عادل إبراهيم

المشرف الفني على الطبع: د. علي مصطفى كمال رفيق

الموقع والصفحة الرسمية للمديرية العامة للمناهج

www.manahj.edu.iq
manahjb@yahoo.com
Info@manahj.edu.iq

manahjb
manahj

استنادًا إلى القانون يوزع مجانًا ويمنع بيعه وتداوله في الاسواق

مقدمة

عزيزي الطالب .....

عزيزتي الطالبة .....

يمثل هذا الكتاب دعامة من دعائم المنهج المطور في الفيزياء، الذي يعمل على تحقيق أهداف علمية وعملية تواكب التطور العلمي في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، كما يحقق هذاالكتاب ربطا للحقائق والمفاهيم التي يدرسها الطالب بواقع حياته اليومية المجتمعية.

إن هذا المنهج يهدف الى جملة من الأهداف هي:

1- إكساب الطالب منهجية التفكير العلمي والانتقال به من التعليم المعتمد على الحفظ إلى التعلم الذاتي الممتزج بالمتعة والتشويق.

2- محاولة تدريب الطالب على الاستكشاف من خلال تنمية مهارات الملاحظة والتحليل والاستنتاج والتعليل.

3- إكساب الطالب المهارات الحياتية والقدرات العلمية التطبيقية.

4- توضيح العلاقة بين العلم والتكنولوجيا في مجال العلوم وتأثيرها في التنمية وربطها بالحياة العملية.

5- تنمية مفهوم الاتجاهات الحديثة في الحفاظ على التوازن البيئي عملياً وعالمياً.

يضم هذا الكتاب تسعة فصول هي: (الفصل الأول – المتسعات، الفصل الثاني – الحث الكهرومغناطيسي، الفصل الثالث – التيار المتناوب، الفصل الرابع – الموجات الكهرومغناطيسية، الفصل الخامس – البصريات الفيزيائية، الفصل السادس – الفيزياء الحديثة، الفصل السابع – الكترونيات الحالة الصلبة، الفصل الثامن – الأطياف الذرية والليزر، والفصل التاسع– الفيزياء النووية . ويحتوي كل فصل على مفاهيم جديدة مثل (هل تعلم، تذكر ، سؤال ، فكر) فضلاً عن مجموعة كبيرة من التدريبات والانشطة المتنوعة ليتعرف الطالب من خلالها على مدى ما تحقق من أهداف ذلك الفصل.

نقدم الشكر والتقدير لكل من د.حنان حسن مجيد العلاف والاختصاصي التربوي بثينة مهدي محمد لمراجعتهم العلمية للكتاب كما نقدم شكرنا إلى كل من الاختصاصي التربوي جلال جواد سعيد والاختصاصي التربوي انتصار عبد الرزاق العبيدي و السيد عباس ناجي البغدادي لإسهامهم العلمي في إخراج هذا الكتاب بهذا الشكل وكذلك أعضاء وحدة مناهج الفيزياء.

نسأل الله عزَّ وجل أن تعمَّ الفائدة من خلال هذا الكتاب، وندعوه سبحانه أن يكون ذلك أساس عملنا، الذي يصب في حب وطننا والانتماء إليه والله ولي التوفيق.

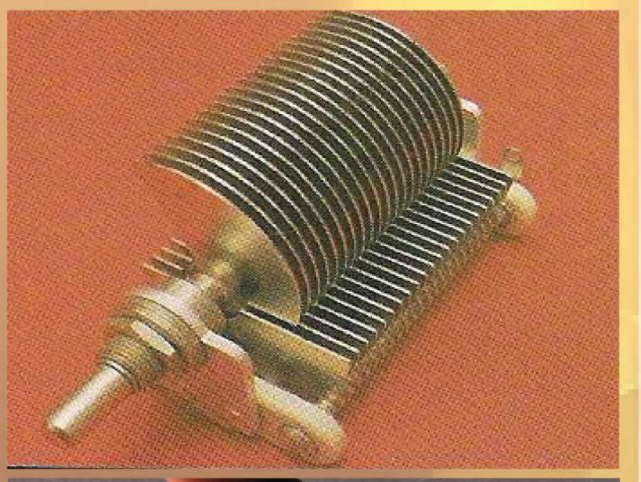
المؤلفون

ارشادات بيئية

* بيئة نظيفة تعني حياة افضل
* عندما تكون للبيئة أولوية... البيئة تدوم
* الماء شريان الحياة فحافظ عليه من التلوث
* حماية البيئة مسؤولية الجميع فلنعمل لحمايتها
* البيئة ملك لك ولاجيالك القادمة فحافظ عليها من التلوث
* لنعمل من أجل بيئة افضل ووطن أجمل
* من أجل بيئة أجمل ازرع ولا تقطع
* حافظ على بيئتك لتنعم بحياة افضل
* بيئة الانسان مرآة لوعيه
* لنعمل معا... من أجل عراق خال من التلوث
* يد بيد من أجل وطن اجمل
* بيئتك حياتك... فساهم من اجل جعلها مشرقة
* البيئة بيتنا الكبير... فلنعمل على جعله صحيا ونظيفا

الفصل الأول 1

المتسعات
Capacitors



مفردات الفصل:

1-1 المتسعة

2-1 المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

3-1 السعة

4-1 العازل الكهربائي

5-1 العوامل المؤثرة في مقدار سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

6-1 ربط المتسعات (توازي ، توالي)

7-1 الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة

8-1 بعض أنواع المتسعات

9-1 دائرة تيار مستمر تتألف من مقاومة ومتسعة

10-1 بعض التطبيقات العملية للمتسعة

الاهداف السلوكية

بعد دراسة الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادرا على ان:

- يعرف مفهوم المتسعة.
- يذكر انواع المتسعات.
- يوضح العازل الكهربائي.
- يقارن بين العوازل القطبية والعوازل غير القطبية.
- يتعرف على طريقة ربط التوالي.
- يتعرف على طريقة ربط التوازي.
- يقارن بين طريقة ربط التوالي وطريقة ربط التوازي.
- يجري تجربة يشرح كيفية شحن المتسعة.
- يجري تجربة لمعرفة كيفية تفريغ المتسعة.
- يذكر بعض التطبيقات العملية للمتسعة.

المصطلحات العلمية	
Capacitance	السعة
Capacitor	المتسعة
Capacitors in series combination	ربط المتسعات على التوالي
Capacitors in parallel combination	ربط المتسعات على التوازي
Electric charge	الشحنة الكهربائية
Parallel plates capacitor	المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين
Dielectric	العازل الكهربائي
Permittivity constant	ثابت السماحية
Electric field	المجال الكهربائي
Electric difference potential	فرق الجهد الكهربائي
Electric potential energy	الطاقة الكامنة الكهربائية
Charging capacitor	شحن المتسعة
Electric potential gradient	انحدار الجهد الكهربائي
Energy density	كثافة الطاقة
Vacuum permittivity	سماحية الفراغ
Electric shock	صدمة كهربائية
Dielectric constant	ثابت العزل الكهربائي
Polar Dielectric	عازل كهربائي قطبي
Dielectric strength	قوة العزل الكهربائي
Non polar dielectric	عازل كهربائي غير قطبي
Equivalent capacitance	السعة المكافئة
Relative permittivity	السماحية النسبية
Discharging capacitor	تفريغ المتسعة

1-1 Capacitor المتسعة

الموصل الكروي المنفرد المعزول يمكنه تخزين كمية محددة من الشحنات الكهربائية. وان الاستمرار في اضافة الشحنات (Q) سيؤدي حتما إلى ازدياد جهد الموصل (V) على بعد معين (r) عن مركز الشحنة وعلى وفق العلاقة التي درستها سابقاً تكون:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \times \frac{Q}{r}$$

وكما درست سابقاً أن مقدار ثابت التناسب (k) في قانون كولوم هو:

$$k = \frac{1}{4\pi\,\epsilon_o} = 9\times 10^9 N.m^2/C^2$$

إذ إن: (ϵ_o) هي سماحية الفراغ ومقدارها:

$$\epsilon_o = 8.85\times 10^{-12}\quad C^2/N.m^2$$

فتصبح العلاقة:

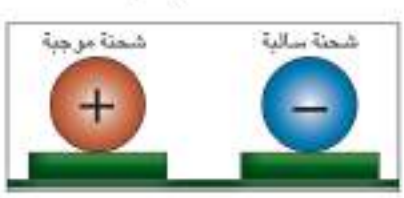
$$V = k\frac{Q}{r}$$

وبذلك يزداد فرق الجهد الكهربائي بينه وبين أي جسم آخر (الهواء مثلاً)، وعندها يزداد مقدار المجال الكهربائي وقد يصل إلى الحد الذي يحصل عنده التفريغ الكهربائي خلال الهواء المحيط به. لاحظ الشكل (1). لذا نادرا ما يستعمل الموصل المنفرد لتخزين الشحنات الكهربائية.

الشكل (1)

لعلك تتساءل هل يمكن صنع جهاز يستعمل لتخزين مقادير كبيرة من الشحنات الكهربائية وتخزن فيه الطاقة الكهربائية ؟

لتحقيق ذلك استعمل نظام يتألف من موصلين (بأي شكلين كانا) معزولين يفصل بينهما عازل (أما الفراغ أو الهواء أو مادة عازلة كهربائياً). فيكون بمقدوره اختزان شحنات موجبة على أحد الموصلين وشحنات سالبة على الموصل الآخر وهذا ما يسمى بالمتسعة الشكل (2).



الشكل (2)

فالمتسعة هي جهاز يستعمل لتخزين الشحنات الكهربائية والطاقة الكهربائية، يتكون من زوج (أو أكثر) من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل.

توجد المتسعات بأشكال هندسية مختلفة منها متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ومتسعة ذات الأسطوانتين المتمركزتين ومتسعة ذات الكرتين المتمركزتين.

تصنع المتسعات بأشكال مختلفة حجما ونوعا وفقاً لتطبيقاتها العملية لاحظ الشكل (3) يبين مجموعة من المتسعات مختلفة الأنواع والأحجام والتي تستعمل في تطبيقات عملية مختلفة.

الشكل (3)

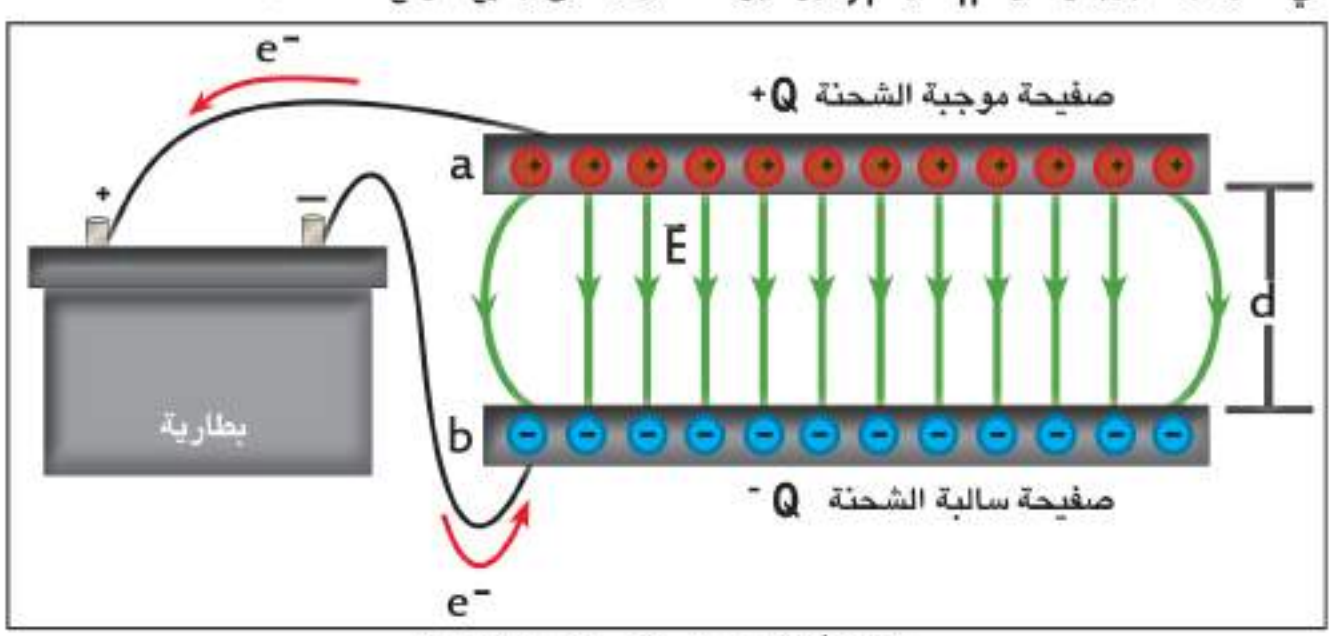
سنتناول في دراستنا في هذا الفصل المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين.

2-1 المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين The parallel- plate Capacitor

غالبا ما يكون الموصلان مستويين متوازيين بينهما مادة عازلة كهربائياً بشكل صفيحتين متوازيتين، وهذا هو أبسط أشكال المتسعات وأكثرها استعمالاً في الأغراض العملية. وفي أغلب التطبيقات العملية تكون الصفيحتان ابتداءا غير مشحونتين، ولشحنهما تربط أحداهما مع القطب الموجب للبطارية فتظهر عليها شحنة موجبة(Q+) والصفيحة الأخرى تربط مع القطب السالب للبطارية فتظهرعليها شحنة سالبة (Q-) مساوية لها في المقدار، وكلا الشحنتين تقعان على السطحين المتقابلين للصفيحتين، بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات وهذا يعني أن الصفيحتين تحملان شحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا فيكون صافي الشحنة على الصفيحتين يساوي صفرا.

يبين الشكل (4) متسعة تتألف من صفيحتين موصلتين مستويتين متماثلتين معزولتين ومتوازيتين ومساحة كل منهما(A) مفصولتين عن بعضهما بالبعد (d) ومشحونتين بشحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا تسمى متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين The parallel- plate Capacitor.

يظهر الشكل (4) خطوط المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المستويتين المتوازيتين، ويعد مجالا كهربائياً منتظماً إذا كان البعد (d) بين الصفيحتين صغيرا جدا بالمقارنة مع أبعاد الصفيحة الواحدة، فيهمل عندئذ عدم انتظام خطوط المجال عند الحافات. والرمز المعبر عن المتسعة في الدوائر الكهربائية هو ⊣⊢ أو ⊣(وينطبق هذا الرمز على جميع أنواع المتسعات.



شكل (4) (المجال الكهربائي المنتظم)

3-1 السعة Capacitance

بما أن صفيحتي المتسعة مصنوعتان من مادة موصلة ومعزولتان، فتكون جميع نقاط الصفيحة الواحدة للمتسعة المشحونة بجهد متساوٍ، ويتولد فرق جهد كهربائي بين الصفيحة ذات الجهد الأعلى (الجهد الموجب) والصفيحة

ذات الجهد الأوطأ (الجهد السالب) ويرمز لفرق الجهد بين صفيحتي المتسعة المشحونة (ΔV). لاحظ الشـــكل (5).

لقد وجد عمليا ان فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة (Q) على أي من صفيحتيها وهذا يعني أن ازدياد مقدار الشحنة (Q) يتسبب في إزدياد مقدار فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين الصفيحتين، لذا يمكن تعريف سعة المتسعة بأنها: « نسبة الشحنة (Q) المختزنة في أي من صفيحتيها إلى مقدار فرق الجهد (ΔV) بين الصفيحتين»

أي ان:

$$\frac{Q}{\Delta V} = \text{constant}$$

شكل (5)

والمقدار الثابت (constant) يسمى سعة المتسعة ويرمز لها بالرمز (C)، فتكون:

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

وتعد سعة المتسعة مقياسا لمقدار الشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتيها لتوليد فرق جهد كهربائي معين بينهما، والمتسعة ذات السعة الأكبر يعني أنها تستوعب شحنة بمقدار أكبر.

تقاس سعة المتسعة في النظام الدولي للوحدات بـ ($\frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$) وتسمى Farad.

$$1\text{Farad} = 1\text{F} = 1\text{Coulomb} / \text{volt}$$

وتكون وحدة (Farad) كبيرة جدا في معظم التطبيقات العملية، فتكون الوحدات الأكثر ملائمة عمليا هي أجزاء الـ Farad وهي :

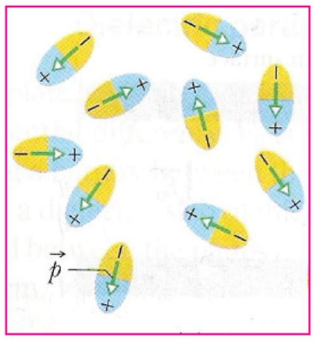
$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F} \quad , \quad 1\text{nF} = 10^{-9}\text{F} \quad , \quad 1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}.$$

4-1 العازل الكهربائي Dielectric

كما عرفت من دراستك السابقة هناك مواد عدة مثل الورق المشمع، اللدائن (البلاستيك)، الزجاج، فضلاً عن كونها غير موصلة للكهربائية (عازلة) عند الظروف الاعتيادية، فهي تعمل على تقليل مقدارالمجال الكهربائي الموضوعة فيه، لذا تسمى بالمواد العازلة كهربائياً Dielectric materials .

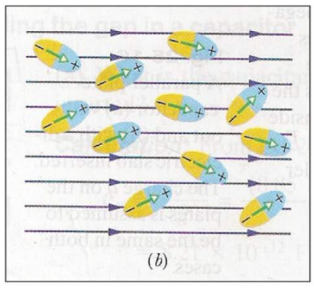
تصنف المواد العازلة كهربائياً الى نوعين:

النوع الاول: العوازل القطبية (Polar dielectrics)، مثل الماء النقي، إذ تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية ثنائية القطب دائمية، فيكون التباعد بين مركزي شحنتيها الموجبة والسالبة ثابتا (مثل هذه الجزيئة تسمى دايبول، أي جزيئة ثنائية القطب). لاحظ الشكل (6) يوضح الاتجاهات العشوائية لجزيئات العازل القطبية في غياب المجال الكهربائي الخارجي.



الشكل (6)

وعند إدخال هذا النوع من العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة، فالمجال الكهربائي بين صفيحتيها سيؤثر في هذه الدايبولات ويجعل معظمها يصطف بموازاة المجال، لاحظ الشكل (7).

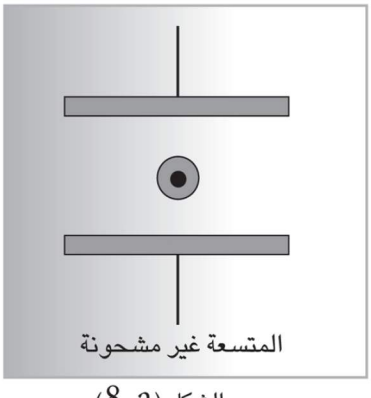


الشكل (7)

ونتيجة لذلك يتولد مجالاً كهربائياً داخل العازل اتجاهه معاكسا لاتجاه المجال الخارجي المؤثر وأقل منه مقدارا.

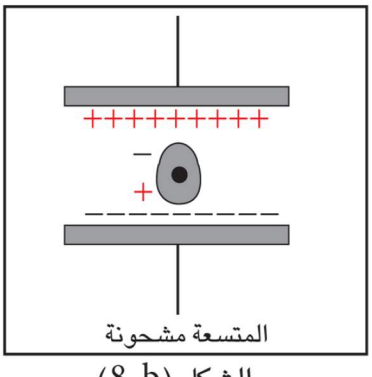
وبالنتيجة يقل مقدار المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

النوع الثاني: العوازل غير القطبية (Non polar dielectrics) (مثل الزجاج والبولي أثيلين)، إذ يكون التباعد بين مركزي شحنتيها الموجبة والسالبة غير ثابت.لاحظ الشكل (8-a).

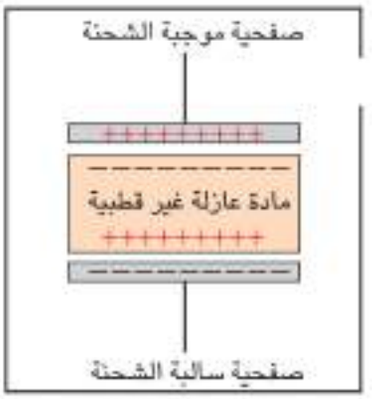


الشكل (8-a)

وعند إدخال هذا النوع من العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة، سيعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة، وهذا يعني انها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي، وبهذا يتحول الجزيء إلى دايبول كهربائي يصطف باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المؤثر. لاحظ الشكل (8-b).



الشكل (8-b)

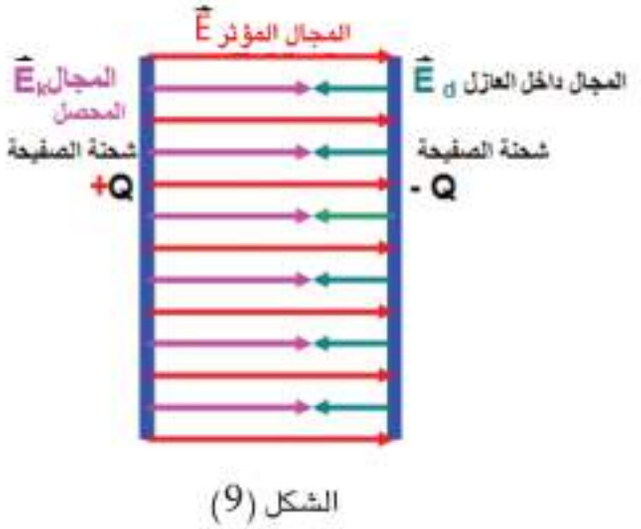


الشكل (8-c)

وبالنتيجة تظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفيحة السالبة للمتسعة، في حين تظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفيحة الموجبة (ولكن يبقى العازل متعادلا كهربائيا) الشكل (8-c)

وعندئذ يصبح العازل مستقطبا والشحنتان السطحيتان على وجهي العازل تولدان مجالا كهربائيا داخل العازل (E_d) يعاكس في اتجاه المجال المؤثر بين الصفيحتين (E) الشكل (9)، فيعمل على إضعاف المجال الكهربائي الخارجي المؤثر.

وفي كلا نوعي العازل الكهربائي يعطى متجه المجال الكهربائي المحصل (E_k)، بالعلاقة الآتية:



الشكل (9)

$$\vec{E}_k = \vec{E} + \vec{E}_d$$

ومقداره يكون :

$$E_k = E - E_d$$

فيقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة بنسبة k ويكون $E_k = E/k$

وبما ان المجال الكهربائي ($E = \Delta V/d$) أي إن فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يتناسب طرديا مع مقدار المجال الكهربائي فيقل فرق الجهد بين الصفيحتين ايضا بنسبة k :

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

إذ إن ΔV هو فرق الجهد بين الصفيحتين في حالة العازل بينهما هو الفراغ أو الهواء و ΔV_k هو فرق الجهد بينهما بوجود العازل.

ويرمز لمقدار سعة المتسعة بوجود العازل بالرمز C_k فتكون : $C_k = kC$

يعرف ثابت العزل الكهربائي (k) للمادة العازلة بأنه:

النسبة بين سعة المتسعة بوجود العازل C_k وسعتها بوجود الفراغ أو الهواء C.

أي إن:

$$k = \frac{C_k}{C}$$

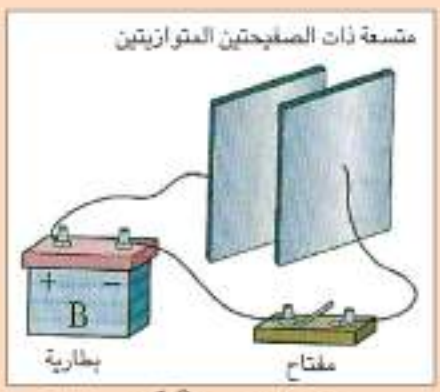
ومنها $C_k = kC$

نشاط

يبين تأثير إدخال العازل الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية في مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما (تجربة فراداي Faradays experiment)، وما تأثيره في سعة المتسعة؟

أدوات النشاط:

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين (العازل بينهما هواء) غير مشحونة، بطارية فولطيتها مناسبة ، جهاز فولطميتر أسلاك توصيل، لوح من مادة عازلة كهربائيا (ثابت عزلها k).



الشكل (10 –a)

خطوات النشاط:

- نربط أحد قطبي البطارية باحدى الصفيحتين، ثم نربط القطب الآخر بالصفيحة الثانية، ستنشحن إحدى الصفيحتين بالشحنة الموجبة (+Q) والأخرى بالشحنة السالبة (-Q). الشكل (10 –a).
- نفصل البطارية عن الصفيحتين.
- نربط الطرف الموجب للفولطميتر بالصفيحة الموجبة ونربط طرفه السالب بالصفيحة السالبة، نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة لاحظ الشكل (10–b)، ماذا يعني ذلك؟ يعني تولد فرق جهد كهربائي (ΔV) بين صفيحتي المتسعة المشحونة في الحالة التي يكون فيها الهواء هو العازل بينهما.
- ندخل اللوح العازل بين صفيحتي المتسعة المشحونة، نلاحظ حصول نقصان في قراءة الفولطميتر ΔV، لاحظ الشكل (10– c).

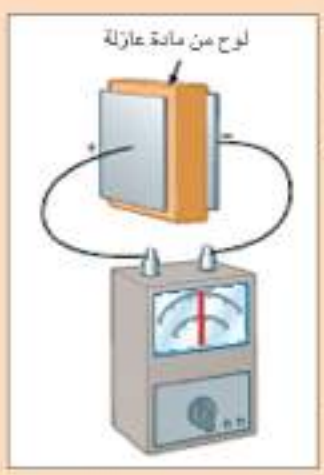
الشكل (10–b)

نستنتج من النشاط :

ادخال مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتسبب في انقاص فرق الجهد الكهربائي بينهما بنسبة مقدارها ثابت العزل (k) فتكون $\Delta V_k = \Delta V / k$. ونتيجة لنقصان فرق الجهد بين الصفيحتين تزداد سعة المتسعة طبقا للمعادلة $C = Q / \Delta V$ بثبوت مقدار الشحنة Q. أي إن:

سعة المتسعة بوجـود العازل الكهربائي تزداد بالعامل (k) فتكون:

$$C_k = kC$$



الشكل (10– c)

* يلاحظ على كل متسعة كتابة تحدد مقدار أقصى فرق جهد كهربائي تعمل فيه المتسعة، فهل ترى ذلك ضرورياً؟

الجواب، نعم ضروريا جدا، لأنه في حالة الاستمرار في زيادة مقدار فرق الجهد

المسلط بين صفيحتيها يتسبب ذلك في ازدياد مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين إلى حد كبيرا جدا، قد يحصل عنده الانهيار الكهربائي للعازل، نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله، فتتفرغ عندئذ المتسعة من جميع شحنتها، وهذا يعني تلف المتسعة.

لذا يعطى جدول يبين فيه مقادير ثابت العزل الكهربائي وقوة العزل الكهربائي لمواد مختلفة تستعمل عادة كعازل بين صفيحتي المتسعة. وتعرف قوة العزل الكهربائي لمادة ما بأنها:

أقصى مقدار لمجال كهربائي يمكن أن تتحمله تلك المادة قبل حصول الانهيار الكهربائي لها. وتعد قوة العزل الكهربائي لمادة بانها مقياس لقابليتها في الصمود أمام المجال الكهربائي المسلط عليها.

جدول يوضح مقدار ثابت العزل الكهربائي وقوة العزل الكهربائي للمواد المستعملة عمليا:

المادة material	ثابت العزل الكهربائي k Dielectric constant	قوة العزل الكهربائي Dielectric strength (volt / meter)
الفراغ vacuum	1.00000	----------
الهواء الجاف (1atm) air (عند ضغط واحد جو)	1.00059	3×10^6
المطاط rubber	6.7	12×10^6
النايلون nylon	3.4	14×10^6
الورق paper	3.7	16×10^6
لدائن البوليستيرين Polystyrene plastic	2.56	24×10^6
زجاج البايركس Pyrex glass	5.6	14×10^6
زيت السيليكون Silicon oil	2.5	15×10^6
التفلون Teflon	2.1	60×10^6
الماء النقي 20^0C pure water	80	----------
السترونيوم Strontium	300	8×10^6
المايكا Mica	3---6	$(150 - 220) \times 10^6$

5-1 العوامل المؤثرة في مقدار سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

قد تتساءل، ما العوامل التي تعتمد عليها سعة المتسعة؟

إن العوامل التي تعتمد عليها سعة المتسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين هي:

1- المساحة السطحية (A) المتقابلة لكل من الصفيحتين. وتتناسب معها طرديا $(C \propto A)$

2- البعد (d) بين الصفيحتين. وتتناسب معه عكسياً $(C \propto \frac{1}{d})$

3- نوع الوسط العازل بين الصفيحتين فإذا كان الفراغ أو الهواء عازلاً بين الصفيحتين فان سعة المتسعة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$C = \frac{\epsilon_o A}{d}$$

إذ إن (ϵ_o) يمثل ثابت التناسب يسمى سماحية الفراغ.

وفي حالة وجود مادة عازلة كهربائياً بين الصفيحتين بدلاً من الفراغ أو الهواء ثابت عزلها k وهو السماحية النسبية للمادة ويسمى ثابت العزل الكهربائي وهو عدد مجرد من الوحدات، وعندئذ تعطى سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين في حالة وجود مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتيها بدلا من الفراغ أو الهواء بالعلاقة التالية:

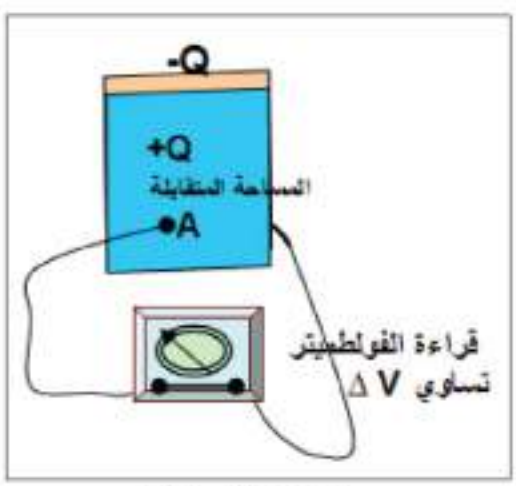
$$C_k = k \frac{\epsilon_o A}{d} \quad \text{فتكون} \quad C_k = k\,C$$

ونبين الآن كيف يتغير مقدار سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين عمليا مع تغير كل من العوامل الآتية:

a المساحة السطحية (A) المتقابلة للصفيحتين:

الشكل (a-11) يوضح متسعة مشحونة بشحنة (Q) ذات مقدار معين مفصولة عن مصدر الفولطية ومربوطة بين طرفي فولطميتر لقياس فرق الجهد بين صفيحتيها. فعندما تكون المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة تساوي(A) تكون قراءة الفولطميترعند تدريجة معينة، فيكون فرق الجهد بين الصفيحتين يساوي (ΔV).

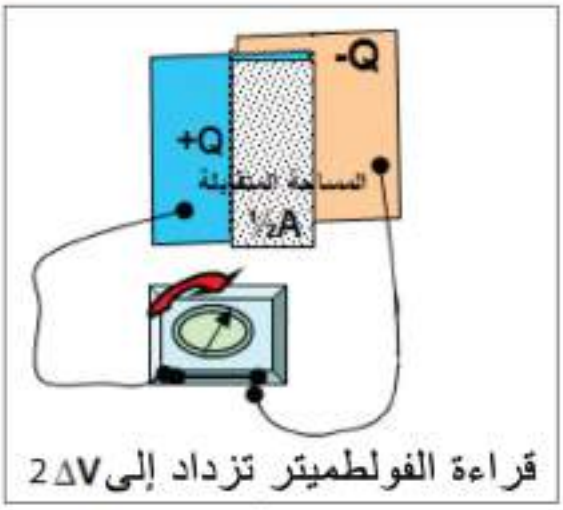
وبتقليل المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين إلى نصف



الشكل (a-11)

ماكانت عليه (أي ½A) وذلك بإزاحة إحدى الصفيحين جانباً (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتاً)، نلاحظ ازدياد قراءة الفولطميتر الى ضعف ماكانت عليه (أي 2 ΔV). لاحظ الشكل (11-b).

على وفق العلاقة ($C = \frac{Q}{\Delta V}$)، تقل سعة المتسعة بازدياد فرق الجهد بين صفيحتيها بثبوت مقدار الشحنة Q.



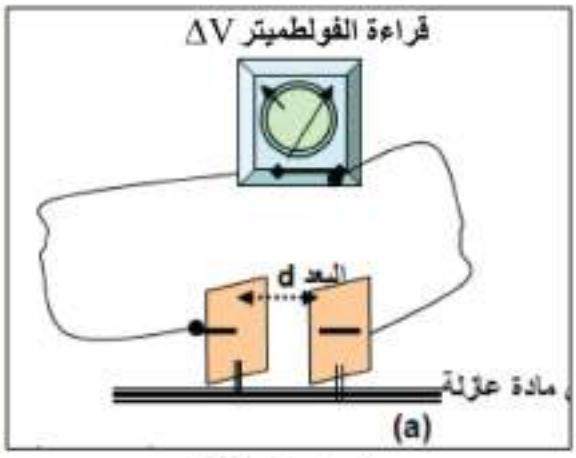
الشكل (11-b)

نستنتج من ذلك أن سعة المتسعة تقل بنقصان المساحة المتقابلة للصفيحتين والعكس صحيح. $(C \propto A)$

أي إن: السعة C لمتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين تتناسب طرديا مع المساحة A المتقابلة للصفيحتين.

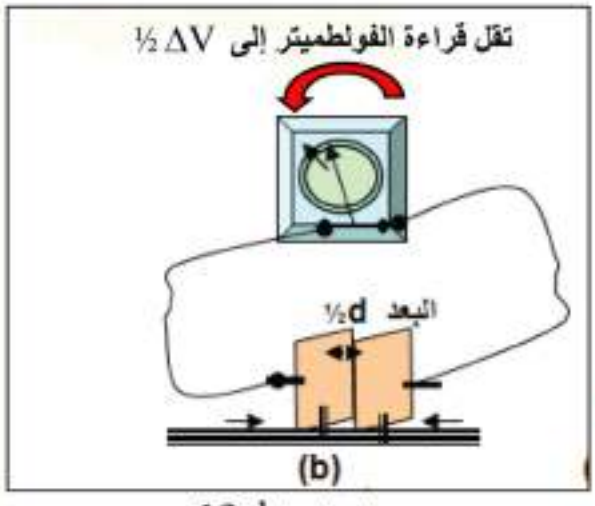
b البعد بين الصفيحتين المتوازيتين (d):

الشكل (12-a) يبين لنا صفيحتي متسعة مشحونة بشحنة ذات مقدار معين ومفصولة عن مصدر الفولطية ومربوطة بين طرفي فولطميتر، البعد الابتدائي بينهما (d). لاحظ قراءة الفولطميتر تشير إلى مقدار معين لفرق الجهد ΔV بين الصفيحتين المشحونتين بشحنة معينة Q .



الشكل (12-a)

وعند تقريب الصفيحتين من بعضهما إلى البعد ($\frac{1}{2}d$) (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا)، نلاحظ أن قراءة الفولطميتر تقل إلى نصف ماكانت عليه (أي $\frac{1}{2}\Delta V$). لاحظ الشكل (12-b).



الشكل (12-b)

على وفق العلاقة: $C = \frac{Q}{\Delta V}$ فان نقصان مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يعني ازدياد مقدار سعة المتسعة (بثبوت مقدار الشحنة). نستنتج من ذلك إن سعة المتسعة تزداد بنقصان البعد (d) بين الصفيحتين والعكس صحيح.

$$\left(C \propto \frac{1}{d}\right)$$

هل

تعلم (للاطلاع)

تلجأ بعض المصانع إلى طرق عدّة لغرض زيادة مقدار سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين، وذلك بالتحكم في العوامل الثلاثة المؤثرة في مقدار السعة (المساحة السطحية للصفيحتين، البعد بين الصفيحتين، العازل الكهربائي):

فتصنع الصفيحتان بشكل شرائح معدنية رقيقة جدا واسعة المساحة، توضع بينهما مادة عازلة تمتلك ثابت عزل كهربائي كبيرالمقدار وبشكل أشرطة رقيقة جدا، ثم تلف على بعضها بشكل إسطواني.

لاحظ الشكل (13).

الشكل (13)

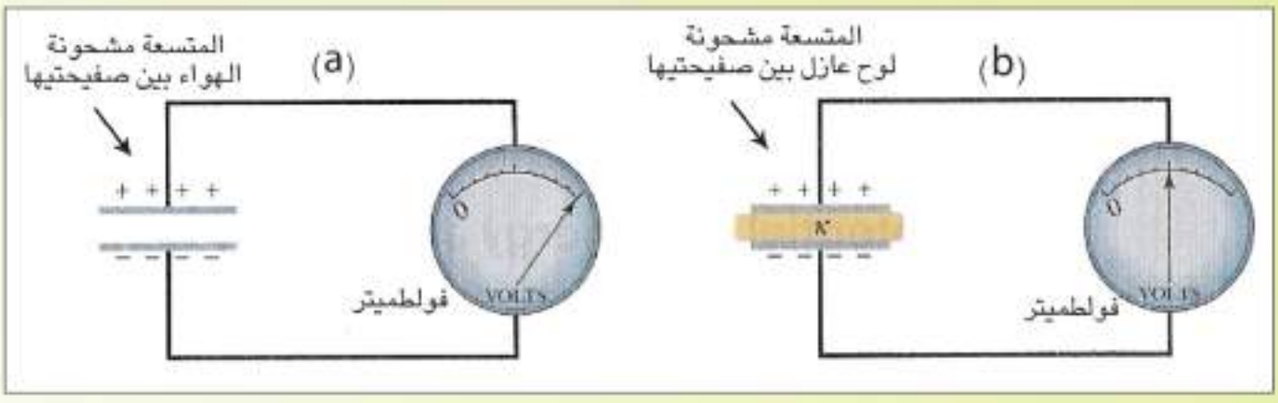
مثال (1)

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (10pF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V)، فإذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم أدخل بين صفيحتيها لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما. لاحظ الشكل (14) ما مقدار:

1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.

2- سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي.

3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل.



الشكل (14)

الحل

1- لحساب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة لدينا العلاقة: $Q = C \times \Delta V$

$$Q = 10 \times 10^{-12} \times 12 = 120 \times 10^{-12} \text{ coulomb}$$

2- لحساب سعة المتسعة بوجود العازل : $C_k = k\,C$

فتكون: $C_k = 6 \times 10 \times 10^{-12}\,F = 60 \times 10^{-12} F$

3- لحساب فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل:

$$\Delta V_k = Q / C_k = 120 \times 10^{-12} / 60 \times 10^{-12} = 2\,V$$

او يحسب من :

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{12}{6} = 2V$$

من الجدير بالانتباه: إن فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل يقل بالنسبة (k) في الحالة التي تكون فيها المتسعة مفصولة عن البطارية لاحظ الشكل (14- a ، b)

بما أن المتسعة فصلت عن البطارية ثم أدخل العازل فإن مقدار الشحنة المختزنة فيها يبقى ثابتا فتكون:

$$Q_k = Q = 120 \times 10^{-12} \text{ coulomb}$$

فكر ؟

يقول صديقك إن المتسعة المشحونة تختزن شحنة مقدارها يساوي كذا ، وأنت تقول إن المتسعة المشحونة تكون صافي شحنتها الكلية تساوي صفرا.

ومدرسك يقول إن كلا القولين صحيح! وضح كيف يكون ذلك؟

مثال (2)

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين، البعد بين صفيحتيها (0.5 cm) وكل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منها (10cm) ويفصل بينهما الفراغ (علما ان سماحية الفراغ $\epsilon_o = 8.85\times10^{-12}\ C^2/N.m^2$).

ما مقدار:

1- سعة المتسعة.

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد (10V) بينهما.

الحل

1- لدينا العلاقة : $C = \frac{\epsilon_o A}{d}$

وبما أن كل من الصفيحتين مربعة الشكل فتكون المساحة $A = (0.1)^2 = 1\times10^{-2}\ m^2$

والبعد بين الصفيحتين $d = 0.5cm = 5\times10^{-3}\ m$

نعوض ذلك في العلاقة المذكورة آنفاً: $C = 8.85\times10^{-12}\times\frac{1\times10^{-2}}{5\times10^{-3}}$

أي إن مقدار سعة المتسعة هو $C = 1.77\times10^{-11}\ F = 17.7\times10^{-12}\ F = 17.7\ pF$

2- لحساب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها نطبق العلاقة: $Q = C\,\Delta V$

$Q = 17.7\times10^{-12}\times10 = 177\times10^{-12}$ coulomb

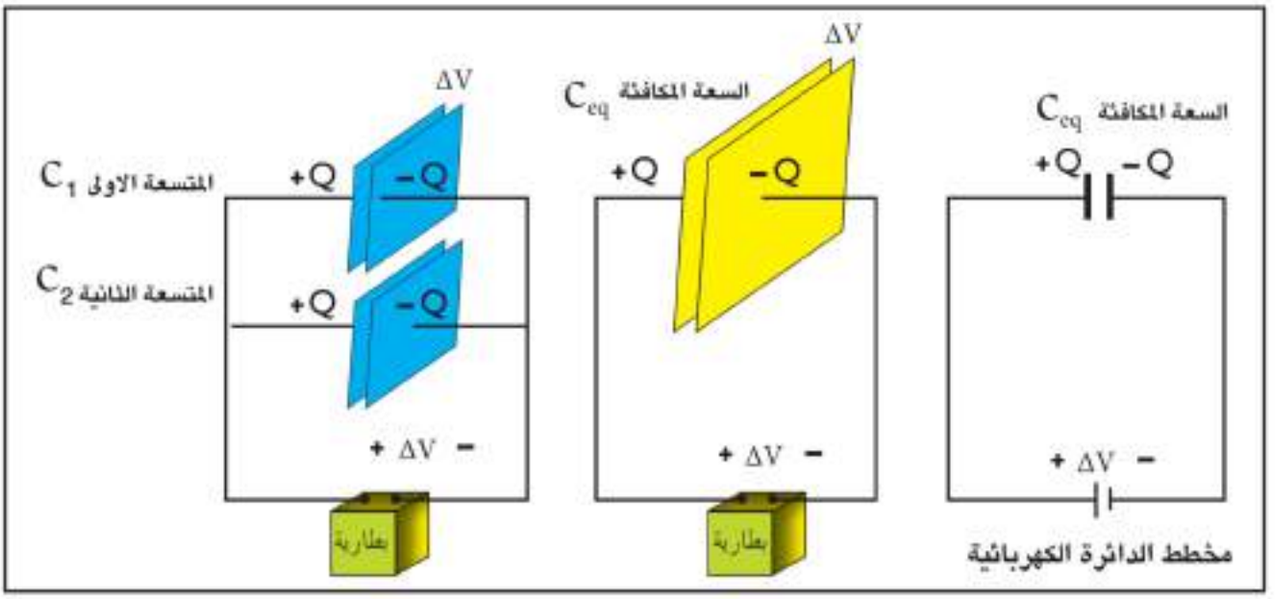
6-1 ربط المتسعات (توازي ، توالي)

لعلك تتسائل، ما الغرض من ربط المتسعات على التوازي أو على التوالي؟

توجد طريقتان لربط المتسعات، إحداهما لزيادة السعة المكافئة للمجموعة، ولأجل ذلك تربط المتسعات على التوازي مع بعضهما فتزداد بذلك المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة المتوازية.

والطريقة الأخرى لتقليل السعة المكافئة ليكون بإمكاننا وضع فرق جهد كهربائي بمقدار أكبر على طرفي المجموعة قد لاتتحمله أي متسعة من المجموعة لو ربطت منفردة، ولأجل ذلك تربط المتسعات على التوالي مع بعضهما.

a ربط المتسعات على التوازي:



الشكل (15) تزداد المساحة السطحية لصفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوازي (بثبوت البعد بين الصفحتين ونوع العازل) فتزداد السعة المكافئة.

الشكل (15) يوضح طريقة عملية لربط متسعتين (C_1 ، C_2) على التوازي وربط طرفي مجموعتهما بين قطبي بطارية، لذا فإن كلاهما تكونان بفرق جهد متساوٍ أي إن:

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_{battery} = \Delta V$$

وبما إن :($Q = C\,\Delta V$) فتكون:

$$Q_1 = C_1 \quad \Delta V$$

$$Q_2 = C_2 \quad \Delta V \qquad \text{و}$$

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V$$

إذ إن :Q_{total} تمثل الشحنة الكلية للمجموعة.

C_{eq} تمثل السعة المكافئة التي تعمل عمل المجموعة المتوازية.

وعندئذ يمكننا اشتقاق السعة المكافئة (C_{eq}) لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي:

بما أن مقدار الشحنة الكلية لمجموعة المتسعتين المربوطتين على التوازي (Q_{total}) يساوي المجموع الجبري لمقداري الشحنة على أي من صفيحتي كل منهما، فيكون :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2$$

$$C_{eq}\,\Delta V = C_1\,\Delta V + C_2\,\Delta V$$

$$C_{eq}\,\Delta V = (C_1 + C_2)\,\Delta V$$

وبقسمة طرفي المعادلة على ΔV

نحصل على:

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

ويمكن تعميم هذه النتيجة على أي عدد من المتسعات (مثلا n من المتسعات) مربوطة مع بعضها على التوازي فإن السعة المكافئة للمجموعة تكون :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots\ldots C_n$$

نستنتج من المعادلة المذكورة انفاً:

يزداد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي. وتفسير ذلك :

أن ربط المتسعات على التوازي يعني زيادة المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة، فيزداد بذلك مقدار سعة المتسعة المكافئة ويكون أكبر من أكبر سعة في المجموعة، على فرض ثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل.

مثال (3)

أربع متسعات سعاتها حسب الترتيب $(6\mu F ، 12\mu F ، 8\mu F ، 4\mu F)$ مربوطة مع بعضها على التوازي، ربطت المجموعة بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(12V)$. احسب مقدار:

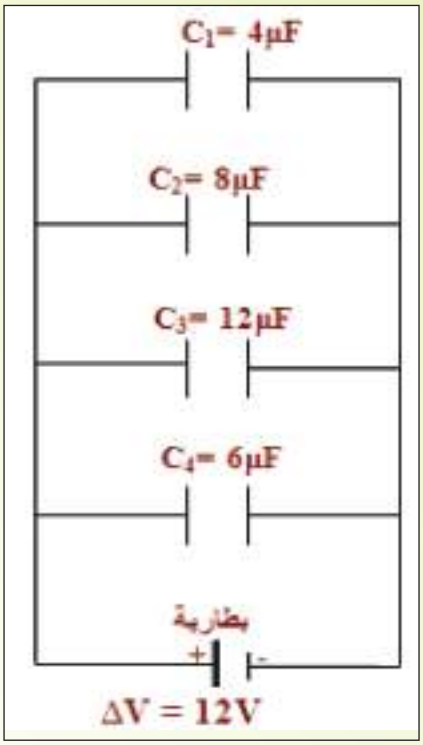
1- السعة المكافئة للمجموعة.

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة.

3- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة.

الحل

نرسم مخططاً لدائرة تبين ربط المتسعات على التوازي كما في الشكل (16).



الشكل (16)

1- نحسب السعة المكافئة للمجموعة على وفق العلاقة الآتية:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

$$C_{eq} = 4 + 8 + 12 + 6 = 30\mu F$$

2- بما أن المتسعات مربوطة مع بعضها على التوازي فيكون فرق الجهد بين صفيحتي كل منها متساو، ويساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية 12V.

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V_4 = \Delta V$$

فتكون الشحنة المختزنة في المتسعة الأولى :

$$Q_1 = C_1 \times \Delta V = 4 \times 12 = 48\ \mu\ coulomb$$

والشحنة المختزنة في المتسعة الثانية :

$$Q_2 = C_2 \times \Delta V = 8 \times 12 = 96\ \mu\ coulomb$$

والشحنة المختزنة في المتسعة الثالثة :

$$Q_3 = C_3 \times \Delta V = 12 \times 12 = 144\ \mu\ coulomb$$

والشحنة المختزنة في المتسعة الرابعة :

$$Q_4 = C_4 \times \Delta V = 6 \times 12 = 72\ \mu\text{coulomb}$$

3- الشحنة الكلية تحسب على وفق العلاقة التالية:

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V$$

$$Q_{total} = 30 \times 12 = 360\ \mu\text{coulomb}$$

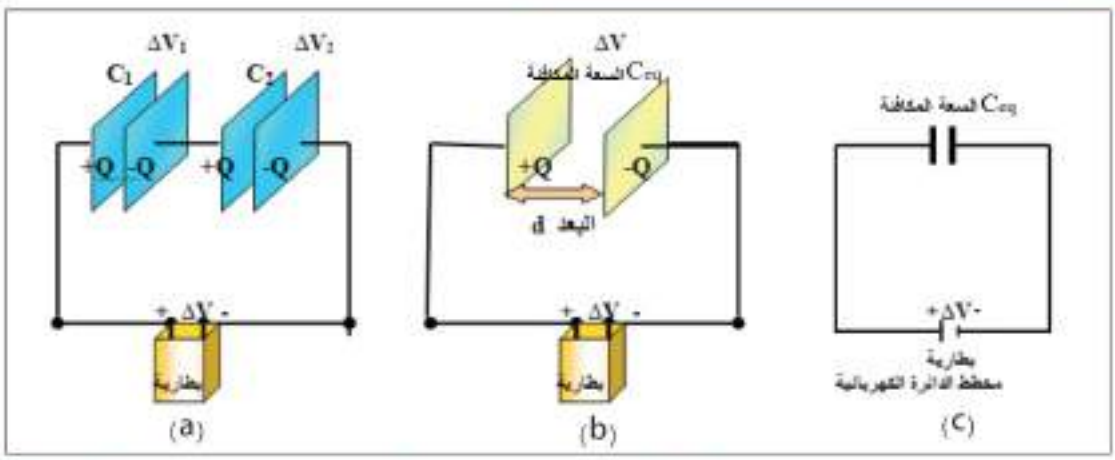
أو تحسب من جمع الشحنات المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة : (جمعاً جبرياً).

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{total} = 48 + 96 + 144 + 72 = 360\ \mu\text{coulomb}$$

ومقدار الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة

b ربط المتسعات على التوالي:



الشكل (17) يزداد البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوالي (بثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل) فتقل السعة المكافئة.

الشكل (17) يوضح طريقة عملية لربط متسعتين (C_1 ، C_2) على التوالي وربط طرفي مجموعتهما بين قطبي بطارية فيكون مقدار الشحنة الكلية (Q_{total}) يساوي مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة أي ان:

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2$$

وتفسير ذلك ان جهد الصفيحتين الوسطيتين متساوٍ، فهما صفيحتان موصولتان مع بعضهما بسلك توصيل، لذا يمكن ان يعدان موصلا واحدا، تظهر عليهما شحنتان متساويتان مقدارا ومختلفتان بالنوع بطريقة الحث، لاحظ الشكل (17-a).

لنتصور الآن أننا أبدلنا مجموعة المتسعتين بمتسعة واحدة تعمل عمل المجموعة، ونطلق على سعة هذه المتسعة

بالسعة المكافئة (C_{eq}) لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي.

وبما ان : $C = \frac{Q}{\Delta V}$ فان :

$$C_1 = \frac{Q}{\Delta V_1}$$

$$C_2 = \frac{Q}{\Delta V_2}$$

$$C_{eq} = \frac{Q}{\Delta V_{total}}$$

Q_{total} تمثل الشحنة الكلية للمجموعة وتساوي (Q) ، C_{eq} تمثل السعة المكافئة للمجموعة.

وعندئذ يمكننا اشتقاق السعة المكافئة (C_{eq}) لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي.

بما أن مجموعة المتسعات مربوطة بين قطبي البطارية، فيكون فرق الجهد الكلي للمجموعة يساوي مجموع فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة، أي إن :

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

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

$$\frac{Q}{C_{eq}} = Q\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right]$$

وبالقسمة على Q نحصل على العلاقة الآتية:

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

أو

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

تطبق هذه العلاقة فقط في حالة ربط متسعتين على التوالي وليس اكثر

ويمكن تعميم هذه النتيجة على أي عدد (مثلا n من المتسعات) مربوطة مع بعضها على التوالي فإن مقلوب السعة المكافئة للمجموعة يساوي مجموع مقلوب سعات المتسعات المكونة لها:

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

نستنتج من ذلك: يقل مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي. ويكون أصغر من أصغر سعة أي متسعة في المجموعة.

وتفسير ذلك أن ربط المتسعات على التوالي يعني زيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة، على فرض ثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل

فكر ؟

ما طريقة ربط مجموعة من المتسعات ؟:

a- لكي نحصل على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بوساطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ، إذ لايمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة.

b- لكي يكون بالإمكان وضع فرق جهد كبير على طرفي المجموعة قد لاتتحمله المتسعة المنفردة.

مثال (4)

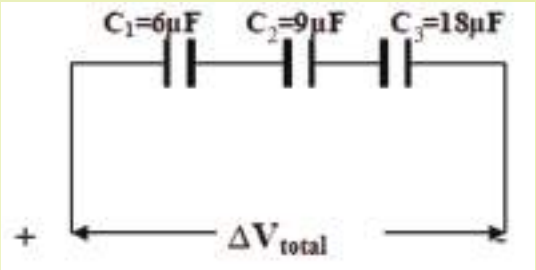
ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب ($6\ \mu F$، $9\mu F$ ، $18\mu F$) مربوطة مع بعضها على التوالي ، شحنت المجموعة بشحنة كلية (300μ coulomb). لاحظ الشكل (18) واحسب مقدار:

1- السعة المكافئة للمجموعة.

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة.

3- فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة.

4- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة.



شكل (18)

الحل

1- بما أن مجموعة المتسعات مربوطة مع بعضها على التوالي فإن سعتها المكافئة تحسب من العلاقة الآتية:

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

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$C_{eq} = 3\ \mu F$ مقدار السعة المكافئة

2- بما أن المتسعات مربوطة على التوالي فيكون مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة متساوٍ، ويساوي مقدار الشحنة الكلية للمجموعة:

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = 300\ \mu\ coulomb$$

3- نحسب فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة:

$$\Delta V_{total} = Q_{total} / C_{eq}$$

$$\Delta V_{total} = 300 / 3 = 100V$$

4- نحسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة:

$$\Delta V_1 = Q / C_1 = 300 / 6 = 50\ V$$

$$\Delta V_2 = Q / C_2 = 300 / 9 = (100 / 3)\ V$$

$$\Delta V_3 = Q / C_3 = 300 / 18 = (50 / 3)\ V$$

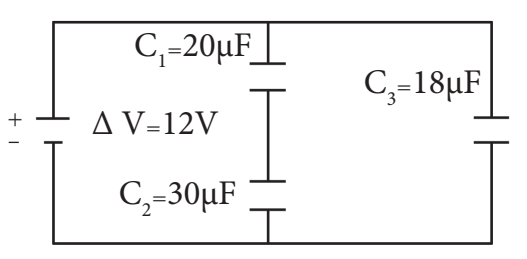
مثال (5)

من المعلومات المثبتة في الشكل (19-a)، احسب مقدار:

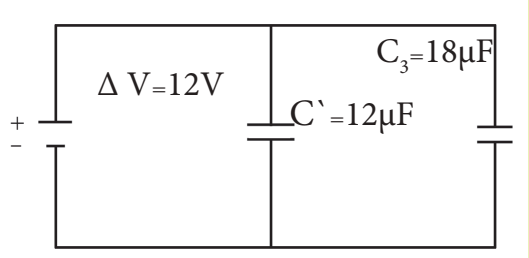
1- السعة المكافئة للمجموعة.

2- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة.

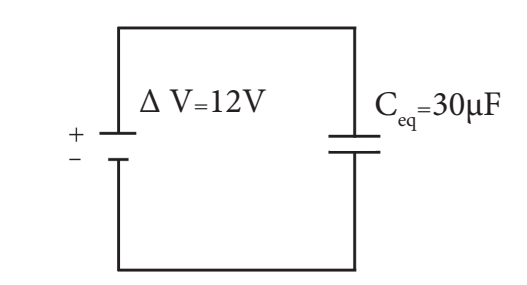
3- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة



شكل (19-a)



شكل (19-b)



شكل (19-c)

الحل

1- نحسب السعة C` المكافئة للمتسعتين (C_1 و C_2) المربوطتين على التوالي مع بعضهما:

$$\frac{1}{C'}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C'}=\frac{1}{20}+\frac{1}{30}=\frac{5}{60}=\frac{1}{12}$$

فيكون مقدار السعة المكافئة لمجموعة التوالي $C` = 12\ \mu F$

ثم نحسب السعةالمكافئة الكلية (C_{eq}) لمجموعة التوازي (C_3 ، C`) في الشكل (19-b)

وهي السعة الكلية للمجموعة: (C_{eq}) لاحظ الشكل (19-c)

$$C_{eq}=C`+C_3$$

$$C_{eq}=12+18=30\ \mu F$$

2- لحساب الشحنة الكلية للمجموعة نطبق العلاقة التالية:

$$Q_{total}=C_{eq}\times\Delta V_{total}$$

$$Q_{total}=30\times12=360\mu\ coulomb$$

3- في الشكل (19-b) نحسب فرق الجهد لمجموعة التوازي (C_3 ، C`):

$\Delta V_{total}=\Delta V`=\Delta V_3=12V$ ثم نحسب شحنة كل منهما:

$$Q`=C`\times\Delta V=12\times12=144\mu\ coulomb=Q_1=Q_2$$

$$Q_3=C_3\times\Delta V=18\times12=216\ \mu\ coulomb$$

فكر ؟

إذا طلب منك ربط تسع متسعات متماثلة سعة كل منها (10μF) جميعها مع بعض للحصول على سعة مكافئة مقدارها (10μF). وضح طريقة ربط هذه المجموعة من المتسعات وارسم مخططا تبين فيه ذلك.

7-1 الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة

عند نقل كمية من الشحنات الكهربائية من موقع إلى أخر بينهما فرق جهد يتحتم انجاز شغل على تلك الشحنات، ويختزن هذا الشغل بشكل طاقة كامنة كهربائية ($PE_{electric}$) في المجال الكهربائي بين الموقعين.

وإذا افترضنا وجود متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين غير مشحونة، فإن مقدار الشحنة على أي من صفيحتيها صفرا (Q-0 coulomb) وهذا يعني أن مقدار فرق الجهد ΔV بين الصفيحتين يساوي صفرا للمتسعة غير المشحونة.

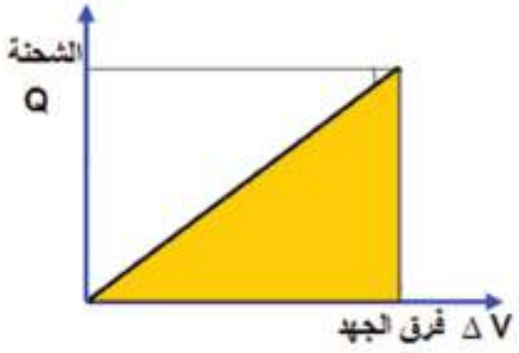
وبعد أن تشحن المتسعة يتولد فرق جهد كهربائي (ΔV) بين الصفيحتين، وبالاستمرار في شحن المتسعة يزداد مقدار فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين.

يمكن حساب مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة وذلك برسم مخطط بياني بين مقدار الشحنة Q المختزنة في أي من الصفيحتين و فرق الجهد الكهربائي ΔV بينهما، لاحظ الشكل (20) من خلال حساب مساحة المثلث (المنطقة المظللة تحت المنحني) التي تساوي:

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \Delta V \times Q$$

إذ إن: [القاعدة(تمثل ΔV) و الارتفاع (يمثل مقدار الشحنة Q)]

وعند التعويض عن السعة الكهربائية للمتسعة ($C = Q / \Delta V$) في العلاقة المذكورة آنفا فان الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ($PE_{electric}$) يمكن أن تكتب بالصيغة الآتية:



شكل (20)

اما:

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C . (\Delta V)^2$$

او:

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

مثال (6)

ما مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لمتسعة سعتها ($2\mu F$) إذا شحنت لفرق جهد كهربائي ($5000V$)، وما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن ($10\mu s$)؟

الحل

نطبق العلاقة الآتية:

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C.(\Delta V)^2$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} (2\times10^{-6}) \times (5000)^2 = 25\ J$$

القدرة

$$Power\ (P) = \frac{PE_{electric}}{time\ (t)} = \frac{25}{10\times10^{-6}} = 2.5\times10^{6}\ Watt$$

هل

تعلم (للاطلاع)

* إن الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة في المثال السابق هي طاقة كبيرة، تكافئ الطاقة المختزنة في جسم كتلته ($1kg$) يسقط من ارتفاع ($2.5m$).

$(PE = mgh = 1\times10\times2.5 = 25J)$.

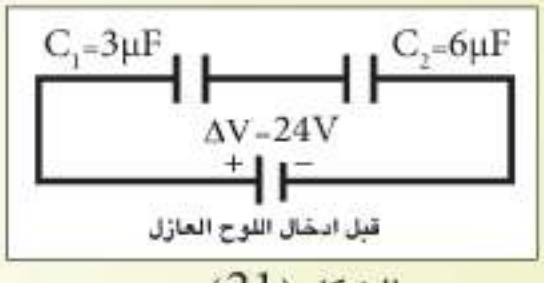
* مثل هذه المتسعة تستعمل في أجهزة توليد الليزرات ذوات القدرة العالية.

مثال (7)

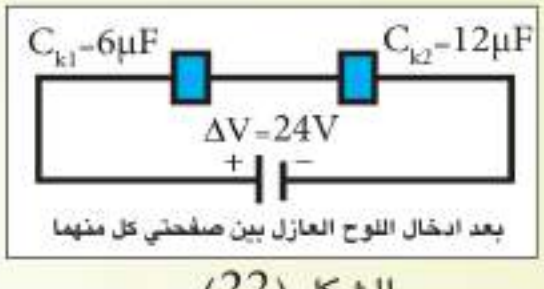
متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=3\mu F, C_2=6\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي. ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($24V$)، وكان الهواء عازلا بين صفيحتي كل منهما الشكل (21) إذا أدخل بين صفيحتي كل منهما لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (2) يملأ الحيز بينهما (ومازالت المجموعة متصلة بالبطارية) الشكل (22) فما مقدارفرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة، والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة في الحالتين:

1- قبل إدخال العازل.

2- بعد إدخال العازل.



الشكل (21)



الشكل (22)

الحل

1- قبل ادخال العازل نحسب السعة المكافئة للمجموعة لاحظ الشكل (21):

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

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

فتكون السعة المكافئة للمجموعة $C_{eq} = 2\,\mu F$

ثم نحسب الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة:

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V_{total}$$

$$Q_{total} = 2 \times 24 = 48\,\mu \text{coulomb}$$

وبما أن الربط على التوالي، تكون الشحنات المختزنة في أي من صفيحتي كل منهما متساوية المقدار.أي إن:

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q = 48\,\mu \text{coulomb}$$

فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى: $\Delta V_1 = Q / C_1 = 48 / 3 = 16V$

فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الثانية: $\Delta V_2 = Q / C_2 = 48 / 6 = 8V$

لحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفحتي كل متسعة نطبق العلاقة الآتية:

$$PE_{(1)\,electric} = \tfrac{1}{2} C_1 \times (\Delta V_1)^2$$

$$PE_{(1)\,electric} = \tfrac{1}{2} \times 3 \times 10^{-6} \times (16)^2 = 384 \times 10^{-6}\,J$$

$$PE_{(2)\,electric} = \tfrac{1}{2} C_2 \times (\Delta V_2)^2$$

$$PE_{(2)\,electric} = \tfrac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (8)^2 = 192 \times 10^{-6}\,J$$

2- بعد إدخال العازل نحسب السعة المكافئة للمجموعة لاحظ الشكل (22):

بما أن $\boxed{C_k = k\,C}$

$C_{k1} = 2 \times 3 = 6\,\mu F$ ، $C_{k2} = 2 \times 6 = 12\,\mu F$

ثم نحسب السعة المكافئة للمتسعتين المربوطتين على التوالي:

$$\frac{1}{C_{k_{eq}}} = \frac{1}{C_{k1}} + \frac{1}{C_{k2}}$$

$$\frac{1}{C_{keq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$$

مقدار السعة المكافئة للمجموعة $\boxed{C_{k\ eq} = 4\,\mu F}$

بما ان اللوح العازل أدخل والمجموعة مازالت مربوطة بين قطبي البطارية، فإن فرق الجهد الكهربائي الكلي للمجموعة يبقى ثابتا (24V). وعندئذ نحسب الشحنة الكلية للمجموعة من العلاقة الآتية:

$$Q_{k\,(total)} = C_{keq} \times \Delta V$$

$$Q_{k\,(total)} = 4 \times 24 = 96\,\mu\,\text{coulomb}$$

وفي حالة الربط على التوالي تكون مقادير الشحنات المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة متساوية. أي إن:

$$Q_{k\,(total)} = Q_{1k} = Q_{2k} = \ 96\ \mu\ \text{coulomb}$$

فيكون:

فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى : $\Delta V_{k1} = Q_{k\,total} / C_{1k} = 96 / 6 = 16V$

فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الثانية: $\Delta V_{k2} = Q_{k\,total} / C_{2k} = 96 / 12 = 8V$

ثم نحسب الطاقة الكهربائية المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بتطبيق العلاقة الآتية:

$$PE\,(1)_{\,electric} = \tfrac{1}{2}\, C_{1k} \times (\Delta V_1)^2$$

$$PE\,(1)_{\,electric} = \tfrac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (16)^2 = 768 \times 10^{-6}\,J$$

$$PE\,(2)_{\,electric} = \tfrac{1}{2}\, C_{2k} \times (\Delta V_2)^2$$

$$PE\,(2)_{\,electric} = \tfrac{1}{2} \times 12 \times 10^{-6} \times (8)^2 = 384 \times 10^{-6}\,J$$

هل

تعلم (للاطلاع)

الشكل (23)

يوجد مستودع كبير للمتسعات (يسمى مصرف المتسعات) قرب مدينة شيكاغو، لاحظ الشكل (23)، فهو يخزن مقادير كبيرة جدا من الطاقة الكهربائية تستثمر في معجل الجسيمات في مختبر فيرمي، إذ يتطلب الجهاز تزويده بكمية هائلة من الطاقة الكهربائية وباندفاع قوي جدا ومفاجئ. ويتم ذلك بتفريغ المتسعات الموضوعة في ذلك المستودع من شحنتها بوقت قصير جدا.

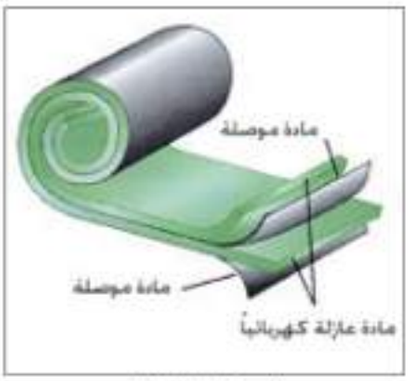
وهذا يماثل عملية تجميع المياه في الخزانات الموضوعة على سطوح البنايات لغرض تفريغها بكمية كبيرة وبوقت قصير جداً عند استعمالها من قبل رجال الاطفاء.

8-1 بعض انواع المتسعات

هنالك عدد من المتسعات المتوافرة صناعياً وتكون مختلفة الأنواع والأحجام ومصنوعة من مواد مختلفة لكي تكون ملائمة لمختلف التطبيقات العملية. منها ماهو متغير السعة ومنها ثابت السعة.

وقيم سعاتها تتراوح من (1pF الى أكثر من 1 F) ومن أمثلتها:

a- المتسعة ذات الورق المشمع:

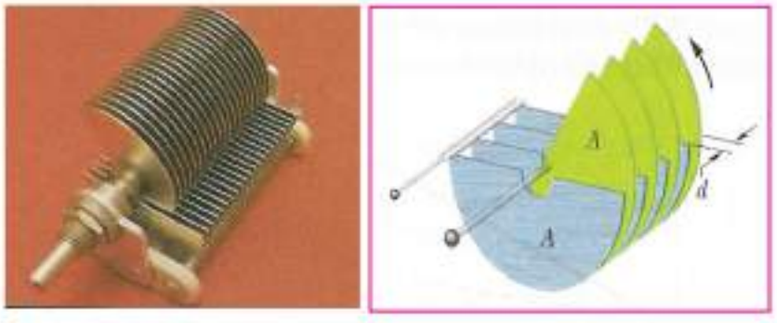


الشكل (24)

يستعمل هذا النوع من المتسعات في عدد من الأجهزة الكهربائية والألكترونية، تمتاز بصغر حجمها، وكبر مساحة الصفائح. لاحظ الشكل (24).

b- المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوّارة:

تتالف من مجموعتين من الصفائح بشكل أنصاف أقراص أحدى المجموعتين ثابتة والأخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت، تربط المجموعتان بين قطبي بطارية عند شحنها، لذا تكون هذه المتسعة مكافئة لمجموعة من المتسعات المتوازية الربط. فتتغير سعة هذه المتسعة في أثناء الدوران نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح ويفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي الشكل (25) تستعمل في الغالب في دائرة التنغيم في اللاسلكي والمذياع سابقاً.

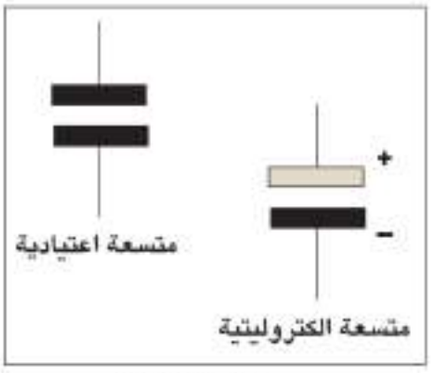


الشكل (25)

C- المتسعة الألكتروليتية:

تتألف المتسعة الألكتروليتية من صفيحتين إحدهما من الألمنيوم والاخرى عجينة الكتروليتية، وتتولد المادة العزلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الالمنيوم والالكتروليت وتلف الصفائح بشكل اسطواني، لاحظ الشكل (26).

تمتاز بأنها تتحمل فرق جهد كهربائي عالٍ، وتوضع علامة على طرفيها للدلالة على قطبيتها، لغرض ربطها في الدائرة الكهربائية بقطبية صحيحة.



الشكل (26)

جدول يوضح قيم بعض المتسعات المستعملة في التطبيقات العملية ومقدار أقصى فرق جهد بين صفيحتيها يمكن أن تتحمله المتسعة قبل حدوث الانهيار الكهربائي للعازل بينهما:

نوع المتسعة	مدى سعتها	مدى فرق جهد يمكن ان تعمل فيه المتسعة
المايكا mica	1pF – 10nF	100V - 600V
السيراميك ceramic	10pF – 1μF	30V – 50 kV
بوليستيرين polystyrene	10pF – 2.7μF	100V - 600V
بوليكاربونيت polycarbonate	100pF – 30μF	50V - 800V
تانتالوم tantalum	100nF – 500μF	6V - 100V
الكتروليت(المنيوم) electrolyte	100nF – 2F	3V - 600V

الجدول (للاطلاع)

9-1 دائرة تيار مستمر تتالف من مقاومة ومتسعة (RC- circuit)

لقد درست سابقا الدوائر الكهربائية للتيار المستمر التي تحتوي مصدرا يجهزها بالفولطية (بطارية مثلا) ومقاومة. يكون مقدار التيار في هذه الدوائر ثابتا (لايتغير مع الزمن) لمدة زمنية معينة.

لنفترض الآن دائرة تيار مستمر تحتوي متسعة فضلاً عن وجود البطارية والمقاومة، تسمى مثل هذه الدائرة بدائرة المتسعة والمقاومة (RC- circuit) يكون تيار هذه الدائرة متغيراً مع الزمن. وأبسط هذه الدوائر العملية هي دوائر شحن وتفريغ المتسعة، ولفهم كيف يتم شحن وتفريغ المتسعة علينا إجراء النشاط الآتي:

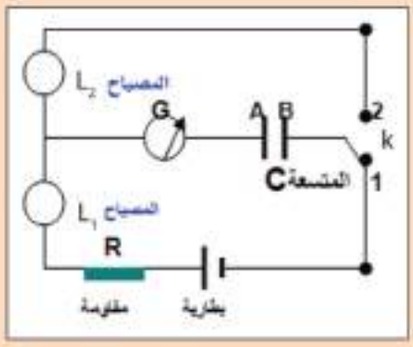
نشاط

أولاً: كيفية شحن المتسعة

أدوات النشاط: بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانوميتر (G) صفره في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A و B)، مفتاح مزدوج (k)، مقاومة ثابتة R، مصباحان متماثلان (L_1 و L_2)، أسلاك توصيل.

خطوات النشاط:

نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل (27) بحيث نجعل المفتاح (K) في الموقع (1) ماذا يعني ذلك؟ يعني ربط صفيحتي المتسعة بين قطبي البطارية، لغرض شحنها، لذا نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر (G) لحظيا على أحد جانبي صفر التدريجة (مثلا نحو اليمين) ثم يعود بسرعة إلى الصفر ونلاحظ في الوقت نفسه توهج المصباح L_1 بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ، وكأن البطارية غير مربوطة في الدائرة.



الشكل (27)

هل يمكننا أن نتسائل الآن عن سبب رجوع مؤشر الكلفانوميتر إلى الصفر؟

إن جواب ذلك هو بعد اكتمال عملية شحن المتسعة يتساوى جهد كل صفيحة مع قطب البطارية المتصل بها، فيمكننا القول إن المتسعة صارت مشحونة بكامل شحنتها، وعندها يكون:

فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية، وفي هذه الحالة لايتوافر فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفرا.

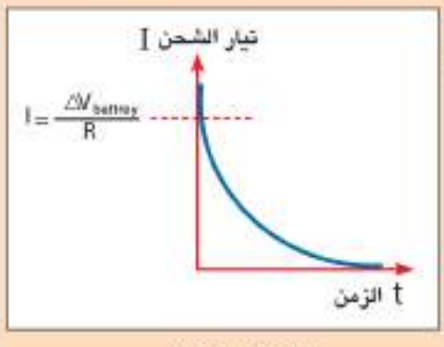
لذا فإن وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر يعد مفتاحا مفتوحا بعد أن تنشحن.

وبسبب كون صفيحتي المتسعة معزولتين عن بعضهما، فالألكترونات تتراكم على الصفيحة B المربوطة بالقطب السالب للبطارية، لذا تُشحن بالشحنة السالبة (Q-) في حين تُشحن الصفيحة A المربوطة بالقطب الموجب بالشحنة الموجبة (Q+) وبالمقدار نفسه بطريقة الحث.

فكر

المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تُعد كمفتاح مفتوح؟

المخطط البياني الموضح بالشكل (28)، يبين العلاقة بين تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحن المتسعة



الشكل (28)

وقد وجد عملياً أن تيار الشحن (I) يبدأ بمقدار كبير لحظة إغلاق دائرة الشحن ومقداره يساوي $I=\frac{\Delta V_{battery}}{R}$.

ويتناقص مقداره إلى الصفر بسرعة عند اكتمال شحنها. الشكل (28)،

إذ أن :

I: تيار الشحن، R: المقاومة في الدائرة، $(\Delta V_{battery})$: فرق جهد البطارية.

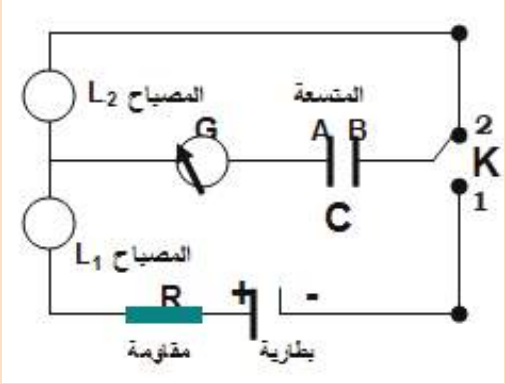
ثانياً: كيفية تفريغ المتسعة

خطوات النشاط:

نستعمل الدائرة الكهربائية المربوطة في النشاط السابق لاحظ الشكل (29) ولكن نجعل المفتاح (K) في الموقع (2).

ماذا يعني هذا الترتيب للمفتاح؟

يعني ربط صفيحتي المتسعة ببعضهما بسلك موصل، وبهذا تتم عملية تفريغ المتسعة من شحنتها أي تتعادل شحنة صفيحتيها، لذا نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر (G) لحظيا إلى الجانب الآخر من صفر التدريجة (نحو اليسار) ثم يعود إلى الصفر بسرعة ونلاحظ توهج المصباح L_2 في الوقت نفسه بضوء ساطع للحظة ثم ينطفىء.

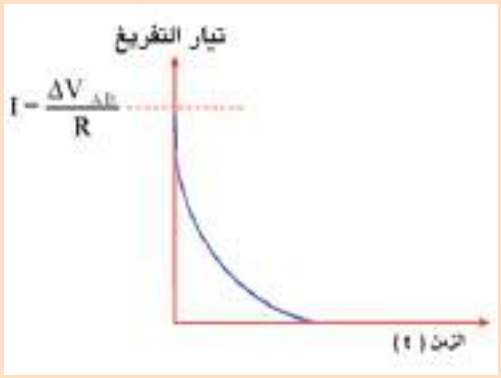


الشكل (29)

نستنتج من النشاط: أن تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة الكهربائية يسمى تيار التفريغ ، يتلاشى تيار التفريغ بسرعة (يساوي صفرا) عندما لايتوافر فرق في الجهد بين صفيحتي المتسعة (أي $\Delta V_{AB}=0V$) .

المخطط البياني في الشكل (30) يبين العلاقة بين تيار تفريغ المتسعة والزمن المستغرق لتفريغها:

لقد وجد بالتجربة أن تيار التفريغ يبدأ بمقدار كبير $I=\frac{\Delta V_{AB}}{R}$ لحظة إغلاق الدائرة (لحظة ربط صفيحتي المتسعة ببعضهما بوساطة سلك موصل) ويهبط إلى الصفر بسرعة بعد اتمام عملية التفريغ.



الشكل (30)

تذكر:

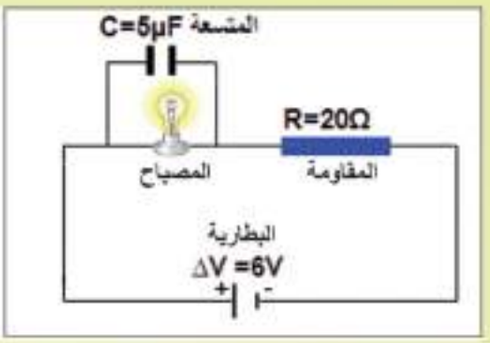
تبقى صفيحتا المتسعة مشحونتين لمدة زمنية معينة مالم يتم وصلهما مع بعض بسلك موصل يؤدي إلى تفريغ المتسعة حالا من جميع شحنتها، فتسمى هذه العملية عندئذ بعملية تفريغ المتسعة، وهي معاكسة لعملية شحن المتسعة.

مثال (8)

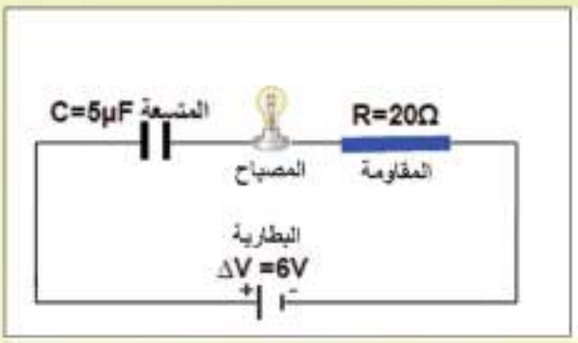
دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته($r = 10\Omega$) ومقاومة مقدارها ($R = 20\Omega$)، وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V = 6V$)، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها($5\mu F$). ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة والطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي، لو ربطت المتسعة:

1- على التوازي مع المصباح، لاحظ الشكل (31-a).

2- على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها، (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الأولى وإفراغها من جميع شحنتها)، لاحظ الشكل (31-b).



الشكل (31-a)



الشكل (31-b)

الحل

الدائرة الأولى : الشكل (31-a) نحسب مقدار التيار في الدائرة :

$$I = \frac{\Delta V}{r+R} = \frac{6}{10+20} = \frac{6}{30}$$

$$I = 0.2A$$

ثم نحسب مقدار فرق الجهد بين طرفي المصباح: $\Delta V = I \times r = 0.2 \times 10 = 2V$

وبما أن المتسعة مربوطة مع المصباح على التوازي، فإن:

فرق الجهد بين طرفي المصباح يساوي فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة

فيكون فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ($\Delta V = 2V$)

نحسب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة من العلاقة الآتية:

$$Q = C \times \Delta V$$

$$Q = 5 \times 10^{-6} \times 2 = 10 \times 10^{-6} = 10\mu \text{ coulomb}$$

ثم نحسب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة بتطبيق العلاقة الآتية:

$$PE = \tfrac{1}{2} C \times (\Delta V)^2$$

$$PE = \tfrac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (2)^2 = 10 \times 10^{-6} J$$

الدائرة الثانية الشكل (31-b):

بما ان المتسعة مربوطة على التوالي في دائرة التيار المستمر فإنها تقطع التيار في الدائرة ($I = o$) بعد ان تُشحن بكامل شحنتها (المتسعة تعمل عمل مفتاح مفتوح في دائرة التيار المستمر).

لذا يكون فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية وعندئذ تعد هذه الدائرة، دائرة مفتوحة، فيكون فرق جهد المتسعة: ($\Delta V = 6V$) وعندئذ تكون الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها:

$$Q = C \times \Delta V$$

$$Q = 5 \times 10^{-6} \times 6 = 30\mu \text{ coulomb}$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة نطبق العلاقة الآتية:

$$PE = \frac{1}{2} C \times (\Delta V)^2$$

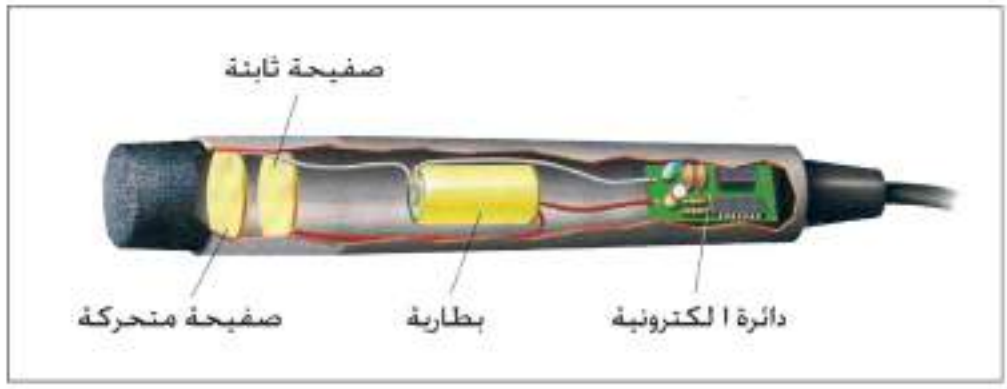
$$PE = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (6)^2 = 90 \times 10^{-6} J$$

10-1 بعض التطبيقات العملية للمتسعة

1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير (الكاميرا) الشكل (32) (بعد شحنها بوساطة البطارية الموضوعة في المنظومة)، فهي تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في اثناء تفريغ المتسعة من شحنتها.

الشكل (32)

2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية (microphone) الشكل (33) إذ تكون إحدى صفيحتيها صلبة ثابتة والأخرى مرنة حرة الحركة والصفيحتان تكونان عند فرق جهد كهربائي ثابت، فالموجات الصوتية تتسبب في اهتزاز الصفيحة المرنة إلى الأمام والخلف فيتغير مقدار سعة المتسعة تبعا لتغير البعد بين صفيحتيها، وبتردد الموجات الصوتية نفسه وهذا يعني تحول الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية.



الشكل (33)

3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب (The defibrillator) الشكل (34-a) يعد من التطبيقات المهمة في الطب، اذ يستعمل هذا الجهاز لنقل مقادير مختلفة ومحددة من الطاقة الكهربائية إلى المريض الذي يعاني من اضطرابات في حركة عضلات قلبه، عندما يكون قلبه غير قادر على ضخ الدم، فيلجأ الطبيب إلى استعمال صدمة كهربائية (Electric Shock) قوية، الشكل (34-b) تحفز قلبه وتعيد انتظام عمله، فالمتسعة المشحونة والموجودة في الجهاز (Defibrillator) ، تفرغ طاقتها المختزنة التي تتراوح بين (10 J – 360 J) في جسم المريض لمدة زمنية قصيرة جداً.

الشكل (34-a)

الشكل (34-b)

4- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب: توضع متسعة تحت كل حرف من الحروف في لوحة المفاتيح (Key board) لاحظ الشكل (35) إذ يثبت كل مفتاح بصفيحة متحركة تمثل إحدى صفيحتي المتسعة والصفيحة الأخرى مثبتة في قاعدة المفتاح، وعند الضغط على المفتاح يقل البعد الفاصل بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه.

الشكل (35)

تذكر:

تبرز الفائدة من استعمال المتسعة في التطبيقات العملية بصورة رئيسة، مقدرتها على تخزين مقادير كبيرة جدا من الطاقة الكهربائية. وإمكانية تفريغ هذه الطاقة بسرعة كبيرة جدا وبكميات هائلة عند الحاجة إليها، كما عرفنا ذلك في المتسعة المشحونة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير والمتسعة الموضوعة في جهاز تنظيم حركة عضلات القلب (The defibrillator)

هل

تعلم (للاطلاع)

من التطبيقات العملية والصناعية الحديثة للمتسعات هو استعمالها في شاشات اللمس في جهاز الهاتف النقال (iphone) وجهاز (ipad) والحاسوب والآت الاقتراع وغيرها التي أصبحت معروفة جدا وشائعة الاستعمال في وقتنا الحاضر.

لاحظ الشكل (36) يوضح شاشة اللمس المستعملة في جهاز الهاتف النقال الذي يسمى (iphone) فعند ملامسة الإصبع للشاشة تتغير سعة المتسعة في الجزء المطلوب الكشف عنه.

الشكل (36)

أسئلة الفصل الأول

س 1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين، مشحونة ومفصولة عن البطارية، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها، أدخلت مادة عازلة ثابت عزلها ($k = 2$) ملأت الحيز بين الصفيحتين، فإن مقدار المجال الكهربائي (E_k) بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنة مع مقداره (E) في حالة الهواء، يصير:

(a) $E/4$ (b) $2E$ (c) E (d) $E/2$

2- وحدة (Farad) تستعمل لقياس سعة المتسعة وهي لا تكافئ احدى الوحدات الآتية:

(a) $Coulomb^2/J$ (b) $Coulomb/V$ (c) $Coulomb \times V^2$ (d) J/V^2

3- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين، سعتها C، قربت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينهما ($\frac{1}{3}$) ما كان عليه، فإن مقدار سعتها الجديدة يساوي:

(a) $(\frac{1}{3}C)$ (b) $(\frac{1}{9}C)$ (c) $(3\,C)$ (d) $(9\,C)$

4- متسعة مقدار سعتها ($20\mu F$)، لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها ($2.5J$) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي:

(a) $150\ V$ (b) $350V$ (c) $500V$ (d) $250\ kV$

5- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($50\ \mu F$)، الهواء يملاء الحيز بين صفيحتيها، إذا أدخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار ($60\ \mu F$)، فان ثابت عزل تلك المادة يساوي:

(a) 0.45 (b) 0.55 (c) 1.1 (d) 2.2

6- وانت في المختبر تحتاج إلى متسعة سعتها ($10\mu F$) والمتوافر لديك مجموعة من المتسعات المتماثلة من ذوات السعة ($15\,\mu F$)، فإن عدد المتسعات التي تحتاجها وطريقة الربط التي تختارها هي:

(a) (العدد 4) تربط جميعا على التوالي.

(b) (العدد 6) تربط جميعا على التوازي.

(c) (العدد 3) اثنان منها تربط على التوالي ومجموعتهما تربط مع الثالثة على التوازي.

(d) (العدد 3) اثنان منها تربط على التوازي ومجموعتهما تربط مع الثالثة على التوالي.

7- متسعة ذات الصفيحتيين المتوازيتين ربطت صفيحتيها بين قطبي بطارية تجهز فرق جهد ثابت، فإذا أبعدت الصفيحتان عن بعضهما قليلاً مع بقاء البطارية موصولة بهما فإن مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين:

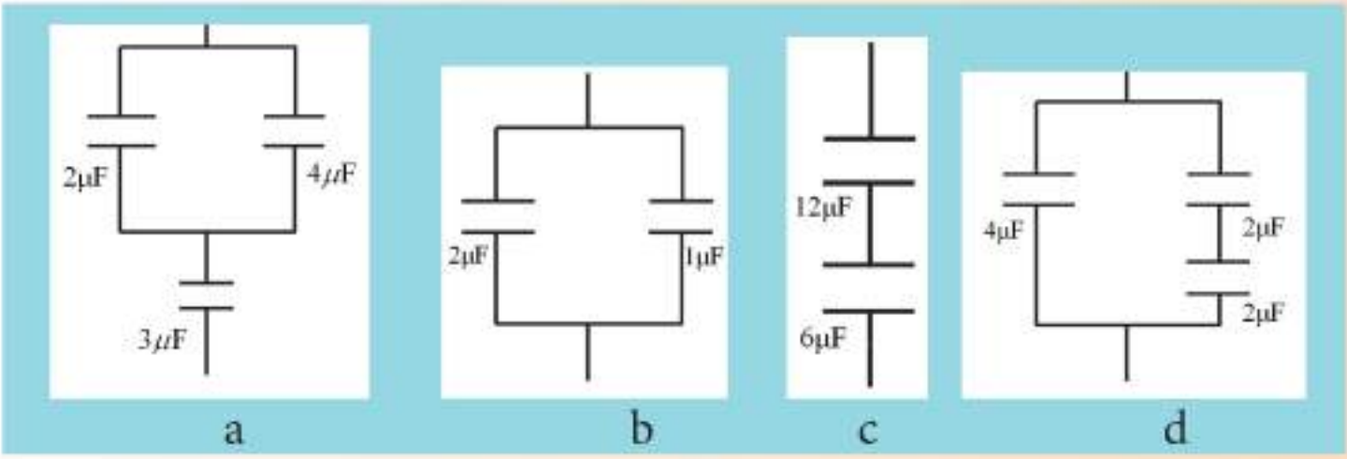
(a) يزداد والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تزداد

(b) يقل والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تقل

(c) يبقى ثابتاً والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تبقى ثابتة

(d) يبقى ثابتاً والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تزداد

8- للحصول على أكبر مقدار سعة مكافئة لمجموعة المتسعات في الشكل (37) نختار الدائرة المربوطة في الشكل:



الشكل (37)

9- متسعتان (C_1 ، C_2) ربطتا مع بعضهما على التوالي، ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية، وكان مقدار سعة الأولى أكبر من مقدار سعة الثانية، وعند مقارنة فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الأولى (ΔV_1) مع فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية (ΔV_2) نجد أن:

(a) ΔV_1 أكبر من ΔV_2 (b) ΔV_1 أصغر من ΔV_2

(c) ΔV_1 يساوي ΔV_2 (d) كل الاحتمالات السابقة، يعتمد ذلك على شحنة كل منهما.

10- ثلاث متسعات (C_1 ، C_2 ، C_3) مربوطة مع بعضها على التوازي ومجموعتها ربطت بين قطبي بطارية، كان مقدار سعاتها ($C_1 > C_2 > C_3$). وعند مقارنة مقدار الشحنات (Q_1، Q_2 ، Q_3) المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ، نجد أن :

(a) $Q_3 > Q_2 > Q_1$ (b) $Q_1 > Q_3 > Q_2$

(c) $Q_1 > Q_2 > Q_3$ (d) $Q_3 = Q_2 = Q_1$

س 2 عند مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة، وضح ماذا يحصل لمقدار كل من:

(a) الشحنة المختزنة (Q) في أي من صفيحتيها ؟

(b) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها؟

س 3 متسعة مشحونة، فرق الجهد بين صفيحتيها عالٍ جدا (وهي مفصولة عن مصدر الفولطية). تكون مثل هذه المتسعة ولمدة زمنية طويلة خطرة عند لمس صفيحتيها باليد مباشرة. ماتفسيرك لذلك ؟

س 4 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين (الهواء عازل بين صفيحتيها) وضح كيف يتغير مقدار سعتها بتغير كل من العوامل الآتية (مع ذكر العلاقة الرياضية التي تستند إليها في جوابك):

(a) المساحة السطحية للصفيحتين. (b) البعد بين الصفيحتين.

(c) نوع الوسط العازل بين الصفيحتين.

س 5 ارسم مخططا لدائرة كهربائية (مع التأشير على أجزائها) توضح فيها:

(a) عملية شحن المتسعة. (b) عملية تفريغ المتسعة من شحنتها.

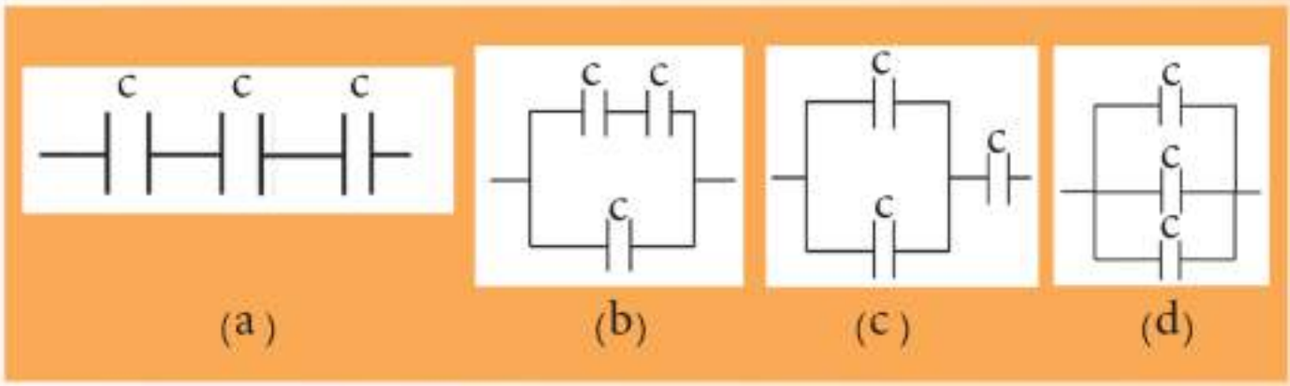
س 6 لديك ثلاث متسعات متماثلة سعة كل منهما C ومصدرا للفولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ثابت المقدار.

ارسم مخططا لدائرة كهربائية تبين فيه الطريقة المناسبة لربط المتسعات الثلاث جميعها في الدائرة للحصول على أكبر مقدار للطاقة الكهربائية يمكن خزنه في المجموعة، ثم أثبت أن الترتيب الذي تختاره هو الأفضل.

س 7 هل المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوّارة الموضحة في الشكل (38) تكون مربوطة مع بعضها على التوالي؟ أم على التوازي؟ وضح ذلك .

شكل (38)

س8 في الشكل (39) المتسعات الثلاث متماثلة سعة كل منها (C)، رتب الأشكال الأربعة بالتسلسل من أكبر مقدار للسعة المكافئة للمجموعة إلى أصغر مقدار:



الشكل (39)

س9

a- أذكر ثلاثة تطبيقات عملية للمتسعة، ووضح الفائدة العملية من استعمال تلك المتسعة في كل تطبيق.

b- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن البطارية، لو ملأ الحيز بين صفيحتيها بالماء النقي بدلا من الهواء. فإن مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها سينخفض. ما تعليل ذلك؟

c- اذكر فائدتين عمليتين تتحققان من إدخال مادة عازلة كهربائيا تملأ الحيز بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين بدلا من الهواء ؟

d- ما العامل الذي يتغير في المتسعة الموضوعة في لوحة المفاتيح في جهاز الحاسوب أثناء استعمالها ؟

e- ما مصدر الطاقة الكهربائية المجهزة للجهاز الطبي (The defibrillator) المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز وإعادة انتظام عمل قلب المريض.

f- ما التفسير الفيزيائي لكل من:

1- ازدياد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي؟

2- نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي؟

س10 علل ما يأتي:

a- المتسعة المشحونة والموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد مفتاحا مفتوحاً؟

b- يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عند إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها؟

c- يحدد مقدار أقصى فرق جهد كهربائي يمكن أن تعمل عنده المتسعة؟

س11 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها، شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها، وعندما أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله ($k = 2$) بين صفيحتيها، ماذا يحصل لكل من الكميات الاتية للمتسعة (مع ذكر السبب):

a- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها.

b- سعتها.

c- فرق الجهد بين صفيحتيها.

d- المجال الكهربائي بين صفيحتيها.

e- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها.

س12 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها، ربطت بين قطبي بطارية وعندما ادخل عازل كهربائي بين صفيحتيها ثابت عزله $k = 6$ والمتسعة مازالت موصولة بالبطارية، ماذا يحصل لكل من الكميات الآتية للمتسعة (مع ذكر السبب):

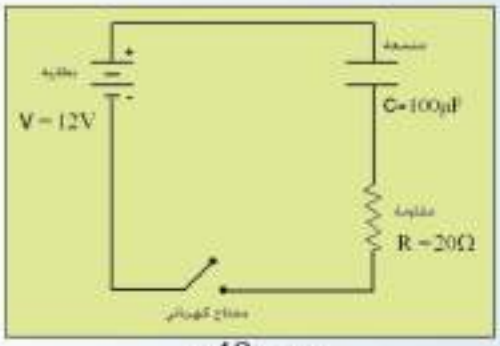
a- فرق الجهد بين صفيحتيها.

b- سعتها. c- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها.

d- المجال الكهربائي بين صفيحتيها. e- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها.

مسائل الفصل الأول

س1 من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية في الشكل (40) احسب :



شكل (40)

(a) المقدار الاعظم لتيار الشحن، لحظة اغلاق المفتاح.

(b) مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن).

(c) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.

(d) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة.

س2 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($4\mu F$) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20V$):

a. ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة؟

b. إذا فصلت المتسعة عن البطارية وأدخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها إلى ($10V$) فما مقدار ثابت العزل للوح العازل؟ وما مقدار سعة المتسعة في حالة العازل بين صفيحتيها؟

س3 متسعتان ($C_1=9\mu F, C_2=18\mu F$) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها ($12V$).

a. احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها.

b. أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة)، فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيهابعد إدخال العازل؟

س4 متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=16\mu F, C_2=24\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد ين قطبيها ($48V$). إذا أدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الأولى ومازالت المجموعة متصلة بالبطارية فكانت الشحنة الكلية للمجموعة ($3456\mu C$) ما مقدار:

a- ثابت العزل (k).

b- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد أدخال المادة العازلة.

س5 متسعتان ($C_1 = 4\mu F$، $C_2 = 8\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي، فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية (600 μ Coulomb) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه.

a. احسب لكل متسعة مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها.

b. أدخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية، فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق جهد والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العزل.

س6 لديك ثلاث متسعات سعاتها ($C_1 = 6\mu F$، $C_2 = 9\mu F$، $C_3 = 18\mu F$) ومصدرا للفولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه (6V). وضح مع رسم مخطط للدائرة الكهربائية، كيفية ربط المتسعات الثلاث مع بعضها للحصول على:

a. أكبر مقدار للسعة المكافئة، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة.

b. أصغر مقدار للسعة المكافئة، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدارالشحنة المختزنة في المجموعة.

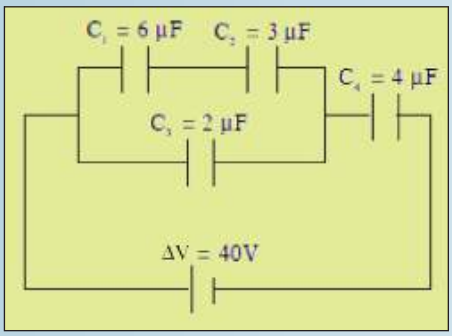
س7 اربع متسعات ربطت مع بعضها كما في الشكل (41)

احسب مقدار

a- السعة المكافئة للمجموعة.

b- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة.

c- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (C_4).

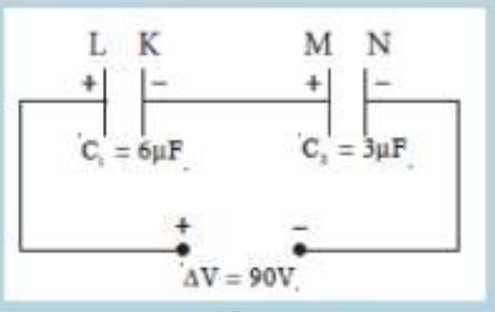


شكل (41)

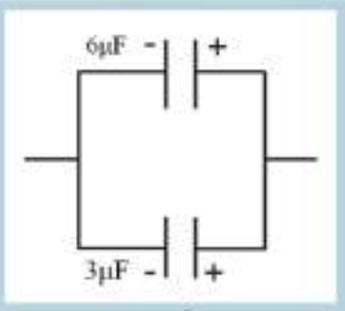
س8 متسعتان ($3\mu F$ و $6\mu F$) ربطتا على التوالي مع بعضهما ثم ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما ($90V$) كما في الشكل (42-a). فإذا فصلت المتسعتان عن بعضهما وعن البطارية من دون حدوث ضياع بالطاقة ثم أعيد ربطهما مع بعض.

أولا: كما في الشكل (42-b) بعد ربط الصفائح المتماثلة الشحنة للمتسعتين مع بعضهما.

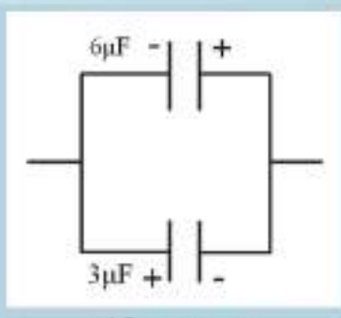
ثانيا: كما في الشكل (42-c) بعد ربط الصفائح المختلفة الشحنة للمتسعتين مع بعضهما. ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة في الشكلين (42- b) ، (42-c).



شكل (42 -a)



شكل (42-b)



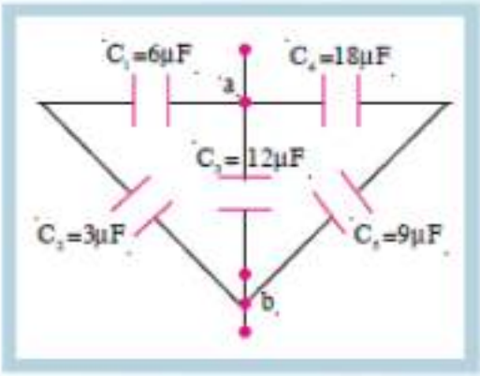
شكل (42 -c)

س9 في الشكل (43):

a- احسب مقدار السعة المكافئة للمجموعة.

b- إذا سلط فرق جهد كهربائي مستمر ($20V$) بين النقطتين (a) و (b) فما مقدار الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة ؟

c- ما مقدارالشحنة المختزنة في كل متسعة؟



شكل (43)