حسب المنهاج الجديد

منصة تلاخيص منهاج أردني تقدم للكم

# النيرد في مادة الفيزياء

## الوحدة الثالثة من مادة الفيزياء الصف الأول ثانوي

## الدرس الثالث: المواسعة الكهربائية

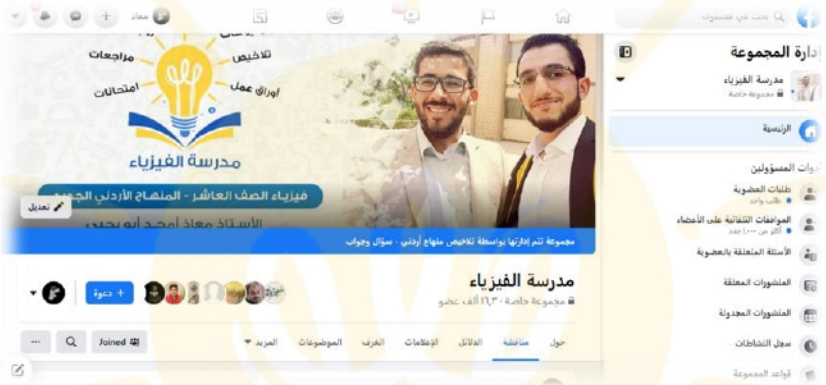
الأستاذ معاذ أبو يحيى والأستاذ عز الدين أبو رمان

يمكنكم متابعة شروحاتنا والتواصل معنا من خلال :

0795360003 مدرسة الفيزياء مدرسة الفيزياء

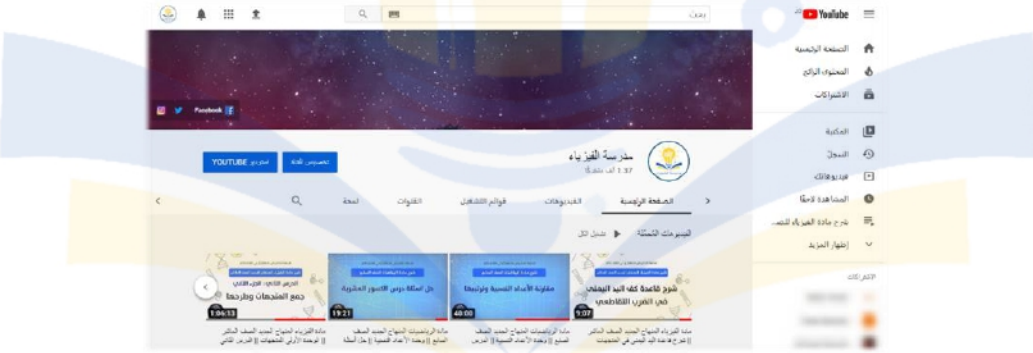
## تابعونا على مجموعة مدرسة الفيزياء على الفيس بوك :

**تجدون فيها كل ما يخص المادة من أوراق عمل وامتحانات وشروحات**




## تابعونا على قناة مدرسة الفيزياء على اليوتيوب :

**تجدون فيها شرح جميع دروس المادة وحل أسئلة المادة**



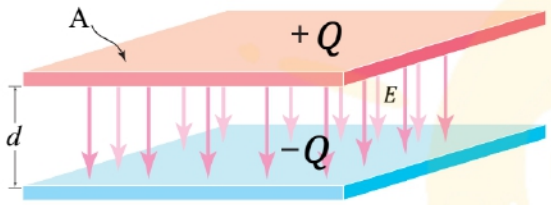

## تابعونا على منصة تلاخيص منهاج أردني على الفيس بوك :

**تجدون فيها تلاخيص وشروحات المواد الدراسية لمختلف الصفوف**

# الدرس الثالث : المواسعة الكهربائية

## ● المواسع الكهربائي

⊂ الكثير من الأجهزة الكهربائية يتم استخدامها دون الحاجة لوجود مصدر كهربائي متصل فيها مثل فلاش الكاميرا، فمن أين تأتي الكهرباء داخل هذه الأجهزة ؟




**؟ سؤال وضح ما المقصود بالمواسع؟**

جهاز يستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية وتحويلها من شكل إلى اخر عند الحاجة إليها.

**؟ سؤال ما وظيفة المواسع الكهربائي؟**

تخزين الشحنات الكهربائية وبالتالي تخزين الطاقة الكهربائية مدة من الزمن لحين الحاجة إليها.

**؟ سؤال ما هو تركيب المواسع؟ أو ما هي مكونات جهاز المواسع الكهربائي؟**

يتكون المواسع من موصلين (+ ، −) يفصل بينهما مادة عازلة مثل الهواء ، الورق ، البلاستيك.

**ملاحظات مهمة**

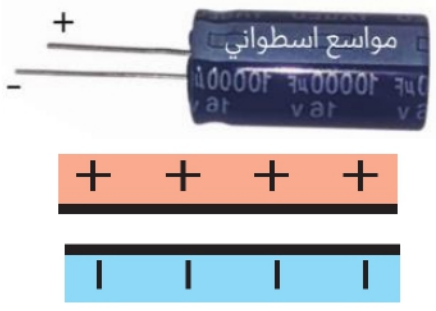
⊂ توجد المواسعات بأشكال وحجوم مختلفة فمنها المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين والمواسع الاسطواني.

⊂ يرمز عادة للمواسع في الدرات الكهربائية بخطين متوازيين (⊣⊢).

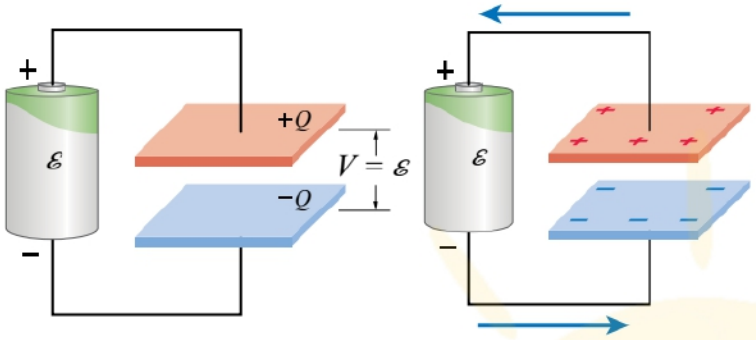
⊂ يتكون المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين من صفيحتين موصلتين متوازيتين متساويتان في المساحة تفصل بينهما طبقة من مادة عازلة ويمكن أن يكون شكل الصفيحتين مربعا أو مستطيلا أو دائريا أو على شكل إسطوانة.

⊂ المادة العازلة التي تفصل بين الصفيحتين تتكون من مادة مناسبة مثل البوليستر أو الميكا أو الهواء.

⊂ من التطبيقات في الحياة العملية على المواسعات: دارة المصباح الوماض في آلة التصوير الفوتوغرافي، لوحة مفاتيح الحاسوب، جهاز إنعاش القلب.



## ● عملية شحن المواسع الكهربائي :




- يمكن شحن المواسع الكهربائي بوصل صفيحتيه مع بطارية أو أي مصدر طاقة كهربائية حيث تعمل البطارية على شحن إحدى صفيحتي المواسع بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة.
- تتطلب عملية الشحن زمنًا قصيرًا لتنمو خلاله الشحنة على المواسع بعد وصله مع البطارية.
- يزداد جهد المواسع بسبب ازدياد الشحنة عليه بشكل طردي وتنتهي عملية الشحن عندما يتساوى فرق الجهد بين صفيحتي المواسع مع فرق الجهد بين طرفي البطارية في هذه الحالة تصل الشحنة على المواسع إلى قيمتها العظمى (النهائية).
- تكون الشحنة على كل من الصفيحتين متساوية في المقدار ومختلفة في النوع.
- بما أن القوة الكهربائية قوة محافظة فإن الشغل الذي تبذله البطارية لنقل الشحنات يختزن في المواسع على شكل طاقة وضع كهربائية.

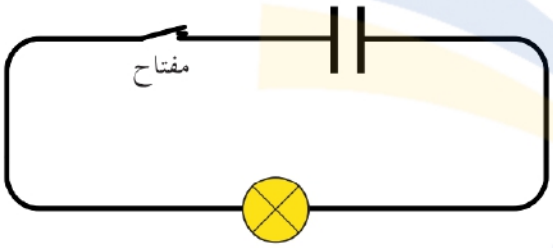
---

✓ أتحقَّقُ: **إلى متى تستمر عملية شحن المواسع عند وصل صفيحته ببطارية؟ ما شكل الطاقة المختزنة فيه؟**

تستمر عملية الشحن حتى يُصبح فرق الجهد بين صفيحتي المواسع مساويًا لجهد البطارية وتختزن في المواسع على شكل طاقة وعض كهربائية..

---

## ● عملية تفريغ المواسع الكهربائي :



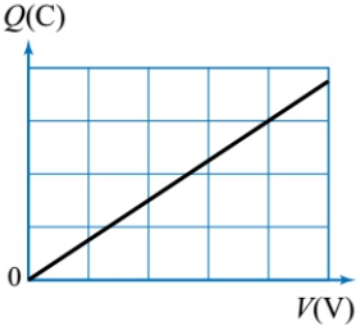

- عملية يتم فيها تحول الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع إلى شكل آخر من أشكال الطاقة عند وصل طرفي المواسع بجهاز كهربائي (كمصباح مثلًا).
- عند إغلاق المفتاح في الدارة المبينة في الشكل تتحرك الشحنات من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة السالبة اصطلاحا من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض عبر المصباح لذلك يبدأ بالدارة مرور تيار كهربائي يبدأ بقيمة معينة (عظمى) ثم يتناقص تدريجيا إلى أن يؤول إلى الصفر فيضيء المصباح مدة وجيزة حث تتحول هنا الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع إلى طاقة ضوئية.

---

**ملاحظات مهمة**

- ينخفض فرق الجهد بين اللوحين إلى الصفر إذا قُمنا بتفريغ المكثف من شحنته.
- تكون سعة المواسع دائما موجبة.

## ● المواسعة الكهربائية




- في أثناء عملية شحن المواسع تزداد شحنته وفرق الجهد بين صفيحتيه (جهد المواسع).
- العلاقة بين جهد المواسع وشحنته خطية وعند تمثيلها بيانياً تمثل بخط مستقيم يمر بنقطة الأصل بحيث يمثل محور $(+y)$ شحنة المواسع ومحور $(+x)$ جهد المواسع.
- ميل الخط المستقيم يساوي مقدارًا ثابتًا يمثل المواسعة الكهربائية :

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

جهد المواسع : $V$ ، شحنة المواسع : $Q$ ، مواسعة المواسع : $C$

**سؤال** **وضح ما المقصود بالمواسعة الكهربائية (مواسعة المواسع) ؟**

الشحنة الكهربائية المختزنة لوحدة فرق الجهد الكهربائي.

أو النسبة بين كمية الشحنة الكهربائية المختزنة في المواسع وفرق الجهد بين طرفيه (صفيحتيه).

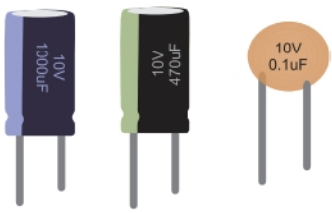
**ملاحظات مهمة**

- تُقاس المواسعة بوحدة الفاراد $(F : C/V)$ وهي وحدة كبيرة نسبيًا.
- معظم قيم المواسعات المستعملة في الدارات الإلكترونية صغيرة جدا لذا تستعمل البادئات $(n, p, \mu)$.
- المواسعات فائقة التخزين تصل مواسعاتها إلى مئات الآلاف من الفاراد مثل مواسعات عربات التلفريك والحافلات الكهربائية فهي تمتلك مواسعات فائقة التوصيل تشحن خلال ثواني عند مرورها بمحطات الكهرباء.

**سؤال** **وضح ما المقصود بـ (الفاراد) ؟**

مواسعة مواسع يختزن شحنة كهربائية (1 C) عند تطبيق فرق جهد (1 V) بين صفيحتيه.

**سؤال** **هل يوجد حد معين لمقدار فرق الجهد الكهربائي الذي يُمكن تطبيقه بين صفيحتي المواسع؟**



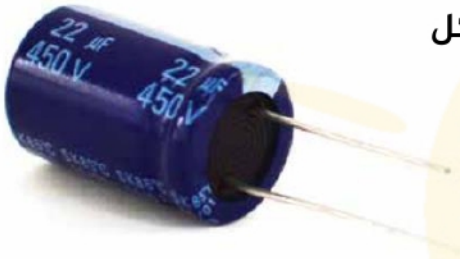

نعم وهو يسمى بأقصى فرق جهد آمن يمكن تطبيقه على المواسع وبالعاده يكون مكتوب على المواسع كما في الشكل.

وإذا تجاوز الجهد القيمة المحددة للمواسع فإن ذلك يؤدي لتلفه وانهيار العازلية الكهربائية للمادة العازلة بين صفيحتيه.

**سؤال** أحسب مواسعة مواسع يختزن شحنة مقدارها (6 μC) عندما يُطبق عليه جهد مقداره (5 V)؟

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{6\times10^{-6}}{5} = 1.2\times10^{-6}\ F = 1.2\ \mu F$$

**سؤال** بناءً على البيانات المثبتة على المواسع في الشكل ، أجيب عما يأتي:




أ - حدد القيمة العظمى للشحنة التي يمكن تخزينها بأمان في المواسع.

$$Q = CV = 22\times10^{-6}\times450 = 9900\times10^{-6}\ C = 9.9\times10^{-3}\ C$$

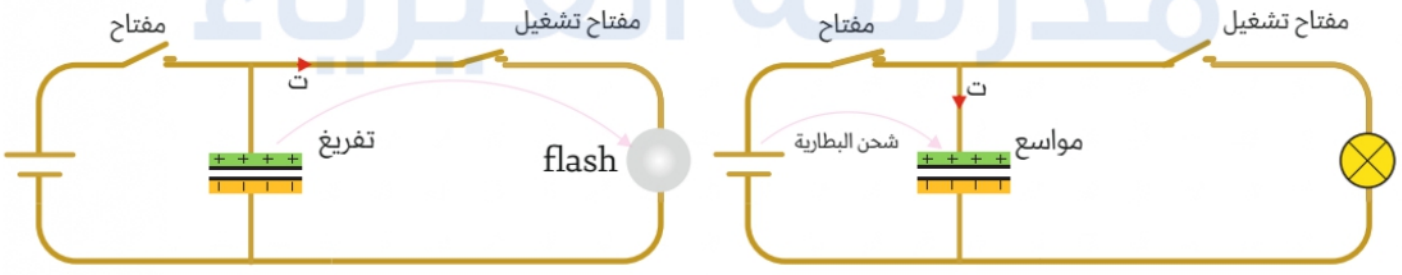
ب - هل يمكن تطبيق جهد مقداره (600 V) بين طرفي المواسع؟ وضح إجابتك..

لا، لأن أقصى جهد يتحمله المواسع (450 V) حسب ما كُتب عليه. وإذا طُبق عليه جهد أعلى من ذلك يتلف.

**تمرين** جد جهد مواسع مواسعته (1.2 μF) يختزن شحنة مقدارها (10 μC).

$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow V = \frac{Q}{C}\ \frac{10\times10^{-6}}{1.2\times10^{-6}} = 8.3\ V$$

**تدريب** من التطبيقات العملية للمواسعات، دارة المصباح الومّاض في آلة التصوير الفوتوغرافي الموضحة في الشكل المجاور، تمعن الشكل ثم أجب عما يلي:




أ - ما وظيفة كل من البطارية والمواسع؟

ب - أشرح مبدأ عمل دارة المصباح الومّاض.

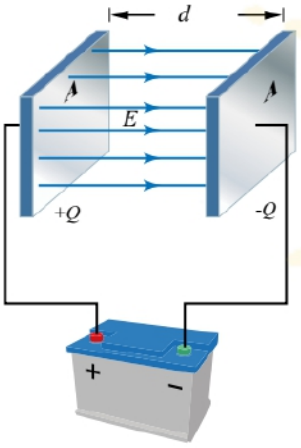
جـ - ما تحولات الطاقة في هذه الدارة؟

# مواسعة مواسع ذي صفيحتين متوازيتين

**سؤال** اثبت أن مواسعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين تُعطى بالعلاقة :

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

المسافة بين الصفيحتين : $d$ ، مساحة كل من صفيحتي المواسع : $A$ ، مواسعة المواسع : $C$




$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o} \rightarrow E = \frac{\frac{Q}{A}}{\varepsilon_o} = \frac{Q}{A\varepsilon_o}$$

$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{Q}{Ed} = \frac{Q}{\frac{Q}{A\varepsilon_o}d} = \frac{A\varepsilon_o}{d}$$

**سؤال** ما العوامل التي تعتمد عليها مواسعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين ؟

☑ مساحة كل من صفيحتي المواسع (علاقة طردية).

☑ المسافة بين الصفيحتين (علاقة عكسية).

☑ السماحية الكهربائية للفراغ أو الهواء بين صفيحتي المواسع.

**ملاحظات مهمة**

✪ تقتصر دراستنا في مادة الأول ثانوي على المواسع الذي تكون المادة العازلة بين صفيحتيه الفراغ أو الهواء.

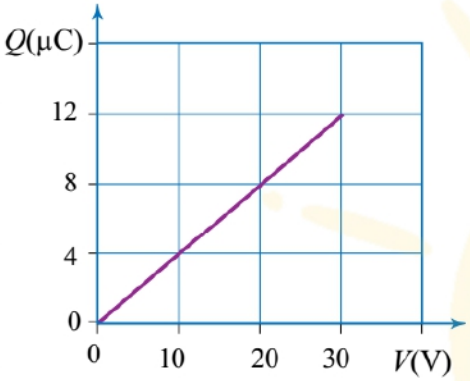
✪ هنالك مواسعات متغيرة المواسعة تحتوي على عدة صفائح فلزية قابلة للدوران حول محور بحيث يمكننا التحكم بمواسعة المواسع عن طريق تغيير عدد الصفائح أو مساحتها أو المسافة بينها ويرمز لهذا النوع من المواسعات بخطين متوازيين عليهما سهم.

**أتحقّقُ: ما الطرائق التي يُمكنني بواسطتها زيادة مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين؟**

زيادة مساحة كل من الصفيحتين أو زيادة قيمة السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين أو تقليل المسافة بين الصفيحتين.

**أُفكِّرُ:** **هل تؤدي زيادة جهد المواسع أو شحنته إلى زيادة مواسعته؟ فسر إجابتك..**

زيادة جهد المواسع أو شحنته لا تؤدي إلى زيادة مواسعته لأنه كلما ازداد جهد المواسع تزداد شحنته بحيث تبقى مواسعته ثابتة.




**سؤال** **يمثل الرسم البياني في الشكل العلاقة بين شحنة مواسع ذي صفيحتين متوازيتين وجهده، في أثناء عملية الشحن عند وصله مع بطارية جهدها (40 V)، مسعينًا بالشكل احسب:**

**أ - مواسعة المواسع.**

ميل الخط المستقيم يمثل مواسعة المواسع.

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{12\times10^{-6}}{30} = 0.4\times10^{-6}\ F = 0.4\ \mu F$$

**ب - شحنة المواسع عندا يكون جهد المواسع (18 V).**

$$Q = CV = 0.4\times10^{-6}\times18 = 7.2\times10^{-6}\ C = 7.2\ \mu C$$

**جـ - شحنة المواسع بعد اكتمال عملية الشحن.**

تكتمل عملية شحن المواسع عندما يصبح جهده مساويًا لجهد البطارية عندئذ تُختزن في المواسع قيمة عظمى للشحنة.

$$Q = CV = 0.4\times10^{-6}\times40 = 16\times10^{-6}\ C = 16\ \mu C$$

**سؤال** **مواسع ذو صفيحتين متوازيتين البعد بينهما (2 mm) ومساحة كل من صفيحتيه ($8\times10^{-4}\ m^2$)، يتصل ببطارية جهدها (50 V) أحسب:**

**أ - مواسعة المواسع.**

$$C = \frac{A\varepsilon_o}{d} = \frac{8\times10^{-4}\times8.85\times10^{-12}}{2\times10^{-3}} = 3.54\times10^{-12}\ F = 3.54\ pF$$

**ب - جهد المواسع عندما يختزن شحنة مقدارها (100 pC).**

عندما تتغير شحنة المواسع تبقى مواسعته ثابتة لكن يتغير جهده.

$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow V = \frac{Q}{C}\ \frac{100\times10^{-12}}{3.54\times10^{-12}} = 28.2\ V$$

جـ - إذا تضاعفت المسافة بين الصفيحتين مع بقاء البطارية موصولة بالمواسع، فأحسب كل من شحنة المواسع ومواسعته.

$$C = \frac{A\varepsilon_o}{d} = \frac{8\times10^{-4}\times8.85\times10^{-12}}{2\times2\times10^{-3}} = 1.77\times10^{-12}\ F = 1.77\ pF$$

$$Q = CV = 1.77\times10^{-12}\times50 = 88.5\times10^{-12}\ C = 88.5\ pC$$

---

**تمرين** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين مواسعته (0.04 nF) والمسافة بين صفيحتيه (0.25 cm)، شُحن حتى أصبح جهده (100 V)، أحسب:

أ - مساحة كل من صفيحتي المواسع.

$$C = \frac{A\varepsilon_o}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{\varepsilon_o} = \frac{0.04\times10^{-9}\times0.25\times10^{-2}}{8.85\times10^{-12}} = 0.011\ m^2$$

ب - شحنة المواسع.

$$Q = CV = 0.04\times10^{-9}\times100 = 4\times10^{-9}\ C = 4\ nC$$

---

**سؤال** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، وصل مع مصدر فرق جهد (200 V)، فكانت الكثافة السطحية للشحنة على صفيحتيه ($17.7\ pC/cm^2$). احسب البعد بين صفيحتيه.

$$\sigma = \frac{17.7\times10^{-12}}{10^{-4}} = 17.7\times10^{-8}\ C/m^2$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o} \rightarrow V = Ed = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}d \rightarrow d = \frac{V\varepsilon_o}{\sigma} = \frac{200\times8.85\times10^{-12}}{17.7\times10^{-8}}$$

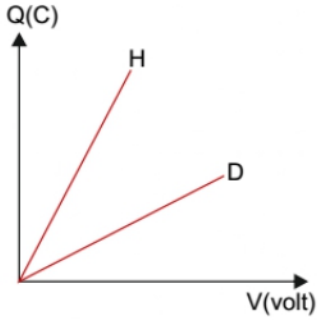
$$d = 1\times10^{-2}\ m$$

---

**سؤال** وصل مواسعان مختلفان مع مصدري فرق جهد متماثلين، جهد كل منهما ($V$). فاكتسب المواسع الأول شحنة ($Q$) واكتسب المواسع الثاني شحنة ($3Q$). ما النسبة بين مواسعة المواسعين؟

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{Q_1}{V_1}}{\frac{Q_2}{V_2}} = \frac{\frac{Q}{V}}{\frac{3Q}{V}} = \frac{1}{3}$$

**سؤال** يبين الجدول الآتي الأبعاد الهندسية لمواسعين ويمثل الشكل بالأسفل منحنى $(Q,V)$ للمواسعين حدد لكل مواسع المنحنى الذي يناسبه.




| المواسع | مساحة (A) الصفيحة الواحدة | البعد بين الصفيحتين | رمز المنحنى |
|---|---|---|---|
| 1 | 2A | d | |
| 2 | A | 2d | |

$$C_1=\frac{A_1\varepsilon_o}{d_1}=\frac{2A\varepsilon_o}{d}=2C$$

$$C_2=\frac{A_2\varepsilon_o}{d_2}=\frac{A\varepsilon_o}{2d}=\frac{1}{2}C$$

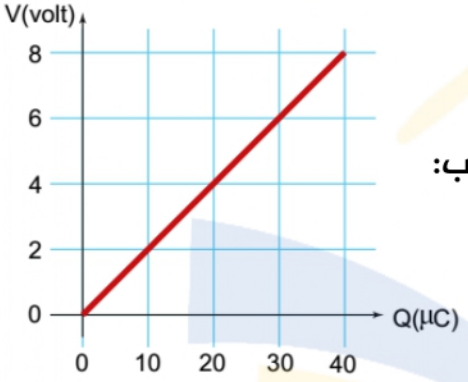
$$C_1>C_2\rightarrow slope\ (H)>slope\ (D)$$

$$H\rightarrow C_1$$

$$D\rightarrow C_2$$

---

**سؤال** مواسع كهربائي ذو صفيحتين متوازيتين وصل مع مصدر فرق جهد ($8\ V$) وشحن تماماً. يبين الشكل العلاقة بين جهد المواسع وشحنته أثناء عملية الشحن حتى شحنه كلياً. احسب:




**أ - مواسعة المواسع.**

$$\frac{1}{C}=\frac{V}{Q}=\frac{8}{40\times10^{-6}}=0.2\times10^{+6}$$

$$C=5\times10^{-6}\ F=5\ \mu F$$

**ب - جهد المواسع عندما يختزن شحنة مقدارها ($50\ pC$).**

عندما تتغير شحنة المواسع تبقى مواسعته ثابتة لكن يتغير جهده.

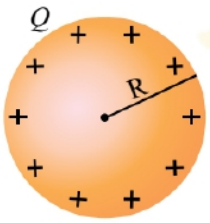
$$C=\frac{Q}{V}\rightarrow V=\frac{Q}{C}=\frac{50\times10^{-12}}{5\times10^{-12}}=10\ V$$

## مواسعة موصل كروي معزول

**سؤال** اثبت أن مواسعة الموصل الكروي المعزول تُعطى بالعلاقة :

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

ثابت كولوم : $k$ , نصف قطر الموصل الكروي المعزول : $R$




$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{Q}{\frac{kQ}{R}} = \frac{R}{k}$$

---

**سؤال** ما العوامل التي تعتمد عليها مواسعة الموصل الكروي المعزول ؟

☑ نصف قطر الموصل الكروي (علاقة طردية).

☑ السماحية الكهربائية للفراغ أو الهواء.

**ملاحظات مهمة**

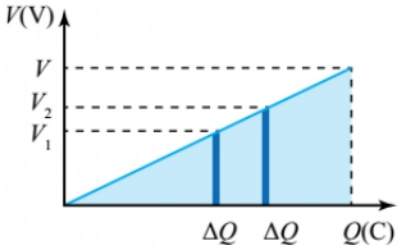
✪ المواسع ذا الصفيحتين المتوازيتين هو الأكثر انتشارًا واستعمالًا من الناحية العملية بوصفه نظامًا لتخزين الشحنات.

✪ الموصل الكروي المشحون المعزول أي يحمل شحنة كهربائية لكن هو غير متصل بالأرض ولا يوجد بجواره موصلات أخرى أو شحنات أخرى.

أما إذا كان متصلًا بالأرض أو موجود بجوار موصلات أخرى أو شحنات أخرى فعندئذ يكون موصل كروي مشحون غير معزول فيكون هنالك جهد كهربائي ناشئ عن شحنة الموصل وجهد ناشئ عن الشحنات المؤثرة وهذا النوع غير مطلوب منا دراسته في هذا المنهاج.

**سؤال** أحسب مواسعة الكرة الأرضية بافتراضها كروية الشكل، علمًا بأن نصف قطرها (6371 km) تقريبا.

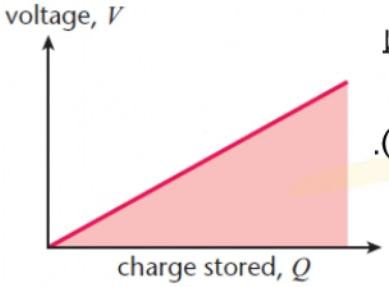
$$C = \frac{R}{k} = \frac{6371\times10^{+3}}{9\times10^{+9}} = 708\times10^{-6}\ F = 708\ \mu F$$



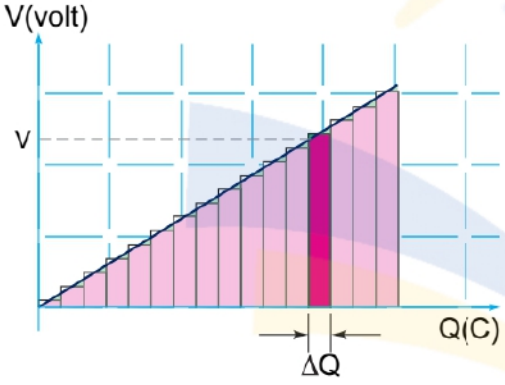

## الطاقة المختزنة في المواسع

- يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين جهد المواسع والشحنة المختزنة فيه إذ التناسب طردي والعلاقة خطية على شكل خط مستقيم.
- ميل الخط المستقيم يمثل مقلوب المواسعة :

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




- المساحة الكلية تحت المنحنى وهي المساحة المغلقة بين الخط المستقيم والمحور الأفقي والتي تمثل مساحة المثلث تساوي الشغل الكلي المبذول في شحن المواسع إلى شحنة ($Q$) وجهد ($V$).




**سؤال** مُستعينًا بالرسم البياني المجاور أجب عما يلي

**من الأسئلة:**

**أ - ماذا يمثل ميل الخط المستقيم وما وحدة قياسه؟**

ميل الخط المستقيم يمثل مقلوب المواسعة ويُقاس بوحدة (1/F) أو (V/C).

**ب - ماذا تمثل المساحة الكلية تحت المستقيم؟**

$$Area = \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع} = \frac{1}{2} \times Q \times V$$

$Area$ = الشغل المبذول لشحن المواسع = طاقة الوضع المختزنة في المواسع

**جـ - ماذا تمثل المساحة المظللة في الشكل؟**

$Area$ = الطول × العرض = $\Delta Q \times V$ = جزء من الشغل الكلي

لحساب الشغل المبذول في شحن المواسع أو الطاقة المختزنة (طاقة الوضع الكهربائية) في المواسع :

$$W = PE = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

**سؤال** **اثبت أن طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين تعطى بالعلاقات الآتية:**

$$W = PE = \frac{1}{2} CV^2$$

$$W = PE = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$W = PE = \frac{1}{2} QV \rightarrow Q = CV \rightarrow \frac{1}{2} (CV)V = \frac{1}{2} CV^2$$

$$W = PE = \frac{1}{2} QV \rightarrow V = \frac{Q}{C} \rightarrow \frac{1}{2} Q \left(\frac{Q}{C}\right) = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

---

**سؤال** **ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة المختزنة في المواسع ؟**

☑ جهد المواسع. ☑ شحنة المواسع. ☑ مواسعة المواسع.

**ملاحظات مهمة**

- إذا فُصلت البطارية عن المواسع بعد شحنه ووصل طرفا المواسع بجهاز كهربائي ضمن دارة كهربائية فإن الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع تتحول إلى شكل آخر من الطاقة إذا تنقل الإلكترونات من صفيحة المواسع السالبة إلى الصفيحة الموجبة على شكل تيار كهربائي في الدارة.
- يتلاشى التيار الكهربائي في الدارة بالتدريج خلال مدة زمنية قصيرة لتصبح شحنة المواسع النهائية صفرًا وتسمى هذه العملية بتفريغ المواسع وتم شرحها سابقًا.
- حركة الإلكترونات تمثل التيار الحقيقي في الدارة ويكون عكس اتجاه التيار الإصطلاحي.

**سؤال** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين مواسعته (10 μF) وُصل مع بطارية جهدها (2 V) أحسب :

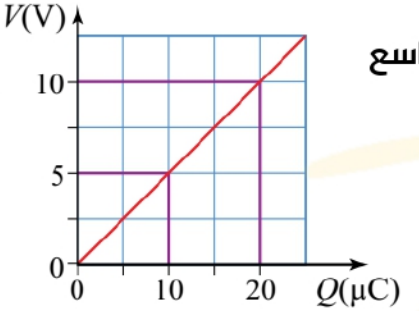
أ - الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع.

$$W = PE = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times10\times10^{-6}\times(2)^2 = 20\times10^{-6}\ J$$

ب - شحنة المواسع.

$$Q = CV = 10\times10^{-6}\times2 = 20\times10^{-6}\ J$$

---




**سؤال** يُمثل الرسم البياني في الشكل العلاقة بين جهد المواسع والشحنة الكهربائية المختزنة فيه، بناءً عليه أحسب:

أ - مواسعة المواسع.

$$\frac{1}{C} = \frac{V}{Q} = \frac{10}{20\times10^{-6}} = 0.5\times10^{+6}$$

$$C = 2\times10^{-6}\ F = 2\ \mu F$$

ب - الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع عندما يصبح جهده (10 V).

$$W = PE = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times2\times10^{-6}\times(10)^2 = 100\times10^{-6}\ J$$

---

**سؤال** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين مساحة كل من صفيحتيه ($20\ cm^2$) والبعد بينهما (8.85 mm) إذا بقي المواسع متصل مع البطارية نفسها حتى أصبح جهده (100 V) فاحسب مقدار الشغل المبذول في شحن المواسع.

$$C = \frac{A\varepsilon_o}{d} = \frac{20\times10^{-4}\times8.85\times10^{-12}}{8.85\times10^{-3}} = 20\times10^{-13}\ F$$

$$W = PE = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times20\times10^{-13}\times(100)^2 = 1\times10^{-8}\ J$$

---

**سؤال** مواسعان مواسعة الأول (2 μF) وجهده (20 V) والثاني مواسعته (4 μF) وجهده (10 V). أي المواسعين يختزن طاقة أكبر؟

$$W_1 = PE_1 = \frac{1}{2}C_1V_1^2 = \frac{1}{2}\times2\times10^{-6}\times(20)^2 = 400\times10^{-6}\ J$$ (يختزن طاقة أكبر)

$$W_2 = PE_2 = \frac{1}{2}C_2V_2^2 = \frac{1}{2}\times4\times10^{-6}\times(10)^2 = 200\times10^{-6}\ J$$

**سؤال** مواسعان مشحونان ولهما نفس فرق الجهد الكهربائي ومساحة صفيحة كل من المواسعين متساوية، إذا علمت أن البعد بين صفيحتي المواسع الثاني ضعف البعد بين صفيحتي المواسع الأول وأن الطاقة المختزنة في المواسع الأول تساوي ($6\times10^{-3}$ J). أحسب مقدار الطاقة المختزنة في المواسع الثاني.

$$A_1 = A_2 \ , V_1 = V_2 \ , d_2 = 2d_1$$

$$C_1 = \frac{A_1\varepsilon_o}{d_1} \quad , \quad C_2 = \frac{A_2\varepsilon_o}{d_2} = \frac{A\varepsilon_o}{2d_1} = \frac{1}{2}C_1 \rightarrow C_2 = \frac{1}{2}C_1$$

$$W_2 = PE_2 = \frac{1}{2}C_2V_2^2 = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}C_1)V_1^2 = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}C_1V_1^2) = \frac{1}{2}W_1$$

$$W_2 = \frac{1}{2}\times6\times10^{-3} = 3\times10^{-3} \text{ J}$$

---

**أُفكِّرُ:** عند وصل طرفي مواسع مشحون ومعزول بمصباح ماذا يحدث لكل من الكميات الآتية للمواسع: مواسعته، جهده، شحنته، الطاقة الكهربائية المختزنة فيه؟

مواسعة المواسع تبقى ثابتة بينما الجهد يقل بالتدريج حتى ينعدم والشحنة تقل بالتدريج حتى تنعدم و الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع أيضا تقل بالتدريج حتى تنعدم إذ تتحول إلى طاقة ضوئية وحرارية.

---

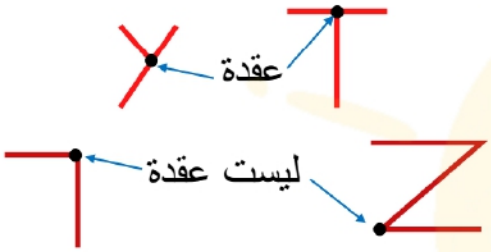
**تدريب** مواسع ذو لوحين متوازيين البعد بينهما في الفراغ (1 mm). شُحن كل من اللوحين بشحنة مقدارها ($40\times10^{-6}$ C)، ومقدار مواسعة المواسع ($5\times10^{-6}$ F)، فاحسب مقدار المجال الكهربائي بين اللوحين.

---

**تدريب** فقد جسيم مهمل الكتلة ($10^{+9}$) إلكترون، ثم وضع بين صفيحتي مواسع البعد بينهما (1 mm) فتأثر الجسيم بقوة كهربائية مقدارها ($32\times10^{-7}$ N)، فأحسب مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المواسع.

# توصيل المواسعات

- يتم صناعة المواسعات بقيم مواسعة محددة وتعمل على جهد معين إلا أنه في بعض التطبيقات العملية قد نحتاج لمواسعة بقيمة محددة ليست متوافرة في الأسواق لذلك نقوم بوصل مجموعة من المواسعات بطرائق مختلفة للحصول على القيمة المحددة..
- الغاية من هذا التوصيل هو الحصول على مواسع مكافئ لمجموعة مواسعات.
- النظام الذي يتم استخدامه عند توصيل أسلاك الأجهزة الكهربائية هو نظام العقد (وهي نقطة التقاء أسلاك التوصيل وتشابكها مع بعضها البعض.




**سؤال** وضح ما المقصود بالمواسع المكافئ؟

هو المواسع الذي له القدرة على تخزين نفس مقدار الشحنة التي تمتلكها مجموعة مواسعات متصلة ببعضها البعض سواء كانت متصلة على التوالي أو التوازي..
أو المواسعة الكلية لمجموعة مواسعات تتصل معًا في دارة كهربائية ما.

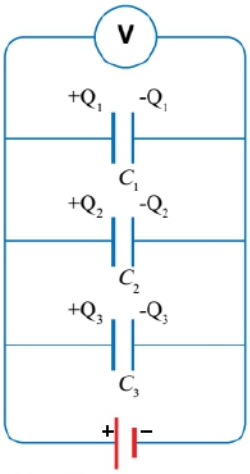
**سؤال** كيف يتم التعبير عن البطارية أو مصدر الطاقة الكهربائية في الدارات الكهربائية؟

صفيحتين طويلة (+) وصغيرة (–) أو دوائر صغيرة مضللة في نهاية الأسلاك.

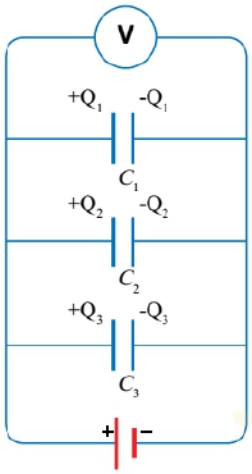
- يتم قياس فرق الجهد بين صفيحتي المواسع (جهد المواسع) باستخدام جهاز الفولتميتر ويرمز له بالرمز Ⓥ ويكون دائما موصول على التوازي.
- في منهاجنا الحالي سيتم التعامل مع طريقتين للتوصيل وهي:

❶ توصيل التوالي. ❷ توصيل التوازي.

## ● توصيل المواسعات على التوازي:




- يمثل الشكل الآتي توصيل التوازي.
- في توصيل التوازي تصل البطارية إلى جميع ألواح المواسعات وتصل الشحنات بشكل مباشر إلى الألواح.
- تتصل الألواح المتشابهة نوعًا مع بعضها البعض بين المواسعات.
- يكون هنالك عقد في أسلاك الدارة.




- تتوزع الشحنة الكلية على جميع المواسعات بسبب وجود العقد

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

- الجهد الكلي (جهد المصدر) يُنسخ على المواسعات جميعها لأن البطارية اتصلت بشكل مباشر مع جميع الألواح

$$V_{tot} = V_1 = V_2 = V_3$$

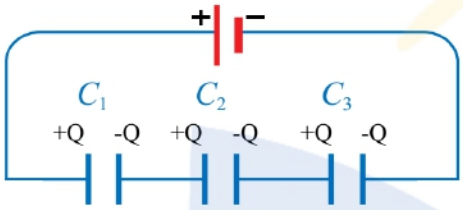
- المواسعة المكافئة تساوي المجموع الجبري لكل المواسعات.

$$C_{tot} = C_1 = C_2 = C_3$$

- في حالة وجود مواسعات متماثلة في السعة وموصولة على التوازي فيمكننا حساب المواسعة المكافئة بشكل سريع وبسيط باستخدام قانون (أحدهم في عددهم).

$$C_{tot} = CN$$

## ● توصيل المواسعات على التوالي :




- يمثل الشكل الآتي توصيل التوالي.
- في توصيل التوالي يكون وصول البطارية فقط إلى الألواح الخارجية لذلك تُشحن الألواح الداخلية بعضها البعض بالحث.
- تتصل الألواح المختلفة نوعا مع بعضها البعض بين المواسعات.
- لا يكون هنالك عقد في أسلاك الدارة.
- تكون الشحنة الكلية متساوية جميع المواسعات.

$$Q_{tot} = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

- الجهد الكلي (جهد المصدر) يتوزع على المواسعات جميعها حسب سعة كل مواسع.

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3$$

- المواسعة المكافئة يتم حسابها من خلال قانون الجمع بالمقلوب.

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

- في حالة وجود مواسعات متماثلة في السعة وموصولة على التوازي فيمكننا حساب المواسعة المكافئة بشكل سريع وبسيط باستخدام قانون (أحدهم على عددهم).

$$C_{tot} = \frac{C}{N}$$

**سؤال** اثبت أن المواسعة المكافئة في حالة توصيل التوازي تعطى بالعلاقة الآتية:

$$C_{tot} = C_1 = C_2 = C_3$$

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \rightarrow C_{tot}V_{tot} = C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3$$

$$V_{tot} = V_1 = V_2 = V_3 = V \rightarrow C_{tot}V = C_1V + C_2V + C_3V$$

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

**سؤال** اثبت أن المواسعة المكافئة في حالة توصيل التوالي تعطى بالعلاقة الآتية:

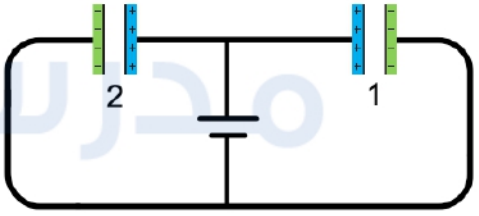
$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 \rightarrow \frac{Q_{tot}}{C_{tot}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

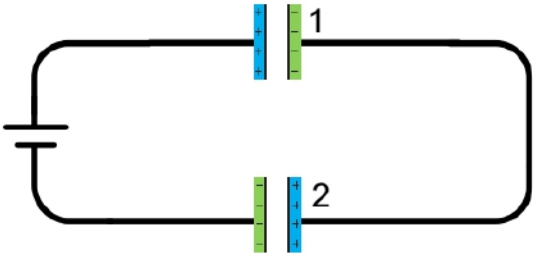
$$Q_{tot} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \rightarrow \frac{Q}{C_{tot}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

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

**سؤال** حدد طريقة توصيل المواسعات في كل دارة مما يلي:

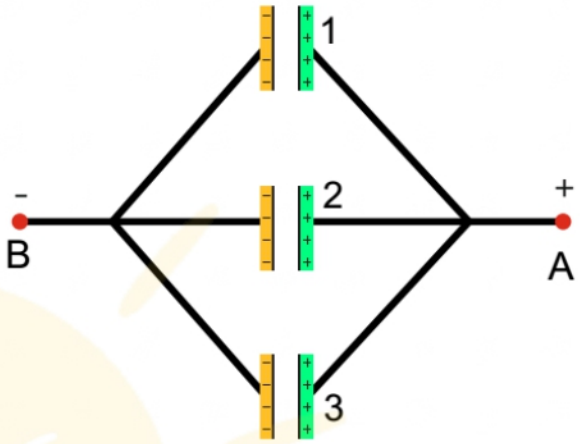



المواسعات ($C_1$,$C_2$) موصولة على التوازي والدليل هو وصول البطارية إلى جميع الألواح واتصال الصفائح المتشابهة مع بعضها البعض ووجود عقدتين.



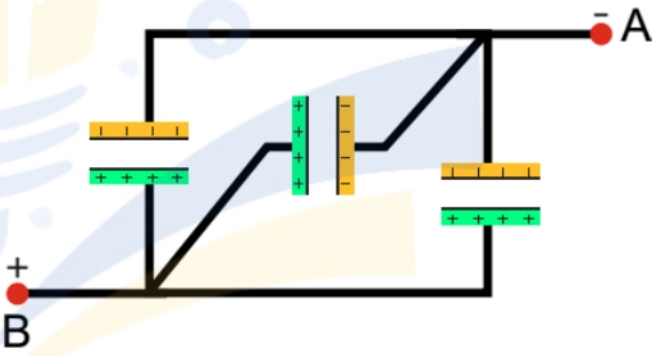

المواسعات ($C_1$,$C_2$) موصولة على التوالي والدليل هو عدم وصول البطارية إلى جميع الألواح واتصال الصفائح المختلفة نوعا مع بعضها البعض.

المواسعات ($C_1, C_2, C_3$) موصولة على التوازي والدليل هو وصول البطارية إلى جميع الألواح واتصال الصفائح المتشابهة مع بعضها البعض ووجود عقدتين.

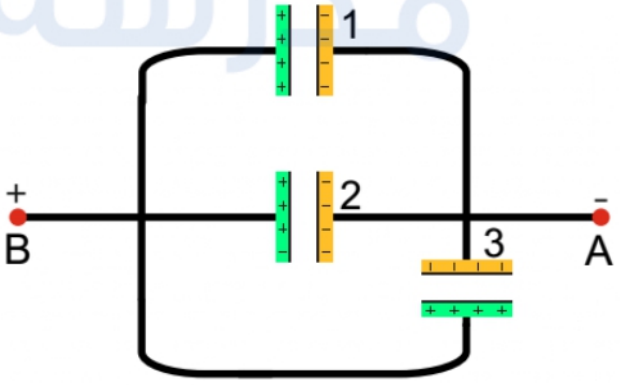



المواسعات ($C_1, C_2, C_3$) موصولة على التوالي والدليل هو عدم وصول البطارية إلى جميع الألواح واتصال الصفائح المختلفة نوعا مع بعضها البعض.

المواسعات ($C_1, C_2, C_3$) موصولة على التوازي والدليل هو وصول البطارية إلى جميع الألواح واتصال الصفائح المتشابهة مع بعضها البعض ووجود عقدتين.

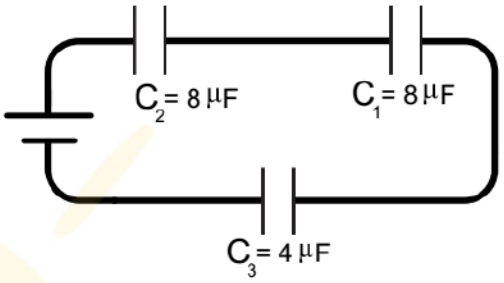



المواسعات ($C_1, C_2, C_3$) موصولة على التوازي والدليل هو وصول البطارية إلى جميع الألواح واتصال الصفائح المتشابهة مع بعضها البعض ووجود عقدتين.



**سؤال** احسب المواسعة المكافئة لكل مجموعة مواسعات في كل داره من الدارات الآتية:

أ)



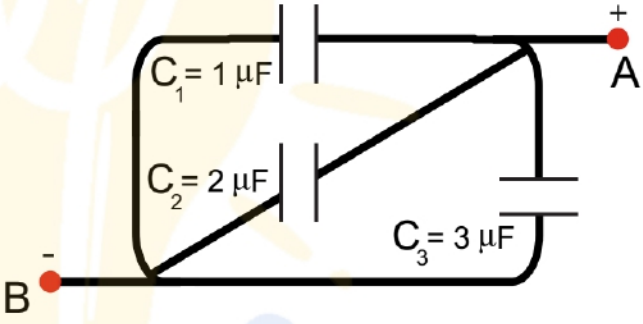

المواسعات $(C_1, C_2, C_3)$ موصولة على التوالي.

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

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{4}$$

$$C_{tot} = 2\ \mu F$$

ب)



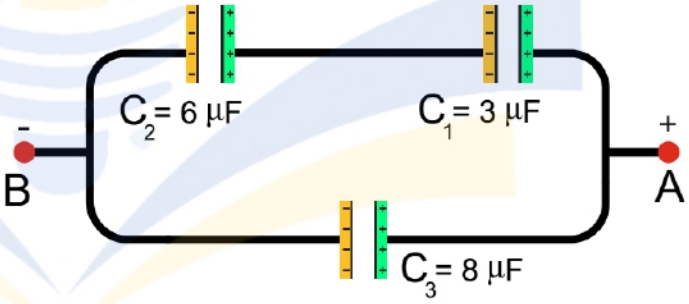

المواسعات $(C_1, C_2, C_3)$ موصولة على التوازي.

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

$$C_{tot} = 1 + 2 + 3$$

$$C_{tot} = 2\ \mu F$$

جـ)




المواسعات $(C_1, C_2)$ موصولة على التوالي.

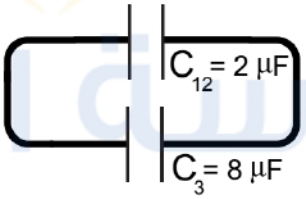
$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6}$$

$$C_{12} = 2\ \mu F$$

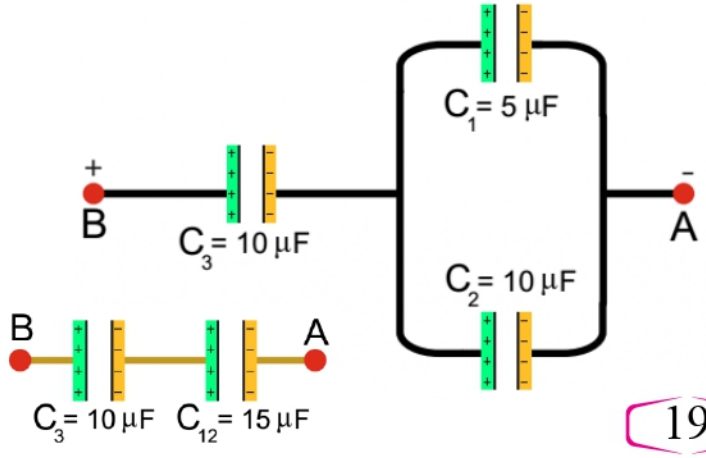
المواسعات $(C_{12}, C_3)$ موصولة على التوازي.

$$C_{tot} = C_{12} + C_3 = 1 + 2$$

$$C_{tot} = 2\ \mu F$$




د)




المواسعات $(C_1, C_2)$ موصولة على التوازي.

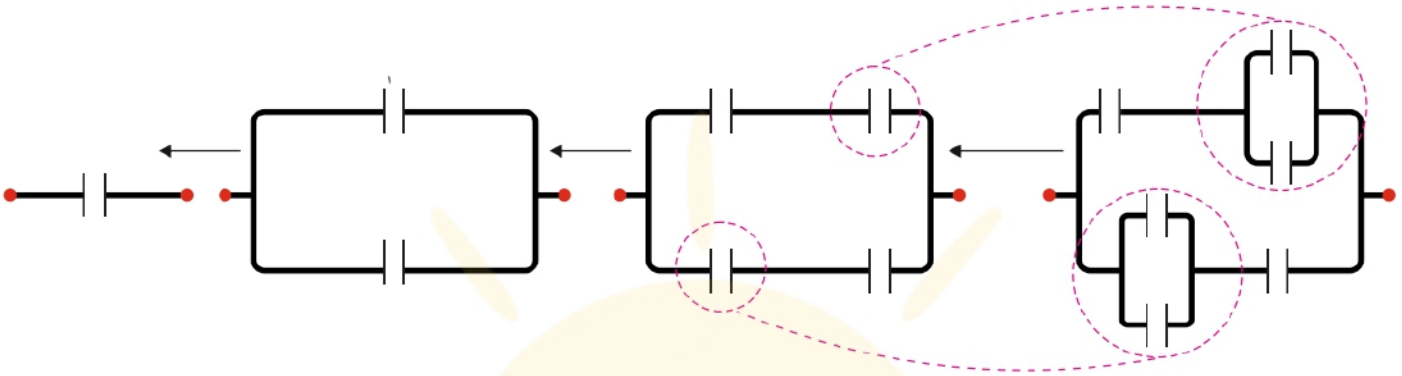
$$C_{12} = C_1 + C_2 = 5 + 10$$

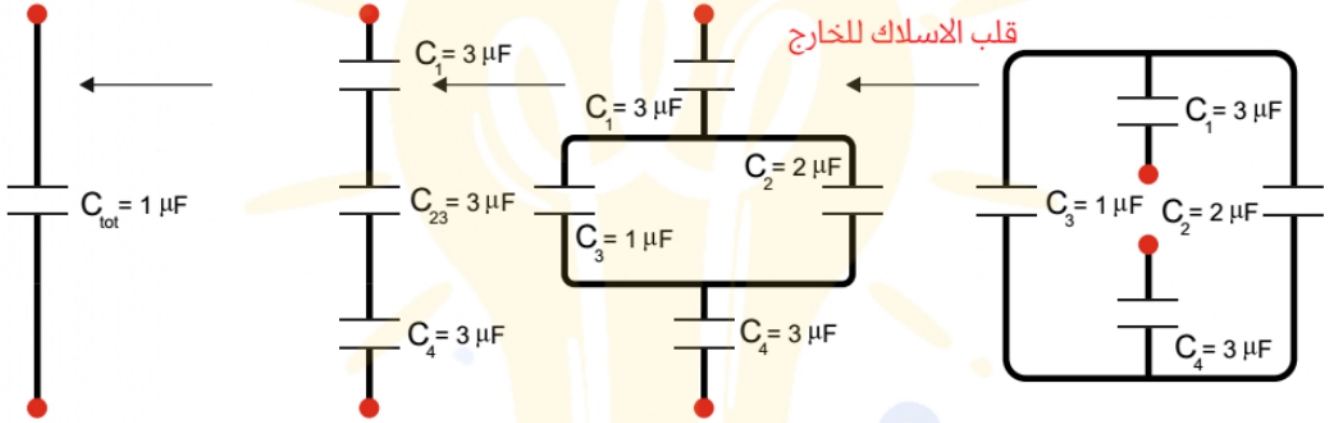
$$C_{12} = 15\ \mu F$$

المواسعات $(C_{12}, C_3)$ موصولة على التوالي.

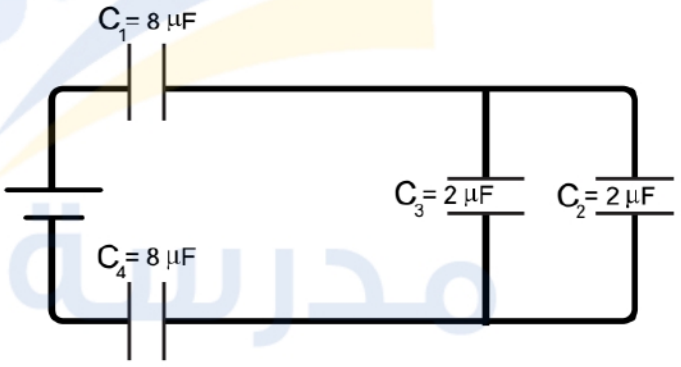
$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{15} + \frac{1}{10}$$

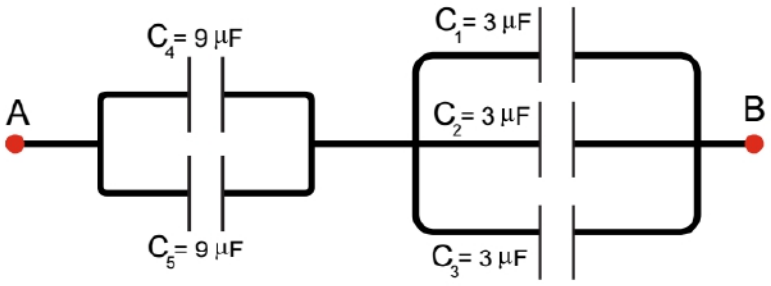
$$C_{tot} = 6\ \mu F$$






**تدريب** احسب المواسعة المكافئة لكل مجموعة مواسعات في كل دارة من الدارات الآتية:



**سؤال** مواسعان مواسعة الأول (5 μF) والثاني (10 μF) وُصلاً على التوازي مع بطارية جهدها (30 V)، أحسب:

أ- المواسعة المكافئة.

$$C_{tot} = C_1 + C_2 = 5 + 10 \rightarrow C_{tot} = 15\ \mu F$$

ب- شحنة كل من المواسعين الأول والثاني.

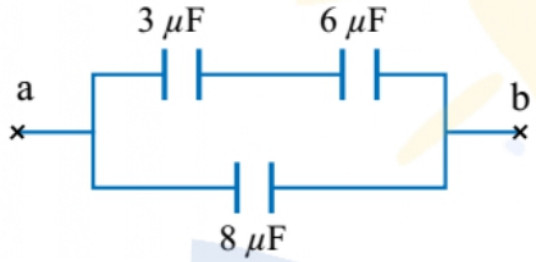
$$V_{tot} = V_1 = V_2 = 30\ V$$

$$Q_1 = C_1V_1 = 5\times10^{-6}\times30 = 150\times10^{-6} = 150\ \mu C$$

$$Q_2 = C_2V_2 = 10\times10^{-6}\times30 = 300\times10^{-6} = 300\ \mu C$$

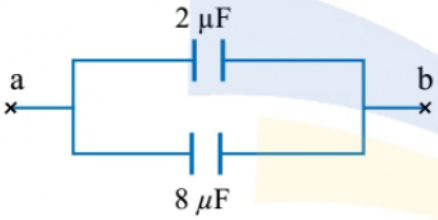
---

**سؤال** يُمثل الشكل جزءًا من دارة كهربائية يحتوي على (3) مواسعات، أحسب المواسعة المكافئة للمواسعات الثلاثة.




المواسعات ($C_3$,$C_6$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{3,6}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_6} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \rightarrow C_{3,6} = 2\ \mu F$$

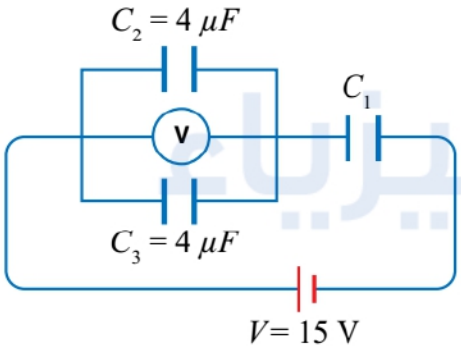



المواسعات ($C_{3,6}$,$C_8$) موصولة على التوازي.

$$C_{tot} = C_{3.6} + C_8 = 2 + 8 \rightarrow C_{tot} = 10\ \mu F$$

---

**سؤال** يبين الشكل (3) مواسعات تتصل مع بطارية جهدها (15 V)، إذا كانت قراءة الفولتيمتر (10 V) فأحسب :




المواسعات ($C_2$,$C_3$) موصولة على التوازي.

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 4 + 4 \rightarrow C_{23} = 8\ \mu F$$

$$V_{23} = V_2 = V_3 = 10\ V \ , \ Q_{23} = Q_2 + Q_3$$

المواسعات ($C_{23}$,$C_1$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{C_1} = \frac{1}{8} + \frac{1}{C_1}$$

$$V_{tot} = V_{23} + V_1 = 10\ V \ , \ Q_{tot} = Q_{23} = Q_1$$

أ- جهد المواسع ($C_1$).

$$V_{tot} = V_{23} + V_1 \rightarrow 15 = 10 + V_1 \rightarrow V_1 = 5\ V$$

ب- الطاقة المختزنة في المواسع ($C_2$).

$$W_2 = PE_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} \times 4\times10^{-6} \times (10)^2 = 200\times10^{-6}\ J$$

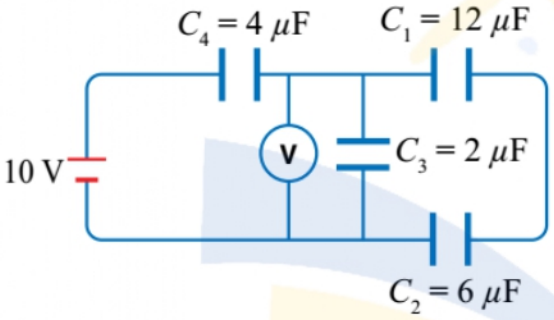
جـ- مواسعة المواسع ($C_1$).

$$Q_{tot} = Q_{23} = Q_1 \rightarrow Q_1 = Q_{23} = C_{23} V_{23} = 8\times10^{-6}\times10 = 80\times10^{-6}\ C$$

$$C_1 = \frac{Q_1}{V_1} = \frac{80\times10^{-6}}{5} = 16\times10^{-6}\ F = 16\ \mu F$$

---

**تمرين** تتصل (4) مواسعات مع بطارية جهدها (10 V) كما في الشكل، أحسب:




المواسعات ($C_1$,$C_2$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} \rightarrow C_{12} = 4\ \mu F$$

$$V_{12} = V_1 + V_2 \ , \ Q_{12} = Q_1 = Q_2$$

المواسعات ($C_{12}$,$C_3$) موصولة على التوازي.

$$C_{123} = C_{12} + C_3 = 4 + 2 \rightarrow C_{123} = 6\ \mu F$$

$$V_{123} = V_{12} = V_3 \ , \ Q_{123} = Q_{12} + Q_3$$

المواسعات ($C_{123}$,$C_4$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_{123}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} \rightarrow C_{tot} = 2.4\ \mu F$$

$$V_{tot} = V_{123} + V_4 = 10\ V \ , \ Q_{tot} = Q_{123} = Q_4$$

أ - المواسعة المكافئة.

$$C_{tot} = 2.4\ \mu F$$

ب - شحنة المواسع الرابع.

$$Q_{tot} = Q_{123} = Q_4$$
$$\rightarrow Q_4 = Q_{tot} = C_{tot}V_{tot} = 2.4\times10^{-6}\times10 = 24\times10^{-6}\ C$$

جـ - قراءة الفولتميتر.

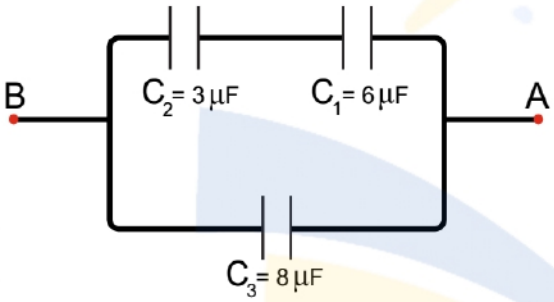
$$\text{قراءة الفولتميتر} = V_{123} = \frac{Q_{123}}{C_{123}} = \frac{24\times10^{-6}}{6\times10^{-6}} = 4\ V$$

د - الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع الثالث.

$$V_{123} = V_{12} = V_3 = 4\ V$$
$$W_3 = PE_3 = \frac{1}{2}C_3V_3^2 = \frac{1}{2}\times2\times10^{-6}\times(4)^2 = 16\times10^{-6}\ J$$

---

**سؤال** بالاعتماد على البيانات المثبتة في الشكل، إذا علمت أن شحنة المواسع الأولى (6 μC). أحسب كل مما يلي:




المواسعات ($C_1$,$C_2$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \rightarrow C_{12} = 2\ \mu F$$
$$V_{12} = V_1 + V_2\ ,\ Q_{12} = Q_1 = Q_2 = 6\ \mu C$$

المواسعات ($C_{12}$,$C_3$) موصولة على التوازي.

$$C_{tot} = C_{12} + C_3 = 2 + 8 \rightarrow C_{tot} = 10\ \mu F$$
$$V_{tot} = V_{12} = V_3\ ,\ Q_{tot} = Q_{12} + Q_3$$

أ - المواسعة المكافئة للمجموعة.

$$C_{tot} = 10\ \mu F$$

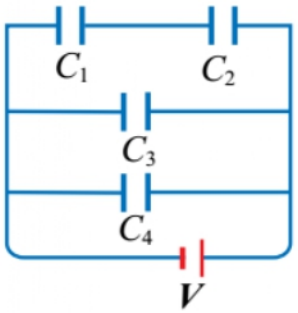
ب - جهد المصدر.

$$V_{tot} = V_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{6\times10^{-6}}{2\times10^{-6}} = 3\ V$$

جـ - الطاقة المختزنة في المواسع الثاني.

$$W_2 = PE_2 = \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C_2} = \frac{1}{2}\times\frac{(6\times10^{-6})^2}{3\times10^{-6}} = 12\times10^{-6}\ J$$

✓ أتحقَّقُ: تتصل مجموعة مواسعات مع بطارية كما في الشكل، بناءً عليه حدد:




**أ- مواسعًا جهده يساوي جهد البطارية.**

المواسعات ($C_1$,$C_2$) موصولة على التوالي.

$$V_{12} = V_1 + V_2 \ , \ Q_{12} = Q_1 = Q_2$$

المواسعات ($C_{12}$,$C_3$,$C_4$) موصولة على التوازي.

$$V_{tot} = V_{12} = V_3 = V_4 \ , \ Q_{tot} = Q_{12} + Q_3 + Q_4$$

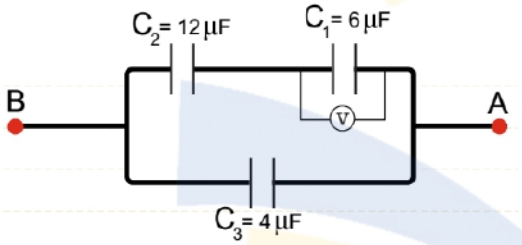
المواسع الثالث والرابع لها نفس جهد البطارية (الجهد الكلي).

**ب- مواسعين شحنتيهما متساوية.**

المواسع الأول والثاني لها نفس مقدار الشحنة.

---

**سؤال** ثلاثة مواسعات متصلة معا كما في الشكل المجاور، إذا كانت قراءة الفولتميتر (10 V) واعتمادًا على القيم المثبتة في الشكل فاحسب مقدار جهد المصدر.




المواسعات ($C_1$,$C_2$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} \rightarrow C_{12} = 4\ \mu F$$

$$V_{12} = V_1 + V_2 \ , \ Q_{12} = Q_1 = Q_2$$

المواسعات ($C_{12}$,$C_3$) موصولة على التوازي.

$$C_{tot} = C_{12} + C_3 = 4 + 4 \rightarrow C_{tot} = 8\ \mu F$$

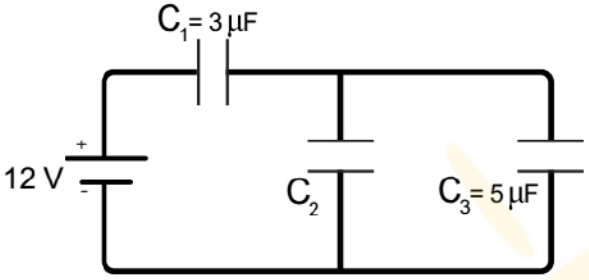
$$V_{tot} = V_{12} = V_3 \ , \ Q_{tot} = Q_{12} + Q_3$$

☑ $Q_{12} = Q_1 = C_1 V_1 = 6\times10^{-6}\times10 = 60\times10^{-6}\ C$

☑ $V_{tot} = V_{12} = V_3 \rightarrow V_{tot} = V_{12}$

$$\rightarrow V_{tot} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{60\times10^{-6}}{4\times10^{-6}} = 15\ V = \text{جهد المصدر}$$

**سؤال** مستعينًا بالشكل المجاور إذا كانت الطاقة الكلية المختزنة في المواسعات (144 μC) وفرق الجهد بين طرفي البطارية (12 V) فأحسب مقدار مواسعة المواسع الثاني.




المواسعات ($C_2$,$C_3$) موصولة على التوازي.

$$C_{23} = C_2 + C_3 = C_2 + 5$$

$$V_{23} = V_2 = V_3 \ , \ Q_{23} = Q_2 + Q_3$$

المواسعات ($C_{23}$,$C_1$) موصولة على التوالي.

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{3}$$

$$V_{tot} = V_{23} + V_1 \ , \ Q_{tot} = Q_{23} = Q_1$$

$$W_{tot} = PE_{tot} = \frac{1}{2} C_{tot} V_{tot}^2$$

$$144\times10^{-6} = \frac{1}{2}\times C_{tot}\times(12)^2 = \frac{1}{2}\times C_{tot}\times144 \rightarrow C_{tot} = 2\times10^{-6}\ F$$

☑ $$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{C_1} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{3} \rightarrow \frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{6} \rightarrow C_{23} = 6\times10^{-6}\ F$$

☑ $$C_{23} = C_2 + C_3 \rightarrow 6 = C_2 + 5 \rightarrow C_2 = 1\times10^{-6}\ F$$

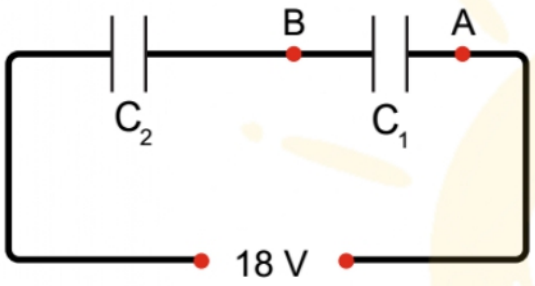
**ملاحظات مهمة**

- جهد المصدر ($V_{tot}$) هو نفسه ($V_+ - V_-$) يساوي ($V_+ - V_-$).
- تعلمنا سابقا أن الجهد يزداد مع زيادة الشحنة وبالتالي هما متلازمان طرديًا لكن مع مبدأ توصيل المواسعات يمكننا تحديد العلاقة الجهد أو الشحنة مع المواسعة طرديةً كانت أم عكسيةً وذلك بثبات أحدهما.
- إذا كانت الشحنة ثابتة فهذا يعني حسب القانون ($C = \frac{Q}{V}$) أن العلاقة بين المواسعة والجهد علاقة عكسية وهكذا بالنسبة للشحنة والسعة علاقة طردية.

# أسئلة إضافية وإثرائية

## سؤال

يمثل الشكل المجاور مواسعان كهربائيان موصلان على التوالي بمصدر للجهد الكهربائي مقداره (30 V). إذا كانت مواسعة الأول (5 μF) وفرق الجهد بين النقطتين A و B (18 V). أحسب:

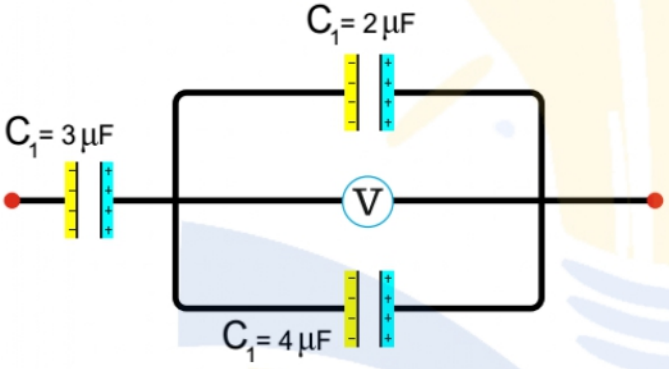



أ - مواسعة المواسع الثاني.

ب - الطاقة المختزنة في المواسع المكافئ لهما.

## سؤال

في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الفولتيمتر تساوي (10 V) فأحسب:

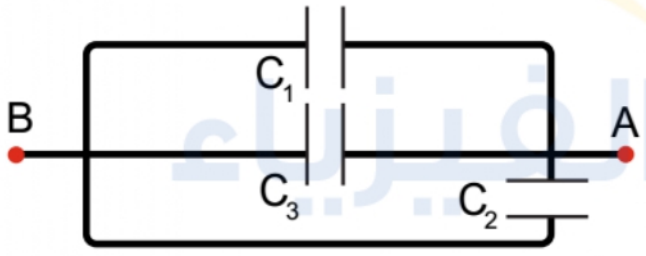



أ - المواسعة المكافئة.

ب - الشحنة على المواسع الثالث.

## سؤال

ثلاث مواسعات سعة كل منها (6 μF) متصلة معًا كم في الشكل، إذا علمت أن شحنة المواسع الثالث تساوي () فأحسب:

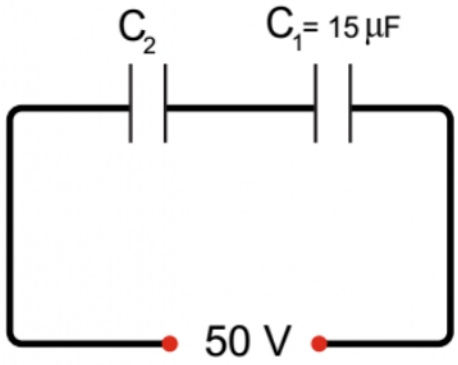



أ - المواسعة المكافئة.

ب - جهد المصدر.

## سؤال

معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل، إذا علمت أن الطاقة المختزنة في المواسع الأول تساوي (3 mJ) فاحسب مواسعة المواسع الثاني.



# أسئلة إضافية وإثرائية

## ؟ سـؤال

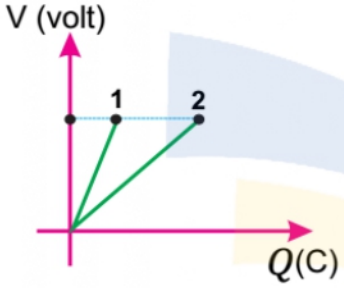
يحتاج مهندس إلى مواسع مواسعته (6 μF) يعمل على فرق جهد كهربائي (6 kV) ولديه مجموعة من المواسعات المتماثلة كُتب على كل منها (200 μF , 6 kV)، لكي يحصل على المواسعة المطلوبة قام بوصل عددًا من المواسعات معًا، فما عدد المواسعات التي استخدمها وما طريقة توصيلها؟

## ؟ سـؤال

وصل مواسع ($C_1$) مع بطارية فرق الجهد بن طرفيها ($V$) فاكتسب شحنة ($Q$) ثم فصل عنها، ووصل مواسع ($C_2$) آخر مع البطارية نفسها فاكتسب شحنة ($4Q$)، فما النسبة بين مواسعة الأول والثاني($C_1:C_2$)؟

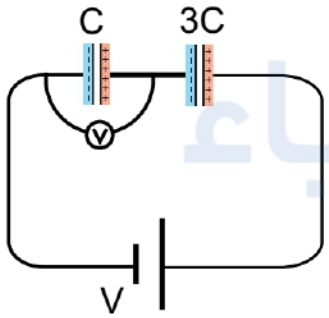
## ؟ سـؤال

يمثل الرسم البياني العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي والشحنة لمواسعين مختلفين، حدد في أي المواسعين تكون طاقة الوضع الكهربائية المختزنة هي الأكبر.




## ؟ سـؤال

معتمدًا على الشكل المجاور، إذا علمت أن قراءة الفولتميتر تساوي (9 V) فأحسب مقدار جهد المصدر.




## ؟ سـؤال

يمثل الشكل دارة كهربائية تحتوي على بطارية ومواسع غير مشحون ومصباح، ماذا نفعل حتى يضيء المصباح لفترة زمنية معينة ؟