

الوحدة الرابعة

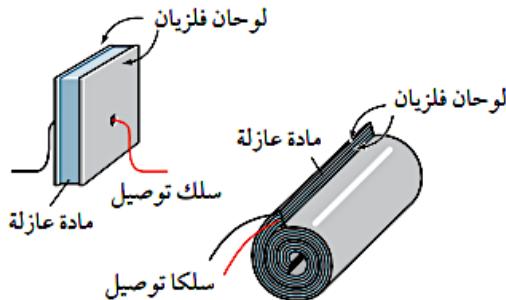
المكثفات Capacitors

٤- التعرف على المكثفات

استخدامات المكثفات

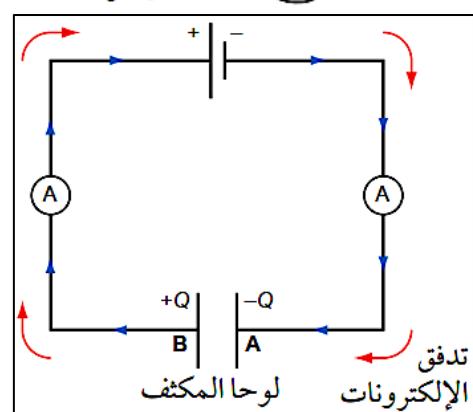


- تخزين الطاقة في الدوائر الكهربائية والإلكترونية ثم تحريرها تدريجياً في حالة انقطاع الطاقة الكهربائية. كما في أجهزة الحاسوب.
- تأخير زمن مرور التيار.
- مقاومة الزيادة المفاجئة لشدة التيار الكهربائي، مما يمنع حدوث الشرر.



تركيب المكثف

- لوحان فلزيان تفصل بينهما مادة عازلة.
- ويتصل كل لوح بسلك توصيل.
- ويرمز له عند رسم مخططات الدوائر الكهربائية بالرمز



الشحن الكهربائية على لوحي المكثف

- لوحا المكثف غير المشحون متعادلان.
- لشحن المكثف يوصل طرفاه بطرف مصدر الجهد كما في الشكل المقابل.
- وبالتالي تندفع الإلكترونات من الطرف السالب لمصدر الجهد إلى اللوح الموصل به فيصبح سالب الشحنة.
- ثم تتنافر الإلكترونات الموجودة في اللوح الآخر معه فتندفع إلى القطب الموجب لمصدر الجهد ويصبح هذا اللوح موجب الشحنة.
- سيستمر تدفق الشحنات حتى يتساوى فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف مع القوة الدافعة الكهربائية للمصدر.
- وعندما يتوقف تدفق الشحنات (ويتوقف التيار) لأن المكثف أصبح مشحوناً تماماً.
- أي أن مقدار الشحنة المخزنة على كل لوح يعتمد على القوة الدافعة الكهربائية للمصدر.

- ييدو الأمر في النهاية وكان مصدر الجهد قد سحب الإلكترونات من أحد اللوحين ونقلها للآخر، فيكون المصدر قد بذل شغلاً في فصل الشحنات.
- مقدار شحنة اللوح الموجب يساوي مقدار شحنة اللوح السالب وهذا ما يجعل قراءة الأميترين متساوية.
- ومع أن الشحنة الكلية في المكثف تساوي الصفر إلا أنها تعنى بالشحنة في المكثف بالشحنة المخزنة على كل لوح.
- عند إيقاف المصدر يبدأ المكثف في تفريغ شحنته في الدائرة تدريجياً حيث تتدفق الإلكترونات من اللوح السالب عائدة نحو اللوح الموجب حتى يصبح متعدلاً.
- ولتفريغ المكثف المشحون سريعاً يتم توصيل سلكيه معاً.
- ويمكن ملاحظة تفريغ المكثف بتوصيل سلكيه بوصلة ثنائية ضوئية (مصباح LED) ومقاومة حماية على التوالى (للتحكم في شدة التيار) فسيتوهج المصباح لفترة وجيزه.
- في أي دائرة كهربائية تكون الشحنة الكهربائية التي تعبّر نقطة في زمن معين متساوية للمساحة الواقعه تحت منحنى التمثيل البياني (شدة التيار الكهربائي - الزمن) المقاسة في أثناء شحن المكثف.

السعة الكهربائية (C)

- **سعة المكثف** هي الشحنة الكهربائية المخزنة على لوحي المكثف لكل وحدة فرق جهد كهربائي بين اللوحين.
- سعة المكثف هي الشحنة الكهربائية المخزنة على لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما 1 V.

$$C = \frac{Q}{V} \quad \rightarrow \quad Q = CV$$

- لاحظ أن السعة ليست فقط للمكثفات؛ إذ يمكن شحن أي جسم بواسطة توصيله بمصدر جهد كهربائي.
 - وحدة قياس السعة الكهربائية هي الفاراد (F) وهي تكافئ ($C V^{-1}$) ويشتق منها ما يلي:
- $$1 \mu F = 10^{-6} F \quad 1 nF = 10^{-9} F \quad 1 pF = 10^{-12} F$$
- **الفاراد**: هو سعة المكثف الذي يزداد فرق الجهد بين لوحيه بمقدار 1 V عندما يشحن بشحنة مقدارها 1 C.

المزيد عن المكثفات

- يكتب على المكثف أعلى قيمة لفرق الجهد الكهربائي الآمن لتشغيله. ويجب عدم تجاوز هذه القيمة حتى لا تتسرّب الشحنة بين لوحي المكثف فتتوقف المادة العازلة عن كونها عازلة.
- توجد عليه إشارة مطبوعة عند الطرف الذي يجب توصيله بالطرف الموجب للمصدر؛ فالوصيل غير الصحيح سيؤدي إلى تلف المكثف، ويمكن أن يكون ذلك في غاية الخطورة.

الخطوة ٢: اكتب معادلة السعة وعوّض القيم فيها:

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

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{45 \times 10^{-3}}{5.0 \times 10^{-3}} = 9.0 \text{ V}$$

١. مكثف سعته (5.0 mF) يخزن شحنة مقدارها (45 mC). احسب فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه.

الخطوة ١: نكتب الكميات التي نعرفها:

$$C = 5.0 \text{ mF} = 5.0 \times 10^{-3} \text{ F}$$

$$Q = 45 \text{ mC} = 45 \times 10^{-3} \text{ C}$$

أسئلة

٤) وصل زiad مكثفاً غير مشحون سعته (C) على التوالي مع مقاومة، وخليه، ومفتاح، ثم أغلق المفتاح وcas شدة التيار الكهربائي (I) كل (s) (النتائج مبينة في الجدول ٤-٤). بعد (60 s) أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف (8.5 V). مثل بيانياً (شدة التيار الكهربائي - الزمن)، واستخدمه لتقدير قيمة (C).

الزمن (s)	شدة التيار الكهربائي (mA)
60	27
50	37
40	51
30	75
20	102
10	142
0	200

الجدول ٤-٤

١) احسب الشحنة الكهربائية على مكثف سعته ($220 \mu\text{F}$) شحن ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (15 V). أعطِ إجابتك بوحدة ميكروكولوم (μC), وبوحدة الكولوم (C).

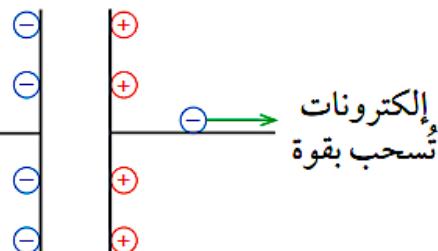
٢) قيست شحنة كهربائية على مكثف فكانت ($1.0 \times 10^{-3} \text{ C}$). عندما كان فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (500 V). احسب سعته بالفاراد (F)، والميكوفاراد (μF)، والبيكوفاراد (pF).

٣) احسب متوسط شدة التيار الكهربائي المطلوب لشحن مكثف سعته ($50 \mu\text{F}$) ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (10 V) في فترة زمنية مقدارها (0.01 s).

٤-٢ الطاقة المخزنة في مكثف

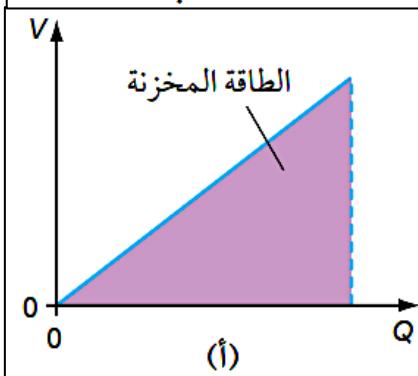
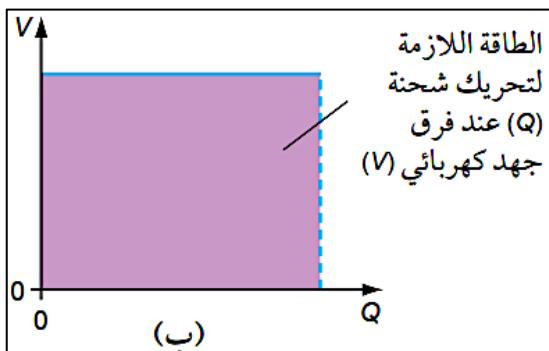
تنافر الإلكترونات على اللوح مع هذا الإلكترون

يُدفع بقوة



- علمت أن مصدر الجهد يبذل شغلاً لدفع الإلكترونات إلى أحد اللوحين وسحبها من الآخر وبالتالي تزداد طاقة وضعها.

- مع زيادة الشحنة الكهربائية السالبة على اللوح تزداد قوة التنافر بين الإلكترونات الموجودة على عليه والإلكترونات الجديدة (تذكر: القوة الكهربائية تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين)، لذلك يجب عندها بذل شغل أكبر.



- وعلمت في الوحدة السابقة أيضاً أن الشغل المبذول (W) في نقل الشحنة الكهربائية (Q) عند فرق جهد كهربائي ثابت (V) يعطى بالمعادلة:

$$W = QV$$

- وبتمثيل العلاقة بين (V) و (Q) بيانياً كما بالشكل المقابل ترى أن الشغل المبذول يساوي المساحة الواقعة تحت المنحنى.

- وبنفس الطريقة إذا مثلنا العلاقة بين فرق الجهد المتزايد بانتظام بين لوحي مكثف مع تزايد الشحنة المخزنة على لوحية كما بالشكل المقابل نستنتج أن الشغل المبذول يساوي:

$$W = \frac{1}{2} QV \quad (1)$$

- وبالتعويض من ($Q = CV$) في تلك المعادلة نحصل على معادلتين آخرين:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad (2)$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad (3)$$

- تبين هذه المعادلات الثلاثة أن الشغل المبذول يساوي الطاقة المخزنة في المكثف؛ وهي تساوي كمية الطاقة المتحررة عند تفريغ المكثف.

العوامل التي تعتمد عليها الطاقة التي يخزنها المكثف (وفقاً للصيغة الثانية):

- 1 - سعة المكثف
 - 2 - فرق الجهد الكهربائي الذي شحن عنده.
- لماذا الصيغة الثانية بالتحديد؟ لأنه يمكننا اختيار مكثف ذي سعة معينة والتحكم في فرق الجهد الذي يشحن عنده، لكن من الصعب التحكم في مقدار الشحنة الكهربائية المخزنة في لوحية.

مثال

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \\ = \frac{1}{2} \times 2000 \times 10^{-6} \times 10^2 = 0.1 \text{ J}$$

هذه كمية صغيرة من الطاقة، عند مقارنتها بالطاقة المخزنة بواسطة بطارية قابلة لإعادة الشحن، والتي تقدر عادة بحدود (10 kJ).

نجد أنه لا يمكن استخدام المكثف المشحون لتشغيل مشغل (MP3) ولو لفترة قصيرة جداً.

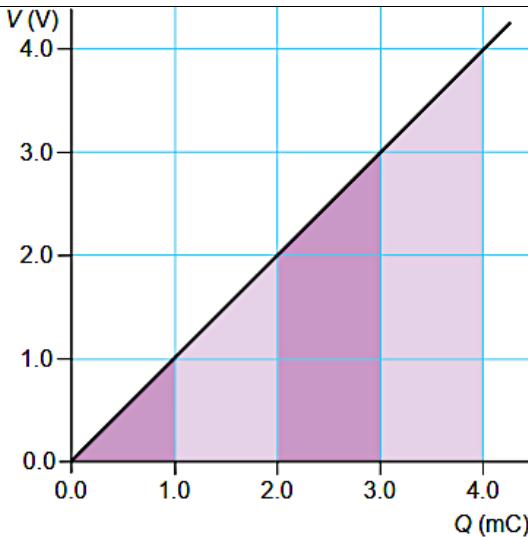
2. شحن مكثف سعته ($2000 \mu\text{F}$) ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (10 V). احسب الطاقة المخزنة في المكثف.

الخطوة 1: نكتب الكميات التي نعرفها:

$$C = 2000 \mu\text{F} = 2000 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$V = 10 \text{ V}$$

الخطوة 2: اكتب معادلة الطاقة المخزنة وعوّض القيم فيها:



الشكل ٦-٤ الطاقة المخزنة في مكثف تساوي المساحة تحت منحنى التمثيل البياني (فرق الجهد الكهربائي - الشحنة الكهربائية).

مجموع المساحات W (mJ)	مساحة العمود ΔW (mJ)	V (V)	Q (mC)
0.5	0.5	1.0	1.0
2.0	1.5	2.0	2.0
			3.0
			4.0

ما الكمية التي يمثلها ميل الخط المستقيم المبين في الشكل ٦-٤ (أ)؟

٦-٤ يبيّن التمثيل البياني في الشكل ٦-٤ كيف تعتمد (W) على (Q) لمكثف معين.

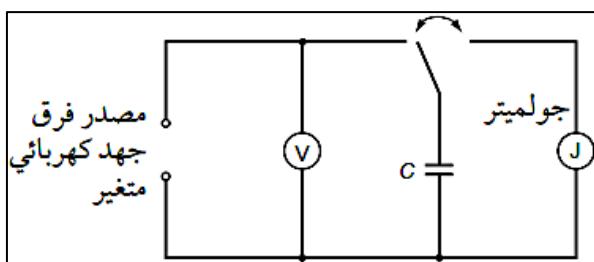
قسمت المنطقة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني إلى أعمدة لتسهيل حساب الطاقة المخزنة. فيبيّن العمود الأول (وهو ببساطة مثلث) الطاقة المخزنة. عند شحن المكثف حتى يصبح فرق الجهد بين لوحيه (1.0 V)، ويمكن حساب الطاقة المخزنة كالتالي:

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \times 1.0 \text{ mC} \times 1.0 \text{ V} \\ = 0.50 \text{ mJ}$$

أ. احسب السعة الكهربائية (C) للمكثف.

ب. انسخ الجدول ٢-٤ وأكمله بحساب مساحات الأعمدة المتالية، لتبيّن كيف تعتمد الطاقة المخزنة (W) على فرق الجهد الكهربائي (V).

ج. ارسم تمثيلاً بيانيًا ل(W) مقابل (V). صِف شكل التمثيل البياني الذي رسمته.



استقصاء الصيغة الثانية للطاقة المخزنة في مكثف

١- وصل جهاز جولييتر حساس (يقيس الطاقة بوحدة mJ) بدائرة كهربائية كالموضحة في الشكل المقابل.

٢- وصل المفتاح بمصدر فرق الجهد الكهربائي لكي يُشحن المكثف.

٣- وصل المفتاح بالجولييتر لكي يفرغ المكثف خلاه وانتظر حتى يفرغ تماماً.

٤- سجل قراءة الجولييتر لكمية الطاقة التي حررها المكثف.

٥- باستخدام مكثفات ذات سعات مختلفة وبواسطة تغيير فرق الجهد الكهربائي يمكنك استقصاء كيف تعتمد الطاقة المخزنة (W) على كل من (C) و (V) وفقاً للصيغة الثانية.

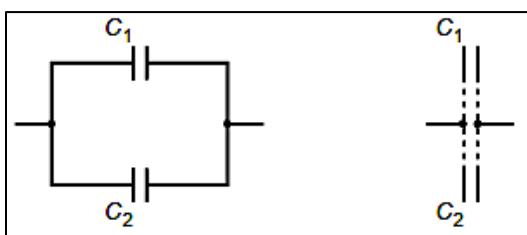
- ١٠ في الوماض (الفلash) المستخدم في التصوير يُشحن مكثف سعته (0.20 F) بواسطة بطارية (9.0 V)، ثم يُفرّغ في ومضة (فلash) مدتها (0.01 s). احسب:
- الشحنة الكهربائية على المكثف، والطاقة المخزنة فيه.
 - متوسط شدة التيار الكهربائي في مصباح الوميض (الفلash).

- ٧ احسب الطاقة المخزنة في المكثفات الآتية:
- مكثف سعته (5000 μF) مشحون إلى (5.0 V).
 - مكثف سعته (5000 pF) مشحون إلى (5.0 V).
 - مكثف سعته (200 μF) مشحون إلى (230 V).

- ٨ أي مكثف يمتلك شحنة أكبر، مكثف سعته (100 μF) مشحون إلى (200 V) أم مكثف سعته (200 μF) مشحون إلى (100 V)؟ وأيهما يخزن طاقة أكبر؟

- ٩ مكثف سعته (10000 μF) مشحون إلى (12 V)، وصل بين طرفي مصباح مكتوب عليه «36 W، 12 V». احسب الطاقة المخزنة بواسطة المكثف.

٤-٣ توصيل المكثفات على التوازي



عندما يوصل مكثفان على التوازي فإن السعة المكافئة أو الكلية (C_T) تساوي مجموع سعيّتها الفردية (انظر الشكل المقابل):

$$C_T = C_1 + C_2$$

وتحجم سعيّتها لأنّه عندما يوصل مكثفان معاً على التوازي فإنّهما يكافئان مكثف واحداً بـألاوح أكبر، مما يعني زيادة الشحنة الكهربائية التي يمكن تخزينها لفرق جهد كهربائي معين وبالتالي تزداد السعة.

معادلة السعة المكافئة بالنسبة إلى ثلاثة مكثفات أو أكثر موصولة على التوازي، كما يأتي:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

معادلة إيجاد الشحنة الكهربائية المكافئة (C_T) على مكثفين موصلين على التوازي ومشحونين إلى فرق جهد كهربائي (V):

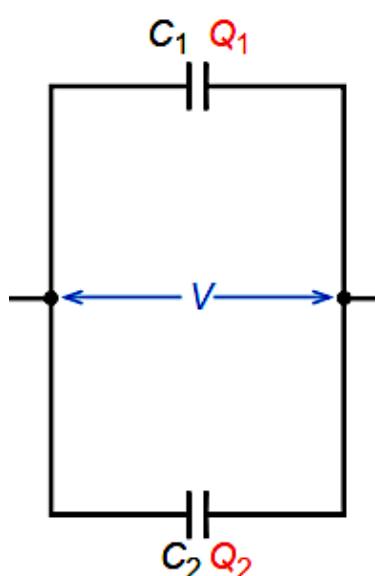
$$Q_T = C_T V$$

استنتاج السعة المكافئة للمكثفات الموصولة على التوازي

فرق الجهد الكهربائي بين لوحي كل مكثف في الشكل التالي متساوي، لذا فإنّ:

$$Q_1 = C_1 V \quad Q_2 = C_2 V$$

أي أنّ:



$$Q_T = Q_1 + Q_2 = C_1 V + C_2 V$$

$$Q_T = (C_1 + C_2)V$$

ولكن:

$$Q_T = C_T V$$

ما يعني أنّ:

$$C_T = C_1 + C_2$$

ما سبق تستنتج القواعد التي تتطبق على المكثفات الموصلة على التوازي وهي كما يلي:

1- فرق الجهد الكهربائي بين لوحي كل مكثف متساو.

2- شحنة المكثفات الكلية تساوي مجموع شحناتها.

3- تعطى السعة المكافئة بالمعادلة: $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

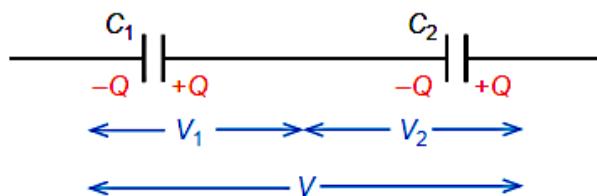
4- السعة المكافئة أكبر من أكبر سعة للمكثفات التي تم توصيلها

١٢) كيف يمكنك الحصول على مكثف سعته ($50\text{ }\mu\text{F}$), إذا كانت سعات المكثفات المتوفرة لديك هي ($10\text{ }\mu\text{F}$) و ($20\text{ }\mu\text{F}$) و ($100\text{ }\mu\text{F}$)؟ يمكنك استخدام أي قيمة من هذه القيم أكثر من مرة. كيف ستتحقق القيمة المطلوبة بواسطة توصيل المكثفات على التوازي؟ أعطِ ما لا يقل عن إجابتين.

١١) أ. احسب السعة المكافئة لمكثفين موصلين على التوازي سعة كل منهما ($100\text{ }\mu\text{F}$).

ب. احسب الشحنة الكهربائية الكلية التي تخزنها المكثفات عندما يُشحنان إلى فرق جهد كهربائي (20 V).

٤- توصيل المكثفات على التوالى



السعة المكافئة لعدة مكثفات موصلة على التوالى تعطى بالمعادلة:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

استنتاج السعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوالى

من المعروف أن فرق الجهد يتتجزأ بين مكونين موصلين على التوالى (انظر الشكل) وعليه يكون:

$$V = V_1 + V_2$$

والشحنة الكهربائية المخزنة بواسطة كل من المكثفين متساوية (ستعرف تفسير هذا لاحقاً)، لذا:

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

يخزن المكثف المكافئ للمكثفين شحنة (Q) عندما يُشحن إلى فرق جهد كهربائي (V) ولذا يمكننا أن نكتب:

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

وبالتعويض في المعادلة ($V = V_1 + V_2$) نحصل على:

$$\frac{Q}{C_T} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

وباختزال العامل المشترك (Q) من الطرفين نحصل على:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

وبالتالي يمكن إيجاد السعة المكافئة بالنسبة إلى ثلاثة مكثفات أو أكثر موصلة على التوالى من خلال المعادلة:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

- المكثفان الموصلان على التوالى يخزنان الشحنة الكهربائية نفسها، حتى لو كانت سعتاهما مختلفتين، كيف ذلك؟!
- في الشكل السابق شحنة (Q) - تصل إلى اللوح الأيسر $L(C_1)$ فتنافر مع مثيلتها على اللوح الأيمن تاركة عليه شحنة $(+Q)$.
 - الشحنة (Q) - التي تنافرت تصل إلى اللوح الأيسر $L(C_2)$ فتنافر مع مثيلتها على اللوح الأيمن تاركة عليه شحنة (Q) .
 - وهذا مثال على مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية.

مثال

الخطوة ٢: خذ الآن مقلوب هذه القيمة لتحديد السعة المكافأة بوحدة μF :

$$C_T = \frac{1}{0.005} = 200 \mu F$$

لاحظ أن السعة المكافأة للمكثفين الموصلين على التوالى أقل من أي من سعتيهما الفردية.

يمكنك حساب السعة المكافأة أيضاً بخطوة واحدة باستخدام مفتاح x^{-1} على الآلة الحاسبة.

$$C_T = (300^{-1} + 600^{-1})^{-1} = 200 \mu F$$

الخطوة ٣: احسب السعة المكافأة لمكثف سعته $(300 \mu F)$ و مكثف سعته $(600 \mu F)$ موصلين على التوالى.

يمكن أن يجري الحساب في خطوتين.

الخطوة ٤: عوّض القيم في المعادلة:

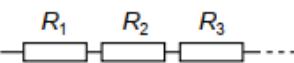
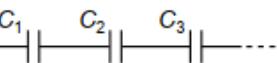
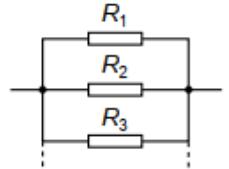
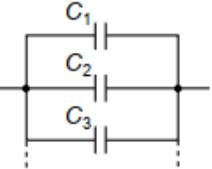
$$\begin{aligned} \frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \\ \frac{1}{C_T} &= \frac{1}{300} + \frac{1}{600} \\ \frac{1}{C_T} &= 0.005 \mu F^{-1} \end{aligned}$$

- اثنان من المكثفات موصلين على التوالى.
- عدد (n) من المكثفات موصلة على التوالى.
- مكثفان موصلين على التوازي.
- عدد (n) من المكثفات موصلة على التوازي.

١٣ احسب السعة المكافأة لثلاثة مكثفات موصلة على التوالى سعاتها $(200 \mu F)$ و $(300 \mu F)$ و $(600 \mu F)$.

١٤ لديك عدد من المكثفات المتماثلة كل منها سعته (C) . حدد السعة المكافأة عندما يكون:

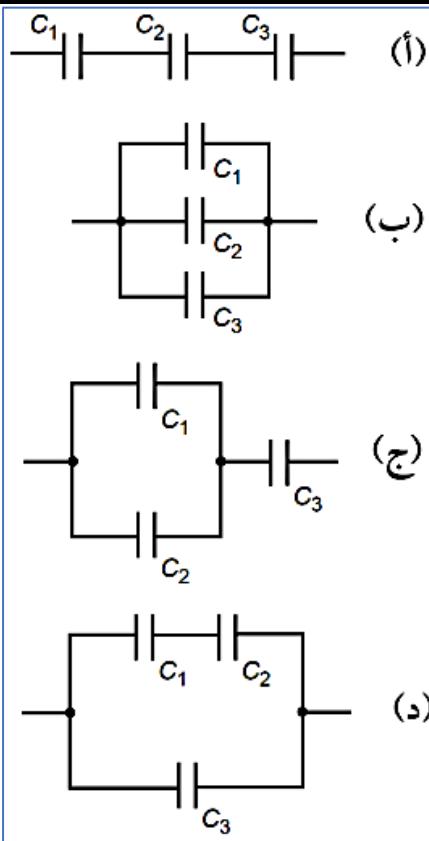
مقارنة بين المكثفات والمقاومات

المقاومات	سعة المكثفات	طريقة التوصيل
 $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	على التوالى
 $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$	 $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	على التوازي

تشير السعة إلى مدى جودة المكثف في تخزين الشحنة الكهربائية لفرق جهد كهربائي معين.

وتشير المقاومة إلى مدى قدرتها في مقاومة مرور التيار من خلالها لفرق جهد كهربائي معين.

٤- شِيَّكَاتُ الْمَكْتَفَاتِ



الشكل المقابل يبين أربع طرائق لتوصيل ثلاثة مكافآت معا، وفيما يلي كيفية حساب السعة المكافأة في كل حالة:

$$\frac{1}{c_T} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} \quad .\dagger$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 . \text{ب}$$

ج. بين نقطتي التفرع هناك فقط المكثفات (C_1 , C_2) الموصلان على التوازي والمسافة المكافئة لها هي:

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

الآن المكثف المكافئ موصى على التوالي مع المكثف (C_3) والسعنة المكافئة لها هي:

$$\frac{1}{c_T} = \frac{1}{c_{12}} + \frac{1}{c_3}$$

د. المكثفان (C1, C2) لا يوجد بينهما نقطة تفرع (أي أنهما موصلان على التوالي).
والسعة المكافئة لها هي:

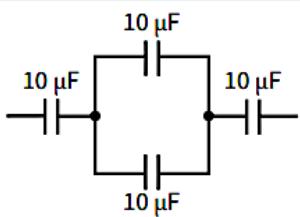
$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

الآن المكثف المكافئ موصى على التوازي مع المكثف (C_3) والسعنة المكافئة لها هي:

$$C_T = C_{12} + C_3$$

يمكن الحصول عليها عند توصيل المكثفات معاً لتكوين شبكة. اذكر كيف يجب أن تكون موصلة في كل حالة.

١٨ احسب السعة بوحدة (μ) لشبكة المكثفات المبينة في الشكل ٤-١٣.



الشكل ٤-١٣ شبكة مكثفات.

١٥ احسب السعة المكافئة بوحدة (μF) لكل دائرة من الدوائر الأربع المبينة في الشكل ١٢-٤، إذا كان كل مكثف منها سعته ($100 \mu F$).

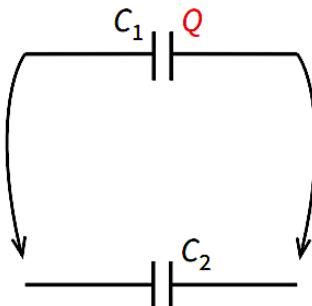
١٦ أُعطيت أربعة مكثفات سعة كل منها ($100\text{ }\mu\text{F}$)، كيف يمكنك تكوين شبكات منها لإعطاء قيم السعات الآتية:

- أ. $400 \mu\text{F}$
 - ب. $25 \mu\text{F}$
 - ج. $250 \mu\text{F}$

١٧) لديك ثلاثة مكثفات سعادتها (100 pF) و (200 pF) و (600 pF). حدد القيم العظمى والقيم الصغرى من الساعات التي

التشارك بالشحنة الكهربائية والتشارك بالطاقة

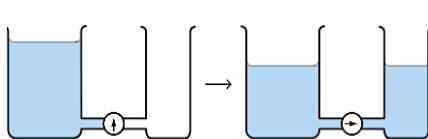
إذا شحن مكثف (C_1) ثم وصل بمكثف غير مشحون (C_2) فإن:



- الشحنة الكهربائية (Q) محفوظة لذا فهي سوف تنقسم بين المكثفين، كل حسب سعته، فالمكثف ذي السعة الأكبر سوف يخزن شحنة أكبر. وبالتالي يكون فرق الجهد الكهربائي (V) بين لوحيهما متساوٍ، وهذا منطقي لأنهما موصلان على التوازي.
- السعة المكافئة (C_T) لها تساوي مجموع سعاتها الفردية.
- ومن ذلك نستنتج العلاقات التالية لهذين المكثفين:

$$V = \frac{Q}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2}$$

$$W = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{1}{2} C_1 V^2 + \frac{1}{2} C_2 V^2$$



يشبه تشارك الشحنة الكهربائية بين مكثفين تشارك الماء بين حاويتين كما بالشكل. وأيضاً يشبه تساوي مستوى الماء في كل منها بتساوي فرق الجهد بين لوحى المكثفين. وأيضاً انخفاض مستوى الماء بالانخفاض فرق الجهد وانخفاض الطاقة المخزنة.

مثال

يمكن حساب فرق الجهد الكهربائي
باستخدام $Q = CV$:

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

$$= \frac{1.0}{200 \times 10^{-3}} = 5.0 \text{ V}$$

بسبب تشارك الشحنة الكهربائية بالتساوي مع المكثف الأصلي، فإن المكثف الأصلي يفقد نصف شحنته.

الخطوة ٣: الآن احسب الطاقة الكلية المخزنة بواسطة المكثفين.

الطاقة الكلية:

$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-3} \times 5.0^2 = 2.5 \text{ J}$$

تبقي الشحنة الكهربائية المخزنة نفسها، ولكن يُفقد جزء من الطاقة المخزنة في المكثف الأول.

٤. لنفترض أن مكثفين سعة كل منهما (100 mF)، شحن أحدهما إلى (10 V)، وفصل عن مصدر الطاقة الكهربائية، ثم وصل مع المكثف الآخر. احسب الشحنة والطاقة المخزنة بواسطة المكثفين بعد توصيلهما معاً.

الخطوة ١: احسب الشحنة الكهربائية والطاقة المخزنة على المكثف الأول:

الشحنة الكهربائية الابتدائية:

$$Q = CV = 10 \times 0.10 = 1.0 \text{ C}$$

الطاقة المخزنة الابتدائية:

$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.10 \times 10^2 = 5.0 \text{ J}$$

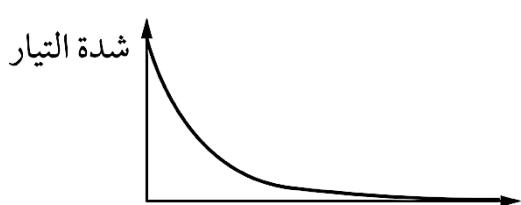
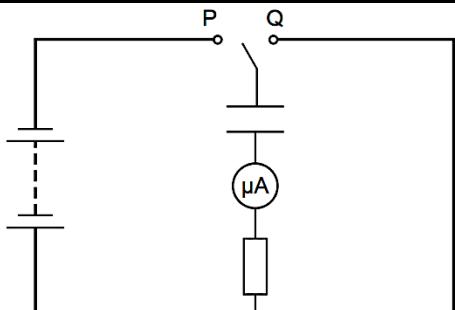
الخطوة ٢: احسب فرق الجهد الكهربائي النهائي بين لوحى المكثفين. بما أن المكثفين موصلان على التوازي ولهم شحنة مخزنة كلية (1.0 C).

$$C_T = C_1 + C_2$$

$$= 100 + 100 = 200 \text{ mF}$$

- ١٩) وصلت ثلاثة مكثفات سعة كل منها ($\mu F = 120$) على التوالي. ثم وصلت شبكة المكثفات بمصدر جهد كهربائي (10 kV). احسب:
- السعة المكافئة للمكثفين بوحدة (μF).
 - الشحنة الكهربائية التي خزنها المكثفان.
 - فرق الجهد الكهربائي عبر المجموعة.
 - طاقة المباددة عند توصيلهما معاً.
- ٢٠) شحن مكثف سعته ($\mu F = 20$) إلى (200 V) ثم فصل عن المصدر. ثم وصل مع مكثف آخر سعته ($\mu F = 5.0$). احسب:
- السعة المكافئة بوحدة (μF).
 - الشحنة الكهربائية المخزنة.
 - طاقة الكلية المخزنة.

٤-٦ شحن المكثفات وتفرি�غها



- في الشكل المقابل والتمثيل البياني الذي يليه:
- عند توصيل المفتاح بالطرف P فإن المكثف يُشحن. في البداية نلاحظ من خلال مؤشر الميكرو أميتر مرور تيار كهربائي عالي الشدة، ثم تنخفض شدته تدريجياً إلى الصفر (هنا تم شحن المكثف بالكامل).
 - وعند توصيل المفتاح بالطرف Q فإن المكثف يُفرغ شحنته. في البداية نلاحظ من خلال مؤشر الميكرو أميتر مرور تيار كهربائي عالي الشدة في الاتجاه المعاكس، ثم تنخفض شدته تدريجياً إلى الصفر (هنا تم تفريغ المكثف بالكامل).
 - هذا الانخفاض في شدة التيار مع مرور الزمن سببه هو انخفاض فرق الجهد الكهربائي والذي سببه انخفاض الشحنة على اللوحيين.
 - يسمى هذا النوع من التغير بالاضمحلال الأسي ويوصف بالصيغة الآتية:

$$I = I_0 e^{-t/\tau}$$

- حيث (I_0) هو القيمة الابتدائية لشدة التيار و(I) هي قيمتها عند الزمن (t) و (τ) يسمى الثابت الزمني.

ب. أشرح ما يحدث لمقدار الشحنة الكهربائية المخزنة على اللوحيين في اللحظات التي تلي توصيل المفتاح بالطرف Q.

ج. بناءً على إجابتك عن الجزئية (ب)، أشرح تأثير ذلك على:

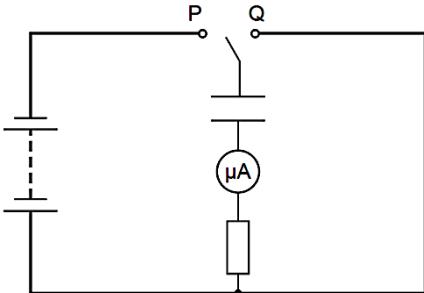
- فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف.
- شدة التيار الكهربائي المارّ في المقاومة.

٢١) المقاومة في الدائرة المبينة في الشكل ٤-٤ قيمتها ($\Omega = 2000$), وسعة المكثف ($\mu F = 1000$) والقوة الدافعة الكهربائية للبطارية تساوي (12 V).

أ. احسب:

- فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف عندما يُشحن تماماً بواسطة البطارية.
- الشحنة الكهربائية المخزنة بواسطة المكثف عندما يكون مشحوناً تماماً.
- شدة التيار الكهربائي المارّ في المقاومة لحظة توصيل المفتاح بالطرف Q.

الثابت الزمني (τ) لتفريغ مكثف في دائرة مكثف - مقاومة (RC)



- هو الزمن الذي يستغرقه التيار الكهربائي في الدائرة لينخفض إلى $\frac{1}{e}$ من شدته الابتدائية.

- قيمة الثابت الزمني تعتمد على كل من المقاومة والمكثف حيث:

$$\tau = RC$$

تأثير زيادة كل من سعة المكثف والمقاومة:

زيادة المقاومة مع ثبات سعة المكثف	زيادة سعة المكثف مع ثبات المقاومة	فرق الجهد الابتدائي بين اللوحين
يظل ثابتاً، لأنّه يساوي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.	يظل ثابتاً، لأنّه يساوي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.	شدة التيار الابتدائية
تنخفض بسبب زيادة المقاومة مع ثبات فرق الجهد وفقاً لـ $V = IR$.	تنظر ثابتة لأن فرق الجهد ثابت والمقاومة ثابتة وفقاً لـ $V = IR$.	
يزداد وفقاً لـ $\tau = RC$. وأيضاً لأن انخفاض شدة التيار يعني أن تدفق الشحنات أصبح أبطأ.	يزداد وفقاً لـ $\tau = RC$. وأيضاً لأن تفريغ كمية أكبر من الشحنات يستغرق زمناً أطول.	الثابت الزمني

- وعليه يمكن كتابة معادلة الأضمحلال الأسية لشدة التيار كما يلي:

$$I = I_0 e^{-t/RC}$$

- ولأن فرق الجهد بين لوحي المكثف يتناصف طردياً مع شدة التيار ($V = IR$) يكون لدينا أيضاً:

$$V = V_0 e^{-t/RC}$$

- ولأن كمية الشحنة المخزنة على لوحي المكثف تتناصف طردياً مع فرق الجهد بين لوحي المكثف ($Q = CV$) يكون لدينا أيضاً:

$$Q = Q_0 e^{-t/RC}$$

- ولأن الطاقة المخزنة في المكثف تتناصف طردياً مع فرق الجهد بين لوحيه ($W = \frac{1}{2}CV^2$) يكون لدينا أيضاً:

$$W = W_0 e^{-2t/RC}$$

انتبه إلى تربيع الطرفين فإنه ينتج $(e^{-t/RC})^2$ وليس $(e^{-t/RC})$.

$$I = I_0 e^{-(t/RC)}$$

$$0.10 = 0.40 e^{-\left(\frac{t}{0.30}\right)}$$

$$\frac{0.10}{0.40} = e^{-\left(\frac{t}{0.30}\right)}$$

$$0.25 = e^{-\left(\frac{t}{0.30}\right)}$$

الخطوة ٤: باستخدام الخاصية الرياضية:

$$\ln(e^x) = x$$

نأخذ (\ln) لكلا الطرفين:

$$\ln 0.25 = -\frac{t}{0.30}$$

$$-1.386 = -\frac{t}{0.30}$$

$$t = 1.386 \times 0.30 = 0.42 \text{ s}$$

٥. مكثف سعته ($500 \mu\text{F}$) وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (240 V). وصل المكثف عبر طرفي مقاومة مقدارها (600Ω).

جد الزمن الذي يستغرقه هبوط شدة التيار الكهربائي إلى (0.10 A).

الخطوة ١: احسب شدة التيار الكهربائي الابتدائي:

$$I_0 = \frac{V}{R} = \frac{240}{600} = 0.40 \text{ A}$$

الخطوة ٢: احسب الثابت الزمني:

$$\tau = RC = 600 \times 500 \times 10^{-6}$$

$$= 0.30 \text{ s}$$

الخطوة ٣: عوّض عن شدة التيار الكهربائي الابتدائي، والثابت الزمني في المعادلة:

أسئلة

- أ. احسب الشحنة الكهربائية المخزنة على المكثف.
- ب. احسب الثابت الزمني لتفرغ الدائرة الكهربائية.
- ج. احسب الزمن الذي تستغرقه الشحنة الكهربائية على المكثف لتتحفظ إلى (2.0 mC).
- د. ما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين عندما تتحفظ الشحنة الكهربائية إلى (2.0 mC)؟

(٢٢) بيّن أن شدة التيار الكهربائي في دائرة مكثف- مقاومة تتحفظ إلى $\frac{1}{e}$ من قيمة شدة التيار الكهربائي الابتدائي عندما يكون الزمن الذي يستغرقه تفريغ المكثف ($t = \tau$).

(٢٣) بيّن أن وحدة الثابت الزمني (RC) هي الثانية.

(٢٤) شحن مكثف سعته ($400 \mu\text{F}$) باستخدام بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (20 V), ووصل عبر طرفيه مقاومة مقدارها (600Ω) بفرق جهد كهربائي (20 V) بين لوحيه.

< الأنشطة >

نشاط ٤-١ الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والسعة

مصطلحات علمية
السعة الكهربائية Electric capacitance سعة المكثف هي الشحنة الكهربائية المخزنة على لوحي المكثف لكل وحدة فرق جهد كهربائي بين اللوحتين.

يساعدك هذا النشاط على فهم الأفكار الأساسية حول السعة الكهربائية.

١. المعادلة التي تحدد السعة هي:

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

أ. اذكر اسم الكمّيّة التي يمثلها كل رمز وأعطي وحدتها (الاسم والرمز).

.....

ب. اكتب معادلة توضح العلاقة بين وحدات الفاراد والكولوم والفولت.

يمكنك التفكير في السعة على أنها الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم على كل لوح لكل فولت من فرق الجهد بينهما.

.....

ج. مكثف سعته $(10000 \mu F)$.

١. ما مقدار سعته بوحدة $(F) ?$

.....

٢. احسب مقدار الشحنة الكهربائية على لوح المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $(1 V)$.

.....

.....

٣. احسب مقدار الشحنة الكهربائية الموجودة على لوح المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $(50 V)$.

.....

.....

٤. عادة ما تُعطى سعة المكثفات إما بوحدة (μF) أو بوحدة (pF) .

أ. ما الذي ترمز إليه البايئية « p » في النظام الدولي للوحدات (SI) ؟ ما الأسس العشرية الذي يمثلها؟

.....

ب. اكتب قيم السعة الآتية بالصيغة القياسية (التدوين العلمي):

..... ١. $20 \mu\text{F}$

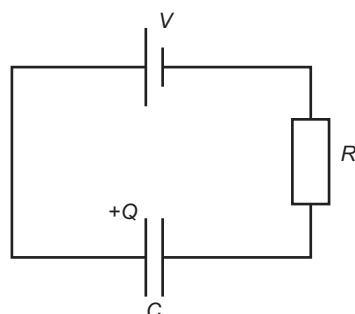
..... ٢. $10000 \mu\text{F}$

..... ٣. 20 pF

..... ٤. 5000 pF

٣. هذا السؤال يتعلق بطريقة عمل المكثفات. توضح الدائرة الكهربائية في الشكل

٤-١ مكثفاً تمّ توصيله مع خلية كهربائية ومقاومة:



الشكل ٤-١: للسؤال ٣. دائرة كهربائية
مكونة من مكثف وخلية ومقاومة.

بداية يمرّ تيار كهربائي في الدائرة، ولكن في النهاية يصبح المكثف مشحوناً بالكامل.

أ. ماذا يحدث لشدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة عندما يكون المكثف
مشحوناً بالكامل؟

.....

.....

ب. ما فرق الجهد الكهربائي لكل من المكثف والمقاومة؟

.....

.....

ج. توضح الدائرة الكهربائية في الشكل ٤-١ أن هناك شحنة كهربائية $(+Q)$
على أحد لوحي المكثف. اذكر الشحنة الكهربائية على اللوح الآخر.

.....

د. حدد جبرياً مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر في الدائرة الكهربائية أثناء عملية الشحن.

.....
.....

هـ. ما نوع المجال الموجود بين لوحي المكثف؟

.....

وـ. فكر الآن في الدائرة الكهربائية في بداية عملية الشحن عندما وصل المكثف لأول مرة بالخلية والمقاومة. اذكر فرق الجهد الكهربائي في هذه اللحظة بين طرفي:

١. المكثف.

.....

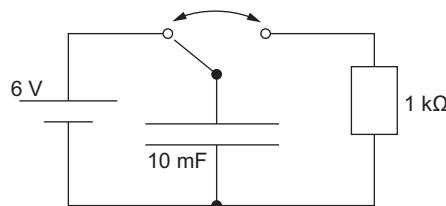
٢. المقاومة.

.....

زـ. صِفْ كيف يمكنك حساب شدة التيار الكهربائي الابتدائي في الدائرة الكهربائية. قم بتضمين المعادلة التي ستستخدمها.

.....
.....

٤ـ. إذا شحن مكثف ثم وصل بمقاومة فسيمر تيار كهربائي في الدائرة. توضح الدائرة الكهربائية في الشكل ٤-٢ إحدى الطرائق التي يمكن من خلالها التحقق من ذلك:



الشكل ٤-٢: للسؤال ٤ـ. توضح الدائرة الكهربائية إحدى طرائق استقصاء التيار الكهربائي.

عندما يكون المفتاح إلى اليسار، يصبح لوح المكثف مشحونين، ولا توجد مقاومة في الدائرة الكهربائية، لذلك سيُشحن المكثف على الفور.

أ. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف عندما يكون مشحوناً بالكامل؟

.....

.....

ب. احسب شحنة كل من لوحي المكثف.

.....

.....

.....

ج. عند نقل المفتاح إلى اليمين سيصبح لدينا دائرة كهربائية من مكثف ومقاومة.

١. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي الابتدائي بين طرفي المقاومة؟

.....

.....

٣. ما متوسط الشحنة الكهربائية التي تغادر المكثف في ($s = 1.0$) احسب مقدار الشحنة الكهربائية الجديدة المخزنة.

.....

.....

٤. استخدم إجابتك عن الجزئية (٣) لحساب فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف بعد ($s = 1.0$).

.....

.....

٥. استخدم إجابتك عن الجزئية (٤) لحساب شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة بعد ($s = 1.0$).

.....

.....

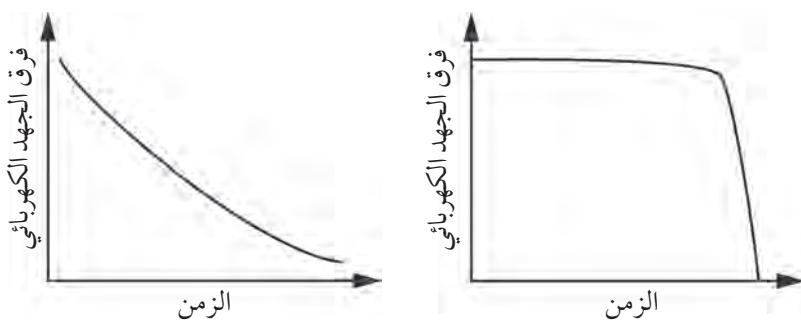
د. اشرح سبب انخفاض شدة التيار الكهربائي.

.....

.....

٥. من المفید التفكیر في أن المکثف مشابه للبطاریة القابلة لإعادة الشحن، فبمجرد أن يتم شحنه، يمكن للمکثف أن يوفر مصدراً للكوة الدافعة الكهربائیة في دائرة ما مطلقاً شحنة کهربائیة لتكوين تيار کهربائی، ومع ذلك هناك فرق مهم جداً بين المکثف والبطاریة القابلة لإعادة الشحن.

يوضح التمثيلان البيانيان في الشكل ٤-٤ كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي بين لوحي مکثف وبين طرفي بطاریة قابلة لإعادة الشحن بمرور الزمن عندما يتم توصيلهما بمقاومة، ولكن لم يتم تحديد أيهما يخص المکثف وأيهما يخص البطاریة.



التمثيل البياني (أ)

الشكل ٤-٤: للسؤال ٥. تمثيلان بيانيان لفرق الجهد الكهربائي مقابل الزمن.

أ. حدد أي التمثيلين البيانيين (أ) أم (ب) يمثل سلوك المکثف. اشرح إجابتك.

.....

.....

ب. إذا تم توصيل مکثف بمقاومة كبيرة، فهل سيتم تفريغه ببطء أم بسرعة؟

اشرح إجابتك.

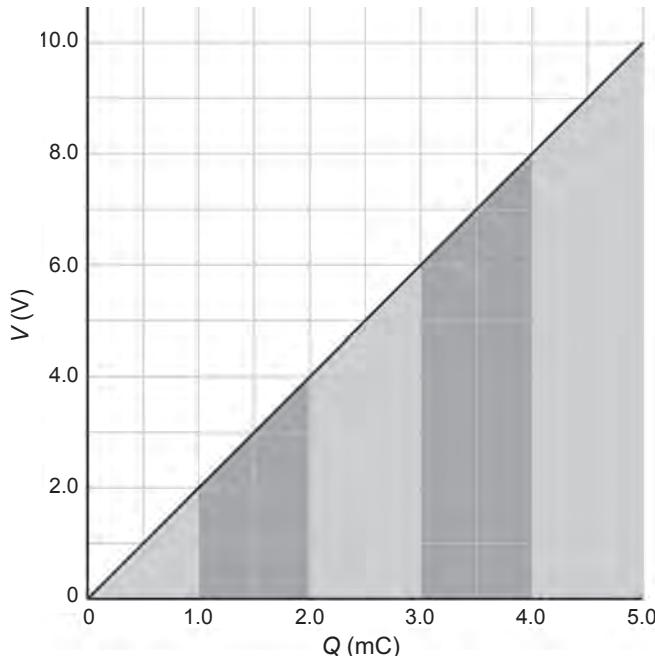
.....

.....

نشاط ٤-٤ الطاقة المخزنة بواسطة مکثف مشحون

يجب أن يتم بذل شغل ما لشحن مکثف، وهذا يعني أن المکثف هو مخزن للطاقة الكهربائية ويمكن استعادتها عند تفريغه. يوفر هذا النشاط تدريباً على حساب الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والطاقة المخزنة بواسطة مکثف.

١. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٤-٤ كيف أن فرق الجهد الكهربائي (V) يزداد بين لوحي مكثف سعته (0.50 mF) مع ازدياد الشحنة الكهربائية (Q) على كل من لوحيه:



الشكل ٤-٤: للسؤال ١. تمثيل بياني يوضح العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي Q بين لوحي مكثف والشحنة الكهربائية Q على كل من لوبيه.

- أ. منحنى التمثيل البياني عبارة عن خط مستقيم. فكر في المعادلة: $C = \frac{Q}{V}$
ما الكمية التي يمثلها ميل منحنى التمثيل البياني؟

يُقسّم التمثيل البياني إلى أعمدة، تمثل مساحة كل عمود الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية مقدارها (1.0 mC) إلى المكثف. «العمود» الأول مثلث الشكل. تمثل مساحته الشغل الذي تم إنجازه في نقل أول (1.0 mC) إلى المكثف. احسب مساحة هذا العمود (ملاحظة: الإجابة ستكون بوحدة لأن (Q) يوحد (mC)).
الإجابة: 0.5 mJ

ج. احسب مساحة العمود الثاني. بكم مرّة سيكون هذا العمود أكبر عن العمود الأول؟

.....
.....
.....

د. اشرح ما تمثله مساحة العمود الثاني.

.....
.....
.....

هـ. اشرح سبب وجوب القيام بالمزيد من الشغل لدفع شحنة أخرى مقدارها 1.0 mC إلى لوح المكثف.

.....
.....
.....

و. من التمثيل البياني استنتج مقدار الشغل المبذول في شحن المكثف ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (8.0 V) . اشرح الطريقة التي اتبعتها.

.....
.....
.....

٢. الطاقة المخزنة بواسطة مكثف سعته (C) وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (V) تعطى بالمعادلة:

$$W = \frac{1}{2} QV$$

ويمكن إيجاد الطاقة المخزنة في مكثف من المساحة الواقعية تحت منحنى التمثيل البياني لـ (V) مقابل (Q) .

أ. شحن مكثف ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (6.0 V) والشحنة الكهربائية المخزنة على كل لوح $(300 \mu\text{C})$. احسب سعة المكثف والطاقة التي خزنها.

.....
.....

ب. المعادلة التي تحدد السعة هي:

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

استخدم هذه المعادلة لإثبات أنه يمكننا كتابة معادلة الطاقة المخزنة بالصيغة:

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

ج. مكثف سعته ($20 \mu F$) شُحن حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (240 V). احسب الطاقة المخزنة.

د. يُبذل (200 mJ) من الشغل في شحن مكثف ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (120 V). احسب سعته.

نشاط ٤-٣ توصيل المكثفات على التوالى وعلى التوازي

قد يتم توصيل مكثفين معًا لذلك من المفيد أن تكون قادرًا على حساب السعة المكافأة لهما، وقد ترغب في توصيل مكثفين أو أكثر معًا للحصول على قيمة معينة للسعة المكافأة. هذا نشاط يختص بـ توصيل المكثفات بطرائق مختلفة.

ا. فيما يلي معادلتان السعة المكافأة في حالة توصيل المكثفات:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

أ. ما السعة المكافأة لمكثفين سعتهما (10 pF) موصلين على التوازي؟

ب. احسب السعة المكافأة لمكثفين سعتهما (10 pF) موصلين على التوالى.

مهم

عند توصيل المكثفات على التوازي، يجب أن تكون السعة المكافأة لها أكبر قيمة أكبر سعة للمكثفات التي تم توصيلها.

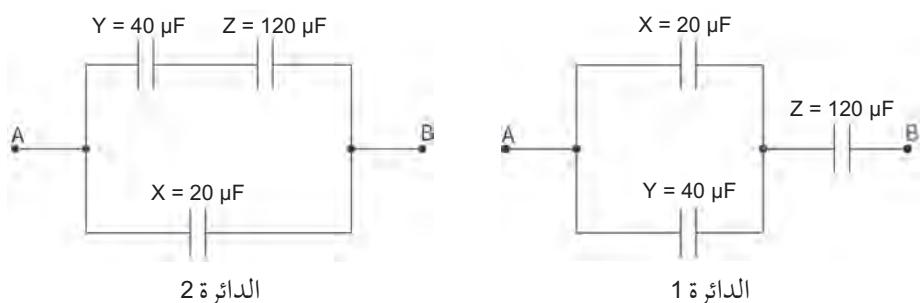


- ج. حدد عدد المكثفات ذات الـ (10 pF) التي يجب توصيلها على التوازي للحصول على سعة مكافئة مقدارها (50 pF).

مهم

عند توصيل المكثفات على التوالى، يجب أن تكون السعة المكافئة لها أقل من قيمة أصغر سعة للمكثفات التي تم توصيلها.

- د. احسب السعة المكافئة لعدد المكثفات ذات الـ (10 pF) التي حصلت عليها في الجزئية (ج) إذا كانت موصلة على التوالى.
- هـ. ثالث مكثفات لها السعات الآتية (10 pF) و (50 pF) و (200 pF) موصلة على التوازي. احسب سعتها المكافئة.
- و. وصلت المكثفات الثلاثة في الجزئية (هـ) على التوالى. احسب سعتها المكافئة.
٢. توضح الدائرتان الكهربائيتان في الشكل ٤-٥ ثلاثة مكثفات موصلة بعضها بعض. عليك أن تجد السعة المكافئة لمجموعة المكثفات بين A و B في الحالتين.



الشكل ٤-٥: للسؤال ٢. دائرتان كهربائيتان توضحان ثلاثة مكثفات موصلة بطرائق مختلفة.



أ. بالنسبة إلى الدائرة 1

١. احسب أولاً السعة المكافئة لـ X و Z (لاحظ ما إذا كان المكثفان موصلين على التوالي أم على التوازي واستنتج السعة المكافئة).
-
.....

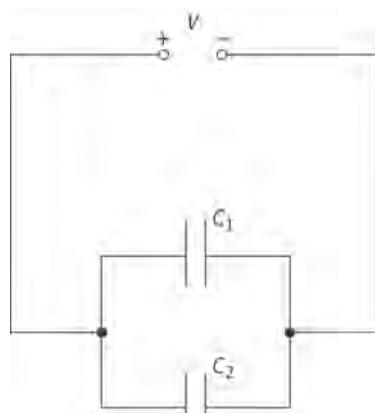
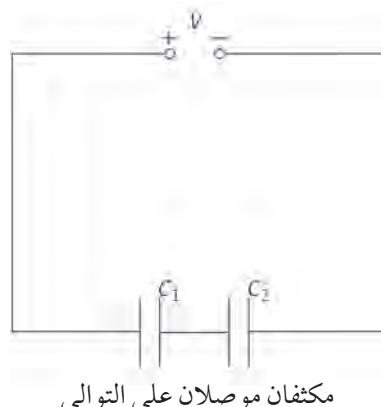
٢. قرّر الآن ما إذا كان المكثفان X و Z موصلين على التوالي أم على التوازي مع المكثف Z واحسب السعة المكافئة بين طرفي A و B .
-
.....

ب. انظر إلى الدائرة 2

- تم توصيل المكثفات الثلاثة نفسها معًا، ولكن بطريقة مختلفة. احسب السعة المكافئة بين طرفي A و B . اتبع الطريقة نفسها كما في الجزئية (أ: ١ و ٢).
-
.....

٣. يتعلق هذا السؤال بطريقة استنتاج معادلة السعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوالي أو على التوازي.

توضح الدائرتان الكهربائيتان في الشكل ٤-٤ مكثفين C_1 و C_2 ، موصلين مرّة على التوازي ومرّة على التوالي.



الشكل ٤-٤: للسؤال ٣. دائرتان كهربائيتان تظهران مكثفين C_1 و C_2 ، موصلين على التوازي وعلى التوالي.

للمكثفين الموصلين على التوازي:

- أ. ما الكمية التي تكون نفسها: فرق الجهد الكهربائي (V) بين لوحيهما، أم الشحنة الكهربائية (Q) على لوحيهما؟ اشرح إجابتك.
-
.....
.....

ب. استتاج تعبيراً للشحنة الكهربائية الكلية على المكثفين.

.....
.....
.....

ج. استتاج معادلة السعة المكافئة للمكثفين.

.....
.....
.....

للمكثفين الموصلين على التوالى:

- د. ما الكمية التي تكون نفسها: فرق الجهد الكهربائي (V) بين لوحيهما، أم الشحنة الكهربائية (Q) على لوحيهما؟ اشرح إجابتك.
-
.....
.....

هـ. استتاج معادلة فرق الجهد الكهربائي بين لوحـيـ المـكـثـفـينـ.

.....
.....
.....

وـ. استتاج معادلة السعة المكافئة للمـكـثـفـينـ.

.....
.....
.....

٤. تتعلق العبارات الآتية بتوصيل مكثفين، لكل عبارة حدّد ما إذا كان المكثفان موصلين على التوالى أم على التوازي:

- أ. السعة المكافئة أقل من أي من السعات الفردية.
-

ب. السعة المكافئة أكبر من أي من السعات الفردية.

ج. فرق الجهد الكهربائي للمصدر يجزأ بين المكثفين.

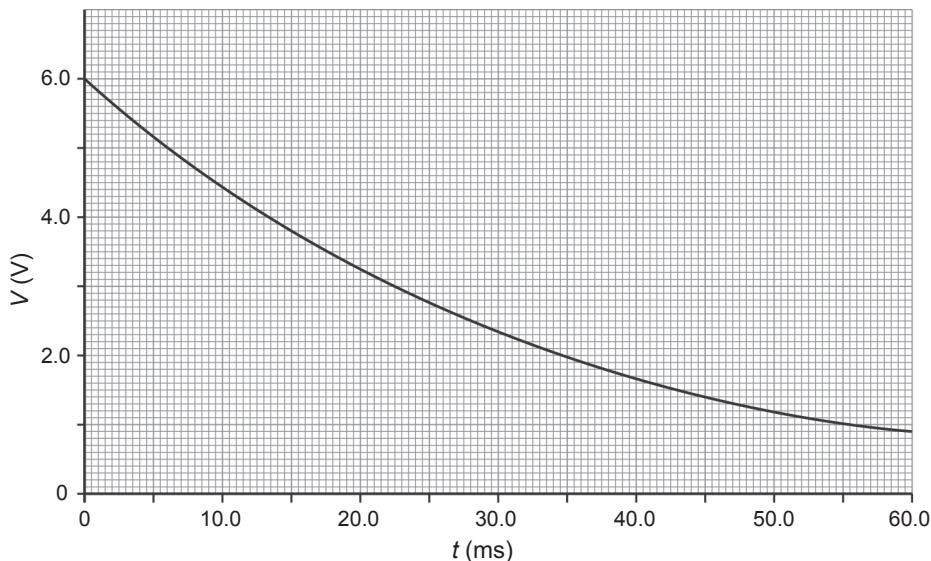
د. فرق الجهد الكهربائي بين لوحي أحد المكثفين أكبر من فرق الجهد الكهربائي بين لوحي الآخر.

ه. يكون لأحد المكثفين شحنة كهربائية على لوحيه أقل من الشحنة الكهربائية للمكثف الآخر.

نشاط ٤-٤ تفريغ المكثفات

في هذا النشاط يمكنك دراسة التمثيلات البيانية التي تم الحصول عليها عند تفريغ مكثف من خلال مقاومة، هذه طريقة مفيدة لتحديد سعة المكثف. يمنحك هذا النشاط تدريبياً على استخدام الدالة الأسية في المعادلة التي توضح كيف تض محل شدة التيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي والشحنة الكهربائية بمرور الزمن.

١. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٤-٧ كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف بمرور الزمن عندما يكون موصلًا بمقاومة مقدارها ($10\text{ k}\Omega$).



الشكل ٤-٧: للسؤال ١ . تمثيل بياني يوضح كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف بمرور الزمن عندما يكون موصلًا بمقاومة مقدارها $10\text{ k}\Omega$.

- أ. احسب شدة التيار الكهربائي الابتدائية في المقاومة، وشدة التيار عند الزمن ($t = 5.0 \text{ ms}$) ومتوسط شدة التيار في المقاومة بين الزمنين ($t = 0 \text{ ms}$) و($t = 5.0 \text{ ms}$).
.....
.....
.....

- ب. باستخدام إجابتكم لمتوسط شدة التيار الكهربائي في الجزئية (أ)، احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تدفقت عبر المقاومة في زمن قدره (5.0 ms).
.....
.....
.....

- ج. انخفض فرق الجهد الكهربائي في أول (5.0 ms) بمقدار (0.8 V) تقريباً.
استخدم هذه القيمة وإجابتكم عن الجزئية (ب) لتقدير قيمة سعة المكثف.
.....
.....
.....

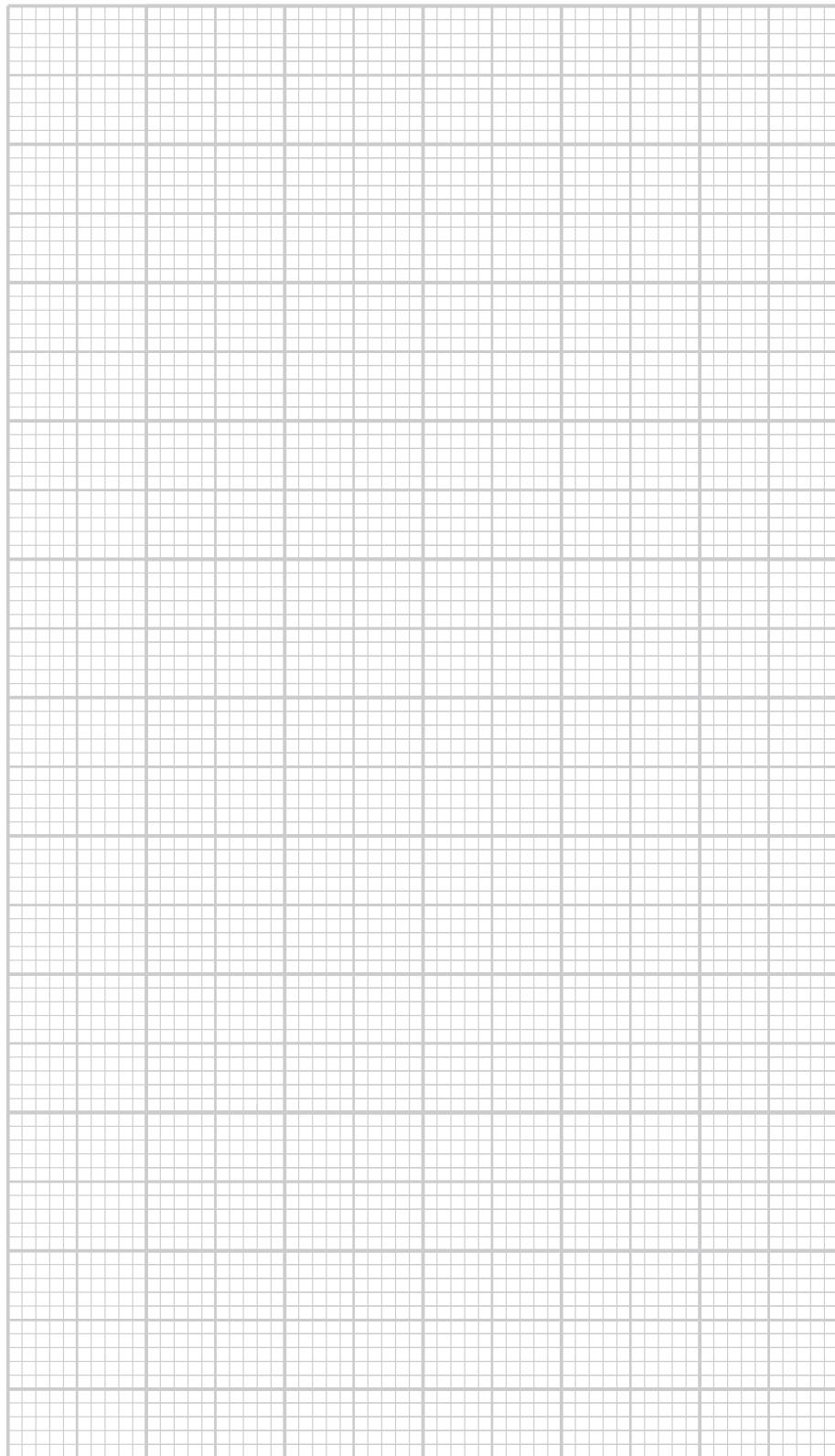
- د. حدد الثابت الزمني للدائرة.

مصطلحات علمية

الثابت الزمني Time: الثابت الزمني **constant** لدائرة تتكون من مكثف - مقاومة يساوي (RC) ، وهو يساوي الزمن الذي يستغرقه التيار الكهربائي في الدائرة لينخفض إلى $\frac{1}{e}$ من قيمة شدة التيار الكهربائي الابتدائي، حيث (e) هي الدالة الأسيّة.

- هـ. استخدم إجابتكم عن الجزئية (د) وأن الثابت الزمني للدائرة $RC = \tau$ لحساب سعة المكثف.
.....
.....
.....

و. ارسم مخططين بيانيين للتوضيح كيف تغير كلّ من شحنة المكثف وشدة التيار الكهربائي في المقاومة مع مرور الزمن.



٢. يتم شحن مكثف سعته ($2000 \mu F$) ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه ($9.0 V$) ثم يتم تفريغه من خلال مقاومة مقدارها ($100 k\Omega$).

احسب:

- أ. الشحنة الكهربائية الابتدائية المخزنة بواسطة المكثف.
-
.....
.....

- ب. شدة التيار الابتدائية لحظة التفريغ.
-
.....
.....

- ج. الثابت الزمني للدائرة.
-
.....
.....

- د. فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف بعد زمن يساوي الثابت الزمني.
-
.....
.....

- هـ. شدة التيار الكهربائي المارّ في المقاومة بعد زمن يساوي الثابت الزمني.
-
.....
.....

- و. الشحنة الكهربائية المخزّنة بواسطة المكثف بعد زمن يساوي الثابت الزمني.
-
.....
.....

٣. يتم شحن مكثف سعته ($400 \mu F$) ليصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه ($10 V$) ثم يتم تفريغه من خلال مقاومة ($100 k\Omega$). استخدم الصيغة $x = x_0 e^{-(t/RC)}$ حيث يجب أن تكون (x) و (x_0) عبارة عن شحنة كهربائية أو فرق جهد كهربائي أو شدة تيار كهربائي.

احسب:

- أ. فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف بعد ($20 s$).

.....
.....
.....

- ب. شدة التيار الكهربائي بعد ($20 s$).

.....
.....
.....

- ج. فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف بعد ($60 s$).

.....
.....
.....

- د. الشحنة الكهربائية على لوحي المكثف بعد ($60 s$).

.....
.....
.....

- هـ. الزمن المستغرق لهبوط فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف إلى ($5.0 V$).

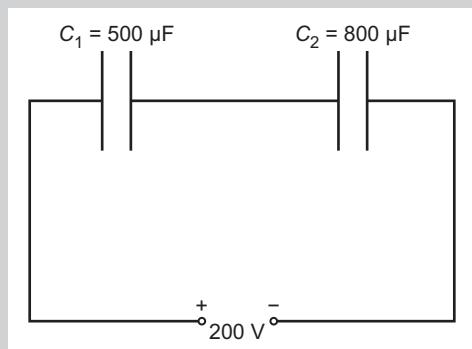
.....
.....
.....

مهم

يجب عليك استخدام
لوغاريتم الأساس (e) ثم
 $\ln\left(\frac{x}{x_0}\right) = \frac{-t}{RC}$

أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. عرّف السعة الكهربائية.
- ب. مكثف سعته ($200 \mu\text{F}$) وصل على التوالى بمقاومة مقدارها ($4.0 \text{ k}\Omega$) ومصدر جهد كهربائى (240 V).
١. حدد شدة التيار الكهربائي الابتدائية في الدائرة.
٢. احسب الشحنة الكهربائية على كل من لوحي المكثف عندما تهبط شدة التيار الكهربائي في الدائرة إلى (0 A).
٣. احسب الشغل المبذول في شحن المكثف.
- ٤.وضح بيانيًّا كيف يتغير فرق الجهد الكهربائي مع ازدياد شحنة المكثف.
٥. يوضح الشكل ٩-٤ مكثفين، (C_1) و (C_2)، متصلين بمصدر جهد كهربائي:

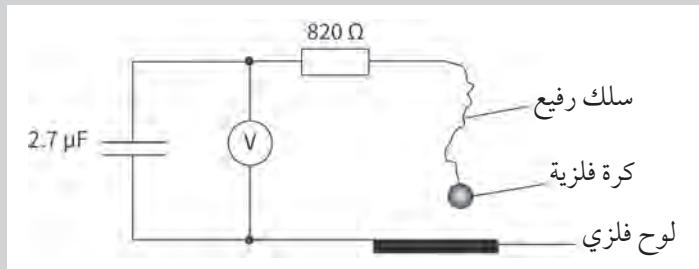


الشكل ٩-٤

احسب:

- أ. السعة المكافئة لـ (C_1) و (C_2) عند توصيلهما بهذه الطريقة.
- ب. الشحنة الكهربائية على لوحي كل من المكثفين.
- يضيء المصباح الموجود في بطارية بومضة سريعة عند توصيله بمكثف مشحون سعته ($470 \mu\text{F}$) قبل أن يطفأ من جديد. يتم توصيل المكثف في البداية بفرق جهد كهربائي (30 V) ولكن قبل توصيله بالمصباح يتم فصله عن المصدر. مقاومة المصباح أثناء التفريغ (1.4Ω). يتوقف انبعاث الضوء من المصباح عندما ينخفض فرق الجهد الكهربائي بين لوحي المكثف إلى (2.0 V). احسب:
 - أ. الطاقة التي حررها المكثف عندما انخفض فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه من (30 V) إلى (2.0 V).
 - ب. الزمن الذي استغرقه وميض الضوء.

٤. يقيس حمود زمن التلامس لكرة فلزية تردد عن لوحة فلزية في الدائرة الموضحة في الشكل ١٠-٤.



الشكل ١٠-٤

يتم شحن المكثف أولاً عن طريق وصله ببطارية لفترة وجيزة، ثم يحرر حمود الكرة ويسجل قراءة الفولتميتر قبل وبعد ارتداد الكرة مباشرة عن اللوح.

أ. اشرح المقصود بالثابت الزمني لمكثف يتم تفريغه من خلال مقاومة.

٢. احسب الثابت الزمني للدائرة الموضحة.

ب. اشرح سبب انخفاض قراءة الفولتميتر من دون أن تصل إلى الصفر.

ج. في إحدى التجارب كانت قراءة الفولتميتر (5.0 V) قبل أن تلامس الكرة اللوح و (2.5 V) بعد ارتدادها مباشرة، احسب الزمن الذي تلامست خلاله الكرة مع اللوح.

د. لقياس زمن التلامس الأطول، يستخدم حمود مكثفاً بسعة ($2.2 \mu F$) بالإضافة إلى مكثف بسعة ($2.7 \mu F$).

١. احسب السعة الكلية للمكثفين عند توصيلهما على التوالي وعلى التوازي.

٢. باستخدام أفكار حول الثابت الزمني حدّد أي طريقة توسيع المكثفين - على التوالي أم على التوازي - تسمح بقياس زمن تلامس أطول. اشرح إجابتك.

ملخص

تصنع المكبات من لوحين فلزيين (صفحيتين) تفصل بينهما مادة عازلة، ويخرّن لoha المكثف كميتين متساوين من الشحنة الكهربائية ومتوازيتين في النوع.

تناسب الشحنة الكهربائية المخزنة بالنسبة إلى مكثف ما طردياً مع فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه:

$$Q = CV$$

سعة المكثف هي الشحنة الكهربائية المخزنة لكل وحدة فرق جهد كهربائي.

الفاراد هو سعة مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه بمقدار ثولت واحد عندما يشحن بشحنة مقدارها واحد كولوم. وهو وحدة قياس سعة المكثف (ويُرمز إليها بالرمز F): $1 F = 1 C V^{-1}$

تخزن المكبات الطاقة. وتعطى الطاقة المخزنة (W) عند فرق جهد كهربائي (V) بـ:

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

تُستخرج الصيغة $W = \frac{1}{2} QV$ من المساحة تحت منحنى التمثيل البياني لفرق الجهد الكهربائي مقابل الشحنة الكهربائية.

السعة المكافئة للمكبات الموصلة على التوازي والموصلة على التوالى، هي:

المكبات الموصلة على التوازي: $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

المكبات الموصلة على التوالى: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$

هاتان الصيغتان مستجتان من حفظ الشحنة الكهربائية وجمع فروق الجهد الكهربائية.

التمثيلات البيانية لشدة التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية المخزنة وفرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف أثناء التفريغ كلها أمثلة على الأضمحلال الأسّي.

الثابت الزمني للدوائر التي تحتوي على سعة ومقاومة هو: $\tau = RC$.

التمثيلات البيانية لشدة التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية المخزنة وفرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف في أثناء التفريغ كلها على شكل دالة أُسّية تعطى من الصيغة:

$$x = x_0 e^{-(t/RC)}$$

أسئلة نهاية الوحدة

فرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف يساوي (6.0 V) ويخزن (9.0 mJ) من الطاقة.

أي البدائل في الجدول ٤-٤ يعطي سعة المكثف والشحنة الكهربائية على لوحيه؟

الشحنة الكهربائية (mC)	السعة (μ F)	
3.0	500	أ
18	500	ب
3.0	3000	ج
18	3000	د

الجدول ٤-٤

صُمم مكثف في دائرة إلكترونية ليتم تفريغه ببطء من خلال مصباح بيان (مؤشر ضوئي).

لزيادة الزمن المستغرق لتفريغ المكثف اقترحت التغيرات الأربع الآتية:

(١) توصيل مكثف ثانٍ على التوازي مع المكثف الأصلي.

(٢) توصيل مكثف ثانٍ على التوالى مع المكثف الأصلي.

(٣) توصيل مقاومة على التوازي مع المصباح.

(٤) توصيل مقاومة على التوالى مع المصباح.

ما الاقتراح الذي سيؤدي إلى زيادة زمن التفريغ؟

أ. (١) و (٣) فقط.

ب. (١) و (٤) فقط.

ج. (٢) و (٣) فقط.

د. (٢) و (٤) فقط.

مكثف سعته (μ F 470) متصل بطرفٍ بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (V 9) احسب الشحنة الكهربائية

على لوحي المكثف.

٣

احسب فرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف سعته (μ F 2200) عندما تكون الشحنة الكهربائية على

لوحيه (C 0.033).

٤

احسب سعة مكثف إذا كان يخزن شحنة كهربائية مقدارها (C 2.0) عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (V 5000).

٥

احسب الطاقة المخزنة في مكثف سعته (μ F 470) عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (V 12).

٦

احسب الطاقة المخزنة في مكثف إذا كان يخزن (1.5 mC) من الشحنة الكهربائية عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (V 50).

٧

تابع

٨

مكثف سعته ($5000 \mu F$) وفرق الجهد الكهربائي بين لوحٍ يٰه ($24 V$).

أ. احسب الطاقة المخزنة في المكثف.

ب. تم توصيل المكثف لفترة وجية بمصباح فتدفقت نصف الشحنة الكهربائية من المكثف. احسب الطاقة المبذدة في المصباح.

٩

مكثف سعته ($4700 \mu F$) وفرق الجهد الكهربائي بين لوحٍ يٰه ($12 V$). تم توصيله بمقاومة فتسربت الشحنة الكهربائية عبر المقاومة خلال زمن ($2.5 s$).

أ. احسب الطاقة المخزنة في المكثف.

ب. احسب الشحنة الكهربائية المخزنة على المكثف.

ج. قدر متوسط شدة التيار الكهربائي المار خلال المقاومة.

د. قدر قيمة المقاومة.

هـ. لماذا لا يمكن أن تكون الكميّات الأخيرتان (شدة التيار الكهربائي، والمقاومة) سوي تقديرات فقط؟ اقترح السبب.

١٠

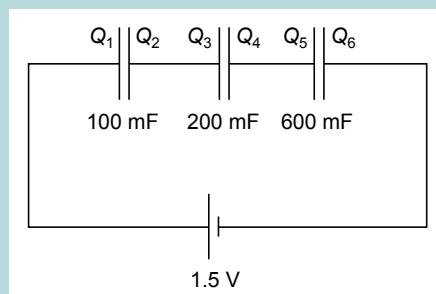
يضمّم مهندس إلكترونيات دائرة يتم فيها توصيل مكثف سعته ($4700 \mu F$) بفرق جهد كهربائي ($9.0 V$). إذا كان لديه أربعة مكثفات سعة كل منها ($4700 \mu F$) وكل منها يمكن أن يكون لديه فرق جهد قيمته ($6.0 V$) كحد أقصى بين لوحٍ يٰه، ارسم مخططًا يبيّن كيف يمكن استخدام المكثفات الأربع لتصميم الدائرة المطلوبة لهذا الغرض.

١١

احسب السعات المختلفة التي يمكن تكوينها من ثلاثة مكثفات سعة كل منها ($100 \mu F$)، ارسم الشبكة المستخدمة في كل حالة.

١٢

يبين الشكل ٤٨-٤ مخططاً لثلاثة مكثفات موصولة على التوالي بخلية قوّتها الدافعة الكهربائية ($1.5 V$).

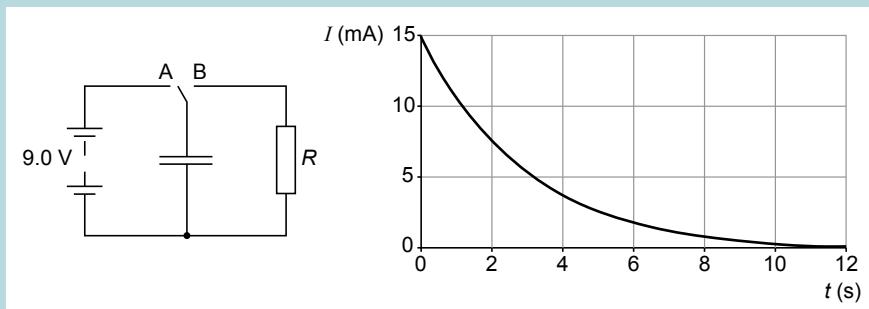


الشكل ٤٨-٤

أ. احسب الشحنات الكهربائية من (Q_1) إلى (Q_6) على كل لوح.

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين لوحٍ يٰه كل مكثف.

- ١٣ . أ. اذكر أحد استخدامات المكثفات في الدوائر الكهربائية البسيطة.
 ب. يُظهر الشكل ١٩-٤ دائرة تُستخدم لاستقصاء تفريغ مكثف، وتمثيلاً بيانيًا يوضح التغير في شدة التيار الكهربائي مع مرور الزمن عند تفريغ المكثف.

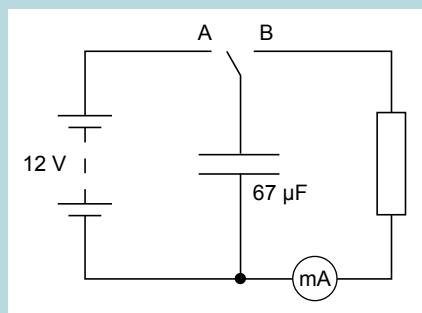


الشكل ١٩-٤

١. احسب قيمة المقاومة (R).
٢. اشرح سبب تناقص شدة التيار الكهربائي في أثناء تفريغ المكثف.
٣. شحنة المكثف تساوي المساحة الواقعة تحت منحنى التمثيل البياني، قدر شحنة المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (9.0 V).
٤. احسب سعة المكثف.

١٤ . أ. عرّف سعة المكثف.

- ب. الدائرة الكهربائية في الشكل ٢٠-٤ يمكن استخدامها لقياس سعة مكثف.



الشكل ٢٠-٤

يهتز المفتاح الكهربائي إلى الأمام وإلى الخلف بين A و B بتردد (50 Hz). وفي كل مرة يتلامس فيها مع A، يُشحن المكثف ب بواسطة البطارية بحيث يصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (12 V). وفي كل مرة يتلامس فيها مع B، يُفرّغ تماماً من خلال المقاومة.

١. احسب الشحنة الكهربائية المخزنة على المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (12 V).
٢. وصل مكثف آخر له السعة نفسها على التوالي مع المكثف الأول. ناقش تأثير ذلك على شدة التيار الكهربائي المقاس.

تابع

- ١٥ أ. ما المقصود بالثابت الزمني لدائرة تتضمن سعة ومقاومة؟
 ب. تتكون دائرة من مكثفين سعتاهما (μF 500) و (μF 2000) موصلين على التوالي، ومقاومة مقدارها ($2.5 \text{ k}\Omega$) موصلة معهما على التوالي أيضاً. احسب:
 ١. السعة المكافئة للمكثفين.
 ٢. الشحنة الكهربائية على لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (50 V).
 ٣. الزمن المستغرق لتخفيض الشحنة على اللوحيين إلى (5%) من الشحنة الكهربائية الابتدائية عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه (50 V).

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

مستعد للمضي قدما	متمكن إلى حد ما	أحتاج إلىبذل المزيد من الجهد	أراجع الموضوع	أستطيع أن
			١-٤	أعرّف السعة للمكثف.
			١-٤	استخدم الصيغة الآتية: $C = \frac{Q}{V}$
			١-٤	أعرف أن وحدة السعة هي الفاراد (F).
			٢-٤	أحدّد الطاقة المخزّنة في مكثف من التمثيل البياني (الشحنة الكهربائية - الجهد الكهربائي).
			٢-٤	استخدم الصيغة الآتية: $W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$
			٣-٤	أستخرج الصيغة الآتية للسعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوازي وأستخدمها: $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
			٤-٤	أستخرج الصيغة الآتية للسعة المكافئة للمكثفات الموصلة على التوالي وأستخدمها: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$
			٦-٤	استخدم معادلة الثابت الزمني لدائرة تتضمن سعة ومقاومة: $\tau = CR$

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

مستعد للمضي قدماً	متمكن إلى حد ما	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أراجع الموضوع	أستطيع أن
			٦-٤	أفهم أن اضمحلال الشحنة الكهربائية عن المكثف، وشدة التيار الكهربائي، وفرق الجهد الكهربائي بين اللوحين أثناء التفريغ هو اضمحلال أسي.
			٦-٤	أعرف أن معدل التفريغ يعتمد على الثابت الزمني للدائرة الكهربائية.
			٦-٤	استخدم المعادلة الآتية لفرق الجهد الكهربائي، وشدة التيار الكهربائي، والشحنة الكهربائية على لوحي مكثف أثناء التفريغ: $x = x_0 e^{-(t/RC)}$

إجابات كتاب الطالب <

العلوم ضمن سياقها

- إيجاد طريقة لتخزين الطاقة من توربينات الرياح والخلايا الشمسية، لاستخدامها لاحقاً عندما يكون الطلب على الطاقة أعلى، سيكون لها شأن في تحسين كفاءة التخزين بشكل كبير وتقليل التكلفة، ومع هذا فإن البطاريات عالية الجودة توفر حالياً حلاً أفضل من المكثفات.

- على الرغم من أن للبطاريات والمكثفات العديد من أوجه التشابه وتتوفر وظيفة متشابهة، إلا أن هناك بعض الاختلافات الرئيسية بين البطاريات والمكثفات، فالبطاريات هي مخزن للطاقة الكيميائية، في حين أن المكثفات تخزن طاقتها في المجال الكهربائي، وكذلك البطاريات يمكنها فعلًا تخزين كمية من الطاقة لكل وحدة كتلة أكبر من المكثفات. من ناحية أخرى تُفرّغ البطاريات طاقتها ببطء (اعتماداً على التفاعلات الكيميائية التي تحدث)، في حين أن المكثفات تُشحن وتُفرّغ شحنها بسرعة.

- إن الشحن/التفرير السريع قصير المدى للمكثفات يجعلها مناسبة تماماً لتبعضات الطاقة القصيرة المطلوبة في مسرعات الجسيمات، ولكنها ليست مفيدة بشكل خاص لتخزين الطاقة المتولدة من مصادر الطاقة المتجددة.

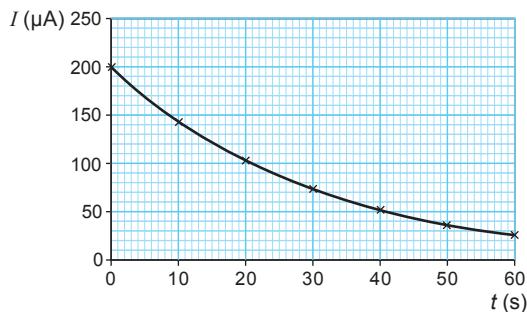
إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

٣. شدة التيار $I = \frac{Q}{t}$ ، لذلك الشحنة $It = Q$

عوض في $C = \frac{It}{V}$ للحصول على

وبإعادة الترتيب ينتج:

$$I = \frac{CV}{t} = \frac{50 \times 10^{-6} \times 10}{0.01} = 0.05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$



الشحنة = المساحة الواقعية تحت المنحنى.

باستخدام طريقة تقدير حساب المربعات، المساحة = 11 مربعًا، وأبعاد كل مربع يساوي

$$(50 \mu\text{A} \times 10 \text{ s})$$

المساحة الكلية:

$$Q = 11 \times 50 \times 10^{-6} \times 10 = 5.5 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$= 5.5 \text{ mC}$$

(أقبل 5.0 – 6.0 mC)

السعة:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{8.5} \approx 6.5 \times 10^{-4} \text{ F} (650 \mu\text{F})$$

(أقبل 5.9×10^{-4} – 7.1×10^{-4} F)

الميل يمثل مقاوب السعة:

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

أ. السعة:

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

$$= \frac{4.0 \times 10^{-3}}{4.0} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ F} = 1.0 \text{ mF}$$

٤.

-

- على الرغم من أن للبطاريات والمكثفات العديد من أوجه التشابه وتتوفر وظيفة متشابهة، إلا أن هناك بعض الاختلافات الرئيسية بين البطاريات والمكثفات، فالبطاريات هي مخزن للطاقة الكيميائية، في حين أن المكثفات تخزن طاقتها في المجال الكهربائي، وكذلك البطاريات يمكنها فعلًا تخزين كمية من الطاقة لكل وحدة كتلة أكبر من المكثفات. من ناحية أخرى تُفرّغ البطاريات طاقتها ببطء (اعتماداً على التفاعلات الكيميائية التي تحدث)، في حين أن المكثفات تُشحن وتُفرّغ شحنها بسرعة.

٥.

- إن الشحن/التفرير السريع قصير المدى للمكثفات يجعلها مناسبة تماماً لتبعضات الطاقة القصيرة المطلوبة في مسرعات الجسيمات، ولكنها ليست مفيدة بشكل خاص لتخزين الطاقة المتولدة من مصادر الطاقة المتجددة.

٦.

- ١. بإعادة ترتيب معادلة السعة $C = \frac{Q}{V}$ للحصول على الشحنة المخزنة:

$$Q = CV = 220 \times 10^{-6} \times 15$$

$$= 3300 \mu\text{C} (3.3 \times 10^{-3} \text{ C})$$

السعة:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{500} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$= 2.0 \mu\text{F} = 2.0 \times 10^6 \text{ pF}$$

.٩. الطاقة المخزنة:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 0.01 \times 12^2 = 0.72 \text{ J}$$

.١٠. أ. الشحنة:

$$Q = CV = 0.20 \times 9.0 = 1.8 \text{ C}$$

الطاقة المخزنة:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 0.20 \times (9.0)^2 = 8.1 \text{ J}$$

ب. شدة التيار = $\frac{\text{الشحنة}}{\text{الזמן}}$

$$= \frac{1.8}{0.01} = 180 \text{ A}$$

.١١. أ. $C_T = C_1 + C_2 = 100 + 100 = 200 \mu\text{F}$

ب. الشحنة المخزنة:

$$Q = CV = 200 \times 10^{-6} \times 20$$

$$= 4 \times 10^{-3} \text{ C} (4000 \mu\text{C})$$

.١٢. مكثفان μF 20 و مكثف μF 10 توصل جميعها على

التوازي، أو توصيل 5 مكثفات كل منها μF 10 على التوازي.

إجابة أخرى: توصيل 3 مكثفات سعتها μF 10

ومكثف سعته μF 20 وتوصيل جميعها على التوازي.

.١٣. تُعطى السعة الكلية للمكثفات الموصولة على التوازي بالعلاقة:

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{600} \\ &= \frac{6}{600} = \frac{1}{100} \end{aligned}$$

أي أن: $C_T = 100 \mu\text{F}$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{2}{C} \quad .١٤. أ.$$

أي أن: $C_T = 0.5 C$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{n}{C} \quad ب.$$

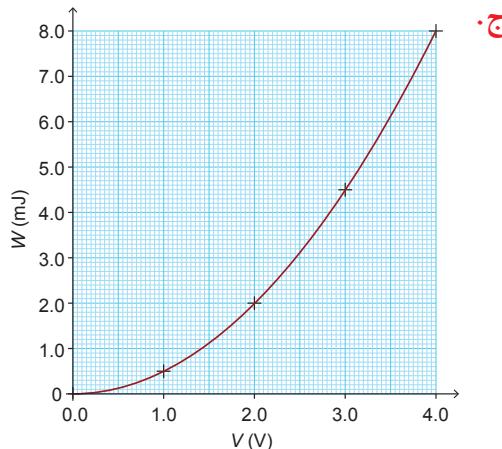
$$C_T = \frac{C}{n} \quad أ. أي أن:$$

$$C_T = 2C \quad ج.$$

$$C_T = nC \quad د.$$

مجموع المساحات W (mJ)	مساحة العمود ΔW (mJ)	$V(V)$	$Q(\mu\text{C})$
0.5	0.5	1.0	1.0
2.0	1.5	2.0	2.0
4.5	2.5	3.0	3.0
8.0	3.5	4.0	4.0

ب.



ج.

الشكل: قطع مكافئ.

.٧. أ. الطاقة المخزنة:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-3} \times (5.0)^2$$

$$= 6.25 \times 10^{-2} \text{ J} \approx 6.3 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$W = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-9} \times (5.0)^2 \approx 6.3 \times 10^{-8} \text{ J}$$

$$W = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 10^{-3} \times (230)^2 = 5.29 \text{ J} \approx 5.3 \text{ J}$$

الشحنة متتماثلة على كلا المكثفين.

٨.

$$Q = CV = 0.02 \text{ C}$$

الطاقة المخزنة، $W = \frac{1}{2} CV^2$

: 100 μF

$$W = \frac{1}{2} \times 100 \times 10^{-6} \times (200)^2 = 2 \text{ J}$$

: 200 μF

$$W = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-6} \times (100)^2 = 1 \text{ J}$$

المكثف الذي سعته μF 100 يخزن طاقة أكبر.



أي أن سعة الشبكة الكلية تُعطى بـ:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{10} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}$$

$$C_T = \frac{20}{5} = 4 \mu F$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{120} + \frac{1}{120} + \frac{1}{120} \\ &= \frac{3}{120} = \frac{1}{40} \end{aligned}$$

$$C_T = 40 \mu F$$

ب. الشحنة الكهربائية المخزنة:

$$Q = CV = 40 \times 10^{-6} \times 10000 = 0.4 C$$

ج. الطاقة الكلية المخزنة:

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 40 \times 10^{-6} \times (10000)^2 \\ &= 2000 J \end{aligned}$$

٢٠. أ. السعة الكلية للمكثفين الموصلين على

التوازي:

$$C_T = 20 + 5.0 = 25 \mu F$$

ب. الشحنة المخزنة في المكثف الأول عندما وصل بمصدر الطاقة:

$$Q = CV = 20 \times 10^{-6} \times 200$$

$$= 4 \times 10^{-3} C = 4000 \mu C$$

ج. يعطى فرق الجهد عبر تجميع المكثفين

بواسطة الشحنة المخزنة (والتي أنت من المكثف الأول) والسعنة الكلية للتجميع.

لذلك:

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{4 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = 160 V$$

د. الطاقة المخزنة بواسطة المكثف الأول:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times (200)^2 = 0.4 J$$

الطاقة المخزنة بواسطة التجميع:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times 10^{-6} \times (160)^2 = 0.32 J$$

الطاقة المبددة عند توصيل المكثفين:

$$= 0.4 - 0.32 = 0.08 J (80 mJ)$$

١٥. أ. موصلة على التوالى:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100}$$

$$C_T = \frac{100}{3} = 33 \mu F$$

ب. موصلة على التوازي:

$$\begin{aligned} C_T &= C_1 + C_2 + C_3 = 100 + 100 + 100 \\ &= 300 \mu F \end{aligned}$$

ج. سعة المكثفين الموصلين على التوازي

$$= 200 \mu F$$

لذلك،

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} = \frac{3}{200}$$

$$C_T = \frac{200}{3} \approx 67 \mu F$$

د. سعة المكثفين الموصلين على التوالى تعطى

بـ:

$$\frac{1}{C_{تـالـي}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{2}{100} = \frac{1}{50}$$

$$C_{تـالـي} = 50 \mu F$$

لذلك،

$$C_T = C_{تـالـي} + 100 = 50 + 100 = 150 \mu F$$

١٦. أ. الأربعة توصل على التوازي.

ب. الأربعة توصل على التوالى.

ج. يوصل اثنان على التوازي ويوصلان مع اثنين آخرين بعد وصلهما على التوالى.

١٧. القيمة العظمى: توصل المكثفات الثلاثة على

التوازي، حيث:

$$C_T = 900 pF$$

القيمة الصغرى: توصل المكثفات الثلاثة على التوالى، حيث:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{600} = \frac{1}{60}$$

$$C_T = 60 pF$$

١٨. السعة الكلية للمكثفين الموصلين على التوازي:

$$C_T = 10 + 10 = 20 \mu F$$

بأخذ اللوغاريتم الطبيعي لكل من الجانبين:

$$\ln \frac{2}{8} = \ln \frac{-t}{0.24}$$

$$\ln 0.25 = -1.39$$

لذلك فإن،

$$-t = -1.39 \times 0.24$$

$$t = 0.33 \text{ s}$$

د. فرق الجهد الابتدائي = 20 V

والشحنة المخزنة = 8.0 mC

$$\frac{1}{4} = 2.0 \text{ mC}$$

لذلك فإن، فرق الجهد عبر اللوحين:

$$\frac{1}{4} = 5 \text{ V}$$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ (ب: حساب خاطئ للشحنة (باستخدام V^2));
ج و د: حساب خاطئ للسعة (باستخدام V وليس V^2).

ب (كل من 1 و 4 يزيدان الثابت الزمني ($CR = \tau$)),
يقود الثابت الزمني الأكبر إلى تطويل زمن
الاضمحلال).

$$Q = CV = 470 \times 10^{-6} \times 9.0 = 4.2 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{0.033}{2200 \times 10^{-6}} = 15 \text{ V}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2.0}{5000} = 4.0 \times 10^{-4} = 400 \mu\text{F}$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = 0.5 \times 470 \times 10^{-6} \times 12^2 = 0.034 \text{ J}$$

$$W = \frac{1}{2} QV = 0.5 \times 1.5 \times 10^{-3} \times 50 = 0.0375 \text{ J}$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = 0.5 \times 5000 \times 10^{-6} \times 24^2 = 1.44 \text{ J}$$

ب. عندما تنخفض شحنة المكثف إلى النصف؛

فإن فرق الجهد بين لوحيه ينخفض إلى
النصف أيضاً.

لذلك فإن الطاقة المخزنة:

$$= 0.5 \times 5000 \times 10^{-6} \times 12^2 = 0.36 \text{ J}$$

٢١. أ. فرق الجهد الكهربائي = 12 V (وهو

يساوي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية).

$$Q = CV = 1000 \times 10^{-6} \times 12 = 12 \times 10^{-3} \text{ C} . ٢$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{2000} = 6 \times 10^{-3} \text{ A} . ٣$$

ب. ينخفض مقدار الشحنة؛ لأنها تتدفق عبر
المقاومة.

ج. ١. ينخفض فرق الجهد عبر المكثف، إذ يؤدي
نقص الشحنة على المكثف إلى نقص فرق
الجهد عبر المكثف.

٢. تنخفض شدة التيار في المقاومة، إذ يؤدي
نقص فرق الجهد عبر المكثف إلى نقص
شدة التيار.

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} . ٤$$

عندما يكون الزمن الذي يستغرقه تفريغ المكثف
 $\tau = t$ وبالتعويض:

$$I = I_0 e^{-\frac{\tau}{RC}} \\ = I_0 e^{-1} \\ = \frac{I_0}{e} = I_0 \frac{1}{e}$$

٢٣. وحدة قياس المقاومة R هي الأوم = $\frac{\text{فولت}}{\text{آمبير}}$

وحدة سعة المكثف C هي الفاراد = $\frac{\text{فولت}}{\text{آمبير}} \times \frac{\text{ثانية}}{\text{ثانية}} = \frac{\text{فولت}}{\text{آمبير}} = \text{فولت}$

تشطب وحدة الآمبير وكذلك تشطب وحدة الفولت
فتبقى وحدة RC هي وحدة الثانية.

$$Q = CV = 400 \times 10^{-6} \times 20 = 8 \times 10^{-3} \text{ C} . ٥$$

$$\tau = RC = 600 \times 400 \times 10^{-6}$$

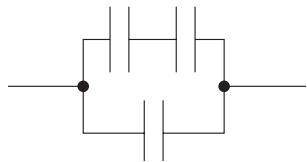
$$= 24 \times 10^{-2} = 0.24 = 0.2 \text{ s}$$

ج. بالتعويض في $Q = Q_0 e^{(-\frac{t}{RC})}$ لتعطى:

$$2.0 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} e^{(\frac{-t}{0.24})}$$



مكثفان موصلان على التوازي والثالث موصل
معهما على التوازي، $150 \mu F$



$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{600} = \frac{10}{600}$$

.١٢ .أ.

لذلك، السعة الكافية (الكلية):

$$C_T = \frac{600}{10} = 60 \text{ mF}$$

الشحنة المخزنة:

$$= 1.5 \times 60 \times 10^{-3} = 90 \text{ mC}$$

$$Q_2 = -90 \text{ mC}, Q_1 = +90 \text{ mC}$$

$$Q_4 = -90 \text{ mC}, Q_3 = +90 \text{ mC}$$

$$Q_6 = -90 \text{ mC}, Q_5 = +90 \text{ mC}$$

(لاحظ أن قيم الشحنة متساوية بين المكثفات)

لأنها موصولة على التوازي وطريقة شحن

المكثف توضح نوع الشحنة على كل لوح).

ب. باستخدام $V = \frac{Q}{C}$

فرق الجهد = 0.90 V عبر المكثف 100 mF

وفرق الجهد 0.45 V عبر المكثف 200 mF

وفرق الجهد 0.15 V عبر المكثف 600 mF

(لاحظ أن قيم فرق الجهد مختلفة وهذا)

يدل على أن قيمة فرق الجهد في المكثفات

الموصولة على التوازي تعتمد على سعة

المكثف).

.١٣ .أ. تخزين الطاقة، تأخير الزمن، يقاوم زيادة شدة

التيار الكهربائي، يقاوم حدوث الشرر، إلى

غير ذلك.

ب. ١. $R = \frac{V}{I} = \frac{9.0}{15 \times 10^{-3}} = 600 \Omega$

٢. ينخفض فرق الجهد عبر المكثف عندما

تتدفق الشحنة منه، لذلك يقل فرق

الجهد الذي يدفع التيار عبر المقاومة.

الطاقة المبذولة في المصباح:

$$= 1.44 \text{ J} - 0.36 \text{ J} = 1.08 \text{ J}$$

.٩ .أ.

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = 0.5 \times 4700 \times 10^{-6} \times 12^2 \\ = 0.34 \text{ J}$$

ب. $Q = CV = 4700 \times 10^{-6} \times 12 = 0.056 \text{ C}$

ج. متوسط شدة التيار:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0.056}{2.5} = 0.023 \text{ A}$$

د. متوسط فرق الجهد = 6.0 V

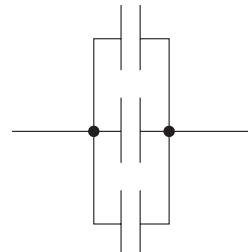
$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0}{0.023} = 260 \Omega$$

هـ. لأن شدة التيار الكهربائي تعتمد على فرق الجهد وفرق الجهد بدوره ينخفض بمعدل غير منتظم.

.١٠ .



.١١ . المكثفات الثلاثة موصولة على التوازي، $300 \mu F$

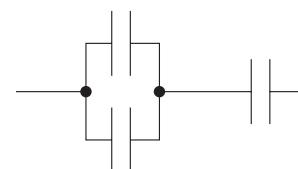


المكثفات الثلاثة موصولة على التوازي، $33 \mu F$



مكثفان موصلان على التوازي والثالث موصل

معهما على التوازي، $67 \mu F$



- ١٥. أ.** الثابت الزمني هو الزمن الذي تستغرقه الشحنة على المكثف لتهبط إلى $\frac{1}{e}$ من قيمتها الابتدائية.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{500} + \frac{1}{2000} = \frac{5}{2000}$$

ب. ١.

لذلك، السعة المكافئة (الكلية):

$$= \frac{2000}{5} = 400 \mu\text{F}$$

$$Q = CV = 400 \times 10^{-6} \times 50$$

. ٢

$$= 20000 \mu\text{C} = 0.020 \text{ C}$$

$$. ٣ \quad Q = Q_0 e^{(-\frac{t}{RC})}$$

$$\frac{5}{100} = e^{(-\frac{t}{RC})}$$

و

$$\ln 0.05 = (-3.0)$$

$$= \frac{t}{(400 \times 10^{-6} \times 250 \times 10^3)} = \frac{t}{1.0}$$

$$t = 3.0 \text{ s}$$

- ٣.** يتم تقدير شحنة المكثف باستخدام المساحة الواقعه تحت المنحنى

$$Q = 45 \pm 5 \text{ mC}$$

- (٥) تمثل المدى المسموح به من إجابات الطلبة

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{45 \times 10^{-3}}{9.0} = 5.0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$$

. ٤

- ١٤. أ.** سعة المكثف هي الشحنة المخزنة لكل وحدة فرق جهد بين لوحي المكثف.

$$Q = CV = 67 \times 10^{-6} \times 12$$

ب. ١

$$= 804 \times 10^{-6} \approx 800 \mu\text{C}$$

٢. تتحفظ السعة إلى النصف.

تحفظ الشحنة المخزنة إلى النصف.

تحفظ شدة التيار الكهربائي إلى النصف، في حين لا يتغير متوسط فرق الجهد.

zadelm.com

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٤-١: الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والسعنة

٤. أ. $V = 6 \text{ V}$
 $C = \frac{Q}{V}$
 $Q = CV = 10 \times 10^{-3} \times 6 = 0.06 \text{ C}$

ب.

ج. $6 \text{ V} . 1$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6}{1000} = 0.006 \text{ A} . 2$$

٣. متوسط الشحنة: $Q = It$

$$= 0.006 \text{ C}$$

الشحنة الكهربائية الجديدة المخزنة:

$$= 0.06 - 0.006 = 0.054 \text{ C}$$

٤. $C = \frac{Q}{V}$

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{6}{10 \times 10^{-3}} = 600 \text{ V}$$

٥. $I = \frac{V}{R} = \frac{5.4}{1000} = 0.0054 \text{ A}$

د. لأن فرق الجهد عبر المقاومة قد انخفض.

٥. أ. التمثيل البياني (ب): لأن فرق الجهد يبدأ بالانخفاض بمجرد أن تترك الشحنة المكثف.

ب. سيفرغ بشكل أبطأ لأن شدة التيار ستكون أصغر، وبالتالي فإن الشحنة ستترك المكثف بشكل أبطأ.

نشاط ٤-٢: الطاقة المخزنة بواسطة مكثف مشحون

١. أ. الميل هو مقلوب السعة ويساوي $\frac{1}{C}$ أي

ب. مساحة المثلث = $\frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$

$$= \frac{1}{2} \times 1.0 \times 2.0 = 1.0 \text{ mJ}$$

ج. مساحة شبه منحرف = $\frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$

المساحة:

$$= \frac{1}{2} \times 1.0 \times (2.0 + 4.0) = 3.0 \text{ mJ}$$

(ثلاث مرات أكبر)

إجابات أسئلة الأنشطة

نشاط ٤-١: الشحنة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي والسعنة

١. أ. C : سعة المكثف (الوحدة فاراد، F).

Q : الشحنة الكهربائية (الوحدة كولوم، C).

V : فرق الجهد الكهربائي (الوحدة ثولت، V).

ب. $1 \text{ F} = 1 \text{ C V}^{-1}$

ج. $0.01 \text{ F} . 1$

. 2

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

$Q = CV = 0.01 \times 1 = 0.01 \text{ C}$

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

$Q = CV = 0.01 \times 50 = 0.5 \text{ C}$

٢. أ. البايئتا p ترمز إلى بيكتو: $10^{-12} \text{ pico} = 10^{-12}$

ب. $10^{-5} \text{ F} . 1$

ج. $10^{-2} \text{ F} . 2$

د. $10^{-11} \text{ F} . 3$

هـ. $10^{-9} \text{ F} . 4$

٣. أ. تصبح شدة التيار صفرًا.

ب. $V_C = V$

ج. $V_R = 0$

د. $-Q$

هـ. مجال كهربائي منتظم.

و. 0.1

ج. $V . 2$

ذ. $I = \frac{V}{R}$

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} \\ &= \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{1}{2}\end{aligned}$$

.د.

$$C_T = 2 \text{ pF}$$

$$\begin{aligned}C_T &= C_1 + C_2 + C_3 = 10 + 50 + 200 \\ &= 260 \text{ pF}\end{aligned}$$

.هـ.

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_T} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{50} + \frac{1}{200} = \frac{1}{8} \\ C_T &= 8 \text{ pF}\end{aligned}$$

.وـ.

١. السعة الكلية للمكثفين X و Y (الموصلين على التوازي):

$$= 20 + 40 = 60 \mu\text{F}$$

٢. المكثفان X و Y موصلان على التوالى مع المكثف Z:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} = \frac{1}{40}$$

$$C_T = 40 \mu\text{F}$$

بـ. السعة الكلية للمكثفين Y و Z (الموصلين على التوالى):

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{120} = \frac{1}{30}$$

$$C_T = 30 \mu\text{F}$$

المكثفان Y و Z موصلان على التوازي مع المكثف X:

$$C_T = C_1 + C_2 = 30 + 20 = 50 \mu\text{F}$$

٣. أـ. فرق الجهد الكهربائي V؛ لأن كلاً منهما موصول مباشرة عبر مصدر فرق الجهد V.

.بـ.

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$= C_1 V_1 + C_2 V_2 = (C_1 + C_2)V$$

$$(V_1 = V_2 = V \text{ لأن})$$

$$C_T = \frac{Q_T}{V} = \frac{(C_1 + C_2)V}{V} = C_1 + C_2$$

.جـ.

دـ. الشحنة الكهربائية Q، لأن Q - على C_1 يجب أن تكون متساوية بالمقدار Q على C_2.

دـ. الشغل المبذول في إضافة الشحنة الثانية 1 mC (أو الشغل المبذول في زيادة فرق الجهد من 2 V إلى 4 V).

هـ. من الضروري بذل مزيد من الشغل لدفع الشحنة الثانية ضد تناقضها مع الشحنة الموجودة فعلاً على لوح المكثف.

وـ. الشغل المبذول = مساحة المثلث إلى V

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع} \\ = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 8.0 = 16 \text{ mJ}\end{aligned}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{300 \times 10^{-6}}{6.0} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ F}$$

.أـ.

$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \times 300 \times 10^{-6} \times 6.0 \\ &= 9.0 \times 10^{-4} \text{ J}\end{aligned}$$

$$Q = CV, \text{ وبالتالي: } C = \frac{Q}{V}$$

عُوض في المعادلة:

$$W = \frac{1}{2} QV \rightarrow W = \frac{1}{2} CV \rightarrow W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times 240^2 = 0.58 \text{ J}$$

.دـ.

$$C = \frac{2W}{V^2} = \frac{2 \times 200 \times 10^{-3}}{120^2} = 2.8 \times 10^{-5}$$

أو 28 μF

نشاط ٤-٣: توصيل المكثفات على التوالى وعلى التوازي

$$C_T = C_1 + C_2 = 10 + 10 = 20 \text{ pF}$$

.أـ.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{1}{5}$$

.بـ.

$$C_T = 5 \text{ pF}$$

.جـ.

$$C_T = C_1 + C_2 = nC$$

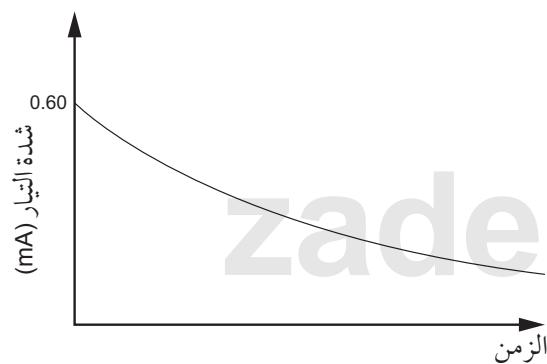
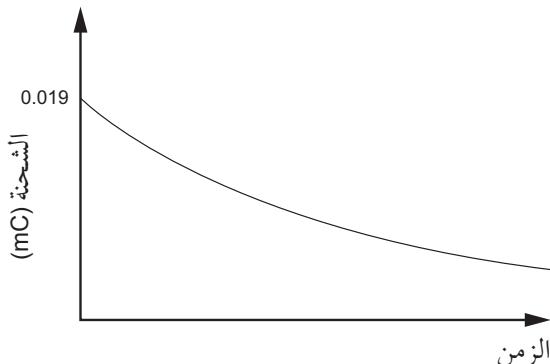
$$50 = n \times 10$$

$$n = \frac{50}{10} = 5$$



تيار ابتدائي مقداره $6.0 \times 10^{-4} \text{ A}$, وشحنة كهربائية ابتدائية مقدارها:
 $Q_T = 6 \times 3.2 \times 10^{-6} = 1.92 \times 10^{-5} \text{ C}$
 $= 0.0192 \text{ mC}$

مثال:



$$Q = CV = 2000 \times 10^{-6} \times 9.0 = 0.018 \text{ C}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9.0}{100 \times 10^3} = 9.0 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$\tau = RC = 2000 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3 = 200 \text{ s}$$

$$V = 37\% \times 9.0 = 3.3 \text{ V}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3.3}{100 \times 10^3} = 3.3 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$Q = CV = 2000 \times 10^{-6} \times 3.3 = 0.0066 \text{ C}$$

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} = 10 \times e^{-\frac{20}{100 \times 10^3 \times 400 \times 10^{-6}}}$$

$$= 6.1 \text{ V}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6.1}{100 \times 10^3} = 6.1 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} = 10 \times e^{-\frac{60}{100 \times 10^3 \times 400 \times 10^{-6}}}$$

$$= 2.2 \text{ V}$$

$$V_1 + V_2 = V$$

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

$$V = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_T}$$

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_T}$$

$$(Q_1 = Q_2 = Q) \text{ لأن } (Q_1 = Q_2 = Q)$$

٤. أ. على التوالى

ب. على التوازي

ج. على التوالى

د. على التوالى

هـ. على التوازي

نشاط ٤-٤: تفريغ المكثفات

١. أ. في البداية:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6.0}{10000} = 6.0 \times 10^{-4} \text{ A}$$

عند الزمن $t = 5.0 \text{ ms}$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5.2}{10000} = 5.2 \times 10^{-4} \text{ A}$$

متوسط شدة التيار:

$$I = \frac{6.0 \times 10^{-4} + 5.2 \times 10^{-4}}{2} = 5.6 \times 10^{-4} \text{ A}$$

$$Q = It$$

$$Q = 5.6 \times 10^{-4} \times 5.0 \times 10^{-3} = 2.8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2.8 \times 10^{-6}}{0.8} = 3.5 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$0.37 \times 6.0 = 2.2 \text{ V}$$

(قراءة من التمثيل البياني) $\tau = 32 \text{ ms}$

هـ. بترتيب المعادلة $RC = \tau$ للحصول على C :

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{32 \times 10^{-3}}{10000} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ F}$$

وـ. كلا التمثيلين البيانيين لهما الشكل نفسه
 كالتمثيل البياني المبين في الشكل ٧-٤ من
 كتاب التجارب العملية والأنشطة ولكن لهما

الطاقة المخزنة النهائية:

$$E_2 = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 470 \times 10^{-6} \times 2.0^2 = 0.00094 \text{ J}$$

الطاقة المحرّرة:

$$E_1 - E_2 = 0.2115 - 0.00094 = 0.21 \text{ J}$$

(بِرَقْمَيْنِ مَعْنَوَيْنِ)

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad . \text{ب}$$

بأخذ لوغاريم الطرفين:

$$\ln V = \ln \left(V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \right) = \ln V_0 + \ln e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$= \ln V_0 - \frac{t}{RC}$$

لذلك:

$$t = \left(\ln \frac{V}{V_0} \right) \times RC$$

$$= \left(\ln \frac{30}{2.0} \right) \times 1.4 \times 470 \times 10^{-6} = 1.8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

٤. ١. الزمن المستغرق للشحن الكهربائية الابتدائية على لوحي المكثف (أو التيار الابتدائي أو فرق الجهد الابتدائي بين اللوحين) لكي ينخفض إلى $\frac{1}{e}$ من قيمته الابتدائية.

$$\tau = RC = 2.7 \times 10^{-6} \times 820 = 2.2 \times 10^{-3} \text{ s} \quad . \text{٢}$$

ب. تتدفق الشحنة الكهربائية من أحد لوحي المكثف إلى الآخر عبر الكوة واللوحة الفلزية، لذلك فإن انخفاض الشحنة يعني أن فرق الجهد عبر لوحي المكثف قد انخفض. فلا تتدفق كل الشحنات في الزمن المتوفر؛ لأن التيار ليس كبيراً بدرجة كافية أو أن الثابت الزمني صغير لدرجة كافية؛ وبالتالي تترك بعض الشحنات على اللوحين.

٤. $Q = CV = 400 \times 10^{-6} \times 2.2 = 8.9 \times 10^{-4} \text{ C}$

٥. $V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

بأخذ لوغاريم الطرفين:

$$\ln V = \ln \left(V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \right) = \ln V_0 + \ln e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$= \ln V_0 - \frac{t}{RC}$$

لذلك:

$$t = \left(\ln \frac{V}{V_0} \right) \times RC$$

$$= \left(\ln \frac{10}{5.0} \right) \times 100 \times 10^3 \times 400 \times 10^{-6} = 28 \text{ s}$$

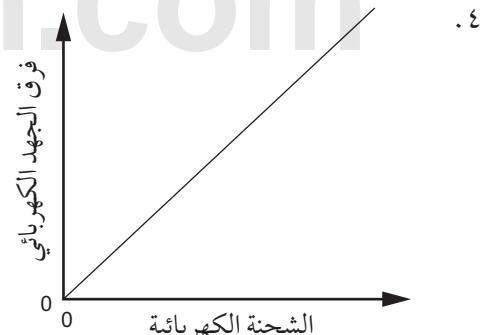
إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. سعة المكثف: الشحنة المخزنة على لوحي المكثف لكل وحدة فرق جهد بين اللوحين.

٢. $I = \frac{V}{R} = \frac{240}{4000} = 0.06 \text{ A}$

٣. $Q = CV = 200 \times 10^{-6} \times 240 = 0.048 \text{ C}$

٤. $W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \times 0.048 \times 240 = 5.8 \text{ J}$



٥. أ. $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{500} + \frac{1}{800} = \frac{13}{4000}$

$C_T = 308 \times 10^{-6} = 310 \mu\text{F} = 3.1 \times 10^2 \mu\text{F}$

(بِرَقْمَيْنِ مَعْنَوَيْنِ)

ب. كلا المكثفين لهما الشحنة نفسها.

٦. $Q = CV = 310 \times 10^{-6} \times 200 = 0.062 \text{ C}$

٧. أ. الطاقة المخزنة الابتدائية:

$$E_1 = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 470 \times 10^{-6} \times 30^2 = 0.2115 \text{ J}$$



د. ١. المكثفان موصلان على التوالى:
 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2.2} + \frac{1}{2.7} = 0.8249$
 $C_T = 1.2 \mu F$

المكثفان موصلان على التوازى:
 $C_T = C_1 + C_2 = 2.2 + 2.7 = 4.9 \mu F$

٢. التوصيل على التوازى له ثابت زمني أطول؛
 لذلك يستغرق زمن تلامس أطول خلال الاصمحلال.

ج. $V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

بأخذ لوغاريتmic الطرفين:

$$\ln V = \ln \left(V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \right) = \ln V_0 + \ln e^{-\frac{t}{RC}} \\ = \ln V_0 - \frac{t}{RC}$$

لذلك:

$$t = \left(\ln \frac{V}{V_0} \right) \times RC \\ = \left(\ln \frac{10}{5.0} \right) \times 820 \times 2.7 \times 10^{-6} = 1.5 \times 10^{-3} s$$

zadelm.com