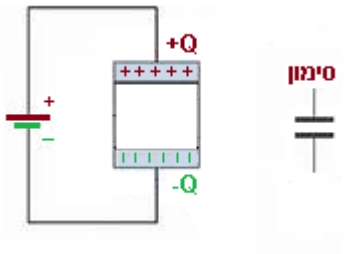
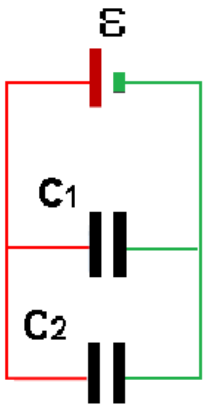
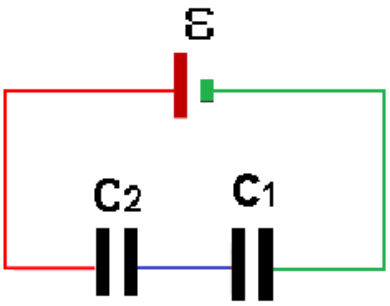
تلخيص المكثفات

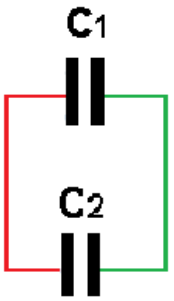
https://www.youcube.co.il

المكثف  	المكثف مركب من لوحين متطابقين ومتوازيين منفصلين عن بعضهما البعض. عندما يتم توصيل الألواح بمصدر جهد، تخرج الإلكترونات من أحد الألواح إلى اللوحة الأخرى. ويتحقق: 1. سيتم شحن اللوحة التي دخلت إليها الإلكترونات بشحنة سالبة واللوحة التي خرجت منها الإلكترونات ستُشحن بشحنة موجبة 2. كمية الإلكترونات الزائدة في اللوحة سالبة الشحنة تساوي كمية الإلكترونات المفقودة في اللوحة الموجبة الشحنة. إذا كانت شحنة اللوحة السالبة كولون واحد (سالبة الشحنة). الشحنة في اللوحة الموجبة هي كولون واحد (موجبة الشحنة). 3. مقدار الشحنة الكلية في المكثف يساوي دائمًا صفرًا. يتم تعريف شحنة المكثف على أنها مساوية لكمية الشحنة المنتقلة من لوحة الى أخرى أي مساوية لشحنة اللوحة موجبة الشحنة، ولا يمكن لمكثف أن يُشحن بشحنة سالبة. 4. بعد فترة طويلة من توصيل المكثف بمصدر الجهد، سيكون فارق الجهد بين لوحات المكثف مساويًا للقوة الكهربائية للمصدر، حتى لو لم يكن مصدر الجهد مثاليًا وله مقاومة داخلية. 5. اعتمادًا على اتجاه التيار الحقيقي (عكس ما هو متفق عليه)، سيتم شحن اللوحة الموصولة بالطرف الموجب للبطارية بشحنة موجبة وسيتم شحن اللوحة الموصولة بالطرف السالب للبطارية بشحنة سالبة. 6. تتغير وتيرة شحن المكثف كدالة للزمن بصورة أسية، مع مرور الزمن تقل وتيرة شحن المكثف. (على غرار نفخ الإطار). 7. يتعلق الجهد على كل لوحة بمقدار الشحنة في اللوحة. نظرًا لأن الألواح مشحونة بشحنات مختلفة، فسيكون هناك فارق جهد بين أطراف المكثف. وبعبارة أخرى، فإن المكثف المشحون له توتر.
تعريف السعة	يتعلق التوتر بين طرفي المكثف بشكل طردي على كمية شحنة المكثف، وعلى المكثف نفسه. يوجد مكثف إذا قمنا بشحنه في كولون واحد، فإن التوتر عليه سيكون 1 فولط، وهناك مكثف آخر إذا قمنا بشحنه في 1 كولون، فإن التوتر بين الأطراف سيكون 1000 فولط. لذلك يتعلق الجهد على المكثف بمقدار شحنة المكثف والمكثف نفسه. تُعرَّف سعة المكثف بأنها مقدار شحنة المكثف التي يكون جهد المكثف فيها 1 فولط. تعريف السعة $C = \frac{Q}{V}$ وحدات السعة هي كولون لكل فولط، إذا كانت سعة المكثف 5 كولون لكل فولط، فهذا يعني أنه مقابل كل إضافة 5 كولون، سيزداد التوتر بين أطراف المكثف بمقدار 1 فولط، أو اذا زدنا التوتر بين لوحتي المكثف بمقدار 1 فولط تزداد شحنته بمقدار 5 كولون. تسمى وحدات الكولون لكل فولط فاراد [F]
علاقة سعة المكثف على معطياته الهندسية	كلما زادت مساحة المكثف، ستزداد الشحنة المطلوبة لزيادة فارق الجهد بين أطراف المكثف بمقدار 1 فولط. لذلك فإن السعة تتناسب مع مساحة كل لوحة A تناسبًا طرديًا. حسب تعبير الحقل الكهربائي المتجانس، كلما زاد البعد بين لوحتي المكثف، قل فارق الجهد، وبالتالي فإن السعة تتعلق بالبعد بين الألواح في تناسب عكسي. تعريف سعة مكثف ألواح $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$ تتعلق السعة أيضًا على العازل الموجود بين لوحتي المكثف. ε_0- معامل نفاذية المجال الكهربائي بالفراغ, $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\ F \cdot m^{-1}$

	ε_r- كل عازل له قيمة ε_r, إذا أدخلنا مادة عازلة بين الألواح ، فستزداد سعة المكثف ε_r مرات كما نلاحظ من تعبير سعة المكثف
توصيل المكثفات على التوازي 	بعد فترة طويلة من توصيل المكثفات على التوازي بمصدر الجهد، يتحقق: 1. سيكون التوتر على كل من المكثفين متساوٍ ويساوي توتر المصدر، حتى لو كانت سعة المكثفات مختلفة. 2. تتعلق شحنة المكثف بالسعة وفقًا لتوتر المصدر حسب لتعريف السعة. نطوّر تعبيرًا للسعة المحصّلة، للمكثفات الموصولة على التوازي: التوتر على المكثف المحصّل يساوي التوتر على كل من المكثفات. الشحنة في المكثف المحصّل تساوي مجموع شحنات المكثفات. $U_{C_1} = U_{C_2} = U_{C_T}$ $Q_1 + Q_2 = Q_T$ حسب تعريف المكثف، نطوّر تعبيرًا لسعة المكثف المحصّل: $C = \frac{Q}{U}$ $Q_1 + Q_2 = Q_T$ $C_1 \cdot U_{C_1} + C_2 \cdot U_{C_2} = C_T \cdot U_{C_T}$ $C_1 \cdot \cancel{U_{C_1}} + C_2 \cdot \cancel{U_{C_2}} = C_T \cdot \cancel{U_{C_T}}$ $\boxed{C_T = C_1 + C_2}$
توصيل المكثفات على التوالي 	بعد فترة طويلة من توصيل المكثفات على التوالي بمصدر الجهد، يتحقق: 1. مقدار التوتر على المكثف يساوي توتر المصدر. 2. تدفع البطارية الشحنة بين الألواح الخارجية، ولا يتم شحن الألواح الداخلية للمكثفين، ولكن الحقل الكهربائي الناتج بين الألواح الخارجية يتسبب في حركة الشحن بين الألواح الداخلية. في التوصيل على التوالي، تكون شحنة كل من المكثفين متساوية حتى لو كانت سعة المكثفين مختلفة. نطوّر تعبيرًا للسعة المحصّلة، للمكثفات الموصولة على التوالي: التوتر على المكثف المحصّل يساوي مجموع التوترات على كل من المكثفين. الشحنة في المكثف المحصّل تساوي للشحنة كل من المكثفين. $U_{C_1} + U_{C_2} = \epsilon$ $Q_1 = Q_2 = Q_T$ حسب تعريف المكثف، نطوّر تعبيرًا للسعة المحصّلة للمكثفين الموصولين على التوالي: $C = \frac{Q}{U}$ $U_{C_1} + U_{C_2} = \epsilon$ $\frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_T}{C_T}$ $\frac{\cancel{Q_1}}{C_1} + \frac{\cancel{Q_2}}{C_2} = \frac{\cancel{Q_T}}{C_T}$ $\boxed{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_T}}$

للتلخيص: العمليات الخاصة بإيجاد السعة المحصّلة للمكثفات الموصولة على التوالي هي عكس العمليات الخاصة بإيجاد المقاومة المحصّلة للمقاومات الموصولة على التوالي.

توصيل المكثفات المشحونة



بعد فترة طويلة من توصيل مكثفتين مشحونين ببعضهما البعض، يتحقق:

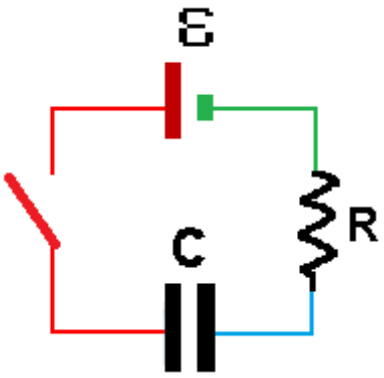
1. التوتر على كل من المكثفين متساوٍ.
2. كمية الشحنات على المكثفين بعد فترة طويلة من توصيلهما تساوي كمية الشحنات على المكثفات قبل توصيلهما (مبدأ حفظ كمية الشحنة).

بمساعدة تعريف السعة، من الممكن كتابة معادلتين بمجهولين وإيجاد الشحنة النهائية في المكثفين اعتمادًا على سعتهما وشحنتهما الأولية.

$$U'_{C_1} = U'_{C_2} \Rightarrow \frac{Q_1'}{C_1} = \frac{Q_2'}{C_2}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$$

شدة التيار عملية شحن المكثف



إذا وصلنا مقاوم ومكثف غير مشحون على التوالي. في أي لحظة، يكون مجموع التوترات على المقاوم والمكثف مساويًا لتوتر المصدر :

$$U_C + U_R = \epsilon$$

لحظة إغلاق قاطع الدائرة، المكثف غير مشحون، التوتر على المكثف يساوي الصفر.

والتوتر على المقاوم يساوي توتر المصدر، نجد التيار الأولي I_0:

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$$

مع مرور الزمن، يتم شحن المكثف، ويزداد التوتر عليه، ويقل التوتر على المقاوم، وفقًا لقانون أوم على المقاوم تقل شدة التيار بالدائرة. من حل المعادلة التفاضلية، يتم الحصول على تعبير التيار في أي لحظة:

التيار اللحظي أثناء عملية شحن المكثف أو تفريغه	$i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

نبيّن أن حاصل الضرب RC له وحدات زمنية :

$$R \cdot C = \frac{U}{I} \cdot \frac{Q}{U} = \frac{Q}{I}$$

$$I = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{I}$$

$$\boxed{R \cdot C = t}$$

شدة التيار بعد فترة زمنية تساوي RC :

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = I_0 \cdot e^{-1} = 0.367 \cdot I_0$$

شدة التيار بعد فترة زمنية تساوي 5RC:

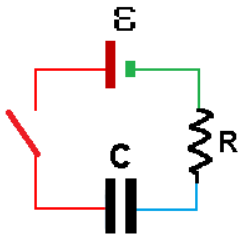
$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = I_0 \cdot e^{-5} = 0.0067 \cdot I_0$$

يمكن القول أنه بعد مرور زمن يساوي 5RC ثانية، يكون التيار صفراً، والتوتر على المقاوم يساوي الصفر والمكثف يُشحن بتوتر مساوٍ لتوتر المصدر.

من المتبع أن نشير لـ RC بالحرف تاو :

$$\tau = R \cdot C$$

التوتر على المكثف أثناء عملية الشحن



أثناء شحن المكثف، يزداد التوتر عليه ويقل التوتر على المقاوم.
سوف نعبر عن التوتر على المكثف بمساعدة قانون أوم على المقاوم:

$$U_C(t)+U_R(t)=\varepsilon$$

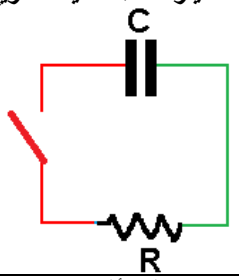
$$U_R(t)=\varepsilon-U_C(t)$$

$$U_R(t)=\varepsilon-U_C(t)=\varepsilon-I_0\cdot e^{-\frac{t}{RC}}\cdot R=\varepsilon-\varepsilon\cdot e^{-\frac{t}{RC}}=\varepsilon(1-e^{-\frac{t}{RC}})$$

التوتر اللحظي أثناء شحن المكثف

$$V_C(t)=\varepsilon(1-e^{-\frac{t}{RC}})$$

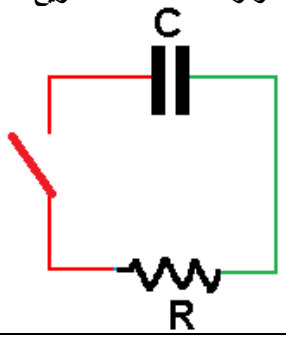
شدة التيار أثناء عملية التفريغ



إذا تم توصيل مكثف مشحون بدائرة مغلقة، فسوف يتفرغ المكثف عبر المقاوم، وتكون شدة التيار فورًا عند بداية التفريغ القصوى، مع مرور الوقت، تصغر شدة التيار، (مثل الهواء الخارج من ثقب في إطار). تعبير تيار التفريغ شبيه بتعبير تيار الشحن باعتبار أنّ RC مماثل.
بعد مرور زمن مقداره RC ثوانٍ ، ينخفض التيار في المكثف إلى 0.367 من التيار الأولي.
بعد مضي زمن مقداره 5 RC ثوانٍ، يكون تيار المكثف صفراً ، يمكن القول أن المكثف قد تفرغ.

وفقًا لتوصيل الدائرة، يتم تفريغ المكثف أو شحنه، وتستخدم المفاتيح لتغيير توصيل الدائرة.

توتر المكثف أثناء التفريغ



التوتر على المكثف يساوي التوتر على المقاوم، نستخدم تعبير التيار وقانون أوم للتعبير عن توتر المكثف في أي لحظة:

$$U_C(t)=I(t)\cdot R=I_0\cdot e^{-\frac{t}{RC}}\cdot R=I_0\cdot R\cdot e^{-\frac{t}{RC}}=U_{C_0}\cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

التوتر اللحظي على المكثف أثناء التفريغ

$$V_c=V_0\,e^{-\frac{t}{RC}}$$

الطاقة المخزّنة في المكثف

إذا قمنا بتوصيل مكثف بدائرة كهربائية، فسيتسبب المكثف في تيار تفريغ (في الاتجاه المعاكس لتيار الشحن)، مما يعني أنه يجب أن يكون لديه القدرة على أداء شغل كهربائي، لذا يكون لديه طاقة كهربائية.
مثل أي شغل كهربائي، يتم تحديد مقدار الشغل بضرب فارق الجهد في الشحنة المدفوعة، يقل توتر المكثف أثناء تفريغ شحنته، نُشير الى الشحنة في لحظة بدء التفريغ Q (تساوي كل الشحنة المدفوعة)، التوتر البدائي للمكثف UC. في نهاية عملية التفريغ، يكون الجهد على المكثف مساويًا للصفر.
لحساب الشغل سوف نتطرق إلى متوسط التوتر:

$$w=\Delta V\cdot q=\frac{U_C+0}{2}\cdot Q$$

$$E=\frac{U_C\cdot Q}{2}$$

طاقة مكثف مشحون $U=\frac{1}{2}CV_{AB}^2$

نستخدم تعريف السعة للتعبير عن طاقة المكثف:

$$E=\frac{U_C\cdot Q}{2}=\frac{U_C\cdot C\cdot U_C}{2}=\frac{C\cdot U_C^{\,2}}{2}=\frac{Q^2}{2\cdot C}$$

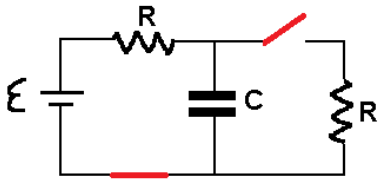
الشغل الذي بذله المصدر لشحن المكثف أكبر بمرتين:

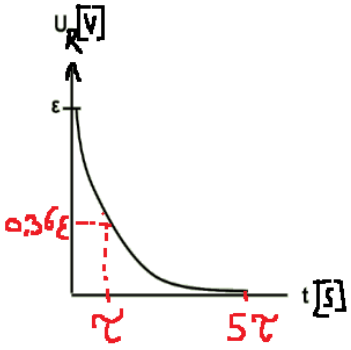
$$w=\Delta V\cdot Q$$

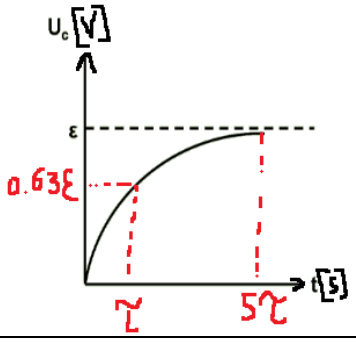
$$W=U_C\cdot Q=\frac{Q}{C}\cdot Q=\frac{Q^2}{C}$$

ومن ثم فإن 50 في المائة من الطاقة المبذولة تُهدر كحرارة.

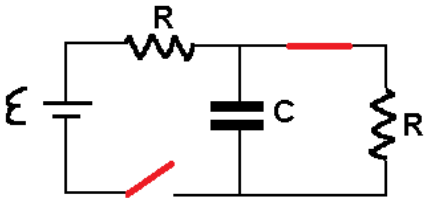
التوتر على المكثف والمقاوم أثناء عملية الشحن

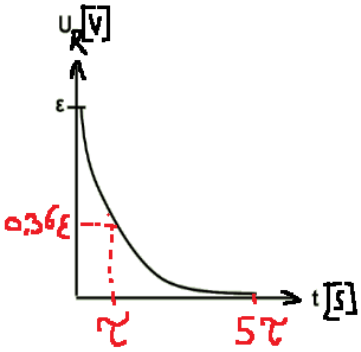


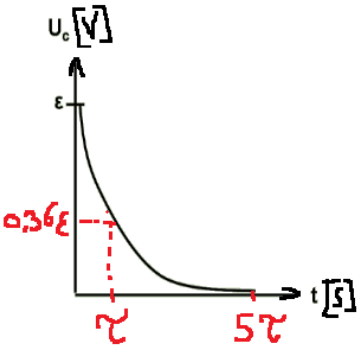




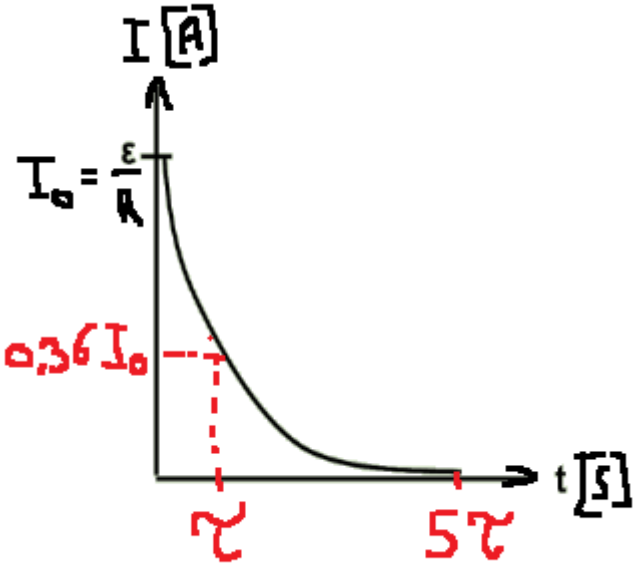
التوتر على المكثف والمقاوم أثناء عملية التفريغ







التيار أثناء عملية الشحن والتفريغ



https://www.youcube.co.il