تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج القطرية

مراجعة شاملة في المكثفات: التركيب، السعة، والطاقة في الدوائر الكهربائية

تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2025-02-21 15:12:43

المزيد من مادة فيزياء:	ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس

التواصل الاجتماعي بحسب المستوى الحادي عشر العلمي

صفحة المناهج القطرية على فيسبوك					
المواد على تلغرام	التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات	

المزيد من الملفات بحسب المستوى الحادي عشر العلمي والمادة فيزياء في الفصل الثاني

1	أوراق عمل مجابة حول فهم أشباه الموصلات وأنواعها
2	أوراق عمل مجابة في المكثفات والدوائر الكهربائية
3	أوراق عمل مجابة حول المكونات الإلكترونية مع بعض المسائل الحسابية
4	أوراق عمل مسيعيد منتصف الفصل مع الإجابة النموذجية
5	أوراق عمل مسيعيد منتصف الفصل غير مجابة

دولـــة قطـــر
State of Qatar

سلسلة الأول في الفيزياء

أ/ محمد رمضان

صف حادي عشر

الترم الثاني 2025

الوحدة الرابعة

الأجهزة الإلكترونية في دوائر التحكم العملية

Electronic devices in Control circuits

الدرس الأول

المكثفات

Capacitors

Mohamed Ramadan 55301775

الدرس الأول

المكثفات

Capacitors

- **مراجعة كهربائية:**

- التيار الكهربائي هو تدفق للإلكترونات داخل الموصلات (conductors) نتيجة لفرق الجهد (Potential Difference) بين نقطتين.
- يقاس شدة التيار الكهربائي (Current Intensity) بوحدة الأمبير (Ampere) ويقاس بواسطة الأميتر(Ammeter) .
- يقاس فرق الجهد الكهربائي (Potential Difference) بوحدة الفولت (Volt) ويقاس بواسطة الفولتميتر(Voltmeter) .
- تحدد المقاومات (Resistance) كمية التيار المتدفق نتيجة لفرق جهد معين. فالمقاومة الكبيرة تسمح لتيار صغير للمرور، أما المقاومة الصغيرة فتسمح لتيار كبير للمرور.
- تقاس المقاومات بوحدة الأوم (Ohm) وتقاس بواسطة الأوميتر (ohmmeter).
- قانون أوم (Ohm's Law):

$$V = I \times R$$

- المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي (Series):

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

- المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوازي (Parallel):

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

- القدرة الكهربية:

$$P = V \times I$$

- تقاس القدرة الكهربائية بوحدة الواط (Watt)

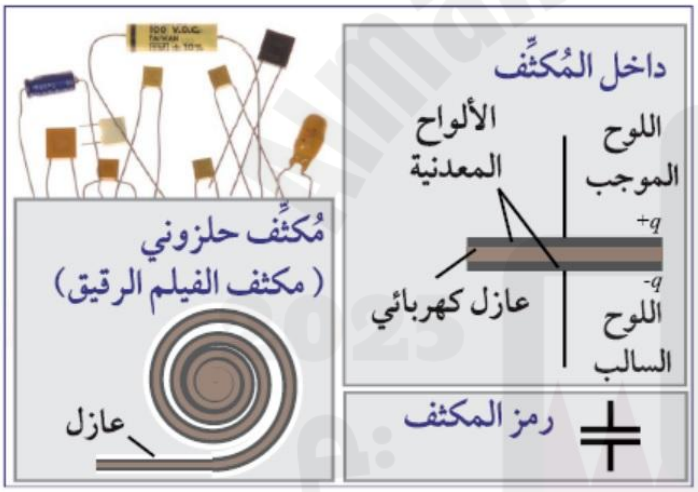
Mohamed Ramadan 55301775

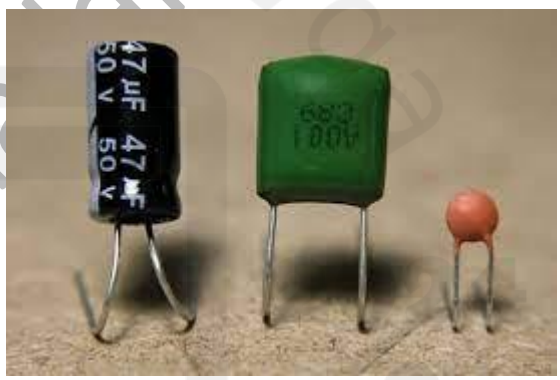
- **المكثف (Capacitor):**

هو جهاز يخزن الشحنات الكهربائية.

✓ يتكون المكثف من لوحين معدنيين وبينهما عازل كهربائي.
✓ تتنوع المواد التي تكون عوازل كهربائية مثل: الزجاج، المطاط، السيراميك والورق.
✓ لتخزين شحنة أكبر، يلجأ المصنعون إلى لف الألواح مع العازل بشكل حلزوني.
✓ يرمز للمكثف الكهربائي في الدوائر الكهربائية بخطين متوازيين يمثلان اللوحين المعدنيين.

✓ يمكننا توصيل مكثف على التوالي مع بطارية ومقاومة، عند إغلاق مفتاح الدائرة سوف يتم شحن المكثف حيث تتراكم الشحنات الموجبة على أحد اللوحين وتتراكم كمية مماثلة من الشحنات السالبة على اللوح الآخر. ينشأ من اختلاف الشحنات على اللوحين فرق جهد كهربائي بين لوحي المكثف.





- **السعة الكهربائية (Capacitance):**

هي نسبة الشحنة الكهربائية المختزنة في مكثف إلى فرق الجهد بين لوحية. ووحدة قياس السعة الكهربائية هي الفاراد (Farad) نسبة إلى العالم (فاراداى)

السعة الكهربائية		
$C = \frac{Q}{V}$	C	السعة الكهربائية (F)
	Q	الشحنة الكهربائية (C)
	V	فرق الجهد الكهربائي (V)

- **الفاراد (Farad):**

هي سعة مكثف يمكنه تخزين شحنة مقدارها كولوم واحد عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه واحد فولت.

✓ إن مقدار واحد فاراد هو مقدار كبير من السعة، ولكن تتراوح السعة المستخدمة في مجال الإلكترونيات بين بيكو فاراد ($1pF = 10^{-12}$ F) إلى نانو فاراد ($1nF = 10^{-9}$ F) أو بضع مئات من الميكرو فاراد ($1\ \mu F = 10^{-6}$ F)

مثال:

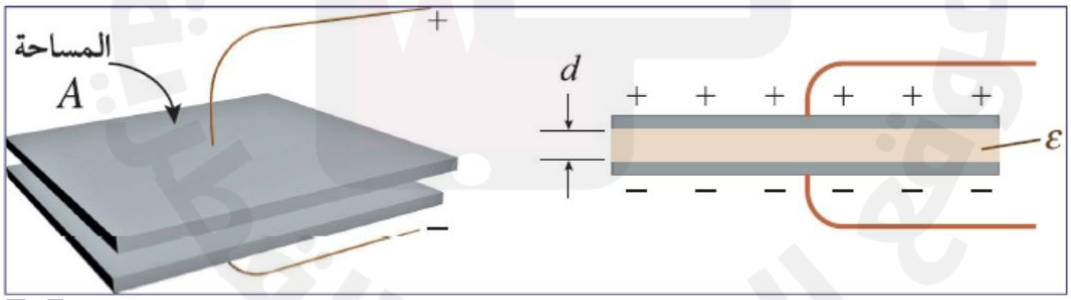
وصل مكثف مع بطارية فرق الجهد بين قطبيها 12 V فاختزن شحنة مقدارها $6x10^{-5}$ C احسب سعة هذا المكثف.

الحل:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{6x10^{-5}}{12} = 5x10^{-6}\ F = 5\ \mu F$$

- **المكثف المتوازي اللوحين:**

يتكون أبسط أنواع المكثفات من لوحين موصلين ومتوازيين، مساحتهما المشتركة A وتفصل بينهما مساحة d. تُملأ المنطقة بين اللوحين بمادة عازلة سماحيتها الكهربية ε، وإذا كان الوسط العازل فراغاً تكون سماحيته $\varepsilon_o = 8.85x10^{-12}$ F/m



سعة المكثف		
$C = \varepsilon \frac{A}{d}$	C	السعة الكهربائية (F)
	A	المساحة المشتركة للوحين المتوازيين (m^2)
	ε	السماحية الكهربائية ε (F/m)
	d	المسافة بين اللوحين (m)

Almanahj.com Mr. Mohamed Ramadan 55301775

- ✓ تزداد السعة الكهربائية بازدياد مساحة اللوحين، وتنقص بازدياد المسافة بينهما.
- ✓ تُملأ المنطقة بين اللوحين – في حالة الأجهزة الإلكترونية – بمادة عازلة تكون سماحيتها الكهربائية ε أكبر من سماحية الفراغ ε_o، وذلك من أجل زيادة السعة الكهربائية.
- ✓ المواد العازلة كالزجاج والبلاستيك لها سماحية تتراوح بين $\varepsilon = (10\text{-}20)\ x10^{-12}$ F/m، بينما سماحية الماء = $708x10^{-12}$ F/m

- ✓ **ثابت العازل (السماحية النسبية)**: يُعرف ثابت العازل كنسبة سماحية العازل إلى سماحية الفراغ.

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \frac{708x10^{-12}}{8.85x10^{-12}} = 80$$ فمثلاً السماحية النسبية (ثابت العازل للماء)

وبالتالي فإن:

السماحية النسبية	ε	السماحية الكهربائية (F/m)
$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$	ε_r	السماحية النسبية
	ε_0	سماحية الفراغ (8.85×10^{-12} F/m)

مثال:

احسب السعة الكهربائية لمكثف، المساحة المشتركة اللوحية $1m^2$ والمسافة بينهما 1mm حيث العازل هو الفراغ.

الحل:

$$C = \varepsilon_o \frac{A}{d} = 8.85x10^{-12} \times \frac{1}{0.001} = 8.85 \times 10^{-9}\ F$$

مثال:

احسب المساحة المشتركة للوحى مكثف إذا كانت سعته الكهربائية 10^{-5} F والمسافة بين لوحيه 0.1mm وثابت العازلية الكهربائية بين لوحيه $\varepsilon_r = 3.5$

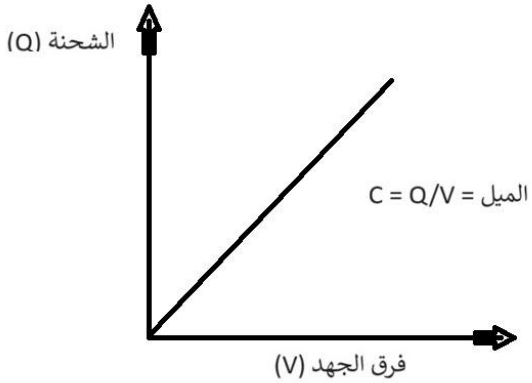
الحل:

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

$$A = \frac{C\ d}{\varepsilon o\ \varepsilon r} = \frac{10^{-5}}{8.85\ x\ 10^{-12}} \times \frac{0.0001}{3.5} = 32.3\ m^2$$

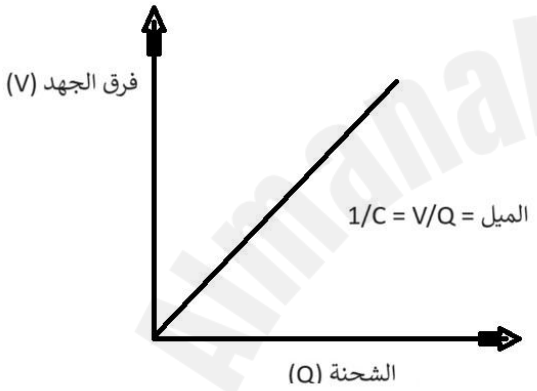
Mohamed Ramadan 55301775

- **<u>ميل منحنى (Q-V)</u>:**



ميل المنحنى = $\frac{Q}{V}$ = C (سعة المكثف)

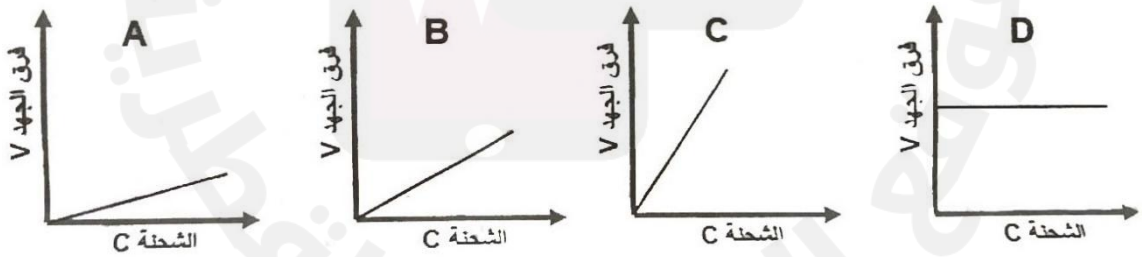
- **<u>ميل منحنى (V-Q)</u>:**



أما ميل المنحنى = $\frac{V}{Q}$ = $\frac{1}{C}$

مثال:

أي من المنحنيات التالية تمثل المكثف ذو السعة الأكبر؟



الحل:

المكثف A

- **<u>الطاقة المختزنة في المكثف</u>:**

أحد لوحي المكثف يخزن شحنات موجبة، بينما يخزن الآخر شحنات كمية مماثلة من الشحنات السالبة. يؤدى تجمع شحنه موجبة مقدارها 1C على أحد لوحى المكثف وأخرى سالبة 1C- على لوحه الآخر إلى اختزان طاقة في المكثف، تسمى طاقة الوضع المختزنة لكل وحدة شحنات بسبب فرق الجهد بين اللوحين.

الطاقة المختزنة في المُكثِّف	E	الطاقة المختزنة (J)
$E = \frac{1}{2} Q.V$	Q	الشحنة الكهربائية (C)
	V	فرق الجهد الكهربائي (V)

- $E = ½\ Q.V = ½\ C.V.V = ½\ C.V^2$
- $E = ½\ Q.V = ½\ Q.\frac{Q}{C} = ½\ \frac{Q^2}{C}$

مثال:

مكثف كيميائي سعته 27μF وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه يساوي 45V. ما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف؟

الحل:

$C = 27\mu F = 27 \times 10^{-6}\ F$

$E = ½\ Q.V = ½\ C.V.V = ½\ C.V^2$

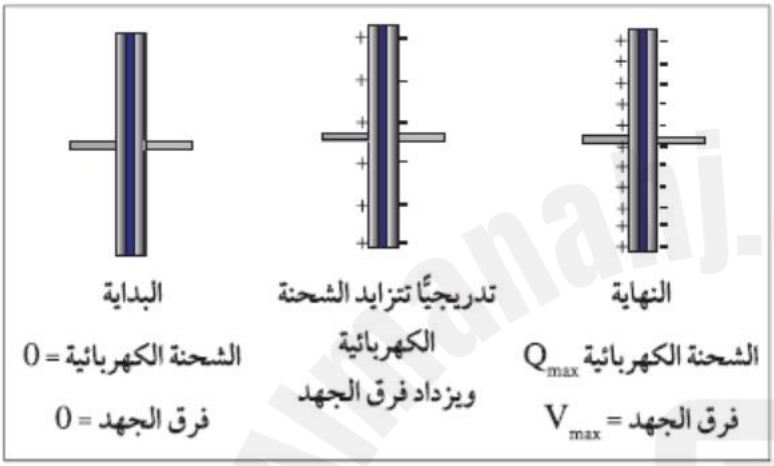
$= ½ \times 27 \times 10^{-6} \times (45)^2 = 0.027\ J$

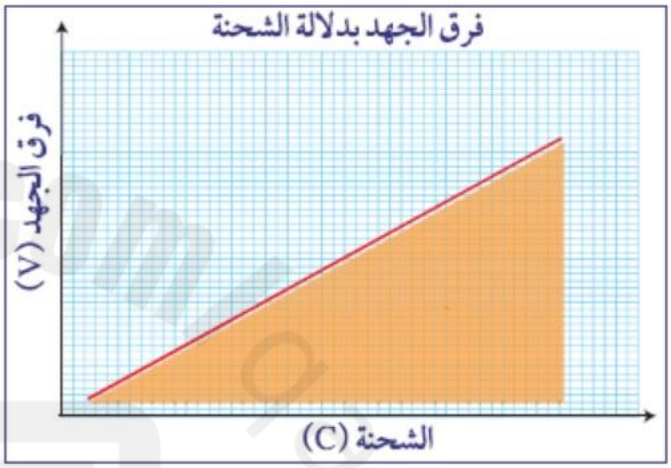
Almanahi.com/qa
Mohamed Ramadan 55301775

- **<u>الشغل المبذول والطاقة المختزنة في المكثف</u>:**

يوضح الشكل تزايد الشحنة الكهربائية، وفرق الجهد تدريجياً في المكثف الفارغ أثناء شحنه. يتطلب تخزين الشحنة الأولى شغلاً قليلاً ويكون فرق الجهد قليل أيضاً.
كلما ازدادت شحنة المكثف، تزايد التنافر بين شحناته المتشابهة وتزايد الجذب بين شحناته المختلفة، فيزداد فرق الجهد بين اللوحين.

إذا رسمنا العلاقة بين Q وV نحصل على المنحنى التالي:





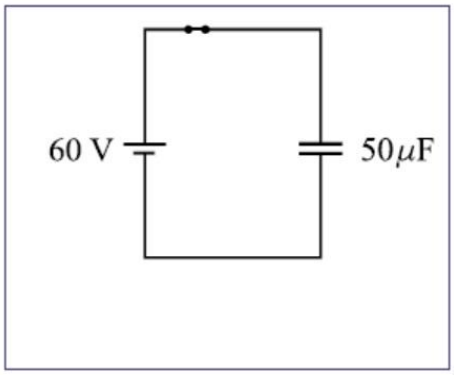
✓ يمكن الحصول على الطاقة المختزنة من المساحة تحت منحنى (الشحنة - فرق الجهد)

$E = ½ QV$

مثال:

مكثف سعته 50μF يراد شحنه ليكون فرق الجهد بين طرفيه 60V.

1. احسب الشحنة الكهربائية للمكثف.
2. احسب الطاقة المختزنة في المكثف.
3. احسب الطاقة المختزنة في المكثف إذا تضاعف فرق الجهد بين طرفيه إلى 120V



الحل:

1. لحساب الشحنة:

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

$$Q = CV = 50x10^{-6} \times 60 = 0.003\ C$$

2. لحساب الطاقة المختزنة:

$$E = ½\ QV = ½ \times 0.003 \times 60 = 0.09\ J$$

3. إذا تضاعف فرق الجهد إلى 120V

$$Q = CV = 50x10^{-6} \times 120 = 0.006\ C$$

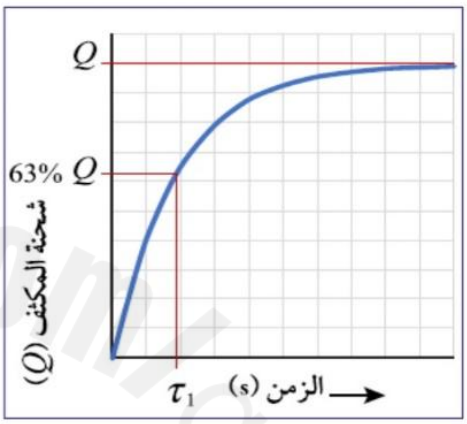
$$E = ½\ QV = ½ \times 0.006 \times 120 = 0.36\ J$$

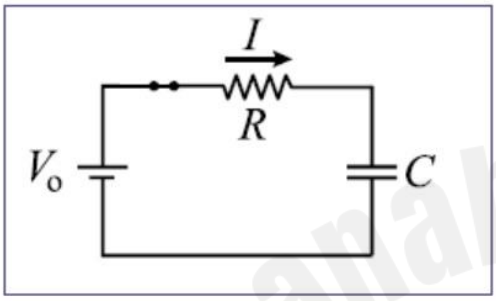
Almanahj.com Mohamed Ramadan 55301775

- **<u>شحن المكثف</u>:**

يُشحن المكثف بوصل طرفيه بمصدر فرق جهد.

1. عند غلق الدائرة الكهربائية، يمر التيار الكهربائي حتى يتراكم ما يكفى من الشحنات على لوحي المكثف لتكوين أقصى فرق جهد مساوى لفرق جهد البطارية V_o.
2. يتوقف التيار الكهربائي عن التدفق عندما يصل فرق جهد طرفي المكثف إلى V_o، فيتعادل عندها فرق جهد المصدر مع فرق جهد المكثف.





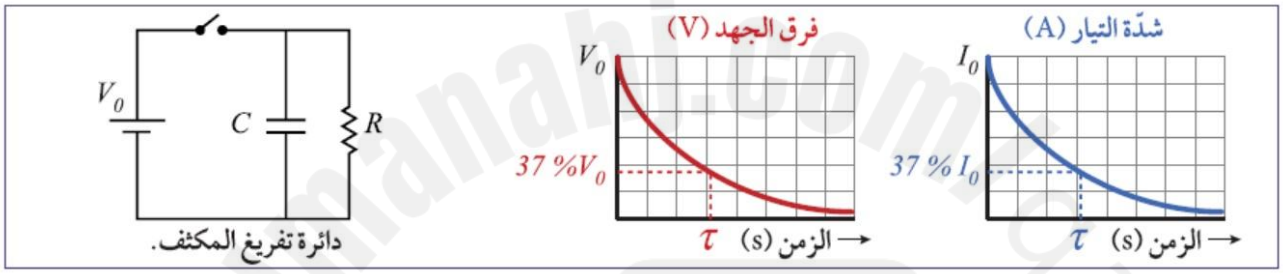
- يعتمد معدل تراكم الشحنة الكهربائية (زمن شحن المكثف) على سعة المكثف، وعلى المقاومة الكلية في الدائرة.
- (الثابت الزمني time constant) هو الزمن المستغرق لشحن المكثف بنسبة 63%.
- تعرف معادلة (الثابت الزمني time constant) كحاصل ضرب المقاومة الكلية R للدائرة في سعة المكثف C.

الثابت الزمني	τ	الثابت الزمني (s)
$\tau = RC$	R	المقاومة الكهربائية (Ω)
	C	السعة الكهربائية (F)

- يستغرق شحن المكثف بالكامل ما يقارب (5τ)، وهى المدة الزمنية نفسها التي يحتاج إليها لتفريغ شحنته في المقاومة نفسها.

شحن المُكثِّف		تفريغ المُكثِّف	
الشحنة %	τ	الشحنة %	τ
63.2	1	36.8	1
86.5	2	13.5	2
95.0	3	5.0	3
98.2	4	1.8	4
99.3	5	0.7	5

- **تفريغ المكثف:**



مثال:

عند توصيل مكثف سعته 12μF على التوالي مع مقاومة 6Ω في دائرة كهربائية، فإن زمن شحن المكثف أو تفريغه يعتمد على مقدار كل من المقاومة والسعة. ويمثل ذلك بثابت يسمي الثابت الزمني.

a) احسب الثابت الزمني لهذه الدائرة

b) احسب الزمن الكلى اللازم لشحن المكثف بالكامل.

الحل:

(a $\tau = R \times C$

$= 6 \times 12 \times 10^{-6} = 7.2 \times 10^{-5}$ s

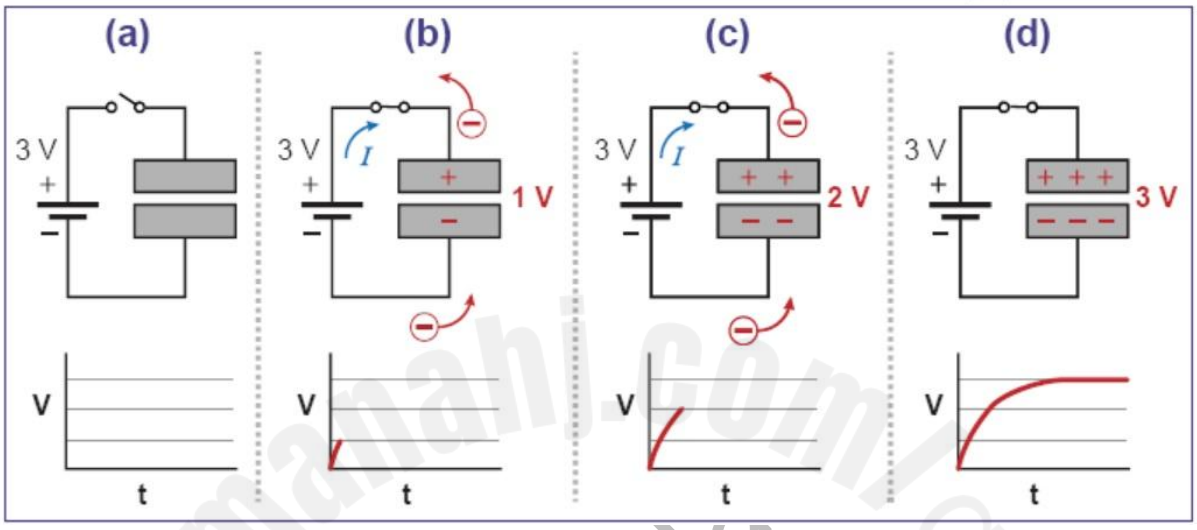
(b $t = 5\tau$

$= 5 \times 7.2 \times 10^{-5} = 3.6 \times 10^{-4}$ s

- **<u>فهم كيفية تدفق التيار الكهربائي عند شحن المكثف الكهربائي:</u>**

✓ ليس هناك أي توصيل كهربائي بين لوحي المكثف، فالفراغ بينهما قد سُد بعازل كهربائي.

✓ يستطيع التيار الكهربائي أن يتدفق في دوائر التيار المستمر، <u>ولكن ليس عبر المكثف</u>.



a) الدائرة مفتوحة، وبالتالي لا يمر تيار.

b) الدائرة مغلقة والتيار يسرى، يجذب القطب الموجب للبطارية الإلكترونات من لوح المكثف الموصول به، فيترك على اللوح شحنات موجبة. في نفس الوقت تتحرك شحنات سالبة من البطارية إلى لوح المكثف الموصول به، فتتراكم شحنات سالبة على اللوح.

c) يزداد فرق جهد المكثف كلما ازداد تراكم الشحنات على لوحيه.

d) يتوقف تدفق الشحنات على لوحي المكثف عندما يتساوى جهد المكثف مع فرق جهد البطارية.

✓ يعمل المكثف المشحون بالكامل كدائرة مفتوحة، فيتوقف مرور التيار فيه.

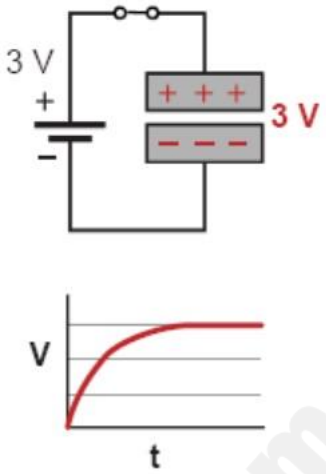
✓ يمر التيار فقط أثناء عملية الشحن والتفريغ.

✓ في دوائر التيار المتردد (AC)، ينعكس التيار مرتين في كل زمن دوري، ويحاول جهد المكثف دائماً اللحاق بجهد المصدر، الأمر الذى يجعل المكثف في حالة شحن وتفريغ على الدوام.

- **<u>الفرق بين استخدام تيار ثابت وتيار متردد في دوائر المكثفات</u>:**

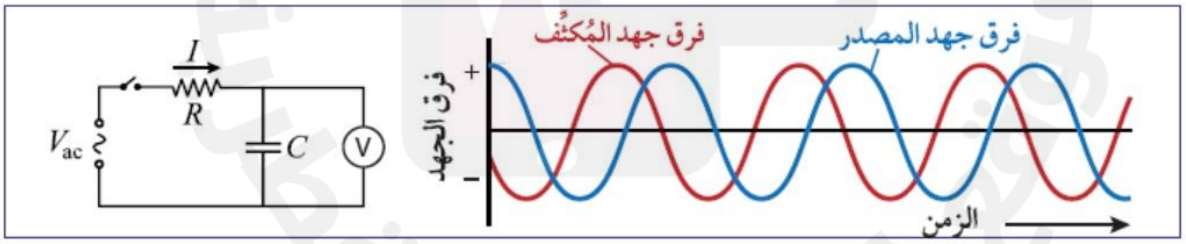
1- <u>التيار الثابت (DC)</u>:

في دوائر التيار الثابت، يتوقف التيار عند اكتمال شحن المكثف بسبب تولد فرق جهد بين لوحي المكثف يساوي ويعاكس فرق جهد البطارية.



2- <u>التيار المتردد (AC)</u>:

أما في دوائر التيار المتردد، فلا يتوقف مرور التيار لأن اتجاه التيار المتردد ينعكس في كل زمن دوري مرتين، وبالتالي فإن جهد المكثف يحاول اللحاق بجهد المصدر مما يجعل المكثف في حالة شحن وتفريغ مستمر.

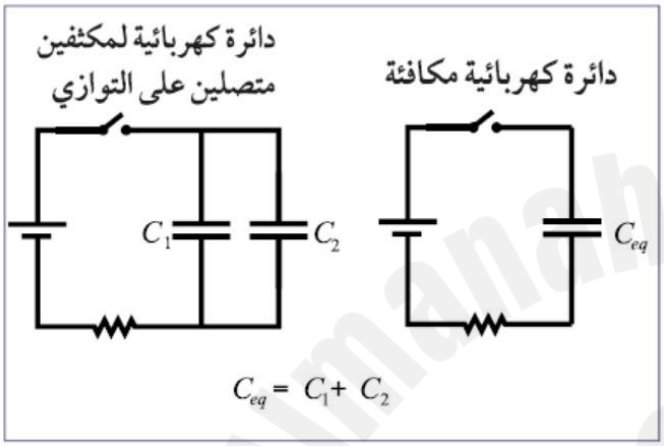


- **<u>المكثفات في دوائر التيار المستمر:</u>**

إذا اشتملت الدائرة الكهربائية على أكثر من مكثف، فإن السعة عندها تتمثل بنموذج مكثف مكافئ لكل المكثفات. تشبه هذه الطريقة نموذج المقاومة المكافئة لمقاومتين أو أكثر في دائرة كهربائية واحدة.

1. <u>المكثفات المتصلة على التوازي:</u>

عند توصيل المكثفات على التوالي، فإن الشحنة Q_{eq} تساوى مجموع الشحنات على المكثف الأول والثاني.



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

$$C_{eq}V = C_1V + C_2V$$

وبما أن فرق الجهد على كل مكثف هو نفسه فرق الجهد للبطارية

$$C_{eq}\cancel{V} = C_1\cancel{V} + C_2\cancel{V}$$

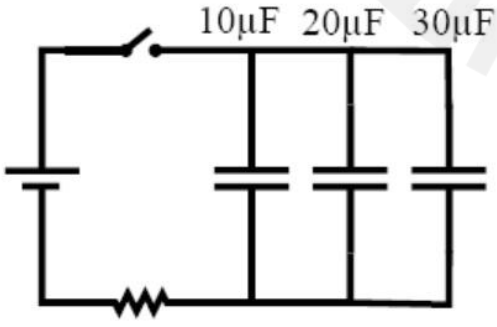
$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

السعة المكافئة (على التوازي)	C_{eq}	السعة المكافئة (F)
$C_{eq} = C_1 + C_2$	C_1	السعة 1 (F)
	C_2	السعة 2 (F)

مثال:

ما السعة المكافئة عند توصيل مكثف 10μF ومكثف 20μF ومكثف 30μF على التوازي.

الحل:



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

$$C_{eq} = 10\mu F + 20\mu F + 30\mu F = 60\mu F$$

2. المكثفات المتصلة على التوالي:

عند توصيل المكثفات على التوازي، فإن الشحنة Q_{eq} تساوى مجموع الشحنات على المكثف الأول والثاني.

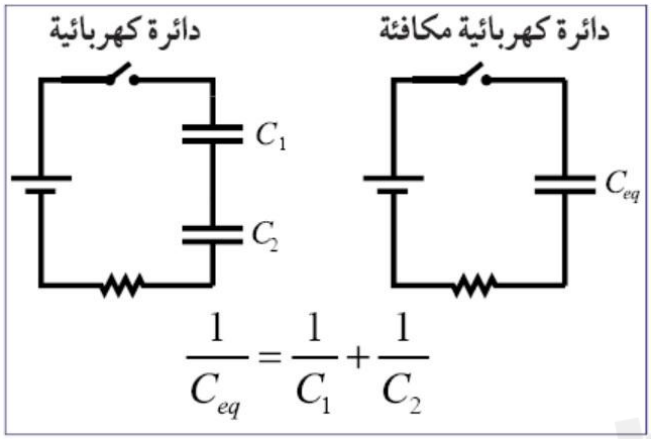
$$V_{eq} = V_1 + V_2$$

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

وبما أن الشحنات ثابتة

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

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

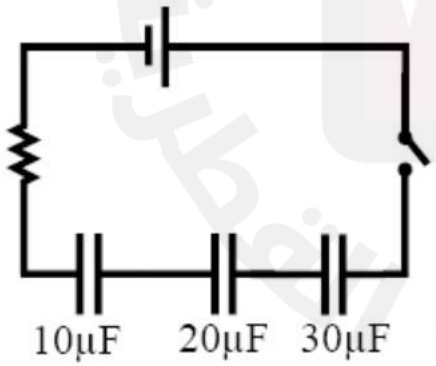


السعة المكافئة (على التوالي)		
$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	C_{eq}	السعة المكافئة (F)
	C_1	السعة 1 (F)
	C_2	السعة 2 (F)

مثال:

ما السعة المكافئة عند توصيل مكثف 10μF ومكثف 20μF ومكثف 30μF على التوالي.

الحل:



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

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{11}{60}$$

$$C_{eq} = \frac{60}{11} = 5.45\ \mu F$$