

المكثفات Capacitors

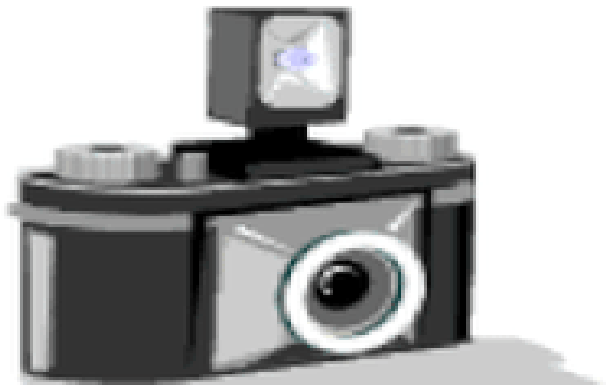
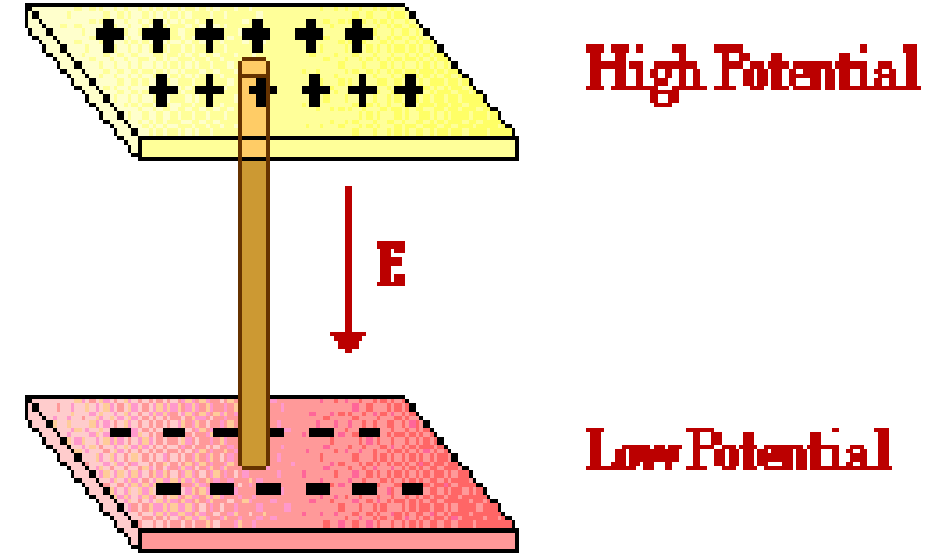
4

المكثفات

قناة قطوف فيزيائية



يتكون المكثف متوازي اللوحين من صفيحتين مساحة كلاً منهما (A) وتفصل بينهما مسافة (d) يفصل بينهما الهواء أو مادة عازلة



يُستخدم المكثف في تخزين طاقة الوضع الكهربائية واستردادها لحظياً

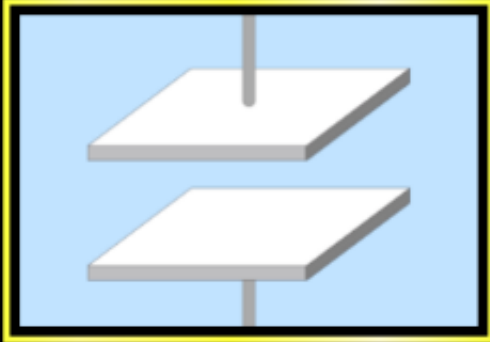
سعة المكثف (C)

النسبة بين مقدار الشحنة على أحد لوحيه إلى فرق الجهد بين لوحيه المكثف

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

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

Capacitor Lab: Basics



Capacitance



Light Bulb

PHET:

1- المكثف له سعة سواء كان مشحوناً أو غير مشحون

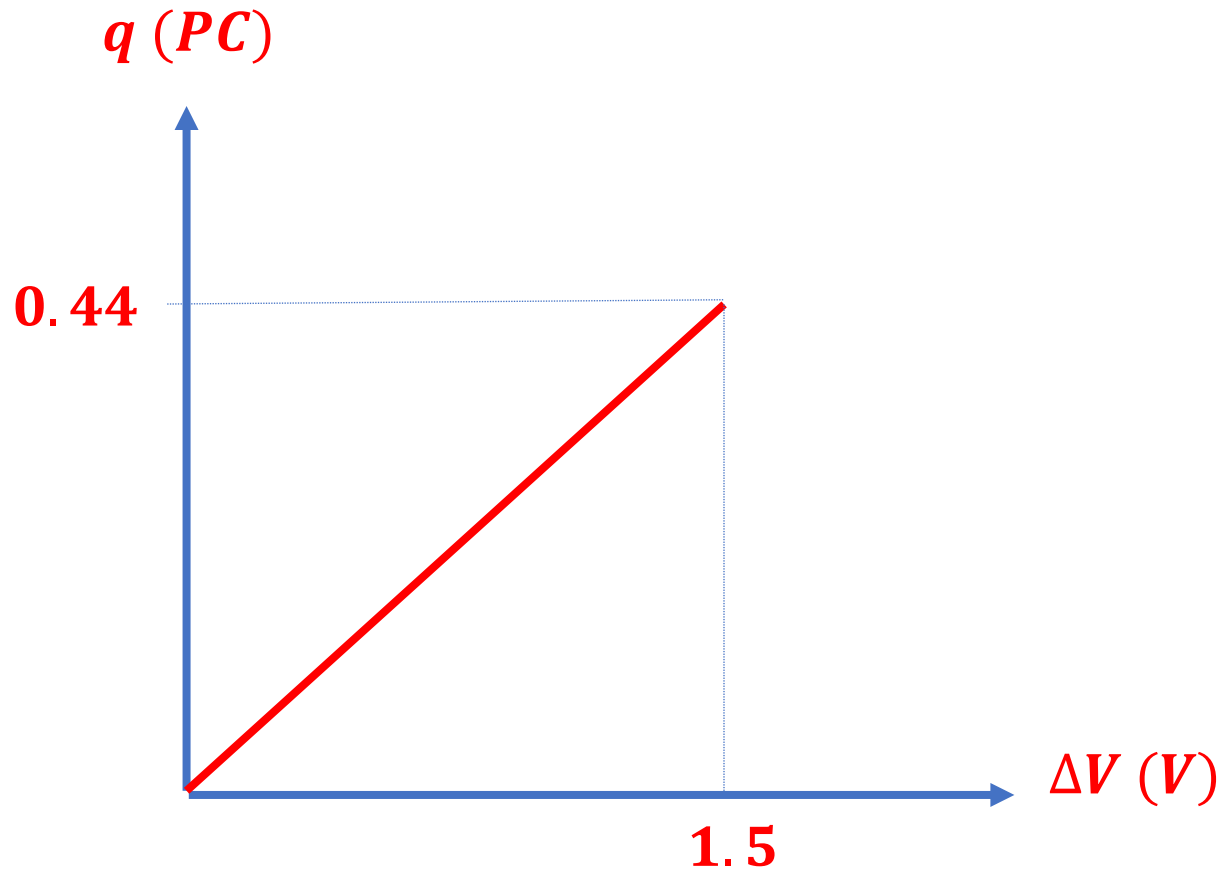
2- يتم شحن المكثف باستخدام بطارية

3- بزيادة فرق الجهد تزداد الشحنة على اللوحين بينما لا تتغير السعة

4 - تتوقف عملية الشحن عندما يتساوى فرق الجهد بين لوحي المكثف مع فرق جهد البطارية

5- الشحنة على اللوحين تكون متساوية في المقدار ومختلفة في الإشارة

6- لا تعتمد سعة المكثف على فرق الجهد أو الشحنة



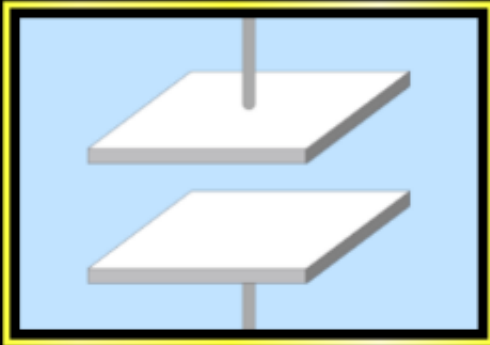
$$C = \text{الميل} = \frac{0.44 - 0}{1.5 - 0} = 0.30 \text{ PF}$$

$U =$ المساحة تحت المنحنى

$$U = \frac{1}{2} q \Delta V$$

$$U = \frac{1}{2} (0.44)(1.5) = 0.33 \text{ PJ}$$

Capacitor Lab: Basics



Capacitance



Light Bulb

1- يتم شحن المكثف باستخدام بطارية

2- لاحظ :

• قبل الشحن :

شحنة كل لوح صفر
وشحنة المكثف الكلية صفر

• بعد الشحن :

يُشحن اللوحين بشحنتين متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع – شحنة المكثف الكلية صفر

3- يتم تفريغ المكثف عندما يتصل المكثف المشحون بمقاومة

4- بعد تفريغ المكثف كلياً : تنعدم الشحنة وفرق الجهد بينما لا تتغير سعته

مراجعة المفاهيم 4.1

يعرض الشكل مكثفًا مشحونًا. ما مجموع الشحنة الكلية على لوحَي المكثف؟

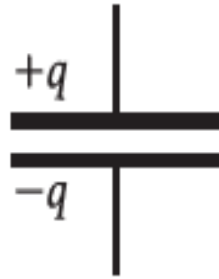
● $(+q) + (-q) = 0$

b) $|+q| + |-q| = 0$

c) $|+q| + |-q| = 2q$

d) $(+q) + (-q) = 2q$

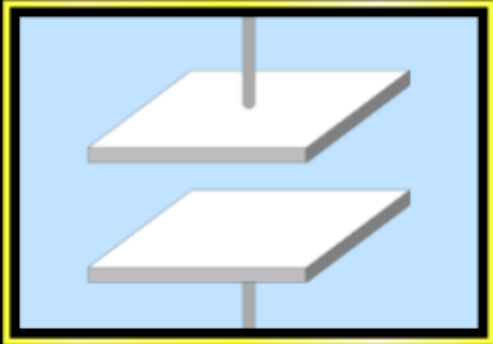
e) q



	السلك
	المكثف
	المقاوم
	المحث
	المفتاح

	الجلفانومتر
	الفولتميتر
	الأميتر
	البطارية
	مصدر تيار متناوب

Capacitor Lab: Basics



Capacitance



Light Bulb

تعتمد سعة المكثف متوازي
الصفائح على :

1- المسافة الفاصلة بين اللوحين
علاقة عكسية

$$C \propto \frac{1}{d} \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

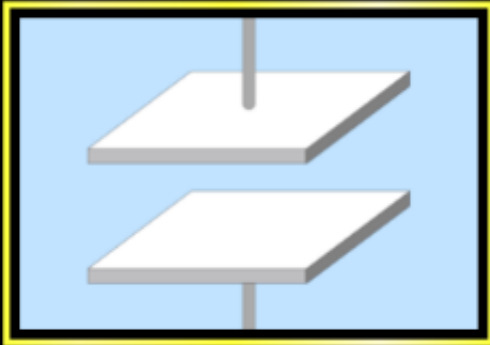
2- المساحة المشتركة للوحين
علاقة طردية

$$C \propto A \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

3- وجود عازل

تزداد سعة المكثف عند وضع مادة عازلة

Capacitor Lab: Basics



Capacitance



Light Bulb

1- عند زيادة المسافة الفاصلة

بين اللوحين لمكثف متصل
ببطارية

ماذا يطرأ على كلاً من :

- الشحنة تقل
- فرق الجهد ثابت
- السعة تقل
- الطاقة المخزنة تقل

2- عند زيادة المساحة المشتركة

بين اللوحين لمكثف متصل ببطارية

ماذا يطرأ على كلاً من :

- الشحنة تزداد
- فرق الجهد ثابت
- السعة تزداد
- الطاقة المخزنة تزداد

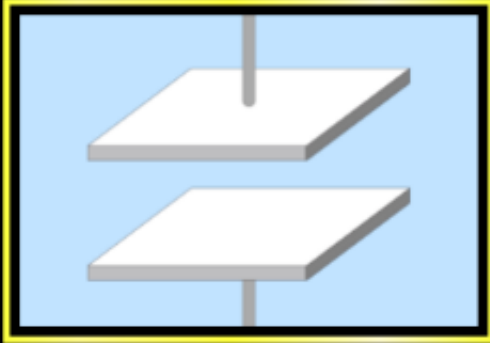
1- عند زيادة المسافة الفاصلة بين اللوحين للضعف لمكثف متصل ببطارية ماذا يطرأ على كل من :

- الشحنة تقل للنصف
- فرق الجهد ثابت
- السعة تقل للنصف
- الطاقة المختزنة تقل للنصف
- المجال الكهربائي يقل للنصف

2- عند زيادة المساحة المشتركة بين اللوحين للضعف لمكثف متصل ببطارية ماذا يطرأ على كل من :

- الشحنة تزداد للضعف
- فرق الجهد ثابت
- السعة تزداد للضعف
- الطاقة المختزنة تزداد للضعف
- المجال الكهربائي ثابت

Capacitor Lab: Basics



Capacitance



Light Bulb

1- عند زيادة المسافة الفاصلة

بين اللوحين لمكثف مشحون

ومفصول عن البطارية

ماذا يطرأ على كلاً من :

- الشحنة ثابتة
- فرق الجهد يزداد
- السعة تقل
- الطاقة المخزنة تزداد

2- عند زيادة المساحة المشتركة بين

اللوحين لمكثف مشحون ومفصول عن

البطارية

ماذا يطرأ على كلاً من :

- الشحنة ثابتة
- فرق الجهد يقل
- السعة تزداد
- الطاقة المخزنة تقل

1- عند زيادة المسافة الفاصلة بين اللوحين للضعف لمكثف مشحون ومفصول عن البطارية ماذا يطرأ على كل من :

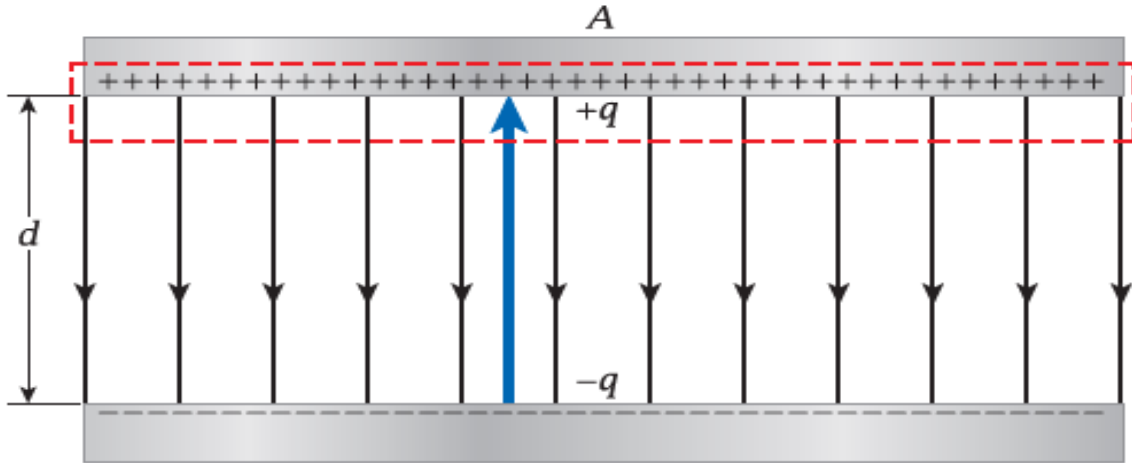
- الشحنة ثابتة
- فرق الجهد يزداد للضعف
- السعة تقل للنصف
- الطاقة المختزنة تزداد للضعف
- المجال الكهربائي ثابت

2- عند زيادة المساحة المشتركة بين اللوحين لمكثف مشحون ومفصول عن البطارية ماذا يطرأ على كل من :

- الشحنة ثابتة
- فرق الجهد يقل للنصف
- السعة تزداد للضعف
- الطاقة المختزنة تقل للنصف
- المجال الكهربائي يقل للنصف

المكثف متوازي اللوحين	
$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$	السعة
• وجود مادة عازلة • أبعاد المكثف	العوامل التي تعتمد عليها السعة
$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$	المجال

المكثف متوازي اللوحين



$$\oiint \vec{E} \cdot \vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E A = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{A\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\Delta V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{A\epsilon_0} d$$

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

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

سؤال الاختبار الذاتي 4.1

قمتَ بشحن مكثف متوازي اللوحين باستخدام بطارية. ثم قمت بإزالة البطارية وعزل المكثف. إذا قللت المسافة بين لوحي المكثف، فماذا سيحدث للمجال الكهربائي بين اللوحين.

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

تزداد السعة للمكثف
الشحنة ثابتة
يقل فرق الجهد للنصف
يبقى المجال ثابت لأن فرق الجهد
والمسافة يقل كلا منهما للنصف

مراجعة المفاهيم 4.3

افترض أن لديك مكثفًا متوازي اللوحين مساحة كل من لوحيه A تفصل بينهما مسافة d ، لكن صغر مساحة اللوحة التي ستوصل عليها الدائرة يجبرك على تقليل مساحة المكثف بمقدار النصف. ماذا يمكنك فعله للتعويض والحفاظ على قيمة السعة نفسها؟

- (a) تقليل d إلى النصف
- (b) زيادة d إلى مثلي ما كانت عليه
- (c) تقليل d إلى الربع
- (d) زيادة d إلى 4 أمثال

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

1- مكثف هوائي متوازي اللوحين تم توصيله ببطارية (12V) إذا علمت أن المسافة الفاصلة بين اللوحين

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

(1mm) والمساحة المشتركة لصفحتيه (5.0 cm²) .

(a) احسب الشحنة الموجودة على أحد لوحي المكثف.

$$C = \frac{(8.85 \times 10^{-12})(5.0 \times 10^{-4})}{(1 \times 10^{-3})} = 4.425 \times 10^{-12} F = 4.425 PF$$

$$q = C \Delta V = 4.425 \times 12 = 53.1 PC$$

(b) إذا تم فصل المكثف عن البطارية ثم إبعاد لوحيه عن بعضهما حتى أصبحت المسافة بينهما (2mm) . احسب :

$$C = \frac{(8.85 \times 10^{-12})(5.0 \times 10^{-4})}{(2 \times 10^{-3})} = 2.21 \times 10^{-12} F = 2.21 PF$$

• سعة المكثف

• فرق الجهد بين لوحيه

$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{53.1}{2.21} = 24 V$$

$$a) q = C \Delta V$$

$$q = 32.0 \times 9.00 = 288 \text{ pC}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$A = \frac{C d}{\epsilon_0} =$$

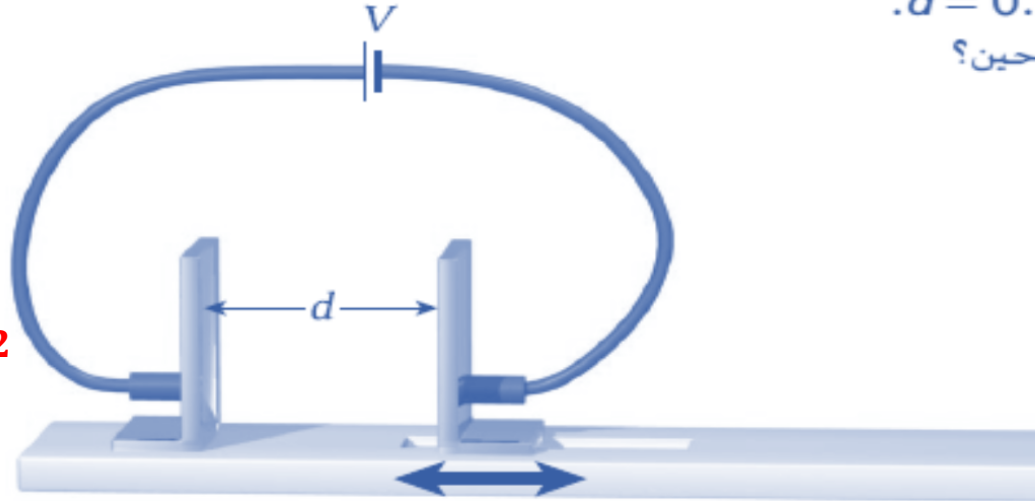
$$\frac{(32.0 \times 10^{-12})(0.500 \times 10^{-2})}{(8.85 \times 10^{-12})} = 0.018 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{288 \times 10^{-12}}{0.018} = 1.6 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$$

تزداد توزيع الشحنة للضعف $3.2 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$

4.35* يتكون مكثف من لوحين متوازيين، لكن يمكن أن يتحرك أحدهما نسبيًا إلى الآخر، كما هو موضح في الشكل. يملأ الهواء المساحة بين اللوحين، وتبلغ السعة 32.0 pF عندما يساوي الفاصل بين اللوحين $d = 0.500 \text{ cm}$.

(a) موصل باللوحين بطارية توفر فرق جهد يبلغ $V = 9.00 \text{ V}$. ما توزيع الشحنة σ على اللوح الأيسر؟ ما السعة C وتوزيع الشحنة σ عندما تتغير d إلى 0.250 cm ؟
(b) عندما $d = 0.500 \text{ cm}$ ، فُصلت البطارية عن اللوحين. ثم تحرك اللوحين لتصبح المسافة $d = 0.250 \text{ cm}$. ما فرق الجهد V بين اللوحين؟



مكثف متصل ببطارية قلت المسافة بين لوحيه إلى النصف :

فرق الجهد ثابت 9.00 V

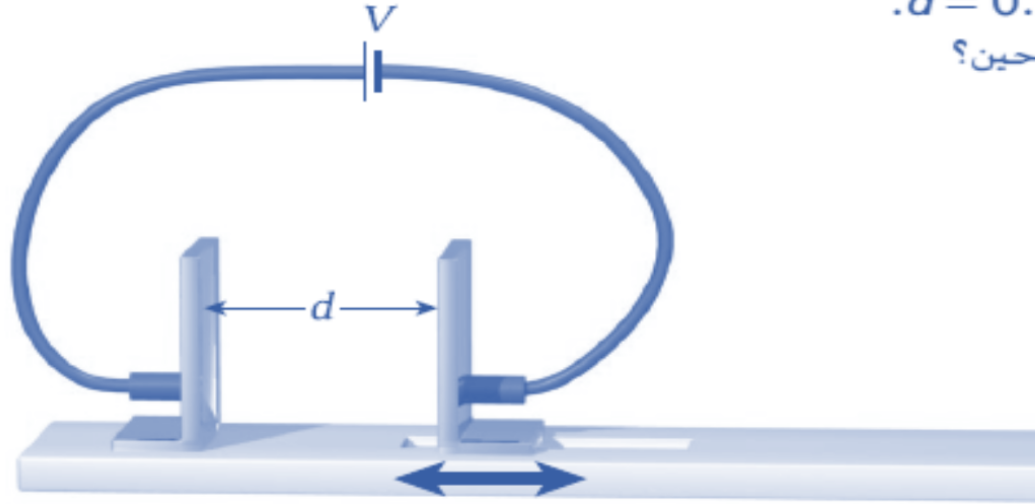
تزداد السعة للضعف 64.0 pF

تزداد الشحنة للضعف 576 pC

$b) q = 288 \text{ pC}$

4.35* يتكون مكثف من لوحين متوازيين، لكن يمكن أن يتحرك أحدهما نسبيًا إلى الآخر، كما هو موضح في الشكل. يملأ الهواء المساحة بين اللوحين، وتبلغ السعة 32.0 pF عندما يساوي الفاصل بين اللوحين $d = 0.500 \text{ cm}$.

- (a) موصل باللوحين بطارية توفر فرق جهد يبلغ $V = 9.00 \text{ V}$. ما توزيع الشحنة σ على اللوح الأيسر؟ ما السعة C وتوزيع الشحنة σ عندما تتغير d إلى 0.250 cm ؟
(b) عندما $d = 0.500 \text{ cm}$ ، فُصلت البطارية عن اللوحين. ثم تحرك اللوحين لتصبح المسافة $d = 0.250 \text{ cm}$. ما فرق الجهد V بين اللوحين؟



مكثف مشحون ومفصول عن البطارية وقلت المسافة بين لوحيه إلى النصف :

الشحنة ثابتة 288 pC

تزداد السعة للضعف 64.0 pF

فرق الجهد يقل للنصف 4.50 V

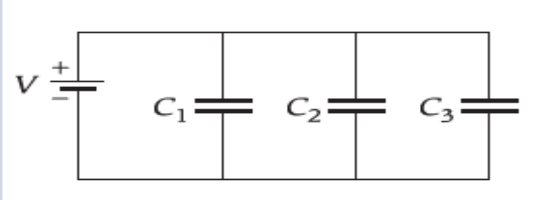
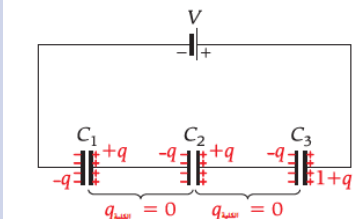
المكثفات Capacitors

4

4.4 المكثفات في الدوائر الكهربائية

قناة قطوف فيزيائية



التوصيل على التوازي	التوصيل على التوالي	
		الرسم
فرق الجهد متساوي $\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$	$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$ المكثف الأكبر سعة له جهد أقل	فرق الجهد
$q = q_1 + q_2 + q_3$ المكثف الأكبر سعة له شحنة أكبر	الشحنة متساوية $q = q_1 = q_2 = q_3$	الشحنة
$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$	$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	السعة المكافئة
$C_{eq} = N C$	$C_{eq} = \frac{C}{N}$	عدة مكثفات متساوية السعة عددها N وسعة كلاً منها C

مراجعة المفاهيم 4.5

بالنسبة إلى دائرة بثلاثة مكثفات متصلة على التوالي، يجب أن تكون السعة المكافئة دائمًا

(a) مساوية لأكبر السعات الفردية الثلاث.

(b) مساوية لأصغر السعات الفردية الثلاث.

(c) أكبر من أكبر السعات الفردية الثلاث.

أصغر من أصغر السعات الفردية الثلاث.

مراجعة المفاهيم 4.6

هبوط الجهد لدائرة بثلاثة مكثفات لها سعات مختلفة موصلة على التوالي هو

(a) نفسه عبر كل مكثف وله قيمة فرق الجهد نفسه الذي توفره البطارية.

(d) أكبر في المكثف ذي السعة الأكبر.

(b) نفسه عبر كل مكثف ولديه $\frac{1}{3}$ من قيمة فرق الجهد الذي توفره البطارية.

سؤال الاختبار الذاتي 4.2

ما السعة المكافئة لأربعة مكثفات بسعة $10.0 \mu F$ متصلة على التوالي؟ ما السعة المكافئة لأربعة مكثفات بسعة $10.0 \mu F$ متصلة على التوازي؟

على التوالي :

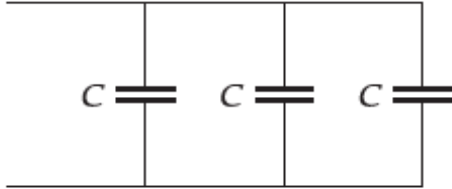
$$C_{eq} = \frac{C}{N} = \frac{10.0}{4} = 2.50 \mu F$$

على التوازي :

$$C_{eq} = N C = 4 \times 10.0 = 40.0 \mu F$$

4.8 مراجعة المفاهيم

ثلاثة مكثفات، كل بسعة C ، متصلة كما هو موضح في الشكل. ما السعة المكافئة لهذا الترتيب من المكثفات؟



d) $9C$

a) $C/3$

(e) لا شيء
كما سبق

b) $3C$

c) $C/9$

$$C_{eq} = N C = 3 C$$

4.7 مراجعة المفاهيم

ثلاثة مكثفات، كل بسعة C ، متصلة كما هو موضح في الشكل. ما السعة المكافئة لهذه المجموعة من المكثفات؟



a) $C/3$

d) $9C$

b) $3C$

(e) لا شيء

c) $C/9$

كما سبق

$$C_{eq} = \frac{C}{N} = \frac{C}{3}$$

في الشكل المقابل إذا علمت أن :

$$(V = 12\text{ V} , C_1 = 2.0\text{ pF} , C_2 = 3.0\text{ pF} , C_3 = 6.0\text{ pF})$$

احسب :

1- السعة المكافئة .

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

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{2.0} + \frac{1}{3.0} + \frac{1}{6.0} \right)^{-1} = 1.0\text{ pF}$$

2- شحنة كل مكثف .

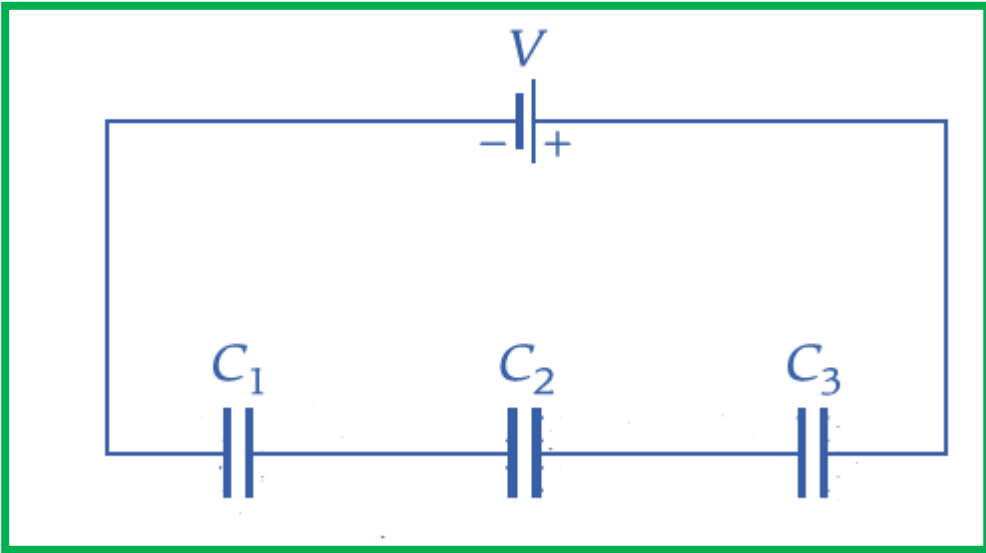
$$q = q_1 = q_2 = q_3 = C_{eq} \Delta V = 1.0 \times 12 = 12\text{ pC}$$

3- فرق الجهد بين لوحين كل مكثف .

$$\Delta V_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{12}{2.0} = 6.0\text{ V}$$

$$\Delta V_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{12}{3.0} = 4.0\text{ V}$$

$$\Delta V_3 = \frac{q}{C_3} = \frac{12}{6.0} = 2.0\text{ V}$$



في الشكل المقابل إذا علمت أن :

$$(V = 12\text{ V} , C_1 = 2.0\text{ pF} , C_2 = 3.0\text{ pF} , C_3 = 6.0\text{ pF})$$

احسب :

1- السعة المكافئة .

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

$$C_{eq} = 2.0 + 3.0 + 6.0 = 11\text{ pF}$$

2- فرق الجهد بين لوحي كل مكثف

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = 12\text{ V}$$

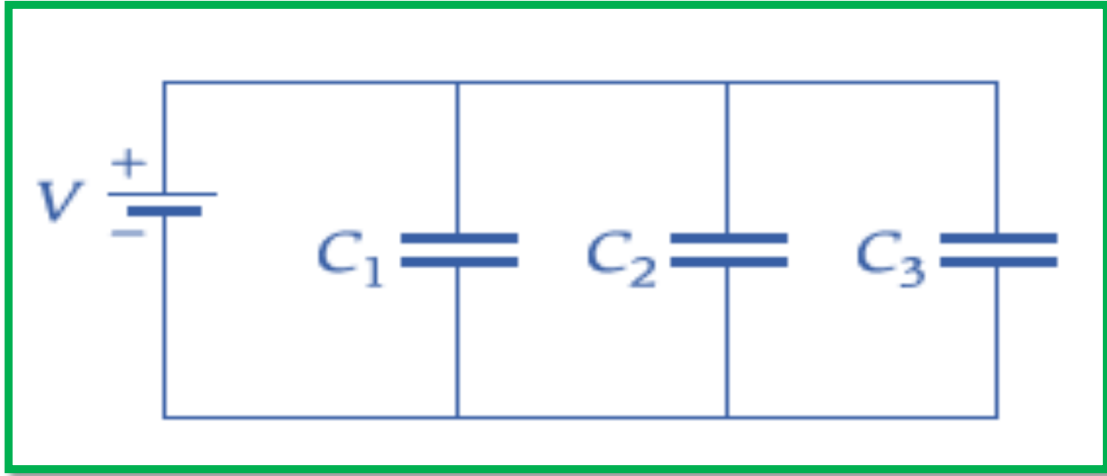
3- شحنة كل مكثف .

$$q_1 = C_1 \Delta V = 2.0 \times 12 = 24\text{ pC}$$

$$q_2 = C_2 \Delta V = 3.0 \times 12 = 36\text{ pC}$$

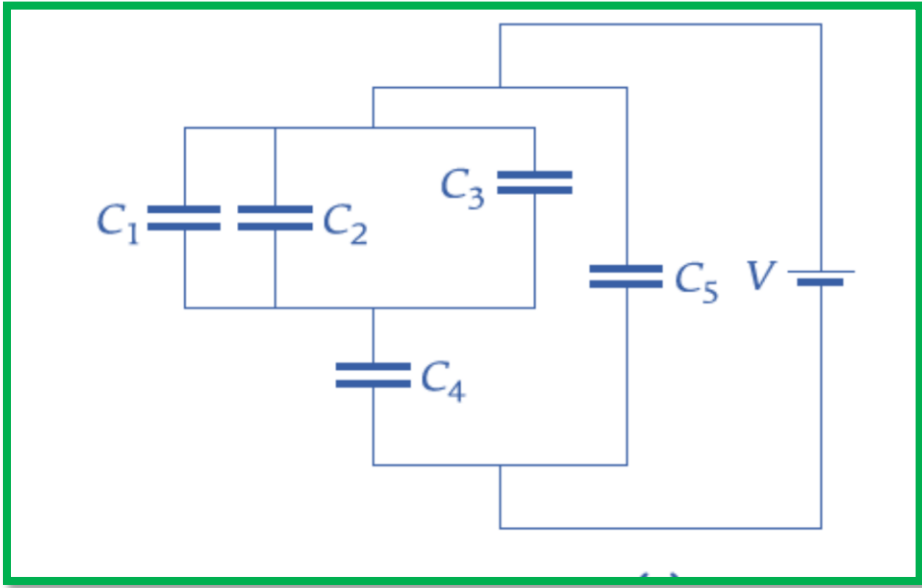
$$q_3 = C_3 \Delta V = 6.0 \times 12 = 72\text{ pC}$$

$$q = C_{eq} \Delta V = 11 \times 12 = 132\text{ pC}$$



مثال 4.2

نظام من المكثفات



المسألة

فكّر في الدائرة الموضّحة في الشكل 4.19a، فيما يبدو ترتيباً معقّداً من خمسة مكثفات تتصل ببطارية. ما السعة الكلية لهذه المجموعة المكوّنة من خمسة مكثفات؟ إذا كانت سعة كل مكثف 5.0 nF ، فما السعة المكافئة للمجموعة؟ إذا كان فرق جهد البطارية 12 V ، فما الشحنة على كل مكثف؟

$$q_{tot} = C_{eq} \Delta V = 8.75 \times 12 = 105 \text{ nC}$$

$$q_5 = C_5 \Delta V = 5.0 \times 12 = 60 \text{ nC}$$

$$q_4 = 105 - 60 = 45 \text{ nC}$$

$$q_1 = q_2 = q_3 = \frac{45}{3} = 15 \text{ nC}$$

$$C_{1,2,3} = N C = 3 \times 5.0 = 15 \text{ nF}$$

$$C_{1,2,3,4} = \left(\frac{1}{5.0} + \frac{1}{15} \right)^{-1} = 3.75 \text{ nF}$$

$$C_{eq} = 3.75 + 5.0 = 8.75 \text{ nF}$$

مراجعة المفاهيم 4.9

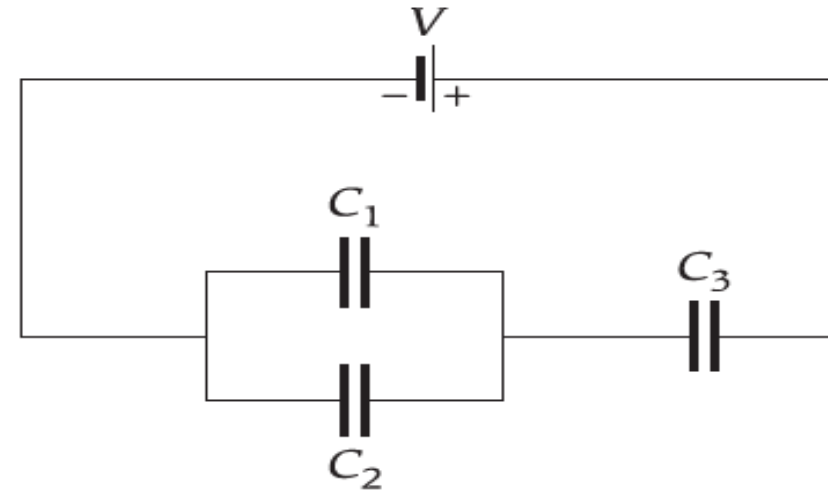
ثلاثة مكثفات متصلة ببطارية كما هو

موضح في الشكل. إذا كان

$$C_1 = C_2 = C_3 = 10.0 \mu\text{F}$$

و $V = 10.0 \text{ V}$ ، فما الشحنة

على المكثف C_3 ؟



a) $66.7 \mu\text{C}$

d) $300. \mu\text{C}$

b) $100. \mu\text{C}$

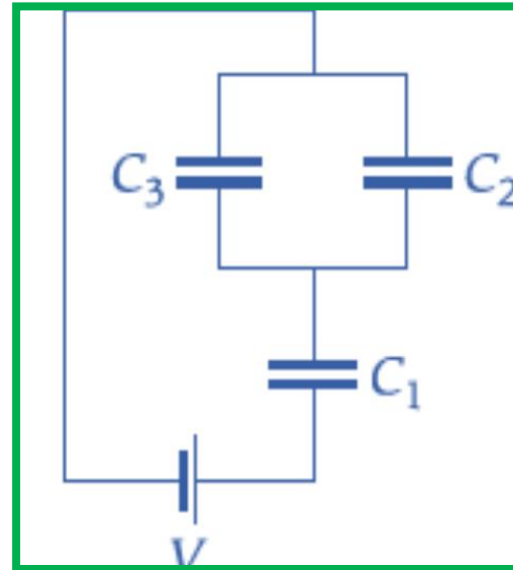
e) $457. \mu\text{C}$

c) $150. \mu\text{C}$

$$C_{1,2} = N C = 2 \times 10.0 = 20.0 \mu\text{F}$$

$$C_{1,2,3} = \left(\frac{1}{20.0} + \frac{1}{10.0} \right)^{-1} = 6.67 \text{ nF}$$

$$q_1 = q_{tot} = C_{eq} \Delta V = 6.67 \times 10.0 = 66.7 \text{ nC}$$



4.38 تم توصيل ثلاثة مكثفات ذات سعيات
 $C_2 = 1.30 \text{ nF}$ و $C_1 = 3.10 \text{ nF}$
 و $C_3 = 3.70 \text{ nF}$ ببطارية ذات $V = 14.9 \text{ V}$
 كما هو موضح في الشكل.
 ما مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف C_2 ؟

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_2 + C_3} + \frac{1}{C_1} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{1.30 + 3.70} + \frac{1}{3.10} \right)^{-1} = 1.91 \text{ nF}$$

$$q_1 = q_{tot} = C_{eq} \Delta V = 1.91 \times 14.9 = 28.46 \text{ nC}$$

$$\Delta V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{28.46}{3.10} = 9.18 \text{ V}$$

$$\Delta V_2 = \Delta V_3 = 14.9 - 9.18 = 5.72 \text{ V}$$

المكثفات Capacitors

4

4.5 الطاقة المخزنة في المكثفات

قناة قطوف فيزيائية



4.5 الطاقة المخزنة في المكثفات

يُستخدم المكثف لتخزين طاقة الوضع الكهربائية ويمتاز عن البطاريات في أنه يُمكن استرداد هذه الطاقة لحظيًا

تبذل البطارية شغلاً لشحن المكثف

الشغل المبذول يُساوي التغير في طاقة الوضع

عند توصيل بطارية جهدها ΔV بمكثف سعته C وإضافة جزء من الشحنة مقداره dq فإن الشغل المبذول يساوي :

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$$

لذا يكون الشغل الكلي المبذول لشحن المكثف :

$$W = \int dW = \frac{q^2}{2C}$$

طاقة الوضع المخزنة في المكثف U :

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$

كثافة الطاقة الكهربائية u :

$$u = \frac{U}{V} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

وحدة قياس كثافة الطاقة الكهربائية u :

$$J/m^3$$

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$

طاقة الوضع المخزنة في المكثف U :

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$

$$U = \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

$$U = \frac{1}{2} \times 180 \times 10^{-6} \times (300.0)^2 = 8.10 \text{ J}$$

مراجعة المفاهيم 4.10

ما مقدار الطاقة المخزنة في مكثف سعته $180 \mu\text{F}$ لوحدة وميض كاميرا مشحونة إلى 300.0 V ؟

- | | |
|-----------|----------|
| a) 1.22 J | d) 115 J |
| b) 8.10 J | e) 300 J |
| c) 45.0 J | |

السحابة الرعدية

مثال 4.3

افترض أن سحابة رعدية بعرض 2.0 km وطول 3.0 km تخوم على ارتفاع 0.50 km فوق منطقة مسطحة. تحمل السحابة شحنة قدرها 160 C، ولا تحمل الأرض أي شحنة.

المسألة 1

ما فرق الجهد بين السحابة والأرض؟

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$C = \frac{(8.85 \times 10^{-12})(3.0 \times 10^3)(2.0 \times 10^3)}{(0.50 \times 10^3)} = 1.1 \times 10^{-7} F$$

$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{80}{1.1 \times 10^{-7}} = 7.3 \times 10^8 V$$

المسألة 2

تتطلب صواعق البرق قوى مجال كهربائي تصل إلى حوالي 2.5 MV/m. هل الظروف الموصوفة في نص المسألة كافية لحدوث صاعقة برق؟

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{7.3 \times 10^8}{0.50 \times 10^3} = 1.5 \times \frac{10^6 V}{m} = 1.5 MV/m$$

المسألة 3

ما إجمالي طاقة الوضع الكهربائية التي يحتويها المجال الواقع بين هذه السحابة الرعدية والأرض؟

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$

$$U = \frac{1}{2} q \Delta V = \frac{1}{2} \times 80 \times 7.3 \times 10^8 = 2.9 \times 10^{10} J$$

الطاقة المخزنة في المكثفات

مسألة محلولة 4.1

المسألة

بافتراض وجود الكثير من المكثفات، لكل منها $C = 90.0 \mu\text{F}$ ، متصلة على التوازي عبر بطارية مع فرق جهد يساوي $\Delta V = 160.0 \text{ V}$. كم يلزم من المكثفات لتخزين 95.6 J من الطاقة؟

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$

$$C_{eq} = N C$$

$$U = \frac{1}{2} C_{eq} \Delta V^2$$

$$7.5 \times 10^{-3} = N \times 90.0 \times 10^{-6}$$

$$95.6 = \frac{1}{2} C_{eq} (160.0)^2$$

$$N = 83$$

$$C_{eq} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ F}$$

مثال 4.4

منشأة الإشعال الوطنية

منشأة الإشعال الوطنية (NIF) عبارة عن ليزر عالي الطاقة مصمّم لإنتاج تفاعلات اندماج مشابهة لتلك التي تحدث في الشمس. يستخدم الليزر نبضة ضوئية قصيرة عالية الطاقة لتسخين كرية صغيرة تحتوي على نظائر الهيدروجين وضغطها. يستمد الليزر طاقته من 192 وحدة تكييف للقدرة (الشكل 4.21)، تضم كل منها عشرين مكثفًا بقدرة $300. \mu F$ متصلة على التوازي ومشحونة بطاقة قدرها 24.0 kV . تُشحن المكثفات على مدار فترة تبلغ 90.0 s . ثم يُطلق الليزر بتفريغ كل الطاقة المخزنة في المكثفات خلال $400. \mu s$.

المسألة 1

$$C_{eq} = N C$$

كم الطاقة المخزنة في مكثفات NIF؟

$$C_{eq} = 20 \times 300 = 6000 \mu F = 6.00 \times 10^{-3} F$$

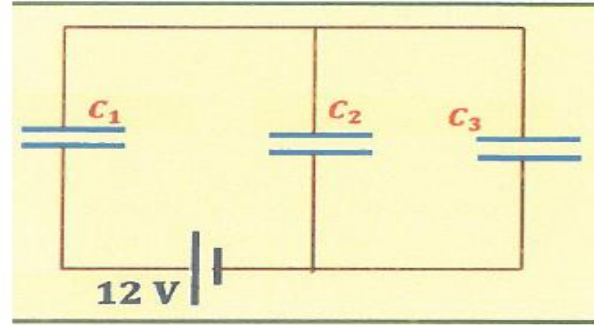
$$U = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} \times 6.00 \times 10^{-3} \times (24.0 \times 10^3)^2 = 1.728 \times 10^6 J$$

$$U_{tot} = 192 \times 1.728 \times 10^6 = 3.32 \times 10^8 J$$

المسألة 2

ما متوسط القدرة المحرّرة بواسطة وحدات تكييف القدرة أثناء نبضة الليزر؟

$$P = \frac{U}{t} = \frac{3.32 \times 10^8}{400 \times 10^{-6}} = 8.29 \times 10^{11} W$$



في الدائرة الكهربائية المجاورة :

$$C_1 = 5.0 \mu F$$

$$C_2 = 6.0 \mu F$$

$$C_3 = 9.0 \mu F$$

أجب عما يلي :

احسب السعة الكهربائية المكافئة للدائرة .

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_2 + C_3} + \frac{1}{C_1} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{6.0 + 9.0} + \frac{1}{5.0} \right)^{-1} = 3.75 \mu F$$

احسب الشحنة الكهربائية للمكثف (C_1) .

$$q_1 = q_{tot} = C_{eq} \Delta V = 3.75 \times 12 = 45 \mu C$$

$$\Delta V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{45}{5} = 9V$$

احسب الطاقة الكهربائية المخزنة في المكثف ($C_3 = 9.0 \mu F$) .

$$\Delta V_2 = \Delta V_3 = 12 - 9 = 3V$$

$$U = \frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2} \times 9.0 \times 10^{-6} \times (3)^2 = 4.05 \times 10^{-5} J$$

المكثفات Capacitors

4

4.6 المكثفات والعوازل الكهربائية

قناة قطوف فيزيائية



4.6 المكثفات والعوازل الكهربائية

أهمية العازل :

زيادة سعة المكثف

يحافظ على انفصال اللوحين

يحافظ على فرق جهد أعلى مقارنة بوجود الهواء

$$k = \frac{C_{\text{عازل}}}{C_{\text{هواء}}} = \frac{\epsilon_{\text{عازل}}}{\epsilon_{\text{هواء}}} \quad \text{ثابت العزل الكهربائي } k :$$

$$\epsilon = k\epsilon_0 \quad \text{السماحية الكهربائية للعازل الكهربائي } \epsilon :$$

شدة العازل الكهربائي (قوة العزل الكهربائي) :

قدرة المادة على تحمل فرق الجهد

الجدول 4.1	ثوابت العزل الكهربائي وقواه لبعض المواد النموذجية
------------	---

المادة	ثابت العزل الكهربائي، κ	قوة العزل الكهربائي (kV/mm)
الفراغ	1	
الهواء (1 atm)	1.00059	2.5
النيتروجين السائل	1.454	
التفلون	2.1	60
البولي إيثيلين	2.25	50
البنزين	2.28	
البوليستيرين	2.6	24
الليكسان	2.96	16
الميكس	3-6	220-150
الورق	3	16
المائلار	3.1	280
الزجاج الواقي	3.4	30
كلوريد متعدد الفينيل (PVC)	3.4	29
الزجاج	5	14
النيوبرين	16	12
الجرمانيوم	16	
الجلسرين	42.5	
الماء	80.4	65
تيتانات السترونتيوم	310	8

مراجعة المفاهيم 4.11

افترض أنك قمت بشحن مكثف متوازي اللوحين به عازل كهربائي بين اللوحين باستخدام بطارية ثم أزلت البطارية، وقمت بعزل المكثف وتركه مشحونًا. ثم أزلت العازل الكهربائي من بين اللوحين. عندها فرق الجهد بين اللوحين سوف

(a) يزيد.

(b) ينخفض.

(c) يظل كما هو.

(d) لا يمكن تحديده.

المكثف متوازي اللوحين المزوّد بعازل كهربائي

مثال 4.5

المسألة 1

افترض في مكثف متوازي اللوحين من دون عازل كهربائي سعته $C = 2.00 \mu\text{F}$ وموَّصل ببطارية ذات فرق جهد $\Delta V = 12.0 \text{ V}$ (الشكل 4.23a). ما الشحنة المخزنة في المكثف؟

$$q = C \Delta V = 2.00 \times 12.0 = 24.0 \mu\text{C}$$

المسألة 2

في الشكل 4.23b، أُدخل عازل كهربائي له $k = 2.50$ بين لوحَي المكثف ليملأ الفراغ بينهما بالكامل. ما الشحنة التي على المكثف الآن؟

$$q = k C \Delta V = 2.50 \times 2.00 \times 12.0 = 60.0 \mu\text{C}$$

المسألة 3

افترض الآن أن المكثف مفصول عن البطارية (الشكل 4.24a). يحتفظ المكثف المعزول في الوقت الحالي بشحنته $q = 6.00 \times 10^{-5} \text{ C}$ وبفرق جهده $\Delta V = 12.0 \text{ V}$. ماذا سيحدث للشحنة وفرق الجهد إذا أزلنا العازل الكهربائي مع الإبقاء على المكثف معزولاً (الشكل 4.24b)؟

$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{60.0}{2.00} = 30.0 \text{ V}$$

المسألة 4

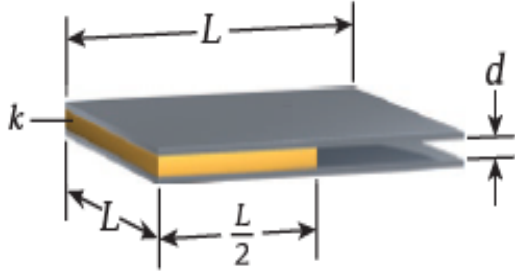
هل إزالة العازل الكهربائي تغيّر الطاقة المخزنة في المكثف؟

$$U_{\text{عازل}} = \frac{1}{2} q \Delta V = \frac{1}{2} \times 6.0 \times 10^{-5} \times 12 = 4.8 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$U_{\text{هواء}} = \frac{1}{2} q \Delta V = \frac{1}{2} \times 6.0 \times 10^{-5} \times 30 = 9.0 \times 10^{-4} \text{ J}$$

مسألة محلولة 4.2

مكثف مملوء جزئيًا بعازل كهربائي



المسألة

يتكوّن مكثف متوازي اللوحين من لوحين موصلين مربعين بطول ضلع $L = 10.0 \text{ cm}$ (الشكل 4.25a). تساوي المسافة بين اللوحين $d = 0.250 \text{ cm}$. أدخل عازل كهربائي ذو عزل كهربائي $k = 15.0$ وسُمك 0.250 cm بين اللوحين. يبلغ عرض العازل الكهربائي $L = 10.0 \text{ cm}$ وطوله $L/2 = 5.00 \text{ cm}$. كما هو موضّح في الشكل 4.25a. ما سعة هذا المكثف؟
الحل

$$C_{eq} = C_{\text{عازل}} + C_{\text{هواء}}$$

$$C_{eq} = \frac{\epsilon_0 A}{d} (1 + k)$$

$$C_{eq} = \frac{(8.85 \times 10^{-12}) \left(\frac{0.10^2}{2} \right)}{0.250 \times 10^{-2}} (1 + 15.0) = 2.832 \times 10^{-10} \text{ F}$$

مراجعة المفاهيم 4.13

اذكر ما إذا كانت كل من العبارات التالية حول مكثف متوازي اللوحين معزول صحيحة أم خاطئة.

- (a) عند مضاعفة المسافة بين اللوحين، تتضاعف الطاقة المخزنة في المكثف.
- (b) زيادة المسافة بين اللوحين تزيد المجال الكهربائي بينهما.
- (c) عند تقليل المسافة بين اللوحين إلى النصف، تظل الشحنة على اللوحين كما هي.
- (d) يزيد إدخال عازل كهربائي بين اللوحين من الشحنة عليها.
- (e) يقلل إدخال عازل كهربائي بين اللوحين من الطاقة المخزنة في المكثف.

4.57 مكثف متوازي اللوحين يحتوي على لوحين مربعين طول ضلعهما $L = 10.0$ cm والمسافة بينهما $d = 1.00$ cm. الفراغ بين الألواح مملوء بعازل كهربائي له ثابت عزل كهربائي $k_1 = 20.0$. والجزء المتبقي $\frac{4}{5}$ من الفراغ مملوء بعازل كهربائي مختلف، مع $k_2 = 5.00$. أوجد سعة المكثف.

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

$$C_{eq} = \frac{k_1 \epsilon_0 A_1}{d} + \frac{k_2 \epsilon_0 A_2}{d}$$

$$C_{eq} = \frac{k_1 \epsilon_0 \frac{1}{5} A}{d} + \frac{k_2 \epsilon_0 \frac{4}{5} A}{d}$$

$$C_{eq} = \frac{\epsilon_0 A}{d} \left(\frac{1}{5} k_1 + \frac{4}{5} k_2 \right)$$

$$C_{eq} = \frac{(8.85 \times 10^{-12})(0.10^2)}{1.00 \times 10^{-2}} \left(\frac{1}{5} \times 20.0 + \frac{4}{5} \times 5.00 \right) = 7.08 \times 10^{-11} F$$

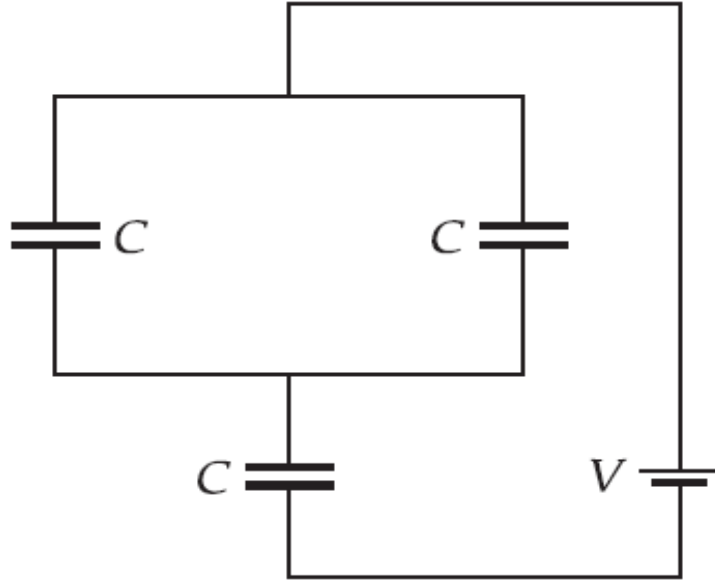
المكثفات Capacitors

4

حلول أسئلة الاختيارات

قناة قطوف فيزيائية





4.1 في الدائرة الموضحة في الشكل، سعة كل مكثف هي C . السعة المكافئة لهذه المكثفات الثلاثة تساوي

a) $\frac{1}{3} C$.

d) $\frac{5}{3} C$.

b) $\frac{2}{3} C$.

e) C .

c) $\frac{5}{3} C$.

f) $\frac{5}{3} C$.

4.2 مكثف متوازي اللوحين سعته C ومساحة

لوحة A مع مسافة d بينهما. عند توصيل المكثف ببطارية توفر فرق جهد V ، يكون لديه شحنة مقدارها Q على لوحيه. أثناء توصيل المكثف بالبطارية، يتم تقليل المسافة بين اللوحين بمقدار الثلث. عندها سيساوي مقدار الشحنة على اللوحين والسعة

(c) $3Q$ و $3C$.

(a) Q و $\frac{1}{3} C$.

(d) $3Q$ و $\frac{1}{3} C$.

(b) Q و $\frac{1}{3} C$.

4.3 تنخفض المسافة بين لوحَي مكثف متوازي اللوحين بمقدار النصف وتتضاعف مساحة اللوحين. ماذا يحدث للسعة؟

(a) تبقى بدون تغيير.

(b) تتضاعف.

(c) تتضاعف أربع مرات.

(d) تنخفض بمقدار النصف.

$$q = C \Delta V = \frac{\epsilon_0 A \Delta V}{d}$$

4.4 أي المكثفات التالية لديه أكبر شحنة؟

(a) مكثف متوازي اللوحين مساحته 10 cm^2 ، ويفصل بين لوحيه مسافة 2 mm ، ومتصل ببطارية 10 V

(b) مكثف متوازي اللوحين مساحته 5 cm^2 ، ويفصل بين لوحيه مسافة 1 mm ، ومتصل ببطارية 10 V

(c) مكثف متوازي اللوحين مساحته 10 cm^2 ، ويفصل بين لوحيه مسافة 4 mm ، ومتصل ببطارية 5 V

(d) مكثف متوازي اللوحين مساحته 20 cm^2 ، ويفصل بين لوحيه مسافة 2 mm ، ومتصل ببطارية 20 V

(e) لدى جميع المكثفات الشحنة نفسها.

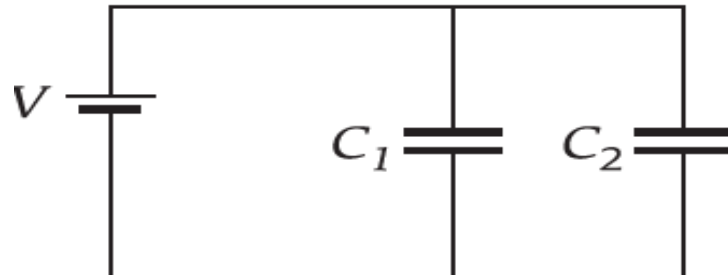
4.5 تم توصيل مكثفين متوازيي اللوحين متماثلين في دائرة كما هو موضَّح في الشكل. تم ملء الفراغ بين لوحي كل مكثف مبدئيًا بالهواء. أي من التغييرات التالية ستضاعف إجمالي كمية الشحنة المخزنة على كلا المكثفين مع تطبيق فرق الجهد نفسه؟

(a) ملء الفراغ بين لوحي C_1 بالزجاج (ثابت العزل الكهربائي مقداره 4) وترك C_2 كما هو.

(b) ملء الفراغ بين لوحي C_1 بالتفلون (ثابت العزل الكهربائي مقداره 2) وترك C_2 كما هو.

(c) ملء الفراغ بين لوحي كل من C_1 و C_2 بالتفلون (ثابت العزل الكهربائي مقداره 2).

(d) ملء الفراغ بين لوحي كل من C_1 و C_2 بالزجاج (ثابت العزل الكهربائي مقداره 4).



4.6 تم ملء الفراغ بين لوحَي مكثف متوازي اللوحين معزول بلوح من مادة عازلة للكهرباء. حيث يبقى مقدار الشحنة Q على كل لوح ثابتًا. إذا أزيلت المادة العازلة للكهرباء، فإن الطاقة المخزنة في المكثف

(a) تزيد. (b) تظل كما هي. (c) تنخفض. (d) قد تزيد أو تنخفض.

4.7 أي مما يلي يتناسب طرديًا مع سعة مكثف متوازي اللوحين؟

(a) الشحنة المخزنة في كل لوح موصل
(b) فرق الجهد بين اللوحين
(c) المسافة الفاصلة بين اللوحين
(d) مساحة كل لوح
(e) جميع ما سبق
(f) لا شيء مما سبق

4.8 أُدخل عازل كهربائي ذو ثابت عزل كهربائي $\kappa = 4$ في مكثف متوازي اللوحين، فيملأ $\frac{1}{3}$ من الحجم، كما هو موضح في الشكل. إذا كانت سعة المكثف من دون العازل الكهربائي C ، فما سعة المكثف مع العازل الكهربائي؟



- a) $0.75C$
- b) C
- c) $2C$
- d) $4C$
- e) $6C$

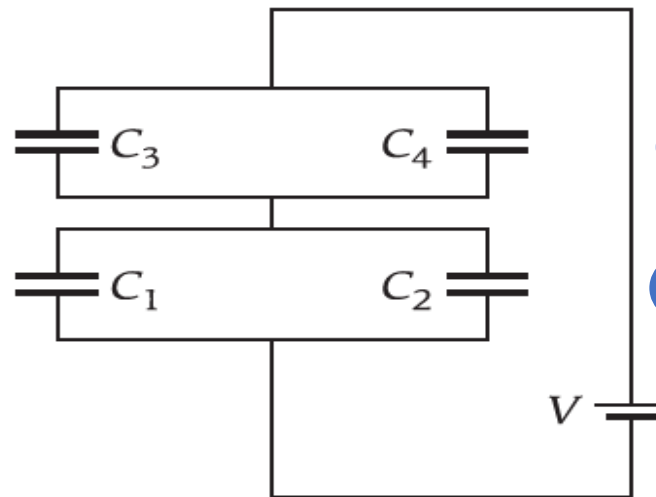
4.9 مكثف متوازي اللوحين موصول ببطارية للشحن. وبعد مرور بعض الوقت بينما لا تزال البطارية موصلة بالمكثف، تضاعفت المسافة بين لوحي المكثف. أي العبارات التالية صحيحة؟

- (a) ينخفض المجال الكهربائي إلى النصف.
- (b) ينخفض فرق جهد البطارية إلى النصف.
- (c) تتضاعف السعة.
- (d) لا يتغير فرق الجهد عبر او بين اللوحين.
- (e) لا تتغير الشحنة على اللوحين.

4.9 مكثف متوازي اللوحين موصل ببطارية للشحن. وبعد مرور بعض الوقت بينما لا تزال البطارية موصلة بالمكثف، تضاعفت المسافة بين لوحي المكثف. أي العبارات التالية صحيحة؟

- (a) ينخفض المجال الكهربائي إلى النصف.
- (b) ينخفض فرق جهد البطارية إلى النصف.
- (c) تتضاعف السعة.
- (d) لا يتغير فرق الجهد عبر او بين اللوحين.
- (e) لا تتغير الشحنة على اللوحين.

4.10 ارجع إلى الشكل، وحدد أي المعادلات التالية صحيحة. افترض أن كل المكثفات لديها سعات مختلفة. فرق الجهد في المكثف C_1 هو V_1 . فرق الجهد في المكثف C_2 هو V_2 . فرق الجهد في المكثف C_3 هو V_3 . فرق الجهد في المكثف C_4 هو V_4 . الشحنة المخزنة في المكثف C_1 هي q_1 . الشحنة المخزنة في المكثف C_2 هي q_2 . الشحنة المخزنة في المكثف C_3 هي q_3 . الشحنة المخزنة في المكثف C_4 هي q_4 .



- a) $q_1 = q_3$
- b) $V_1 + V_2 = V$
- (c) $q_1 + q_2 = q_3 + q_4$
- d) $V_1 + V_2 = V_3 + V_4$
- (e) $V_1 + V_3 = V$

4.11 لديك عدد N من المكثفات المتماثلة كل منها لديه السعة C متصلة على التوالي. السعة المكافئة لهذا النظام من المكثفات تساوي

a) NC .

c) N^2C .

e) C .

☒ b) C/N .

d) C/N^2 .

4.12 لديك عدد N من المكثفات المتماثلة كل منها لديه السعة C متصلة على التوازي. السعة المكافئة لهذا النظام من المكثفات تساوي

☒ a) NC .

c) N^2C .

e) C .

b) C/N .

d) C/N^2 .

4.13 عندما يوضع عازل كهربائي بين لوحَي مكثف معزول ومشحون، فإن المجال الكهربائي داخل المكثف

(a) يزيد.

(b) يقل.

(c) يظل كما هو.

(d) يزيد إذا كانت الشحنة على اللوحين موجبة.

(e) يقل إذا كانت الشحنة على اللوحين موجبة.

4.14 يتم شحن مكثف متوازي اللوحين مزوّد بعازل كهربائي يملأ الحجم بين لوحيه. الشحنة تكون

(a) مخزنة على اللوحين.

(b) مخزنة على العازل الكهربائي.

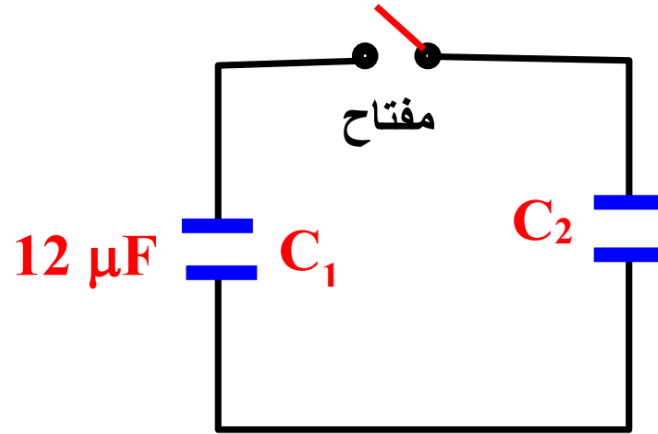
(c) مخزنة على كل من اللوحين وفي العازل الكهربائي.

وصل مكثف متوازي اللوحين يملأ الفراغ الحيز بين لوحيه ببطارية فرق جهدها (V) ف شحن كل من لوحية بشحنة (Q) و كانت الطاقة المختزنة في المكثف (U) ، عند وضع مادة عازلة ثابت عازليتها ($\kappa = 3$) مكان الفراغ بين لوحى المكثف ، ماذا يطرأ على كل من Q و U ؟

الشحنة	الطاقة المختزنة	
تبقى ثابتة	تبقى ثابتة	☐
تقل وتصبح $\frac{Q}{3}$	تقل وتصبح $\frac{U}{3}$	☐
تزداد وتصبح $3Q$	تزداد وتصبح $3U$	☐
تبقى ثابتة	تزداد وتصبح $3U$	☐

في الدائرة الكهربائية المجاورة المكثف (C_1) مشحون و فرق الجهد بين لوحيه (6.0 V) و المكثف (C_2) غير مشحون . عند غلق المفتاح في الدائرة يصبح فرق الجهد بين لوحى المكثف (C_1) (4.0 V) .

احسب السعة الكهربائية للمكثف (C_2) .



$$q_{tot} = q_1 + q_2 = 12 \times 6.0 + 0 = 72\mu\text{C}$$

$$q_{tot} = q_1 + q_2$$

$$q_{tot} = C_1\Delta V + C_2\Delta V$$

$$72 = 4.0 (12 + C_2)$$

$$C_2 = 6.0\mu\text{F}$$

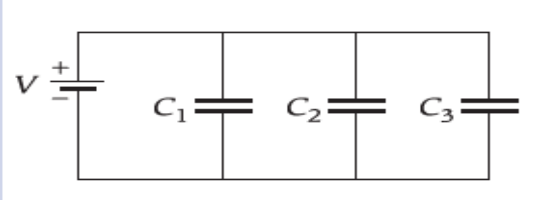
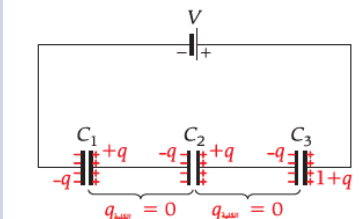
المكثفات Capacitors

4

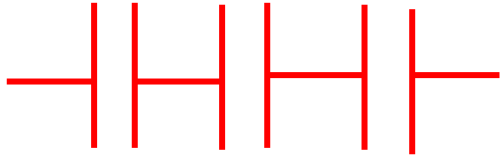
تمارين على توصيل المكثفات
(36 و 39 و 40 و 41 و 42 و 44)

قناة قطوف فيزيائية

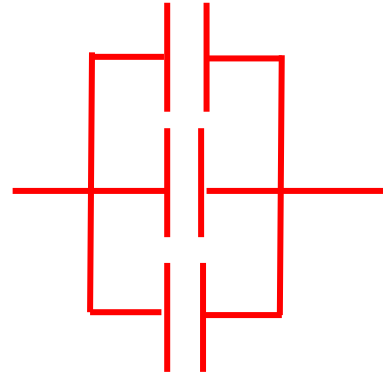


التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي	
		الرسم
فرق الجهد متساوي $\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$	$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$ المكثف الأكبر سعة له جهد أقل	فرق الجهد
$q = q_1 + q_2 + q_3$ المكثف الأكبر سعة له شحنة أكبر	الشحنة متساوية $q = q_1 = q_2 = q_3$	الشحنة
$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$	$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	السعة المكافئة
$C_{eq} = N C$	$C_{eq} = \frac{C}{N}$	عدة مكثفات متساوية السعة عددها N وسعة كلاً منها C

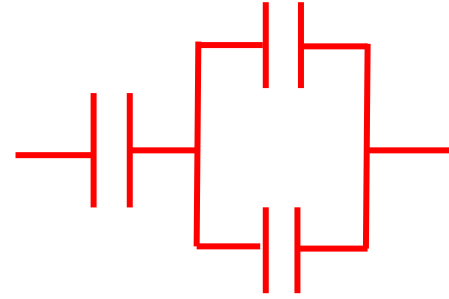
4.36 حدّد كل قيم السعة المكافئة التي يمكنك إنشاؤها باستخدام أي مجموعة من ثلاث مكثفات متماثلة ذات السعة C .



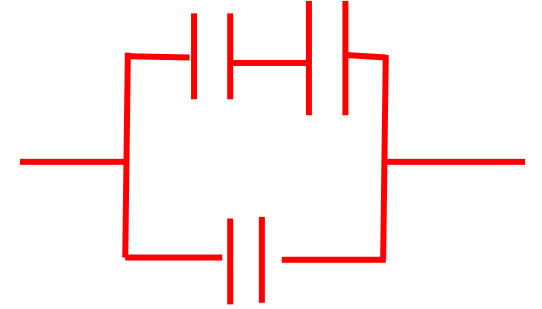
$$C_{eq} = \frac{C}{3}$$



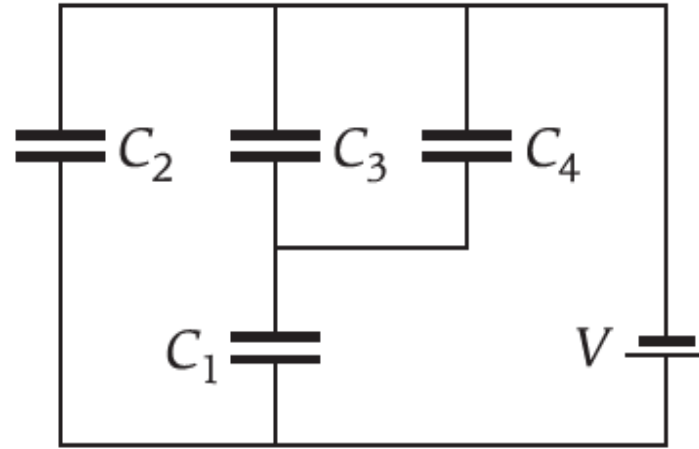
$$C_{eq} = 3C$$



$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{2C} \right)^{-1} = \frac{2C}{3}$$



$$C_{eq} = 1.5C$$

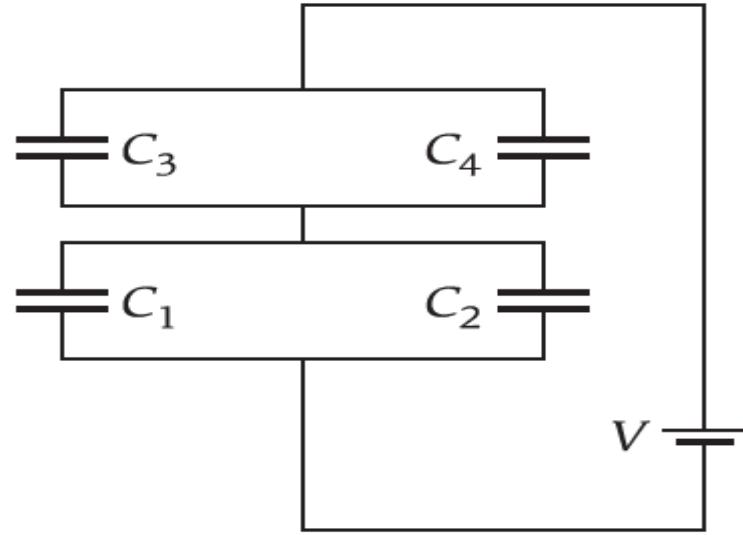


4.39 تم توصيل أربعة مكثفات ذات سعيات
 $C_2 = 2.10 \text{ nF}$ و $C_1 = 3.50 \text{ nF}$
 و $C_4 = 4.90 \text{ nF}$ و $C_3 = 1.30 \text{ nF}$ ببطارية
 ذات $V = 10.3 \text{ V}$ ، كما هو موضح في الشكل.
 ما السعة المكافئة لمجموعة المكثفات هذه؟

$$C_{3,4} = C_3 + C_4 = 1.30 + 4.90 = 6.20 \text{ nF}$$

$$C_{1,3,4} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{3,4}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{3.50} + \frac{1}{6.20} \right)^{-1} = 2.24 \text{ nF}$$

$$C_{eq} = C_{1,23,4} + C_2 = 2.24 + 2.10 = 4.34 \text{ nF}$$



4.40 لدى المكثفات في الدائرة الموضحة
في الشكل السعات $C_1 = 18.0 \mu\text{F}$
و $C_2 = 11.3 \mu\text{F}$ و $C_3 = 33.0 \mu\text{F}$
و $C_4 = 44.0 \mu\text{F}$. وفرق الجهد يساوي
 $V = 10.0 \text{ V}$. ما إجمالي الشحنة
التي يجب أن يوفرها مصدر الطاقة لشحن
هذا الترتيب من المكثفات؟

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_{1,2}} + \frac{1}{C_{3,4}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{18.0 + 11.3} + \frac{1}{33.0 + 44.0} \right)^{-1} = 21.2 \mu\text{F}$$

$$q_{tot} = C_{eq} \times \Delta V$$

$$q_{tot} = 21.2 \times 10 = 212 \mu\text{C}$$

4.41 ستة مكثفات متصلة

كما هو موضح في الشكل.

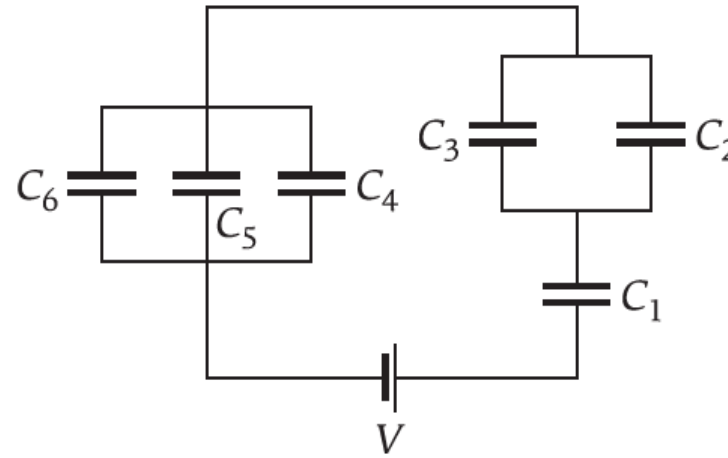
(a) إذا كان $C_3 = 2.300 \text{ nF}$ ، فماذا يجب أن يكون C_2 لينتج سعة مكافئة قدرها 5.000 nF للمكثفين معًا؟

(b) بنفس قيمة C_2 و C_3 كما في الجزء (a)، ما قيمة C_1 التي ستعطي سعة مكافئة قدرها 1.914 nF لمجموعة المكثفات الثلاثة؟

(c) بنفس قيمة C_1 و C_2 و C_3 كما في الجزء (b)، ما السعة المكافئة للمجموعة الكاملة من المكثفات إذا كانت قيم السعات الأخرى $C_4 = 1.300 \text{ nF}$ و $C_5 = 1.700 \text{ nF}$ و $C_6 = 4.700 \text{ nF}$ ؟

(d) إذا كانت ثمة بطارية بفرق جهد 11.70 V موصلة بالمكثفات كما هو موضح في الشكل، فما إجمالي الشحنة على المكثفات الستة؟

(e) ما مقدار الهبوط في الجهد في C_5 في هذه الحالة؟



$$a) \quad C_{2,3} = C_2 + C_3$$

$$5.000 = C_2 + 2.300$$

$$C_2 = 2.700 \text{ nF}$$

$$b) \quad \frac{1}{C_{1,2,3}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2,3}}$$

$$\frac{1}{1.914} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{5.000}$$

$$C_1 = 3.101 \text{ nF}$$

$$c) \quad C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2,3}} + \frac{1}{C_{4,5,6}} \right)^{-1}$$

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{3.101} + \frac{1}{5.000} + \frac{1}{1.300 + 1.700 + 4.700} \right)^{-1} = 1.533 \text{ nF}$$

4.41 ستة مكثفات متصلة

كما هو موضح في الشكل.

(a) إذا كان $C_3 = 2.300 \text{ nF}$ ، فماذا يجب أن يكون C_2 لينتج سعة مكافئة قدرها 5.000 nF للمكثفين معاً؟

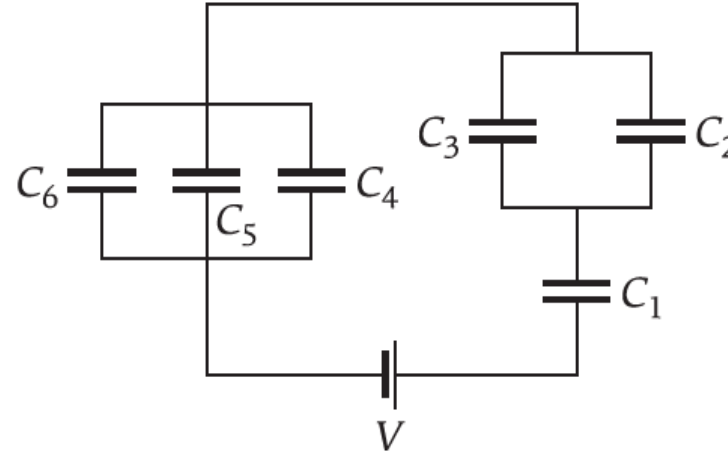
(b) بنفس قيمة C_2 و C_3 كما في الجزء (a)، ما قيمة C_1 التي ستعطي سعة مكافئة قدرها 1.914 nF لمجموعة المكثفات الثلاثة؟

(c) بنفس قيمة C_1 و C_2 و C_3 كما في الجزء (b)، ما السعة المكافئة للمجموعة الكاملة من المكثفات إذا كانت قيم السعات الأخرى $C_4 = 1.300 \text{ nF}$ و $C_5 = 1.700 \text{ nF}$ و $C_6 = 4.700 \text{ nF}$ ؟

(d) إذا كانت ثمة بطارية بفرق جهد 11.70 V موصلة بالمكثفات كما هو موضح

في الشكل، فما إجمالي الشحنة على المكثفات الستة؟

(e) ما مقدار الهبوط في الجهد في C_5 في هذه الحالة؟



$$d) \quad q_{tot} = C_{eq} \times \Delta V$$

$$q_{tot} = 11.70 \times 1.533 = 17.9 \text{ nC}$$

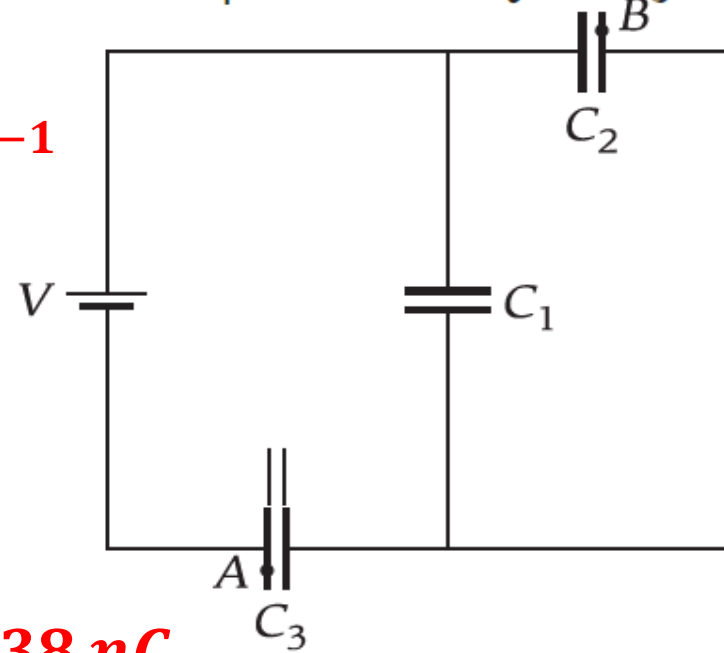
$$e) \quad \Delta V_{4,5,6} = \frac{q_{tot}}{C_{4,5,6}}$$

$$\Delta V_{4,5,6} = \frac{17.9}{1.300 + 1.700 + 4.7000} = 2.32 \text{ V}$$

4.42• يُطبَّق فرق جهد بمقدار $V = 80.0 \text{ V}$ على دائرة سعاتها $C_1 = 15.0 \text{ nF}$

و $C_2 = 7.00 \text{ nF}$ و $C_3 = 20.0 \text{ nF}$

كما هو موضَّح في الشكل. ما مقدار
إشارة q_{3l} ، الشحنة على اللوح الأيسر
لـ C_3 (محدَّدة بالنقطة A)؟ وما الجهد
الكهربائي، V_3 ، في C_3 ؟ وما مقدار
الشحنة q_{2r} وإشارتها، على اللوح الأيمن
لـ C_2 (محدَّدة بالنقطة B)؟



$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_{1,2}} \right)^{-1}$$

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{20.0} + \frac{1}{15.0 + 7.00} \right)^{-1}$$

$$C_{eq} = 10.5 \text{ nF}$$

$$q_{tot} = C_{eq} \times \Delta V$$

$$q_{tot} = 10.5 \times 80.0 = 838 \text{ nC}$$

$$q_{3l} = -838 \text{ nC}$$

$$\Delta V_3 = \frac{q_3}{C_3}$$

$$\Delta V_3 = \frac{838}{20} = 41.9 \text{ V}$$

$$q_2 = C_2 \times \Delta V_2$$

$$q_2 = 7.00 \times (80.0 - 41.9) = 267 \text{ nC}$$

$$q_{2r} = -267 \text{ nC}$$

4.44• يتصل مكثف سعته 5.00 nF مشحون إلى 60.0 V بمكثف سعته 7.00 nF مشحون إلى 40.0 V من جهة لوحيهما السالبين. ما الشحنة النهائية على المكثف الذي سعته 7.00 nF؟

$$q_{tot} = q_1 + q_2$$

$$q_{tot} = C_1 \Delta V_1 + C_2 \Delta V_2$$

$$q_{tot} = 5.00 \times 60.0 + 7.00 \times 40.0 = 580 \text{ nC}$$

بعد التوصيل يكون لهما نفس الجهد الكهربائي

$$\Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$$

$$\frac{580 - q_2}{5.00} = \frac{q_2}{7.00}$$

$$7.00 \times 580 - 7.00 q_2 = 5.00 q_2$$

$$\frac{q_{tot} - q_2}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$$

$$q_2 = \frac{7.00 \times 580}{5.00 + 7.00} = 338 \text{ nC}$$