

المحاضرة الخامسة

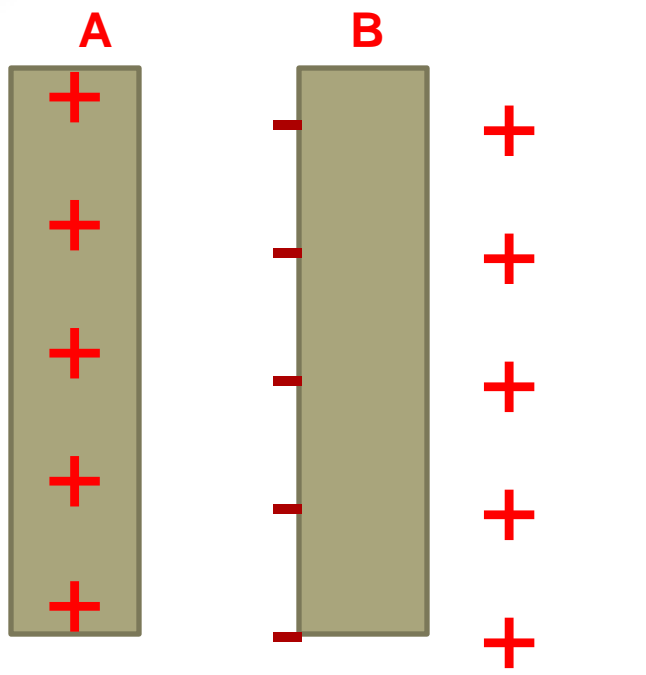
المكثفات (Capacitors)

فى هذا الفصل سوف نناقش المكثفات , وهى أجهزة تستخدم فى تخزين الشحنات الكهربائية.

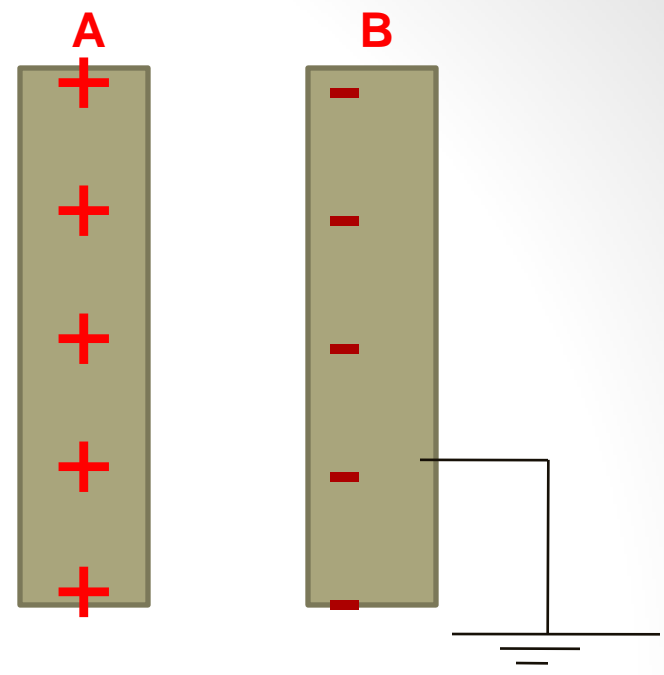
وهناك استخدامات واسعة للمكثفات مثلا تستخدم فى:

- 1- ضبط تردد أجهزة الاستقبال الاذاعي ، عمليات التوليف والرنين.
- 2- كمرشحات فى مصادر الامدادات الكهربائيه، فى نظم احدات شرارة الاشتعال فى نظام السيارة،
- 3- كمصدر تخزين للطاقة فى الأجهزة للتحكم فى الوحدات الالكترونية.

المكثف يتكون من موصلين يفصل بينهما مادة عازلة (insulator). وكل مكثف له سعة معينة تعتمد على الشكل الهندسى للمكثف وعلى المادة العازلة التى تفصل بين الموصلين.



أ



ب

شكل أ

الموصل A مشحون بشحنة موجبة ثم اقترب منه موصل B غير مشحون فاكسب شحنة سالبة مقيدة على الوجه المقابل للموصل A وشحنة موجبة B مطلقة على الوجه الآخر.

شكل أ

عند توصيل الموصل B بالأرض فإن الإلكترونات تنتقل من الأرض لتعادل الشحنات الموجبة المطلقة على الموصل B وتكون النتيجة أن اللوح B يكتسب شحنة سالبة فقط .

وبهذا يصبح جهد الموصل أقل بكثير من جهده الأصلي منفرداً وبهذا تزداد سعته زيادة كبيرة ويحتاج بذلك إلى شحنة إضافية كبيرة حتى يعود إلى وضعه الأصلي وهذا يعني زيادة مقدرة الموصل على تخزين الشحنات الكهربائية.

تسمى المجموعة المكونة من موصل مشحون معزول وموصل آخر قريب متصل بالأرض بالمكثف

تعريف المكثفات

أي مجموعة مكونة من موصلين مشحونين مختلفين في النوع ومتساويتين في المقدار وقريبين من بعضهما البعض ويكون بينهما فراغ أو مادة عازلة تسمى بالمكثف.

عند شحن مكثف بشحنة كهربية (q) يتولد بين لوحيه فرق في الجهد (V) وتكون سعة المكثف عبارة عن مقدار الشحنة لأحد الموصلين مقسوما على فرق الجهد بينهما.



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

وسعة المكثف تعتمد على:

1- أبعاد لوحى المكثف

2- الوسط العازل بين

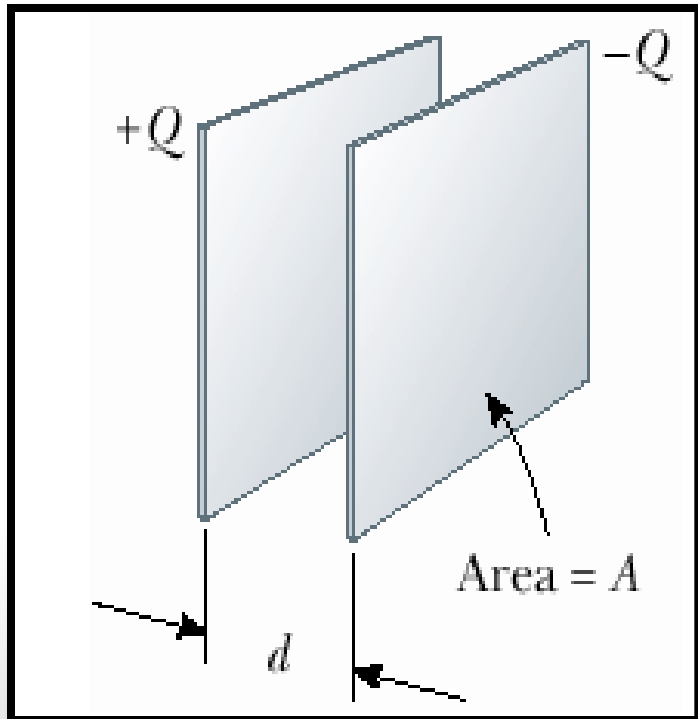
اللوحين

وحدة قياس سعة المكثف هي (الفاراد = كولوم/فولت)

$$1\text{nf} = 10^{-9} \text{ f} , \quad 1\mu\text{f} = 10^{-6} \text{ f}$$

أنواع المكثفات :

1- المكثف متوازي اللوحين 2- المكثف الكروي 3- المكثف الاسطوانى



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

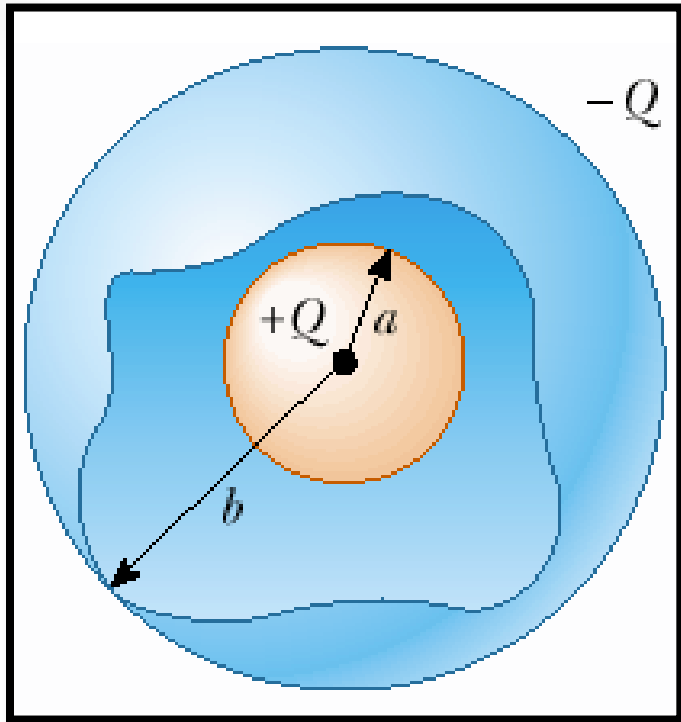
في حالة المكثف
متوازي اللوحين

$$V = E \cdot d = \frac{q}{\epsilon_0 A} \cdot d$$

$\sigma = q/A$
تسمى الشحنة
السطحية

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

في حالة المكثف الكروي



$$V_b - V_a = - \int_a^b E_r dr = - k_e Q \int_a^b \frac{dr}{r^2} = k_e Q \left[\frac{1}{r} \right]_a^b$$

$$= k_e Q \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

$$\Delta V = |V_b - V_a| = k_e Q \frac{(b - a)}{ab}$$

د. شذى الدغفق

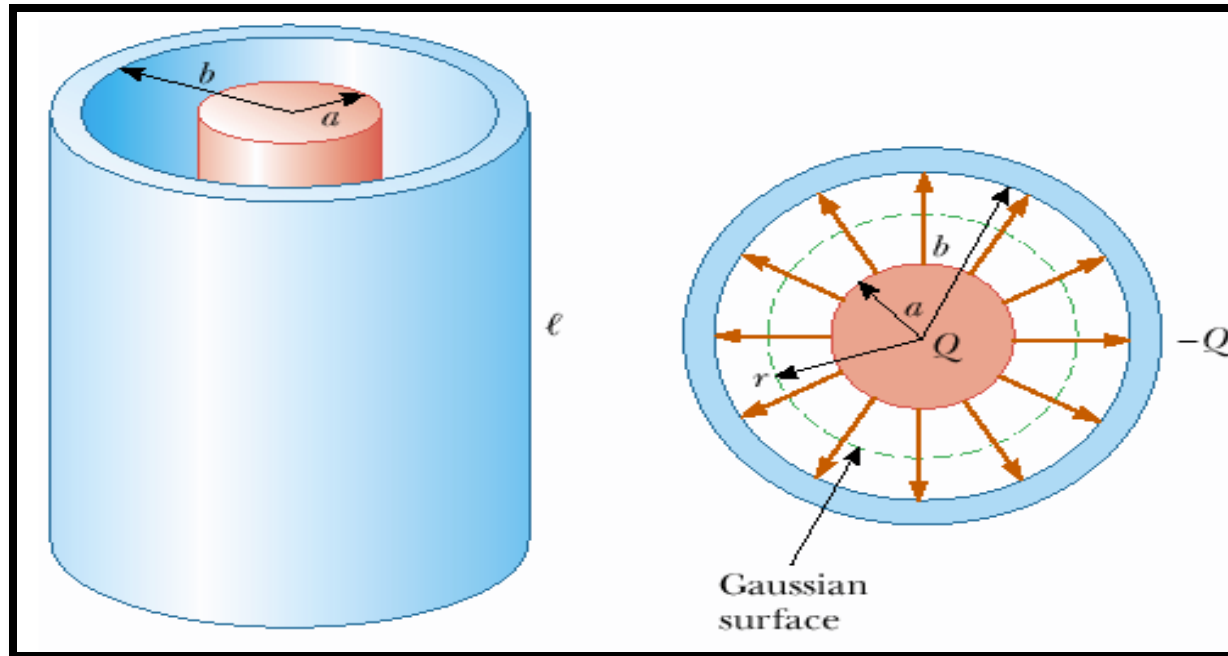
$$C = \frac{Q}{V}$$

وبالتعويض في المعادلة

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{ab}{k_e(b - a)}$$

نحصل على

3- المكثف الأسطواني



$$C = \frac{\ell}{2k_e \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

مكثف متوازي اللوحي مساحة كل من لوحيه 10 cm^2 والمسافة بين لوحيه 1 mm فإذا كان فرق الجهد بين لوحيه 1000 V فاحسب سعة المكثف وشحنته وقيمة المجال الكهربائي بين لوحيه. علماً بأن سماحية الفراغ تعطى بـ

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{10 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ f}$$

$$q = C.V = 8.85 \times 10^{-12} \times 10^3 = 8.85 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{10^3}{10^{-3}} = 10^6 \text{ V/m}$$

2- مكثف متوازي اللوحين مصنوع من مادة الالومنيوم المسافة بين لوحيه 1 mm ماذا يجب ان تكون مساحة كل من لوحيه (A) كي تكون سعته $1 \mu f$, $1 pf$, $1 f$

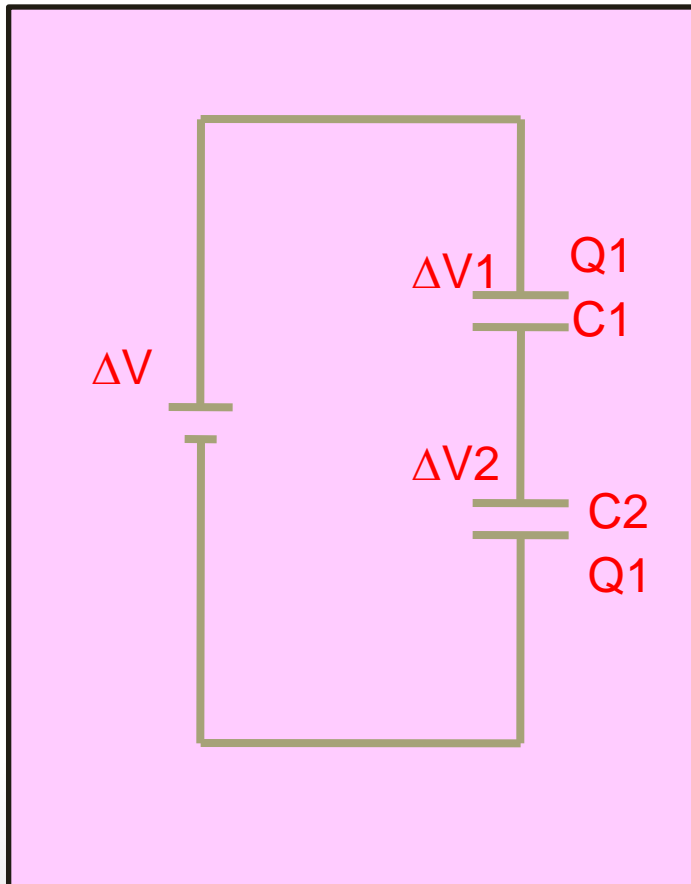
التوصيل على التوالي

capacitors in series

• هذا النوع من التوصيل يتميز بـ:

1. فرق الجهد يتجزأ على المكثفات

2. الشحنة لا تتجزأ (ثابتة)



$$\Delta V = \frac{Q}{C_{eq}}$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1}$$

$$\Delta V_2 = \frac{Q}{C_2}$$

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

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

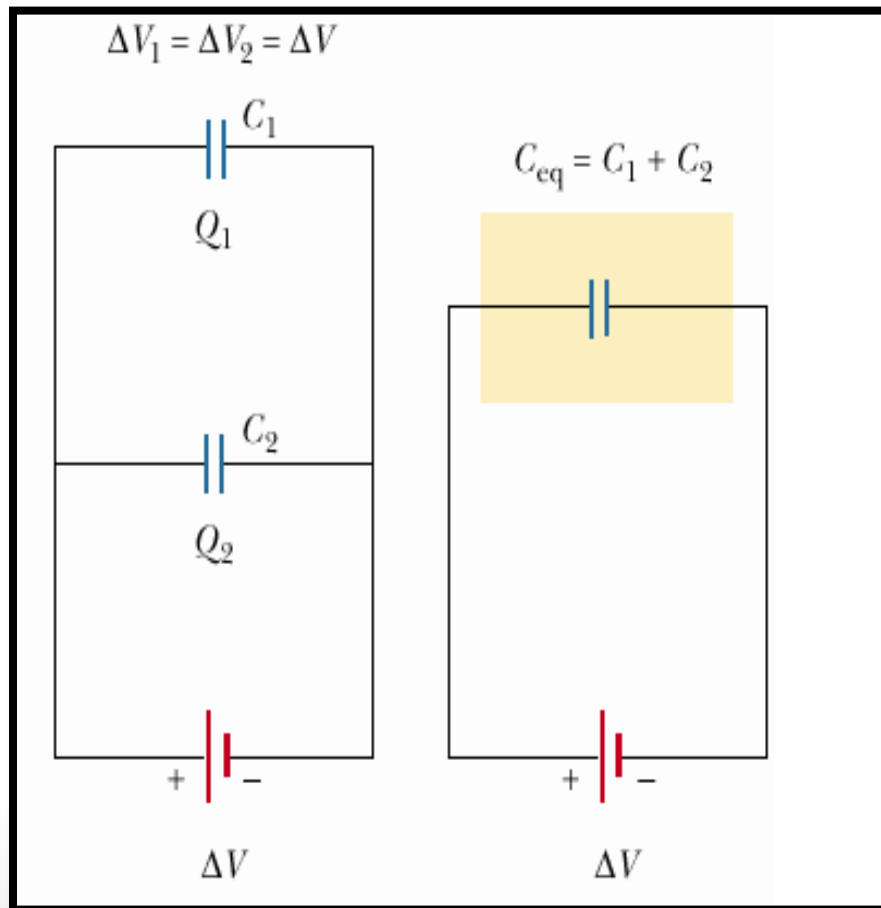
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

التوصيل على التوازي capacitors in parallel

• هذا النوع من التوصيل يتميز بـ:

1. فرق الجهد ثابت لا يتجزأ

2. الشحنة تتجزأ (تتوزع) على المكثفات



$$Q = Q_1 + Q_2$$

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

$$Q = C_{eq} \Delta V$$

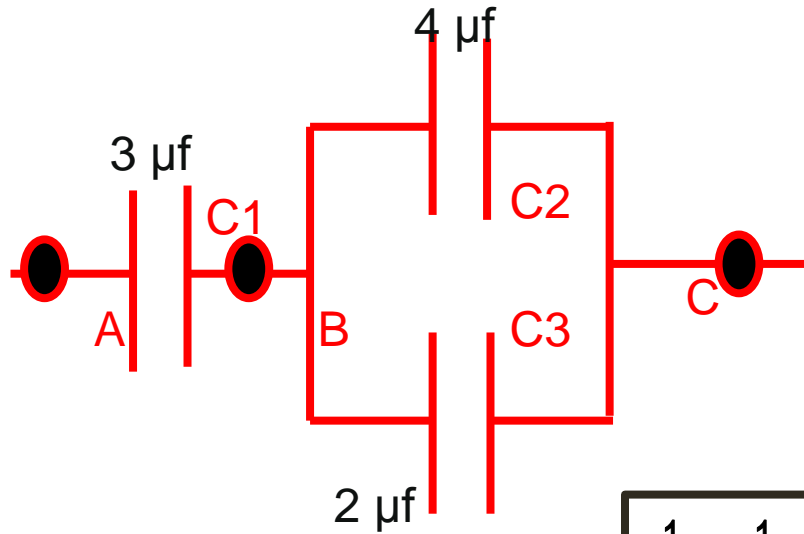
$$C_{eq} \Delta V = C_1 \Delta V + C_2 \Delta V$$

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

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

مثال (2) :

احسبي الشحنة في الدائرة التالية وكذلك احسب الجهد عند النقطة (b) علما بان الجهد عند (a) يساوي 1200 V بينما النقطة (C) متصلة بالأرض.



المكثفان C_2 , C_3 متصلان على التوازي:

$$C = C_2 + C_3 = 4 + 2 = 6 \mu f$$

هذه السعة متصلة على التوالي مع

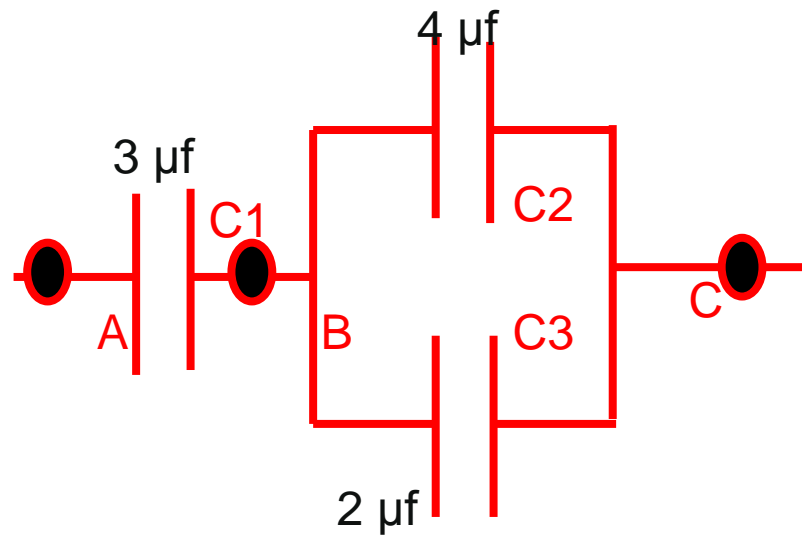
C_1 فتكون المحصلة هي:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3}$$



$$C_o = 2 \mu f$$

لإيجاد الشحنة المارة في الدائرة نوجد لها عند النقطة (a) حيث قيمة الجهد معلومة وذلك لأن الشحنة في المكثفات الموصلة على التوالي ثابتة



$$V_B = \frac{q}{C} = \frac{3.6 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-6}} = 600 \text{ V} \quad \leftarrow \quad q_1 = C.V$$

$$\therefore q = 3 \times 10^{-6} \times 1200 = 3.6 \times 10^{-3} \text{ C}$$

د. شذى العبدى

وبما أن الشحنة ثابتة على التوالي ، وتساوي مجموع الشحنتين على التوازي فإن q_3, q_2

$$V = V_A + V_B = 1200 + 600 = 1800 \text{ V} \quad q_2 = 4 \times 10^{-6} \times 600 = 2.4 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$V = \frac{q}{C} = \frac{3.6 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}} = 1800 \text{ V} \quad q_3 = 2 \times 10^{-6} \times 600 = 1.2 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$q = q_2 + q_3 = 3.6 \times 10^{-3} \text{ C}$$

الطاقة المخزنة بالمكثف

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

أي أن العلاقة بين الطاقة المخزنة وسعة المكثف علاقة طردية ،،، كلما زادت سعة المكثف زادت كمية الطاقة والعكس صحيح .

في حالة التوصيل على التوازي تكون سعة المكثف المكافئة أكبر وبالتالي الطاقة أكبر

وفي حالة التوصيل على التوالي تقل سعة المكثف المكافئة وبالتالي تكون الطاقة أصغر

احسبي السعة المكافئة وكذلك الشحنة الكلية للدائرة التالية.

