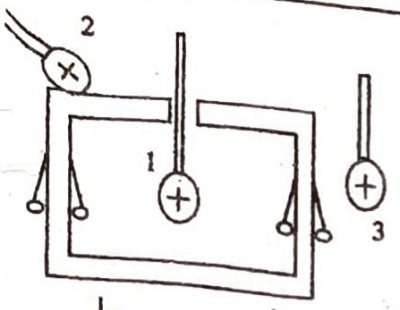
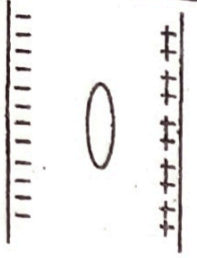
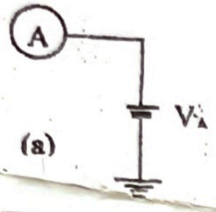


لتمرين الأول: نعلق 4 نوّاسات معدنية صغيرة ،كل واحد منها مكون من خيط عازل و كرة معدنية، على الجدارين الداخلي و الخارجي لناقل (A) أجوف متعادل أصلا كما في الشكل المقابل.
نشحن ناقلا ثانيا(B) بشحنة موجبة.
مثل، بالرسم، الأوضاع الجديدة التي تأخذها النواسات الأربعة و إشارة شحنتها عندما يكون الناقل B في أحد الأوضاع الثلاثة المبينة في الشكل المقابل.

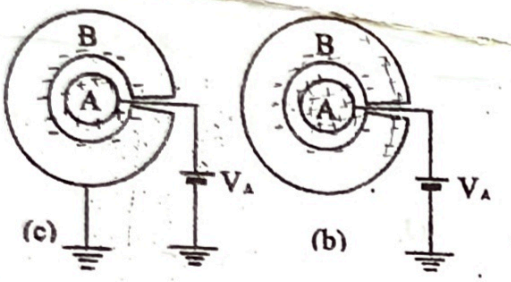


التمرين الثاني: مستويان ناقلان متوازيان يحملان شحنتين كثافتهما σ+و σ- . نضع بينهما ناقلا متعادلا كهربائيا و معزول، الشكل المقابل.
- مثل التوزيع الجديد للشحنات على النواقل الثلاثة. مثل تقريبيا سطوح تساوي الكمون و خطوط الحقل الكهربائي.
- اجب على نفس الأمثلة إذا وصل الناقل بالمستوي الأيمن بواسطة سلك معدني.

التمرين الثالث: تحمل كرتان معدنيتان (A) و(B) نصفي قطريهما a=5cm, و b=3cm تحملان شحنتين $Q_A=10^{-8}C$ و $Q_B=-3.10^{-8}C$ المسافة بين مركزيهما هي D=2m.
هل يمكن حساب الكمون الناتج عند نقطة تقع في منتصف المستقيم الواصل بين مركزي الكرتين؟ ما هو التقريب الواجب عمله؟ أحسب في هذه الحالة هذا الكمون و كمون كل كرة
- توصل الآن الكرة (B) بالأرض، بافتراض أنّ الشحنات موزعة بانتظام على سطحي الكرتين، أحسب الشحنة الجديدة للكرة (B).



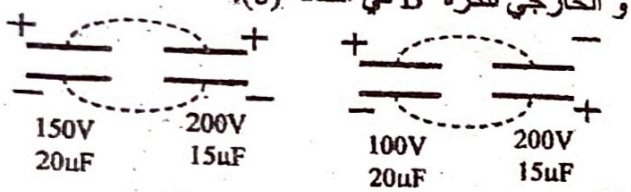
التمرين الرابع: تحمل كرة معدنية نصف قطرها 0.25m شحنة قدرها $10^{-4}C$. توصل هذه الكرة، بواسطة خيط ناقل، بكرة ناقلة أخرى شحنتها معدومة و نصف قطرها 0.05m. نفترض أنّ المسافة بين الكرتين كبيرة جدا أمام أبعاد الكرتين و نهمل تأثير الخيط.
- أحسب، في حالة التوازن، شحنة و كمون كل من الكرتين.
- أحسب الحقل الناتج بالقرب من سطح كل كرة.
- أحسب طاقة الجملة قبل التوصيل.
- أحسب طاقة الجملة بعد التوصيل. قارن بن النتيجتين. فسر نتيجتك.



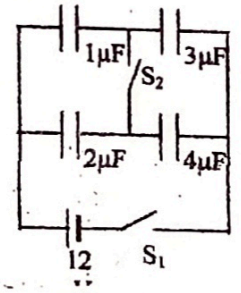
التمرين الخامس: لدينا الحالات الثلاثة الممثلة في الشكل المقابل حيث - A كرة ناقلة نصف قطرها R_1 و مرفوعة إلى الكمون V_A.
- B كرة مجوفة نصف قطرها الداخلي R_2 و الخارجي R_3 و متمركزة مع الكرة A .

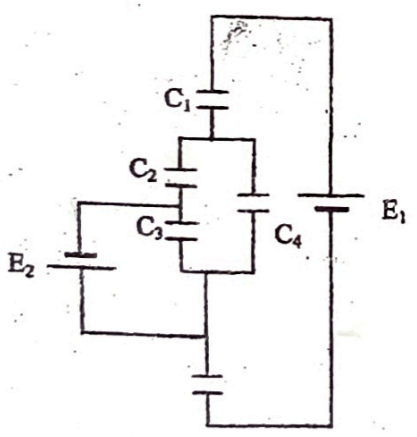
$V_A=1000V$, $R_1=10cm$, $R_2=15cm$, $R_3=20cm$.
1- أحسب الشحنة Q_0 التي تحملها A في الحالة (a).
2- أحسب Q_1 شحنة A و الشحنتين Q_2 و Q_3 شحنتي السطحين الداخلي و الخارجي للكرة B في الحالة (b).
3- نفس السؤال في الحالة (c).

التمرين السادس: توضح الأشكال أسفله الحالات الابتدائية لكل مكثفة، أحسب
1- شحنة و فرق الكمون بين طرفي كل مكثفة بعد التوصيل
2- الطاقة الداخلية لكل مجموعة قبل و بعد التوصيل.



التمرين السابع: 1- أحسب شحنة كل مكثفة عند غلق القاطعة S_1.
3- أحسب شحنة كل مكثفة عند غلق القاطعة
4- S_2 مع إبقاء S_1 مغلقة.



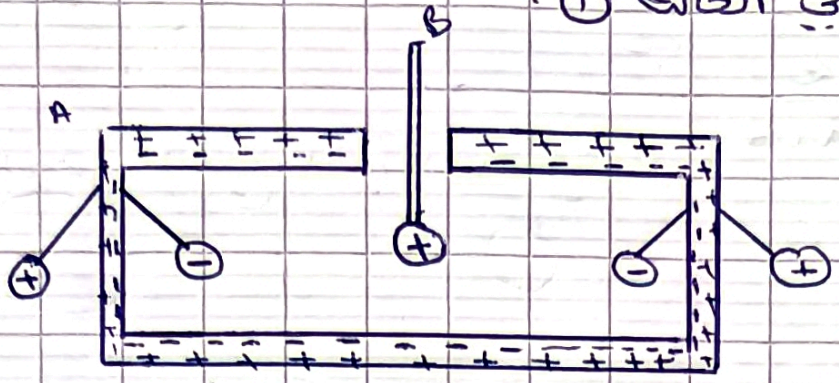


التمرين الثامن: ليكن التجمع التالي للمكثفات -الشكل المقابل.
حيث : $C_2=25\mu F, C_3=5\mu F, C_4=15\mu F, C_5=15\mu F; C_1=5\mu F; E_1=750V E_2=150V$
-أحسب فرق الكمون شحنةكل من المكثفات الخمسة المكونة للذارة.

سلسلة النواقل في حالة التوازن :

حل التمرين الأول:

1) في الحالة ① :

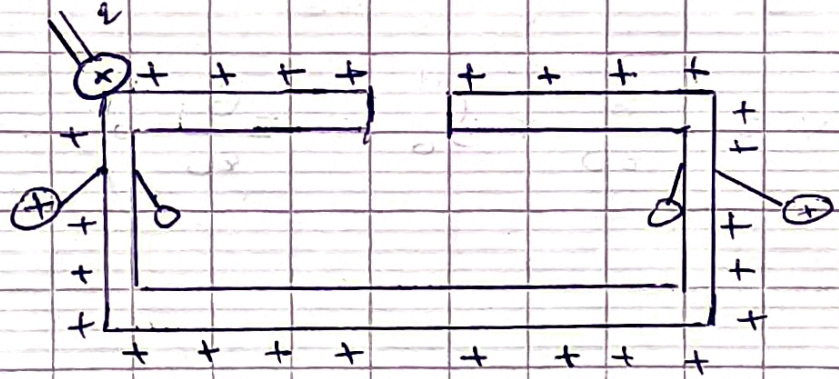


- وجود الشحنة الموجبة داخل الناقل المفرغ A يؤدي الى استقطاب الجدار الداخلي بشحنة سالبة وجدار الخارجي بشحنة موجبة.

- عدد النواسات الداخلية تلامس الجدار الداخلي فتكتسب شحنة (-) فيؤدي الى ذلك تنافر.

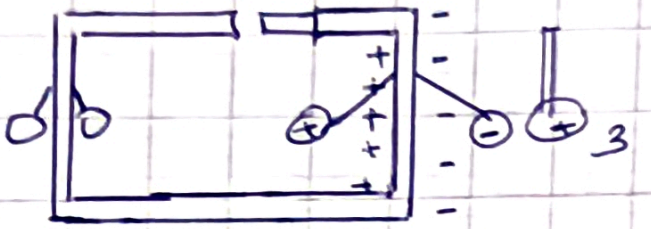
- والنواسات الخارجية تلامس الجدار الخارجي فتكتسب شحنة (+) فيؤدي ذلك الى تنافر.

2) في الحالة ② .



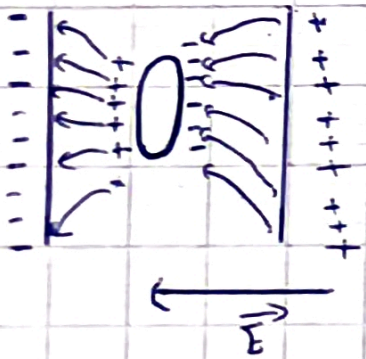
إذا لمس الناقل المشحون الجدار الخارجي للصندوق فإن حملة الناقل والسطح الخارجي لـ A تصبح ناقل واحد وتنتقل شحنة القفيص المشحون وتتوزع على السطح الخارجي وبالتالي النواسات الخارجية تكتسب شحنة (+) وتتنافر مع الوسط الخارجي.

3) الحالة ③:



في هذه الحالة تنتقل الشحنات السالبة في جهة الناقل المشحون والشحنات الموجبة في الجهة الأخرى (الاستقطاب بالتأثير) وتتنافر النواسات المجاورة مع السطح الداخلي والخارجي بفعل الاستقطاب بالمس.

حل التمرين الثاني:

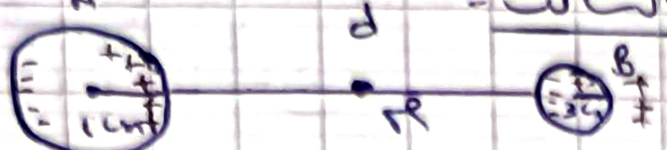


1- خطوط الحقل تنعرف على الأسطح المحددة للناقل وتكون أكثر تقرباً

- خطوط تساوي الكمون تكون عمودية على خطوط الحقل الكهربائي

• في هذه الحالة يصبح الناقل والمكثف عبارة عن ناقل واحد موجب

حل التمرين الثالث:



$q_A = 10^{-8}\ C$ $\quad q_B = -3\times10^{-8}\ C$

- يمكن حساب العمل والكمون عند النقطة R.
- يمكن استعمال قوانين كولوم أو غوص وذلك لأن الشحنة غير موزعة بانتظام على كل ناقل لإهمال تأثير الناقل الآخر.
- التقريب الواجب عمله من أجل حساب العمل عند R. التي تقع في المنتصف، يجب اعتبار الشحنات نقطية (مجتمعة أي يعاد في هذه الحالة أمام المسافة d).

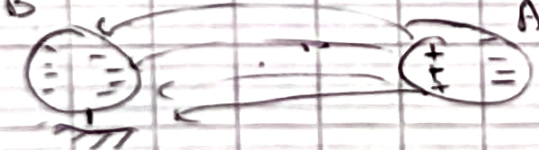
حساب الكمون: (باعتبار أن الشحنة نقطية).

$$V_{(R)} = V_A(R) + V_B(R)$$

$$V_A(R) = K\frac{q_A}{R_C} = 9\times10^9 \times \frac{(10^{-8})}{R/2} = 90\ V.$$

$$V_B(R) = \left(K\frac{q_B}{\frac{d}{2}}\right) = 9\times10^9\left(\frac{-3\times10^{-8}}{1}\right) = -270\ V.$$

$$V(R) = -270 + 90 = -180\ V.$$

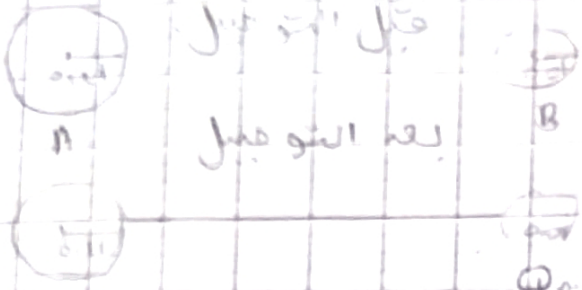


$V_B = \frac{K q_B}{R_B} + \frac{K q_A}{D} = 0$ ، $D \neq B$ الشحنة الجديدة للكرة

$Q_B = -Q_A \frac{R_B}{D} = \frac{-10^{-8} \cdot 3\times10^{-2}}{2} = -1,5 \times 10^{-10}\ C$

حل التمرين الرابع =

في حالة التوازن



باستعمال مبدأ انحفاظ الشحنة:

$Q_{Ai} + Q_{Bi} = Q_{Af} + Q_{Bf}$

$Q_{Ai} = Q_{Af} + Q_{Bf}$ ---- ①

بعد التوصيل الكرتان متساويتان:

$V_A = V_B \Rightarrow \frac{K Q_{Af}}{R_A} = \frac{K Q_{Bf}}{R_B}$

$\frac{Q_{Af}}{R_A} = \frac{Q_{Bf}}{R_B}$ ---- ②

$\frac{Q_{Af}}{R_A} = \frac{Q_{Ai} - Q_{Af}}{R_B}$

من ① و ② نجد:

$\frac{Q_{Af}}{R_A} = \frac{Q_{Ai}}{R_B} - \frac{Q_{Af}}{R_B} \Rightarrow \frac{Q_{Af}}{R_A} + \frac{Q_{Af}}{R_B} = \frac{Q_{Ai}}{R_B}$

$= Q_{Af}\left(\frac{R_A + R_B}{R_A \cdot R_B}\right) = \frac{Q_{Ai}}{R_B}$ ②

$Q_{Af} = \frac{Q_{Ai}}{R_B}\left(\frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B}\right)$

$Q_{Af} = Q_{Ai} \cdot \frac{R_A}{R_A + R_B}$

$$Q_{Af} = 10^{-4}\left(\frac{0,25}{0,25+0,05}\right) = 8,3\times10^{-5}\ C$$

حساب Q_{Bf}

$$Q_{Bf} = Q_{Ai} - Q_{Af} = Q_{Ai} - \left[Q_{Ai}\frac{R_A}{R_A+R_B}\right]$$

$$Q_{Bf} = Q_{Ai}\left[1 - \frac{R_A}{R_A+R_B}\right]$$

$$Q_{Bf} = Q_{Ai}\left[\frac{R_B}{R_A+R_B}\right] = 10^{-4}\left[\frac{0,05}{0,25+0,05}\right] = 1,66\times10^{-5}\ C$$

حساب الكمون:

$$V_A = V_{AA} + V_{BA}$$

$$V_B = V_{BB} + V_{AB}$$

بإهمال التأثير المتبادل بإعتبار الشحنات نقطية

ومنه $V_A = V_B$

$$\begin{cases} V_A = \dfrac{K Q_{Af}}{R_A} \\ V_B = \dfrac{K Q_{Bf}}{R_B} \end{cases}$$

لحساب الحقل الناتج عن سطح كرة نستخدم علاقة غوص بإعتبار أن الشحنة موزعة بإنتظام.

$$E = \frac{K Q}{R^2}$$

من أجل $r \geq R$

• طاقة الجملة قبل التوصيل:

$$E_i = \frac{1}{2} Q_T V \quad ; \quad Q_T = Q_{Ai} + Q_{Bi}$$

$$Q_T = Q_{Ai}$$

$$E_i = \frac{1}{2} Q_{Ai} V = \frac{1}{2} Q_{Ai} \cdot \frac{K Q_{Ai}}{R_A}$$

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot K \frac{Q_{Ai}^2}{R_A}$$

بعد التوصيل:

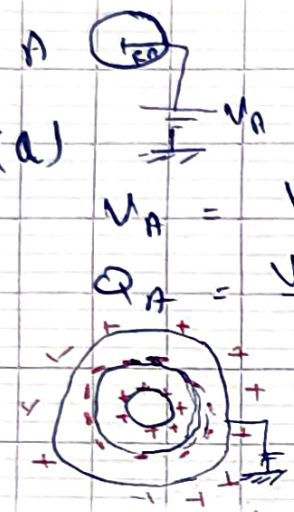
$$E_f = \frac{1}{2} Q_{Af} V_{Af} + \frac{1}{2} Q_{Bf} V_{Bf}$$

$$E_f = \frac{1}{2} K \left[\frac{Q_{Af}^2}{R_A} + \frac{Q_{Bf}^2}{R_B} \right]$$

ملاحظة: نلاحظ أن $E_f < E_i$ لوجود ضياع في الطاقة بفعل حمل وهذا عند انتقال الشحنة من A إلى B حيث يكون هذا الضياع على شكل حرارة.

حل التمرين الخامس:

(a)



1) حساب الشحنة $Q_{0(A)}$ في الحالة (a).

$$V_A = \frac{K Q_A}{R_1}$$

$$Q_A = \frac{V_A \cdot R_1}{K} = \frac{1000 \times (10 \times 10^{-2})}{9 \times 10^9} = 1,11 \times 10^{-9} \text{ C}$$

2) حساب Q_A:

يحدث استظاب في الكرة B بفعل الكرة A.

$$Q_{B_2} = Q_0 = 1,11 \times 10^{-9} \text{ C}$$

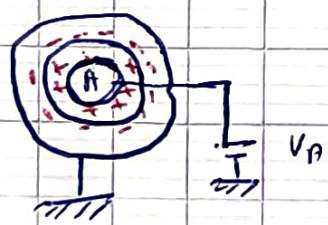
$$Q_2 = -Q_{B_2} = -1,11 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$Q_B = Q_2 + Q_3 = 0 \qquad Q_3 = -Q_2$$

$Q_2 < 0$; $Q_3 > 0$ $\qquad Q_A > 0$

الكرة B متعادلة كهربائيا.

الحالة c:



- شحنة الكرية A = $Q_A = Q_0 = \dots C$

$Q_B = Q_2 + Q_3$; $Q_3 = 0$

$Q_B = Q_2 = -Q_1 = \dots C$

$V_A = V_{AA} + V_{BA} = 1000V$

$V_{AA} = \frac{KQ_A}{R_1}$

$V_{BA} = -\frac{KQ_A}{R_2}$

$V_A = KQ_A\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

$Q_A = \frac{V_A}{K\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}$

$Q_A = \frac{V_A}{\frac{K(R_2 - R_1)}{R_1 \cdot R_2}}$

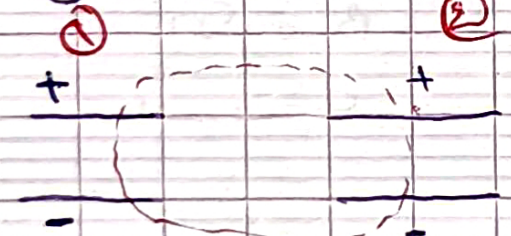
$Q_A = \frac{V_A \cdot R_1 \cdot R_2}{K(R_2 - R_1)} = \frac{1000 \times 0.1 \times 0.15}{9 \times 10^9 (0.15 - 0.1)}$

$Q_A = 3.33 \times 10^{-8} C$.

$Q_B = -Q_A = Q_2$.

حل ت 06

حساب شحنة المكثفتين قبل وبعد التوصيل



$V_1 = 150V$ $V_2 = 200V$

$C_1 = 20 \mu F$ $C_2 = 15 \mu F$.

الحالة ① = عند توصيل الكثافتين فإنهما تتبادلان الشحنات إلى غاية الاتزان وتتساوى فرق الكمون: $V_1' = V_2'$

Q_1 ; Q_1' شحنتا المكثفة C_1 قبل وبعد التوصيل:

Q_2 ; Q_2' شحنتا المكثفة C_2 قبل وبعد التوصيل

V_1 و V_2 ؟ V_1' و V_2' كمونى المكثفتين قبل وبعد التوصيل.

$$V_1' = V_2'$$

من قانون انحفاظ الشحنة: شحنة التوصيل = شحنة التوصيل

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

$$Q_1 = C_1 V_1 \; ; \quad Q_1' = C_1 V_1'$$

$$Q_2 = C_2 V_2 \; ; \quad Q_2' = C_2 V_2'$$

$$C_1 V_1 + C_2 V_2 = C_1 V_1' + C_2 V_2'$$

لدينا $V_1' = V_2'$

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

$$V_1' = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2} = \frac{20 \times 150 + 15 \times 200}{20 + 15}$$

$$V_1' = 171,42\ V$$

$$Q_1' = C_1 V_1' = 20 \times 10^{-6} \times 171,42 = 3,42 \times 10^{-3}\ C$$

$$Q_2' = C_2 V_2' = 15 \times 10^{-6} \times 171,42 = 2,57 \times 10^{-3}\ C$$

الطاقة:

قبل التوصيل:

$$E_1 = \frac{1}{2} q V$$

$$E_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2$$

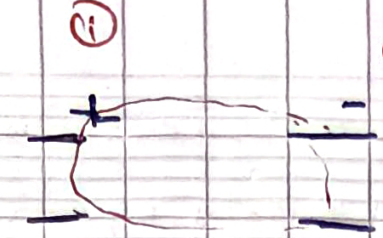
$$E_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2$$

بعد التوصيل:

$$E_T = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V_1'^2$$

$$E_T = \frac{1}{2} C_{eq} V_1'^2$$

الحالة 2



حسب قانون انحفاظ الشحنة:

$$Q_1 + Q_2 = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

بعد التوصيل:

$$|C_1 V_1' - C_2 V_2'| = |C_1 V_1 + C_2 V_2|$$

$$V_1' = V_2'$$

$$|(C_1 - C_2) V_1'| = |C_1 V_1 + C_2 V_2|$$

$$V_1' = \frac{|C_1 V_1 + C_2 V_1|}{|C_1 - C_2|} = 1000\,V$$

$$Q_1' = C_1 V_1' = 20 \times 10^{-6} \times 1000$$

$$Q_1' = 0{,}02\,C$$

$$Q_2' = C_2 V_2' = C_2 V_1' = 12 \times 10^{-6} \times 1000$$

$$Q_2' = 0{,}0012\,C$$

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{1} + \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$$

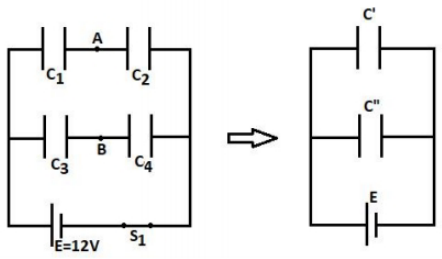
$$Q' = C' = \frac{3}{4} \times 12 = 9$$

$$\frac{1}{C''} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$Q'' = C'' = \frac{4}{3} \times 12 = 16\,\mu C$$

التمرين 07 :

عند غلق S_1 :



$1/C' = 1/C_1 + 1/C_2 \Rightarrow C' = C_1C_2 / C_1+C_2$, $C" = C_3C_4 / C_3+C_4$

فرق الكمون بين طرفي C' , C" هو E :

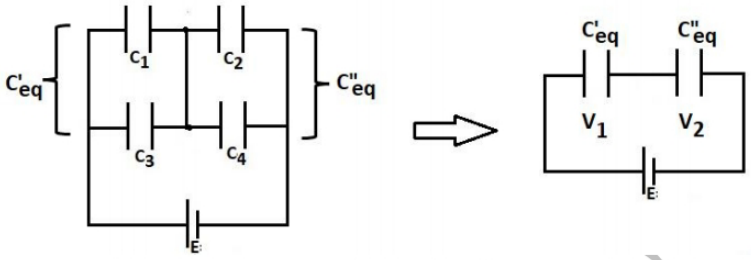
$q' = C'.E$, $q" = C".E$

شحنة المكثفة ذات السعة C_1 $\Leftarrow$ $q_2 = q_1$ شحنة المكثفة ذات السعة C_2 لأنهما مرتبطتان على التسلسل.

إذن : $q_1 = q_2 = q'$

نفس الشيء : $q_3 = q_4 = q"$

عند غلق S_1 و S_2 :



$C'_{eq} = C_1 + C_3 \Rightarrow q'_{eq} = q"_{eq}$

$C"_{eq} = C_2 + C_4 \Rightarrow C'_{eq} . V_1 = C"_{eq} . V_2$ et $V_1 + V_2 = 12v$

$V_1 + V_2 = E \Rightarrow V_1 = 12 - V_2$

التمرين 08 :

الجواب الصحيح هو :

1) سالبة والإلكترونات تنتقل من تأرض إلى الكرة.

لأن عند تقريب الساق الموجبة تتجه الشحنات السالبة في الكرة إلى جهة الساق تحت تأثير الحقل الكهربائي الناتج عن الساق.

الجهة الأخرى من الكرة تكون موجبة بما أنها موصلة بالأرض فتنتقل الإلكترونات من الأرض إلى الكرة سالبة (يتوقف انتقال الشحنات عند التوازن).

د. باباغيو فتيحة