

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 2001

(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

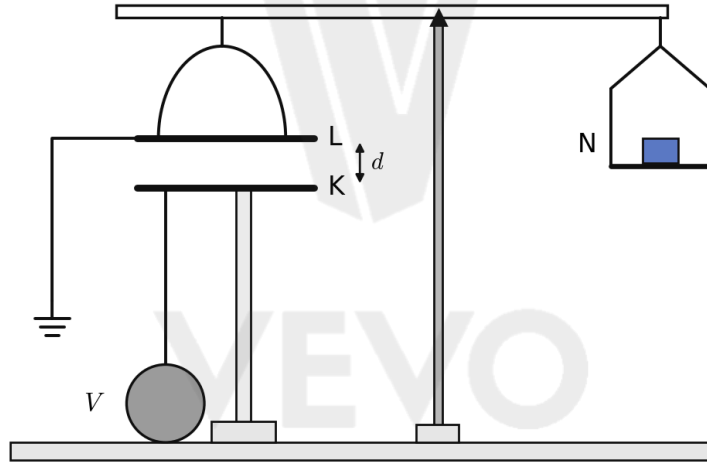
نص السؤال

طالب يقيس جهد جسم موصل مشحون بميزان حسّاس جدّاً (إلكترومتر تومسون). في أحد ذراعي الميزان لوح موصل أفقيّ L موصل بالأرض، وفي الذراع الآخر كفة N . تحت اللوح L لوح موصل أفقيّ ثابت K . أجزاء الميزان كلّها معزولة، واللوحان فقط موصلان.

في البداية الميزان متوازن. نوصل الجسم المشحون باللوح K بسلك طويل رفيع، فيظهر تجاذب بين اللوحين. كي يبقى الميزان متوازناً يضيف الطالب أثقالاً إلى الكفة N .

المعطيات:

- جهد اللوح L صفر (موصل بالأرض).
- مساحة كلّ لوح A ، والبعد بين اللوحين عند التوازن d .
- بعد التوصيل يصبح جهد اللوح K هو V (جهد الجسم المشحون نفسه).
- الثابت ϵ_0 ، والوزن الذي يضيفه الطالب إلى الكفة mg .



(الكرة الرمادية هي الجسم المشحون، والحامل تحت اللوح K عازل.)

أ. المطلوب: لماذا تنجذب الكفة L إلى الكفة K ؟

ب. المطلوب: اللوحان يكوّنان مكثف ألواح. نعبّر بدلالة المقادير ϵ_0 ، V ، d ، A (حسب الحاجة) عن:

▪ البند (1): الشحنة على اللوح L .

▪ البند (2): الحقل الكهربائي بين اللوحين.

▪ البند (3): الحقل الكهربائي الناتج عن اللوح K وحده.

ج. المطلوب: نبين أنّ القوة الكهربائية على اللوح L هي $\frac{\epsilon_0 A}{2} \left(\frac{V}{d}\right)^2$.

د. المطلوب: نعبّر عن الجهد V بالمقادير السابقة وبالوزن mg .

الحل: أ. شحنة مستحثة معاكسة على L ب(1). $|Q| = \frac{\epsilon_0 AV}{d}$ ب(2). $E = \frac{V}{d}$ ب(3). $E_K = \frac{V}{2d}$ ج. $F = Q E_K$ د. $V = d\sqrt{\frac{2mg}{\epsilon_0 A}}$

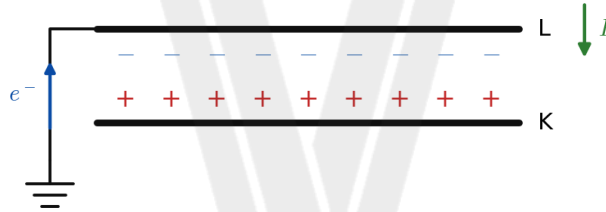
(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo)

الحل الكامل:

البند أ

نفرض أن الجسم مشحون بشحنة موجبة (الشرح نفسه للشحنة السالبة مع عكس الإشارات).

اللوحة K يأخذ شحنة موجبة من الجسم. هذه الشحنة تجذب الإلكترونات من الأرض إلى اللوحة L عبر سلك التأريض.



هكذا تظهر على اللوحة L شحنة مستحثة معاكسة في الإشارة لشحنة اللوحة K. الشحنات المختلفة في الإشارة تتجاذب.

لو لم يكن اللوحة L موصولاً بالأرض لبقى متعادلاً، ولكانت القوة عليه صغيرة جداً. التأريض هو ما يجعل شحنته كبيرة.

شحنة مستحثة معاكسة على L تنجذب إلى K

الجواب النهائي للبند أ

البند ب (1)

سعة مكثف الألواح:

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

(القانون موجود في لائحة القوانين التي تكون معك في الامتحان.)

جهد اللوحة K هو V ، وجهد اللوحة L صفر. إذن فرق الجهد بين اللوحين هو V ، وشحنة المكثف:

$$Q = CV = \frac{\epsilon_0 AV}{d}$$

(القانون موجود في لائحة القوانين التي تكون معك في الامتحان.)

اللوحة K تحمل شحنة موجبة بهذا المقدار، واللوحة L تحمل شحنة سالبة بالمقدار نفسه:

$$Q_L = -\frac{\epsilon_0 AV}{d}$$

الجواب النهائي للبند ب (1)

البند ب (2)

الحقل بين لوحين متوازيين منتظم:

$$E = \frac{V}{d}$$

(القانون موجود في لائحة القوانين التي تكون معك في الامتحان.)

نتأكد بواسطة كثافة الشحنة السطحية:

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} = \frac{\epsilon_0 AV}{d \epsilon_0 A} = \frac{V}{d}$$

$$E = \frac{V}{d}$$

الجواب النهائي للبند ب (2)

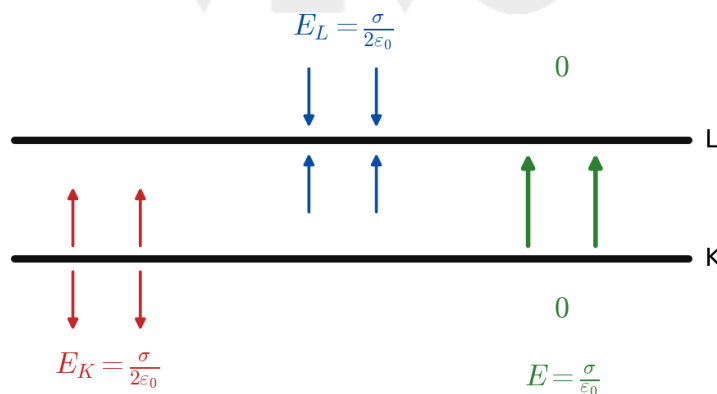
البند ب (3)

لوحة واحد كبير مشحون يُنتج حقلاً منتظماً على جوهته:

$$E_K = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

(القانون موجود في لائحة القوانين التي تكون معك في الامتحان.)

الحقل بين اللوحين هو مجموع حقلي اللوحين، وكل واحد منهما نصف الحقل الكلي:



(بالأحمر حقل اللوحة K وحده، وبالأزرق حقل اللوحة L وحده، وبالأخضر المجموع: بين اللوحين يتضاعف، وخارجهما يساوي صفراً.)

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{E}{2} = \frac{V}{2d}$$

$$E_K = \frac{V}{2d}$$

الجواب النهائي للبند ب (3)

البند ج

اللوحة L لا يؤثر على نفسه. القوة عليه سببها حقل اللوح K وحده:

$$F = Q E_K$$

(القانون موجود في لائحة القوانين التي تكون معك في الامتحان.)

نعوض الشحنة من البند ب (1) والحقل من البند ب (3):

$$F = \frac{\epsilon_0 A V}{d} \cdot \frac{V}{2d} = \frac{\epsilon_0 A}{2} \left(\frac{V}{d} \right)^2$$

(خطأ شائع: الضرب في الحقل الكلي $\frac{V}{d}$ يعطي ضعف القوة الصحيحة.)

القوة نحو الأسفل، نحو اللوح K، لأن الشحنتين مختلفتان.

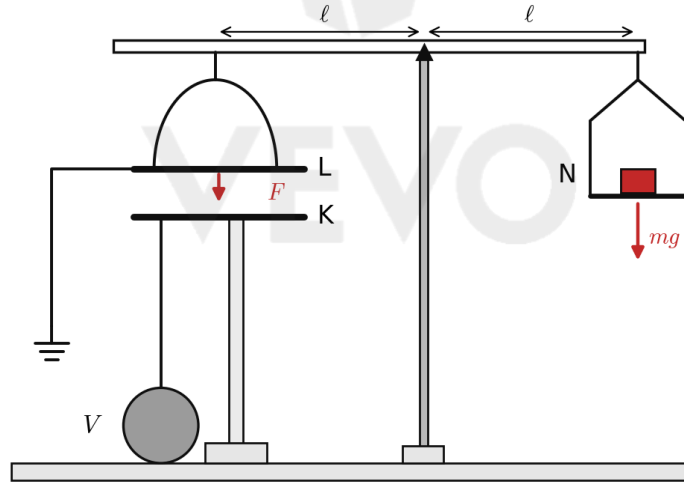
$$F = \frac{\epsilon_0 A}{2} \left(\frac{V}{d} \right)^2$$

الجواب النهائي للبند ج

وهو المطلوب.

البند د

الميزان يرجع إلى التوازن عندما يعادل الوزن الإضافي في الكفة N القوة الكهربائية على اللوح L.



(نفرض أن ذراعي الميزان متساويان، كما في الرسم، فالعزمَان يتساويان عندما تتساوى القوتَان.)

$$mg = \frac{\epsilon_0 A}{2} \cdot \frac{V^2}{d^2}$$

$$V^2 = \frac{2mg d^2}{\epsilon_0 A}$$

$$V = d \sqrt{\frac{2mg}{\epsilon_0 A}}$$

الجواب النهائي للبند د

نص الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجزوت 2001. صياغة الأسئلة والرسومات والحلّ: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».

