

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 2007

(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

نص السؤال

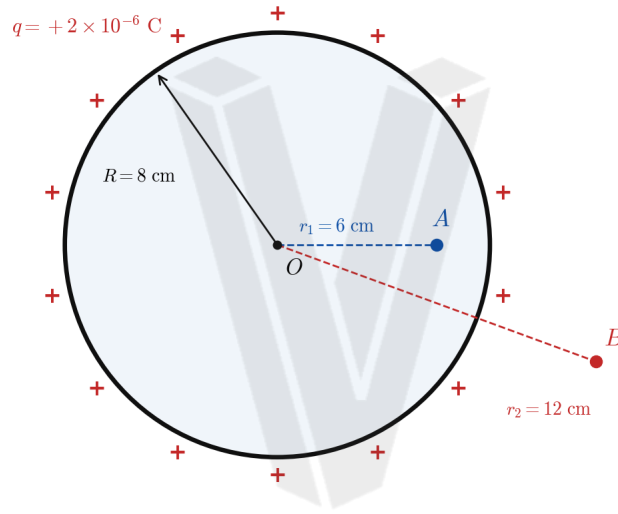
قشرة كروية موصلة مشحونة بشحنة موجبة. النقطة A داخل القشرة، والنقطة B خارجها. نختار الجهد في اللانهاية صفرًا.

المعطيات:

▪ نصف قطر القشرة $R = 8 \text{ cm}$ ، وشحنتها $q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$.

▪ بعد النقطة A عن مركز القشرة $r_1 = 6 \text{ cm}$.

▪ بعد النقطة B عن مركز القشرة $r_2 = 12 \text{ cm}$.



أ. المطلوب: مقدار الحقل الكهربائي في النقطة A.

ب. المطلوب: مقدار الجهد الكهربائي في النقطة A.

ج. المطلوب: مقدار الحقل الكهربائي في النقطة B.

د. المطلوب: مقدار الجهد الكهربائي في النقطة B.

نوصل القشرة المعطاة بقشرة كروية أخرى بسلك موصل طويل جدًا ودقيق، والقشرتان بعيدتان جدًا إحداهما عن الأخرى. في كلّ حالة من الحالتين الآتيتين، المطلوب: هل يصبح مقدار الحقل في النقطة B أكبر من قيمته في البند ج، أم أصغر، أم مساويًا لها؟ مع الشرح.

هـ. القشرة الأخرى غير مشحونة، ونصف قطرها يساوي نصف قطر القشرة الأولى.

و. القشرة الأخرى مشحونة بشحنة موجبة $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، ونصف قطرها $R_2 = 16 \text{ cm}$.

الحل: أ. $E_A = 0$ ب. $V_A = 2.25 \times 10^5 \text{ V}$ ج. $E_B = 1.25 \times 10^6 \text{ N/C}$ د. $V_B = 1.5 \times 10^5 \text{ V}$ هـ. أصغر (النصف) و. أصغر (الثلاثين)

(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo)

الحل الكامل:

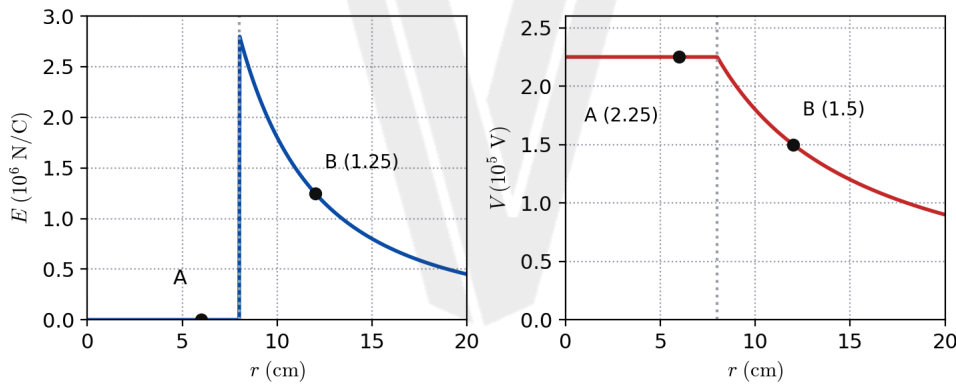
البند أ

القشرة موصلة، والشحنة موجودة كلها على سطحها الخارجي. في حالة الاتزان الحقل داخل الموصل وداخل التجويف يساوي صفراً.

النقطة A داخل القشرة، لأن بعدها عن المركز أصغر من نصف القطر:

$$r_1 = 6 \text{ cm} < R = 8 \text{ cm} \Rightarrow E_A = 0$$

الرسمان يبينان الحقل والجهد كدالة للبعد عن المركز. نعود إليهما في كل البنود:



$$E_A = 0$$

الجواب النهائي للبند أ

البند ب

الحقل داخل القشرة صفر، فالجهد لا يتغير داخلها. الجهد في النقطة A يساوي الجهد على سطح القشرة:

$$V = \frac{kq}{r}$$

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

نعوّض نصف القطر بدل البعد، بوحدة المتر:

$$V_A = \frac{kq}{R} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6}}{0.08} = 2.25 \times 10^5 \text{ V}$$

$$V_A = 2.25 \times 10^5 \text{ V}$$

الجواب النهائي للبند ب

البند ج

النقطة B خارج القشرة. خارج القشرة يكون الحقل كحقل شحنة نقطية موجودة في المركز:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

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

$$E_B = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6}}{0.12^2} = 1.25 \times 10^6 \text{ N/C}$$

اتجاه الحقل من المركز إلى الخارج، لأن الشحنة موجبة.

$$E_B = 1.25 \times 10^6 \text{ N/C}$$

الجواب النهائي للبند ج

البند د

خارج القشرة يكون الجهد أيضًا كجهد شحنة نقطية في المركز:

$$V_B = \frac{kq}{r_2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6}}{0.12} = 1.5 \times 10^5 \text{ V}$$

$$V_B = 1.5 \times 10^5 \text{ V}$$

الجواب النهائي للبند د

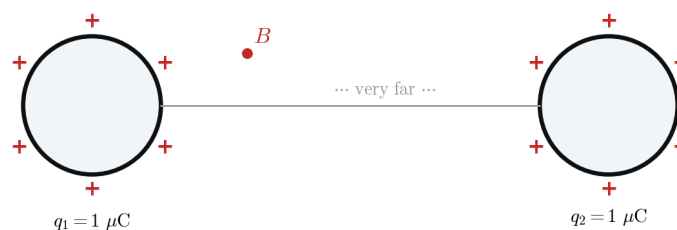
البند هـ

بعد التوصيل تنتقل الشحنة حتى يتساوى جهدا القشرتين، لأنهما أصبحتا موصلًا واحدًا. القشرتان بعيدتان جدًا، فجهود كل قشرة تتعلق بشحنتها فقط:

$$\frac{kq_1}{R} = \frac{kq_2}{R} \Rightarrow q_1 = q_2$$

الشحنة الكلية محفوظة، فتنقسم بالتساوي:

$$q_1 = q_2 = \frac{2 \times 10^{-6}}{2} = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$$



القشرة الأخرى بعيدة جدًا، فلا تؤثر في الحقل عند النقطة B. الحقل يتعلّق بالشحنة الجديدة للقشرة الأولى:

$$E'_B = \frac{kq_1}{r_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 1 \times 10^{-6}}{0.12^2} = 6.25 \times 10^5 \text{ N/C}$$

أصغر: الحقل يصبح نصف قيمته

الجواب النهائي للبند هـ

البند و

قبل التوصيل نقارن جهدي القشريتين:

$$V_1 = \frac{kq}{R} = 2.25 \times 10^5 \text{ V}, \quad V_2 = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6}}{0.16} = 1.125 \times 10^5 \text{ V}$$

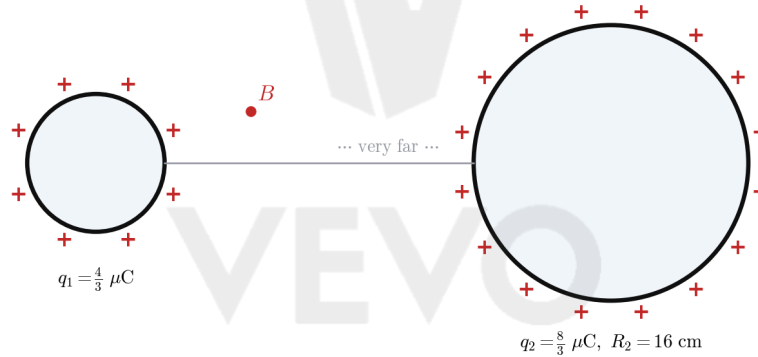
جهد القشرة الأولى أعلى، فتنقل شحنة موجبة منها إلى القشرة الأخرى حتى يتساوى الجهدان. إذن شحنة القشرة الأولى تقلّ.

نحسب الشحنة النهائية. الشحنة الكليّة محفوظة:

$$q_1 + q_2 = 2 \times 10^{-6} + 2 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

وشرط تساوي الجهدين:

$$\frac{q_1}{0.08} = \frac{q_2}{0.16} \Rightarrow q_2 = 2q_1$$
$$q_1 + 2q_1 = 4 \times 10^{-6} \Rightarrow q_1 = \frac{4}{3} \times 10^{-6} \text{ C}$$



الحقل في النقطة B يتعلّق بشحنة القشرة الأولى فقط:

$$E''_B = \frac{9 \times 10^9 \cdot \frac{4}{3} \times 10^{-6}}{0.12^2} \approx 8.33 \times 10^5 \text{ N/C}$$

أصغر: الحقل يصبح ثلثي قيمته

الجواب النهائي للبند و

نض الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 2007. صياغة الأسئلة والرسومات والحلّ: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».