

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 2011

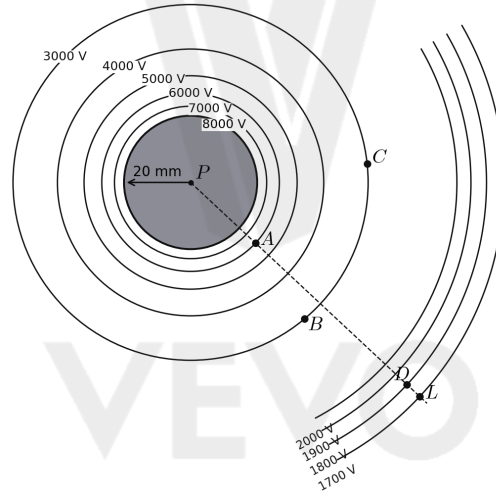
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

نص السؤال

كرة موصلة مشحونة مركزها النقطة P . يبيّن الرسم مقطعاً لعدد من خطوط (مسطحات) تساوي الجهد حول الكرة، وبجانب كلّ خطّ الجهد الذي يلائمه، نختار الجهد في اللانهاية صفراً.

المعطيات:

- نصف قطر الكرة $R = 20 \text{ mm}$.
- الجهد على سطح الكرة 8000 V ، والجهد في اللانهاية صفر.
- النقطة A على خطّ الجهد 6000 V ، والنقطة B والنقطة C على خطّ الجهد 3000 V .
- النقطة D على خطّ الجهد 1800 V ، والنقطة L على خطّ الجهد 1700 V ، وكلتاهما على الخطّ المتقطع الخارج من المركز.
- في البند ب: شحنة الجسيم $q = 8 \text{ nC} = 8 \times 10^{-9} \text{ C}$. في البند ج: شحنة الجسيم $q = 1.0 \text{ nC}$.
- في البند ج نفترض أنّ الحقل الكهربائي بين الخطّ 1700 V والخطّ 1800 V مقداره ثابت.



- المطلوب: هل الشحنة على سطح الكرة موجبة أم سالبة؟ مع التعليل.
 - المطلوب: الشحنة على سطح الكرة.
 - ب. ينتقل جسيم نقطيّ شحنته 8 nC من النقطة A إلى النقطة C : أوّلًا من A إلى B ، ثمّ من B إلى C . المطلوب: شغل الحقل الكهربائيّ، مع التفسير.
 - ج. (1) المطلوب: شغل الحقل الكهربائيّ عندما ينتقل جسيم نقطيّ شحنته 1.0 nC من النقطة L إلى النقطة D .
 - ج. (2) المطلوب: مقدار القوّة الكهربائيّة التي تؤثر على هذا الجسيم عندما ينتقل من L إلى D .
 - ج. (3) المطلوب: مقدار الحقل الكهربائيّ بين الخطّين.
 - د. المطلوب: أيّ إمكانيّة تعبر بشكل صحيح عن الجهد الكهربائيّ في مركز الكرة P ؟ علّل اختيارك.
- الإمكانيّات بالترتيب: الأولى صفر، الثانية 8000 V ، الثالثة 9000 V ، الرابعة لانهاية.

الحلّ: أ (1). موجبة أ (2). $Q \approx 1.78 \times 10^{-8} \text{ C}$ ب. $W = 2.4 \times 10^{-5} \text{ J}$ ج (1). $W = -1.0 \times 10^{-7} \text{ J}$ ج (2). $F \approx 1.9 \times 10^{-5} \text{ N}$ ج (3). $E \approx 1.9 \times 10^4 \text{ V/m}$ د. الإمكانية الثانية: 8000 V

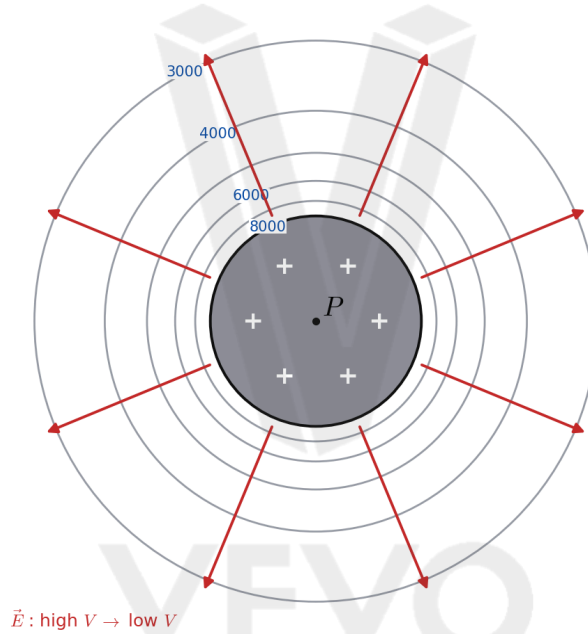
(صياغة السؤال والرسومات والحلّ: فيفو · vevo)

الحلّ الكامل:

البند أ (1)

الجهود على سطح الكرة موجب، وهو يقلّ كلّما ابتعدنا عن الكرة، حتّى يصل صفرًا في اللانهاية.

خطوط الحقل الكهربائيّ تتّجه من الجهد العالي إلى الجهد المنخفض، أي من الكرة إلى الخارج:



خطوط حقل تخرج من الكرة تعني أنّ شحنتها موجبة. ونرى ذلك أيضًا من القانون $V = \frac{kQ}{R}$: الجهد موجب، إذن الشحنة موجبة.

الشحنة على سطح الكرة موجبة

الجواب النهائي للبند أ (1)

البند أ (2)

جهد كرة موصلة مشحونة على سطحها، والجهد في اللانهاية صفر:

$$V = \frac{kQ}{R}$$

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

نحوّل نصف القطر إلى متر: $R = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$. ثم نعوّض:

$$Q = \frac{VR}{k} = \frac{8000 \cdot 0.02}{9 \times 10^9} \approx 1.78 \times 10^{-8} \text{ C}$$

نحتاج لاحقاً إلى الكمية kQ :

$$kQ = VR = 8000 \cdot 0.02 = 160 \text{ V} \cdot \text{m}$$

$$Q \approx 1.78 \times 10^{-8} \text{ C}$$

الجواب النهائي للبند أ (2)

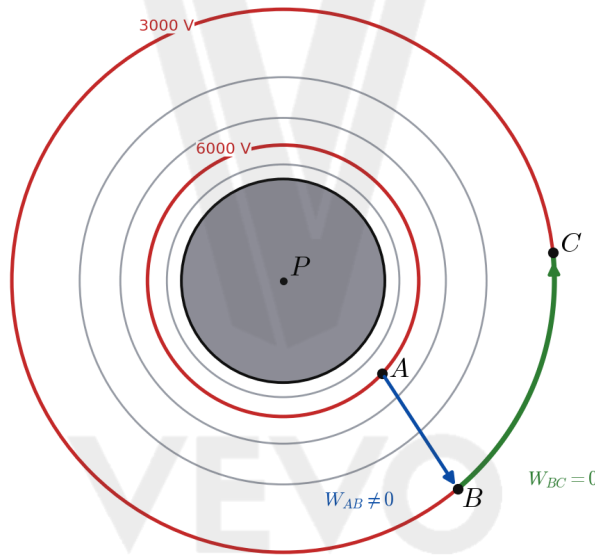
البند ب

شغل الحقل الكهربائي عندما تنتقل شحنة من نقطة إلى نقطة:

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

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

نقرأ الجهود من الرسم: النقطة A على الخط 6000 V ، والنقطة B والنقطة C على الخط 3000 V :



المرحلة الأولى، من A إلى B:

$$W_{AB} = 8 \times 10^{-9} (6000 - 3000) = 2.4 \times 10^{-5} \text{ J}$$

المرحلة الثانية، من B إلى C: النقطتان على خط تساوي الجهد نفسه، فلا فرق جهد بينهما:

$$W_{BC} = 8 \times 10^{-9} (3000 - 3000) = 0$$

الشغل الكلي هو مجموع المرحلتين. التفسير: الحقل الكهربائي محافظ، فالشغل يتعلّق بنقطة البداية ونقطة النهاية فقط، لا بشكل المسار.

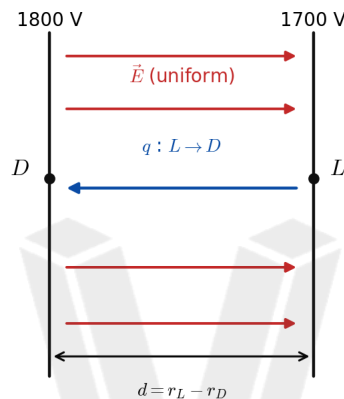
$$W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} = 2.4 \times 10^{-5} \text{ J}$$

$$W_{AC} = 2.4 \times 10^{-5} \text{ J}$$

الجواب النهائي للبند ب: كل الشغل في المرحلة الأولى

البند ج (1)

ننقل الجسم من الخط 1700 V إلى الخط 1800 V، أي نحو الكرة وعكس اتجاه الحقل:



$$W_{LD} = q(V_L - V_D) = 1.0 \times 10^{-9} (1700 - 1800) = -1.0 \times 10^{-7} \text{ J}$$

الشغل سالب: الحقل يدفع الشحنة الموجبة إلى الخارج، ونحن ننقلها إلى الداخل.

$$W_{LD} = -1.0 \times 10^{-7} \text{ J}$$

الجواب النهائي للبند ج (1)

البند ج (2)

نجد أولًا البعد بين الخطّين. نستعمل الكميّة التي وجدناها في البند أ (2):

$$r = \frac{kQ}{V}, \quad kQ = 160 \text{ V} \cdot \text{m}$$

$$r_D = \frac{160}{1800} \approx 0.0889 \text{ m}, \quad r_L = \frac{160}{1700} \approx 0.0941 \text{ m}$$

$$d = r_L - r_D \approx 5.23 \times 10^{-3} \text{ m}$$

الحقل منتظم بين الخطّين، فالقوّة ثابتة وموازية للمسار من L إلى D. لذلك مقدار الشغل يساوي القوّة مضروبة في البعد:

$$|W| = Fd$$

$$F = \frac{|W|}{d} = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{5.23 \times 10^{-3}} \approx 1.91 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$F \approx 1.9 \times 10^{-5} \text{ N}$$

الجواب النهائي للبند ج (2)

البند ج (3)

العلاقة بين الحقل المنتظم وفرق الجهد:

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

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

$$E = \frac{1800 - 1700}{5.23 \times 10^{-3}} \approx 1.91 \times 10^4 \text{ V/m}$$

فحص: نفس النتيجة من القوة في البند السابق:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1.91 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-9}} \approx 1.91 \times 10^4 \text{ V/m}$$

(الحقل الحقيقي kQ/r^2 عند الخط الخارجي نحو $1.81 \times 10^4 \text{ V/m}$ ، وعند الخط الداخلي نحو $2.03 \times 10^4 \text{ V/m}$. قيمتنا بينهما، ولذلك فرضية الحقل الثابت معقولة.)

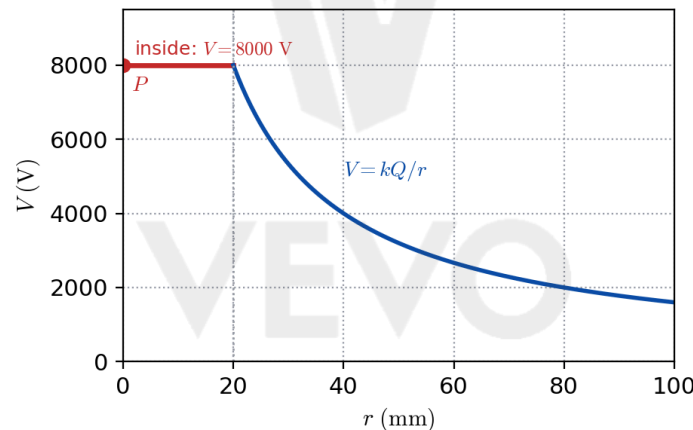
$$E \approx 1.9 \times 10^4 \text{ V/m}$$

الجواب النهائي للبند ج (3)

البند د

الكرة موصل في حالة اتزان كهربائي، فالحقل الكهربائي داخلها صفر.

حقل صفر يعني أنّ الجهد لا يتغير داخل الكرة: جهد كل نقطة داخلها يساوي جهد سطحها، ومنها المركز P:



لماذا ليست الإمكانيات الأخرى؟ صفر هو الجهد في اللانهاية فقط. والجهد kQ/r لا ينطبق داخل الكرة، فلا يكبر إلى 9000 V ولا إلى لانهاية عند المركز.

$$V_P = V_{\text{surface}} = 8000 \text{ V}$$

الإمكانية الثانية: 8000 V

الجواب النهائي للبند د

نص الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بروت 2011. صياغة الأسئلة والرسومات والحل: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».