السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسيّة — بجروت 2013

(هنا نحلّ هذا السؤال كاملًا.)

نصّ السؤال

كرتان موصلتان صغيرتان: الكرة A والكرة B، والبعد بينهما كبير جدًّا مقارنةً بنصفَي قطريهما. نصل الكرتين بسلك موصل دقيق، فتتغيّر شحنة الكرة A. نفترض أنّ الجسيمات التي تمرّ في السلك هي إلكترونات فقط.

المعطيات:

- نصف قطر الكرة A ضعفا نصف قطر الكرة B: $R_A = 2R_B$.
- شحنة الكرة A قبل الوصل $q_A = +6 \times 10^{-8}\ \mathrm{C}$.
- شحنة الكرة A بعد الوصل $q'_A = +4 \times 10^{-8}\ \mathrm{C}$.
- شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$.

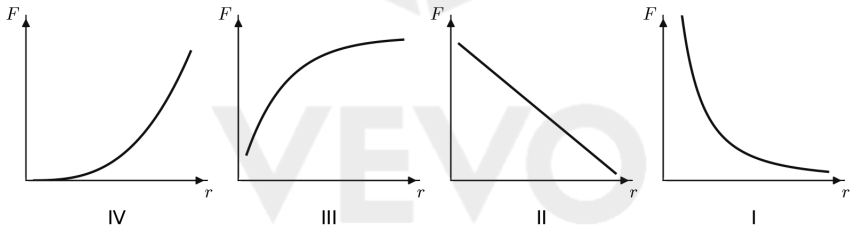
أ. المطلوب: عدد الإلكترونات التي مرّت بين الكرتين.

ب. المطلوب: هل مرّت الإلكترونات من الكرة A إلى الكرة B أم من الكرة B إلى الكرة A؟ مع التعليل.

ج. المطلوب: شحنة الكرة B بعد الوصل، مع التفسير.

د. المطلوب: هل كانت الكرة B مشحونة قبل الوصل؟ إذا كان الجواب لا فعلّل، وإذا كان نعم فاحسب شحنتها.

هـ. نفصل الكرتين ونضعهما على سطح أفقيّ أملس من مادّة عازلة. نثبّت الكرة B في مكانها، ونطلق الكرة A باتّجاهها. المطلوب: أيّ رسم من الرسوم الأربعة يصف بشكل صحيح مقدار القوّة الكهربائيّة F المؤثّرة على الكرة A كدالّة للبعد r بين الكرتين؟ مع التعليل.



حقوق النشر محفوظة لدى فيفو. يُحظر نشر أو توزيع أو نسخ أو تصوير أو إعادة كتابة هذه الحلول بأيّ أداة أو أيّ صورة، كلّها أو جزء منها، بدون إذن خطّيّ من فيفو.

الحلّ: **أ.** $N = 1.25 \times 10^{11}$ **ب.** من الكرة B إلى الكرة A **ج.** $q'_B = +2 \times 10^{-8}\ \text{C}$
د. لا، كانت متعادلة **هـ.** الرسم ا

(صياغة السؤال والرسومات والحلّ: فيفو · vevo.)

الحلّ الكامل:

البند أ

شحنة الكرة A نقصت. الشحنة التي خرجت منها:

$$\Delta q = q_A - q'_A = 6 \times 10^{-8} - 4 \times 10^{-8} = 2 \times 10^{-8}\ \text{C}$$

كلّ إلكترون يحمل الشحنة e، فعدد الإلكترونات:

$$N = \frac{\Delta q}{e}$$

$$N = \frac{2 \times 10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{11}$$

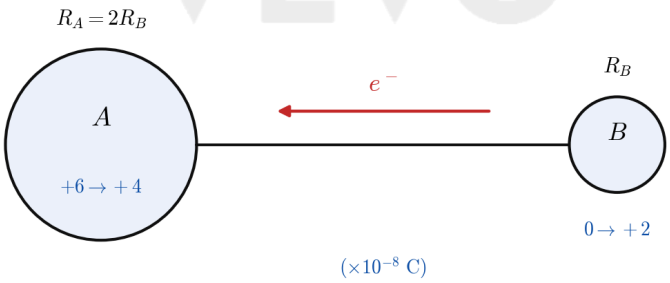
$$\boxed{N = 1.25 \times 10^{11}}$$

الجواب النهائيّ للبند أ

البند ب

الشحنة الموجبة للكرة A نقصت. الجسيمات المتحرّكة إلكترونات سالبة، والشحنة الموجبة تنقص عندما تدخل إلكترونات إلى الكرة.

إذن دخلت إلكترونات إلى الكرة A، أي أنّها جاءت من الكرة B:



لو خرجت إلكترونات من الكرة A لزادت شحنتها الموجبة، وهذا عكس المعطى.

$$\boxed{\text{من الكرة B إلى الكرة A}}$$

الجواب النهائيّ للبند ب

حقوق النشر محفوظة لدى فيفو. يُحظر نشر أو توزيع أو نسخ أو تصوير أو إعادة كتابة هذه الحلول بأيّ أداة أو أيّ صورة، كلّها أو جزء منها، بدون إذن خطّيّ من فيفو.

البند ج

بعد الوصل يصبح للموصلين جهد واحد، وتتوقّف حركة الإلكترونات. جهد كرة موصلة بعيدة عن غيرها:

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

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

نساوي جهد الكرة A بجهد الكرة B:

$$\frac{kq'_A}{R_A} = \frac{kq'_B}{R_B} \Rightarrow q'_B = q'_A \frac{R_B}{R_A} = \frac{q'_A}{2}$$

$$q'_B = \frac{4 \times 10^{-8}}{2} = +2 \times 10^{-8}\ \text{C}$$

$$\boxed{q'_B = +2 \times 10^{-8}\ \text{C}}$$

الجواب النهائيّ للبند ج

البند د

الشحنة الكلّيّة محفوظة، فمجموع الشحنتين قبل الوصل يساوي مجموعهما بعده:

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B$$

$$6 \times 10^{-8} + q_B = 4 \times 10^{-8} + 2 \times 10^{-8} \Rightarrow q_B = 0$$

إذن الكرة B لم تكن مشحونة. الشحنة التي خرجت من الكرة A تساوي تمامًا الشحنة التي ظهرت على الكرة B.

لا، كانت الكرة B متعادلة

الجواب النهائيّ للبند د

البند هـ

الكرتان موجبتان، فتؤثّر بينهما قوّة تنافر. مقدارها حسب قانون كولون:

$$F = \frac{k\,q_1 q_2}{r^2}$$

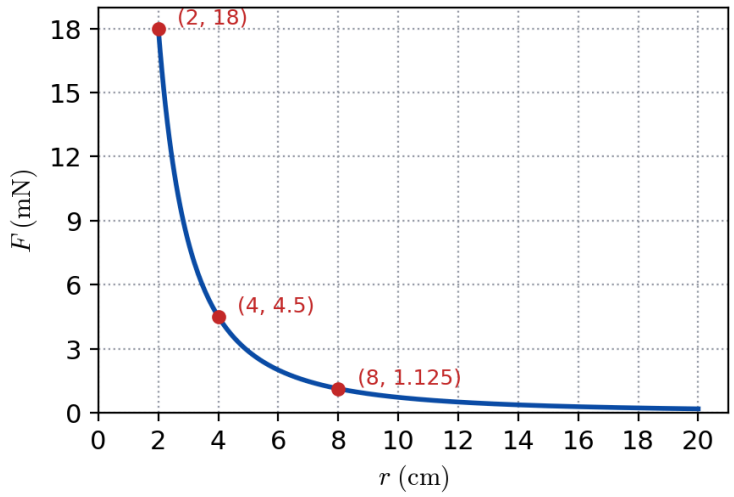
(القانون موجود في لائحة القوانين التي تكون معك في الامتحان.)

الشحنتان ثابتتان، فالقوّة تتناسب عكسيًّا مع مربّع البعد. عندما تقترب الكرة A تكبر القوّة بسرعة، وعندما يكبر البعد تصغر القوّة وتقترب من الصفر ولا تصل إليه.

$$F = \frac{9 \times 10^{9} \cdot 4 \times 10^{-8} \cdot 2 \times 10^{-8}}{r^2} = \frac{7.2 \times 10^{-6}}{r^2}$$

حقوق النشر محفوظة لدى فيفو. يُحظر نشر أو توزيع أو نسخ أو تصوير أو إعادة كتابة هذه الحلول بأيّ أداة أو أيّ صورة، كلّها أو جزء منها، بدون إذن خطّيّ من فيفو.

نرسم الدالّة بقيم محسوبة. مضاعفة البعد تقسم القوّة على أربعة:



الرسم II خطّ مستقيم يصل إلى الصفر عند بعد محدود، وهذا ليس قانون كولون. الرسم III والرسم IV يصفان قوّة تكبر مع البعد، وهذا خطأ.

الرسم الوحيد الذي يصف قوّة تتناقص كمقلوب مربّع البعد هو الرسم الأوّل.

الرسم I

الجواب النهائيّ للبند هـ

نصّ الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 2013. صياغة الأسئلة والرسومات والحلّ: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».

حقوق النشر محفوظة لدى فيفو. يُحظر نشر أو توزيع أو نسخ أو تصوير أو إعادة كتابة هذه الحلول بأيّ أداة أو أيّ صورة، كلّها أو جزء منها، بدون إذن خطّيّ من فيفو.