السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسيّة — بجروت 2003

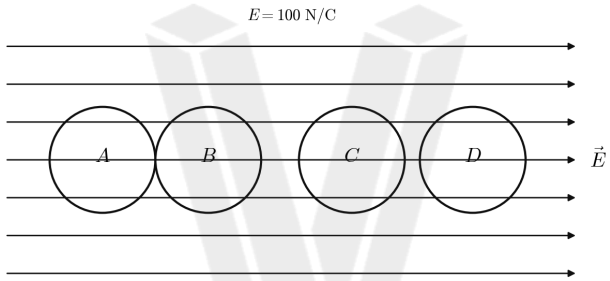
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملًا.)

نصّ السؤال

لدينا أربع كرات متساوية الحجم وغير مشحونة، نسمّيها بالحروف A ثمّ B ثمّ C ثمّ D. الكرات الثلاث الأولى مصنوعة من مادّة موصلة، والكرة D مصنوعة من مادّة عازلة. الكرة A والكرة B فقط تلامس إحداهما الأخرى. نشغّل حقلًا كهربائيًّا منتظمًا نحو اليمين (الشكل «أ»).

المعطيات:

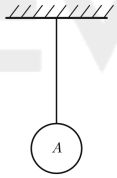
- شدّة الحقل الكهربائيّ $E = 100\ \mathrm{N/C}$، واتّجاهه نحو اليمين.
- الكرة A والكرة B والكرة C موصلة، والكرة D عازلة. الكرات كلّها متساوية الحجم.
- في البند ج: كتلة الكرة A هي $m = 5\ \mathrm{g}$، والبعد بين مركزَي الكرتين $r = 2\ \mathrm{cm}$، والزاوية بين الخيط والعمود 5°.



الشكل «أ»

أ. المطلوب: لكلّ كرة من الكرات الأربع، هل شُحنت؟ وإذا شُحنت فما إشارة شحنتها؟ مع التعليل.

ب. نُخرج الكرة A من الحقل ونعلّقها بخيط عازل خارج الحقل (الشكل «ب»)، ثمّ نُخرج الكرة B والكرة C والكرة D من الحقل أيضًا. نقرّب من الكرة A كلّ مرّة كرة واحدة من الكرات الأخرى بلا تلامس.



الشكل «ب»

المطلوب في ب: ماذا يحدث للكرة A في كلّ مرّة: تنجذب أم تتنافر أم تبقى في مكانها؟ نفترض أنّ شحنات الكرات لا تتغيّر. مع التعليل.

ج. نقرّب الكرة B من الكرة A، فتنحرف الكرة A ثمّ تستقرّ ومركزا الكرتين على الارتفاع نفسه، والبعد بينهما $2\ \mathrm{cm}$. يصنع الخيط مع العمود زاوية 5°.

المطلوب في ج: ما قيمة الشحنة الكهربائيّة على كلّ واحدة من الكرتين؟

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.** الكرة A سالبة، والكرة B موجبة، والكرة C والكرة D بلا شحنة

ب. الكرة A تنجذب إلى كلّ كرة من الكرات الثلاث **ج.** $|q| \approx 1.39 \cdot 10^{-8}\ \text{C}$

الشحنة على الكرة A سالبة، وعلى الكرة B موجبة

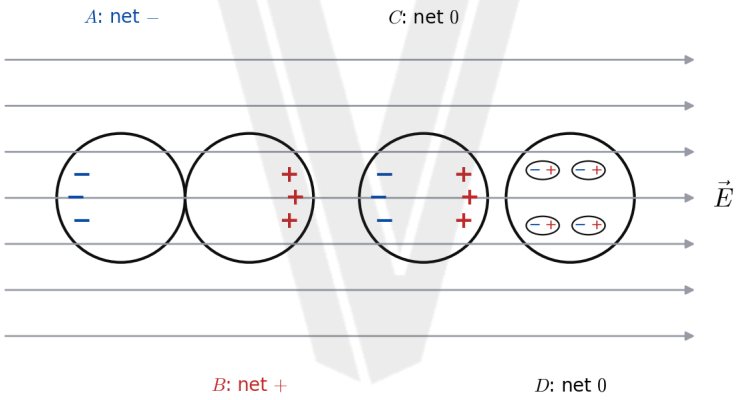
(صياغة السؤال والرسومات والحلّ: فيفو · vevo.)

الحلّ الكامل:

البند أ

الحقل الكهربائيّ يؤثّر على الإلكترونات الحرّة في الموصل بقوّة عكس اتّجاهه، أي نحو اليسار.

الكرة A والكرة B متلامستان، فهما معًا موصل واحد. الإلكترونات تتجمّع في طرفه الأيسر، أي في الكرة A. وفي الطرف الأيمن، أي في الكرة B، يبقى نقص في الإلكترونات.



عندما نفصل الكرتين تبقى الشحنات في مكانها: الكرة A سالبة، والكرة B موجبة بالمقدار نفسه (الشحنة الكلّيّة صفر).

الكرة C موصلة لكنّها وحدها. الشحنات فيها تنفصل فقط: سالبة في جانبها الأيسر وموجبة في جانبها الأيمن. شحنتها الكلّيّة تبقى صفرًا.

الكرة D عازلة، فلا توجد فيها إلكترونات حرّة. الحقل يستقطب جزيئاتها فقط، وشحنتها الكلّيّة صفر.

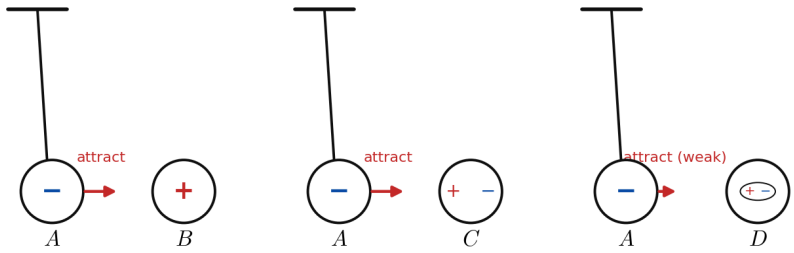
الكرة A سالبة، والكرة B موجبة، والكرة C والكرة D غير مشحونتين

الجواب النهائيّ للبند أ

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 ب

الكرة A سالبة. نفحص كلّ كرة نقرّبها منها.



الكرة B موجبة: شحنتان مختلفتان في الإشارة تتجاذبان. إذن الكرة A تنجذب.

الكرة C موصلة متعادلة: الكرة A السالبة تدفع الإلكترونات إلى الجانب البعيد من الكرة C، فيصبح الجانب القريب موجبًا. الشحنة الموجبة أقرب، فقوّة التجاذب أكبر من قوّة التنافر. إذن الكرة A تنجذب.

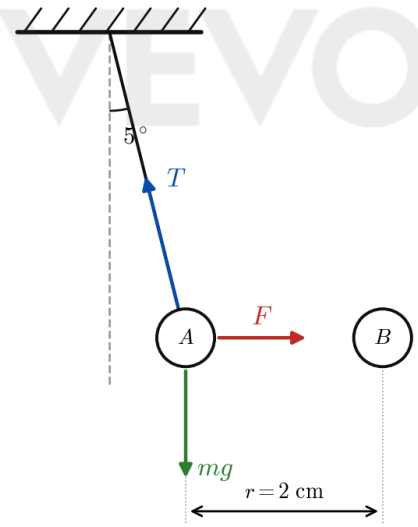
الكرة D عازلة متعادلة: الكرة A تستقطب جزيئاتها، فيتّجه الطرف الموجب لكلّ جزيء نحو الكرة A. هنا أيضًا ينتج تجاذب، لكنّه ضعيف.

الكرة A تنجذب في الحالات الثلاث

الجواب النهائيّ للبند ب

البند ج

الكرة A في حالة اتّزان. تؤثّر عليها ثلاث قوى: الوزن إلى أسفل، وقوّة الشدّ على امتداد الخيط، والقوّة الكهربائيّة أفقيًّا نحو الكرة B.



مجموع القوى صفر. نكتب شرط الاتّزان في الاتّجاه الأفقيّ والاتّجاه الرأسيّ:

$$T\sin 5^\circ = F, \qquad T\cos 5^\circ = mg$$

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.

نقسم المعادلة الأولى على الثانية:

$$F = mg\tan 5^\circ = 0.005 \cdot 10 \cdot \tan 5^\circ \approx 4.37 \cdot 10^{-3}\ \text{N}$$

القوّة الكهربائيّة بين الكرتين هي قوّة كولون:

$$F = \frac{k\,|q_A|\,|q_B|}{r^2}$$

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

الكرتان متساويتان، وكانتا متعادلتين معًا قبل الفصل. لذلك الشحنتان متساويتان في المقدار:

$$|q_A| = |q_B| = q \;\Rightarrow\; q = r\sqrt{\frac{F}{k}}$$

نعوّض بالوحدات الأساسيّة:

$$q = 0.02 \cdot \sqrt{\frac{4.37 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{9}}} \approx 1.39 \cdot 10^{-8}\ \text{C}$$

إشارة الشحنة من البند أ: على الكرة A سالبة، وعلى الكرة B موجبة.

$$q_A \approx -1.39 \cdot 10^{-8}\ \text{C}, \qquad q_B \approx +1.39 \cdot 10^{-8}\ \text{C}$$

$$\boxed{|q| \approx 1.39 \cdot 10^{-8}\ \text{C}}$$

الجواب النهائيّ للبند ج

نصّ الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 2003. 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.