

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 1991

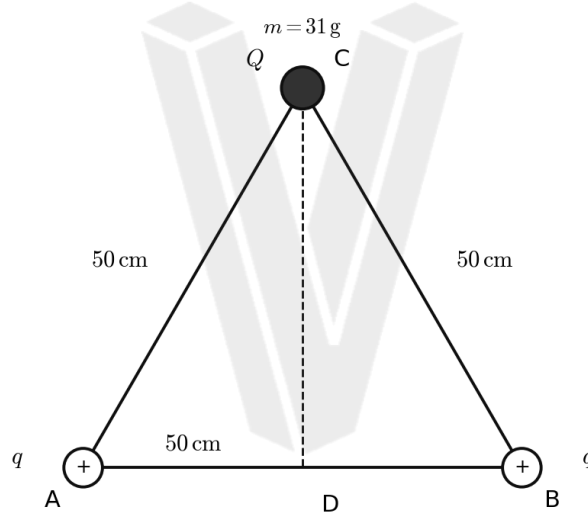
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

نص السؤال

شحنتان نقطيتان موجبتان متساويتان مثبتتان في رأسين من مثلث متساوي الأضلاع. في الرأس الثالث C نضع كرة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة ونحرّرها من السكون. القوى الوحيدة المؤثرة في المجموعة هي القوى الكهربائية.

المعطيات:

- الشحنة في النقطة A والشحنة في النقطة B: كل منهما $q = +10^{-6} \text{ C}$.
- طول ضلع المثلث ABC هو 50 cm، والنقطة D منتصف الضلع AB.
- كتلة الكرة $m = 31 \text{ g}$ وشحنتها $Q = -5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.



أ. المطلوب: مقدار تسارع الكرة واتّجاهه لحظة تحريرها.

ب. المطلوب: وصف حركة الكرة: اتّجاه السرعة والتسارع في كلّ مرحلة، هل تزداد السرعة أم تقلّ، أين تكون السرعة قصوى وأين صغرى، وأين يتغيّر اتّجاهها.

ج. المطلوب: الجهد الكهربائي في النقطة C والنقطة D، الناتج عن الشحنتين في A وفي B.

د. المطلوب: سرعة الكرة لحظة مرورها في النقطة D.

الحل: أ. $a \approx 10.1 \text{ m/s}^2$ نحو D ب. تتذبذب بين C ونقطة مقابلة لها

ج. $V_D = 72000 \text{ V}, V_C = 36000 \text{ V}$ د. $v_D \approx 3.41 \text{ m/s}$

(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo)

الحل الكامل:

البند أ

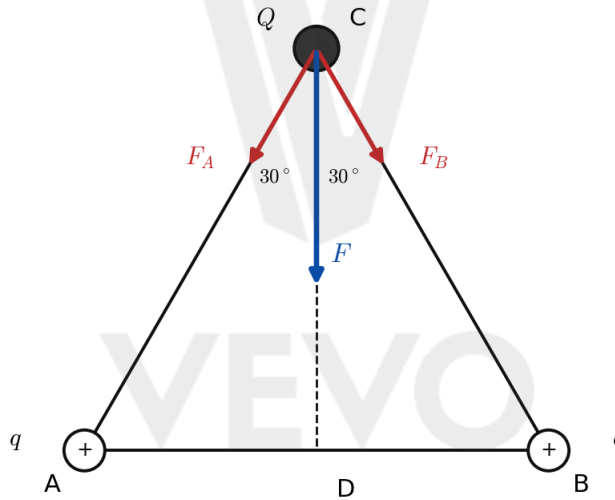
كل شحنة موجبة تجذب الكرة السالبة. مقدار قوة كل منها من قانون كولون:

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

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

$$F_A = F_B = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0.5^2} = 0.18 \text{ N}$$

القوة F_A نحو النقطة A، والقوة F_B نحو النقطة B. كل منهما تصنع زاوية 30° مع الخط CD:



المركبتان الأفقيتان تلغي إحداهما الأخرى، والمركبتان على الخط CD تُجمعان:

$$F = 2F_A \cos 30^\circ = 2 \cdot 0.18 \cdot 0.866 \approx 0.312 \text{ N}$$

قانون نيوتن الثاني:

$$\sum F = ma$$

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

نعوّض الكتلة بالكيلوغرام:

$$a = \frac{0.312}{0.031} \approx 10.1 \text{ m/s}^2$$

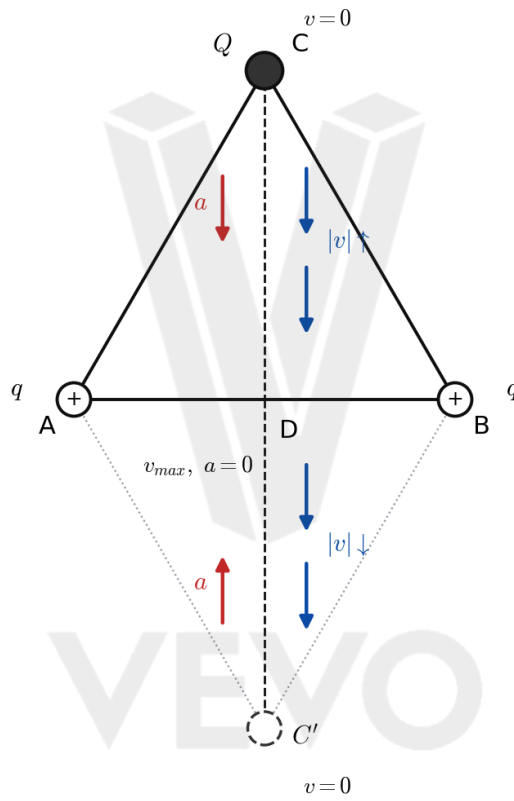
الاتّجاه: على الخطّ CD من النقطة C نحو النقطة D.

$$a \approx 10.1 \text{ m/s}^2$$

الجواب النهائي للبند أ: نحو D

البند ب

في كلّ نقطة على المستقيم CD المركّبتان الأفقيّتان تلغي إحداهما الأخرى. إذن القوّة دائماً على هذا المستقيم ونحو D، والكرة تتحرّك على هذا المستقيم فقط.



المرحلة الأولى (من النقطة C إلى النقطة D): السرعة والتسارع كلاهما نحو D، فالسرعة تزداد.

في النقطة D القوتان متعاكستان ومتساويتان، فالتسارع صفر. هنا السرعة قصوى.

المرحلة الثانية (بعد D): الكرة تتابع بسبب سرعتها، لكن التسارع الآن نحو D (عكس السرعة)، فالسرعة تقل.

الحركة متماثلة حول D. الكرة تتوقّف في النقطة C' المقابلة للنقطة C (على نفس البعد من D). هناك السرعة صفر (صغرى) ويتغيّر اتجاهها.

ثم تعود الكرة نحو D ثم إلى C، وهكذا تتذبذب بين النقطة C والنقطة C' بلا توقّف (لا توجد قوى احتكاك).

(ملاحظة: مقدار التسارع لا يتناقص بانتظام. يكبر قليلاً من C حتى بعد $17.7 \text{ cm} \approx \frac{25}{\sqrt{2}}$ عن D، ثم يصغر حتى الصفر في D. لكن اتجاهه دائماً نحو D.)

السرعة قصوى في D، وصفر في C وفي النقطة المقابلة

الجواب النهائي للبند ب

البند ج

الجهود الناتج عن شحنة نقطية، والجهود الكليّ هو مجموع الجهود (أعداد لا متّجهات):

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

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

النقطة C على بعد 0.5 m من كلّ شحنة:

$$V_C = 2 \cdot \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{0.5} = 36000 \text{ V}$$

النقطة D على بعد 0.25 m من كلّ شحنة:

$$V_D = 2 \cdot \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{0.25} = 72000 \text{ V}$$

$$V_C = 36000 \text{ V}, \quad V_D = 72000 \text{ V}$$

الجواب النهائي للبند ج

البند د

القوى الوحيدة كهربائية، فالطاقة محفوظة: الطاقة الحركية التي تكسبها الكرة تساوي النقص في طاقة الوضع الكهربائية:

$$\Delta E_k = -Q (V_D - V_C)$$

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

نعوّض Q مع إشارتها السالبة:

$$\Delta E_k = -(-5 \cdot 10^{-6}) \cdot (72000 - 36000) = 0.18 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2}mv_D^2 = 0.18$$

نعزل السرعة:

$$v_D = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.18}{0.031}} \approx 3.41 \text{ m/s}$$

(فحصنا النتيجة أيضًا بمحاكاة عددية للحركة على المستقيم CD.)

$$v_D \approx 3.41 \text{ m/s}$$

الجواب النهائي للبند د

نص الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 1991، صياغة الأسئلة والرسومات والحل: فيفو · vevo، حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».

