

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 1997

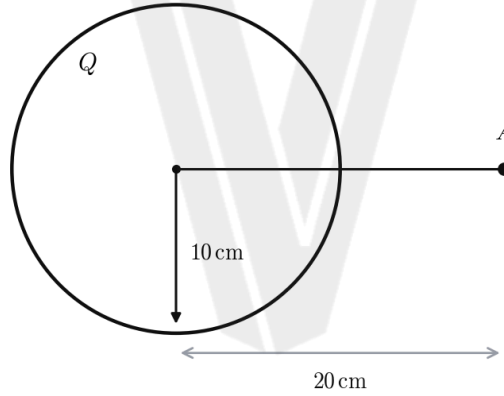
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

نص السؤال

غلاف كرويّ موصل مشحون بشحنة موزّعة عليه بانتظام. نحرّر إلكترونًا من السكون في النقطة A خارج الغلاف، فيتحرك نحو الغلاف حتّى يصطدم به. بعد ذلك نقارن حركته بحركة إلكترون في حقل كهربائيّ منتظم.

المعطيات:

- نصف قطر الغلاف $R = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$.
- شحنة الغلاف $Q = 10^{-8} \text{ C}$ ، موزّعة عليه بانتظام.
- بعد النقطة A عن مركز الغلاف $r_A = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$.
- الإلكترون يبدأ من السكون. شحنته $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ، وكتلته $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.
- ثابت كولون $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$.



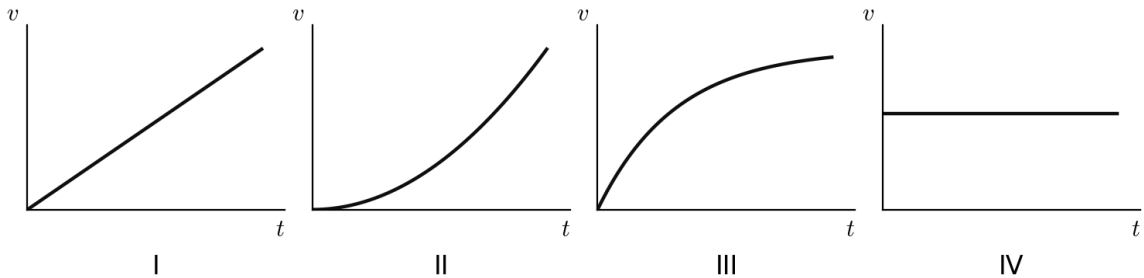
أ. المطلوب: سرعة الإلكترون لحظة اصطدامه بالغلاف.

ب. المطلوب: شدة حقل كهربائيّ منتظم يُسرّع إلكترونًا من السكون إلى السرعة نفسها من البند أ بعد أن يقطع مسافة 10 cm.

ج. المطلوب: أمانا أربعة رسوم بيانيّة تصف بشكل كافيّ السرعة كدالة للزمن. أيّ رسم يصف سرعة:

(1) الإلكترون الذي يتحرك نحو الغلاف الكرويّ (البند أ)؟ مع تعليل.

(2) الإلكترون الذي يتحرك في الحقل المنتظم (البند ب)؟ مع تعليل.



(شحنة الغلاف في الكتاب مكتوبة بلا إشارة. الإلكترون يتحرك نحو الغلاف، فنفترض أنّ الشحنة موجبة.)

الحل: أ. $v \approx 1.26 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ ب. $E = 4500 \text{ N/C}$ ج(1). الرسم ا ج(2). الرسم ا

(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo).

الحل الكامل:

البند أ

خارج الغلاف الكروي يتصرف الغلاف كشحنة نقطية في مركزه. الجهد على بعد r من المركز (حتى سطح الغلاف):

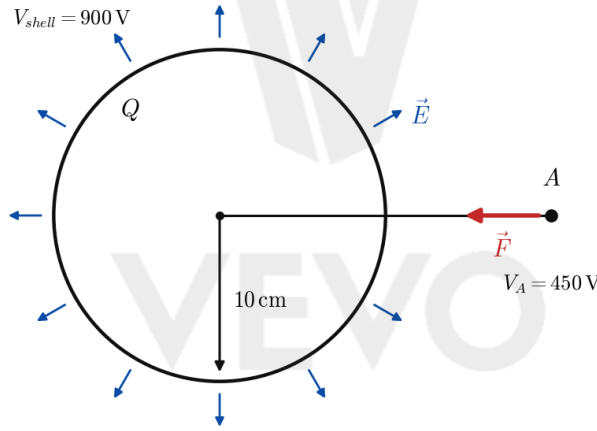
$$V = \frac{kQ}{r}$$

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

الجهد في النقطة A، والجهد على سطح الغلاف:

$$V_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-8}}{0.2} = 450 \text{ V}, \quad V_R = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-8}}{0.1} = 900 \text{ V}$$

الإلكترون سالب، فالقوة عليه نحو الغلاف (عكس اتجاه الحقل). هو ينتقل إلى جهد أعلى فيكسب طاقة حركة:



حفظ الطاقة: الشغل الذي يبذله الحقل يساوي التغير في طاقة الحركة:

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = e (V_R - V_A)$$

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

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (900 - 450) = 7.2 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

نستخرج السرعة:

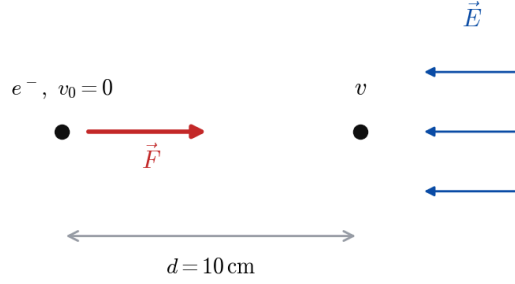
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 7.2 \cdot 10^{-17}}{9.1 \cdot 10^{-31}}} \approx 1.26 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$v \approx 1.26 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

الجواب النهائي للبند أ

البند ب

في الحقل المنتظم القوّة على الإلكترون ثابتة $F = eE$. يجب أن يبذل الحقل نفس الشغل على المسافة d نفسها:



$$d = 0.1 \text{ m}, \quad eEd = \frac{1}{2}m_e v^2 = 7.2 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

نستخرج شدّة الحقل:

$$E = \frac{7.2 \cdot 10^{-17}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.1} = 4500 \text{ N/C}$$

(اتّجاه الحقل عكس اتّجاه حركة الإلكترون، لأنّ شحنته سالبة.)

$$E = 4500 \text{ N/C}$$

الجواب النهائي للبند ب

البند ج

ميل الرسم البيانيّ للسرعة كدالة للزمن هو التسارع. نفحص التسارع في كلّ حالة.

(1) قرب الغلاف: القوّة حسب قانون كولون تتناسب عكسيّاً مع مربّع البعد عن المركز:

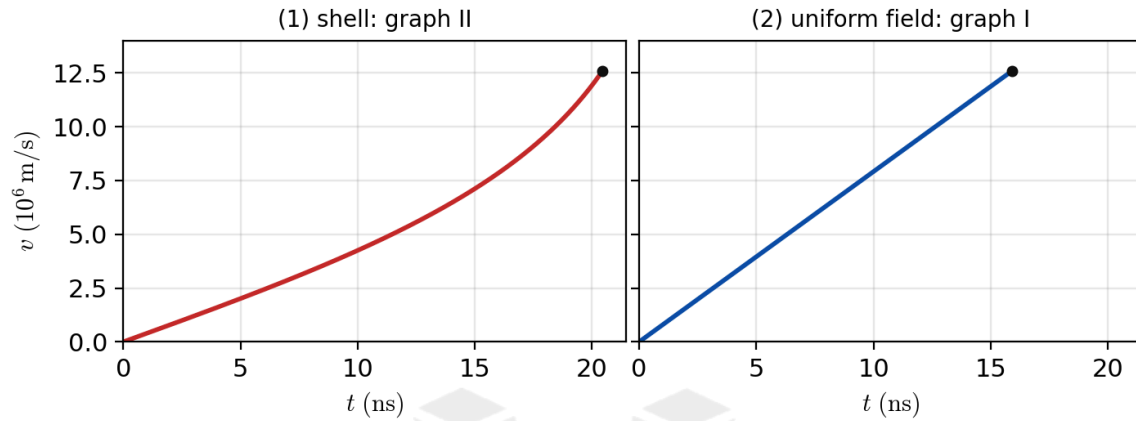
$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{keQ}{m_e r^2}$$

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

الإلكترون يقترب من الغلاف، فالبعد يقل من 0.2 m إلى 0.1 m. لذلك يكبر التسارع أربع مرّات، والسرعة تزداد بميل يزداد. هذا الرسم II.

(2) في الحقل المنتظم القوّة ثابتة، فالتسارع ثابت. السرعة تزداد خطّيّاً من الصفر. هذا الرسم I.

نرسم السرعة المحسوبة عدديّاً في الحالتين بالقيم الحقيقيّة:



(الرسم III غير مناسب: ميله يقلّ أي التسارع يقلّ. والرسم IV سرعة ثابتة بلا قوّة.)

نحو الغلاف: الرسم II، وفي الحقل المنتظم: الرسم I

الجواب النهائي للبند ج

نصّ الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 1997. صياغة الأسئلة والرسومات والحلّ: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».

VEVO