السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسيّة — بجروت 1992

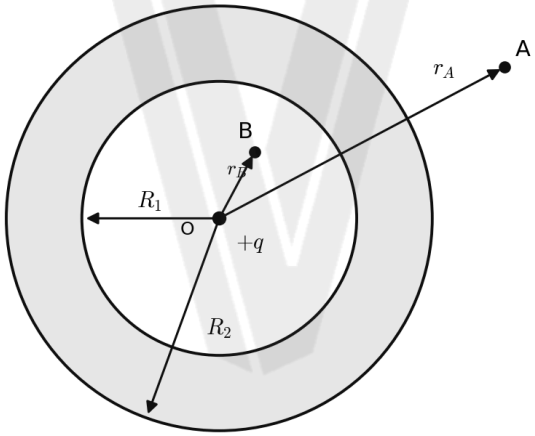
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملًا.)

نصّ السؤال

شحنة نقطيّة موجبة موجودة في النقطة O. نحيطها بغلاف كرويّ موصل سميك غير مشحون، مركزه في النقطة O. النقطة A خارج الغلاف، والنقطة B داخل التجويف.

المعطيات:

- الشحنة النقطيّة $+q$ في المركز O.
- نصف القطر الداخليّ للغلاف R_1، ونصف القطر الخارجيّ R_2.
- بعد النقطة A عن المركز r_A، وهي خارج الغلاف.
- بعد النقطة B عن المركز r_B، وهي داخل التجويف.



أ. المطلوب: هل يتغيّر بسبب إضافة الغلاف (1) الحقل الكهربائيّ في النقطة A؟ (2) الجهد الكهربائيّ في النقطة A؟ إذا لا، نشرح لماذا. إذا نعم، نجد تعبيرًا للتغيير بدلالة $q,\ r_A,\ R_1,\ R_2$.

ب. المطلوب: نفس أسئلة البند أ للنقطة B، والتعبير بدلالة $q,\ r_B,\ R_1,\ R_2$.

ج. المطلوب: نؤرّض الغلاف (نوصله بالأرض). هل يؤثّر ذلك على الحقل في النقطة A؟ نعلّل.

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(1).** لا يتغيّر **أ(2).** لا يتغيّر **ب (الحقل).** لا يتغيّر **ب (الجهد).** يقلّ: $\Delta V_B = kq\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$

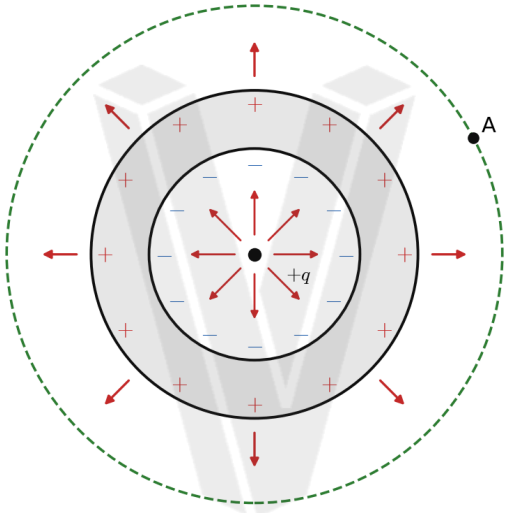
ج. نعم: الحقل في A يصبح صفرًا

(صياغة السؤال والرسومات والحلّ: فيفو · vevo.)

الحلّ الكامل:

البند أ

داخل مادّة الموصل الحقل صفر. لذلك تتجمّع على السطح الداخليّ للغلاف شحنة مستحثّة $-q$. الغلاف غير مشحون، فتظهر على سطحه الخارجيّ شحنة $+q$.



$Q_{in} = +q - q + q = +q$

(1) نستعمل قانون غاوس على كرة نصف قطرها r_A. الشحنة المحاطة بها:

$$Q_{in} = +q - q + q = +q$$

الشحنة المحاطة لم تتغيّر، والتوزيع كرويّ متماثل. إذن الحقل في النقطة A مثل حقل شحنة نقطيّة q في المركز:

$$E_A = \frac{kq}{r_A^2}$$

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

الحقل في النقطة A لا يتغيّر

الجواب النهائيّ للبند أ(1)

(2) الجهد في النقطة A هو مجموع جهود الشحنات الثلاث. الشحنة الموزّعة على سطح كرويّ تعطي في نقطة خارجه جهدًا مثل شحنة نقطيّة في المركز:

$$V_A = \frac{kq}{r_A} + \frac{k(-q)}{r_A} + \frac{kq}{r_A} = \frac{kq}{r_A}$$

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.

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

طريقة ثانية: الجهد هو شغل الحقل من النقطة A حتّى اللانهاية، والحقل في كلّ هذه المنطقة لم يتغيّر.

الجهد في النقطة A لا يتغيّر

الجواب النهائيّ للبند أ(2)

البند ب

الحقل في النقطة B: الشحنتان على سطحَي الغلاف موزّعتان بانتظام على سطحين كرويّين يحيطان بالنقطة B. حقل سطح كرويّ مشحون داخله صفر.

إذن يبقى في النقطة B حقل الشحنة q فقط:

$$E_B = \frac{kq}{r_B^2}$$

الحقل في النقطة B لا يتغيّر

الجواب النهائيّ للبند ب (الحقل)

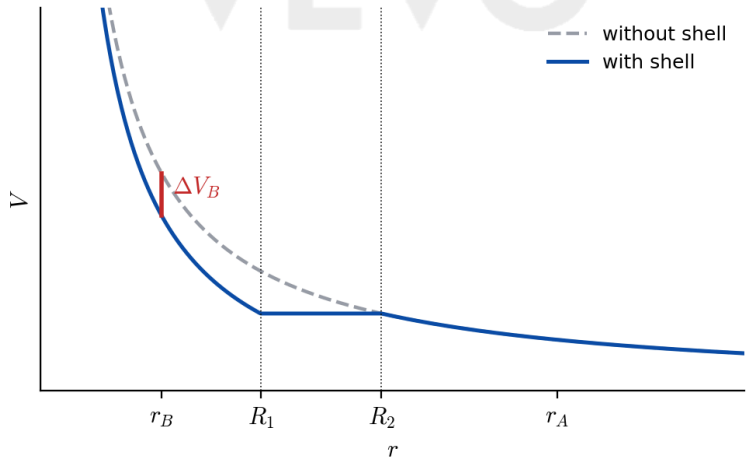
الجهد في النقطة B: داخل سطح كرويّ مشحون الجهد ثابت ويساوي جهد السطح نفسه kQ/R. نجمع جهود الشحنات الثلاث:

$$V_B = \frac{kq}{r_B} + \frac{k(-q)}{R_1} + \frac{kq}{R_2}$$

قبل إضافة الغلاف كان $V_B = \frac{kq}{r_B}$. التغيير:

$$\Delta V_B = kq\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$$

بما أنّ $R_2 > R_1$، التغيير سالب: الجهد في B يقلّ. السبب: في منطقة الغلاف الحقل صفر، فلا ينمو الجهد هناك عندما نقترب من المركز.



(فحصنا العلاقة بسكربت: تكامل الحقل من اللانهاية حتّى النقطة B يعطي النتيجة نفسها.)

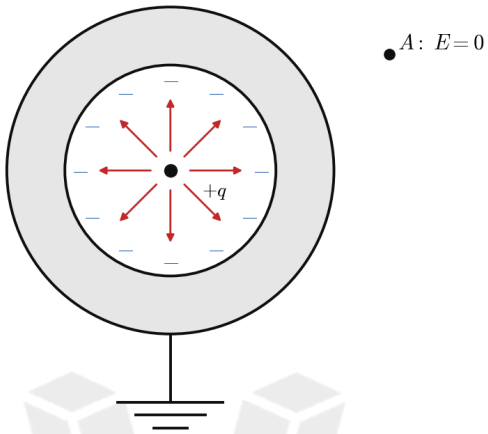
$$\Delta V_B = kq\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) < 0$$

الجواب النهائيّ للبند ب (الجهد): يقلّ

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

عندما نؤرّض الغلاف يصبح جهده صفرًا مثل الأرض. الشحنة $+q$ على السطح الخارجيّ تنتقل إلى الأرض، وتبقى الشحنة $-q$ على السطح الداخليّ (تجذبها الشحنة في المركز).



نطبّق قانون غاوس من جديد على كرة نصف قطرها r_A:

$$Q_{in} = +q - q = 0 \ \Rightarrow \ E_A = 0$$

الغلاف المؤرّض يحجب حقل الشحنة عن الخارج.

نعم: الحقل في النقطة A يصبح صفرًا

الجواب النهائيّ للبند ج

نصّ الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 1992. 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.