

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 1995

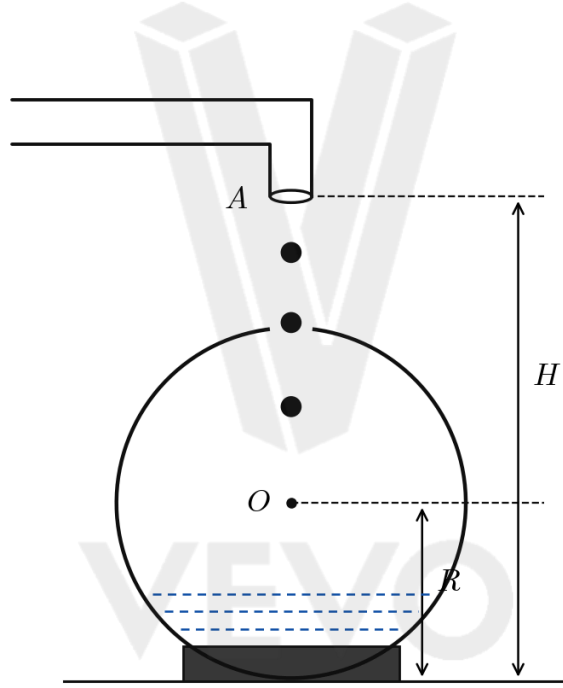
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

نص السؤال

قشرة كروية موصلة معزولة عن محيطها، وفي أعلاها فتحة صغيرة. فوق القشرة حنفيّة تسقط منها قطرات ماء صغيرة مشحونة، فتدخل القطرات من الفتحة، وتنتقل شحنة كلّ قطرة فوراً إلى القشرة.

المعطيات:

- نصف قطر القشرة R ، ومركزها النقطة O .
- فتحة الحنفيّة هي النقطة A ، على ارتفاع H فوق أسفل القشرة.
- شحنة القشرة في لحظة ما Q .
- كتلة كلّ قطرة m وشحنتها q . تؤثر على القطرة قوّة الثقل والقوّة الكهربائيّة فقط، ونهمل القوى الكهربائيّة بين القطرات.



- أ. المطلوب: في اللحظة التي تكون فيها شحنة القشرة Q ، نعبّر في النقطة A وفي النقطة O عن: (1) الحقل الكهربائي (مقداراً واتّجاهاً) الناتج عن القشرة فقط؛ (2) الجهد الكهربائي الناتج عن القشرة فقط.
- ب. المطلوب: نعبّر بمعطيات المسألة عن الشحنة Q اللازمة على القشرة لكي تكون القطرة في حالة اتزان في النقطة A .

الحل: أ(1). $E_A = \frac{kQ}{(H-R)^2}$ إلى أعلى، $E_O = 0$ أ(2). $V_O = \frac{kQ}{R}$, $V_A = \frac{kQ}{H-R}$ ب. $Q = \frac{mg(H-R)^2}{kq}$

(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo).

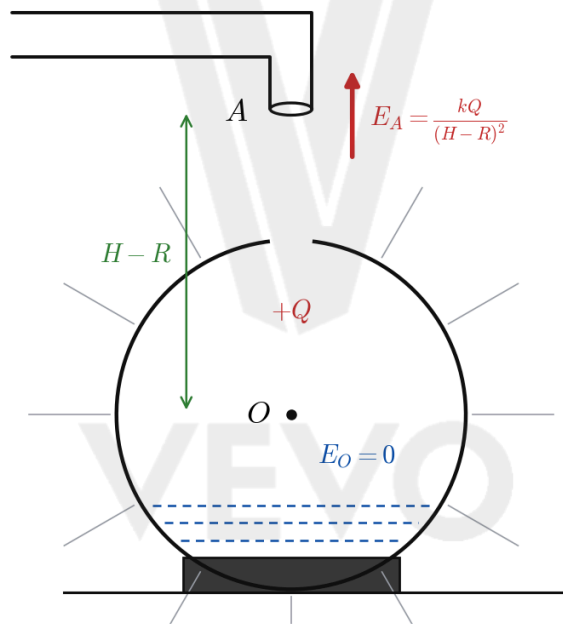
الحل الكامل:

البند أ

الشحنة التي تصل إلى القشرة تنتقل كلها إلى سطحها الخارجي. خارج القشرة تتصرف القشرة كشحنة نقطية Q في مركزها O . داخل الموصل وفي التجويف الحقل صفر.

نحسب أولاً بُعد النقطة A عن المركز. النقطة A على ارتفاع H ، والمركز على ارتفاع R :

$$r_A = H - R$$



(1) الحقل خارج القشرة مثل حقل شحنة نقطية:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

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

في النقطة A:

$$E_A = \frac{kQ}{(H - R)^2}$$

اتّجاهه على امتداد الخطّ من O إلى A، أي رأسيّاً إلى أعلى (إذا كانت Q موجبة؛ وإذا كانت سالبة فإلى أسفل).

في النقطة O (داخل القشرة الموصلة) الحقل صفر:

$$E_O = 0$$

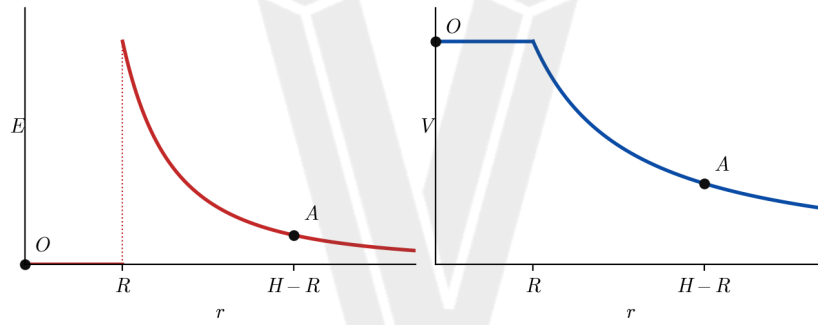
$$E_A = \frac{kQ}{(H - R)^2}, \quad E_O = 0$$

الجواب النهائي للبند أ(1): الحقل في A إلى أعلى

(2) الجهد خارج القشرة مثل جهد شحنة نقطيّة. داخل القشرة الجهد ثابت ويساوي جهد سطحها:

$$V = \frac{kQ}{r} \quad (r \geq R), \quad V = \frac{kQ}{R} \quad (r \leq R)$$

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



(الرسمان: الحقل صفر داخل القشرة ثمّ يقفز عند السطح، والجهد ثابت داخلها ثمّ يقلّ مثل $1/r$.)

نعوّض في النقطة A وفي المركز O:

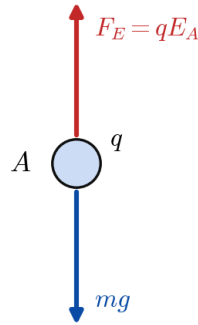
$$V_A = \frac{kQ}{H - R}, \quad V_O = \frac{kQ}{R}$$

انتبهوا: في المركز الحقل صفر، لكنّ الجهد ليس صفراً.

$$V_A = \frac{kQ}{H - R}, \quad V_O = \frac{kQ}{R}$$

الجواب النهائي للبند أ(2)

القطرة في النقطة A في حالة اتزان: محصلة القوى عليها صفر. قوّة الثقل إلى أسفل، فيجب أن تكون القوّة الكهربائية إلى أعلى. إذن القشرة تدفع القطرة، أي أنّ Q ومعها q بنفس الإشارة.



القوّة الكهربائيّة على شحنة في حقل:

$$F = qE$$

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

شرط الاتزان مع الحقل من البند أ(1):

$$q \frac{kQ}{(H - R)^2} = mg$$

نعزل الشحنة Q:

$$Q = \frac{mg(H - R)^2}{kq}$$

(كلّما زادت شحنة القشرة زادت القوّة على القطرات. عند هذه الشحنة تتوقّف القطرة في A، فلا تصل قطرات جديدة إلى القشرة.)

$$Q = \frac{mg(H - R)^2}{kq}$$

الجواب النهائي للبند ب: بنفس إشارة q

نصّ الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجزوت 1995، صياغة الأسئلة والرسومات والحلّ: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».