

السؤال 1 من بروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بروت 2017

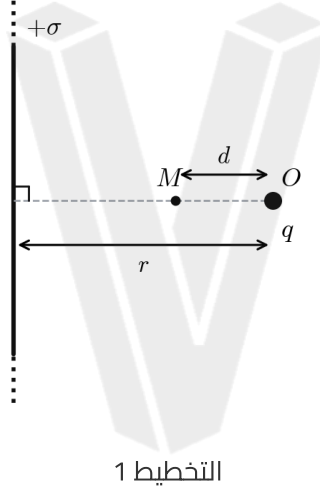
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً. رقم النموذج في الكتاب: 655.036002)

نص السؤال

لوح رقيق لانهائي مشحون بشحنة موجبة موزعة بانتظام. على يمين اللوح، في النقطة O ، توجد شحنة نقطية q . نهمل قوة الجاذبية. الحقل الكهربائي الكلي يساوي صفراً في النقطة M الواقعة بين اللوح والنقطة O (التخطيط 1).

المعطيات:

- كثافة الشحنة السطحية للوح $+\sigma$.
- بعد النقطة O عن اللوح r ، والشحنة النقطية q موجودة فيها.
- النقطة M على بعد d يسار النقطة O ، ومحصلة الحقول الكهربائيّة فيها صفر.

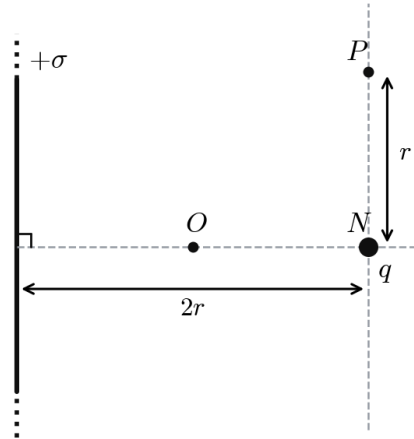


التخطيط 1

أ. المطلوب: ما إشارة الشحنة q ؟ مع الشرح.

ب. المطلوب: مقدار الشحنة q بدلالة البارامترين σ و d .

في المرحلة الثانية تُبعد الشحنة q من النقطة O إلى النقطة N ، وبُعدها عن اللوح $2r$ (التخطيط 2). الآن يصبح الحقل صفراً في نقطة على بعد s يسار النقطة N .



التخطيط 2

ج. المطلوب: هل البعد s أكبر من البعد d أم أصغر منه أم يساويه؟ مع الشرح.

د. المطلوب: الشغل اللازم لنقل الشحنة q من النقطة O إلى النقطة N ، بدلالة σ و ϵ_0 و q و r .

في المرحلة الثالثة لنقل الشحنة q من النقطة N إلى النقطة P ، ويُعدها عن النقطة N هو r . النقطتان على خطّ موازٍ للوح (التخطيط 2).

هـ. المطلوب: مقدار الشغل اللازم لنقل الشحنة من النقطة N إلى النقطة P ، مع الشرح.



الحل: أ. الشحنة q موجبة ب. $q = 2\pi\sigma d^2$ ج. $s = d$ د. $W = -\frac{q\sigma r}{2\epsilon_0}$ هـ. $W = 0$

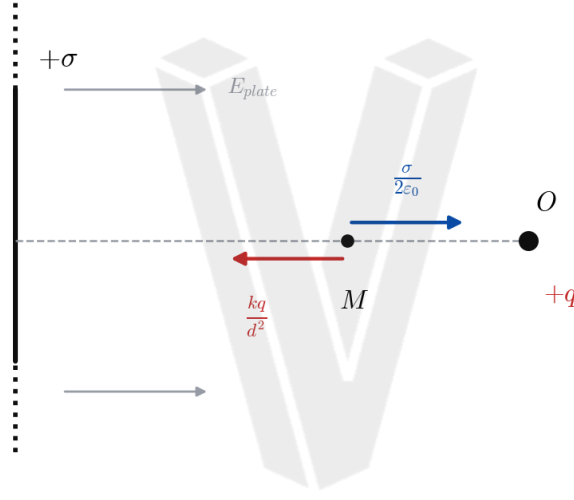
(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo).

الحل الكامل:

البند أ

حقل اللوح اللانهائي منتظم، واتجاهه يبتعد عن اللوح لأن شحنته موجبة. في النقطة M يتجه حقل اللوح نحو اليمين.

ليكون الحقل الكلي صفرًا، يجب أن يتجه حقل الشحنة q في النقطة M نحو اليسار، أي مبتعدًا عن الشحنة q .



الحقل الذي يبتعد عن الشحنة هو حقل شحنة موجبة.

الشحنة q موجبة

الجواب النهائي للبند أ

البند ب

حقل اللوح اللانهائي:

$$E_{plate} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

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

حقل الشحنة النقطية على بعد d منها:

$$E_q = \frac{kq}{d^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2}$$

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

في النقطة M الحقلان متساويان في المقدار:

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

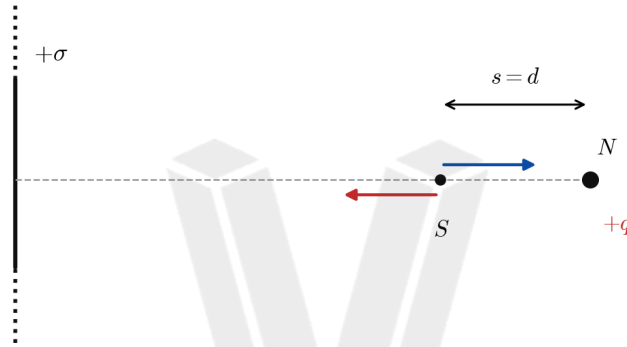
نضرب الطرفين في $4\pi\epsilon_0 d^2$:

$$q = 2\pi\sigma d^2$$

الجواب النهائي للبند ب

البند ج

حقل اللوح اللانهائي لا يتعلّق بالبعد عن اللوح. في الموضع الجديد أيضًا مقداره $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$.



نقطة الصفر تحقّق المعادلة نفسها، مع الشحنة نفسها:

$$\frac{kq}{s^2} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{kq}{d^2} \Rightarrow s = d$$

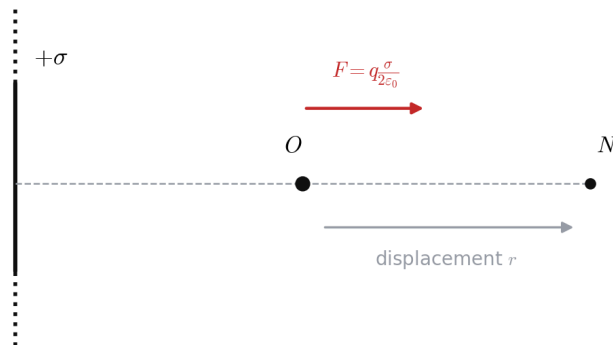
إذن نقطة الصفر تنتقل مع الشحنة، وتبقى على البعد نفسه منها.

$$s = d$$

الجواب النهائي للبند ج

البند د

الشحنة q تتحرّك في حقل اللوح المنتظم، من بعد r إلى بعد 2r، أي مسافة r في اتجاه الحقل. (حقل الشحنة نفسها لا يؤثّر عليها).



فرق الجهد في حقل منتظم:

$$V_O - V_N = E \cdot r = \frac{\sigma r}{2\epsilon_0}$$

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

الشغل اللازم (الشغل الخارجي، بسرعة ثابتة) يساوي التغير في طاقة الوضع:

$$W = q(V_N - V_O) = -\frac{q\sigma r}{2\epsilon_0}$$

الإشارة سالبة: القوة الكهربائية على الشحنة الموجبة نحو اليمين، أي في اتجاه الحركة. الحقل نفسه يبذل شغلًا موجبًا مقداره $\frac{q\sigma r}{2\epsilon_0}$ ، ونحن نحتاج فقط إلى كبح الشحنة.

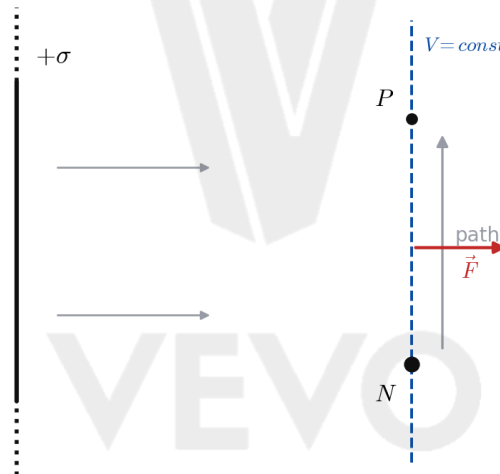
إذن الشغل المطلوب:

$$W = -\frac{q\sigma r}{2\epsilon_0}$$

الجواب النهائي للبند د

البند هـ

الخط الموازي للوح عمودي على خطوط الحقل، لذلك كل نقاطه لها الجهد نفسه، فهو سطح تساوي جهد.



القوة الكهربائية عمودية على المسار في كل نقطة، فلا تبذل شغلًا:

$$W = q(V_P - V_N) = q \cdot 0 = 0$$

إذن لا حاجة إلى شغل.

$$W = 0$$

الجواب النهائي للبند هـ

نص الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجزوت 2017. صياغة الأسئلة والرسومات والحل: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».