

السؤال 1 من بجروت الفيزياء — كهرباء ومغناطيسية — بجروت 2012

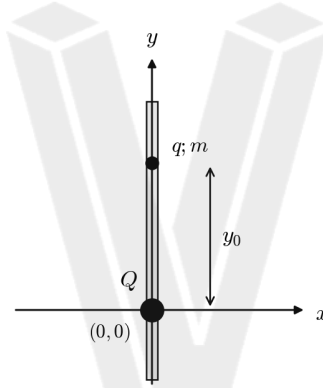
(هنا نحلّ هذا السؤال كاملاً.)

نص السؤال

جسم صغير شحنته موجبة Q ثابت في أصل المحاور. فوقه قضيب رفيع أملس من مادّة عازلة على طول المحور y . تُدخل حول القضيب خرزة صغيرة شحنتها موجبة q وكتلتها m ، ونتركها عند النقطة y_0 ، فتبقى ساكنة (الشكل «أ»).

المعطيات:

- الشحنة الثابتة $Q > 0$ في النقطة $(0, 0)$.
- شحنة الخرزة $q > 0$ ، وكتلتها m ، وتسارع الجاذبية g .
- القضيب أملس وعازل، والخرزة تتحرّك عليه فقط.

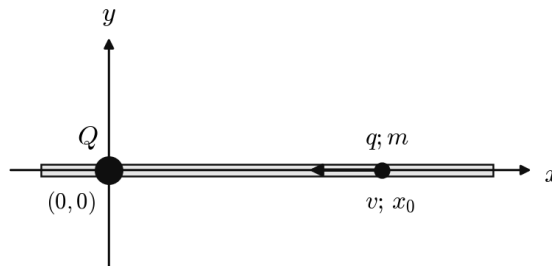


الشكل «أ»

أ. المطلوب: مخطّط القوى المؤثرة على الخرزة، مع اسم كلّ قوّة بجانب سهمها.

ب. المطلوب: البعد y_0 بين الشحنتين بدلالة الشحنة Q والشحنة q والكتلة m .

بعد ذلك نضع القضيب أفقيًا على طول المحور x ، والشحنة Q تبقى في أصل المحاور. تُدخل الخرزة حول القضيب يمين الشحنة، ونعطيها سرعة ابتدائية نحو الشحنة. عندما تصل الخرزة إلى النقطة x_0 يكون مقدار سرعتها v واتّجاهها نحو اليسار (الشكل «ب»).



الشكل «ب»

- ج. المطلوب: الطاقة الكليّة للخزرة عندما تمرّ بالنقطة x_0 , بدلالة معطيات السؤال. نفترض أنّ الطاقة الكهربائية الوضعيّة في اللانهاية صفر، وأنّ طاقة الثقل الوضعيّة على طول المحور x صفر.
- د. المطلوب: أصغر بعد ممكن x_{min} تصل إليه الخزرة عن الشحنة Q , بدلالة معطيات السؤال.
- هـ. المطلوب: كيف يتغيّر مقدار السرعة ومقدار التسارع في حركة الخزرة من النقطة x_0 حتّى النقطة x_{min} : يزداد، يقلّ، أم يبقى ثابتاً؟ مع التعليل.



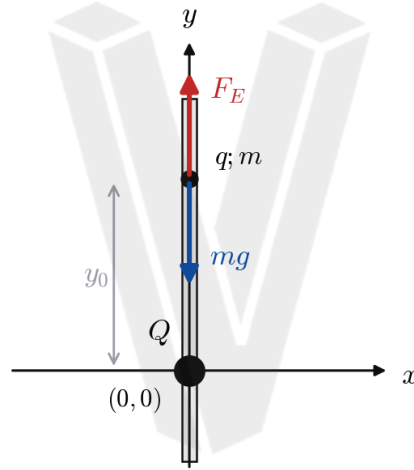
الحل: أ. الثقل mg إلى أسفل، والقوة الكهربائية F_E إلى أعلى ب. $y_0 = \sqrt{\frac{kQq}{mg}}$ ج. $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{kQq}{x_0}$ د. $x_{min} = \frac{2kQq x_0}{mv^2 x_0 + 2kQq}$ هـ. السرعة تقل، والتسارع يزداد

(صياغة السؤال والرسومات والحل: فيفو · vevo)

الحل الكامل:

البند أ

على الخرزة قوتان فقط: قوة الثقل نحو الأسفل، والقوة الكهربائية (قوة كولون) من الشحنة Q . الشحنتان موجبتان، فالقوة تنافر، أي نحو الأعلى.



القوتان على امتداد القضيب، لذلك لا يحتاج القضيب الأملس أن يؤثر بقوة عمودية على الخرزة، ولا توجد قوة احتكاك.

الثقل إلى أسفل، وقوة كولون إلى أعلى

الجواب النهائي للبند أ

البند ب

قانون كولون للقوة بين شحنتين نقطيتين:

$$F_E = \frac{kQq}{r^2}$$

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

الخرزة ساكنة، فمحصلة القوى صفر:

$$\frac{kQq}{y_0^2} = mg$$

$$y_0^2 = \frac{kQq}{mg}$$

$$y_0 = \sqrt{\frac{kQq}{mg}}$$

الجواب النهائي للبند ب

البند ج

الطاقة الكليّة مجموع الطاقة الحركيّة والطاقة الكهربائيّة الوضعيّة (طاقة الثقل الوضعيّة صفر على المحور الأفقي):

$$E = E_k + U_E$$

الطاقة الكهربائيّة الوضعيّة لشحنتين نقطيتين، مع صفر في اللانهاية:

$$U_E = \frac{kQq}{r}$$

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

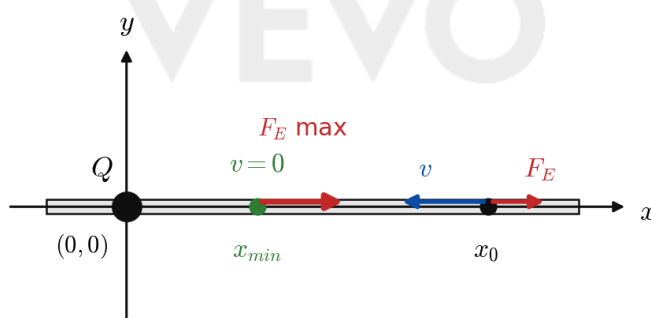
نعوّض البعد x_0 والسرعة v :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{kQq}{x_0}$$

الجواب النهائي للبند ج

البند د

الخرزة تقترب والقوة الكهربائيّة تدفعها نحو اليمين، أي عكس سرعتها. فتتباطأ حتّى تتوقّف لحظيًّا عند أصغر بعد، ثمّ ترتدّ:



القضيب أملس، فلا احتكاك، والقوة العموديّة لا تبذل شغلًا. إذن الطاقة الكليّة محفوظة. عند أصغر بعد الطاقة الحركيّة صفر:

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{kQq}{x_0} = \frac{kQq}{x_{min}}$$

نوّد المقامات في الطرف الأيسر:

$$\frac{mv^2x_0 + 2kQq}{2x_0} = \frac{kQq}{x_{min}}$$

نعزل أصغر بعد:

$$x_{min} = \frac{2kQqx_0}{mv^2x_0 + 2kQq}$$

الجواب النهائي للبند د

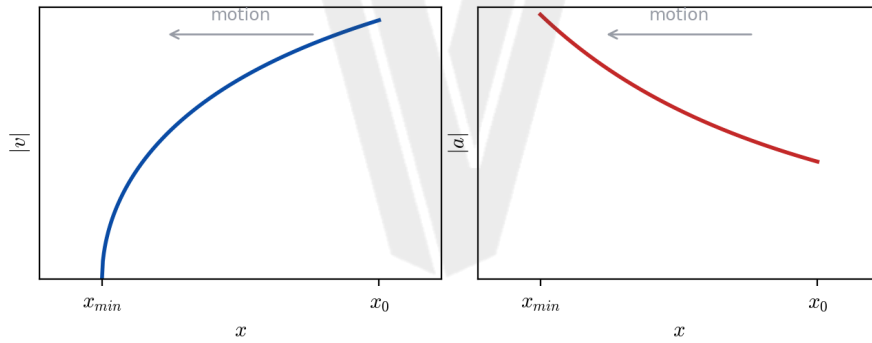
البند هـ

السرعة: القوّة الكهربائية عكس اتّجاه الحركة، فهي تبذل شغلًا سالبًا. الطاقة الحركيّة تتحوّل إلى طاقة كهربائيّة وضعيّة، فالسرعة تقلّ حتّى تصبح صفرًا.

التسارع: القوّة الوحيدة على امتداد الحركة هي قوّة كولون، ومقدارها يكبر كلّما صغر البعد:

$$a = \frac{F_E}{m} = \frac{kQq}{m x^2}$$

رسم توضيحيّ (بقيم مثال) لمقدار السرعة ومقدار التسارع كدالة للموضع. الحركة من اليمين إلى اليسار:



السرعة تقلّ، والتسارع يزداد

الجواب النهائي للبند هـ

نصّ الأسئلة والصور: وزارة التربية والتعليم، النموذج قديم، بجروت 2012. صياغة الأسئلة والرسومات والحلّ: فيفو · vevo. حقوق الطبع للوزارة: «النسخ أو النشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم».