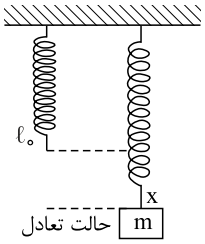
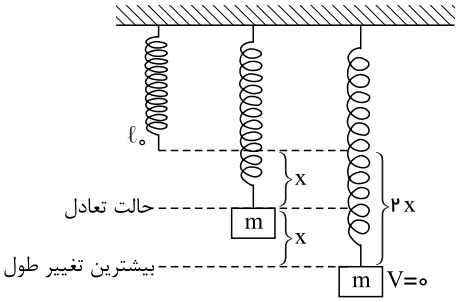
پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۱ در ابتدا تغییر طول فنر تا حالت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$mg = kx \Rightarrow ۱ \times ۱۰ = ۴۰۰x \Rightarrow x = \frac{۱}{۴۰}m = \frac{۱۰}{۴}cm$$



اگر جسم را به فنر آویخته به سقف که در حالت عادی است، متصل کرده و رها کنیم، حداکثر تغییر طول فنر نسبت به حالت عادی، دو برابر x می‌شود (x تغییر طول در حالت تعادل نسبت به حالت عادی است.)



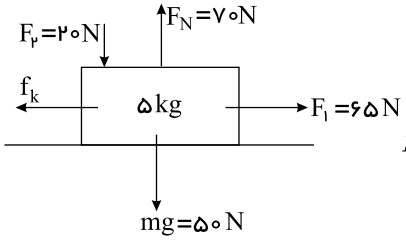
پس در نهایت داریم:

$$l_{کل} = l_\circ + ۲x = ۲۰ + ۲ \times \frac{۱۰}{۴} \Rightarrow l_{کل} = ۲۵cm$$

در این حالت جسم متوقف شده و دوباره به طرف بالا کشیده می‌شود.

۲ - گزینه ۴ در اینجا جسم با شتاب ثابت حرکت می‌کند (چون جرم جسم و نیروهای وارد بر آن در حین حرکت، ثابت هستند). پس برای تعیین شتاب حرکت داریم:

$$v^۲ - v_\circ^۲ = ۲a(\Delta x) \xrightarrow{v_\circ = ۰} (۱۲)^۲ = ۲(a)(۱۲) \Rightarrow a = ۶\frac{m}{s^۲}$$



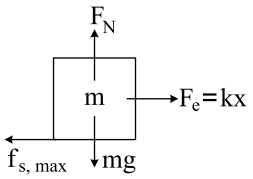
حال با استفاده از قانون دوم نیوتون، درمی‌یابیم که سطح دارای اصطکاک است و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم.

$$F_{net} = ma \Rightarrow F_۱ - f_k = ma \Rightarrow ۶۵ - f_k = ۵ \times ۶ \Rightarrow f_k = ۳۵N$$

حال برای تعیین نیروی سطح داریم:

$$R = \sqrt{F_N^۲ + f_k^۲} = \sqrt{۷۰^۲ + ۳۵^۲} \Rightarrow R = ۳۵\sqrt{۵}N$$

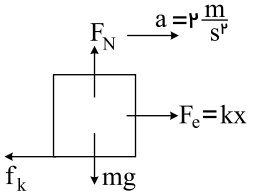
۳ - گزینه ۴ هنگامی که جسم در آستانهٔ حرکت قرار دارد، نیروی فنر و بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی (نیروی اصطکاک در آستانهٔ حرکت) هم‌اندازه‌اند. در این حالت طول فنر به اندازهٔ $۷/۵cm$ نسبت به حالت عادی فنر، تغییر کرده است؛ بنابراین داریم:



$$F_e = f_{s,max} \xrightarrow[F_N = mg]{f_{s,max} = \mu_s F_N} kx = \mu_s mg$$

$$\Rightarrow ۴۰۰ \times \frac{۷/۵}{۱۰۰} = \mu_s \times ۵ \times ۱۰ \Rightarrow \mu_s = ۰/۶$$

در حالت دوم که جسم با شتاب ثابت حرکت می‌کند، داریم:



$$F_{net} = ma \Rightarrow F_e - f_k = ma$$

$$\Rightarrow kx - \mu_k mg = ma \xrightarrow[F_N = mg]{f_k = \mu_k F_N} ۴۰۰ \times \frac{۷/۵}{۱۰۰} - \mu_k \times ۵ \times ۱۰ = ۵ \times ۲۰$$

$$\Rightarrow \mu_k = ۰/۴$$

و در نهایت داریم:

$$\frac{\mu_s}{\mu_k} = \frac{۰/۶}{۰/۴} = \frac{۳}{۲}$$

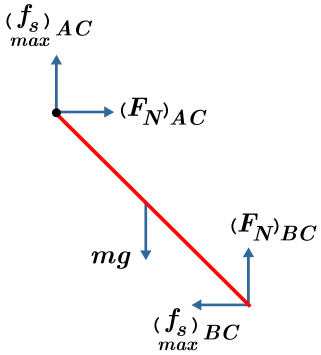
۴ - گزینه ۴

شرط تعادل در راستای قائم:

$$(f_s)_{max\ AC} + (F_N)_{BC} = mg$$

شرط تعادل در راستای افقی:

$$(F_N)_{AC} = (f_s)_{max\ BC}$$



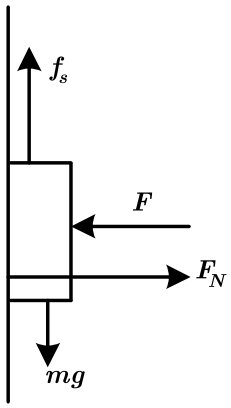
$$\begin{cases} \frac{۱}{۲}(F_N)_{AC} + (F_N)_{BC} = ۵۰۰ \\ (F_N)_{AC} = \frac{۱}{۲}(F_N)_{BC} \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{۲}(F_N)_{AC} + ۲(F_N)_{AC} = ۵۰۰ \Rightarrow (F_N)_{AC} = ۲۰۰$$

نیروی سطح A بر میله، برآیند بین $(F_N)_{AC}$ و $(f_{s_{max}})_{AC}$ است.

$$R_{AC} = \sqrt{(۲۰۰)^۲ + (۱۰۰)^۲} = ۱۰۰\sqrt{۵}$$

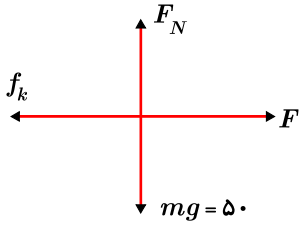
۵ - گزینه ۳ با توجه به شکل، نیروی F با نیروی عمودی تکیه‌گاه برابر است.

بنابراین با دو برابر شدن F، F_N نیز دو برابر می‌شود.



۶ - گزینه ۳

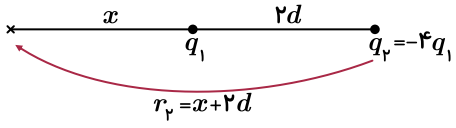
۷ - گزینه ۱ نمودار نیروهای جعبه را رسم می‌کنیم.



$$\begin{cases} F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - ۵۰ = ۵(۲) \Rightarrow F_N = ۶۰ \\ F - f_k = ma \Rightarrow ۴۰ - ۶۰(\mu_k) = ۵(۳) \Rightarrow \mu_k = \frac{۵}{۱۲} \end{cases}$$

۸ - گزینه ۴

چون دو بار ناهم‌علامت‌اند، نقطهٔ موردنظر خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر ($q_۱$) است.



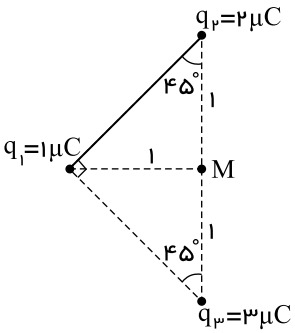
$$\frac{|q_۱|}{x^۲} = \frac{|q_۲|}{(x+۲d)^۲} \Rightarrow \frac{x+۲d}{x} = \sqrt{\frac{۴q_۱}{q_۱}} = ۲ \rightarrow x + ۲d = ۲x \rightarrow x = ۲d \rightarrow r_۲ = ۴d$$

۹ - گزینه ۱ در ابتدا با توجه به اینکه مثلث متساوی‌الساقین قائم‌الزاویه است، فاصلهٔ بارها تا نقطهٔ M را تعیین می‌کنیم. در اینجا چون بزرگی میدان خالص در نقطهٔ M در دو حالت مقایسه شده، پس فرض‌های زیر را در نظر می‌گیریم.

I) فاصلهٔ هر ذره از نقطهٔ M برابر ۱ است.

II) مقدار k در مقایسهٔ دو حالت حذف می‌شود، پس از رابطه $E \propto \frac{q}{r^۲}$ به جای $E = \frac{kq}{r^۲}$ استفاده می‌کنیم.

III) نیازی به تبدیل یکای μC به C نیست. (فقط کافی است که یکای بارها یکسان باشد)



حال با توجه به فرضیات بالا داریم:

حالت اول:

$$E_۳=\frac{۳}{۱^۲}=۳ \quad E_۱=\frac{۱}{۱^۲}=۱ \quad E_۲=\frac{۲}{۱^۲}=۲ \Rightarrow E_{۲,۳}=۱ \Rightarrow E_M=\sqrt{۱^۲+۱^۲}=\sqrt{۲}$$

حالت دوم:

$$E_۳=۳ \quad E_۱=۱ \Rightarrow E'_M=\sqrt{۳^۲+۱^۲}=\sqrt{۱۰}$$

و در نهایت داریم:

$$\frac{E'}{E}=\frac{\sqrt{۱۰}}{\sqrt{۲}} \Rightarrow \frac{E'}{E}=\sqrt{۵}$$

۱۰ - گزینه ۳ بار منفی به‌صورت خودبه‌خودی حرکت می‌کند؛ پس انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد:

$$\Delta V=Ed \Rightarrow \frac{۲۰}{\Delta V}=\frac{۲\times ۱۰^{-۲}}{۱۵\times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow \Delta V=۱۵V$$

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U=q\Delta V=-۵\times ۱۵=-۷۵J$$