



گزینه ۳

۱

گام اول

الف) جسم ۲ کیلوگرمی $m = 2kg$

ب) تغییر سرعت جسم بعد از ۲ ثانیه چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ $\Delta v = ? m/s$, $\Delta t = 2s$

گام دوم

همزمان چهار نیرو به جسم وارد می‌شود، با توجه به اینکه جسم در حالت تعادل قرار دارد ($\sum F = 0$) با حذف نیروی ۱۵ نیوتنی، اندازه بردار برآیند بقیه نیروها برابر ۱۵ نیوتن است. بنابراین با استفاده از قانون دوم نیوتن داریم:

$$\begin{cases} F = ma \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ \sum F = 15N \end{cases} \Rightarrow F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 15 = 2 \times \frac{\Delta v}{2} = 15m/s$$

گزینه ۲

۲

@Moshaver_Free

باتوجه به قانون دوم نیوتن، بردار نیروی \vec{F}_3 را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \sum \vec{F} = m\vec{a} \\ \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \\ \vec{F}_1 = -15\vec{i} + 8\vec{j} \\ \vec{F}_2 = -21\vec{i} + 19\vec{j} \\ m = 5kg \\ \vec{a} = -4\vec{i} + 3\vec{j} \end{cases} \Rightarrow -15\vec{i} + 8\vec{j} - 21\vec{i} + 19\vec{j} + \vec{F}_3 = 5 \times (-4\vec{i} + 3\vec{j}) \Rightarrow \vec{F}_3 = 16\vec{i} - 12\vec{j}$$

درنتیجه اندازه نیروی \vec{F}_3 برابر است با:

$$|\vec{F}_3| = \sqrt{(16)^2 + (-12)^2} = 20N$$

گام اول

الف) فقط دنیروی $\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 6\vec{j}$ بر ذره‌ای وارد می‌شوند $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \leftarrow$
 ب) این ذره با سرعت ثابت $\vec{v} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ حرکت می‌کند. $\vec{a} = 0 \leftarrow$
 ج) در این حالت نیروی \vec{F}_2 کدام است؟ $\vec{F}_2 = ? \leftarrow$

گام دوم

چون شتاب حرکت صفر است بنابر طبق قانون دوم نیوتن داریم:

$$\left\{ \sum_{a=0} F = ma \Rightarrow \sum F = m \times 0 = 0 \right.$$

بنابراین کافی است برآیند دنیروی وارد بر جسم صفر شود:

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \Rightarrow 2\vec{i} - 6\vec{j} + \vec{F}_2 = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 = -2\vec{i} + 6\vec{j}$$

گام اول

الف) یک زنجیر که از ۵ حلقه مشابه تشکیل شده و جرم هر حلقه ۲۰۰ گرم است $M = 5m = 5 \times 0.2 = 1kg \leftarrow$
 ب) توسط نیروی F با شتاب $2m/s^2$ و حرکت تندشونده روبه بالا کشیده می‌شود $a = 2m/s^2 \leftarrow$
 ج) اندازه نیروی F و اندازه نیرویی که دو حلقه ۴ و ۵ بر یکدیگر وارد می‌کنند. به ترتیب هر کدام چند نیوتن است؟ $F_{4,5} = ? , F = ? \leftarrow$

گام دوم

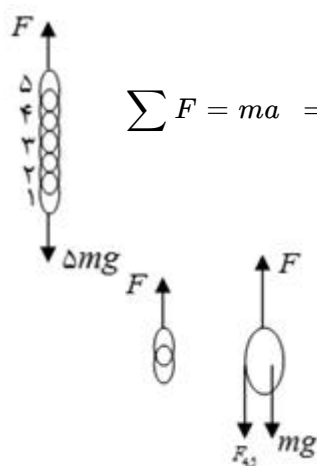
پنج حلقه را یک دستگاه در نظر می‌گیریم تا با استفاده از قانون دوم نیوتن نیروی F را به دست بیاوریم. سپس قانون دوم نیوتن را برای حلقه پنجم می‌نویسیم تا نیرویی که دو حلقه ۴ و ۵ به یکدیگر وارد می‌کنند محاسبه شود:

قانون دوم نیوتن برای دستگاه:

$$\sum F = ma \Rightarrow F - 5mg = Ma \Rightarrow F - 5 \times 0.2 \times 10 = 5 \times 0.2 \times 2 = 12N$$

قانون دوم نیوتن برای حلقه پنجم:

$$\sum F = ma \Rightarrow F - mg - F_{4,5} = ma \Rightarrow 2/0 - 12 - 10F_{4,5} = 0.2 \times 2 \Rightarrow F_{4,5} = 9/6N$$



گام اول

دو نیروی $\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ و \vec{F}_2 به جسم $1/5 \text{ kg}$ اثر می‌کند: $m = 1/5 \text{ kg}$

گام دوم

باتوجه به رابطه $\vec{F}_{eq} = m\vec{a}$ ، برآیند نیروها را حساب می‌کنیم:

$$\vec{F}_{eq} = m\vec{a} = 1/5 (2\vec{i} - 4\vec{j}) = 2\vec{i} - 4\vec{j}$$

با توجه به اینکه برآیند نیروها، جمع مؤلفه‌های x و y است، نیروی \vec{F}_2 را به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} \begin{cases} \vec{F}_{eq} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \\ \vec{F}_2 = F_{2x}\vec{i} + F_{2y}\vec{j} \end{cases} &\Rightarrow 2\vec{i} - 4\vec{j} = 2\vec{i} - 5\vec{j} + \vec{F}_2 \\ \Rightarrow 2\vec{i} - 4\vec{j} &= 2\vec{i} - 5\vec{j} + F_{2x}\vec{i} + F_{2y}\vec{j} \\ \Rightarrow 2\vec{i} - 4\vec{j} &= (2 + F_{2x})\vec{i} + (-5 + F_{2y})\vec{j} \\ \Rightarrow \begin{cases} 2 = 2 + F_{2x} \Rightarrow F_{2x} = 0 \\ -4 = -5 + F_{2y} \Rightarrow F_{2y} = 1 \end{cases} &\Rightarrow \vec{F}_2 = 0\vec{i} + 1\vec{j} \end{aligned}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 20}{5} = -4 \text{ m/s}^2$$

$$F = ma = 1/2 \times 1000 \times |-4| = 4/1 \times 10^3 \text{ N}$$

گام اول

الف) اتومبیلی به جرم 4 تن $m = 4 \text{ ton} = 4000 \text{ kg}$

ب) با سرعت $v_0 = 20 \text{ m/s} \leftarrow 20 \text{ m/s}$

ج) در اثر ترمز با شتاب ثابت در مدت 5 s متوقف می‌شود $\leftarrow \Delta t = 5 \text{ s}, v = 0, a < 0$

د) نیروی ترمز چند نیوتون است؟ $\leftarrow F = ?$

گام دوم

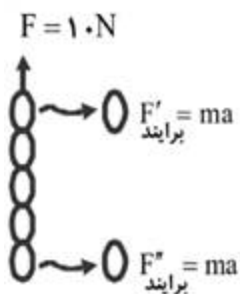
ابتدا با استفاده از معادله سرعت، شتاب حرکت را به دست آورده و سپس به کمک قانون دوم نیوتون، نیروی ترمز را محاسبه می‌کنیم: (نیروی ترمز، تنها نیروی وارد شونده بر اتومبیل در حین ترمز است)

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = a \times 5 + 20 \Rightarrow a = -4 \text{ m/s}^2$$

$$F = ma = 4000 \times -4 = -16000 \text{ N}$$

توجه: علامت منفی، نشان‌دهنده این است که نیروی ترمز، خلاف جهت حرکت اتومبیل است.

اگر یک دستگاه با شتاب a در حرکت باشد برآیند نیروهای هر جزء برابر $\sum F = ma$ است. در اینجا چون جرم و شتاب همه حلقه‌های یکسان است؛ بنابراین برآیند نیروهای وارد بر هر کدام از حلقه‌ها (فرقی نمی‌کند کدام حلقه باشد) یکسان و برابر با ma است. پس: $\frac{F'}{F''} = 1$



ابتدا فرض می‌کنیم شتاب به سمت بالا باشد.

$$F_1 - mg = ma \Rightarrow F_1 - 40 = 4 \times 3 \Rightarrow F_1 = 52 N$$

حال در مرحله دوم باید همان شتاب به سمت پایین باشد.

$$mg - F_2 = ma \Rightarrow 40 - F_2 = 4 \times 3 \Rightarrow F_2 = 28 N$$

$$\Delta F = 52 - 28 = 24 N$$

$$\Delta y = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow 100 = \frac{1}{2}a \times 10^2 \Rightarrow a = 2 m/s^2$$

$$F - mg = ma \Rightarrow F - 100 = 10 \times 2 \Rightarrow F = 120 N$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{120}{100} \Rightarrow F_2 = 120 \times \frac{5}{4} = 150 N$$

$$F_2 - mg = ma \Rightarrow 150 - 100 = 10a \Rightarrow a = 5 m/s^2$$

شتاب توقف برای خودرو و کامیون به جرم آن‌ها بستگی ندارد، زیرا:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2ad \xrightarrow[v_1=v]{v_2=0} |a| = \frac{v^2}{2d}$$

از طرفی طبق قانون دوم نیوتن ($F = ma$) می‌توان نوشت:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{a_2}{a_1} \Rightarrow \frac{F_2}{F} = 1/5 \times 1 \Rightarrow \frac{F_2}{F} = 1/5$$

ابتدا برآیند نیروهای افقی وارد بر جسم را به دست می آوریم:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow \sum \vec{F} = (7 + 2)\vec{i} - (9 + 3)\vec{j} = 9\vec{i} - 12\vec{j} (N)$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{9^2 + 12^2} = 15N$$

با استفاده از قانون دوم نیوتن، شتاب حرکت جسم را محاسبه می کنیم:

$$F = ma \Rightarrow 15 = 3a \Rightarrow a = 5m/s^2$$

$$v = at + v_0 \xrightarrow[v_0=0]{a=5m/s^2, t=4s} v = 5 \times 4 + 0 = 20m/s$$

طبق قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$K_2 - K_1 = W_{\text{برآیند}} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = W_{\text{برآیند}}$$

$$\xrightarrow[m=3kg, v_0=0]{v=20m/s} W_{\text{برآیند}} = \frac{1}{2} \times 3 \times (20^2 - 0^2) = 600J$$

طبق قانون اول نیوتن هنگامی که جسم ساکن است، برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر با صفر است؛ بنابراین:

$$\left. \begin{array}{l} \text{در حالت اول: } \sum F = 0 \Rightarrow F - f_1 = 0 \Rightarrow f_1 = F \\ \text{در حالت دوم: } \sum F = 0 \Rightarrow 2F - f_2 = 0 \Rightarrow f_2 = 2F \end{array} \right\} \Rightarrow f_2 = 2f_1$$

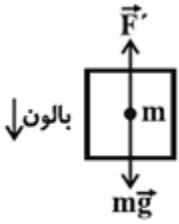
بنابراین در حالت دوم، اندازه نیروی اصطکاک نیز دو برابر می شود.

$$F_T = ma \Rightarrow \sqrt{6^2 + (b-6)^2} = 4 \times 2/5 \Rightarrow \sqrt{36 + (b-6)^2} = 10$$

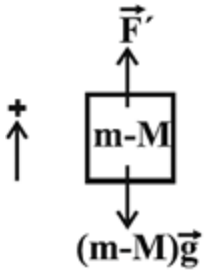
$$\Rightarrow 36 + (b-6)^2 = 100 \Rightarrow (b-6)^2 = 64 \Rightarrow b-6 = \pm 8 \Rightarrow b = 14N \text{ یا } b = -2N$$

لختی، مقاومت جسم در مقابل تغییر وضعیت است و قانون لختی همان قانون اول نیوتن است.

نیروهای وارد بر بالون شامل نیروی وزن و نیروی هوا (F') است.



در حالت پایین آمدن $F'_{\text{برآیند}} = ma \Rightarrow mg - F' = ma \Rightarrow F' = mg - ma$ (I)



در حالت بالا رفتن $F'_{\text{برآیند}} = (m - M)a \Rightarrow F' - (m - M)g = (m - M)a$ (II)

جرم بیرون ریخته شده از بالون M :

$$\begin{aligned} \xrightarrow{I, II} mg - ma - mg + Mg &= ma - Ma \Rightarrow Mg + Ma = 2ma \\ \Rightarrow M(g + a) &= 2ma \Rightarrow M = \frac{2ma}{g + a} = \frac{2 \times 600 \times 5}{10 + 5} \Rightarrow M = 400 \text{ kg} \end{aligned}$$

اگر جهت مثبت را به طرف بالا در نظر بگیریم:

$F = 24 \text{ N}$

$$\begin{cases} F - mg = ma \\ mg = 2 \times 10 = 20 \text{ N} \Rightarrow 24 - 20 = 2a \Rightarrow 4 = 2a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2 \\ F = 24 \text{ N} \end{cases}$$

$mg = 20 \text{ N}$

پس جهت شتاب جسم روبه بالا است. از طرفی کار برابر است با حاصل ضرب F و d . باتوجه به اینکه F ثابت است، اندازه کار با جابه جایی متناسب است. حال به بررسی حالت های مختلف می پردازیم:

(الف) اگر ابتدا جسم ساکن باشد یا به طرف بالا در حرکت باشد، حرکت جسم تندشونده می شود و در ثانیه های متوالی جابه جایی جسم افزایش پیدا می کند در نتیجه اندازه کار F نیز افزایش پیدا می کند.

(ب) در صورتی که ابتدا جهت حرکت جسم روبه پایین باشد، حرکت جسم کندشونده می شود اما بعد از توقف جسم دوباره حرکتش روبه بالا و تندشونده می شود، پس در ثانیه های متوالی، جابه جایی جسم تا توقف کم می شود و بعد از توقف زیاد می شود؛ بنابراین اندازه کار نیروی F ابتدا کاهش و بعد افزایش پیدا می کند.

گزینه "۱": نادرست - به طور مثال در حرکت دایره‌ای یکنواخت، اندازه شتاب ثابت و برابر $a = \frac{v^2}{r}$ است، اما چون سرعت آن مماس بر مسیر دایره‌ای است، امتداد آن در هر لحظه تغییر می‌کند.

گزینه "۲": نادرست - به طور مثال در حرکت دایره‌ای یکنواخت اندازه شتاب ثابت است و مسیر حرکت خط راست نیست.

گزینه "۳": درست - طبق رابطه $\vec{F} = m\vec{a}$ ، همواره شتاب با نیرو هم‌جهت و متناسب با آن است. بنابراین وقتی اندازه شتاب ثابت باشد، اندازه نیروی وارد بر جسم ثابت می‌ماند.

گزینه "۴": نادرست - چون جسم شتاب دارد، سرعت آن متغیر است، بنابراین طبق رابطه $\vec{P} = m\vec{v}$ ، تکانه آن نیز متغیر است.

$$\begin{cases} 10 - f_k = 2m \\ 20 - f_k = 7m \end{cases} \Rightarrow 10 = 5m \Rightarrow m = 2 \text{ kg}$$

گزینه ۱ نادرست است. زیرا طبق قانون سوم نیوتن، نیروی آب به پارو باعث جلو رفتن پارو و در نتیجه قایق می‌شود.

گزینه ۲ نادرست است، زیرا ترازوی دو کفه‌ای به جز در شرایط بی‌وزنی، جرم اجسام را درست نشان می‌دهد؛ چون شرایط برای دو طرف کفه، یکسان است (وقتی شتاب رو به بالا است، یعنی شرایط بی‌وزنی نیست).

گزینه ۳ نادرست است، زیرا در بسیاری مواقع مانند حرکت شخص روی سطح زمین، باعث حرکت جسم می‌شود.

گزینه ۴ درست است.

@Moshaver_Free

زمین به جسم نیروی وزن را وارد می‌کند، پس عکس‌العمل آن نیز به زمین وارد می‌شود.

$$24 - 3mg = 3ma \Rightarrow 24 - 30 \times 0.5 = 3 \times 0.5a \Rightarrow 24 - 15 = 1.5a \Rightarrow a = 6 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma = 0.5 \times 6 = 3 \text{ N}$$

دپارتمان فیزیک:

ورزشکار به طناب نیرو وارد می‌کند؛ طبق قانون سوم نیوتن، عکس‌العمل این نیرو (طناب به ورزشکار)، به دست و پای ورزشکار وارد شده و باعث می‌شود ورزشکار بالا برود.

جسمی که از حال سکون، شروع به حرکت می‌کند، در ابتدا هم‌جهت با $\Sigma \vec{F}$ است. در ادامه هم، اگر جهت $\Sigma \vec{F}$ ثابت بماند، هم‌جهت با آن ادامه می‌دهد، اما اگر جهت $\Sigma \vec{F}$ تغییر کند، دیگر جهت حرکت و جهت $\Sigma \vec{F}$ یکی نخواهد بود.

از طرف شخص، درخت و زمین بر طناب نیرو وارد می‌شود. پس طناب نیز طبق قانون سوم نیوتن بر هر سه نیروی عکس‌العمل وارد می‌کند.

اگر جرم هر حلقه را m فرض کنیم، با نوشتن قانون دوم نیوتن برای کل دستگاه داریم:

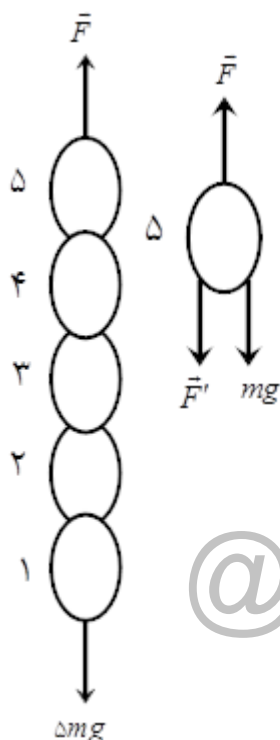
$$F - (\Delta m)g = (\Delta m)a$$

$$\Rightarrow F - (\Delta \times 0/2) \times 10 = \Delta(0/2) \times 2 \Rightarrow F = 12N$$

حال قانون دوم نیوتن را برای حلقه پنجم به کار می‌بریم:

$$F - mg - F' = ma$$

$$\Rightarrow 12 - 0/2 \times 10 - F' = 0/2 \times 2 \Rightarrow F' = 9/6N$$



@Moshaver_Free

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{(\vec{6i} + \vec{9j}) - 0}{3} = \vec{2i} + \vec{3j}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 2(\vec{2i} + \vec{3j})$$

$$\Rightarrow \vec{3i} - \vec{4j} - \vec{6i} + \vec{5j} + \vec{F}_3 = \vec{4i} + \vec{6j} \Rightarrow \vec{F}_3 = \vec{7i} + \vec{5j}$$

نیروهای وارد بر بدن چتر باز عبارت‌اند از: مقاومت هوا، وزن چتر باز و نیرویی که چتر نجات بر بدن چتر باز وارد می‌کند. واکنش این نیروها به ترتیب بر هوا، کره زمین و چتر نجات وارد می‌شود. توجه داشته باشید که دست‌های چتر باز بخشی از بدن او هستند، پس نیرویی که بخش‌های دیگر بدن بر دست وارد می‌کنند، نیروی داخلی است.

از آنجایی که ذره با سرعت ثابت حرکت می‌کند، شتاب حرکت ذره و نیز برآیند نیروهای وارد بر آن صفر بوده، یعنی دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 قرینه‌اند، لذا داریم:

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$

$$\xrightarrow{\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 6\vec{j}} \vec{F}_2 = -2\vec{i} + 6\vec{j} (N)$$

با استفاده از قانون دوم نیوتن، داریم:

$$\vec{F} = \frac{m\Delta v}{\Delta t} \xrightarrow[\substack{v_1 = 5 \text{ m/s}, v_2 = 0}]{\substack{m = 5 \text{ kg/s}}} \vec{F} = 5 \times (0 - 5) \Rightarrow \vec{F} = -25 \text{ N} \Rightarrow |\vec{F}| = 25 \text{ N}$$

@Moshaver_Free

گام اول

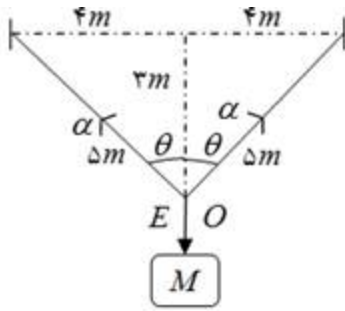
الف) یک طناب افقی به طول $l = 8m$ بین دو دیوار بسته شده است \leftarrow

ب) وزنه $30N$ را به وسط آن آویزان می‌کنیم $\leftarrow W = 30N$

ج) طناب کش آمده، وسط طناب ۳ متر پایین می‌آید و در آن حالت به تعادل می‌رسد $\leftarrow h = 3m$

گام دوم

جسم تحت اثر سه نیرو در حالت تعادل قرار دارد. بنابراین برآیند نیروهای وارده بر هر نقطه از سیستم برابر صفر است. ابتدا باتوجه به شکل و استفاده از رابطه فیثاغورث طول طناب و زاویه θ را بعد از آویزان کردن وزنه به دست می‌آوریم:



$$\text{وتر مثلث} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5m$$

$$\cos \theta = \frac{3}{5}, \quad \sin \theta = \frac{4}{5}$$

@Moshaver_Free

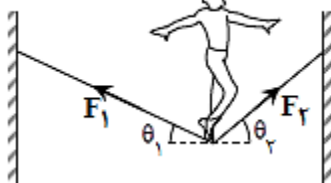
تعادل در راستای افقی را می‌نویسیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = ma \\ a = 0 \end{array} \right. \Rightarrow T_1 \sin \theta - T_2 \sin \theta = 0 \Rightarrow T_1 = T_2$$

حال برآیند نیروها در راستای قائم در نقطه O را می‌نویسیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F_y = ma \\ a = 0 \\ \cos \theta = \frac{3}{5} \end{array} \right. \Rightarrow T_1 \cos \theta + T_2 \cos \theta - mg = 0 \Rightarrow 2T_1 \cos \theta = mg \Rightarrow T_1 = \frac{mg}{2 \cos \theta} \Rightarrow T_1 = \frac{30}{2 \times \frac{3}{5}} = 25N$$

مطابق شکل وقتی که شخص به طرف راست حرکت می‌کند زاویه θ_2 بیشتر از زاویه θ_1 می‌شود. چون شخص بر روی طناب در حالت تعادل قرار دارد کافی است در نقطه‌ای از طناب که شخص ایستاده، شرایط تعادل نیروها را بنویسیم:



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_1 \cos \theta_1 = F_2 \cos \theta_2$$

چون $\theta_1 < \theta_2$ است، در نتیجه $\cos \theta_2 < \cos \theta_1$ ، پس:

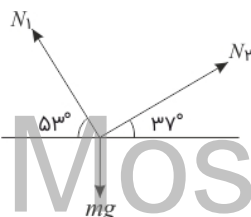
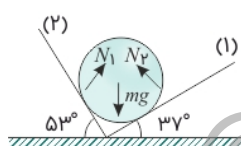
$$F_1 \cos \theta_1 = F_2 \cos \theta_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} \xrightarrow{\cos \theta_2 < \cos \theta_1} F_2 > F_1$$

گام اول

الف) یک کره فلزی به وزن $40N$ درون ناوهای با دیوارهای صیقلی قرار دارد $W = 40N$
 ب) نیرویی که کره فلزی به دیواره (۱) ناوه وارد می‌کند چند نیوتن است؟ $N_1 = ?$

گام دوم

مطابق شکل نیروهای وارد بر کره در مرکز جرم آن را رسم می‌کنیم و شرایط تعادل را در دو راستای افقی و عمودی می‌نویسیم:



شرایط تعادل در راستای افقی:

$$\begin{cases} N_1 \cos 53^\circ = N_2 \cos 37^\circ \\ \cos 53^\circ = \sin 37^\circ = 0.6 \end{cases} \Rightarrow N_1 \times 0.6 = N_2 \times 0.8 \Rightarrow N_2 = \frac{3}{4} N_1$$

شرایط تعادل در راستای قائم:

$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \\ W = 40N \\ N_2 = \frac{3}{4} N_1 \end{cases} \Rightarrow N_2 \sin 37^\circ + N_1 \sin 53^\circ = W \Rightarrow \frac{3}{4} N_1 \times 0.6 + N_1 \times 0.8 = 40 \Rightarrow N_1 = 32N$$

گام اول

الف) شخصی به وزن P $W = P$

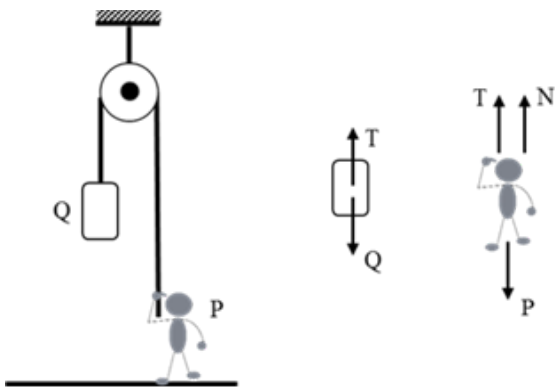
ب) روی سطح افقی ایستاده و وزنه‌ای به وزن Q را در حالت تعادل نگه داشته $\sum F_{\text{وزنه}} = 0$ ، $\sum F_{\text{شخص}} = 0$
 ج) مقدار نیرویی که شخص به سطح وارد می‌کند؟ $N = ?$

گام دوم

ابتدا نیروی وارد بر شخص و وزنه را روی شکل مشخص می‌کنیم. سپس با استفاده از قانون دوم نیوتن برای شخص و وزنه، نیرویی که شخص به سطح وارد می‌کند را به دست می‌آوریم:

$$\sum F_{\text{وزنه}} = 0 \Rightarrow Q - T = 0 \Rightarrow Q = T \quad (I)$$

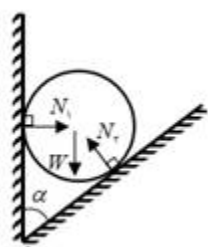
$$\sum F_{\text{شخص}} = 0 \Rightarrow P - T - N = 0 \Rightarrow N = P - T \xrightarrow{(I)} N = P - Q$$



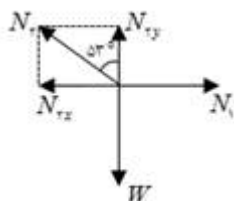
گزینه ۳

۳۵

مطابق شکل نیروهای وارد بر کره را مشخص می‌کنیم.



با توجه به اینکه کره در حالت تعادل است ($\sum F = 0$)، مؤلفه‌های افقی و عمودی نیروهایی که بر جسم وارد شده را برابر هم قرار می‌دهیم تا N_1 را به دست بیاوریم: ($N_1 = N'_1$): مطابق قانون عمل و عکس‌العمل) مؤلفه‌های نیروی N_2 :



$$\begin{cases} N_{2x} = N_2 \sin 53^\circ = 0.8 N_2 \\ N_{2y} = N_2 \cos 53^\circ = 0.6 N_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_{2y} = W = 100 \text{ (N)} \\ N_{2y} = 0.6 N_2 \end{cases} \Rightarrow 0.6 N_2 = 100 \Rightarrow N_2 = 166.67 \text{ (N)}$$

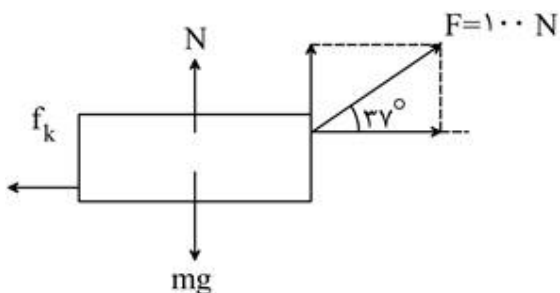
$$\begin{cases} N_{2x} = N_1 \\ N_{2x} = 0.8 N_2 \Rightarrow 0.8 \times 166.67 = N_1 \Rightarrow N_1 = 133.33 \text{ (N)} \\ N_2 = 166.67 \text{ (N)} \end{cases}$$

$$N'_1 = N_1 = 133.33 \text{ (N)}$$

@Moshaver_Free

گزینه ۱

۳۶



$$F \cos \alpha = 100 \times \cos 37^\circ = 80 \text{ N}$$

$$F \sin \alpha = 100 \times \sin 37^\circ = 60 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F \sin \alpha + N - mg = 0 \Rightarrow 60 + N - 160 = 0 \Rightarrow N = 100 \text{ N}$$

$$\text{سرعت ثابت: } \sum F_x = 0 \Rightarrow F \cos \alpha - f_k = 0$$

$$80 - 100 \mu_k = 0 \Rightarrow \mu_k = \frac{80}{100} = \frac{4}{5}$$

ابتدا فرض می‌کنیم که مجموعه می‌خواهد به سمت راست حرکت نماید، در این صورت حداقل نیروی F را می‌توان به دست آورد:

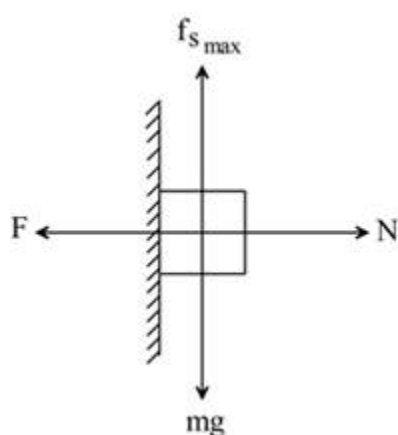
$$m_1 g - \mu m_2 g - F = 0 \Rightarrow 20 - 100\mu_s - F = 0 \Rightarrow 20 - 10 - F = 0 \Rightarrow F_{\min} = 10N$$

سپس فرض می‌کنیم که مجموعه می‌خواهد به سمت چپ حرکت نماید؛ در این صورت حداکثر نیروی F را تعیین می‌کنیم:

$$F - m_1 g - \mu m_2 g = 0 \Rightarrow F - 20 - 100\mu_s = 0 \Rightarrow F_{\max} = 30N$$

ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم.

چون در تعادل است:

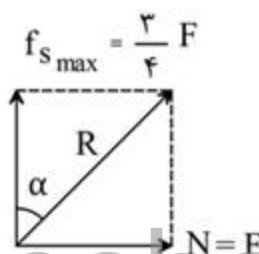


$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F = N$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow mg = f_{s \max} = \mu_s \cdot N = \frac{3}{4} \times F$$

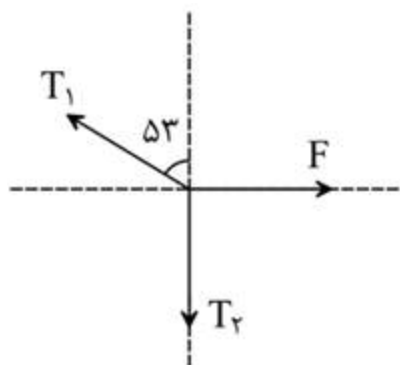
نیروی سطح، برآیند N و $f_{s \max}$ است.

$$\tan \alpha = \frac{N}{f_{s \max}} = \frac{F}{\frac{3}{4}F} = \frac{4}{3} \Rightarrow \alpha = 53^\circ$$



@Moshaver_Free

در محل تقاطع نخ‌ها نیروها را رسم می‌کنیم.



$$T_1 = mg = 10N$$

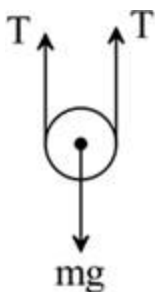
$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow T_1 \sin 53^\circ = F \Rightarrow F = 10 \times 0.8 = 8N$$

چون دستگاه متعادل است پس کشش نخ افقی با نیروی اصطکاک آستانه حرکت برابر است.

$$T = f_{s \max} = \mu_s \cdot mg = 0.4 \times 20 = 8N$$

حالا نیروهای وارد بر قرقه عمودی را بررسی می‌کنیم:

$$mg = 2T = 2 \times 8 = 16N \Rightarrow m = 1/6 kg$$



گزینه ۴

۴۱

چون دستگاه در حالت تعادل است پس نخ عمودی متصل به وزنه نیرویی برابر با وزن وزنه دارد. یعنی: $50N$
چون همین نخ تا نقطه A نیز ادامه پیدا کرده، پس نیروی کشش در نقطه A نیز $50N$ است و زاویه دار بودن نخ تأثیری در مقدار نیروی کشش آن ندارد.

گزینه ۱

۴۲

$$m_3g = 80N, m_1g = 100N, f_{s_{\max 2}} = m_2g\mu_s = 40N$$

می‌خواهیم به m_3 آن قدر وزنه اضافه کنیم که در آستانه حرکت به طرف پایین باشد. یعنی m_2 در آستانه لغزیدن به طرف چپ باشد، پس f_{s2} به طرف راست می‌شود.

$$m'_3g - m_1g - f_{s_{\max 2}} = 0 \Rightarrow m'_3g = 140 \Rightarrow m'_3 = 14kg \Rightarrow m'_3 - m_3 = 14 - 8 = 6kg$$

به جرم m_3 ، ۶ کیلوگرم می‌تواند اضافه شود تا دستگاه ساکن بماند.

گزینه ۳

۴۳

@Moshaver_Free

اگر کشش نخ چرخیده از قرقره‌ها را T فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$2T = \text{وزن قرقره} + m'$$

$$\left. \begin{aligned} \text{جرم قرقره} &= 60g = 0.06kg \\ m' &= 320g = 0.32kg \end{aligned} \right\} \Rightarrow 2T = 0.06 \times 10 + 0.32 \times 10 = 0.6 + 3.2 = 3.8 \Rightarrow T = 1.9N$$

از تعادل وزنه m می‌توان نتیجه گرفت:

$$mg = T \Rightarrow 10m = 1.9 \Rightarrow m = 0.19kg = 190g$$

گزینه ۲

۴۴

اگر کشش نخ‌های بسته شده به W را از راست به چپ با T_1 و T_2 و T_3 نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$W = T_1 + T_2 + T_3$$

از اولین قرقره می‌توانیم نتیجه بگیریم که: $T_1 = F$

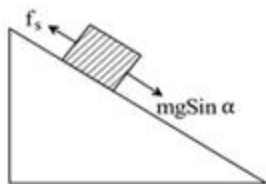
از قرقره دوم می‌توانیم نتیجه بگیریم که: $T_2 = T_1 + F \Rightarrow T_2 = 2F$

از قرقره سوم می‌توانیم نتیجه بگیریم که: $T_3 = 2T_2 \Rightarrow T_3 = 2(2F) = 4F$

حال اگر T_1 و T_2 و T_3 را در رابطه $W = T_1 + T_2 + T_3$ جایگزین کنیم، خواهیم داشت:

$$W = F + 2F + 4F = 7F$$

$$\Rightarrow 280 = 7F \Rightarrow F = \frac{280}{7} = 40N$$



وقتی جسم روی سطح شیب‌دار ساکن است:

$$f_s = mg \sin \alpha, \quad f_s \leq \mu_s mg \cos \alpha$$

با کاهش α ، اولاً $\mu_s mg \cos \alpha$ زیاد می‌شود و $mg \sin \alpha$ کم می‌شود؛ پس اگر در حالت اول جسم ساکن بوده، بازهم ساکن می‌ماند. ثانیاً چون $mg \sin \alpha$ کم می‌شود، اصطکاک هم کم می‌شود.

حالت اول:

هنگامی‌که با نیروی افقی F_1 در آستانه حرکت قرار می‌گیرد، جسم در حالت تعادل است و در هیچ راستایی، حرکت نداریم؛ پس داریم:

$$\begin{aligned} \Sigma F_x = 0 &\Rightarrow F_1 = N_1 \\ \Sigma F_y = 0 &\Rightarrow f_{s \max} = W \Rightarrow f_1 = W \quad (I) \end{aligned}$$

حالت دوم:

هنگامی‌که با نیروی افقی F_2 با سرعت ثابت به طرف پایین می‌لغزد، چون شتاب حرکت برابر صفر است، داریم:

$$\begin{aligned} \Sigma F_x = 0 &\Rightarrow F_2 = N_2 \\ \Sigma F_y = 0 &\Rightarrow f_k = W \Rightarrow f_2 = W \quad (II) \end{aligned}$$

$$\xrightarrow{(I), (II)} f_1 = f_2$$

$$f_1 = f_2 \Rightarrow \mu_s N_1 = \mu_k N_2 \xrightarrow{\frac{N_1 = F_1}{N_2 = F_2}} \mu_s F_1 = \mu_k F_2$$

$$\xrightarrow{\mu_s > \mu_k} F_1 < F_2$$

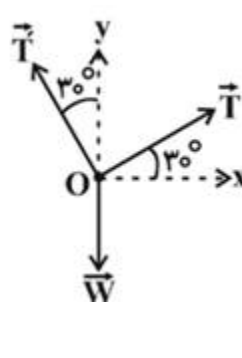
پس گزینه "۳" صحیح است.

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow N = 100N$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F - f_k = 0 \Rightarrow F = \mu_k mg = 0.25 \times 100 = 25N$$

$$F = k \Delta \ell \Rightarrow 25 = k \times 0.1 \Rightarrow k = 250N/m$$

کشش نخ در دو طرف قرقره یکسان است، بنابراین:



$$T = W' = 10N$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T \cos 30^\circ = T' \sin 30^\circ$$

$$\Rightarrow 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = T' \times \frac{1}{2} \Rightarrow T' = 10\sqrt{3}N$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T' \cos 30^\circ + T \sin 30^\circ = W$$

$$\Rightarrow (10\sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}) + (10 \times \frac{1}{2}) = W$$

$$\Rightarrow W = 20N$$

ابتدا نیروهای وارد بر میله را مشخص می‌کنیم. از آنجاکه میله در آستانه حرکت است، برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای محورهای x و y برابر با صفر می‌باشد و نیروی اصطکاک وارد بر میله بیشینه است.

$$f_s = f_{s \max} = \mu_s N_1$$

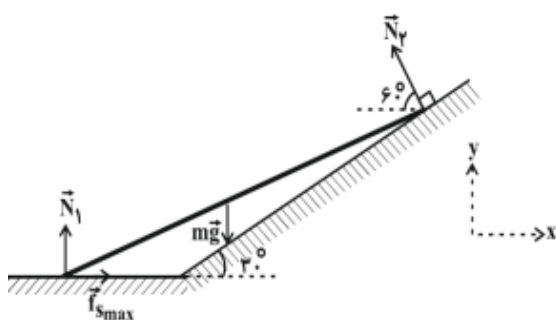
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_2 \cos 60^\circ = f_{s \max} \xrightarrow[\mu_s = 0.1]{f_{s \max} = \mu_s N_1} \frac{N_2}{2} = 0.1 N_1$$

$$\Rightarrow N_2 = 0.2 N_1$$

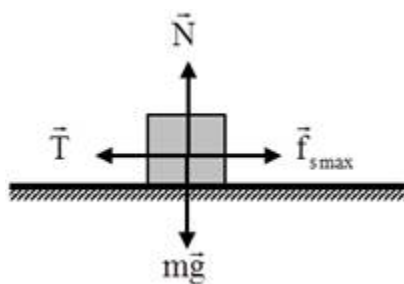
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_1 + N_2 \sin 60^\circ = mg \xrightarrow[m=1kg, g=10N/kg]{N_2 = 0.2 N_1}$$

$$N_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} N_1 = 10 \Rightarrow N_1 \left(\frac{2 + \sqrt{3}}{2} \right) = 10 \Rightarrow N_1 = \frac{20}{2 + \sqrt{3}} N$$

$$\Rightarrow N_2 = 0.2 N_1 = \frac{4}{2 + \sqrt{3}} N$$



باتوجه به اینکه جسم ۴ کیلوگرمی در آستانه حرکت قرار دارد، کل مجموعه در حال تعادل است، بنابراین به بررسی وضعیت هر جسم به طور جداگانه می‌پردازیم. اگر نیروی وارد بر جسم ۴ کیلوگرمی را رسم کنیم، داریم:



$$f_{s \max} = T \Rightarrow \mu_s mg = T \xrightarrow{mg=40 \text{ N}, \mu_s=0.3} T = 0.3 \times 40 = 12 \text{ N}$$

نیروی کشش نخ برابر با نیروی کشسانی فنر است، بنابراین داریم:

$$T = F_{\text{فنر}} \Rightarrow T = k \Delta l \Rightarrow 12 = 60 \Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{12}{60} m = 20 \text{ cm}$$

گام اول

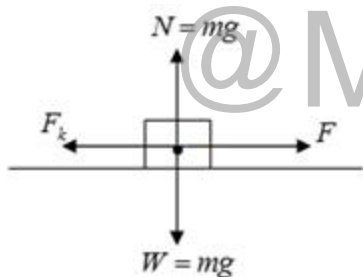
الف) جسمی به جرم $6 \text{ kg} \leftarrow m = 6 \text{ kg}$

ب) اگر به جسم نیروی افقی 24 N وارد کنیم، شتاب حرکت 3 m/s^2 می‌شود $\leftarrow a = 3 \text{ m/s}^2$, $F = 24 \text{ N}$

ج) ضریب اصطکاک لغزشی بین سطح و جسم کدام است؟ $\leftarrow \mu_k = ?$

گام دوم

باتوجه به نیروهای وارد بر جسم و استفاده از قانون دوم نیوتن، نیروی عمودی تکیه‌گاه و ضریب اصطکاک را به دست می‌آوریم:



مؤلفه y برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است، بنابراین:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$$

با به کارگیری قانون دوم نیوتن در راستای x داریم:

$$\begin{cases} \sum F_x = ma \Rightarrow F - f_k = ma \\ f_k = \mu_k N \\ N = mg \end{cases} \Rightarrow F - \mu_k mg = ma \Rightarrow 24 - \mu_k \times 6 \times 10 = 6 \times 3 \Rightarrow \mu_k = 0.1$$

گام اول

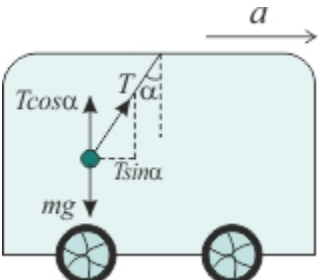
الف) وزنه‌ای که توسط نخ سبکی از سقف آویزان است، از راستای قائم ۳۰° درجه منحرف شده است $\leftarrow \alpha = ۳۰^\circ$
 ب) نسبت به واگن ساکن مانده است. \leftarrow شتاب وزنه نسبت به زمین برابر با a است.
 ج) اندازه شتاب حرکت واگن چه کسری از شتاب جاذبه زمین است؟ $\leftarrow \frac{a}{g} = ?$

گام دوم

گلوله تحت تأثیر دونیروی $W = mg$ و کشش نخ T است. چون گلوله نیز همراه واگن با شتاب ثابت a حرکت می‌کند طبق قانون دوم نیوتن این شتاب باید توسط نیرویی ایجاد شده باشد. با توجه به شکل، $T \sin \alpha$ این شتاب را در راستای افق ایجاد کرده است. اما جسم در راستای قائم حرکتی ندارد پس در راستای قائم برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. بنابراین:

$$\begin{cases} \sum F_x = ma \Rightarrow T \sin \alpha = ma \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow T \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow T \cos \alpha = mg \end{cases}$$

حال کافی است دو رابطه را بر هم تقسیم کنیم تا نسبت $\frac{a}{g}$ را به دست آوریم:



$$\frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{ma}{mg} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{a}{g} \Rightarrow \tan ۳۰^\circ = \frac{a}{g} \Rightarrow \frac{\sqrt{۳}}{۳} = \frac{a}{g}$$

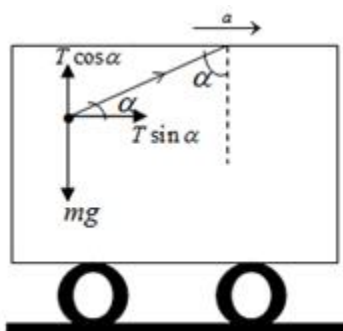
@Moshaver_Free

گام اول

- الف) وزنه‌ای به جرم $m = ۲۰۰g = ۰/۲kg \leftarrow ۲۰۰g$
- ب) اتومبیل با شتاب ثابت $۷/۵m/s^2$ در حال حرکت است $\leftarrow a = ۷/۵m/s^2$
- ج) کشش نخ چند نیوتن است؟ $\leftarrow T = ?$

گام دوم

باتوجه به شکل، با حرکت اتومبیل، نخ متصل به گلوله با راستای قائم زاویه α ساخته و ثابت می‌ماند. گلوله تحت اثر دو نیروی $W = mg$ و کشش نخ T است و همراه اتومبیل با شتاب ثابت a حرکت می‌کند. طبق قانون دوم نیوتن این شتاب باید توسط نیرویی ایجاد شده باشد، (باتوجه به شکل) $T \sin \alpha$ این شتاب را در راستای افق ایجاد کرده است. اما جسم در راستای قائم حرکتی ندارد پس برآیند نیروهای وارد بر آن در راستای قائم صفر است. بنابراین:



$$\begin{cases} \sum F_x = ma \Rightarrow T \sin \alpha = ma \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow T \cos \alpha - mg = 0 \Rightarrow T \cos \alpha = mg \end{cases}$$

حال کافی است دو رابطه را بر هم تقسیم کنیم تا زاویه α را به دست آوریم:

$$\frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{ma}{mg} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{a}{g} = \frac{۷/۵}{۱۰} = \frac{۳}{۴} \Rightarrow \alpha = ۳۷^\circ$$

اگر در رابطه‌ای که برآیند نیروها را در راستای قائم نوشتیم، مقدار α را قرار دهیم، مقدار T به دست خواهد آمد:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T \cos \alpha = mg \Rightarrow T \times ۰/۸ = ۰/۲ \times ۱۰ \Rightarrow T = ۲/۵N$$

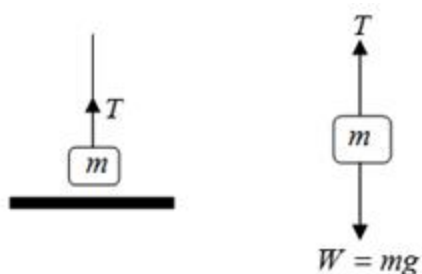
گام اول

- الف) اگر اندازه نیروی کشش نخ $\frac{۱}{۳}$ وزن جسم باشد. $\leftarrow T = \frac{W}{۳}$
- ب) اندازه شتاب حرکت جسم چند برابر شتاب گرانش است؟ $\leftarrow \frac{|a|}{g} = ?$

گام دوم

کافی است نیروهای وارد بر جسم m را رسم کرده و با استفاده از قانون دوم نیوتن شتاب آن را به دست آوریم:

$$\sum F = ma \Rightarrow W - T = ma \xrightarrow{T = \frac{W}{۳}} mg - \frac{mg}{۳} = ma \Rightarrow a = \frac{۲g}{۳}$$



گزینه ۴

۵۵

هنگامی که جسم در تعادل است، نیروی عکس‌العمل سطح با وزن جسم برابر است.

گزینه ۲

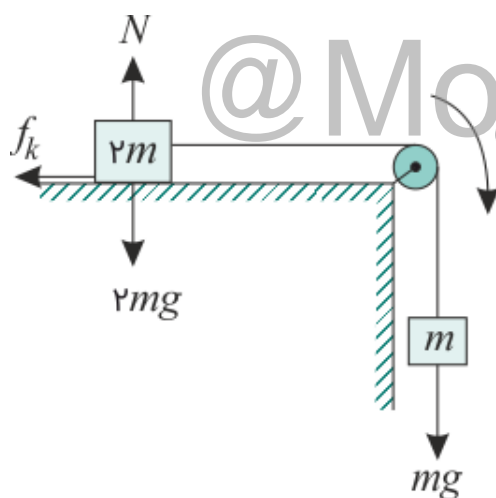
۵۶

گام اول

الف) شتاب هریک از وزنه‌ها $\frac{g}{5}$ است. $\leftarrow a_{\text{کل}} = a_m = a_{2m} = \frac{g}{5}$
 ب) ضریب اصطکاک جنبشی سطح افقی کدام است. $\leftarrow \mu_k = ?$

گام دوم

دو جسم m و $2m$ را به صورت یک دستگاه در نظر می‌گیریم و قانون دوم نیوتن را برای آن می‌نویسیم. توجه شود که در قانون دوم نیوتن فقط نیروهای خارجی را در نظر می‌گیریم و نیروهای داخلی (مثل کشش طناب در این مسئله) اثرگذار نمی‌باشند:



$$\sum F = (2m + m)a \Rightarrow mg - f_k = 3ma$$

$$f_k = \mu_k N \xrightarrow{N=2mg} f_k = 2mg\mu_k$$

$$\sum F = mg - 2mg\mu_k = 3m\frac{g}{5} \Rightarrow 1 - 2\mu_k = \frac{3}{5} \Rightarrow \mu_k = \frac{1}{5} = 0.2$$

از طرفی:

@Moshaver_Free

گام اول

الف) جسمی به جرم $m = ۴kg \leftarrow ۴kg$

ب) با ضریب اصطکاک جنبشی $\mu_k = \frac{1}{۴} \leftarrow \frac{1}{۴}$

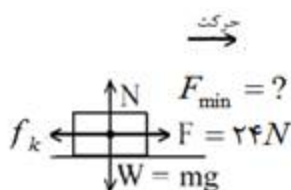
ج) جسم را با نیروی ۴۰ نیوتون می‌کشیم $\leftarrow F = ۴۰N$

د) جسم در جهت نیرو حرکت می‌کند $\leftarrow F > f_k$

ه) این نیرو را حداکثر چند نیوتون می‌توانیم کاهش دهیم، بدون اینکه سرعت جسم کاهش یابد؟ $\leftarrow F - F_{\min} = ?$, $a = ۰$

گام دوم

باتوجه به اینکه شتاب برابر صفر است، داریم:



$$\sum F_x = ۰ \Rightarrow F_{\min} - f_k = ۰ \Rightarrow F_{\min} = f_k$$

از طرفی نیروی اصطکاک از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\begin{cases} f_k = \mu_k \times N \\ N = mg \end{cases} \Rightarrow f_k = \frac{1}{4} \times ۴ \times ۱۰ = ۱۰N \Rightarrow F_{\min} = ۱۰N$$

درنتیجه حداکثر میزان نیرویی که ما می‌توانیم کاهش دهیم بدون اینکه سرعت کم شود، برابر است با:

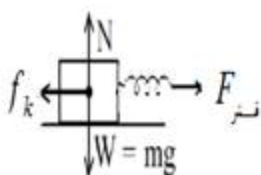
$$F - F_{\min} = ۴۰ - ۱۰ = ۳۰N$$

گام اول

- الف) فنری با ثابت $k = 50N/m \leftarrow 50N/m$
- ب) به وزنه‌ای به جرم $5kg$ بسته‌ایم $\leftarrow m = 5kg$
- ج) آن را با سرعت ثابت روی سطح افقی می‌کشیم $\leftarrow a = 0$
- د) $10cm = 0.1m$ سانتی‌متر افزایش طول پیدا کند $\leftarrow \Delta x = 10cm = 0.1m$
- ه) ضریب اصطکاک جنبشی چقدر است؟ $\leftarrow \mu_k = ?$

گام دوم

برای به دست آوردن μ_k باید N و f_k را به دست بیاوریم. قانون دوم نیوتون را در راستای افقی و قائم نوشته و در نهایت ضریب اصطکاک جنبشی را محاسبه می‌کنیم:



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N - mg = 0 \Rightarrow N = mg = 5 \times 10 = 50N$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{\text{spring}} - f_k = 0 \Rightarrow f_{\text{spring}} = f_k$$

$$\begin{cases} F_{\text{spring}} = f_k \\ f_k = \mu_k \cdot N \\ F_{\text{spring}} = k \cdot \Delta x \end{cases} \Rightarrow k \Delta x = \mu_k \cdot N \Rightarrow 50 \times 0.1 = \mu_k \times 50 \Rightarrow \mu_k = 0.1$$

$$v_0 = \sqrt{2km/h} = 20m/s$$

شتاب کند شدن اتومبیل توسط نیروی اصطکاک لغزشی ایجاد می‌شود.

$$|ma| = \mu mg \Rightarrow |a| = \mu g = \left(\frac{1}{4} \times 10\right)m/s^2 = \frac{5}{2}m/s^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 20^2 = 2\left(-\frac{5}{2}\right)\Delta x$$

$$400 = 5\Delta x \Rightarrow \Delta x = 80m$$

شتاب حرکت را حساب می‌کنیم.

$$a = \frac{v}{t} = \frac{1}{1} = 1m/s^2$$

بنا به قانون دوم نیوتن می‌توان نوشت:

$$m_2g - \mu m_1g = (m_1 + m_2)a \Rightarrow 10 - \mu_k \times 40 = (4 + 1) \times 1$$

$$10 - 40\mu_k = 5 \Rightarrow 5 = 40\mu_k \Rightarrow \mu_k = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$$

@Moshaver_Free