



گزینه ۴

۱

تمام موارد درست است.
توجه کنید که نیروهای عمل و عکس‌العمل به دو جسم مختلف وارد می‌شوند و قابل برآیندگیری نیستند.

گزینه ۴

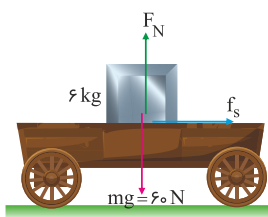
۲

چون کتاب ساکن است پس برآیند نیروهای وارد بر آن صفر می‌باشد.

گزینه ۴

۳

نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و قانون دوم نیوتون را در راستای قائم و راستای افقی می‌نویسیم:



$$\begin{cases} F_N = mg = 60 \\ f_s = ma \Rightarrow f_s = 6 \times 2 = 12 \text{ N} \end{cases}$$

نیرویی که گاری به جسم وارد می‌کند، برآیند دو نیروی F_N و f_s است، پس:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} = \sqrt{60^2 + 12^2} = 12\sqrt{25 + 1} = 12\sqrt{26} \text{ N}$$

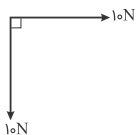
نیرویی که جسم به گاری وارد می‌کند، واکنش نیروی R است. پس اندازه آن با R برابر است.

گزینه ۴

۴

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_3 = -\vec{F}_2 \Rightarrow 2\vec{F}_1 + 2\vec{F}_3 = -2\vec{F}_2$$

باتوجه به آنچه مشاهده می‌کنید، پس از دو برابر شدن نیروهای F_1 و F_3 ، برآیندها در خلاف جهت نیروی F_2 و دو برابر آن یعنی 10 N خواهد شد.
در مرحله بعد، نیروی F_2 نیز دو برابر می‌شود و 90° درجه دوران می‌کند؛ یعنی به برآیند نیروهای F_1 و F_3 در حالت جدید عمود می‌شود:



$$\Rightarrow F_{\text{net}} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2} \text{ (N)} \Rightarrow a = \frac{F_{\text{net}}}{m}$$

$$\Rightarrow a = \frac{10\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2} \text{ m/s}^2$$

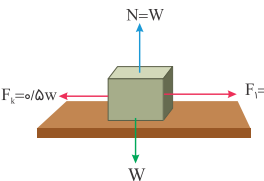
چون تغییر جهت نداریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}(5\sqrt{2})(100) = 250\sqrt{2} \text{ m}$$

ابتدا $f_{s \max}$ را حساب می‌کنیم:

$$f_{s \max} = \mu_s N = 0.6W$$

نیروی F_1 برابر W است و از $f_{s \max}$ بیشتر است. پس جسم شروع به حرکت می‌کند و نیروی f_k بر آن وارد می‌شود:



$$f_k = \mu_k N = 0.5W$$

$$\left. \begin{aligned} \text{نیروی سطح به جسم} &= \sqrt{f_k^2 + N^2} = \sqrt{(0.5W)^2 + W^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}W \\ \text{نیروی خالص وارد بر جسم} &= F_1 - f_k = W - 0.5W = \frac{W}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{\text{نیروی سطح به جسم}}{\text{نیروی خالص وارد بر جسم}} = \sqrt{5}$$

یکایک گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم.

گزینه (۱): هر حرکتی بر مسیر منحنی شتابدار است (چون جهت بردار سرعت تغییر می‌کند) و در هر حرکت شتابداری نیرویی دخالت دارد.

گزینه (۲): طبق قانون اول نیوتون، اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد، جسم به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد. مسیر ادامه حرکت یک جسم مستلزم وارد آوردن نیرو به آن نیست.

گزینه (۳): نیروسنج (نه ترازوا)

گزینه (۴): بله؛ اگر جسمی در راستای قائم به سمت بالا پرتاب شود، در بالاترین نقطه مسیر با این‌که سرعت جسم در یک لحظه صفر می‌شود، اما نیروی وزن دست از سر جسم برنمی‌دارد!

قانون دوم نیوتون را به‌صورت برداری می‌نویسیم:

$$\begin{aligned} \vec{F}_1 + \vec{F}_2 &= m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_1 + 2\vec{i} - 6\vec{j} = 2\left(\frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}\right) \\ \Rightarrow \vec{F}_1 + 2\vec{i} - 6\vec{j} &= 2\left(\frac{-8\vec{i}}{4}\right) \Rightarrow \vec{F}_1 = -6\vec{i} + 6\vec{j} \\ \Rightarrow |\vec{F}_1| &= \sqrt{(-6)^2 + 6^2} = 6\sqrt{2} \text{ (N)} \end{aligned}$$

گام اول: باتوجه‌به نمودار، سرعت متحرک ثابت و درنتیجه شتاب آن صفر است. (توجه کنید که مسیر حرکت خط راست است)

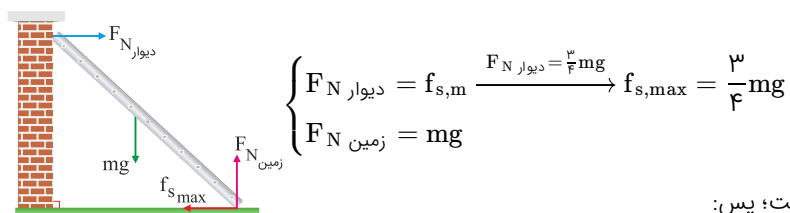
گام دوم: چون شتاب صفر است، طبق قانون اول نیوتون برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است؛ پس:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 = -(\vec{F}_2 + \vec{F}_3) \Rightarrow |\vec{F}_1| = |-(\vec{F}_2 + \vec{F}_3)|$$

دو بردار F_2 و F_3 بر هم عمودند، پس داریم:

$$F_1 = \sqrt{F_2^2 + F_3^2} \Rightarrow 25 = \sqrt{15^2 + F_3^2} \Rightarrow F_3 = 20 \text{ N}$$

ابتدا نیروهای وارد بر نردبان را رسم می‌کنیم. طبق صورت سوال، $F_N = \frac{3}{4}mg$ دیوار است. چون نردبان در آستانهٔ سُرخوردن است، شتاب آن صفر و برآیند نیروها برابر صفر است. بنابراین:



برآیند دو نیروی زمین F_N و $f_{s,max}$ برابر نیروی سطح افقی به نردبان است؛ پس:

$$R = \sqrt{F_{N \text{ زمین}}^2 + F_{f_{s,max}}^2} \Rightarrow 600 = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{3}{4}mg\right)^2}$$

$$\Rightarrow mg = \frac{4}{5} \times 600 = 480 \text{ N}$$

سؤال بزرگی نیروی اصطکاک را خواسته است؛ پس:

$$f_{s,max} = \frac{3}{4}mg = \frac{3}{4} \times 480 = 360 \text{ N}$$

$$F = ma \begin{cases} \text{حالت ۱: } W - F_D = mg - 0.4mg = ma_1 \Rightarrow a_1 = 0.6g \\ \text{حالت ۲: } W - F_D = mg - 0.25mg = ma_2 \Rightarrow a_2 = 0.75g \end{cases}$$

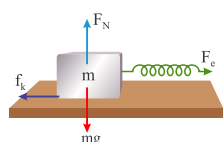
$$v_2^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \xrightarrow{v_0=0} \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)\left(\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}\right) \text{ یکسان}$$

$$\xrightarrow{\Delta x} \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} = \sqrt{\frac{0.75g}{0.6g}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

برآیند دو نیروی عمود بر هم ۱۵ و ۲۰ نیوتن، معادل یک نیروی $\sqrt{15^2 + 20^2} = 25$ نیوتن است. درنتیجه دو نیروی ۱۲ و ۱۸ نیوتن، باید برآیندی در خلاف جهت برآیند دو نیروی ۱۵ و ۲۰ نیوتن داشته باشند و اندازه آن هم باید ۲۵ نیوتن باشد.

$$F = ma \Rightarrow 25 = 5a \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$$

ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. طبق قانون دوم نیوتون در راستای افقی و قائم داریم:



$$\begin{cases} F_e - f_k = ma \\ F_N = mg \\ 100 \times 7/4 - f_k = m \times 2 \Rightarrow f_k = 74 - 2m \\ F_N = 10m \end{cases}$$

نیروی سطح برآیند دو نیروی f_k و F_N است. بنابراین:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} \Rightarrow 130 = \sqrt{(10m)^2 + (74 - 2m)^2} \Rightarrow m = 12 \text{ kg}$$

نیروی اصطکاک از رابطه $f_k = \mu_k F_N$ به دست می‌آید. بنابراین ضریب اصطکاک برابر است با:

$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow 50 = \mu_k \times 120 \Rightarrow \mu_k = \frac{5}{12}$$

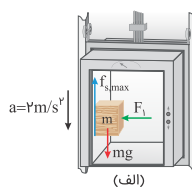
در بازه $0 \leq t \leq 2 \text{ s}$ جابه‌جایی متحرک برابر 5 m است:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \Rightarrow 5 = \frac{1}{2} a (2)^2 \Rightarrow a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

در نهایت:

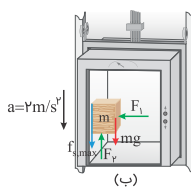
$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_{\text{net}} = 10(2/5) = 25 \text{ (N)}$$

ابتدا در شکل (الف)، بزرگی نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه را به دست می‌آوریم. چون جسم در آستانه لغزش است، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه به آن وارد می‌شود. حرکت آسانسور تندشونده است، پس بردار شتاب هم‌جهت با بردار سرعت و به سمت پایین است. بنابراین:



$$mg - f_{s, \max} = ma \Rightarrow 40 - f_{s, \max} = 4 \times 2 \Rightarrow f_{s, \max} = 32 \text{ N}$$

حالا به سراغ شکل (ب) می‌رویم. چون قرار است جسم روی دیواره نلغزد شتاب آن همان شتاب آسانسور است. در این شکل، نیروی عمودی سطح همان نیروی عمودی سطح شکل (الف) است. بیشینه نیروی F_y هنگامی است که جسم در آستانه لغزش به سمت بالا نسبت به دیواره آسانسور باشد. طبق قانون دوم نیوتون، در این حالت، داریم:



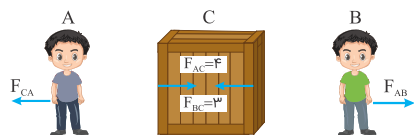
$$mg + f_{s, \max} - F_y = ma \Rightarrow 40 + 32 - F_y = 2 \times 2 \Rightarrow F_y = 68 \text{ N}$$

$$\left. \begin{aligned} &F_x = -2b + a \\ &\text{در راستای } x: F_x = ma_x = 2 \times 0 = 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow -2b + a = 0 \Rightarrow a = 2b$$

$$\left. \begin{aligned} &F_y = 3a + b \\ &\text{در راستای } y: F_y = ma_y = 2 \times 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 3a + b = 2$$

$$\Rightarrow a = \frac{4}{5}, \quad b = \frac{2}{5}$$

نیروی اصطکاک خلاف جهت حرکت احتمالی یک جسم ساکن وارد می‌شود. جهت حرکت احتمالی، همان جهت برآیند نیروی وارد بر جسم، بدون در نظر گرفتن نیروی اصطکاک است.

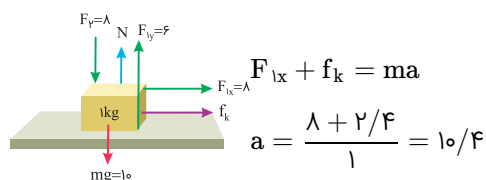


شخص A	جسم C	شخص B	
←	→	→	جهت نیروی خالص بدون لحاظ کردن اصطکاک:
→	←	←	جهت نیروی اصطکاک:

باتوجه به حرکت رو به چپ، نیرو اصطکاک f_k به سمت راست وارد می‌شود. نیروی F_1 را نیز به دو نیروی $F_{1x} = 10 \cos 37^\circ = 8$ و $F_{1y} = 10 \sin 37^\circ = 6$ تجزیه می‌کنیم.

$$mg + F_y - N - F_{1y} = 0$$

$$10 + 8 - N + 6 = 0 \Rightarrow N = 14 \Rightarrow f_k = \mu_k N = 0.2 \times 14 = 2.8$$



حال از رابطه $F = ma$ شتاب را به دست می‌آوریم:

شخص برای جلو رفتن، نیرویی به سمت عقب، به قایق وارد می‌کند و قایق به سمت چپ خواهد رفت.

$$F_{\text{شخص}} = F_{\text{قایق}} = m_{\text{شخص}} a_{\text{شخص}} = m_{\text{قایق}} a_{\text{قایق}}$$

$$75 \times 3 = 150 \times a \Rightarrow a = 1.5 \text{ m/s}^2$$

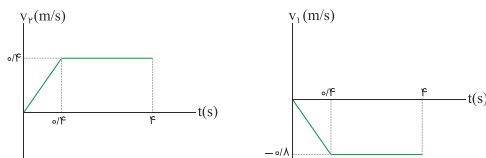
گام اول: ابتدا شتاب هریک از آن‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_{11}}{m_1} = \frac{-100\vec{i}}{50} = -2\vec{i} \text{ m/s}^2, \quad \vec{a}_2 = \frac{\vec{F}_{12}}{m_2} = \frac{+100\vec{i}}{100} = +1\vec{i} \text{ m/s}^2$$

گام دوم: سرعت هر یک از آن‌ها را پس از ۴s به دست می‌آوریم:

$$\vec{v}_1 = \vec{a}_1 t = (-2\vec{i}) \times 4 = -8\vec{i} \text{ m/s}, \quad \vec{v}_2 = \vec{a}_2 t = (1\vec{i}) \times 4 = 4\vec{i} \text{ m/s}$$

گام سوم: نمودار سرعت-زمان دو متحرک پس از ۴ ثانیه مطابق شکل است:



گام چهارم: سطح زیر نمودار (v-t) هریک از شخص‌ها برابر جابه‌جایی آن‌ها است. بنابراین:

$$\Delta x_1 = -\frac{(4 + 3/6) \times 0/8}{2} = -3/04 \text{ m}, \quad \Delta x_2 = \frac{(4 + 3/6) \times 0/4}{2} = 1/52 \text{ m}$$

گام پنجم: فاصله دو شخص برابر است با:

$$\text{فاصله دو شخص} = |\Delta x_1| + \Delta x_2 = 3/04 + 1/52 = 4/56 \text{ m}$$

رد گزینه ۱: فرض شود نیروی $F = 8$ به $F = 15$ افزایش یابد: $\leftarrow f_k = 6$, $f_{s \max} = 12$, $f_{s \text{ فعلی}} = 8$ پس در این صورت نیروی اصطکاک از $f_s = 8$ به $f_k = 6$ کاهش می‌یابد.

رد گزینه ۲: جسم تا وقتی در حال حرکت است، امکان ندارد نیروی اصطکاک ایستایی بر آن وارد شود.

رد گزینه ۳: نیروی اصطکاک وارد بر جسم در حال حرکت برابر f_k است که با تغییر F ، تغییر نمی‌کند.

باتوجه به شکل دو نیروی $\vec{F}_N$ و $m\vec{g}$ به گلوله وارد می‌شوند. طبق قانون دوم نیوتون، داریم:

$$\vec{F}_N + m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_N - m \times 10\vec{j} = m(\lambda\vec{i} - 4\vec{j}) \\ \Rightarrow \vec{F}_N = \lambda m\vec{i} + 6m\vec{j} \Rightarrow |\vec{F}_N| = \sqrt{(\lambda m)^2 + (6m)^2} = 10m$$

حالا نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:

$$\frac{F_N}{mg} = \frac{10m}{10m} = 1$$

عکس‌العمل نیروهای T_1 و T_2 به طناب وارد می‌شود. عکس‌العمل نیروی وزن به زمین وارد می‌شود. T_1 و T_2 هر دو به طناب وارد شده‌اند، پس نمی‌توانند عکس‌العمل هم باشند.

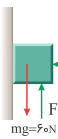
عددی که ترازو نشان می‌دهد، همان نیروی عمودی تکیه‌گاه است. در این سوالات از نکته زیر استفاده می‌کنیم.

$$N = m(g + a) : \text{ زمانی که علامت } a \text{ را بدانیم}$$

$$N = m(g \begin{matrix} \uparrow \text{ بالا رفتن} \\ \downarrow \text{ پائین آمدن} \end{matrix} \pm \begin{matrix} \uparrow \text{ تند شونده} \\ \downarrow \text{ کند شونده} \end{matrix} |a|) \Rightarrow \begin{cases} \text{گزینه ۱: } N = m(10 + 2) = 12m \\ \text{گزینه ۲: } N = m(10 + 3) = 13m \\ \text{گزینه ۳: } N = m(10 - 2) = 8m \\ \text{گزینه ۴: } N = m(10 + -4) = 6m \end{cases}$$

طبق قانون دوم نیوتون: شتاب ناشی از نیروی خاص وارد بر جسم، با نیروی خالص وارد بر آن نسبت مستقیم و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

$$F = \text{عامل حرکت} = mg - F_2 = 60 - 40 = 20 \text{ N}$$

$$F_1 = f_{s \max} = \mu_s \times F_1 = 0.4 \times 30 = 12 \text{ N}$$


پس نیروی $f_{s \max}$ از نیروی عامل حرکت بیشتر بوده و جسم در حال تعادل بوده و اصطکاک ایستایی است.

$$\begin{cases} f_s = 60 - 40 = 20 \text{ N} \\ F_N = F_1 = 30 \text{ N} \end{cases}$$

$$R = \sqrt{20^2 + 30^2} = 10\sqrt{13} \text{ N}$$