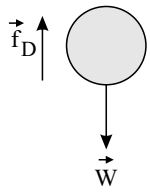
۱ توپی به جرم ۵۰۰ گرم را از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین رها می‌کنیم. در لحظه‌ای که بزرگی نیروی مقاومت هوا وارد بر توپ $۵/۱\,N$ است، جهت و بزرگی شتاب وارد بر توپ بر حسب متر بر مربع ثانیه کدام است؟ $(g = ۹/۸\frac{N}{kg})$

۱) بالا، ۰/۲ ۲) پایین، ۰/۴ ۳) بالا، ۰/۴ ۴) پایین، ۰/۲

پاسخ: ۴ ۲ ۱ با انتخاب جهت مثبت حرکت به سمت پایین، قانون دوم نیوتون را برای توپ می‌نویسیم، داریم:

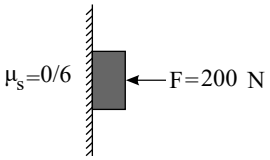


$$W - f_D = ma$$

$$\xrightarrow[W=mg=۰/۵\times۹/۸=۴/۹N]{f_D=۵/۱N\ ,\ m=۵۰۰g} ۴/۹ - ۵/۱ = ۰/۵a \Rightarrow -۰/۲ = ۰/۵a \Rightarrow a = -۰/۴\ m/s^۲$$

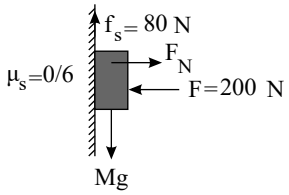
چون در جهت مثبت حرکت را رو به پایین انتخاب کردیم، بنابراین شتاب حرکت گلوله در این لحظه به سمت بالاست.

۲ در شکل زیر جسمی به جرم M توسط نیروی افقی $F = ۲۰۰N$ روی دیوار قائمی به حالت سکون قراردارد و نیروی اصطکاک وارد بر جسم $۸۰N$ است. پس از آن‌که وزنه‌ای به جرم m را از جسم آویزان می‌کنیم، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. مقدار m چند کیلوگرم است؟ $(g \approx ۱۰\frac{N}{kg})$



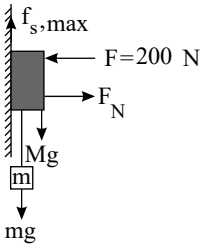
۱) ۸ ۲) ۴
۳) ۱۲ ۴) ۲۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ ابتدا جرم M را محاسبه می‌کنیم. با توجه به شکل، چون جسم در راستای قائم در حالت تعادل قرار دارد، داریم:



$$(F_y)_{net} = ۰ \Rightarrow f_s = Mg \Rightarrow ۸۰ = M \times ۱۰ \Rightarrow M = ۸kg$$

بعد از آویزان کردن وزنه، جسم در آستانهٔ حرکت قرار گرفته و در این حالت نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه به جسم وارد می‌شود و چون جسم در راستای قائم و افقی در حالت تعادل قرار دارد، داریم:



$$(F_x)_{net} = ۰ \Rightarrow F_N = F = ۲۰۰N$$

$$\Rightarrow \mu_s F_N = Mg + mg \Rightarrow f_{s,\max} = Mg + mg$$

$$\Rightarrow m = ۴kg \Rightarrow ۰/۶ \times ۲۰۰ = ۸۰ + ۱۰m \Rightarrow ۱۲۰ = ۸۰ + ۱۰m$$

۳ به انتهای فنر قائمی با طول عادی $۲۰cm$، کفه‌ای به جرم m وصل می‌کنیم. در این حالت طول فنر $۲۵cm$ می‌شود. اگر با قرار دادن یک وزنه‌ی ۲۰۰ گرمی بر روی این کفه، $۸cm$ دیگر به طول فنر اضافه شود، m چند گرم است؟

۱) ۷۵ ۲) ۱۲۵ ۳) ۲۰۰ ۴) $\frac{۱۰۰۰}{۳}$

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ راه‌حل اول: وقتی وزنه‌ی ۲۰۰ گرمی به فنر آویخته شده، طول آن $۸cm$ دیگر زیاد شده است. پس:

$$F' = m'g = ۰/۲ \times ۱۰ = ۲N \,,\ \Delta x' = ۸cm = ۰/۰۸m$$

$$\xrightarrow{F'=k\Delta x'} = \frac{۲}{۰/۰۸} = ۲۵\frac{N}{m}$$

تغییر طول فنر وقتی کفه را به آن متصل کردیم، برابر با $۵cm$ است.

$$mg = k\Delta x \Rightarrow m \times ۱۰ = ۲۵ \times ۰/۰۵ = ۱/۲۵N$$

$$\Rightarrow m = ۰/۱۲۵kg = ۱۲۵g$$

راه‌حل دوم: از آن جایی که بنابر قانون هوک $F = kx$ تغییر طول فنر با نیروی وارد بر آن متناسب است. می‌توانیم این فرم مسئله های مربوط به فنر را به روش تناسب حل کنیم و داریم:

$$\frac{m' = ۲۰۰g}{m = ?} = \frac{\Delta L' = ۸cm}{\Delta L = ۵cm} \Rightarrow m = \frac{۵ \times ۲۰۰}{۸} = ۱۲۵\ g$$

۴ اگر فنری را از هر دو طرف با نیرویی افقی به بزرگی $۵۰N$ بکشیم، طول آن $۵cm$ افزایش می‌یابد. ثابت فنر چند کیلو نیوتون بر متر است؟

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۲

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ با استفاده از رابطهٔ بزرگی نیروی کشسانی فنر، می‌توان نوشت:

$$F_e = kx \Rightarrow ۵۰ = k \times ۵ \times ۱۰^{-۲} \Rightarrow k = ۱۰^{۳}N/m \Rightarrow k = ۱kN/m$$

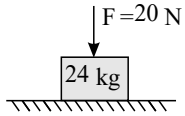
۵ نیرویی ۳۰ نیوتونی به جسمی شتاب a و نیرویی ۷۰ نیوتونی به آن شتاب $(۲a+۱)$ خواهد داد. a برحسب یکای SI کدام است؟

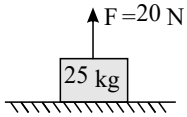
۱) ۵ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۴

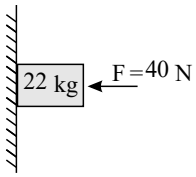
پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

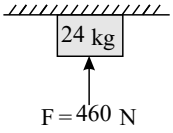
$$F_{net}=ma \Rightarrow \begin{cases} ۳۰=ma \\ ۷۰=m(۲a+۱) \end{cases} \Rightarrow \frac{۳}{۷}=\frac{a}{۲a+۱} \Rightarrow a=۳\frac{m}{s^۲}$$

۶ در تمام شکل‌های زیر اجسام در حال تعادل هستند. در کدام گزینه، اندازهٔ نیروی عمودی سطح برابر $۲۲۰N$ خواهد شد؟ $(g=۱۰N/kg)$

۱) 

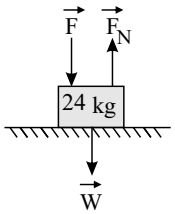
۲) 

۳) 

۴) 

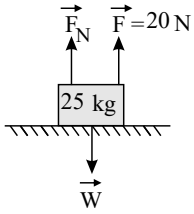
پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ می‌دانیم برای محاسبهٔ نیروی عمودی تکیه‌گاه، فرمول خاصی وجود ندارد و فقط باید برای هر شکل قانون دوم نیوتون را در راستای عمود بر سطح بنویسیم. تک‌تک گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم.

گزینهٔ «۱»:



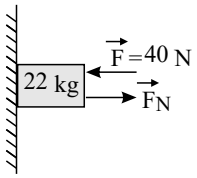
$$F+W=F_N$$
$$\Rightarrow F_N=F+mg$$
$$\Rightarrow F_N=۲۰+۲۴۰=۲۶۰N$$

گزینهٔ «۲»:



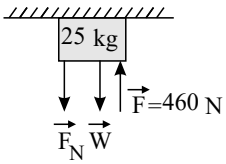
$$F_N+F=W$$
$$\Rightarrow F_N=W-F$$
$$\Rightarrow F_N=mg-F=۲۵۰-۲۰=۲۳۰N$$

گزینهٔ «۳»:



$$F = F_N = ۴۰N$$

گزینه‌ی «۴»:



$$W + F_N = F$$
$$\Rightarrow F_N = F - mg$$
$$\Rightarrow F_N = ۴۶۰ - ۲۴۰ = ۲۲۰N$$

۷ شخصی به جرم $۶۰kg$ درون آسانسوری که با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ در حال حرکت است. روی ترازویی فنری ایستاده است. ترازو چه عددی را برحسب نیوتون نشان می‌دهد؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

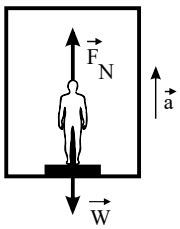
۱) ۷۲۰

۲) ۴۸۰

۳) ۶۰۰

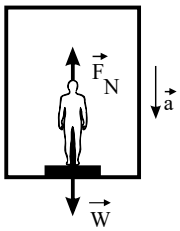
۴) بسته به نوع حرکت آسانسور، گزینه‌های «۱» و «۲» می‌تواند درست باشد.

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱



وقتی آسانسور با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ به‌صورت تندشونده رو به بالا و یا به‌صورت کندشونده رو به پایین حرکت می‌کند، داریم:

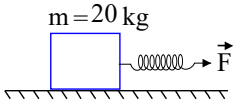
$$F_N - W = ma \Rightarrow F_N = mg + ma = m(g + a) \Rightarrow F_N = ۶۰(۱۰ + ۲) = ۷۲۰N$$



وقتی آسانسور با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ به‌صورت تندشونده رو به پایین و یا به‌صورت کندشونده رو به بالا حرکت می‌کند، داریم:

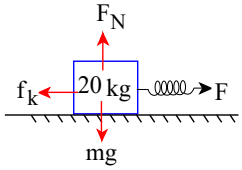
$$F_N - W = -ma \Rightarrow F_N = m(g-a) \Rightarrow F_N = ۶۰(۱۰-۲) = ۴۸۰N$$

۸ در شکل زیر، اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح افقی برابر با ۰٫۱، ثابت فنر برابر با $۱۰۰\frac{N}{m}$ و تغییر طول فنر از حالت اولیه‌ی آن برابر با $۴۰cm$ باشد، شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$ و از جرم فنر صرف‌نظر کنید.)



۱) ۰٫۲۵ ۲) ۰٫۵ ۳) ۱ ۴) ۲

پاسخ: ۱ ۲ **۳** ۴

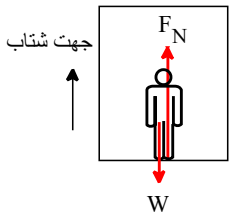


$$F - f_k = ma \Rightarrow (k\Delta x) - (\mu_k F_N) = ۲۰a$$
$$\Rightarrow (۱۰۰ \times ۰٫۴) - (۰٫۱ \times ۲۰۰) = ۲۰a \Rightarrow ۴۰ - ۲۰ = ۲۰a \Rightarrow a = ۱\frac{m}{s^۲}$$

۹ شخصی به جرم $۵۰kg$ درون آسانسوری که با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند، ایستاده است نیروی عمودی‌ای که کف آسانسور به شخص وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۴۰۰ ۲) ۶۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۰

پاسخ: ۱ ۲ **۳** ۴ باتوجه به قانون دوم نیوتون و مطابق شکل، می‌توان نوشت:



$$F = ma \Rightarrow F_N - W = ma \xrightarrow{W=mg} F_N = ma + mg$$
$$\Rightarrow N = ۵۰ \times ۲ + ۵۰ \times ۱۰ = ۶۰۰N$$

۱۰ معادلهٔ حرکت جسمی به جرم $۵kg$ که بر روی محور x در حرکت است، در SI به صورت $x = ۲t^۲ - ۴t + b$ است. اندازهٔ نیروی خالص وارد بر جسم چند نیوتون است؟

۱) ۲۰ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) ۲۵

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** برای یافتن نیروی خالص، ابتدا a را از روی معادلهٔ حرکت می‌یابیم. سپس در رابطهٔ $F_{net} = ma$ قرار می دهیم. داریم:

$$\begin{cases} x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰t + x_۰ \\ x = ۲t^۲ - ۴t + b \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{۲}a = ۲ \Rightarrow a = ۴\,m/s^۲$$

اندازهٔ نیروی خالص برابر است با:

$$F_{net} = ma = ۵ \times ۴ = ۲۰N$$

۱۱ شخصی درون آسانسور در حال حرکتی قرار دارد. در کدام یک از گزینه‌های زیر اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر شخص بزرگ‌تر از اندازهٔ نیروی وزن شخص است؟

۱ جهت شتاب آسانسور به سمت پایین و جهت حرکت آسانسور به سمت بالا باشد.

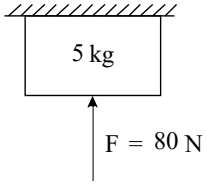
۲ جهت شتاب آسانسور و جهت حرکت آن هر دو به سمت پایین باشد.

۳ آسانسور با سرعت ثابت به سمت بالا در حال حرکت باشد.

۴ جهت شتاب آسانسور و جهت حرکت آن هر دو به سمت بالا باشد.

پاسخ: **۴** ۳ ۲ ۱ با توجه به رابطهٔ اندازهٔ نیروی عمودی سطح $N = m(g + a)$، با در نظر گرفتن جهت مثبت حرکت به سمت بالا در صورتی که جهت شتاب به سمت بالا باشد، نیروی عمودی سطح بزرگ‌تر از وزن جسم و اگر جهت شتاب به سمت پایین باشد، نیروی عمودی سطح بزرگ‌تر از وزن جسم و اگر جهت شتاب به سمت پایین باشد، نیروی عمودی سطح کوچک‌تر از وزن جسم است.

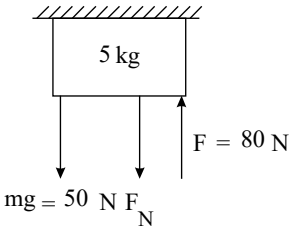
۱۲ مطابق شکل مقابل، جسمی به جرم $۵kg$ تحت تأثیر نیرویی عمودی به بزرگی $F = ۸۰N$ به سقف فشرده و ثابت است. اندازهٔ نیروی عمودی سطح که از طرف سقف به جسم وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱ ۳۰ ۲ ۴۰

۳ ۸۰ ۴ ۱۳۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** از آن‌جا که جسم ثابت است پس برایند نیروهای وارد بر آن، برابر صفر می‌باشد.



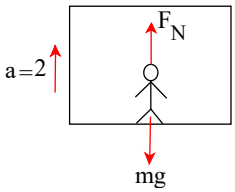
$$F_N + mg = F$$
$$\Rightarrow F_N = F - mg$$
$$\Rightarrow F_N = ۸۰ - ۵۰ = ۳۰N$$

۱۳ شخصی به جرم $۵۰kg$ داخل آسانسوری ایستاده است که شتاب رو به بالای $۲\frac{m}{s^۲}$ دارد. چه نیرویی از طرف شخص به کف آسانسور وارد می‌شود؟

۱) $۶۰۰N$ ۲) $۴۰۰N$ ۳) $۵۰۰N$ ۴) $۵۸۰N$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** در این حرکت نیرویی که از طرف شخص به کف آسانسور وارد می‌شود، برابر نیرویی است که کف آسانسور به شخص وارد می‌کند. یعنی همان نیروی وزن ظاهری جسم $(F_N)-$ توجه داشته باشید وقتی شتاب حرکت آسانسور روبه بالا است یعنی یا آسانسور با شتاب تندشونده a به سمت بالا حرکت می‌کند و یا با شتاب a به صورت کندشونده رو به پایین در حرکت است.

در نتیجه داریم:



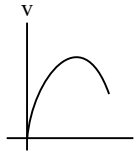
$$F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - ۵۰ \times ۱۰ = ۵۰ \times ۲ \Rightarrow F_N = ۶۰۰N$$

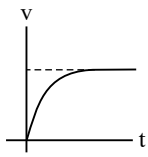
۱۴ شخصی با نیروی افقی جعبه‌ای را روی سطح افقی به سمت غرب هل می‌دهد، نیرویی که از طرف جعبه به شخص و زمین وارد می‌شود، به‌ترتیب از راست به چپ در کدام جهت است؟

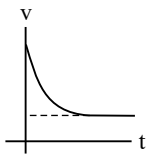
۱) غرب، بالا ۲) شرق، پایین ۳) شرق، بالا ۴) غرب، پایین

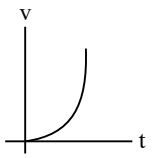
پاسخ: ۴ **۳** ۲ ۱ نیرویی که از طرف شخص به جعبه وارد می‌شود، به سمت غرب است و نیرویی که از طرف زمین به جعبه وارد می‌شود به سمت پایین است. بنابراین مطابق قانون سوم نیوتون واکنش این دو نیرو از طرف جعبه به شخص در جهت شرق و از طرف جعبه به زمین به سمت بالاست.

۱۵ چتربازی از هواپیمایی پایین می‌پرد و پس از مدتی چترش را باز می‌کند. کدام نمودار تندی چترباز را پس از باز شدن چتر تا رسیدن به زمین به‌درستی نشان می‌دهد؟ (ارتفاع پرش چترباز را به اندازهٔ کافی زیاد در نظر بگیرید.)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

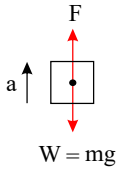
پاسخ: ۴ **۳** ۲ ۱ پس از باز شدن چتر، حرکت چترباز کندشونده می‌شود تا تندی آن به تندی حدی برسد. پس از آن، حرکت با تندی ثابت خواهد بود.

۱۶ به جسمی به جرم $۲kg$، نیروی ثابت $\vec{F}$ در راستای قائم و رو به بالا وارد می‌شود. اگر جسم از حال سکون با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ به طرف بالا شروع به حرکت کند، بزرگی نیروی $\vec{F}$ چند نیوتن است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$ و مقاومت هوا ناچیز فرض شود.)

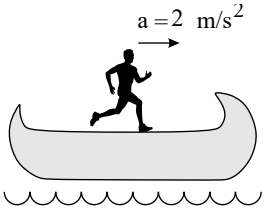
۱) ۴ ۲) ۱۶ ۳) ۲۰ ۴) ۲۴

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ مطابق شکل زیر، به جسم نیروهای $\vec{F}$ و $\vec{W}$ وارد می‌شود. چون جسم از حال سکون روبه بالا شروع به حرکت می‌کند، جهت شتاب آن به سمت بالاست و با استفاده از قانون دوم نیوتون در جهت شتاب می‌توان نوشت:

$$F - mg = ma \Rightarrow F = m(a+g) = ۲ \times (۲ + ۱۰) = ۲۴N$$



۱۷ شخصی به جرم $۶۰kg$ درون قایقی به جرم $۱۰۰kg$ قرار دارد و قایق بر روی آب ساکن است. اگر شخص با شتاب $۲\,m/s^۲$ به سمت راست حرکت کند، قایق چگونه حرکت می‌کند؟ (از اصطکاک بین کف قایق و آب صرف‌نظر شود.)



۱) با شتاب ثابت $۱٫۲\,m/s^۲$ به سمت چپ حرکت می‌کند.

۲) با شتاب ثابت $۲\,m/s^۲$ به سمت چپ حرکت می‌کند.

۳) قایق بر روی آب ساکن خواهد بود.

۴) با شتاب ثابت $۱٫۲\,m/s^۲$ به سمت راست حرکت می‌کند.

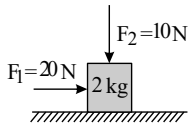
پاسخ: ۱ ۴ ۳ ۲ شخص قایق را به سمت چپ هُل می‌دهد تا بتواند به سمت راست حرکت کند. بنابراین نیرویی که از طرف قایق به شخص وارد می‌شود برابر است با:

$$F_{۱۲} = m_۱ a_۱ = ۶۰ \times ۲ = ۱۲۰N \quad \text{(به سمت راست)}$$

طبق قانون سوم نیوتون، عکس‌العمل این نیرو به قایق و به طرف چپ وارد می‌شود. بنابراین:

$$F_{۲۱} = m_۲ a_۲ \Rightarrow ۱۲۰ = ۱۰۰ a_۲ \Rightarrow a_۲ = ۱٫۲\ m/s^۲ \quad \text{(به سمت چپ)}$$

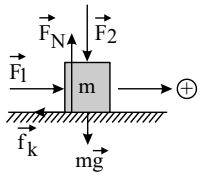
۱۸ در شکل زیر وقتی $F_۲ = ۱۰N$ است جسم با تندی ثابت در حال حرکت است. نیروی $F_۲$ چند نیوتون افزایش یابد تا بزرگی شتاب حرکت جسم برابر با $۲m/s^۲$ شود؟ $(g = ۱۰N/kg)$



۱) ۱۶ ۲) ۸ ۳) ۴ ۴) ۶

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

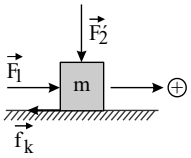
وقتی جسم با تندی ثابت حرکت می‌کند برایند نیروهای وارد بر آن برابر صفر است.



$$\text{برایند } F = ma \Rightarrow F_۱ - f_k = ma \xrightarrow[\text{تندی ثابت}]{a=۰} ۲۰ - f_k = ۰$$

$$\Rightarrow \mu_k N = ۲۰ \Rightarrow \mu_k(F_۲ + mg) = ۲۰ \xrightarrow[mg=۲۰N]{F_۲=۱۰N} \mu_k(۱۰ + ۲۰) = ۲۰ \Rightarrow \mu_k = \frac{۲}{۳}$$

وقتی نیروی $F_۲$ افزایش می‌یابد. f_k نیز افزایش می‌یابد و لذا نوع حرکت جسم کندشونده می‌شود.

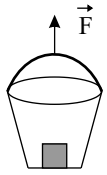


$$\xrightarrow[\text{حرکت کندشونده}]{} F_۱ - f_k = ma \Rightarrow ۲۰ - \mu_k(F'_۲ + mg) = ۲ \times (-۲)$$

$$\Rightarrow ۲۰ - \frac{۲}{۳}(F'_۲ + ۲۰) = -۴ \Rightarrow F'_۲ = ۱۶N$$

بنابراین نیروی $F_۲$ باید ۶ نیوتون افزایش یابد.

۱۹ در شکل زیر درون سطلی به جرم $۱/۵kg$ ، وزنه‌ای به جرم $۱kg$ گذاشته شده و با نیروی قائم $\vec{F}$ به سمت بالا حرکت داده می‌شود. اگر اندازه‌ی نیرویی که از سوی وزنه به کف سطل وارد می‌شود $۱۲N$ باشد، اندازه‌ی نیروی $\vec{F}$ چند نیوتون است؟ $\left(g = ۱۰\frac{N}{kg}\right)$

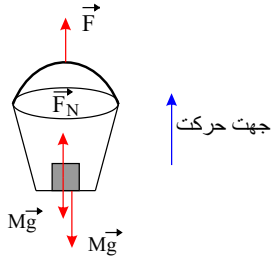


۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ ابتدا با رسم دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر سطل و وزنه و با در نظر گرفتن جهت حرکت سطل به سمت بالا و با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

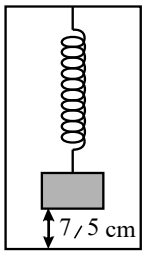
$$F_{net} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma \Rightarrow ۱۲ - ۱۰ = ۱ \times a \Rightarrow a = ۲\frac{m}{s^۲}$$

$$F_{net} = ma \Rightarrow F - Mg = Ma$$
$$\Rightarrow F - (۱٫۵ + ۱) \times ۱۰ = (۱٫۵ + ۱) \times ۲ \Rightarrow F = ۳۰N$$



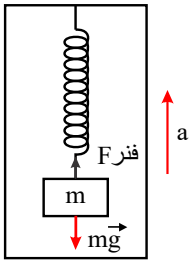
۲۰ در شکل زیر وزنه‌ای توسط فنری از سقف آسانسوری که ساکن است، آویزان و در حال تعادل است. طول اولیهٔ فنر $۱۵۰cm$ بوده که در اثر آویزان بودن وزنه، طولش به $۱۸۰cm$ رسیده است. اگر فاصلهٔ وزنه از کف آسانسور $۷٫۵cm$ باشد، آسانسور حداقل با چه شتابی بر حسب متر بر مجذور ثانیه بالا رود تا وزنه به کف آسانسور برسد؟

$$(k_{\text{فنر}} = ۲۰۰\frac{N}{m} \text{ و } g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$$



① ۲
② ۲٫۵
③ ۱٫۵
④ ۱

پاسخ: ④ ③ ② ① مطابق شکل ابتدا از شرط تعادل وزنه در حالت سکون آسانسور، جرم وزنه متصل به آن را به دست می‌آوریم:



$$\Delta L_۱ = ۱۸۰ - ۱۵۰ = ۳۰cm$$

$$F_{net} = ۰ \Rightarrow F_{\text{فنر}} - mg = ۰$$
$$\Rightarrow k\Delta L_۱ = mg \Rightarrow ۲۰۰ \times ۰٫۳ = m \times ۱۰ \Rightarrow m = ۶kg$$

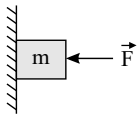
اکنون اگر فرض کنیم، آسانسور از حالتی که فنر طول عادی خود را دارد با شتاب a روبه‌بالا شروع کند تا وزنه به کف آسانسور برسد، خواهیم داشت:

$$\Delta L_۲ = \Delta L_۱ + ۷٫۵cm = ۳۰ + ۷٫۵ = ۳۷٫۵cm$$

$$F_{net} = ma \Rightarrow F_{\text{فنر}} - mg = ma \Rightarrow k\Delta L_۲ - mg = ma$$

$$\Rightarrow ۲۰۰ \times ۳۷٫۵ \times ۱۰^{-۲} - ۶۰ = ۶a \Rightarrow a = ۲٫۵\frac{m}{s^۲}$$

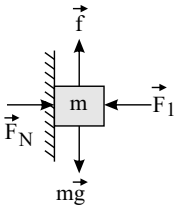
۲۱ جسمی را مطابق شکل با نیروی افقی $\vec{F}$ به دیواره قائمی فشرده‌ایم و جسم ساکن و بزرگی نیروی اصطکاک برابر با f است. اگر اندازهٔ نیروی افقی وارد بر جسم بیش‌تر شود، نیروی اصطکاک برابر با f' و اگر جسم با سرعت ثابت به سمت پایین حرکت کند، اندازهٔ نیروی اصطکاک برابر با f'' می‌شود. کدام گزینه در مورد مقایسهٔ اندازهٔ این سه نیرو درست است؟



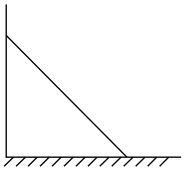
۱) $f = f' = f''$
۲) $f' > f > f''$
۳) $f'' > f' = f$
۴) $f' = f > f''$

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱**

هنگامی که جسم ساکن است، یا با سرعت ثابت حرکت می‌کند و یا در آستانهٔ حرکت است با توجه به قانون دوم نیوتون در راستای قائم، نیروی اصطکاک برابر وزن است.

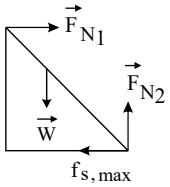


۲۲ مطابق شکل زیر، نردبانی به جرم m به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده و ضریب اصطکاک ایستایی زمین با نردبان برابر با ۰٫۵ است. اگر نردبان در آستانهٔ لغزش باشد، بزرگی نیرویی که زمین به نربان وارد می‌کند، چند برابر بزرگی نیرویی است که دیوار قائم به نردبان وارد می‌کند؟



۱) ۱
۲) $\sqrt{۵}$
۳) $\frac{\sqrt{۵}}{۲}$
۴) ۲

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ جهت نیروهای وارد بر نردبان را مشخص می‌کنیم؛ چون نردبان در آستانهٔ لغزش است، برایند نیروهای وارد بر آن در دو راستای افقی و قائم برابر با صفر می‌شود.



$$f_{s,max} = F_{N_1} = \mu_s F_{N_2} \xrightarrow{F_{N_2}=W} f_{s,max} = F_{N_1} = ۰/۵W$$

$$R_2 = \sqrt{f_{s,max}^2 + F_{N_2}^2} \xrightarrow{\mu_s=۰/۵} \sqrt{(۰/۵W)^2 + W^2} = W\sqrt{۱/۲۵} = \frac{W}{2}\sqrt{۵} \quad (۱)$$

$$R_1 = F_{N_1} = \frac{W}{2} \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۱),(۲)} \frac{R_2}{R_1} = \frac{\frac{W}{2}\sqrt{۵}}{\frac{W}{2}} = \sqrt{۵}$$

۲۳ آسانسوری با شتاب ثابت در حال حرکت است. گلوله‌ای به جرم $۲۰۰g$ از یک نخ سبک و از سقف آسانسور آویزان شده است. اگر حداکثر نیروی کشش قابل تحمل نخ برابر ۱ نیوتون باشد، کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد بزرگی شتاب آسانسور برحسب متر بر مجذور ثانیه و نوع حرکت آسانسور می‌تواند صحیح باشد؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^2})$

(۱) ۱، تندشونده به سمت بالا
(۲) ۶، کندشونده به سمت بالا
(۳) ۱، تندشونده به سمت پایین
(۴) ۲، کندشونده به سمت پایین

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ باتوجه به رابطه‌ی آسانسور می‌توان گفت:

$$T = m(g \pm (\pm a)) \Rightarrow ۱ \geq ۰/۲\underbrace{(g \pm (\pm a))}_{g'} \Rightarrow g' \leq ۵\frac{m}{s^2}$$

باتوجه به محاسبات بالا، می‌توان نتیجه گرفت، شرط پاره نشدن طناب این است که $g' \leq ۵$ شود، یعنی علامت نهایی a، منفی باشد و مقدار آن نیز از ۵ بزرگتر باشد، باتوجه به این توضیحات فقط گزینه ۲ چنین شرطی را دارا می‌باشد. حال برای درک بهتر مسائل آسانسور گزینه‌های دیگر را نیز بررسی می‌کنیم:

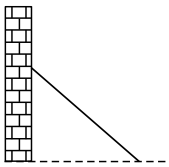
گزینه‌ی ۱: $g' = (g \pm (\pm a)) \Rightarrow g' = (۱۰ + (+۱)) = ۱۱\frac{m}{s^2} > ۵ \Rightarrow$ طناب پاره می‌شود

گزینه‌ی ۳: $g' = (g \pm (\pm a)) \Rightarrow g' = (۱۰ - (+۱)) = ۹\frac{m}{s^2} > ۵ \Rightarrow$ طناب پاره می‌شود

گزینه‌ی ۴: $g' = (g \pm (\pm a)) \Rightarrow g' = (۱۰ - (-۲)) = ۱۲\frac{m}{s^2} > ۵ \Rightarrow$ طناب پاره می‌شود

* نکته: در روابط مربوط به دینامیک قائم و آسانسور (رابطه g'): علامت اول وابسته به جهت حرکت { روبه بالا +، روبه پایین − } و علامت دوم وابسته به نوع حرکت { تندشونده +، کندشونده − } می‌باشد.

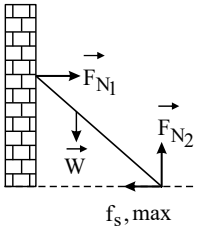
۲۴ در شکل زیر نردبانی به جرم ۲۰ کیلوگرم به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰٫۴ باشد، در آستانهٔ سُر خوردن نردبان، اندازهٔ نیرویی که از طرف زمین بر نردبان وارد می‌شود چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰ N/kg)$



۱) $۴۰\sqrt{۲۹}$ ۲) ۸۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۸۰

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱**

در آستانهٔ حرکت، نردبان همچنان در حال تعادل است. پس نیروی خالص در راستای افقی و قائم صفر است.



در راستای قائم داریم:

$$F_{N_۲} - W = ۰ \Rightarrow F_{N_۲} = W = mg = ۲۰ \times ۱۰ = ۲۰۰N \rightarrow f_{s\ ,\ max} = \mu_s F_{N_۲} = ۰٫۴ \times ۲۰۰ = ۸۰N$$

از طرف زمین بر نردبان دو نیروی عمود بر هم $\vec{F}_{N_۲}$ و $\vec{f}_{s\ ,\ max}$ وارد می‌شود. اندازهٔ برایند آنها برابر است با:

$$\vec{R} = \vec{F}_{N_۲} + \vec{f}_{s\ ,\ max} \Rightarrow R = \sqrt{F_{N_۲}^{۲} + f_{s\ ,\ max}^{۲}} = \sqrt{۲۰۰^{۲} + ۸۰^{۲}} = ۴۰\sqrt{۲۹}N$$

۲۵ گلوله‌ای فلزی توسط یک نخ با جرم ناچیز به سقف یک آسانسور بسته شده است. آسانسور با شتاب ثابت و از حال سکون به‌طرف بالا شروع به حرکت می‌کند و بعد از ۴ ثانیه و ۱۶ متر جابه‌جایی، بلافاصله حرکت خود را کند کرده و پس از ۸ متر جابه‌جایی دیگر متوقف می‌شود. اگر اندازهٔ اختلاف کشش نخ در دو مرحلهٔ حرکت آسانسور برابر با $۳۰N$ باشد، جرم گلوله چند کیلوگرم است؟ $(g = ۱۰ N/kg)$

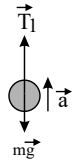
۱) ۱۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲٫۵ ۴) ۵

پاسخ: **۴** ۳ ۲ ۱

در حالت اول که آسانسور از حال سکون و به‌طرف بالا شروع به حرکت می‌کند. داریم:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2}a_1 t^2 + v_{0_1} t \Rightarrow 16 = \frac{1}{2}a_1 \times 4^2 + 0 \Rightarrow a_1 = 2m/s^2$$

$$(F_{net})_1 = ma_1 \Rightarrow T_1 - mg = ma_1 \Rightarrow T_1 = m(10+2) \Rightarrow T_1 = 12m(N) \quad (1)$$

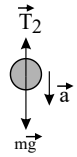


در حالت دوم که آسانسور به سمت بالا و حرکت کندشونده دارد، شتاب به‌طرف پایین است و داریم:

$$v_{0_2} = a_1 t + v_{0_1} = 2 \times 4 + 0 \Rightarrow v_{0_2} = 8m/s$$

$$v_2^2 - v_0^{\,2} = 2a_2 \Delta x_2 \Rightarrow 0 - 8^2 = 2a_2 \times 8 \Rightarrow a_2 = -4m/s^2$$

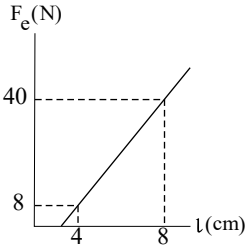
$$(F_{net})_2 = ma_2 \Rightarrow T_2 - mg = ma_2 \Rightarrow T_2 = m(10-4) \Rightarrow T_2 = 6m(N) \quad (2)$$



از رابطه‌های (۱) و (۲) داریم:

$$T_1 - T_2 = 30 \Rightarrow 12m - 6m = 30 \Rightarrow m = 5kg$$

۲۶ نمودار اندازهٔ نیروی کشسانی فنر برحسب طول آن، مطابق با شکل زیر است. اگر این فنر را از دو طرف با نیروی افقی $24N$ بکشیم، طول آن چند سانتی‌متر می‌شود؟ (جرم فنر ناچیز فرض شود.)



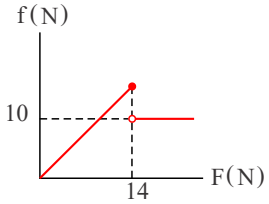
۱) ۳
۲) ۶
۳) ۸
۴) ۱۰

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ با استفاده از رابطهٔ بین اندازهٔ نیروی وارد بر فنر و تغییر طول آن، می‌توان نوشت:

$$F_e = kx \Rightarrow F_e = k(l - l_0) \Rightarrow \Delta F_e = k(l_2 - l_1)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta F_e'}{\Delta F_e} = \frac{l_2' - l_1'}{l_2 - l_1} \Rightarrow \frac{24 - 8}{40 - 8} = \frac{l_2' - 4}{8 - 4} \Rightarrow l_2' = 6cm$$

۲۷ جسمی به جرم m روی یک سطح افقی در حال سکون قرار دارد. نیروی افقی $\vec{F}$ را موازی با سطح به جسم وارد می‌کنیم. اگر نمودار اندازهٔ نیروی اصطکاک وارد بر جسم برحسب اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ مطابق شکل زیر باشد، نسبت ضریب اصطکاک جنبشی به ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح افقی کدام است؟



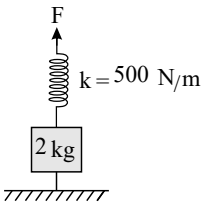
۱) $\frac{5}{14}$
۲) $\frac{5}{7}$
۳) $\frac{7}{5}$
۴) $\frac{14}{5}$

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ جسم روی سطح افقی ابتدا ساکن است. با اعمال نیروی افقی $\vec{F}$ و افزایش اندازهٔ آن، جسم همچنان ساکن می‌ماند و اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم برابر با اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ خواهد بود. زمانی که اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم به بیشینهٔ مقدار خود می‌رسد، با کمی افزایش نیروی $\vec{F}$، جسم شروع به حرکت می‌کند و اصطکاک وارد بر جسم به نوع جنبشی تبدیل خواهد شد و اندازهٔ آن ثابت می‌شود. بنابراین مطابق نمودار، بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی برابر با $۱۴N$ و اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسم برابر با $۱۰N$ است. داریم:

$$f_{s,\max} = ۱۴N \Rightarrow \mu_s F_N = ۱۴N$$

$$f_k = ۱۰N \Rightarrow \mu_k F_N = ۱۰N \Rightarrow \frac{f_k}{f_{s,\max}} = \frac{\mu_k F_N}{\mu_s F_N} = \frac{\mu_k}{\mu_s} = \frac{۱۰}{۱۴} \Rightarrow \frac{\mu_k}{\mu_s} = \frac{۵}{۷}$$

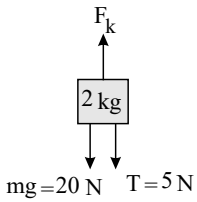
۲۸ در شکل زیر مجموعه در حال تعادل و نیروی کشش نخ برابر با $۵N$ است، اگر طول عادی فنر $۱۲cm$ باشد طول فنر در این حالت چند سانتی‌متر است؟ ($g = ۱۰N/kg$)



۱) ۲۱
۲) ۱۵
۳) ۱۷
۴) ۱۳

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

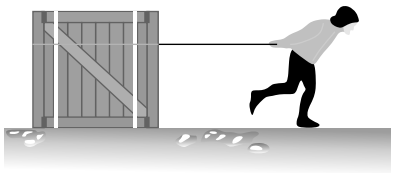
ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم، چون جسم در حال سکون است، بنابراین برایند نیروهای وارد بر آن برابر با صفر است.



$$F_k = T + mg = ۲۵N \xrightarrow[k=۵۰۰N/m]{F_k = k\Delta l} \Delta l = \frac{۲۵}{۵۰۰} = ۵cm$$

$$l = l_۰ + \Delta l = ۱۲ + ۵ = ۱۷cm$$

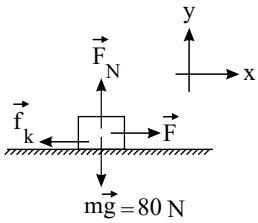
۲۹ در شکل زیر، کارگری یک جعبهٔ ۸ کیلوگرمی را با نیروی افقی ثابت $۱۰۰N$ روی سطح افقی می‌کشد. اگر شتاب حرکت جعبه $۵\frac{m}{s^۲}$ باشد، اندازهٔ نیرویی که از طرف سطح به جعبه وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



۱) ۶۰
۲) ۸۰
۳) ۱۰۰
۴) ۱۴۰

دینامیک

پاسخ: ۱ ۲ **۳** ۴



با توجه به شکل بالا و با نوشتن قانون دوم نیوتون، ابتدا نیروی اصطکاک و نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه را محاسبه می‌کنیم.

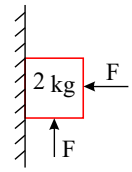
$$F_{net,x} = ma_x \Rightarrow ۱۰۰ - f_k = ۸ \times ۵ \Rightarrow f_k = ۶۰N$$

$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = mg = ۸۰N$$

می‌دانیم نیروی اصطکاک و نیروی عمودی سطح مؤلفه‌های نیرویی هستند که از طرف سطح به جعبه وارد می‌شود. بنابراین نیروی وارد بر جعبه از طرف سطح برابر است با:

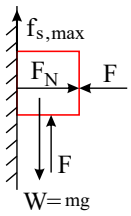
$$R = \sqrt{F_N^{۲} + f_k^{۲}} = \sqrt{۸۰^{۲} + ۶۰^{۲}} = ۱۰۰N$$

۳۰ در شکل مقابل، ضریب اصطکاک ایستایی بین سطح قائم و جسم برابر با ۰٫۵ است. کمینهٔ اندازهٔ نیروی F چند نیوتون تا جسم در آستانهٔ حرکت رو به پایین قرار گیرد؟$(g = ۱۰N/kg)$



۱) $\frac{۴۰}{۳}$ ۲) ۴۰ ۳) ۳۰ ۴) ۳۲

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ وقتی جسم در آستانهٔ حرکت رو به پایین قرار دارد، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه به طرف بالا بر جسم وارد می‌شود و داریم:



$$(F_{net})_x = ۰ \Rightarrow F_N = F \qquad (*)$$
$$(F_{net})_y = ۰ \Rightarrow F + f_{s,max} = W \Rightarrow F + \mu_s F_N = mg$$
$$\xrightarrow{(*)} F + \mu_s F = mg \Rightarrow F = \frac{mg}{۱ + \mu_s} \Rightarrow F = \frac{۲ \times ۱۰}{۱ + ۰٫۵} \Rightarrow F = \frac{۴۰}{۳}N$$

۳۱ جسمی از ارتفاع ۱۰۰ متری سطح زمین و از حال سکون رها می‌شود. اگر در طول مسیر به‌طور متوسط، اندازهٔ نیروی مقاومت هوا $\frac{۱}{۵}$ اندازهٔ نیروی وزن جسم باشد، جسم با چه تندی برحسب متر بر ثانیه به زمین برخورد می‌کند؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

۱) ۴۰ ۲) $۲۰\sqrt{۵}$ ۳) ۲۵ ۴) ۲۰

دینامیک

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** به جسم دو نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا اثر می‌کنند، با استفاده از قانون دوم نیوتون، داریم:

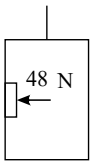
نیروی مقاومت هوا $f = \frac{۱}{۵}mg \Rightarrow F_{net} = mg - f = \frac{۴}{۵}mg = ma$

$\Rightarrow a = \frac{۴}{۵}g = ۸\frac{m}{s^۲}$

حال با استفاده از معادلهٔ سرعت - جابه‌جایی، داریم:

$v^۲ - ۰ = ۲ \times a \times \Delta x \Rightarrow v^۲ = ۲ \times ۸ \times ۱۰۰ \Rightarrow v = ۴۰\frac{m}{s}$

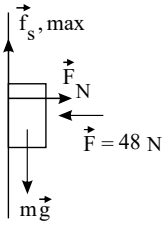
۳۲ مطابق شکل زیر، جسمی به جرم $۴kg$ توسط نیرویی افقی به بزرگی $۴۸N$ به دیوارهٔ آسانسوری فشرده شده و در آستانهٔ حرکت به سمت پایین قرار دارد. اگر آسانسور با شتاب ثابت در حال حرکت به سمت بالا باشد، اندازهٔ شتاب حرکت آسانسور برحسب متر بر مجذور ثانیه و نوع حرکت آن مطابق کدام گزینه است؟ ($(\mu_s = ۰/۵ \text{ و } g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) ۴، کندشونده ۲) ۶، کندشونده ۳) ۴، تندشونده ۴) ۶، تندشونده

پاسخ: ۴ ۳ ۲ **۱** جسم مورد نظر در آسانسور ساکن و در آستانهٔ حرکت است ولی چون آسانسور با شتاب ثابت در حال حرکت است، پس جسم نیز با شتاب ثابت در حال حرکت است. بر جسم دو نیروی وزن و اصطکاک ایستایی در راستای قائم وارد می‌شود. بنابراین داریم:

$f_{s,\max} = \mu_s F_N = \mu_s F = ۰/۵ \times ۴۸ \Rightarrow f_{s,\max} = ۲۴N$



با توجه به قانون دوم نیوتون و در نظر گرفتن جهت حرکت آسانسور (بالا) به عنوان جهت مثبت، داریم:

$f_{s,\max} - mg = ma \Rightarrow ۲۴ - ۴۰ = ۴a \Rightarrow a = -۴\frac{m}{s^۲}$

بنابراین اندازهٔ شتاب آسانسور برابر با $۴\frac{m}{s^۲}$ و جهت آن به سمت پایین است، بنابراین حرکت آسانسور کندشونده است.

۳۳ شخصی به جرم $۲۰kg$ داخل آسانسوری روی ترازویی فنری قرار دارد و آسانسور با شتاب ثابت در حال حرکت است. اگر عددی که ترازو نشان می‌دهد، ۰٫۸ وزن واقعی شخص باشد، حرکت آسانسور چگونه است؟ $(g \approx ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

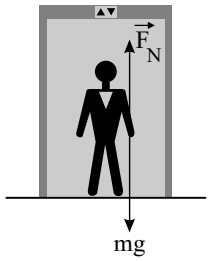
۱) الزاماً شتاب آسانسور رو به بالا و اندازهٔ آن $۲ \frac{m}{s^۲}$ است.

۲) الزاماً شتاب آسانسور رو به پایین و اندازهٔ آن $۲ \frac{m}{s^۲}$ است.

۳) الزاماً شتاب آسانسور رو به پایین و اندازهٔ آن $۱٫۲ \frac{m}{s^۲}$ است.

۴) اندازهٔ شتاب آسانسور $۲ \frac{m}{s^۲}$ است ولی جهت شتاب می‌تواند رو به بالا یا پایین باشد.

پاسخ: ۴ ۳ **۲** ۱ ابتدا نیروهای وارد بر شخص را تعیین می‌کنیم.



راه‌حل اول: با در نظر گرفتن جهت مثبت به سمت پایین داریم:

$$mg - F_N = ma \Rightarrow ۰٫۲mg = ma \Rightarrow a = ۲ \frac{m}{s^۲}$$

با توجه به این‌که علامت شتاب مثبت به‌دست آمد، پس شتاب رو به پایین است.

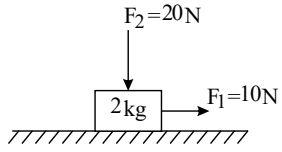
راه‌حل دوم:

می‌دانیم عددی که ترازو نشان می‌دهد، همان F_N است. پس $F_N = ۰٫۸mg$. چون عدد ترازو کمتر از وزن شخص است، پس داریم:

$$F_N = mg - ma \rightarrow ۰٫۸mg = mg - ma \rightarrow a = ۲ \frac{m}{s^۲}$$

از طرفی چون F_N از وزن کمتر است، پس حرکت آسانسور یا تندشونده رو به پایین است و یا کندشونده رو به بالا است که در هر حالت جهت شتاب رو به پایین خواهد بود.

۳۴ در شکل زیر، جسم با سرعت ثابت در مسیری مستقیم در حال حرکت است. اگر اندازهٔ نیروی $\overrightarrow{F_۱}$ را دو برابر کنیم، شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه می‌شود؟ $(g = ۱۰ N/kg)$



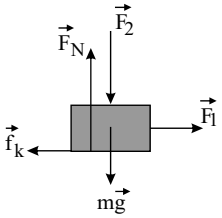
۱) ۲٫۵ ۲) ۴

۳) ۵ ۴) ۸

دینامیک

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱

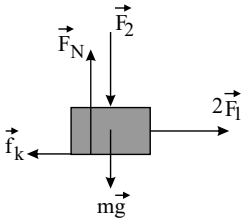
نیروهای وارد بر جسم را در ابتدا رسم می کنیم و قانون دوم نیوتون را برای آن می‌نویسیم:



$$(F_{net})_y = ۰ \Rightarrow F_N - F_۲ - mg = ۰ \Rightarrow F_N = ۲۰ + ۲ \times ۱۰ \Rightarrow F_N = ۴۰N$$

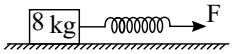
$$(F_{net})_x = ۰ \Rightarrow F_۱ - f_k = ۰ \Rightarrow f_k = F_۱ = ۱۰N$$

وقتی اندازهٔ نیروی $\vec{F}_۱$ دو برابر می‌شود، چون نیروهای در راستای قائم تغییر نکرده است، اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی ثابت می‌ماند. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:



$$(F_{net})_x = ma_x \Rightarrow ۲F_۱ - f_k = ma_x \Rightarrow ۲ \times ۱۰ - ۱۰ = ۲a_x \Rightarrow a_x = ۵m/s^۲$$

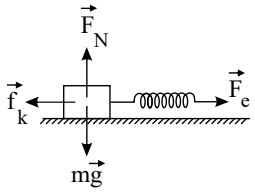
۳۵ مطابق شکل زیر، جسمی به جرم $۸kg$ روی سطحی افقی تحت تأثیر نیروی افقی F کشیده می‌شود. اگر افزایش طول فنر $۱۰cm$ باشد، شتاب حرکت جسم $۲/۵\frac{m}{s^۲}$ و اگر افزایش طول فنر $۱۵cm$ باشد، شتاب حرکت جسم $۵\frac{m}{s^۲}$ خواهد شد. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح چقدر است؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و از جرم فنر صرف‌نظر شود.)



۱) ۰/۲ ۲) ۰/۲۵ ۳) ۰/۷ ۴) ۰/۷۵

پاسخ: ۴ ۳ ۲ ۱ ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. سپس از قانون دوم نیوتون در راستای y و x استفاده می‌کنیم.

$$\sum F_y = ۰ \Rightarrow F_N = mg = ۸۰N$$
$$\sum F_x = ma_x \Rightarrow F_e - f_k = ma$$



اگر برای F_e از قانون هوک $(F_e = kx)$ و برای f_k از $f_k = \mu_k F_N$ استفاده کنیم، در حالتی که $x_۱ = ۱۰cm$ و $x_۲ = ۱۵cm$ است، داریم:

$$kx - \mu_k mg = ma \begin{cases} k \times ۰/۱ - \mu_k \times ۸۰ = ۸ \times ۲/۵ \\ k \times ۰/۱۵ - \mu_k \times ۸۰ = ۸ \times ۵ \end{cases}$$

از حل این معادله μ_k به‌دست می‌آید: $\mu_k = ۰/۲۵$