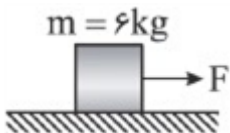


۱ شخصی از حال سکون در جهت محور شروع به قدم زدن می‌کند و پس از مدتی می‌ایستد. جهت نیروی اصطکاک وارد بر کفش‌های شخص، پس از شروع حرکت و قبل از توقف به ترتیب به ..... است.

۱ در جهت محور - خلاف جهت محور ۲ خلاف جهت محور - در جهت محور

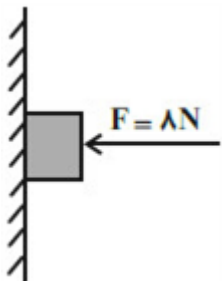
۳ در جهت محور - در جهت محور ۴ خلاف جهت محور - خلاف جهت محور

۲ مطابق شکل به جسم ساکن روی سطح افقی، نیروی افقی  $80\text{ N}$  را وارد می‌کنیم و جسم در آستانه‌ی حرکت است. نیرویی که سطح افقی به جسم وارد می‌کند ..... نیوتن و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح ..... است.  $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



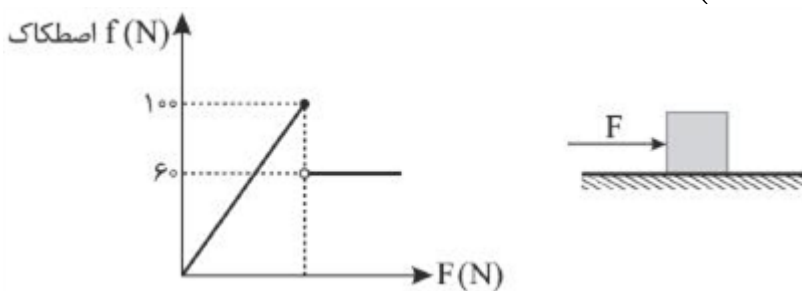
۱  $80$  و  $\frac{4}{3}$  ۲  $100$  و  $\frac{3}{4}$  ۳  $100$  و  $\frac{4}{3}$  ۴  $80$  و  $\frac{3}{4}$

۳ در شکل مقابل، نیروی افقی  $8\text{ N}$  جسمی به وزن  $5\text{ N}$  را به یک دیوار قائم می‌فشارد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جسم و دیوار به ترتیب  $0/6$  و  $0/5$  باشد، نیرویی که از طرف دیوار بر جسم وارد می‌شود، چند نیوتون است؟



۱  $10$  ۲  $5\sqrt{5}$  ۳  $4\sqrt{5}$  ۴  $8$

۴ با توجه به شکل، نیروی افقی  $F$  به جسم ساکن که روی سطح افقی قرار دارد، وارد می‌شود. نمودار نیروی اصطکاک وارد بر جسم برحسب  $F$  نیز در زیر رسم شده است. اگر مقدار نیروی افقی  $F$  برابر با  $120\text{ N}$  شود، نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می‌شود، چند نیوتن می‌شود؟  $\left(\mu_s = \frac{5}{6}\right)$



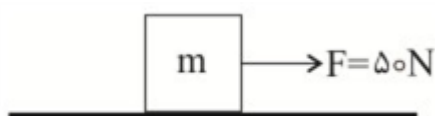
۱۲۰  $\sqrt{2}$  (۴)

۶۰  $\sqrt{2}$  (۳)

۱۲۰ (۲)

۶۰  $\sqrt{5}$  (۱)

۵ در شکل زیر اگر جرم  $50\text{ kg}$  و شتاب حرکت  $\frac{5}{8}\text{ m/s}^2$  باشد، ضریب اصطکاک جنبشی کدام است؟



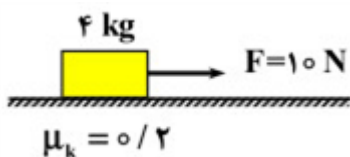
۰/۷۵ (۴)

۰/۲۵ (۳)

۰/۱۵ (۲)

۰/۰۵ (۱)

۶ در شکل زیر، اندازه نیروی  $F$  را چند درصد کاهش دهیم تا اندازه‌ی شتاب حرکت جسم ۲ برابر گردد؟



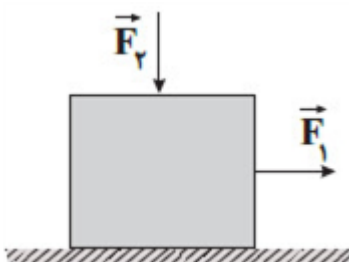
۲۰ (۴)

۴۰ (۳)

۵۰ (۲)

۶۰ (۱)

۷ در شکل مقابل، با دو برابر کردن نیروی  $F_2$  (بدون تغییر جهت)، نیروی اصطکاک چه تغییری می‌کند؟



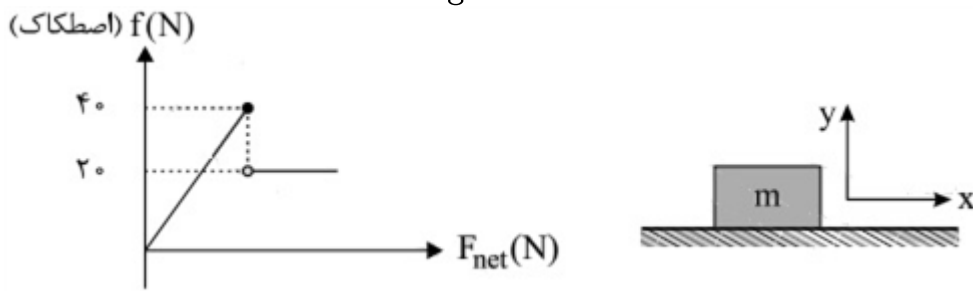
(۲) بیشتر می‌شود.

(۱) کمتر می‌شود.

(۴) بسته به شرایط گزینه ۲ و ۳ می‌تواند صحیح باشد.

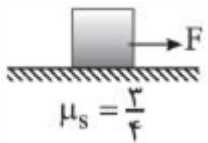
(۳) تغییری نمی‌کند.

- ۸ مطابق شکل، وزنه‌ای به جرم ۱۰ کیلوگرم روی یک سطح افقی به صورت ساکن قرار دارد. نیروهای  $\vec{F}_1 = 10\vec{i}$ ،  $\vec{F}_2 = -50\vec{i}$  و  $\vec{F}_3 = -20\vec{i} + 10\vec{j}$  بر آن وارد می‌شوند. اگر نمودار اصطکاک برحسب نیروی خالص وارد بر آن مطابق شکل باشد، اندازه‌ی شتاب حرکت چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )



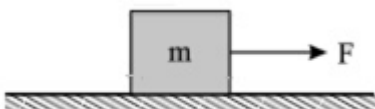
- ۱) صفر ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۶

- ۹ در شکل زیر نیروی افقی  $F$  را بر جسم وارد می‌کنیم و آن را به تدریج زیاد می‌کنیم. در لحظه‌ای که جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد، زاویه نیروی واکنش سطح با راستای قائم چند درجه است؟  
 $\left( \mu_s = \frac{3}{4}, g = 10 \frac{N}{kg}, \sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0.6 \right)$



- ۱) ۹۰° ۲) ۵۳° ۳) ۳۷° ۴) صفر

- ۱۰ در شکل زیر با اعمال نیروی افقی  $F = 100 N$  جسم با شتاب ثابت  $a$  شروع به حرکت می‌کند. اگر نیروی افقی را دو برابر کنیم، جسم با شتاب ثابت  $3a$  شروع به حرکت می‌کند. جرم جسم چند کیلوگرم است؟  
 $(\mu_k = 0.2, g = 10 \frac{N}{kg})$



- ۱) ۵ ۲) ۱۵ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

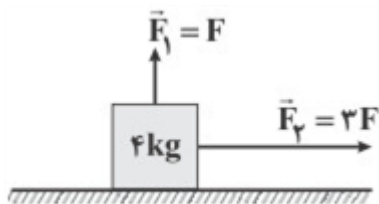
- ۱۱ در شکل زیر، جسم روی سطح افقی در حال تعادل قرار دارد. اگر وقتی نیروی کشش نخ افقی از صفر به  $30 N$  می‌رسد، اندازه‌ی نیرویی که تکیه‌گاه به جسم وارد می‌کند از  $40 N$  به مقدار بیشینه‌اش برسد، ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح افقی کدام است؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$  و جرم نخ ناچیز است.)



- ۱) ۰/۳ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۶ ۴) ۰/۷۵

۱۲

در شکل زیر، دو نیروی  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  به جسمی به جرم  $4\text{ kg}$  وارد می‌شوند و جسم با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند. اگر جای نیروهای  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  را با هم عوض کنیم، شتاب حرکت جسم تغییر نمی‌کند. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح چقدر است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



۱  $\frac{1}{3}$

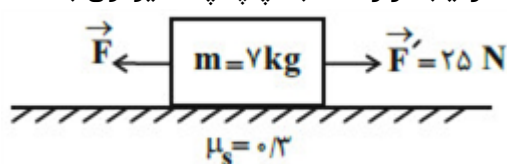
۲ ۳

۳ ۱

۴  $\frac{0}{5}$

۱۳

در شکل مقابل، کمینه و بیشینه‌ی اندازه‌ی نیروی  $\vec{F}$  به ترتیب از راست به چپ چند نیوتون باشد تا جسم  $m$  بر روی



سطح افقی نلغزد؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$

۱ ۴۶، ۲۱

۲ ۴۶، ۴

۳ ۲۵، ۴

۴ ۲۵، ۲۱

۱۴

صندوقی به جرم  $120\text{ kg}$  با نیرویی ثابت و افقی به اندازه‌ی  $540\text{ N}$  از حال سکون روی سطحی افقی کشیده می‌شود. اگر پس از گذشت یک دقیقه نیروی افقی حذف شود، صندوق چند ثانیه پس از قطع نیرو می‌ایستد؟

$\left(g = 10 \frac{N}{kg}, \mu_k = 0.4\right)$

۱  $\frac{3}{5}$

۲  $\frac{7}{5}$

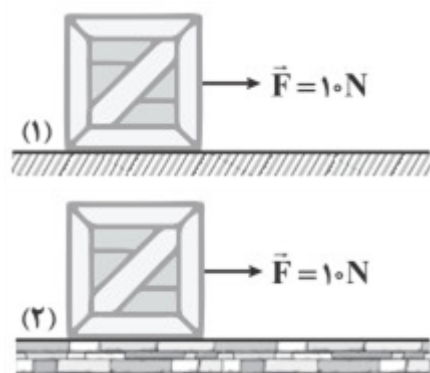
۳ ۱۵

۴  $\frac{22}{5}$

۱۵

مطابق شکل مقابل، جعبه‌ای به جرم  $2\text{ kg}$  تحت اثر نیروی  $\vec{F} = 10\text{ N}$  روی دو سطح (۱) و (۲) کشیده می‌شود. اگر شتاب حرکت جعبه روی سطح (۱) و (۲) به ترتیب ۳ و ۴ متر بر مجذور ثانیه باشد، نسبت  $\frac{\mu_{k_2}}{\mu_{k_1}}$  برابر کدام گزینه

است؟



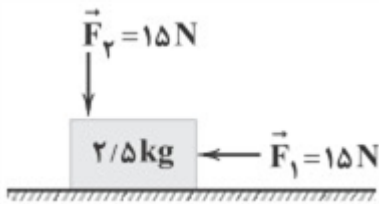
۱  $\frac{1}{2}$

۲ ۲

۳  $\frac{2}{4}$

۴  $\frac{4}{3}$

- ۱۶ به جعبه‌ی زیر، ابتدا نیروی  $\vec{F}_1$  وارد می‌شود و جسم در آستانه‌ی حرکت قرار می‌گیرد، سپس نیروی  $\vec{F}_2$  به جسم وارد می‌شود. در این حالت، نیروی  $\vec{F}_1$  را چند نیوتون افزایش دهیم تا جعبه دوباره در آستانه‌ی حرکت قرار گیرد؟  
 $(g = 10 \frac{m}{s^2})$



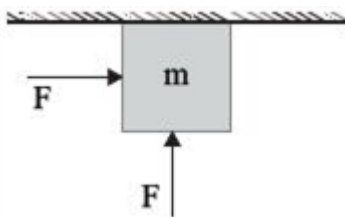
۱۰ (۴)

۹ (۳)

۶ (۲)

۵ (۱)

- ۱۷ در شکل زیر هر یک از دو نیروی یکسان افقی و قائم وارد بر جسم  $30 \text{ kg}$  چند نیوتن باشند تا وزنه روی سقف در آستانه لغزش قرار گیرد؟  
 $(\mu_s = 1/4, g = 10 \frac{m}{s^2})$



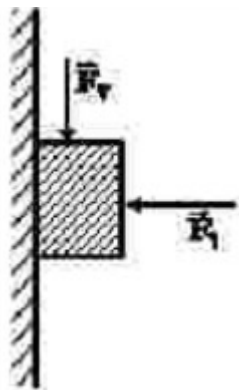
۱۳۰۰ (۴)

۱۰۵۰ (۳)

۵۲۵ (۲)

۱۷۵ (۱)

- ۱۸ قطعه چوبی به جرم  $250 \text{ گرم}$ ، با نیروی افقی  $F_1$  مطابق شکل مقابل، به دیوار قائم فشرده شده است. اگر با وارد کردن نیروی  $F_2 = 3/5 \text{ N}$ ، چوب در آستانه لغزش قرار گیرد و در این حالت نیرویی که دیوار به چوب وارد می‌کند  $10 \text{ N}$  باشد، ضریب اصطکاک ایستایی بین دیوار و چوب، چقدر است؟  
 $(g = 10 \frac{m}{s^2})$



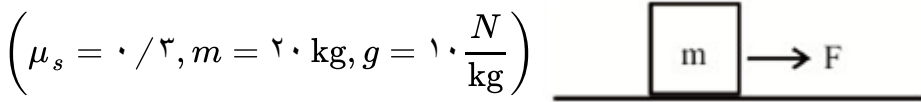
۰/۶ (۲)

۰/۷۵ (۱)

۰/۲۵ (۴)

۰/۵ (۳)

۱۹ در شکل مقابل، کدام گزینه در مورد جسم درست است؟



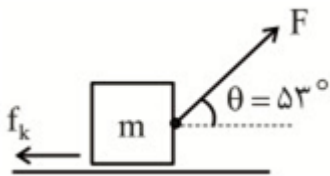
۱ اگر به جسم نیروی ۵۰ نیوتن وارد کنیم، جسم به حرکت درمی‌آید.

۲ اگر به جسم نیروی ۵۰ نیوتن وارد کنیم، اصطکاک ایستایی هم ۵۰ نیوتن می‌شود.

۳ اگر به جسم نیروی ۵۰ نیوتن وارد کنیم، اصطکاک ایستایی کمتر از ۵۰ نیوتن می‌شود.

۴ اگر به جسم نیروی ۵۰ نیوتن وارد کنیم، اصطکاک ایستایی از ۵۰ نیوتن بیش‌تر می‌شود.

۲۰ در شکل زیر جرم  $m$  برابر ۲۰ کیلوگرم و نیروی  $F = 50\text{ N}$  و شتاب جسم  $\frac{1}{2}\text{ m/s}^2$  است. اندازه‌ی نیروی اصطکاک جنبشی، چند نیوتن است؟ ( $\sin 53^\circ = 0.8$   $\cos 53^\circ = 0.6$ )



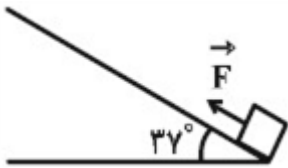
۱۰ ۴

۱۵ ۳

۲۵ ۲

۳۰ ۱

۲۱ مطابق شکل مقابل، جسمی را روی سطح شیب‌داری مطابق شکل، با نیروی ثابت  $F$  بالا می‌بریم. اگر اندازه‌ی نیروی اصطکاک در طول مسیر  $\frac{1}{3}$  وزن جسم باشد، نسبت کار نیروی اصطکاک به کار نیروی وزن کدام است؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )



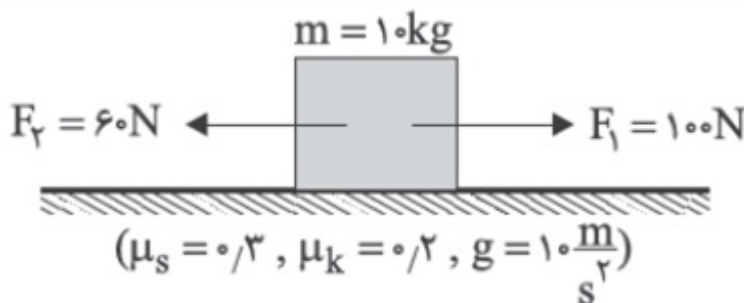
$-\frac{5}{9}$  ۴

$\frac{5}{9}$  ۳

$-\frac{1}{5}$  ۲

$\frac{1}{3}$  ۱

۲۲ در شکل زیر، به جسم ساکن  $10\text{ kg}$  هم‌زمان ۲ نیروی افقی  $F_1 = 100\text{ (N)}$  و  $F_2 = 60\text{ (N)}$  اثر می‌کند و پس از ۱۲ ثانیه نیروی  $F_1$  حذف می‌شود. تندی حرکت این جسم ۵ ثانیه پس از حذف نیروی  $F_1$  چند متر بر ثانیه خواهد شد؟



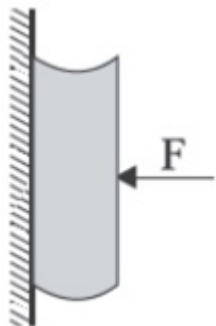
۱۶ ۴

۱۲ ۳

۸ ۲

صفر ۱

۲۳ در شکل زیر، ابتدا کتاب به جرم  $500 \text{ gr}$  را روی دیوار ثابت نگه داشته و نیروی افقی  $F = 10 \text{ N}$  را به آن وارد کرده و کتاب را رها می‌کنیم. نیروی اصطکاک کتاب با دیوار قائم چند نیوتن است؟ ( $\mu_k = 0/4, \mu_s = 0/6, g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



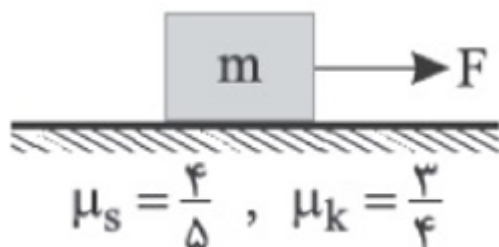
۱۰ (۴)

۶ (۳)

۵ (۲)

۴ (۱)

۲۴ در شکل مقابل، جسمی به جرم  $m$  روی سطح افقی ساکن است. نیروی افقی  $F$  را از صفر تا جایی افزایش می‌دهیم که جسم شروع به حرکت کند و به محض شروع به حرکت، نیرو را ثابت می‌کنیم. این جسم با شتاب ..... متر بر ثانیه حرکت می‌کند و در هنگام حرکت به سطح نیرویی وارد می‌کند که ..... درصد از وزن بیشتر است. ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



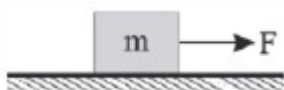
۲۰, ۷/۵ (۴)

۲۵, ۷/۵ (۳)

۲۰, ۰/۵ (۲)

۲۵, ۰/۵ (۱)

۲۵ مطابق شکل بر جسمی به جرم  $8 \text{ kg}$  روی سطح افقی، نیروی افقی  $F = 80 \text{ N}$  اثر می‌کند. اگر معادله‌ی سرعت - زمان متحرک در SI به صورت  $v = t + 2$  باشد. نیروی وارد از طرف سطح تکیه‌گاه بر جسم چند نیوتن است؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )



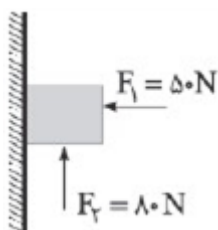
$8\sqrt{19}$  (۴)

$8\sqrt{181}$  (۳)

۱۵۲ (۲)

۷۲ (۱)

۲۶ در شکل مقابل جسم  $6 \text{ kg}$  را روی دیوار قائم قرار می‌دهیم و بر آن نیروی افقی  $F_1$  و نیروی قائم  $F_2$  وارد می‌کنیم. اندازه‌ی نیرویی که دیوار به جسم وارد می‌کند، چند نیوتن است؟ ( $\mu_s = 0/5, \mu_k = 0/2$ ) و جسم در ابتدا ساکن است.



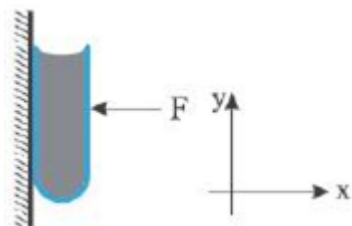
$25\sqrt{6}$  (۴)

$10\sqrt{26}$  (۳)

$10\sqrt{29}$  (۲)

$25\sqrt{5}$  (۱)

۲۷ مطابق شکل کتابی را به یک دیوار با نیروی  $F$  فشار می‌دهیم و کتاب ساکن باقی می‌ماند. اگر بزرگی نیروی  $F$  را افزایش دهیم، بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر کتاب ..... و زاویه نیرویی که کتاب به سطح دیوار وارد می‌کند با جهت مثبت محور  $y$  ها ..... .

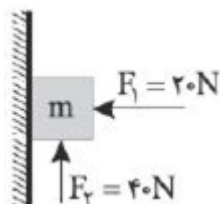


۱ افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد ۲ ثابت می‌ماند - کاهش می‌یابد

۳ افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد ۴ ثابت می‌ماند - افزایش می‌یابد

۲۸ مطابق شکل بر جسمی به جرم  $5/5 \text{ kg}$  نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  در SI اثر می‌کند و جسم در آستانه حرکت رو به پایین است. جرم جسم چند برابر شود تا جسم در آستانه حرکت رو به بالا قرار گیرد؟  

$$\left( g = 10 \frac{N}{kg} \right)$$

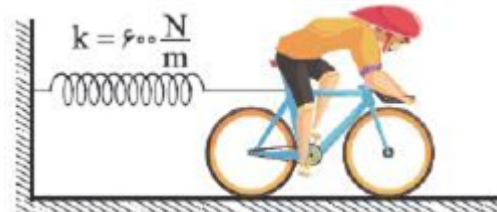


۱  $\frac{5}{11}$  ۲  $\frac{11}{5}$  ۳  $\frac{3}{11}$  ۴  $\frac{11}{3}$

۲۹ معادله حرکت جسمی به جرم ۴ کیلوگرم در SI به صورت  $x = -2t^2 + 10t + 4$  است. اگر این جسم به صورت مماس روی سطح افق پرتاب شده باشد، ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح افق کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۱  $0/45$  ۲  $0/35$  ۳  $0/25$  ۴ هیچ‌کدام

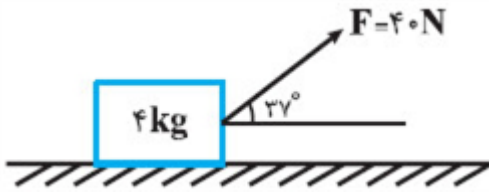
۳۰ مطابق شکل، فنر سبک از یک سر به دیوار و از سوی دیگر به دوچرخه متصل است. دوچرخه‌سوار آن قدر رکاب می‌زند تا این‌که چرخ‌ها در جای خود می‌چرخد و دوچرخه‌سوار ساکن می‌ماند. جرم دوچرخه‌سوار و دوچرخه در مجموع  $90 \text{ kg}$  است. اگر در این حالت افزایش طول فنر  $60 \text{ cm}$  باشد، ضریب اصطکاک ..... بین چرخ‌ها و سطح افقی ..... است.



۱ جنبشی -  $0/4$  ۲ ایستایی -  $0/4$  ۳ جنبشی -  $0/6$  ۴ ایستایی -  $0/6$

۳۱ مطابق شکل زیر، به جسمی به جرم ۴ کیلوگرم روی سطح افقی نیروی  $F = ۴۰\text{ N}$  وارد می‌شود و پس از طی مسافت  $\frac{۱}{۶}$  متر سرعتش از صفر به  $\frac{۴}{۵}\text{ m/s}$  می‌رسد. نیروی اصطکاک چند نیوتون است؟

( $\cos 37^\circ = 0.8$ )



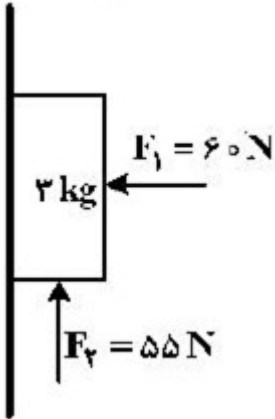
۳۲ (۴)

۲۰ (۳)

۱۲ (۲)

۴ (۱)

۳۲ مطابق شکل زیر، جسم را با نیروی افقی  $F_1$  به دیوار قائمی می‌فشاریم و جسم ساکن می‌ماند. اگر نیروی قائم  $F_2$  نیز به جسم وارد شود. در این حالت نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ ( $g = ۱۰ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )



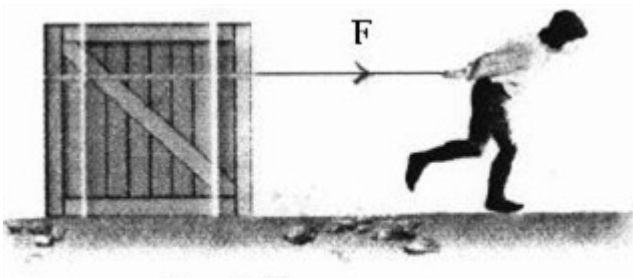
۶۰ (۴)

۶۵ (۳)

$30\sqrt{5}$  (۲)

$30\sqrt{3}$  (۱)

۳۳ در شکل زیر، نیرویی ثابت و افقی  $F$  به صندوقی به جرم  $۱۶۰\text{ kg}$  وارد می‌شود و صندوق با شتاب ثابت  $\frac{۰.۲۵}{\text{s}^2}\text{ m}$  به حرکت خود ادامه می‌دهد. چند کیلوگرم از محتویات صندوق کم کنیم، تا با همین نیروی افقی، شتاب حرکت صندوق دو برابر شود؟ ( $g = ۱۰ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )



$\mu_k = 0.2$

۸۰ (۴)

۴۰ (۳)

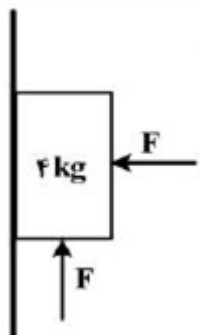
۳۲ (۲)

۱۶ (۱)

۳۴ در شکل زیر، جسم در آستانه‌ی حرکت روبه بالا قرار دارد و نیرویی که جسم به سطح وارد می‌کند، برابر  $R$  است. اگر  $F$  را

$20\text{ N}$  کاهش دهیم، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، برابر  $R'$  می‌شود،  $\frac{R'}{R}$  کدام است؟

$$\left(g = 10 \frac{m}{s^2}, \mu_s = 0.5, \mu_k = 0.2\right)$$



۲  $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۱  $\frac{\sqrt{2}}{4}$

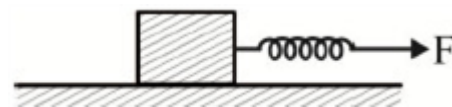
۴  $\frac{\sqrt{5}}{4}$

۳  $\frac{\sqrt{5}}{2}$

۳۵ مطابق شکل، یک جسم توسط فنری سبک و افقی با ثابت  $300 \frac{N}{m}$  با سرعتی ثابت کشیده می‌شود. طول فنر در این

حالت نسبت به طول عادی آن  $3\text{ cm}$  بیش‌تر می‌شود. اگر نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می‌شود،  $15\text{ N}$  باشد،

ضریب اصطکاک جنبشی میان جسم و سطح کدام است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



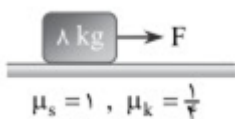
۴  $0.6$

۳  $0.67$

۲  $0.8$

۱  $0.75$

۳۶ نیروی متغیر  $F$  بر جعبه ساکن وارد می‌شود و پس از مدتی به  $60\text{ N}$  می‌رسد. در این لحظه نیروی سطح بر جعبه چند نیوتون است؟



۴  $400$

۳  $300$

۲  $200$

۱  $100$

۳۷ در شکل زیر، جرم جسم  $10\text{ kg}$  است و قبل از وارد شدن نیروی  $F$ ، جسم روی سطح به حال سکون قرار دارد و ضریب

اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جسم و سطح به ترتیب  $0.9$  و  $0.6$  است. اگر  $F$  حداقل نیرویی باشد که بتواند

جسم را از حال سکون به حرکت درآورد. با ادامه‌ی اعمال این نیرو، شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه

می‌شود؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$



۴  $4$

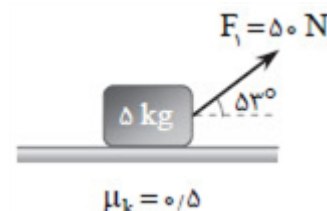
۳  $3$

۲  $2/5$

۱  $1/5$

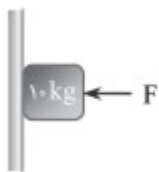
- ۳۸) کامیونی به جرم  $4000 \text{ kg}$  با سرعت  $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  روی خط راست و در سطح افقی در حال حرکت است و جعبه‌ای در کف آن قرار دارد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و کامیون  $0/5$  باشد، حداقل مسافتی را که کامیون می‌تواند برای توقف طی کند، بدون آن‌که جعبه بلغزد، چند متر است؟  $\left(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$
- ۱) ۲۰      ۲) ۴۰      ۳) ۶۰      ۴) ۸۰

- ۳۹) در شکل زیر، جسم تحت تأثیر نیروی  $F$  به اندازه‌ی ۵ متر جابه‌جا می‌شود. کار نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند. در این جابه‌جایی چند ژول است؟  $\left(\sin 37^\circ = 0/6 \text{ و } g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$



- ۱) ۲۰۰      ۲) صفر      ۳) -۵۰      ۴) -۲۵۰

- ۴۰) داخل یک آسانسور جعبه‌ای به جرم  $10 \text{ kg}$  را به دیواره‌ی آسانسور تکیه داده‌ایم و نیروی افقی  $F$  را ثابت نگه می‌داریم. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جعبه با دیواره‌ی آسانسور  $0/5$  باشد و آسانسور با شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  تندشونده به سمت پایین حرکت کند، حداقل نیروی  $F$  چند نیوتون است؟  $\left(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$



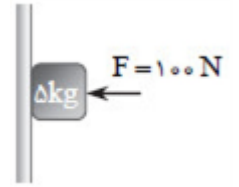
- ۱) ۲۰۰      ۲) ۱۶۰      ۳) ۱۰۰      ۴) ۸۰

- ۴۱) در شکل زیر، جسم با نیروی افقی  $F_1$  در آستانه‌ی حرکت قرار می‌گیرد و با نیروی افقی  $F_2$  با سرعت ثابت به طرف پایین می‌لغزد. اگر نیروی اصطکاک در این دو حالت به ترتیب  $f_1$  و  $f_2$  باشد. کدام مورد درست است؟  $(\mu_s > \mu_k)$



- ۱)  $f_1 > f_2, F_1 > F_2$       ۲)  $f_1 > f_2, F_1 = F_2$       ۳)  $f_1 = f_2, F_1 < F_2$       ۴)  $f_1 = f_2, F_1 = F_2$

۴۲ اگر نیروی  $F$  وارد بر جعبه ساکن مقابل را ۲ برابر کنیم نیروی سطح بر جعبه چند برابر می‌شود؟



- ۱  $\sqrt{\frac{9}{7}}$  ۲  $\sqrt{\frac{17}{5}}$  ۳ ۲ ۴ ۱

۴۳ چند مورد از عبارتهای زیر صحیح است؟

الف) فقط وقتی جسم ساکن باشد می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن است.

ب) در رابطه‌ی  $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a}$  مقدار تمام نیروهای وارد بر جسم با هم جمع می‌شوند تا نیروی خالص به دست آید.  
پ) تویی که در حال سقوط در هوا به سمت پایین (زمین) است به طور مداوم مقدار شتابش کاهش می‌یابد.  
ت) نیروی مقاومت هوای وارد بر جسم متحرک همان نیروی شناوری است.  
ث) با فرض بدون اصطکاک بودن سطح حتی ایستادن هم ناممکن است.

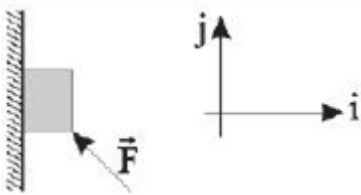
- ۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

۴۴ کدام گزینه درست است؟

- ۱ جهت نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت حرکت جسم است.  
۲ جهت نیروی خالص وارد بر یک جسم الزاماً با جهت جابه‌جایی آن جسم یکسان است.  
۳ در اندر کنش میان دو جسم، الزاماً شتابی که اجسام می‌گیرند، یکسان نیست.  
۴ در صورتی که نیروی خالص وارد بر یک جسم صفر باشد، الزاماً جسم ساکن می‌ماند.

۴۵ مطابق شکل نیروی  $\vec{F} = -40\vec{i} + 30\vec{j}$  به جسمی به جرم  $5\text{ kg}$  که در ابتدا ساکن است، وارد می‌شود. اگر بین

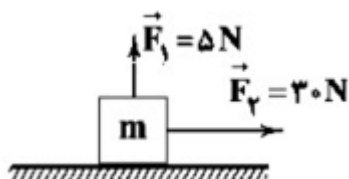
جسم و سطح قائم،  $\mu_s = 0/5$  و  $\mu_k = 0/2$  باشد، کدام گزینه صحیح است؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$



- ۱ جسم با شتاب ثابت  $2/4 \frac{m}{s^2}$  به سمت پایین حرکت می‌کند.  
۲ جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند.  
۳ جسم در آستانه حرکت قرار دارد.  
۴ جسم با شتاب ثابت  $0/4 \frac{m}{s^2}$  به سمت بالا حرکت می‌کند.

۴۶

مطابق شکل، جسمی به جرم  $m$ ، با شتاب ثابت  $\frac{5}{s^2} m$  در جهت  $\vec{F}_2$  حرکت می‌کند. اگر اندازه‌ی نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، برابر  $25\text{ N}$  باشد،  $m$  چند کیلوگرم می‌تواند باشد؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



۴ (۴)

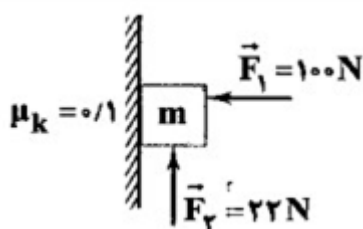
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۴۷

در شکل زیر جسمی به جرم  $2\text{ kg}$  در لحظه‌ی  $t = 0$  با تندی  $\frac{12}{s} m$  به سمت بالا در حال حرکت است. چند ثانیه بعد از لحظه‌ی نشان داده‌شده، جسم تغییر جهت می‌دهد؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



۲ (۲)

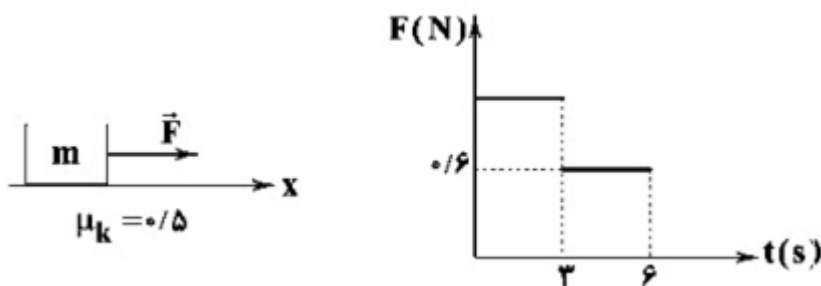
۱ (۱)

این جسم تغییر جهت نمی‌دهد. (۴)

۴ (۳)

۴۸

مطابق شکل زیر، جسمی به جرم  $200\text{ g}$  تحت تأثیر نیروی  $\vec{F}$  در لحظه‌ی  $t = 0$  با تندی  $\frac{12}{s} m$  در جهت محور  $x$  در حال حرکت است. اگر نمودار تغییرات بزرگی نیروی  $\vec{F}$  بر حسب زمان به صورت زیر باشد، تندی حرکت جسم در لحظه‌ی  $t = 4\text{ s}$  چند متر بر ثانیه است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



۸ (۴)

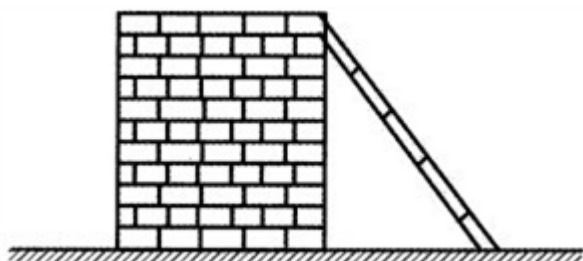
۱۰ (۳)

۱۶ (۲)

۱۲ (۱)

۴۹

در شکل زیر نردبان یکنواختی به جرم  $8\text{ kg}$  به دیواره قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان  $0.75$  باشد و نردبان در آستانه سر خوردن باشد، اندازه نیرویی که از طرف زمین به نردبان وارد می‌شود، چند نیوتون است؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$



۶۰ (۱)

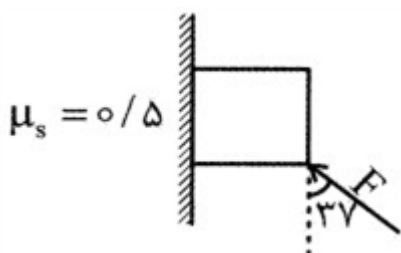
۸۰ (۲)

۱۰۰ (۳)

۱۲۰ (۴)

۵۰

در شکل مقابل به جسمی به جرم  $5$  کیلوگرم که به دیوار قائم تکیه دارد. نیروی  $F$  وارد می‌شود. بیشترین مقدار  $F$  چند نیوتون باشد تا جسم در حال تعادل باقی بماند؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$



۵۰ (۱)

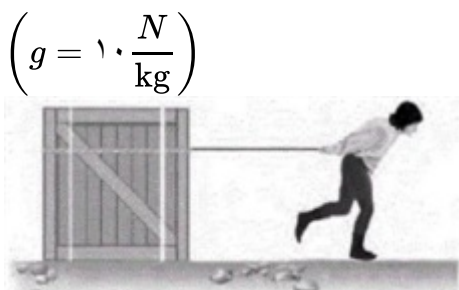
۱۰۰ (۲)

۲۵۰ (۳)

۵۰۰ (۴)

۵۱

در شکل زیر، کارگری یک جعبه  $8$  کیلوگرمی را با نیروی افقی ثابت  $100\text{ N}$  روی سطح افقی می‌کشد. اگر شتاب حرکت جعبه  $5 \frac{m}{s^2}$  باشد، اندازه نیرویی که از طرف سطح به جعبه وارد می‌شود، چند نیوتون است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



۶۰ (۱)

۸۰ (۲)

۱۰۰ (۳)

۱۴۰ (۴)

۵۲ شخصی مطابق شکل زیر، در حال هل دادن جعبه‌ای بر روی سطح زمین است. اگر جرم جعبه  $80\text{ kg}$  و ضریب اصطکاک جنبشی جعبه با سطح زمین  $\frac{1}{4}$  باشد، جعبه پس از ۳ ثانیه، ۹ متر به جلو خواهد رفت. بزرگی نیروی شخص چند نیوتون است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$  و جسم در ابتدا ساکن است).



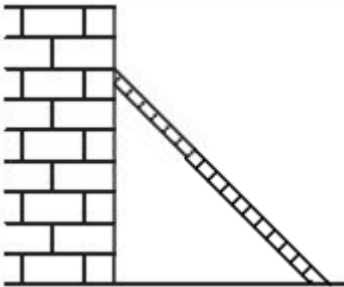
۱۶۰ (۴)

۲۴۰ (۳)

۱۸۰ (۲)

۳۶۰ (۱)

۵۳ نردبانی به جرم  $20$  کیلوگرم مطابق شکل به دیوار بدون اصطکاک تکیه دارد و در آستانه لغزش می‌باشد. اگر نیروی عکس‌العمل سطح افقی با دیوار قائم، زاویه  $37^\circ$  ساخته باشد، ضریب اصطکاک ایستایی نردبان با سطح افق چه قدر است؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )



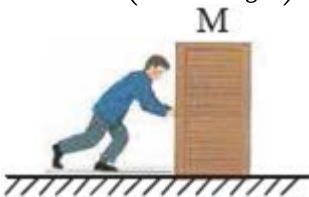
$\frac{3}{4}$  (۴)

$\frac{2}{3}$  (۳)

$\frac{5}{8}$  (۲)

$\frac{2}{5}$  (۱)

۵۴ شخصی به جرم  $50\text{ kg}$  که ضریب اصطکاک ایستایی کفش‌هایش با زمین  $\mu_s = 0.8$  است می‌خواهد جعبه  $M$  به جرم  $100\text{ kg}$  که ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح  $\mu_k = 0.1$  است را از حال سکون به‌طور افقی هل دهد. این شخص در مدت  $4\text{ s}$  حداکثر چند متر می‌تواند جعبه را جلو ببرد؟ (مقاومت هوا ناچیز است). ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



۳۲ (۴)

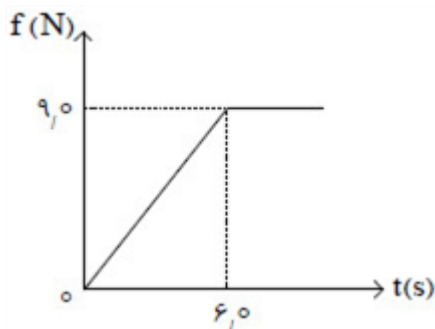
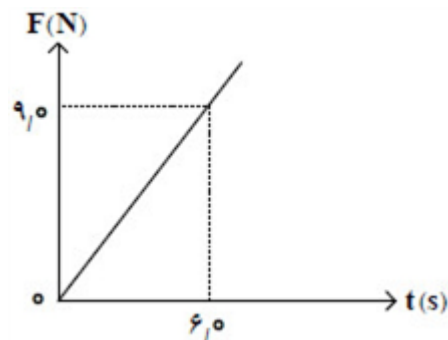
۴۸ (۳)

۲۴ (۲)

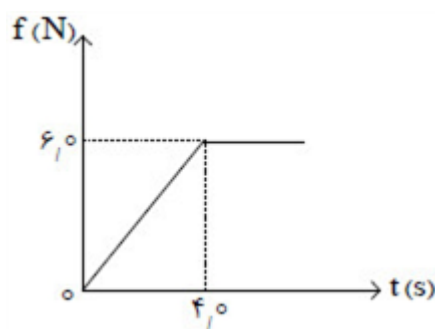
۱۲ (۱)

۵۵

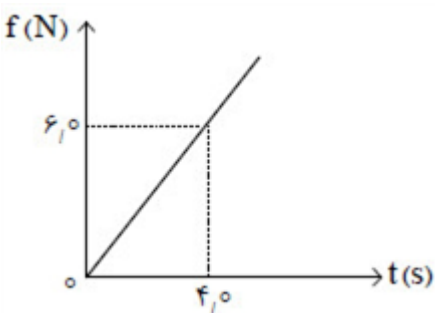
جسمی به جرم  $3 \text{ kg}$  بر روی یک سطح افقی قرار دارد. ضریب اصطکاک بین جسم و سطح برابر با  $0.2$  است. یک نیروی افقی متغیر با زمان، مطابق نمودار زیر، به جسم وارد می‌شود. نمودار نیروی اصطکاک بر حسب زمان کدام است؟ (ضریب اصطکاک جنبشی و ضریب اصطکاک ایستایی یکسان فرض شود و  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



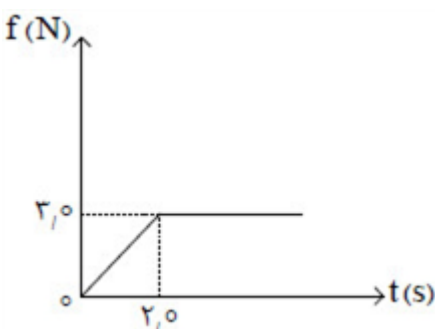
۲



۱



۴



۳

۵۶

در شکل مقابل نردبانی به جرم  $40 \text{ kg}$  را به دیوار بدون اصطکاک تکیه داده‌ایم. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان  $\mu_s = 0.5$  می‌باشد و نردبان در آستانهٔ سر خوردن است، نیرویی که از طرف سطح افقی زمین به نردبان وارد می‌شود، چند نیوتون است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$



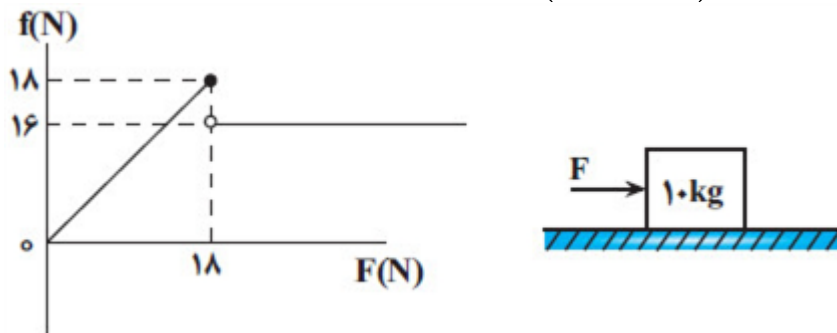
$400\sqrt{5}$  ۴

$200\sqrt{5}$  ۳

$50\sqrt{5}$  ۲

$10\sqrt{5}$  ۱

۵۷) نمودار نیروی اصطکاک  $f$  سطح بر حسب نیروی افقی  $F$  برای جسمی به جرم  $m = 10 \text{ kg}$  مطابق شکل زیر می‌باشد. چه تعداد از گزاره‌های زیر در مورد این جسم درست است؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$



الف) نسبت ضریب اصطکاک جنبشی به ضریب اصطکاک ایستایی بین سطح و جسم برابر  $\frac{8}{9}$  است.

ب) اگر نیروی  $F$  را به تدریج از صفر تا  $10 \text{ N}$  افزایش دهیم، اندازه نیروی اصطکاک ثابت خواهد بود.

ج) به ازای  $F = 18 \text{ N}$ ، این جسم بیش‌ترین نیرو را به تکیه‌گاه وارد می‌کند.

د) اگر  $F = 20 \text{ N}$  را به تدریج کاهش دهیم و به  $F = 16 \text{ N}$  برسانیم، این جسم پس از مدتی متوقف می‌شود.

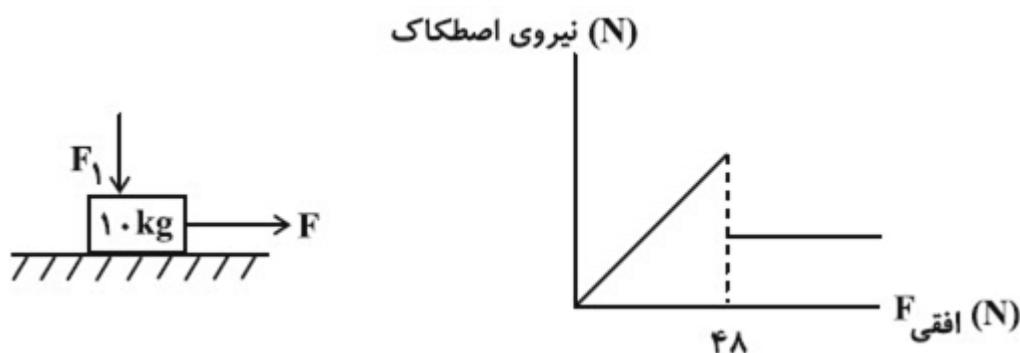
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۵۸) مطابق شکل مقابل، جسمی به جرم  $10 \text{ kg}$  روی سطح افقی با ضرایب اصطکاک  $\mu_s = 0/4$  و  $\mu_k = 0/2$  در حال سکون قرار دارد و نمودار نیروی اصطکاک بر حسب نیروی افقی  $F$  مطابق شکل زیر است. پس از رسیدن به آستانه حرکت، جسم با یک ضربه کوچک و با شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  شروع به حرکت می‌کند. در این حالت نیروی  $F$  چند نیوتون خواهد شد؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$  و  $F_1$  ثابت است.



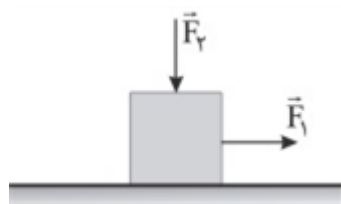
۲۴ (۴)

۳۴ (۳)

۴۰ (۲)

۴۴ (۱)

۵۹) در شکل مقابل وزنه‌ی  $5/5$  کیلوگرمی روی سطح افقی در ابتدا ساکن بوده و ضرایب اصطکاک بین وزنه و سطح افقی  $\mu_s = \frac{3}{4}$  و  $\mu_k = \frac{3}{5}$  است. اگر نیروی افقی  $F_1 = 50 \text{ N}$  و قائم  $F_2 = 25 \text{ N}$  مطابق شکل به وزنه وارد شوند، بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر وزنه در این حالت چند نیوتون است؟  $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$



۶۰ (۴)

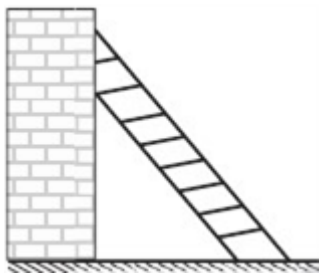
۴۸ (۳)

۵۰ (۲)

۱۰ (۱)

۶۰

مطابق شکل مقابل، نردبانی به جرم  $m$  به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده و در آستانه‌ی لغزش روی سطح افقی دارای ضریب اصطکاک ایستایی  $0/75$  قرار گرفته است. نیرویی که از طرف سطح افقی به نردبان وارد می‌شود، چند برابر وزن نردبان است؟



$$\frac{5}{4} \quad \boxed{4}$$

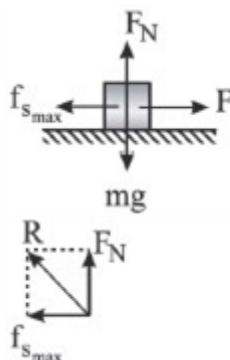
$$\frac{4}{5} \quad \boxed{3}$$

$$\frac{4}{3} \quad \boxed{2}$$

$$\frac{3}{4} \quad \boxed{1}$$

۱ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. هنگام شروع به حرکت شخص، اصطکاک باعث حرکت است و در جهت حرکت به کفش وارد می‌شود، ولی هنگامی که شخص شروع به ایستادن می‌کند اصطکاک باعث ایستادن او می‌شود و خلاف جهت حرکت به کفش وارد می‌شود.

۲ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.  
چون جسم در آستانه‌ی حرکت قرار دارد:

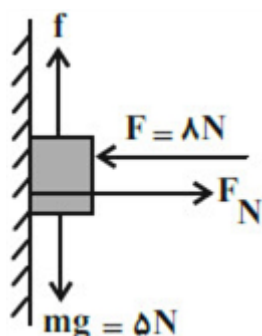


$$F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$$\lambda = \mu_s \times 60 \Rightarrow \mu_s = \frac{4}{3}$$

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_{s,max}^2} = \sqrt{60^2 + 40^2} = 100 \text{ N}$$

۳ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و سپس بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی را به دست می‌آوریم و با نیروی وزن جسم مقایسه می‌کنیم تا مشخص شود جسم ساکن می‌ماند یا حرکت می‌کند.



$$F_{netx} = 0 \Rightarrow F_N - F = 0 \Rightarrow F_N = F = 8 \text{ N}$$

$$f_{s,max} = \mu_s N \xrightarrow{\mu_s = 0.5} f_{s,max} = 0.5 \times 8 = 4 \text{ N}$$

چون  $mg > f_{s,max}$  است، جسم حرکت می‌کند، بنابراین در این حالت نیروی اصطکاک جنبشی به جسم وارد می‌شود که

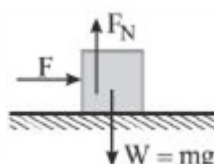
$$f_k = \mu_k N \xrightarrow{\mu_k = 0.4} f_k = 0.4 \times 8 = 3.2 \text{ N}$$

اندازه آن برابر است با:

از طرف دیگر می‌دانیم نیرویی که دیوار بر جسم وارد می‌کند برآیند دو نیروی عمودی تکیه‌گاه و نیروی اصطکاک است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f^2} \Rightarrow R = \sqrt{(8)^2 + (4)^2} = \sqrt{80} = 4\sqrt{5} \text{ N}$$

۴ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



$$f_{s,max} = 100 \text{ N} \Rightarrow \mu_s F_N = 100$$

$$\Rightarrow \frac{5}{7} F_N = 100 \Rightarrow F_N = 140 \text{ N}$$

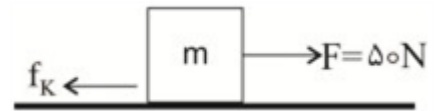
اگر  $F$  به ۱۲۰ نیوتن برسد چون از  $f_{s,max}$  بیش‌تر است قطعاً جسم به حرکت درمی‌آید و اصطکاک وارد بر جسم از نوع جنبشی خواهد شد که طبق نمودار مقدارش ۶۰ نیوتن است.

با توجه به مقادیر  $F_N$  و  $f_k$ ، نیروی وارده از طرف سطح به جسم برابر است با:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} = \sqrt{140^2 + 60^2} = 150 \text{ N}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۵



$$a = \frac{F - f_k}{m} \rightarrow 0.5 = \frac{50 - f_k}{50}$$

$$\begin{cases} a = 0.5 \frac{m}{s^2} \\ m = 50 \text{ kg} \\ g = 10 \\ F = 50 \text{ N} \end{cases} \quad \begin{aligned} 25 &= 50 - f_k \rightarrow f_k = 25 \text{ N} \\ f_k &= mg\mu_k \rightarrow \mu_k = \frac{f_k}{mg} \end{aligned}$$

$$\mu_k = \frac{25}{500} = 0.05$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۶

$$f_k = \mu_k \cdot f_N = 0.2 \times 40 = 8 \text{ N}$$

تنها در صورتی با کاهش نیرو، اندازه شتاب ۲ برابر می‌شود که جهت نیروی برآیند و شتاب عوض شود، پس در حالت دوم، اندازه‌ی اصطکاک بیشتر از نیروی وارده از سوی شخص است و نیروی خالص ۲ برابر حالت نخست می‌شود.

خالص حالت اول  $F = 2 \times F$  خالص حالت دوم

$$8 - F = 2(0 - 8) \Rightarrow \text{جدید } F = 24 \text{ N}$$

$$\text{درصد تغییرات} = \frac{6}{10} \times 100 = 60\%$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا مطابق شکل مقابل، نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. چون جسم در راستای قائم حرکت نمی‌کند، نیروی خالص در این راستا صفر است. بنابراین داریم:

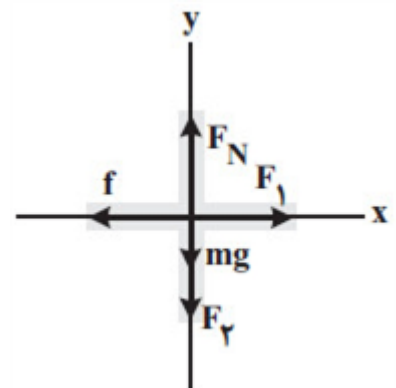
$$F_{\text{net}_y} = 0 \Rightarrow F_N - mg - F_y = 0 \Rightarrow F_N = mg + F_y$$

از طرف دیگر، چون مشخص نیست که جسم حرکت می‌کند یا ساکن می‌ماند، بنابراین دو حالت زیر را برای آن در نظر می‌گیریم:

(۱) اگر  $F_y < f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N = \mu_s (mg + F_y)$  باشد، جسم ساکن می‌ماند. در این حالت با افزایش نیروی  $F_y$ ، نیروی اصطکاک ثابت و برابر  $f_s = F_y$  است.

(۲) جسم در حال حرکت باشد. در این حالت نیروی اصطکاک به صورت  $f_k = \mu_k F_N = \mu_k (mg + F_y)$  ظاهر می‌شود که با افزایش نیروی  $F_y$ ، نیروی اصطکاک نیز افزایش می‌یابد.

بنابراین، با افزایش  $F_y$ ، نیروی اصطکاک می‌تواند تغییر نکند و یا بیشتر شود. یعنی گزینه ۴ صحیح است.



۸

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

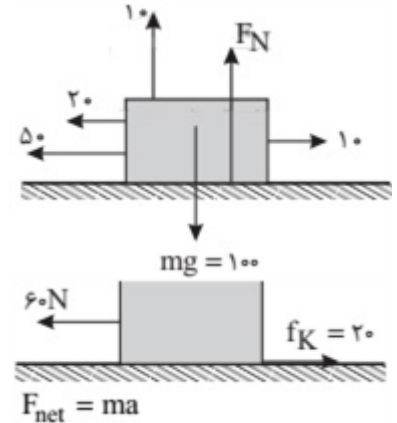
$$F_{\text{net } y} = 0 \Rightarrow F_N + 10 = 100 \Rightarrow F_N = 90(N)$$

$$F_{\text{net } x} (\text{غیر اصطکاک}) = 50 + 20 - 10 = 60(N)$$

از آنجایی که طبق نمودار  $f_{s \text{ max}} = 40(N)$  و نیروی وارده بر جسم  $60(N)$  است بنابراین جسم شروع به حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک مقابل حرکت نیز، نیروی اصطکاک جنبشی است که مطابق نمودار مقدارش  $20(N)$  گزارش شده است.

در نتیجه داریم:

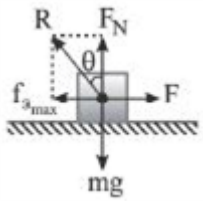
$$60 - 20 = 10a \Rightarrow a = 4 \frac{m}{s^2}$$



۹

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

هنگامی که جسم در آستانه لغزش است، نیروی اصطکاک برابر  $f_{s \text{ max}} = \mu_s F_N$  است و مطابق شکل می‌توان نوشت:



$$f_{s \text{ max}} = \mu_s F_N \Rightarrow \mu_s = \frac{f_{s \text{ max}}}{F_N} = \tan \theta$$

$$\mu_s = \tan \theta \Rightarrow \frac{3}{4} = \tan \theta \Rightarrow \theta = 37^\circ$$

۱۰

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

در حالت اول :  $F - f_k = ma \Rightarrow 100 - f_k = ma$

در حالت دوم :  $2F - f_k = 2ma \Rightarrow 200 - f_k = 2ma$

با تقسیم این دو رابطه بر هم داریم:

$$\frac{100 - f_k}{200 - f_k} = \frac{1}{2} \Rightarrow 200 - 2f_k = 200 - f_k$$

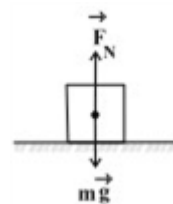
$$100 = 2f_k \Rightarrow f_k = 50N$$

$$f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg \Rightarrow 50 = 0.5 \times m \times 10 \Rightarrow m = 25kg$$

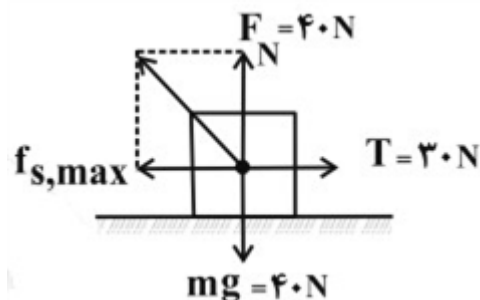
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. وقتی کشش نخ صفر است، نیرویی که سطح تماس به جسم وارد می‌کند (نیروی عمودی

$$F_N = mg = 40\text{ N}$$

سطح)، با اندازه‌ی نیروی وزن برابر است:



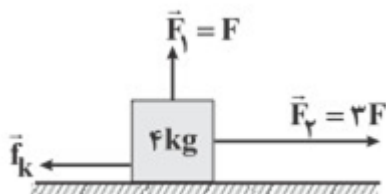
وقتی کشش نخ به  $30\text{ N}$  می‌رسد، نیرویی که تکیه‌گاه وارد می‌کند بیشینه است و در این حالت جسم در آستانه‌ی حرکت قرار دارد. بنابراین اندازه‌ی نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ( $f_{s,\max}$ ) برابر با  $30\text{ N}$  است.



$$f_{s,\max} = \mu_s F_N \Rightarrow 30 = \mu_s \times 40 \Rightarrow \mu_s = 0.75$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به آن‌که شتاب حرکت جسم تغییر نکرده است، نیروی خالص وارد بر جسم در دو حالت برابر است، بنابراین کافی است نیروی خالص را در دو حالت محاسبه کنیم.

قبل از عوض کردن جای نیروها:



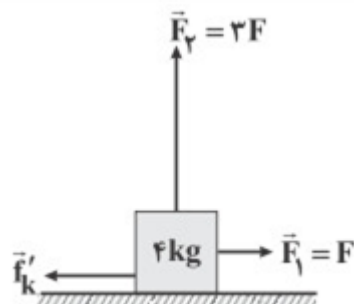
$$f_k = \mu_k F_N = \mu_k (mg - F_1)$$

$$\Rightarrow f_k = \mu_k (40 - F)$$

$$F_{\text{net}} = F_2 - f_k = 3F - \mu_k (40 - F)$$

$$\Rightarrow F_{\text{net}} = F(3 + \mu_k) - 40\mu_k$$

بعد از عوض کردن جای نیروها:



$$f_k' = \mu_k F_N' = \mu_k (mg - F_1')$$

$$\Rightarrow f_k' = \mu_k (40 - 3F)$$

$$F_{\text{net}}' = F_2' - f_k' = F - \mu_k (40 - 3F)$$

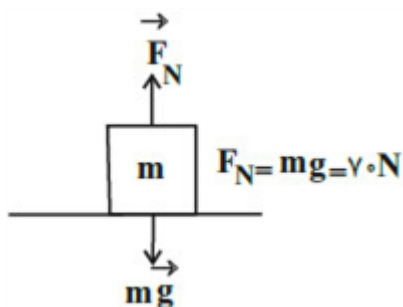
$$\Rightarrow F_{\text{net}}' = F(1 + 3\mu_k) - 40\mu_k$$

بنابراین:

$$F_{\text{net}} = F_{\text{net}}' \Rightarrow F(3 + \mu_k) - 40\mu_k = F(1 + 3\mu_k) - 40\mu_k$$

$$\Rightarrow 3 + \mu_k = 1 + 3\mu_k \Rightarrow \mu_k = 1$$

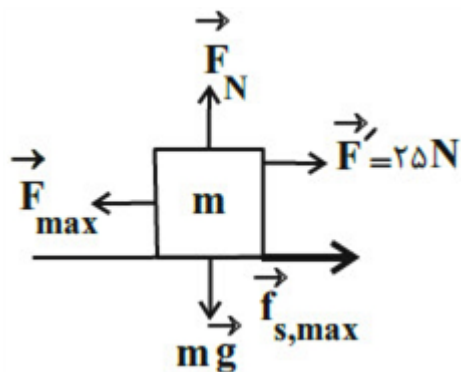
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی را به دست می‌آوریم:



$$F_N = mg = ۷ \times ۱۰ = ۷۰ N$$

$$f_{s,\max} = \mu_s F_N = ۰/۳ \times ۷۰ \Rightarrow f_{s,\max} = ۲۱ N$$

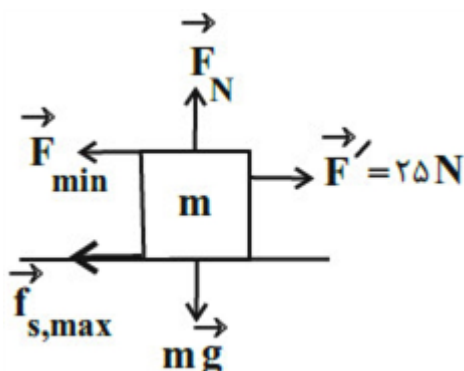
بیشینه نیروی  $\vec{F}$  زمانی است که جسم در آستانه‌ی حرکت به سمت چپ باشد.



$$F_{\max} - F' - f_{s,\max} = ۰$$

$$\Rightarrow F_{\max} - ۲۵ - ۲۱ = ۰ \Rightarrow F_{\max} = ۴۶ N$$

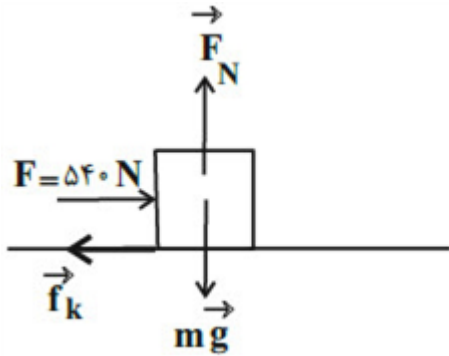
کمینه نیروی  $\vec{F}$  زمانی است که جسم در آستانه‌ی حرکت به سمت راست باشد.



$$F' - F_{\min} - f_{s,\max} = ۰$$

$$\Rightarrow ۲۵ - F_{\min} - ۲۱ = ۰ \Rightarrow F_{\min} = ۴ N$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروهای وارد بر صندوق را رسم می‌کنیم و قانون دوم نیوتون را برای یک دقیقه اول حرکت آن می‌نویسیم:



$$(F_{\text{net}})_y = 0 \Rightarrow F_N = mg = 120 \times 10 = 1200 \text{ N}$$

$$(F_{\text{net}})_x = ma_x \Rightarrow F - f_k = ma_x \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N}$$

$$540 - 0.4 \times 1200 = 120 a_x \Rightarrow a_x = 0.5 \frac{m}{s^2}$$

پس از گذشت یک دقیقه، سرعت صندوق از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v = a_x t + v_0 \Rightarrow v = 0.5 \times 60 + 0 = 30 \frac{m}{s}$$

پس از حذف نیروی  $\vec{F}$  داریم:

$$(F_{\text{net}})_x = ma_x \Rightarrow -f_k = ma_x \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} -\mu_k F_N = ma_x \Rightarrow a_x = -\mu_k g = -0.4 \times 10$$

$$\Rightarrow a_x = -4 \frac{m}{s^2}$$

$$t = \left| \frac{\Delta v}{a_x} \right| = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ s}$$

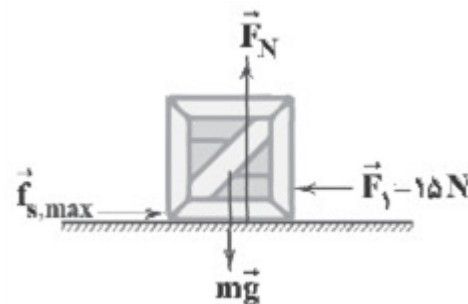
در نتیجه، زمان توقف صندوق بعد از قطع نیروی  $\vec{F}$  برابر است با:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. قانون دوم نیوتون را در مورد هر دو سطح می‌نویسیم:

$$\begin{cases} \text{سطح (۱)}: a_x = \frac{F_{\text{net}_x}}{m} \Rightarrow 3 = \frac{10 - f_{k_1}}{2} \Rightarrow 10 - f_{k_1} = 6 \Rightarrow f_{k_1} = 4 \text{ N} \\ \text{سطح (۲)}: a_y = \frac{F_{\text{net}_y}}{m} \Rightarrow 4 = \frac{10 - f_{k_2}}{2} \Rightarrow 10 - f_{k_2} = 8 \Rightarrow f_{k_2} = 2 \text{ N} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{f_{k_2}}{f_{k_1}} = \frac{2}{4} \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} \frac{\mu_{k_2} \times F_N}{\mu_{k_1} \times F_N} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\mu_{k_2}}{\mu_{k_1}} = \frac{1}{2}$$

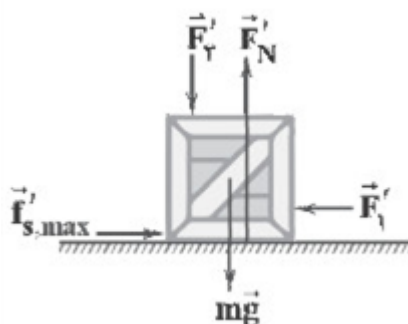
گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا تعادل نیروها را زمانی که فقط نیروی  $\vec{F}_1$  به جعبه وارد می‌شود، بررسی می‌کنیم:



$$F_N = mg = 25 \text{ N} (*)$$

$$f_{s, \max} = 15 \Rightarrow \mu_s \times F_N = 15 \xrightarrow{(*)} \mu_s \times 25 = 15 \Rightarrow \mu_s = 0.6$$

حال برای حالت دوم باید مقدار  $\vec{F}_N$  را محاسبه کنیم و با به دست آوردن اندازه‌ی  $\vec{f}'_{s, \max}$  جدید مقدار  $\vec{F}_1$  جدید را نیز بیابیم:

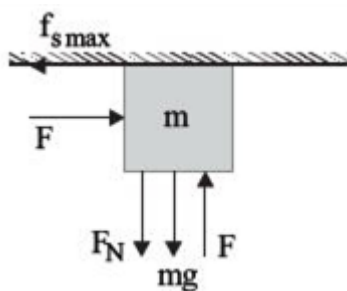


$$F'_N = mg + F_y = 25 + 15 = 40 \text{ N}$$

$$f'_{s, \max} = \mu_s \times F'_N = 0.6 \times 40 = 24 \text{ N} \quad \text{بنابراین:}$$

برای در آستانه‌ی حرکت قرار گرفتن باید  $F'_1 = f'_{s, \max}$  بشود، پس  $F'_1 = 24 \text{ N}$  است، بنابراین باید ۹ نیوتون به نیروی اولیه اضافه شود.

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$F_N = F - mg = F - 300, F = f_{s, \max}$$

$$F = \mu_s (F - 300) \Rightarrow F = 1/4 F - 420 \Rightarrow 3/4 F = 420$$

$$\Rightarrow F = \frac{4200}{4} = 1050 \text{ N}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که مجموع نیروی عمودی و وزن برابر اصطکاک ایستایی است داریم:

$$f_{s \max} = 3/5 + 2/5 = 6$$

$$6 = \mu_s \times 8 \Rightarrow \mu_s = 3/4$$

۱۹

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اول بیشینه‌ی اصطکاک ایستایی را حساب می‌کنیم:

$$f_{s\max} = F_N \times \mu_s = mg \times \mu_s = 20 \times 10 \times 0.3 = 60 \text{ N}$$

پس گزینه‌ی درست این است که اگر نیروی ۵۰ نیوتن به جسم وارد شود، چون  $F < f_{s\max}$  است، جسم ثابت می‌ماند

پس نیروی اصطکاک به همان اندازه  $F$  وارد می‌شود.  $\Rightarrow f_s = F = 50 \text{ N}$

۲۰

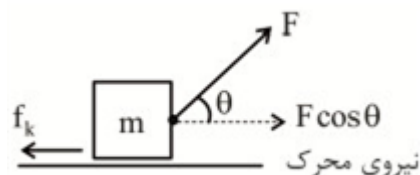
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. معادله شتاب را طبق قانون دوم نیوتن می‌نویسیم:

$$F \cos \theta - f_k = ma$$

$$f_k = F \cos \theta - ma$$

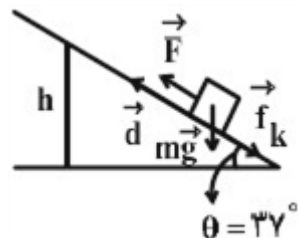
$$f_k = (50 \times 0.6) - (20 \times 1)$$

$$f_k = 30 - 20 = 10 \text{ N}$$



۲۱

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. می‌دانیم که کار نیروی وزن در بالا رفتن جسم برابر است با:



$$W_{mg} = -mgh$$

$$W_{f_k} = f_k d \cos 180^\circ = -f_k d = -\frac{1}{3}mgd$$

کار نیروی اصطکاک برابر است با:

اگر جسم روی سطح به اندازه‌ی  $d$  جابه‌جا شود، ارتفاع آن به اندازه‌ی  $h$  تغییر می‌کند. با توجه به شکل داریم:

$$\sin 37^\circ = \frac{h}{d} \Rightarrow h = 0.6d$$

$$\frac{W_{f_k}}{W_{mg}} = \frac{-\frac{1}{3}mgd}{-mgh} = \frac{\frac{1}{3}d}{0.6d} = \frac{5}{9}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. قبل از حذف نیروی  $F_1$ :

$$\Sigma F = ma$$

$$100 - 80 = 10a \rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$V = at + V_0 = 2 \times 12 = 24 \frac{m}{s}$$

در هنگام حذف نیروی  $F_1$  سرعت حرکت جسم  $24 \frac{m}{s}$  است. بنابراین وقتی نیروی  $F_1$  حذف می‌شود می‌توان گفت:

$$\Sigma F = ma \rightarrow -60 - 20 = 10a$$

$$a = -8 \frac{m}{s^2}$$

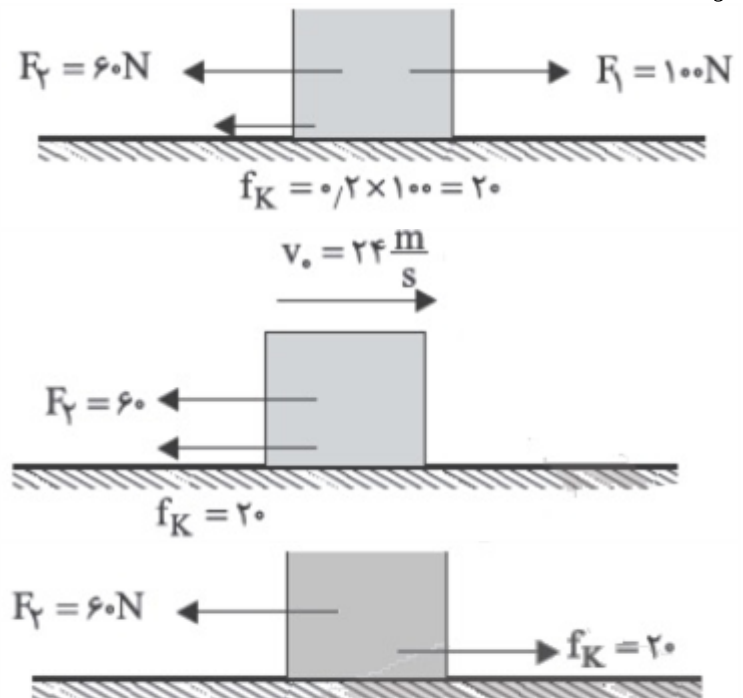
چون سرعت در لحظه‌ی حذف نیروی  $F_1$ ،  $24 \frac{m}{s}$  است و در این لحظه حرکت با شتاب  $8 \frac{m}{s^2}$  کند می‌شود. پس ۳ ثانیه

طول می‌کشد تا جسم متوقف شود و بعد از آن نیروی  $F_1$  می‌خواهد جسم را برگرداند چون  $F_2 = 60 N$  بوده و از  $F_{sm} = 0/3 \times 100 = 30 N$  بیشتر است. پس حجم برمی‌گردد و باید ببینیم بعد از ۲ ثانیه سرعت آن چند متر بر ثانیه

می‌گردد:

$$\Sigma F = ma \rightarrow 60 - 20 = 10a \rightarrow a = 4 \frac{m}{s^2}$$

$$V = at + V_0 = 4 \times 2 + 0 = 8 \frac{m}{s}$$



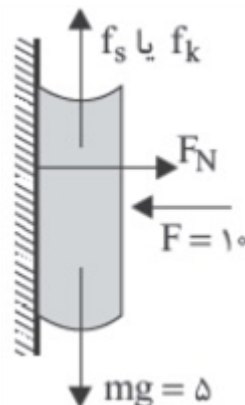
$$F_N = F = ۱۰N$$

$$f_{sm} = \mu_s F_N = ۰/۶ \times ۱۰ = ۶N$$

$$mg = ۵ < f_{sm}$$

پس کتاب به سمت پایین حرکت نکرده و اصطکاک آن از نوع ایستایی است. پس نیروی اصطکاک همان اندازه وزن

$$f_s = ۵N \text{ است.}$$



$$F_{\max} = f_{s,\max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$$F_{\text{net}} = F_{\max} - f_k = \mu_s mg - \mu_k mg$$

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow (\mu_s - \mu_k)g = a \Rightarrow a = (۰/۸ - ۰/۷۵) \times ۱۰ \Rightarrow a = ۰/۵ \frac{m}{s^2}$$

$$R = \sqrt{f_k^2 + F_N^2} = \text{نیروی که جسم به سطح وارد می‌کند}$$

$$= \sqrt{(\mu_k mg)^2 + (mg)^2}$$

$$R = mg \sqrt{\mu_k^2 + 1} \Rightarrow \frac{R}{mg} = \sqrt{\left(\frac{۳}{۴}\right)^2 + 1} = \sqrt{\frac{۲۵}{۱۶}} = \frac{۵}{۴}$$

$$\frac{R}{mg} = ۱/۲۵ \Rightarrow \text{نیروی که جسم به سطح وارد می‌کند، ۲۵\% بیشتر از وزن است.}$$

با توجه به معادله‌ی سرعت داده شده ابتدا شتاب حرکت را حساب می‌کنیم:

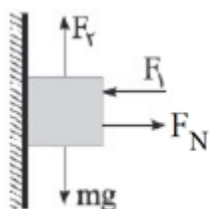
$$V = t + ۲ \Rightarrow a = ۱ \frac{m}{s^2}$$

اکنون با توجه به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{F - f_k}{m} \Rightarrow ۱ = \frac{۸۰ - f_k}{۸} \Rightarrow f_k = ۷۲ N$$

نیروی که از طرف سطح بر جسم اثر می‌کند، در این حالت برابر است با:

$$R = \sqrt{f_k^2 + F_N^2} = \sqrt{(۷۲)^2 + (۸۰)^2} = ۸\sqrt{۱۸۱} N$$



$$F_N = F_x = 50 \text{ N}$$

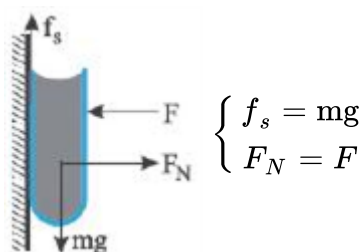
$$f_{\text{max}} = \mu_s F_N = 25 \text{ N}$$

$$F_y = 80 - 60 = 20 \text{ N} \text{ برآیند نیروها در راستای قائم}$$

$$F_y < f_{\text{max}} \Rightarrow \text{جسم ساکن} \Rightarrow f_s = 20 \text{ N}$$

$$\begin{cases} \text{Force triangle: } f_s \text{ (vertical), } F_N \text{ (horizontal), } R \text{ (hypotenuse)} \\ R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2} = 10 \cdot \sqrt{29} \text{ N} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f_s = 20 \text{ N} \\ F_N = 50 \text{ N} \end{cases}$$

ابتدا نیروی وارد بر کتاب را رسم می‌کنیم. چون کتاب ساکن است، رابطه زیر بین نیروهای وارد بر جسم برقرار است:



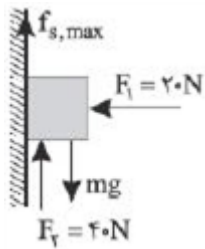
با افزایش نیروی  $F$ ، جسم همچنان ساکن باقی می‌ماند و نیروی اصطکاک وارد بر کتاب باز هم همان‌اندازه با نیروی وزن کتاب خواهد بود. (رد گزینه‌های ۱ و ۳)

با توجه به شکل زیر، نیرویی که کتاب به سطح دیوار وارد می‌کند،  $(\vec{R})$  با سطح دیوار زاویه  $\theta$  می‌سازد که داریم:

$$\text{افزایش: } \tan \theta = \frac{F_N}{f_s} \xrightarrow[\text{ثابت: } f_s]{\text{افزایش: } F_N = F} \tan \theta$$

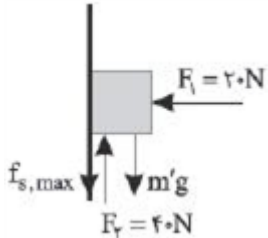
بنابراین  $\theta$  نیز افزایش می‌یابد و گزینه (۴) پاسخ درست است.

با توجه به شکل، نیروهای وارد بر جسم در حالت اول می‌توان نوشت:



$$F_{\text{net}_y} = 0 \Rightarrow F_r + f_{s,\text{max}} = mg \Rightarrow 40 + f_{s,\text{max}} = 55 \Rightarrow f_{s,\text{max}} = 15 \text{ N}$$

در حالت دوم با توجه به شکل نیروهای وارد بر جسم داریم:



$$F_{\text{net}_y} = 0 \Rightarrow F_r' = f_{s,\text{max}} + m'g \Rightarrow 40 = 15 + m'g \Rightarrow m' = 2/5 \text{ kg}$$

$$\frac{m'}{m} = \frac{2/5}{5/5} = \frac{2}{5}$$

با توجه به معادله حرکت داده شده، شتاب حرکت را حساب می‌کنیم:

$$x = -2t^2 + 10t + 4 \Rightarrow a = -4 \frac{m}{s^2}$$

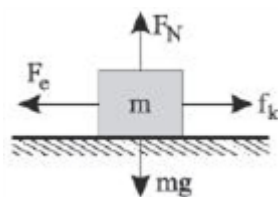
با استفاده از قانون دوم نیوتن می‌توان نوشت:

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} \Rightarrow -4 = \frac{F_{\text{net}}}{4} \Rightarrow F_{\text{net}} = -16 \text{ N}$$

تنها نیروی مؤثر وارد بر جسم نیروی اصطکاک است در این صورت داریم:

$$F_{\text{net}} = f_k \Rightarrow 16 = \mu_k F_N \Rightarrow 16 = \mu_k \times 40 \Rightarrow \mu_k = 0.4$$

به مجموعه دوچرخه و دوچرخه‌سوار مانند شکل، ۴ نیرو اثر می‌کند، چون چرخ‌ها در حال چرخش هستند، اصطکاک از نوع جنبشی است. در وضعیتی که چرخ‌ها در جا می‌زنند، شتاب حرکت صفر است.



به جهت  $\vec{f}_k$  دقت کنید که در جهت حرکت اولیه و در خلاف جهت نیروی کشسانی است. چرخ عقب می‌خواهد سطح تکیه‌گاه را توسط اصطکاک به عقب براند (به سمت چپ)، عکس‌العمل این نیرو  $f_k$  است که از طرف سطح تکیه‌گاه به چرخ اثر می‌کند. (چرخ عقب متصل به زنجیر است و نیروی محرکه رکاب زدن به چرخ عقب وارد می‌شود).

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-F_e + f_k = 0 \Rightarrow f_k = F_e$$

$$\mu_k F_N = k \Delta x \quad (۱)$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_N = mg = 900 \text{ N}$$

$$(۱) \Rightarrow \mu_k \times 900 = 600 \times 0/6 \Rightarrow \mu_k = 0/6$$

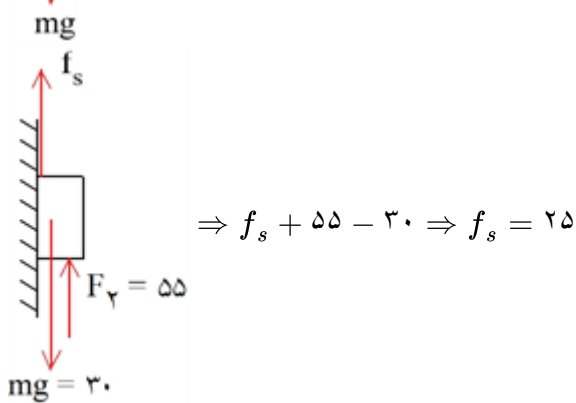
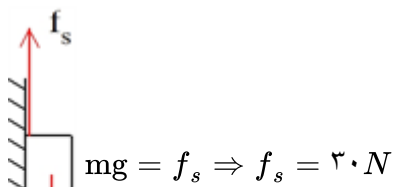
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در این‌جا سرعت اولیه  $(v_1)$ ، سرعت نهایی  $(v_2)$ ، نیروها  $(f_k, F)$ ، جابه‌جایی  $d$  و زاویه‌ی بین نیروها و جابه‌جایی  $(\theta)$  تمام کمیت‌هایی هستند که در این مسئله داریم و از ما نیروی اصطکاک را می‌خواهد. به کمک قضیه‌ی کار - انرژی جنبشی که رابطه‌ای بین تمام این کمیت‌ها برقرار می‌کند، نیروی اصطکاک را به صورت زیر به دست می‌آوریم (کار نیروی وزن و عمودی سطح صفر است):

$$W_F = Fd \cos \theta \xrightarrow{F=400 \text{ N}, \theta=37^\circ, d=1/6 \text{ m}} W_F = 400 \times 1/6 \times 0/8 = 51/2 \text{ J}$$

$$W_{\text{کل}} = W_F + W_{f_k} = \Delta K \Rightarrow W_F - f_k d = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

$$\xrightarrow{m=4 \text{ kg}, v_1=0, v_2=4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, W_F=51/2 \text{ J}, d=1/6 \text{ m}} 51/2 - 1/6 f_k = \frac{1}{2} \times 4 \times (4^2 - 0)$$

$$\Rightarrow 1/6 f_k = 19/2 \Rightarrow f_k = 12 \text{ N}$$



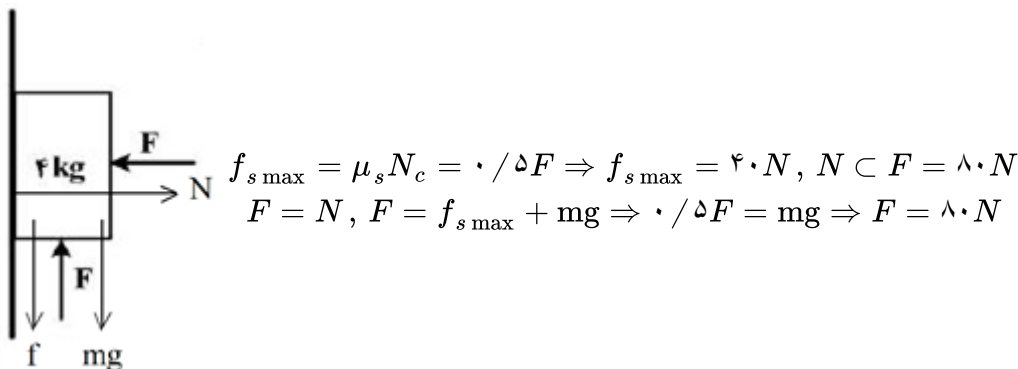
$$F_R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2} = \sqrt{25^2 + 60^2} = 65\text{ N}$$

چون کمتر از ۳۰ است قطعاً ساکن است.

$$F - f_k = ma \Rightarrow F - (0.2 \times 160 \times 10) = 160 \times 0.25 \Rightarrow F = 360\text{ N}$$

$$\text{حالت دما: } F - f'_k = m'(2a) \Rightarrow 360 - (0.2 \times 10 \times m') = 0.5m' \Rightarrow m' = 144\text{ kg}$$

$$\Delta m = 144 - 160 = -16\text{ kg}$$



$$\text{اگر } F' = 60\text{ N}$$

$$f_{s \max} = 0.5 \times 60 = 30\text{ N} \Rightarrow f_{s \max} + mg = 70\text{ N} > 60\text{ N} \Rightarrow N = F = 60\text{ N}$$

$$F' = mg + f_s \Rightarrow 60 = 40 + f_s \Rightarrow f_s = 20\text{ N}$$

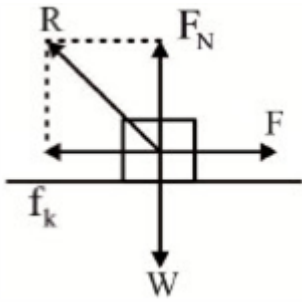
پس جسم ساکن می‌ماند.

$$R = \sqrt{f_s^2 + N^2} \quad \text{حال عکس العمل سطح را حساب می‌کنیم:}$$

$$R = \sqrt{(40)^2 + (80)^2} = 40\sqrt{5}$$

$$R' = \sqrt{(60)^2 + (20)^2} = 20\sqrt{10} \Rightarrow \frac{R'}{R} = \frac{20\sqrt{10}}{40\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. از آنجا که جسم با سرعت ثابت در حال حرکت است، پس:



$$f_k = F = kx \Rightarrow f_k = 300 \times \frac{3}{100} = 9 \text{ N}$$

نیروی سطح R برابر دو نیروی عمودی سطح ( $F_N$ ) و اصطکاک ( $f_k$ ) است:

$$R^2 = f_k^2 + F_N^2 \Rightarrow 15^2 = 9^2 + F_N^2 \Rightarrow F_N = 12 \text{ N}$$

اکنون به سادگی می‌توانیم مقدار ضریب اصطکاک جنبشی را تعیین کنیم:

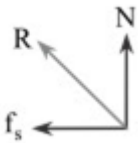
$$f_k = \mu_k F_N = 9 = \mu_k \times 12 \Rightarrow \mu_k = 0.75$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$f_{s \max} = \mu_s N = (1)(80) = 80 \text{ N}$$

$$f_k = \left(\frac{1}{2}\right)(80) = 40 \text{ N}$$

با توجه به اینکه نیروی  $F$  نمی‌تواند جعبه را در آستانه‌ی حرکت قرار بدهد، بنابراین نیروی اصطکاک در حد  $40 \text{ N}$  باقی می‌ماند.



$$R = \sqrt{f_s^2 + N^2} = \sqrt{40^2 + 80^2} = 100 \text{ N}$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. حداقل نیرویی که جسم را به حرکت درمی‌آورد برابر  $f_{s \max}$  است:

$$F = f_{s \max} = \mu_s N = \mu_s mg = 0.9 \times 10 \times 10 = 90 \text{ N}$$

با حرکت کردن جسم، نیروی  $F$  تغییر نمی‌کند ولی نیروی اصطکاک کم شده و برابر  $f_k$  می‌شود که در این صورت می‌توان  $F_{\text{Net}}$  و از روی آن شتاب را به دست آورد.

$$a = \frac{F_{\text{Net}}}{m} = \frac{F - f_k}{m} = \frac{90 - \mu_k mg}{10} = \frac{90 - 0.6 \times 100}{10} = \frac{30}{10} = 3 \frac{m}{s^2}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.  $72 \frac{km}{h}$  معادل  $20 \frac{m}{s}$  است. جعبه هم همراه کامیون از سرعت  $20 \frac{m}{s}$  به سرعت صفر

رسیده است. نیرویی که به جعبه وارد شده و سرعت آنرا کم کرده نیروی اصطکاک ایستایی است. کم‌ترین مسافت ترمز نیاز به بیش‌ترین نیروی اصطکاک دارد می‌توان شتاب کندکننده‌ی بیشینه ناشی از اصطکاک بیشینه را حساب کرد:

$$|a_{\max}| = \frac{|F_{\text{Net}}|}{m} = \frac{f_{s \max}}{m} = \frac{\mu_s N}{m} = \mu_s g = 0.5 \times 10 = 5 \frac{m}{s^2}$$

با این شتاب می‌توان مسافت کمینه‌ی توقف را به دست آورد:

$$v_{\text{نهایی}}^2 - v_{\text{ابتدایی}}^2 = 2 \times a_{\max} \times \Delta x_{\min} \Rightarrow 0^2 - 20^2 = 2 \times -5 \times \Delta x_{\min} \Rightarrow \Delta x_{\min} = \frac{-400}{-10} = 40 \text{ m}$$

۳۹

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. نیروی  $F$  را به مؤلفه افقی و عمودی اش  $F_x$  و  $F_y$  تجزیه می‌کنیم.

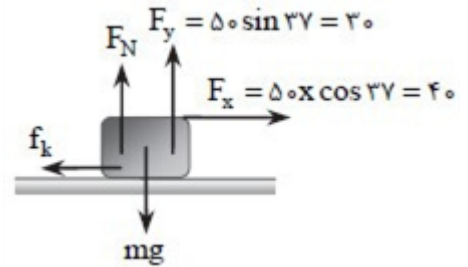
نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند شامل دو نیروی  $F_N$  و اصطکاک جنبشی  $f_k$  است. نیروی  $F_N$  بر جابه‌جایی عمود است و کاری انجام نمی‌دهد. پس کافی است کار  $f_k$  را پیدا کنیم. ابتدا مقدار  $f_k$  را می‌یابیم.

$$f_k = \mu_k F_N = \mu_k (mg - F_y) = 0.5(50 - 30) = 10 \text{ N}$$

حالا کار  $f_k$  در  $5m$  جابه‌جایی محاسبه می‌شود:

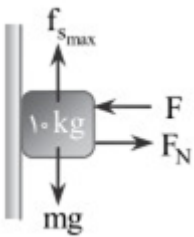
$$W_{f_k} = f_k \times \Delta x \times \cos \theta = 10 \times 5 \times \cos 180 = -50 \text{ J}$$

گزینه‌ی ۲ دامی است برای کسانی که حواسشان نیست نیروی سطح شامل اصطکاک هم می‌شود.



۴۰

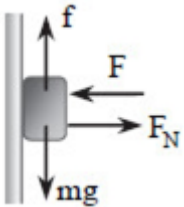
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در راستای عمودی شتاب ۲ به سمت پایین داریم، پس:



$$\begin{aligned} mg - f_{s_{\max}} &= ma \\ 100 - f_{s_{\max}} &= 10 \times 2 \Rightarrow f_{s_{\max}} = 80 \text{ N} \\ f_{s_{\max}} &= \mu_s \cdot F_N \Rightarrow F_N = 160 \text{ N} \\ F_{\text{net}} &= 0 \Rightarrow F = F_N = 160 \text{ N} \end{aligned}$$

۴۱

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به رسم نیروها داریم:



$$f_{s_{\max}} = mg \Rightarrow f_{s_{\max}} = \mu_s F_{N_1} = \mu_s F_1$$

در حالت دوم با توجه به سرعت ثابت داریم:

$$F_{\text{net}y} = 0 \Rightarrow f_k = mg \Rightarrow f_2 = f_k = \mu_k F_{N_2} = \mu_k F_2$$

$$mg = f_1 = f_2 \Rightarrow \mu_k F_2 = \mu_s F_1 \xrightarrow{\mu_s > \mu_k} F_2 > F_1$$

با توجه به رابطه داریم:

۴۲

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\Rightarrow f_s = 50 \text{ N} \Rightarrow R_1 = \sqrt{50^2 + 100^2} = 50\sqrt{5} \Rightarrow f_s = 50 \text{ N} \Rightarrow R_2 = \sqrt{200^2 + 50^2} = 50\sqrt{17}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sqrt{17}}{\sqrt{5}} = \sqrt{\frac{17}{5}}$$

۴۳

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

الف) نادرست است. اگر سرعت جسم ثابت باشد هم می‌توان گفت نیروها متوازن است.

ب) کلمه «جمع برداری» باید آورده شود. نادرست است.

پ) صحیح است.  $a = g - \frac{f}{m}$  با افزایش  $v$  و  $f$ ، شتاب کاهش می‌یابد.

ت) نیروی شناوری با نیروی مقاومت هوا متفاوت است. نادرست است.

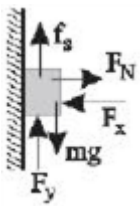
ث) با کوچک‌ترین لغزشی بدون اصطکاک جسم حرکت می‌کند. درست است.

۴۴

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در راه رفتن، جهت نیروی اصطکاک، هم جهت با جهت حرکت است. جهت نیروی خالص وارد بر یک جسم، الزاماً هم جهت با جهت شتاب آن جسم است. در صورتی که نیروی خالص وارد بر یک جسم صفر باشد، اگر جسم ساکن است، ساکن می‌ماند و اگر در حال حرکت است، با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۴۵

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$F_x = 40 \text{ N}$$

$$\Rightarrow f_{s \max} = \mu_s \times F_N = 0.5 \times 40 = 20 \text{ N}$$

$$mg = 50 \text{ N}$$

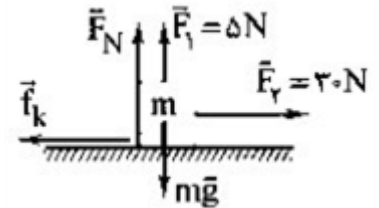
$$F_y = 30 \text{ N}$$

چون  $mg = f_{s \max}$  است، پس جسم در آستانه حرکت رو به پایین است.

۴۶

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

گام اول: نیروهای واردشده به جسم را رسم می‌کنیم:

گام دوم: به کمک قانون دوم نیوتون در راستای افقی، مقدار  $f_k$  را به دست می‌آوریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_y - f_k = ma \Rightarrow 30 - f_k = 5m \Rightarrow f_k = 30 - 5m$$

گام سوم: با توجه به این‌که برابری نیروهای وارنده به جسم در راستای قائم صفر است، مقدار  $F_N$  را پیدا می‌کنیم:

$$F_N = mg - F_y \Rightarrow F_N = 10m - 5$$

گام چهارم: طبق صورت سؤال، اندازه‌ی برابری نیروهای  $f_k$  و  $F_N$  (نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند) برابر  $25 \text{ N}$ 

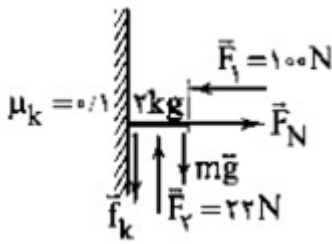
است، بنابراین داریم:

$$25 = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} \Rightarrow 25 = \sqrt{(10m - 5)^2 + (30 - 5m)^2}$$

با حل کردن معادله‌ی بالا مقدار  $m$  برابر  $2 \text{ kg}$  به دست می‌آید. البته توصیه می‌شود به جای حل کردن این معادله، مقادیر

داده‌شده در گزینه‌ها را در این معادله امتحان کنید.

گام اول: نیروهای وارد شده به جسم را رسم کرده و اندازه‌ی نیروی اصطکاک جنبشی وارد شده به جسم را محاسبه می‌کنیم:



$$F_N = F_1 = 100 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.1 \times 100 = 10 \text{ N}$$

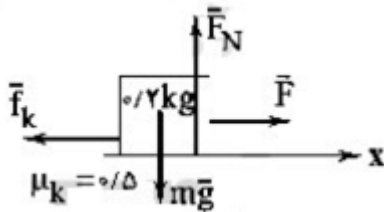
گام دوم: شتاب حرکت جسم را به کمک قانون دوم نیوتون به دست می‌آوریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_y - f_k - mg = ma \Rightarrow 22 - 10 - 20 = 2a \Rightarrow a = -4 \frac{m}{s^2}$$

گام سوم: در لحظه‌ی تغییر جهت، تندی حرکت جسم صفر می‌شود، بنابراین داریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -4(t) + 12 \Rightarrow t = 3 \text{ s}$$

گام اول: اندازه‌ی نیروی عمودی سطح و اصطکاک جنبشی وارد شده به جسم را به دست می‌آوریم:



$$F_N = mg = 20 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.5(20) = 10 \text{ N}$$

گام دوم: با توجه به اینکه جسم در ابتدا با تندی ثابت در حال حرکت بوده است، نتیجه می‌گیریم که  $F = f_k$  می‌باشد و در سه ثانیه‌ی اول حرکت شتاب حرکت جسم صفر بوده و جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. اما در سه ثانیه‌ی دوم حرکت، اندازه‌ی نیروی  $\vec{F}$  کاهش یافته است و در نتیجه با توجه به اینکه اندازه‌ی نیروی  $\vec{F}$  کمتر از  $\vec{f}_k$  می‌شود، حرکت جسم کندشونده خواهد شد و شتاب حرکت جسم در این بازه‌ی زمانی برابر است با:

$$F' - f_k = ma \Rightarrow 0.6 - 1 = 0.2a \Rightarrow a = -2 \frac{m}{s^2}$$

گام آخر: اگر معادله‌ی  $v = at + v_0$  را در بازه‌ی زمانی  $t_1 = 3 \text{ s}$  تا  $t_2 = 4 \text{ s}$  بنویسیم، می‌توانیم تندی حرکت جسم را در لحظه‌ی  $t_2 = 4 \text{ s}$  به صورت زیر به دست آوریم:

$$v = at + v_0 = (-2)(1) + 12 = 10 \frac{m}{s}$$

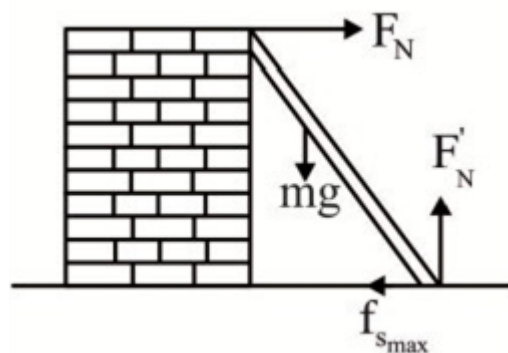
$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_N = f_{s_{\max}}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F'_N = mg$$

$$f_{s_{\max}} = \mu_s F'_N = 0.75 \times 80 = 60 \text{ N}$$

$$F'_N = mg = 80 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{f_{s_{\max}}^2 + F'^2_N} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100 \text{ N}$$



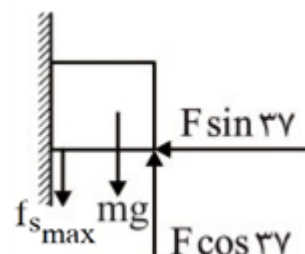
بیشترین مقدار  $F$  زمانی است که جسم در آستانه لغزش به طرف بالا باشد.

$$f_{s_{\max}} = \mu_s F_N = 0.5 \times F \sin 37^\circ$$

$$f_{s_{\max}} = 0.3F$$

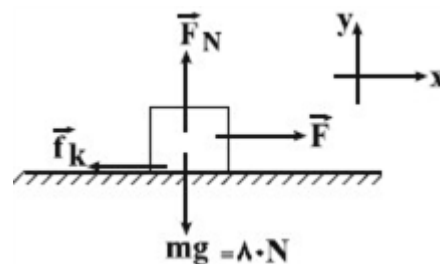
$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow F \cos 37^\circ = mg + f_{s_{\max}} \Rightarrow 0.8F = 50 + 0.3F$$

$$\Rightarrow 0.5F = 50 \Rightarrow F = \frac{50}{0.5} = 100 \text{ N}$$



۵۱

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



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

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

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

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:

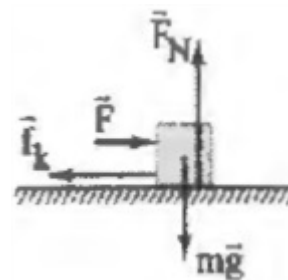
$$R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} = \sqrt{۸۰^2 + ۶۰^2} = ۱۰۰ N$$

۵۲

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا شتاب حرکت جعبه بر روی سطح زمین را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_i t \xrightarrow[v_i = 0]{\Delta x = ۹ m, t = ۳ s} ۹ = \frac{1}{2} \times a \times ۳^2 + 0 \Rightarrow a = \frac{۲}{3} \frac{m}{s^2}$$

با توجه به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:



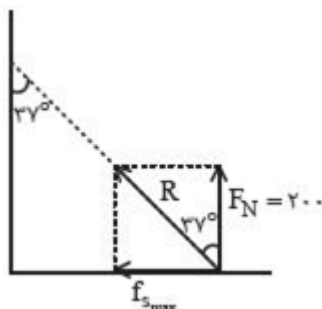
$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_k = ma$$

$$\Rightarrow F - \mu_k \times F_N = ma \xrightarrow{F_N = mg = ۸۰ \times ۱۰} F - \frac{1}{4} \times ۸۰۰ = ۸۰ \times \frac{۲}{3}$$

$$\Rightarrow F - ۲۰۰ = ۱۶۰ \Rightarrow F = ۳۶۰ N$$

۵۳

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



$$\frac{f_{s_{\text{max}}}}{F_N} = \tan ۳۷^\circ = \frac{۳}{۴} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{\mu_s \times F_N}{F_N} \Rightarrow \mu_s = \frac{۳}{۴} = ۰/۷۵$$

۵۴

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. حداکثر نیروی جلوبرنده شخص، نیروی اصطکاک ایستایی حداکثر او با زمین است.

$$F_{\max} = f_{s \max} = \mu_s mg = 0.8 \times 500 = 400 \text{ N}$$

$$F - f_k = ma \Rightarrow 400 - 0.1 \times 1000 = 100 \times a \Rightarrow 400 - 100 = 100a \Rightarrow a = 3 \frac{m}{s^2}$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 16 = 24 \text{ m}$$

$$f_{s \max} = \mu_s F_N = 0.2 \times 30 = 6 \text{ N}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$f_k = 6 \text{ N (ثابت)}$$

$$f_s = F \text{ (متغیر)}$$

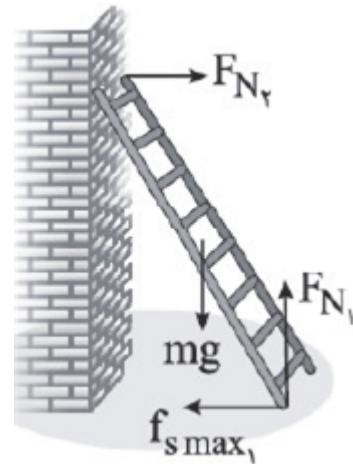
۵۵

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\begin{cases} f_{s \max} = \mu_s F_{N_1} \\ F_{N_1} = mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f_{s \max} = 0.5 \times 400 = 200 \text{ N} \\ F_{N_1} = 400 \text{ N} \end{cases}$$

$$R_1 = \sqrt{F_{N_1}^2 + f_{s \max}^2}$$

$$R = \sqrt{200^2 + 400^2} = 200 \sqrt{1^2 + 2^2} = 200 \sqrt{5} \text{ N}$$



۵۶

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. مطابق نمودار داده شده به ازای  $F = 18 \text{ N}$ ، جسم در آستانه لغزش است، پس

$$f_k = \mu_k F_N = 16 \text{ و } f_{s \max} = \mu_s F_N = 18 \text{ است.}$$

$$\frac{\mu_k F_N}{\mu_s F_N} = \frac{16}{18} = \frac{8}{9}$$

بنابراین گزاره الف صحیح است.

گزاره ب نادرست است، زیرا به ازای  $0 \leq F \leq 18$  جسم ساکن است و طبق قانون اول نیوتون  $F_{\text{net}} = 0$  می باشد و با افزایش  $F$ ، نیروی اصطکاک هم زیاد می شود.

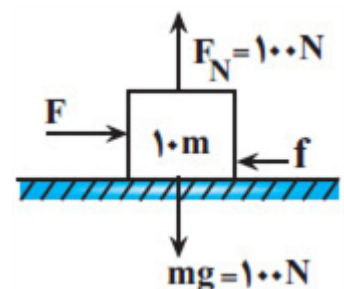
$$f_{\max} = 18 \text{ N به ازای } R = \sqrt{f^2 + F_N^2} \text{ : نیرویی که جسم به تکیه گاه می دهد.}$$

بیشترین مقدار است.

گزاره د نادرست است زیرا هنگامی که جسم در حال حرکت می باشد و  $F_{\text{net}} = 0$  شود طبق قانون اول نیوتون جسم با

$$\left. \begin{matrix} F = 16 \\ f_k = 16 \end{matrix} \right\} \rightarrow F_{\text{net}} = 0$$

سرعت ثابت به حرکتش ادامه می دهد.



۵۸

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به نمودار می‌توان نوشت:

$$f_{s,\max} = 48\text{ N} \Rightarrow \mu_s F_N = 48 \Rightarrow 0.4 F_N = 48 \Rightarrow F_N = 120\text{ N}$$

$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow f_k = \frac{2}{10} \times 120 = 24\text{ N}$$

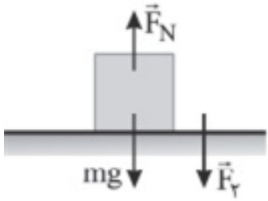
حال می‌توان نیروی اصطکاک جنبشی را محاسبه کرد:

در گام آخر می‌توان طبق قانون دوم نیوتون، نوشت:

$$F - f_k = ma \Rightarrow F - 24 = 10 \times 2 \Rightarrow F = 44\text{ N}$$

۵۹

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



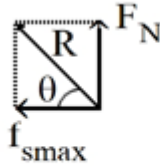
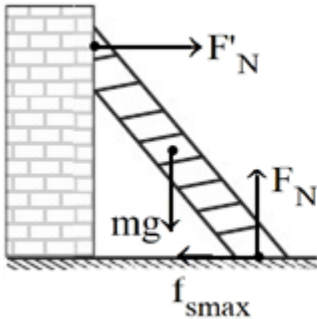
$$\text{در راستای قائم: } F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow F_N = mg + F_1 = 80\text{ N}$$

$$f_{s,\max} = \mu_s \cdot F_N = \frac{3}{4} \times 80 = 60\text{ N}$$

$$F_1 < f_{s,\max} \Rightarrow \Rightarrow f_s = F_1 = 50\text{ N}$$

۶۰

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



$$F_N = mg, f_{s,\max} = \mu_s \times F_N = \frac{3}{4} mg$$

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_{s,\max}^2} = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{3}{4} mg\right)^2}$$

$$R = \frac{5}{4} mg \Rightarrow \frac{R}{mg} = \frac{5}{4}$$

|    |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|
| 1  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 22 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 23 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 24 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 25 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 26 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 27 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 28 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 29 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 30 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 31 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 32 | 1 | 2 | 3 | 4 |

|    |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|
| 33 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 34 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 35 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 36 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 37 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 38 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 39 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 40 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 41 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 42 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 43 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 44 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 45 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 46 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 47 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 48 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 49 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 50 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 51 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 52 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 53 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 54 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 55 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 56 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 57 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 58 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 59 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 60 | 1 | 2 | 3 | 4 |

