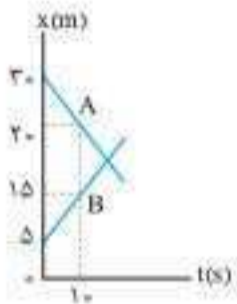


۲۷۲. در شکل روبه‌رو، پاره خط MN در نقطه M بر نمودار مکان-زمان متحرک مماس شده است. اگر اندازه سرعت متوسط متحرک از ابتدای حرکت تا لحظه $t = ۶s$ برابر با $۱۰ m/s$ باشد، بزرگی شتاب متوسط متحرک در ۶ ثانیه اول حرکت چند متر بر مجذور ثانیه است؟

- ۴ (۱)
- ۲/۵ (۲)
- ۶ (۳)
- ۱۲/۵ (۴)

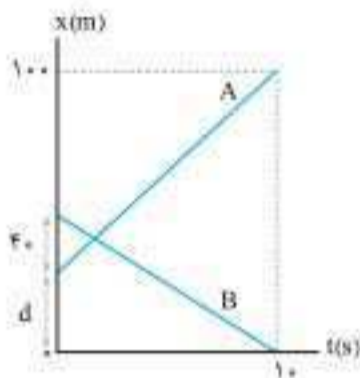
۲۷۳. متحرکی که در مسیر مستقیم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، در لحظه $t_1 = ۲s$ از مکان $x_1 = +۱۰m$ و در لحظه $t_2 = ۵s$ از مکان $x_2 = -۵m$ عبور می‌کند. معادله حرکت متحرک در SI کدام است؟

- (۱) $x = -۵t + ۲۰$
- (۲) $x = -۵t + ۱۰$
- (۳) $x = -۳t + ۵$
- (۴) $x = -۳t + ۱۰$



۲۷۴. نمودار مکان-زمان دو متحرک A و B مطابق شکل است. دو متحرک در چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه به یکدیگر می‌رسند؟

- ۱۱ (۱)
- ۱۲/۵ (۲)
- ۱۳/۵ (۳)
- ۱۵ (۴)



۲۷۵. نمودار مکان-زمان دو متحرک مطابق شکل است. بزرگی اختلاف سرعت دو متحرک A و B چند متر بر ثانیه است؟

- ۱۶ (۱)
- ۱۴ (۲)
- صفر (۳)
- (۴) به مقدار d بستگی دارد.

۲۷۶. در شکل مقابل دو متحرک A و B همزمان از دو انتهای یک خط راست به طرف یکدیگر، با سرعت‌های ثابت حرکت می‌کنند و همزمان از نقطه O عبور می‌کنند. مدت زمان پیمودن کل مسیر توسط A چند برابر مدت زمان پیمودن کل مسیر توسط متحرک B است؟



- (۱) $\frac{1}{3}$
- (۲) ۳
- (۳) ۴
- (۴) $\frac{4}{3}$

۲۷۷. از فاصله ۲۰ متری یک دیوار، جسمی با سرعت ثابت $۵ m/s$ به طرف دیوار حرکت می‌کند و در لحظه برخورد به آن متوقف می‌شود. ۲ ثانیه بعد از حرکت جسم اول به سمت دیوار، از همان نقطه جسم دیگری با سرعت ثابت $۴ m/s$ به طرف دیوار حرکت می‌کند. در این صورت بیشترین فاصله دو جسم از یکدیگر چند متر خواهد بود؟

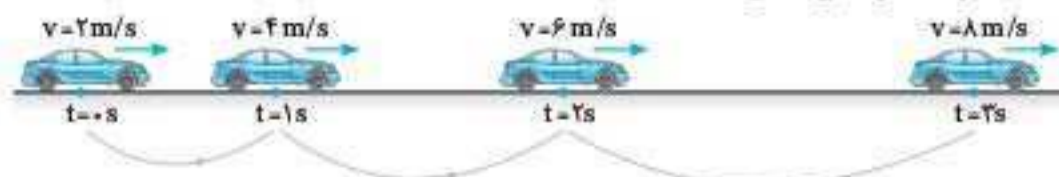
- ۴ (۱)
- ۸ (۲)
- ۱۰ (۳)
- ۱۲ (۴)

۲۷۸. دو متحرک A و B از فاصله $۱۵۰m$ از یکدیگر در دو خط مستقیم و موازی نزدیک به هم، به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند. اگر تندی متحرک‌ها در ضمن حرکت ثابت و به ترتیب $۱۰m/s$ و $۲۰m/s$ باشد، پس از چه مدتی فاصله دو متحرک به $۶۰m$ می‌رسد؟

- (۱) ۳
- (۲) ۵
- (۳) ۷
- (۴) گزینه‌های «۱» و «۳» درست هستند.

ایستگاه ۸: حرکت با شتاب ثابت

دیدیم که اگر سرعت جسم تغییر کند، حرکت را شتاب‌دار می‌نامیم. به عبارت دیگر آهنگ تغییر سرعت را شتاب متوسط نامیدیم. ساده‌ترین نوع حرکت شتاب‌دار، حرکت در مسیر مستقیم با شتاب ثابت است، یعنی آهنگ تغییر سرعت جسم در هر بازه زمانی دلخواه، یکسان است. به بیان دیگر «در حرکت با شتاب ثابت، در هر بازه زمانی دلخواه شتاب متوسط مقدار ثابتی است.» به شکل زیر توجه کنید تا مفهوم حرکت با شتاب ثابت را بهتر درک کنید: این شکل، اتومبیلی را نشان می‌دهد که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و در لحظه‌های معین $۱، ۲، ۳$ ثانیه سرعت اتومبیل نشان داده شده است.



با توجه به شکل، مشخص است که سرعت اتومبیل در هر ثانیه $۲m/s$ افزایش یافته است و این افزایش سرعت در هر ثانیه (آهنگ تغییر سرعت) همواره مقداری ثابت است.



اگر شتاب متوسط اتومبیل را در بازه‌های زمانی (۰ s تا ۱ s)، (۰ s تا ۲ s)، (۰ s تا ۳ s) و (۱ s تا ۲ s) حساب کنیم، درمی‌یابیم که در هر بازه زمانی دلخواه، شتاب متوسط مقداری ثابت است:

$$t = 1s \text{ تا } t = 0s \Rightarrow a_{av} = \frac{4-2}{1-0} = 2m/s^2 \quad t = 2s \text{ تا } t = 0s \Rightarrow a_{av} = \frac{6-2}{2-0} = 2m/s^2$$

$$t = 3s \text{ تا } t = 0s \Rightarrow a_{av} = \frac{8-2}{3-0} = 2m/s^2 \quad t = 3s \text{ تا } t = 1s \Rightarrow a_{av} = \frac{8-4}{3-1} = 2m/s^2$$

رابطه شتاب



$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

از آنجا که در حرکت با شتاب ثابت، شتاب متوسط در همه بازه‌های زمانی دلخواه، یکسان و ثابت است: می‌توان از رابطه شتاب متوسط استفاده کرده و برای بازه زمانی دلخواه t_1 تا t_2 ، رابطه شتاب را به صورت روبه‌رو نوشت:

تذکره: در حرکت با شتاب ثابت، اگر بردار شتاب هم‌سو با جهت مثبت محور باشد، علامت شتاب را مثبت و اگر بردار شتاب خلاف جهت محور باشد، علامت شتاب را منفی در نظر می‌گیریم.

تست: اتومبیلی با سرعت $72 km/h$ در مسیر مستقیم در حرکت است. در لحظه‌ای راننده ترمز کرده و از سرعت اتومبیل با شتاب $2 m/s^2$ کم می‌شود. ۴ ثانیه پس از ترمز زدن، سرعت اتومبیل چند متر بر ثانیه می‌شود؟

- (۱) صفر
 - (۲) ۴
 - (۳) ۸
 - (۴) ۱۲
- پاسخ: گزینه «۴»

گام اول: هنگام ترمز کردن، سرعت اتومبیل کاهش می‌یابد و حرکت اتومبیل کندشونده است. می‌دانیم در حرکت کندشونده، علامت شتاب و سرعت مخالف یکدیگرند.

اگر علامت سرعت را مثبت در نظر بگیریم، مقدار شتاب را باید با علامت منفی به کار ببریم. در این سؤال نیز فرض می‌کنیم بردار سرعت هم‌جهت با سوی مثبت محور است: پس علامت شتاب منفی است.

گام دوم: از رابطه شتاب ثابت استفاده می‌کنیم:

$$v_1 = 72 km/h \Rightarrow v_1 = 72 \div 3.6 = 20 m/s$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad a = -2 m/s^2 \rightarrow -2 = \frac{v_2 - 20}{4} \Rightarrow v_2 = 12 m/s$$

تست: اتومبیلی با شتاب ثابت حرکت می‌کند و در لحظه $t_1 = 2s$ سرعت $10 m/s$ و در لحظه $t_2 = 6s$ سرعت $6 m/s$ در خلاف جهت اولیه دارد. بزرگی شتاب اتومبیل چند متر بر مجذور ثانیه است؟

- (۱) ۴
 - (۲) ۲
 - (۳) ۱
 - (۴) $\frac{1}{2}$
- پاسخ: گزینه «۱»

از رابطه شتاب ثابت ($a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$) استفاده می‌کنیم، توجه کنید که جهت سرعت v_2 مخالف جهت v_1 است: از این رو اگر سرعت v_1 را مثبت در نظر بگیریم، علامت v_2 باید منفی شود. اکنون مقدار شتاب را به دست می‌آوریم:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{-6 - (+10)}{6 - 2} = \frac{-16}{4} = -4 m/s^2$$

بنابراین بزرگی شتاب برابر است با:

$$|a| = 4 m/s^2$$

معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت

برای این که معادله سرعت بر حسب زمان را مشخص کنیم، از رابطه شتاب ثابت ($a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$) استفاده می‌کنیم.

اگر فرض کنیم در لحظه $t_1 = 0s$ ، سرعت جسم $v_1 = v_0$ باشد، آن‌گاه در هر لحظه دلخواه $t_2 = t$ ، سرعت جسم برابر با $v_2 = v$ خواهد بود و معادله شتاب ثابت را می‌توان به صورت روبه‌رو نوشت:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow v - v_0 = at \Rightarrow v = at + v_0$$

سرعت در لحظه t سرعت در لحظه $t=0$

معادله سرعت - زمان:

دقت کنید که منظور از t ، بازه زمانی صفر تا t است که در این بازه، سرعت جسم از v_0 به v تغییر کرده است.

نکته: در معادله سرعت - زمان، مقدار a و v_0 ، ثابت است و سرعت به صورت یک تابع خطی به زمان بستگی دارد و متغیر است.



$$v = a t + v_0$$

(ثابت) (ثابت)

تست: متحرکی در مسیر مستقیم با شتاب ثابت حرکت می‌کند. در لحظه $t_1 = 3s$ سرعت $+8m/s$ و در لحظه $t_2 = 5s$ سرعت $-8m/s$ دارد. معادله سرعت - زمان متحرک در SI، کدام است؟

$v = 8t - 32$ (۴)

$v = -8t + 32$ (۳)

$v = 8t - 8$ (۲)

$v = -8t + 8$ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول: شتاب متحرک را از رابطه $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ به دست می‌آوریم:

$a = \frac{-8 - 8}{5 - 3} = \frac{-16}{2} = -8m/s^2$

گام دوم: چون شتاب جسم ثابت است، از معادله $v = at + v_0$ استفاده می‌کنیم و یکی از لحظه‌ها و سرعت مربوط به آن را همراه با شتاب $a = -8m/s^2$ در معادله قرار می‌دهیم:

$v = at + v_0 \xrightarrow[t_1=3s, a=-8m/s^2]{v_1=8m/s} 8 = -8 \times 3 + v_0 \Rightarrow v_0 = 32m/s$

گام سوم: در نتیجه معادله سرعت - زمان به صورت $v = -8t + 32$ (در SI) است.

تذکره: اگر متحرکی با شتاب ثابت حرکت کند و در مدت زمان t ، از سرعت v_1 به سرعت v_2 برسد، معادله سرعت - زمان را به صورت زیر نیز می‌توان در نظر گرفت:

$v_2 = at + v_1$

نکته: اگر جسمی با سرعت اولیه v_0 حرکت کند، سپس با شتاب ثابت از سرعتش کم شود (حرکت کندشونده) و در مدت t_s ثانیه متوقف شود

می‌توان از معادله $a = \frac{v - v_0}{t}$ استفاده کرد و لحظه t_s را به دست آورد:

$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$

مدت توقف

توجه کنید که در این رابطه علامت v_0 و a خلاف یکدیگر و در لحظه توقف $v = 0m/s$ است.

$\Rightarrow v = 0m/s \Rightarrow t_s = \frac{-v_0}{a} \Rightarrow t_s = \left| \frac{v_0}{a} \right|$

تست: اتومبیلی که با سرعت $72 km/h$ در حرکت است، با شتاب $2m/s^2$ ترمز می‌کند. به ترتیب از راست به چپ این اتومبیل پس از چند ثانیه به سرعت $5m/s$ می‌رسد و پس از چند ثانیه متوقف می‌شود؟

$15.7/5$ (۴)

15.5 (۳)

$10.7/5$ (۲)

10.5 (۱)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول: حرکت کندشونده است و اگر علامت v را مثبت بگیریم، علامت شتاب منفی است:

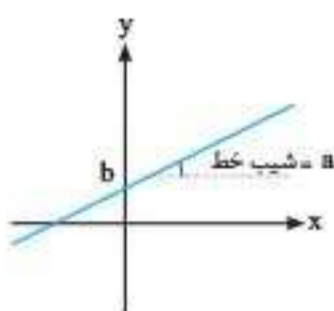
$t = \frac{v - v_0}{a} \xrightarrow[v=5m/s]{v_0 = \frac{72}{3.6} = 20m/s} t = \frac{5 - 20}{-2} = 7.5s$

گام دوم: زمان توقف برابر است با:

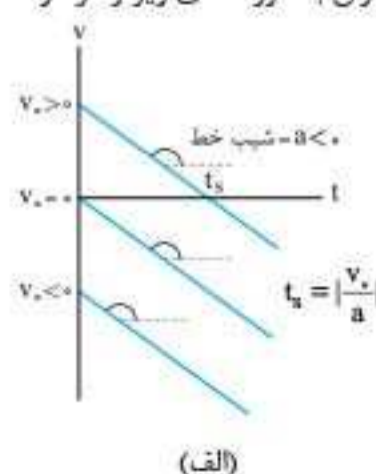
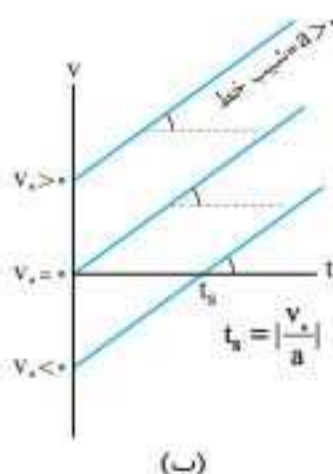
$t_s = \left| \frac{v_0}{a} \right| = \left| \frac{-20}{-2} \right| = 10s$

نمودار سرعت - زمان در حرکت شتاب ثابت

یادآوری: نمودار تابع درجه اول $y = ax + b$ به صورت خطی راست است.



در حرکت با شتاب ثابت، معادله سرعت - زمان نیز تابع درجه اول بر حسب زمان است ($v = at + v_0$): از این رو نمودار $v - t$ مربوط به این حرکت به صورت خط راست است. شیب خط برابر شتاب متحرک است و می‌تواند مثبت یا منفی باشد. بسته به مقدار v_0 و شتاب (و علامت آن‌ها)، نمودارهای سرعت - زمان حرکت با شتاب ثابت را می‌توان به صورت‌های زیر و در دو دسته کلی در نظر گرفت:





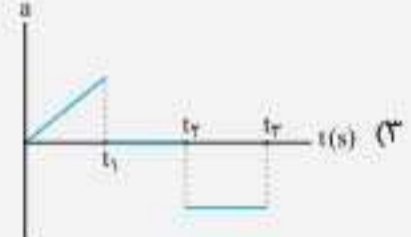
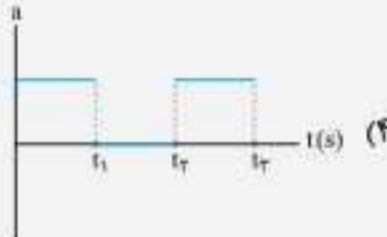
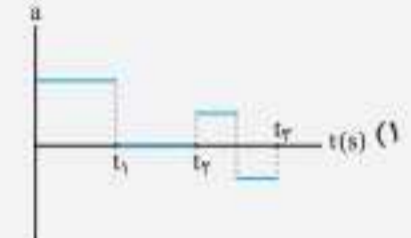
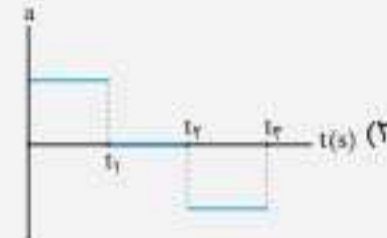
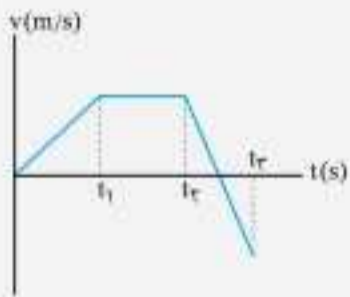
نمودار شتاب - زمان

بسته به این که شتاب مثبت یا منفی باشد، این نمودار می تواند به شکل های زیر باشد:



تست: نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می کند، مطابق شکل است. نمودار شتاب - زمان

این متحرک مطابق کدام گزینه است؟



پاسخ: گزینه «۲»

در بازه صفر تا t_1 ، شیب نمودار سرعت - زمان مثبت و ثابت است، پس شتاب نیز مثبت و ثابت است. در بازه t_1 تا t_2 ، سرعت ثابت و شتاب صفر است و در بازه t_2 تا t_3 شیب نمودار سرعت - زمان، منفی و مقداری ثابت است، پس شتاب نیز منفی و ثابت است.

رابطه سرعت متوسط

برای این که بتوانیم این رابطه را به دست آوریم به چند نکته و یادآوری توجه کنید:

۱ در نمودار سرعت - زمان، مساحت محصور بین نمودار و محور زمان برابر با جابه جایی جسم است.

۲ منظور از سرعت متوسط این است که اگر جسمی در بازه t_1 تا t_2 ، از سرعت v_1 به v_2 برسد و مسافت Δx را طی کند و جسم دیگری در همین مدت زمان با سرعت ثابت v_{av} همان مسافت را طی کند، سرعت متوسط جسم اول برابر همان سرعت ثابت جسم دوم است:

۳ معادله سرعت - زمان یک تابع خطی است. از این رو در بازه زمانی t_1 تا t_2 سرعت متوسط متحرک برابر است با میانگین سرعت متحرک در این دو لحظه: سرعت متوسط

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

تذکره: دقت کنید که رابطه سرعت متوسط $(v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2})$ ، فقط برای حرکت با شتاب ثابت برقرار است.

نکته: با توجه به شکل، می توان نتیجه گرفت که لحظه t_{av} ، وسط بازه زمانی t_1 تا t_2 است یعنی $t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2}$.

$$v_{t_1} = v_{av}$$

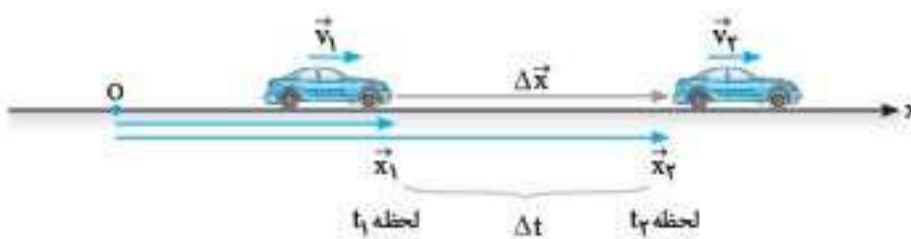
در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در یک بازه زمانی دلخواه برابر با سرعت در لحظه وسط آن بازه زمانی است: به عنوان مثال اگر سرعت متوسط در بازه زمانی $t_1 = 2s$ تا $t_2 = 6s$ برابر با $10m/s$ باشد، سرعت متحرک در لحظه $t = \frac{2+6}{2} = 4s$ نیز $10m/s$ است.

معادله مستقل از شتاب

از تعریف کلی سرعت متوسط $(v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t})$ و رابطه سرعت متوسط

برای حرکت با شتاب ثابت $(v_{av} = \frac{v_2 + v_1}{2})$ ، می توان رابطه

جابه جایی بر حسب زمان را در حرکت با شتاب ثابت به دست آورد.



$$\left. \begin{aligned} v_{av} &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ v_{av} &= \frac{v_2 + v_1}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_2 + v_1}{2} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_2 + v_1}{2} \Delta t$$

در این معادله شتاب ظاهر نمی شود: از این رو آن را معادله مستقل از شتاب می نامیم.

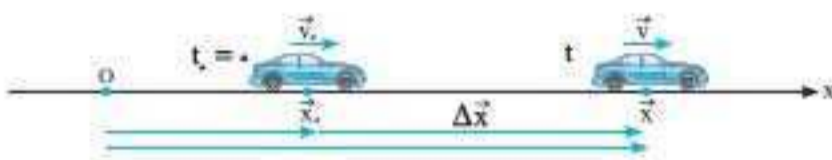
تست: جسمی با شتاب ثابت از مکان $x_1 = 5\text{ m}$ با سرعت $v_1 = -1.0\text{ m/s}$ و از مکان $x_2 = -15\text{ m}$ با سرعت $v_2 = +5\text{ m/s}$ عبور می‌کند. چند ثانیه طول می‌کشد تا جسم از x_1 به x_2 برود؟

- ۱) ۲ (۱) ۲) ۴ (۲) ۳) ۶ (۳) ۴) ۸ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

چون شتاب جسم ثابت است، از رابطه مستقل از شتاب $(\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t)$ استفاده می‌کنیم:

$$\Delta x = \frac{v_2 + v_1}{2} \Delta t \rightarrow \frac{x_2 - x_1}{v_1 = -1.0\text{ m/s}, v_2 = +5\text{ m/s}} \rightarrow -15 - 5 = \frac{5 - 1.0}{2} \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 8\text{ s}$$



نکته: معادله مستقل از شتاب $(\Delta x = \frac{v_2 + v_1}{2} \Delta t)$ ، برای حالتی که $t_1 = 0\text{ s}$ باشد به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\Delta x = \frac{v + v_0}{2} t \rightarrow \Delta x = x - x_0 \rightarrow x = \frac{v + v_0}{2} t + x_0$$

در این رابطه، x_0 مکانی است که جسم در لحظه $t = 0\text{ s}$ با سرعت v_0 از آن عبور کرده است و x مکانی است که جسم در لحظه t با سرعت v از آن عبور کرده است. رابطه سرعت متوسط بر حسب زمان: با استفاده از رابطه سرعت متوسط و معادله سرعت - زمان می‌توان نوشت:

$$v_{av} = \frac{v_2 + v_1}{2} \rightarrow v_{av} = \frac{v_2 + v_1}{2} \Rightarrow v_{av} = \frac{1}{2} at + v_1$$

در این رابطه، t بازه زمان و v_1 سرعت در ابتدای این بازه زمانی و v_{av} سرعت متوسط متحرک در این بازه زمانی است.

تست: متحرکی با شتاب ثابت $+4\text{ m/s}^2$ حرکت می‌کند و در مدت ۸ ثانیه، سرعت متوسط آن برابر $+1.0\text{ m/s}$ می‌شود. سرعت متحرک در ابتدای ۸ ثانیه چند متر بر ثانیه و در چه جهتی بوده است؟

- ۱) ۶ و در جهت شتاب ۲) ۶ و در خلاف جهت شتاب ۳) ۱۲ و در جهت شتاب ۴) ۱۲ و در خلاف جهت شتاب

پاسخ: گزینه ۲

از رابطه سرعت متوسط استفاده می‌کنیم و سرعت اولیه را به دست می‌آوریم: $v_{av} = \frac{1}{2} at + v_0 \Rightarrow 1.0 = \frac{1}{2} \times 4 \times 8 + v_0 \Rightarrow v_0 = -6\text{ m/s}$. علامت منفی بیانگر این است که جهت v_0 خلاف جهت شتاب (که با علامت مثبت فرض شده) بوده است.

تست: متحرکی با شتاب ثابت روی محور x در حرکت است. اگر جابه‌جایی این متحرک در ۴ ثانیه پنجم و ۶ ثانیه دوم حرکتش به ترتیب 8.0 m و 66 m باشد. سرعت اولیه این متحرک چند متر بر ثانیه است؟

- ۱) ۱ (۱) ۲) ۲ (۲) ۳) ۳ (۳) ۴) ۴ (۴)

پاسخ: گزینه ۲

در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در یک بازه زمانی برابر با سرعت در لحظه وسط آن بازه زمانی است. لحظات وسط بازه‌های زمانی ۴ ثانیه پنجم (۲۰s تا ۲۴s) و ۶ ثانیه دوم (۱۲s تا ۱۸s) به ترتیب $t_1 = \frac{16 + 20}{2} = 18\text{ s}$ و $t_2 = \frac{6 + 12}{2} = 9\text{ s}$ است، بنابراین می‌توان نوشت:

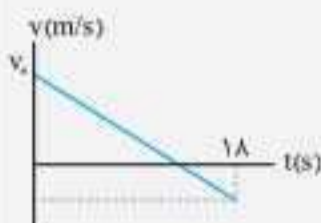
$$v_1 = 20\text{ m/s} \rightarrow v_1 = 20\text{ m/s} \rightarrow v_1 = 20\text{ m/s} \rightarrow v_1 = 20\text{ m/s}$$

$$v_2 = 11\text{ m/s} \rightarrow v_2 = 11\text{ m/s} \rightarrow v_2 = 11\text{ m/s} \rightarrow v_2 = 11\text{ m/s}$$

معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت به صورت $v = at + v_0$ می‌باشد. به کمک لحظات و سرعت‌های به دست آمده می‌توانیم v_0 و a را محاسبه کنیم:

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 18\text{ s} \rightarrow 20 = 18a + v_0 \\ v_1 = 20\text{ m/s} \\ t_2 = 9\text{ s} \rightarrow 11 = 9a + v_0 \\ v_2 = 11\text{ m/s} \end{array} \right\} v_0 = 2\text{ m/s}, a = 1\text{ m/s}^2$$

تست: نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر سرعت متحرک در $t = 9\text{ s}$ برابر 1.0 m/s باشد، جابه‌جایی متحرک از $t = 0\text{ s}$ تا $t = 18\text{ s}$ چند متر است؟



- ۱) ۱۸۰ (۱) ۲) ۳۶۰ (۲) ۳) ۱۲۰ (۳) ۴) ۱۰۰ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

به علت خطی بودن نمودار سرعت - زمان، شتاب ثابت است و در نتیجه سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 برابر با سرعت لحظه‌ای در لحظه $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ است، بنابراین سرعت در لحظه $t = 9\text{ s}$ برابر با سرعت متوسط در بازه $t = 0\text{ s}$ تا $t = 18\text{ s}$ است.

$$\left. \begin{array}{l} v_{av[0-18s]} = 1.0\text{ m/s} \\ v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow v_{av[0-18s]} = \frac{\Delta x}{\Delta t_{[0-18s]}} \Rightarrow 1.0 = \frac{\Delta x}{18 - 0} \Rightarrow \Delta x = 18.0\text{ m}$$



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۲۷۹. اتومبیلی بدون سرعت اولیه و با ثابت ماندن آهنگ تغییرات سرعت، روی مسیر مستقیم سرعتهش را پس از ۱۰s به ۱۸km/h می‌رساند. این اتومبیل چند ثانیه پس از شروع حرکتش، به سرعت ۲۰m/s می‌رسد؟

(ریاضی ۸۰)

- ۲۰ (۱) ۴۰ (۲) ۲۵ (۳) ۵۰ (۴)

۲۸۰. معادله سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به صورت $v = -3t + 12$ است. تندی متوسط متحرک در بازه زمانی بین دو لحظه‌ای که تندی متحرک به ۶m/s می‌رسد، چند متر بر ثانیه است؟

(برگرفته از کتاب درسی)

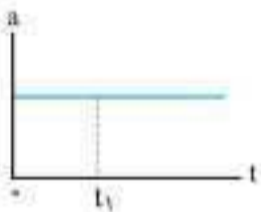
- ۳ (۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۱ (۴)

۲۸۱. متحرکی روی محور x با شتاب ثابت در حال حرکت است. اگر سرعت آن در لحظات $t_1 = 2s$ و $t_2 = 5s$ به ترتیب $v_1 = -4m/s$ و $v_2 = 2m/s$ باشد، شتاب و سرعت اولیه متحرک به ترتیب از راست به چپ چند واحد SI است؟

- ۸، ۲ (۱) ۸، -۲ (۲) -۶، ۲ (۳) ۶، -۲ (۴)

۲۸۲. نمودار شتاب - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. حرکت متحرک در بازه زمانی صفر تا t_1 چگونه است؟

(برگرفته از کتاب درسی)



- (۱) تندشونده
(۲) کندشونده
(۳) ابتدا کندشونده و سپس تندشونده
(۴) یستگی به سرعت اولیه دارد.

۲۸۳. دو متحرک روی خط راست با شتاب‌های ثابت a و $a + 1/5$ (در SI) از یک نقطه مشترک شروع به حرکت می‌کنند و بعد از مدت زمان t ، سرعت آن‌ها به ترتیب $10m/s$ و $22m/s$ می‌شود. t برابر با چند ثانیه است؟

(ریاضی خارج ۹۶)

- ۱۰ (۱) ۸ (۲) ۶ (۳) ۴ (۴)

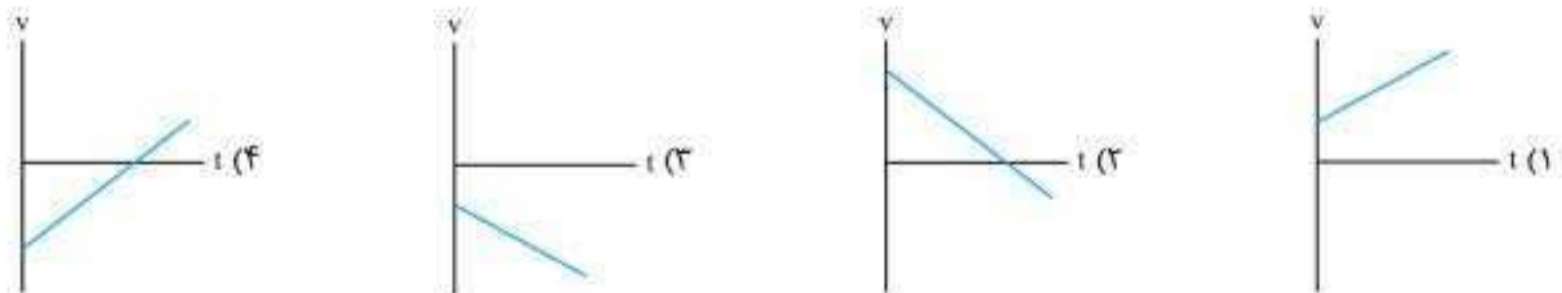
۲۸۴. جسمی که با سرعت اولیه v_0 ، با شتاب ثابت و به صورت تندشونده در حال حرکت است، پس از t ثانیه به سرعت v می‌رسد. سرعت این جسم پس از t ثانیه دیگر، چند برابر v خواهد شد؟

- ۱/۵ (۱) ۲ (۲) ۳ (بیشتر از ۱ و کمتر از ۲) ۴ (بیشتر از ۳)

۲۸۵. متحرکی با سرعت اولیه v_0 و شتاب a ترمز می‌کند و پس از t ثانیه، متوقف می‌شود. اگر این متحرک با سرعت اولیه $2v_0$ و شتاب ثابت $2a$ ترمز کند، پس از چند t می‌ایستد؟

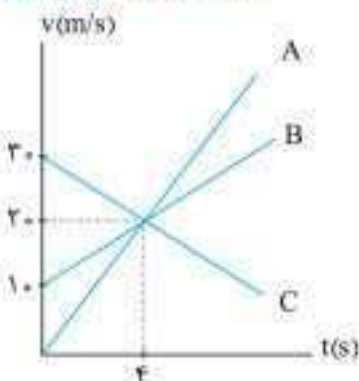
- ۳/۲ (۱) ۲/۳ (۲) ۶ (۳) ۱/۶ (۴)

۲۸۶. مطابق شکل، اتومبیلی روی محور x با شتاب ثابت a و سرعت اولیه v_0 حرکت می‌کند. کدام گزینه می‌تواند نمودار سرعت - زمان مربوط به این اتومبیل باشد؟



۲۸۷. در شکل زیر، نمودار سرعت - زمان سه متحرک A، B و C نشان داده شده است. کدام عبارات دربارۀ مقایسه شتاب این متحرک‌ها درست است؟

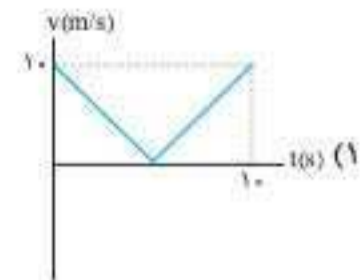
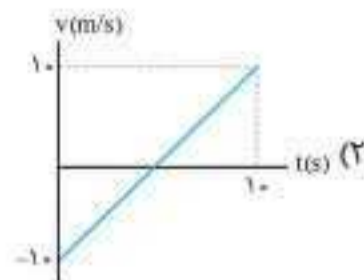
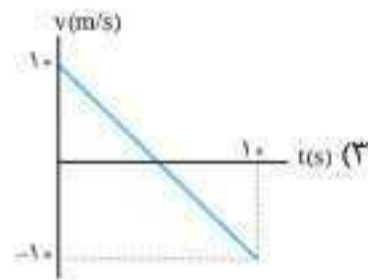
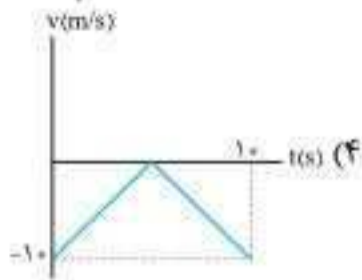
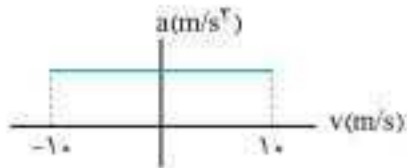
(برگرفته از کتاب درسی)



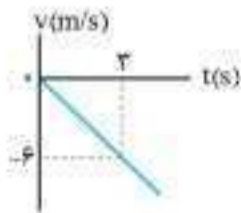
- (الف) $\vec{a}_A = 2\vec{a}_B$
(ب) $\vec{a}_A = \vec{a}_B$
(پ) $\vec{a}_C = -2\vec{a}_A$
(ت) $\vec{a}_C = -\vec{a}_A$

- (۱) ت
(۲) الف و پ
(۳) ب و ت
(۴) الف

۲۸۸. نمودار شتاب - سرعت متحرکی مطابق شکل است. نمودار سرعت - زمان آن کدام است؟



۲۸۹. شکل مقابل، نمودار سرعت - زمان متحرکی است که روی محور x حرکت می‌کند. مسافتی که متحرک در ۵ ثانیه اول پیموده است، چند متر است؟



- ۱۰ (۱)
۲۵ (۲)
۲۱ (۳)
۲۹ (۴)

ایستگاه ۹: معادله حرکت (معادله مکان - زمان)

در حرکت با شتاب ثابت، معادله مکان - زمان جسم را می‌توان از رابطه‌های $\Delta x = \frac{v+v_0}{2}t$ ، $v=at+v_0$ به دست آورد. معادله جابه‌جایی - زمان:

$$\Delta x = \frac{v+v_0}{2}t \xrightarrow{v=at+v_0} \Delta x = \frac{(at+v_0)+v_0}{2}t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$



$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

اگر از $\Delta x = x - x_0$ استفاده کنیم، معادله مکان - زمان (یا معادله حرکت) جسم را به دست می‌آوریم:

❶ **تست:** متحرکی با شتاب ثابت 2 m/s^2 از مکان $x = -5 \text{ m}$ با سرعت 10 m/s در جهت مثبت محور حرکت می‌کند. اگر حرکت جسم کندشونده باشد، سه ثانیه بعد، متحرک در چه مکانی بر حسب متر قرار دارد؟

- ۱۶ (۱) ۲۰ (۲) ۲۵ (۳) ۱۷ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول: در حرکت با شتاب ثابت، معادله حرکت به صورت $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ است و توجه دارید که هنگام جای‌گذاری مقادیر کمیت‌های برداری، باید علامت آن‌ها را در نظر بگیریم. همان‌طور که پیش از این دیدیم، چون حرکت کندشونده است، علامت شتاب و سرعت اولیه مخالف یکدیگرند، پس اگر $v_0 = 10 \text{ m/s}$ باشد، باید $a = -2 \text{ m/s}^2$ در نظر گرفته شود.

گام دوم: مقادیر معلوم و ثابت را در معادله حرکت قرار می‌دهیم و معادله حرکت را می‌نویسیم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2}(-2)t^2 + 10t + (-5) \Rightarrow x = -t^2 + 10t - 5$$

گام سوم: لحظه $t = 3 \text{ s}$ را در معادله قرار می‌دهیم تا مکان جسم را پس از سه ثانیه (از صفر تا ۳s) به دست آوریم:

$$t = 3 \text{ s} \Rightarrow x = -3^2 + 10 \times 3 - 5 \Rightarrow x = 16 \text{ m}$$

نکته:

- ۱ در حرکت با شتاب ثابت، معادله مکان - زمان و معادله جابه‌جایی - زمان، تابعی درجه دوم از زمان هستند.
- ۲ در معادله مکان - زمان، کمیت‌های a ، v_0 و x_0 مقادیر ثابتی‌اند.
- ۳ در معادله مکان - زمان، منظور از t بازه زمانی صفر تا t است.

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

(ثابت) (ثابت) (ثابت)

❶ **تست:** معادله حرکت جسمی در SI، به صورت $x = 4t^2 - 5t + 10$ است. سرعت جسم در لحظه $t = 2 \text{ s}$ ، چند متر بر ثانیه است؟

- ۲۱ (۱) ۱۶ (۲) ۱۱ (۳) ۵ (۴)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول: معادله برحسب زمان، تابع درجه دوم است و می‌توان نتیجه گرفت این معادله مربوط به جسمی است که با شتاب ثابت حرکت می‌کند و از مقایسه این معادله با معادله کلی حرکت با شتاب ثابت می‌توان شتاب و سرعت اولیه جسم را به دست آورد:

$$\left. \begin{aligned} x &= 4t^2 - 5t + 10 \\ x &= \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow a = 8 \text{ m/s}^2, v_0 = -5 \text{ m/s}, x_0 = 10 \text{ m}$$



۷۳۷. مطابق شکل مقابل، درون یک واگن ساکن به جرم 100 kg که با زمین اصطکاک ندارد، شخصی به جرم 50 kg

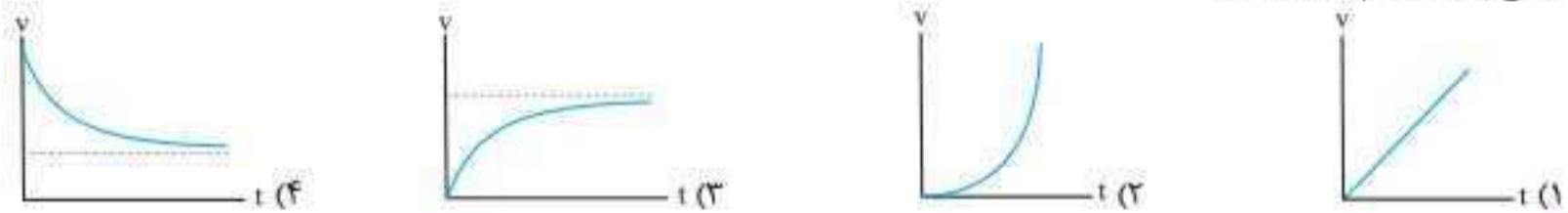
- با شتاب 5 m/s^2 شروع به حرکت به سمت راست می‌کند. در این صورت
- (۱) واگن با شتاب 25 m/s^2 به سمت راست حرکت می‌کند.
 - (۲) واگن با شتاب 25 m/s^2 به سمت چپ حرکت می‌کند.
 - (۳) واگن با شتاب 5 m/s^2 به سمت چپ حرکت می‌کند.
 - (۴) واگن ساکن می‌ماند.

۷۳۸. جسمی به جرم 10 kg توسط مریخ‌نوردی به سطح مریخ برده شده است. نیروی وزن این جسم در سطح مریخ چند برابر وزن آن در سطح زمین است؟

$$(g_{\text{زمین}} = 10 \text{ N/kg}, g_{\text{مریخ}} = 3/7 \text{ N/kg})$$

- (۱) ۳۷ (۲) ۳/۷ (۳) ۰/۳۷ (۴) ۱۰

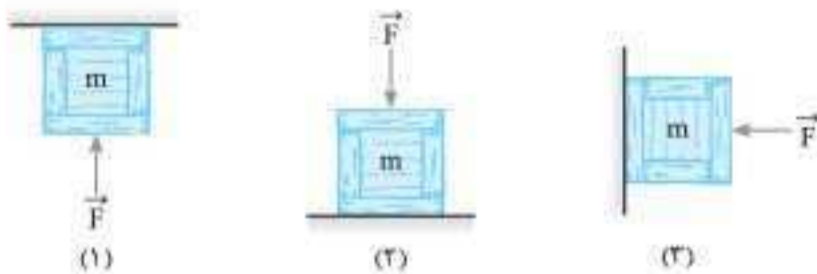
۷۳۹. گلوله‌ای از یک نقطه مرتفع در هوا از حال سکون رها می‌شود. نمودار تندی این گلوله از لحظه رهاشدن تا لحظه قبل از برخورد به زمین برحسب زمان مطابق کدام گزینه است؟



۷۴۰. جسمی را به طرف بالا (در راستای قائم) پرتاب می‌کنیم. اگر نیروی مقاومت هوا مقداری ثابت و $1/5$ وزن جسم باشد، شتاب جسم هنگام پایین آمدن چند برابر شتاب آن هنگام بالا رفتن جسم است؟

- (۱) ۱ (۲) ۲/۳ (۳) ۳/۲ (۴) ۳/۵

۷۴۱. با توجه به شکل‌های زیر، کدام رابطه بین اندازه نیروهای عمودی سطح وارد بر سه جسم یکسان و ساکن، به درستی بیان شده است؟ (از اصطکاک بین سطوح صرف نظر شود.)



- (۱) $F_{N_1} > F_{N_2} > F_{N_3}$
- (۲) $F_{N_2} > F_{N_3} > F_{N_1}$
- (۳) $F_{N_3} > F_{N_1} > F_{N_2}$
- (۴) $F_{N_2} > F_{N_1} > F_{N_3}$

۷۴۲. شخصی درون آسانسور در حال حرکتی روی یک ترازو قرار دارد. در کدام یک از گزینه‌ها عددی که ترازو نمایش می‌دهد، بزرگ‌تر از 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.

۷۴۳. شخصی به جرم 80 kg درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه‌ای که آسانسور با شتاب ثابت 1 m/s^2 تندشونده و رو به پایین حرکت می‌کند، نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- (۱) ۸۸۰ (۲) ۸۰۰ (۳) ۱۶۰ (۴) ۷۲۰

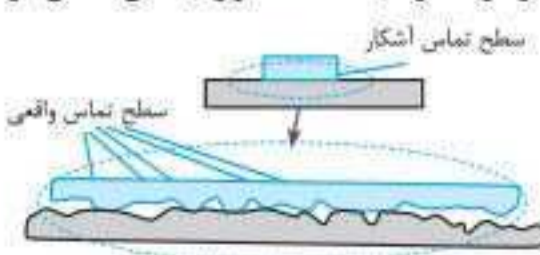
ایستگاه ۸: نیروی اصطکاک

اصطکاک نیرویی است که بین سطح دو جسم که در تماس با یکدیگرند، می‌تواند به وجود آید.

وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت در آوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، نیروی مقاومی در خلاف جهتی که تلاش کرده‌ایم جسم را به حرکت در آوریم ظاهر می‌شود که به آن **نیروی اصطکاک** می‌گویند.

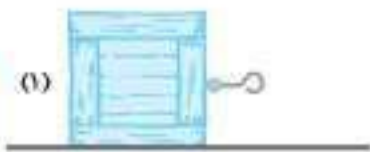
نیروی اصطکاک را در دو حالت **۱** نیروی اصطکاک ایستایی (f_s) و **۲** نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) بررسی می‌کنیم.

نکته: نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، زبری و نرمی آن‌ها و ... بستگی دارد و معمولاً به علت ناهمواری محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود. باید توجه داشته باشید که حتی سطوحی که بسیار هموار به نظر می‌آیند، مطابق شکل ناهمواری‌های میکروسکوپی بسیاری دارند که سبب ایجاد اصطکاک می‌شوند.



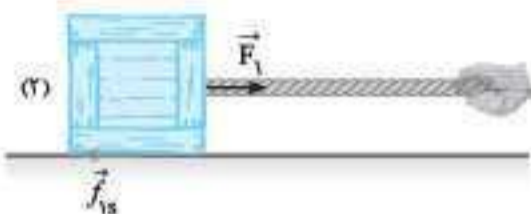
تذکره: نیروی اصطکاک همواره مضر نیست و حتی بدون آن زندگی ما مختل می‌شود. مثلاً اگر اصطکاک نبود، ایستادن یا حتی نشستن روی یک سطح بدون اصطکاک میسر نبود و حفظ تعادل بسیار سخت می‌شد.

نیروی اصطکاک ایستایی (f_s)



اگر جسمی روی سطح قرار گیرد و در اثر نیرویی تمایل به حرکت داشته باشد اما ساکن بماند، نیروی اصطکاک آن را از نوع ایستایی در نظر می‌گیریم. برای درک بهتر ویژگی‌های نیروی اصطکاک ایستایی، جسمی را مطابق شکل روی سطح افقی در نظر بگیرید که می‌توانیم بر آن نیروی افقی F را وارد کنیم.

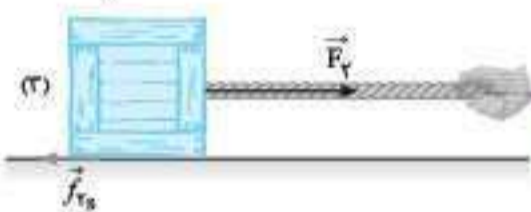
در ابتدا که نیروی وارد بر آن صفر است، بنابراین قانون دوم می‌توان دریافت نیروی اصطکاک بر جسم اثر نمی‌کند. (۱) در حالت دوم نیروی افقی \vec{F}_1 را بر جسم وارد می‌کنیم، اما جسم ساکن می‌ماند. بنابراین نیروی خالص وارد بر جسم طبق قانون اول نیوتون صفر است و این به این معنی است که یک



نیروی مقاوم در مقابل نیروی محرک \vec{F}_1 وجود دارد که با \vec{F}_1 هم‌اندازه اما در خلاف جهت آن است. این نیرو همان نیروی اصطکاک است و چون جسم ساکن است، نیروی اصطکاک، از نوع ایستایی است و اندازه آن برابر است با:

$$F_{net, x} = 0 \Rightarrow f_{fs} = F_1$$

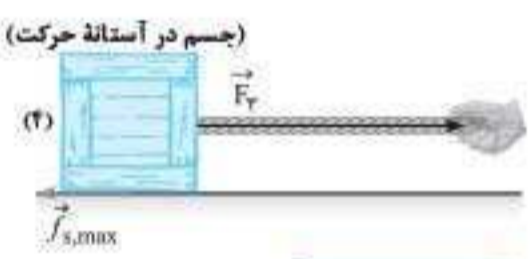
مطابق شکل، اگر بر مقدار F_1 بیفزاییم و جسم همچنان ساکن بماند داریم:



بنابراین هرچقدر نیروی محرک F را افزایش دهیم، تا زمانی که جسم ساکن است، نیروی اصطکاک ایستایی با نیروی محرک F برابر است. یعنی: $f_s = F = \text{نیروی محرک}$ در حالت سکون.

$$F_{net, x} = 0 \Rightarrow f_{fs} = F_2$$

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s, max}$)



آزمایش نشان می‌دهد که نیروی اصطکاک ایستایی مقدار بیشینه‌ای دارد، یعنی با اضافه کردن تدریجی نیروی F ، همچنان f_s زیاد می‌شود تا به یک مقدار بیشینه برسد. در این حالت جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد و چنانچه نیروی F اندکی زیادتر شود جسم شروع به حرکت می‌کند. به نیروی اصطکاک در حالتی که جسم در آستانه حرکت است، **نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه** یا **نیروی اصطکاک در آستانه حرکت** می‌گویند و آن را با $f_{s, max}$ نمایش می‌دهند (شکل ۴). اندازه این نیرو از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه (N) ← ضرب اصطکاک ایستایی (بیکاندار) ← نیروی عمودی سطح (N)

- ❗ **نکته:** ۱) μ_s (ضریب اصطکاک ایستایی) به جنس سطح تماس دو جسم و میزان نرمی و زبری آن‌ها و ... بستگی دارد. دقت کنید که ضریب اصطکاک ایستایی واحد ندارد و با آزمایش به دست می‌آید.
- ۲) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی مقدار ثابتی ندارد و وقتی به جسمی نیروی محرکی وارد می‌شود، تا زمانی که جسم به حرکت درنیامده و ساکن است، این نیرو با مجموع نیروهای محرک برابر است و بازه تغییرات آن $0 < f_s \leq f_{s, max}$ است.
- ۳) رابطه $f_{s, max} = \mu_s F_N$ تنها در حالتی که جسم در آستانه حرکت است، برقرار است.
- ۴) نیروی اصطکاک بیشینه با نیروی F_N و با μ_s متناسب است و به مساحت تکیه‌گاه جسم بستگی ندارد.

❗ **تست:** جسمی به وزن 100N را روی سطح افقی قرار داده و آن را با نیروی افقی 25N می‌کشیم ولی قادر به حرکت دادن آن نیستیم. اندازه نیروی اصطکاک در SI کدام است؟

پاسخ: گزینه ۲

جسم ساکن است. بنابراین نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند و نیروی اصطکاک برابر نیروی محرک است:

$$F_{net, x} = 0 \Rightarrow f_s = F = 25\text{N}$$

۴ (۱) ۲۵ (۲) ۴۰ (۳) نامشخص است. (۴)

❗ در شکل روبه‌رو، با نیروی عمودی $F = 20\text{N}$ جسم را بر دیوار ساکن نگه داشته‌ایم. اگر جرم جسم 800g باشد، حداقل ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیوار چقدر باشد تا جسم روی دیوار نلغزد؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

پاسخ: گزینه ۴

گام اول: نیروهای وارد بر جسم در راستای افقی و قائم را رسم می‌کنیم.

گام دوم: شرط نلغزیدن جسم روی دیوار این است که $F_{net} = 0$ باشد. در نتیجه با توجه به ساکن بودن جسم داریم:

$$F_{net, x} = 0 \Rightarrow F_N = F = 20\text{N}$$

$$F_{net, y} = 0 \Rightarrow f_{s, max} = mg \xrightarrow{f_{s, max} = \mu_s F_N} \mu_s \cdot F = mg \Rightarrow \mu_s = \frac{mg}{F} = \frac{0.8 \times 10}{20} = 0.4$$

نیروی اصطکاک جنبشی (f_k)

وقتی جسمی روی یک سطح به حرکت درمی آید نیز از طرف سطح نیرویی در خلاف جهت جسم، بر جسم وارد می شود که به آن نیروی اصطکاک جنبشی می گویند و آن را با f_k نمایش می دهند. با استفاده از رابطه زیر مقدار این نیرو به دست می آید:

$$f_k = \mu_k F_N$$

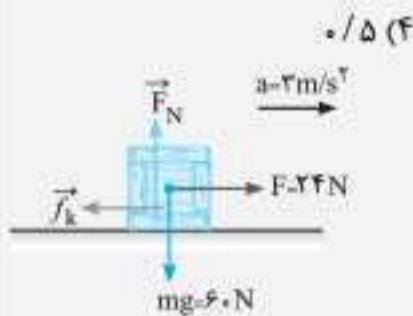
نیروی عمودی سطح (N)
نیروی اصطکاک جنبشی (N)

ضریب اصطکاک جنبشی (یکان ندارد)

نکته:

- ۱) μ_k به جنس سطح تماس دو جسم، میزان نرمی و زبری آن ها و ... بستگی دارد.
- ۲) μ_k نیز مانند μ_s واحد ندارد و مقدار آن با آزمایش به دست می آید.
- ۳) برخلاف نیروی اصطکاک ایستایی که مقداری متغیر دارد، نیروی اصطکاک جنبشی مقدار ثابتی دارد.

تست: جسمی به جرم 6kg روی یک سطح افقی قرار دارد. اگر به جسم نیروی افقی 24N وارد کنیم، شتاب حرکت 2m/s^2 می شود. ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم کدام است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)



- پاسخ: گزینه ۱
- ۰/۱ (۱) ۰/۲ (۲) ۰/۲۵ (۳) ۰/۵ (۴)

گام اول: ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می کنیم:

جسم در راستای قائم ساکن است. بنابراین نیروهای وارد بر آن در این راستا متوازن هستند و می توان نوشت:

$$F_{\text{net}, y} = 0 \Rightarrow F_N = mg = 6 \times 10 = 60\text{N}$$

گام دوم: حالا با توجه به جهت شتاب و قانون دوم نیوتون در راستای حرکت جسم داریم:

$$F_{\text{net}, x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} F - \mu_k F_N = ma \Rightarrow 24 - \mu_k \times 60 = 6 \times 2 \Rightarrow \mu_k = 0/1$$

نمودار نیروی اصطکاک بر حسب نیروی محرک خالص

اگر مطابق شکل، جسمی را با نیروی F روی سطح افقی بکشیم، نیروی اصطکاک f در خلاف جهت این نیرو ایجاد می شود.

نمودار مقابل به شما کمک می کند تا به خوبی رفتار نیروی اصطکاک در شرایط مختلف را بررسی کنید.

تذکره: برای این که وضعیت حرکت جسم (این که ساکن است یا شتاب دار یا سرعت آن ثابت است) را مشخص کنیم به مراحل زیر توجه و عمل کنید:

۱) ابتدا نیروی $f_{s, \text{max}} = \mu_s F_N$ را حساب می کنیم. اگر $F < f_{s, \text{max}}$ باشد، جسم ساکن است و اصطکاک از نوع ایستایی است. در این حالت نیروی اصطکاک (f_s) با F هم اندازه است و اگر F زیاد شود اما کمتر از $f_{s, \text{max}}$ باشد، نیروی f_s نیز زیاد می شود.

۲) اگر $F = f_{s, \text{max}}$ باشد، جسم در آستانه حرکت قرار می گیرد دقت کنید که جسم همچنان ساکن است و داریم: $F = f_{s, \text{max}} = \mu_s F_N$

۳) اگر $F > f_{s, \text{max}}$ باشد، جسم به حرکت در می آید و اصطکاک از نوع جنبشی است. در این حالت $f_k = \mu_k F_N$ است.

۴) معمولاً $\mu_s > \mu_k$ است.

نتیجه: برای جمع و جور شدن مطالب فوق به طرحواره زیر توجه کنید:

$$\begin{cases}
 F \leq f_{s, \text{max}} \xrightarrow{\text{جسم ساکن است}} \begin{cases} F = f_{s, \text{max}} \Rightarrow \text{جسم در آستانه حرکت است} \Rightarrow f_{s, \text{max}} = \mu_s F_N \\ F < f_{s, \text{max}} \Rightarrow f_s = F \end{cases} \\
 F > f_{s, \text{max}} \xrightarrow{\text{جسم در حرکت است}} f_k = \mu_k F_N \Rightarrow \begin{cases} F = f_k \Rightarrow \text{سرعت ثابت است} \\ F > f_k \Rightarrow \text{حرکت شتاب دار است} \end{cases}
 \end{cases}$$

تست: نمودار اصطکاک بر حسب نیروی محرک برای جسمی که با نیروی F روی یک سطح افقی کشیده می شود، مطابق شکل است. $\frac{\mu_s}{\mu_k}$ کدام است؟



۳/۵ (۱)

۵/۳ (۲)

۵/۴ (۳)

۴) جرم جسم باید مشخص باشد.

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به نمودار $f_k = 24N$ و $f_{s,max} = 40N$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

- $f_k = \mu_k F_N = 24N$
- $f_{s,max} = \mu_s F_N = 40N$

بنابراین با تقسیم رابطه ۲ بر رابطه ۱ داریم:

$$\frac{\mu_s F_N}{\mu_k F_N} = \frac{40}{24} \Rightarrow \frac{\mu_s}{\mu_k} = \frac{5}{3}$$

جسمی به جرم ۲kg روی یک سطح افقی قرار دارد. اگر نیرویی که بر حسب زمان به صورت $F = 8t$ است به جسم وارد شود، شتاب جسم در لحظه $t = 4s$ در SI کدام است؟ ($\mu_k = 0.8, \mu_s = 1, g = 10m/s^2$)

۸ (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۲۴ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول: نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم:

گام دوم: معلوم نیست که جسم ساکن است یا حرکت می‌کند، بنابراین $f_{s,max}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N = mg} f_{s,max} = \mu_s mg = 1 \times 2 \times 10 = 20N$$

$$t = 4s \Rightarrow F = 8 \times 4 = 32N$$

گام سوم: اندازه نیروی F در لحظه $t = 4s$ برابر است با:

حالا با مقایسه نیروها وضعیت حرکت جسم را مشخص می‌کنیم:

گام چهارم: جسم حرکت می‌کند و اصطکاک از نوع جنبشی است.

گام پنجم: با استفاده از رابطه $f_k = \mu_k F_N$ ، اندازه نیروی اصطکاک جنبشی را حساب می‌کنیم:

$$f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{F_N = mg} f_k = \mu_k mg = 0.8 \times 2 \times 10 = 16N$$

گام ششم: در نهایت با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای حرکت، شتاب را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow 32 - 16 = 2a \Rightarrow a = 8m/s^2$$

پرتاب روی سطح افقی و شتاب ترمز

اگر جسمی روی یک سطح افقی با سرعت اولیه v_0 پرتاب شود یا خودرویی با نیروی ثابت ترمز کند، نیروی خالص وارد بر آن‌ها، نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) خواهد بود. در این صورت حرکت جسم کندشونده، شتاب آن ثابت و برابر با مقدار زیر خواهد بود:

$$F_{net} = ma \Rightarrow f_k = ma \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} \mu_k F_N = ma$$

$$\xrightarrow{F_{net,y} \Rightarrow F_N = mg} \mu_k mg = ma \Rightarrow a = \mu_k g$$

تذکره ۱: جرم جسم در مقدار شتاب حرکت نقشی ندارد!

تذکره ۲: اگر جهت حرکت جسم را مثبت فرض کنیم، چون این شتاب در خلاف جهت حرکت است، حتماً عددی منفی است و در استفاده از روابط حرکت با شتاب ثابت حتماً باید حواسمان به این موضوع باشد.

یادآوری: مدت زمان و مسافت توقف از روابط زیر محاسبه می‌شوند (در این روابط a بزرگی شتاب و v_0 بزرگی سرعت اولیه است).

$$\text{مدت زمان توقف: } t_s = \frac{v_0}{a}$$

$$\text{مسافت توقف (d_s): } \Delta x_s = \frac{v_0^2}{2a}$$

تذکره: در این روابط a بزرگی شتاب و v_0 بزرگی سرعت اولیه است.

تست: جسمی به جرم ۴kg روی یک سطح افقی تحت تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت $8m/s$ در حال حرکت است. اگر F قطع شود، جسم پس از طی مسافت ۴ متر متوقف می‌شود. نیروی F چند نیوتون است؟ ($g = 10N/kg$)

۲۲ (۱) ۴۰ (۲) ۱۶ (۳) ۲۰ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول: پس از قطع شدن نیروی F ، تنها نیروی اصطکاک جنبشی بر جسم اثر می‌کند.

با استفاده از رابطه $\Delta x_s = \frac{v_0^2}{2a}$ داریم (a بزرگی شتاب است): $\Delta x_s = \frac{v_0^2}{2a} \Rightarrow 4 = \frac{8^2}{2a} \Rightarrow a = 8m/s^2$

حالا با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای افقی داریم:

گام دوم: در نهایت با توجه به این که قبل از قطع نیروی F ، جسم با سرعت ثابت در حال حرکت بوده است، نیروهای وارد

بر آن در راستای حرکت متوازن بوده و داریم:

$$F_{net,x} = 0 \Rightarrow F = f_k = 32N$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

نیروی اصطکاک

۷۴۴. چه تعداد از عبارات‌های زیر درست هستند؟

- (الف) نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، زبری و نرمی آن‌ها و... بستگی دارد.
 (ب) اگر محل تماس دو جسم هموار به نظر بیاید، نیروی اصطکاک بین آن‌ها وجود ندارد.
 (پ) نیروی اصطکاک همواره یک نیروی اتلافی است.
 (ت) اگر جسمی روی سطح زمین کشیده شود، نیروی اصطکاک جنبشی همواره در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود.

۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)

۷۴۵. کدام یک از عبارات‌های زیر در مورد نیروی اصطکاک نادرست است؟

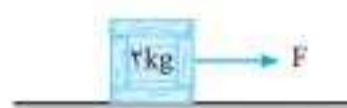
- (الف) نیروی اصطکاک ایستایی از رابطه $f_s = \mu_s F_N$ به دست می‌آید.
 (ب) برای یک سطح معمولاً $\mu_k < \mu_s$ است.
 (پ) نیروی اصطکاک جنبشی از نیروی اصطکاک ایستایی کمتر است.
 (ت) μ_s و μ_k به جنس سطح تماس دو جسم و میزان زبری و نرمی آن‌ها و... بستگی دارد.

الف (۱) ب و پ (۲) الف و پ (۳) پ و ت (۴)

۷۴۶. در شکل زیر، نیروی $F = 5\text{N}$ بر جسم وارد شده است و جسم ساکن است. اگر نیروی F را به 10N برسانیم، کدام گزینه الزاماً درست می‌باشد؟



- (۱) جسم حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد.
 (۲) جسم ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد.
 (۳) $\mu_s \geq 0.5$ است.
 (۴) جسم حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک کاهش می‌یابد.



۷۴۷. مطابق شکل می‌خواهیم جسمی را به حرکت در آوریم. بدین منظور اندازه نیروی افقی F را به تدریج افزایش می‌دهیم و مقادیر اندازه‌گیری شده را در جدولی مشابه جدول زیر ثبت می‌کنیم. چند مورد از عبارات‌های زیر درست می‌باشد؟
 ($g = 10\text{N/kg}$)
 (برگرفته از کتاب درسی)

مرحله	۱	۲	۳	۴
نیروی اعمال شده	$F = 1\text{N}$	$F = 2\text{N}$	$F = 4\text{N}$	$F = 2\text{N}$
وضعیت حرکتی	ساکن	ساکن	آستانه حرکت	در حال حرکت با سرعت ثابت

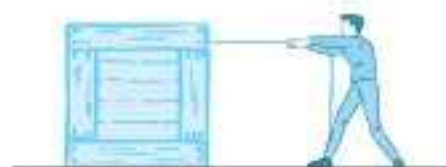
(الف) ضریب اصطکاک ایستایی برابر 0.2 است.

- (ب) اگر به جسم، در حالی که در حرکت است، نیرویی بیشتر از $F = 2\text{N}$ وارد کنیم، جسم شتاب می‌گیرد.
 (پ) مقدار نیروی اصطکاک ایستایی سطح در آزمایش ۱ و ۲ به ترتیب برابر 1N و 2N است.
 (ت) ضریب اصطکاک جنبشی برابر 0.1 است.

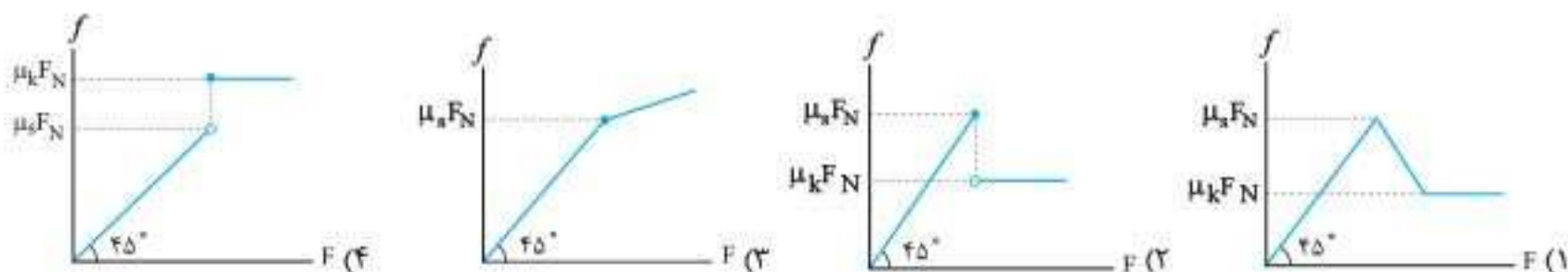
۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)

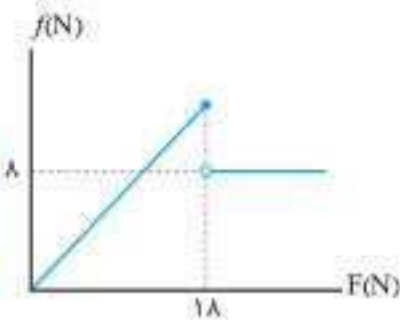
۷۴۸. شخصی روی سطح افقی، یک صندوق را به سمت غرب هل می‌دهد. در این عمل، نیروهای اصطکاک وارد به شخص و صندوق، به ترتیب هر یک به کدام جهت است؟
 (تجرب ۹۶)

- (۱) غرب و شرق (۲) هر دو غرب (۳) شرق و غرب (۴) هر دو شرق



۷۴۹. شخصی مطابق شکل، جعبه‌ای به جرم m را با نیروی F به سمت خود می‌کشد. اگر نیروی F را به تدریج افزایش دهیم، کدام یک از نمودارهای زیر نحوه تغییرات نیروی اصطکاک با تغییر نیروی F را درست نشان می‌دهد؟
 (برگرفته از کتاب درسی)





۷۵۰. 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 اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جسم بر حسب اندازه نیروی \vec{F} مطابق شکل باشد. نسبت ضریب اصطکاک جنبشی به ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح افقی کدام است؟

- (۱) $\frac{9}{4}$
- (۲) $\frac{4}{9}$
- (۳) $\frac{9}{8}$
- (۴) $\frac{8}{9}$

نیروی اصطکاک ایستایی

۷۵۱. در شکل مقابل، ضریب اصطکاک ایستایی جسم با سطح برابر 0.3 است. نیروی افقی F بر جسم وارد می‌شود و جسم ساکن است. F چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)



- (۱) ۳
- (۲) ۶
- (۳) ۱۲
- (۴) هر یک از گزینه‌های «۱» و «۲» می‌توانند درست باشند.

۷۵۲. جسمی به وزن 200 N را روی یک سطح افقی قرار داده و آن را با نیروی افقی 40 N می‌کشیم. ولی قادر به تکان دادن آن نیستیم. نیروی اصطکاک بر حسب نیوتون کدام است؟



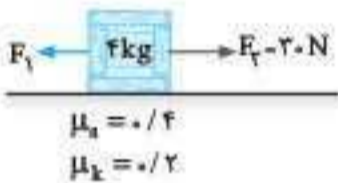
- (۱) ۶
- (۲) ۶۰
- (۳) ۲۰
- (۴) ۴۰

۷۵۳. مطابق شکل، شخصی با نیروی 80 N جسم 50 کیلوگرمی را هل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی 100 N جسم را هل می‌دهد، جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد. نیروی اصطکاک بین جسم و سطح در حالت اول نیوتون و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح — است. ($g = 10 \text{ m/s}^2$) (برگرفته از کتاب درسی)



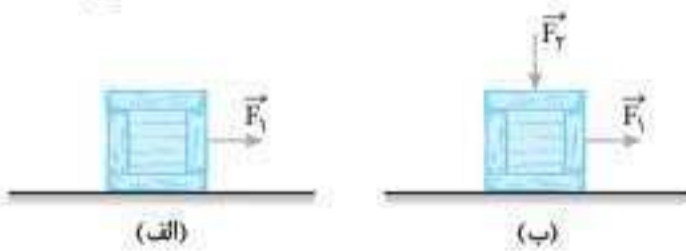
- (۱) $0.16, 500$
- (۲) $0.2, 500$
- (۳) $0.16, 80$
- (۴) $0.2, 80$

۷۵۴. مطابق شکل، دو نیروی افقی F_1 و $F_2 = 30 \text{ N}$ به جسمی به جرم 2 kg وارد می‌شوند. بزرگی نیروی F_1 چند نیوتون باشد به طوری که جسم بر روی سطح افقی نلغزد؟



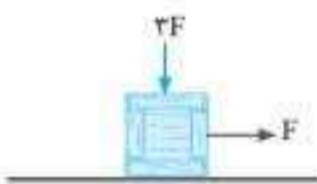
- (۱) ۲۶
- (۲) ۴۶
- (۳) ۳۰
- (۴) هر سه گزینه «۱»، «۲» و «۳»

۷۵۵. مطابق شکل (الف) نیروی ثابت F_1 بر جعبه وارد می‌شود و جعبه ساکن است. اگر مطابق شکل (ب) نیروی F_2 بر جعبه وارد شود و اندازه آن از صفر افزایش یابد، کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟



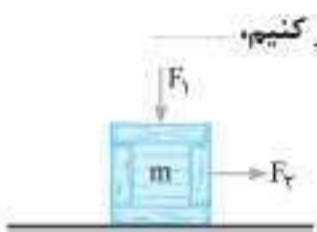
- (۱) اندازه نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.
- (۲) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی تغییر نمی‌کند.
- (۳) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می‌یابد.
- (۴) اندازه نیروی خالص وارد بر جسم افزایش می‌یابد.

۷۵۶. در شکل مقابل، وزن جعبه برابر F و ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و سطح تکیه‌گاه برابر 0.4 است و جعبه از حال سکون توسط نیروی افقی F کشیده می‌شود. اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جعبه چند برابر F است؟



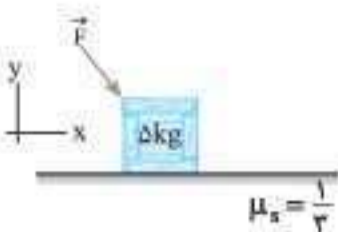
- (۱) $1/2$
- (۲) $1/6$
- (۳) ۱
- (۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۷۵۷. دو نیروی F_1 و F_2 مطابق شکل در دو راستا بر جسم وارد می‌شوند و جسم ساکن است. اگر بدون تغییر F_1 و F_2 را دو برابر کنیم،

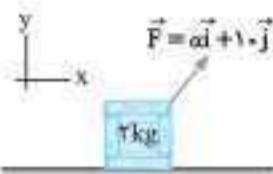


- (۱) اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جسم دو برابر می‌شود.
- (۲) اندازه نیروی عمودی سطح دو برابر می‌شود.
- (۳) اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جسم تغییر نمی‌کند.
- (۴) اندازه نیروی عمودی سطح تغییر نمی‌کند.

۷۵۸. در شکل روبه‌رو نیروی $\vec{F} = F'\vec{i} - F''\vec{j}$ (در SI) بر جسمی به جرم 5 kg اثر می‌کند. حداقل بزرگی نیروی F چند نیوتون باشد تا جسم روی سطح افقی در آستانه حرکت قرار گیرد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

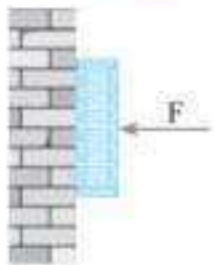


- (۱) ۱۰
- (۲) $25\sqrt{2}$
- (۳) ۲۰
- (۴) $20\sqrt{2}$



۷۵۹. مطابق شکل نیروی \vec{F} بر جسم اثر می‌کند و جسم ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جسم با سطح برابر $0/3$ باشد، مقدار α بر حسب نیوتون کدام گزینه می‌تواند باشد؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

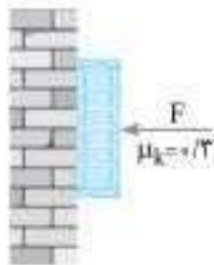
(۱) $2/5$ (۲) 7 (۳) 9 (۴) 12



۷۶۰. در شکل روبه‌رو، نیروی عمود بر سطح F را بر جسم وارد می‌کنیم و جسم ساکن مانده است. اگر نیروی F را زیاد کنیم،

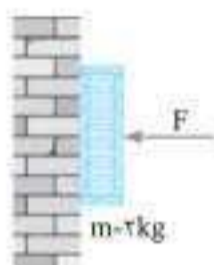
(برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد.
- (۲) نیروی وزن افزایش می‌یابد.
- (۳) نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.
- (۴) هر دو گزینه «۱» و «۳» درست هستند.



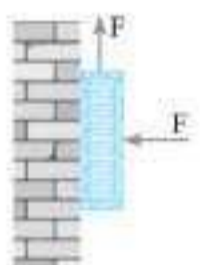
۷۶۱. مطابق شکل، جسمی به جرم 200 g را با نیروی عمودی F بر دیوار تکیه داده و تگه داشته‌ایم. نیروی اصطکاک دیوار بر جسم چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

- (۱) صفر
- (۲) $0/2$
- (۳) 2
- (۴) اندازه F باید معلوم باشد.



۷۶۲. در شکل روبه‌رو، اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جسم با دیوار به ترتیب $0/4$ و $0/2$ باشد، حداقل نیروی عمودی F چند نیوتون باشد تا جسم روی دیوار نلغزد؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

- (۱) 400
- (۲) 200
- (۳) 100
- (۴) 50



۷۶۳. در شکل روبه‌رو، جرم جسم 6 kg و ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیوار $0/4$ است. F چند نیوتون باشد تا جسم در آستانه لغزش به طرف بالا باشد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

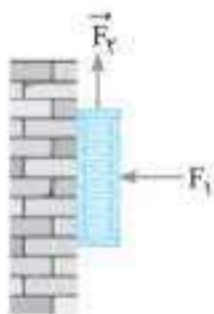
(برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) 10
- (۲) 15
- (۳) 100
- (۴) 150



۷۶۴. جسمی مطابق شکل با اعمال نیروی \vec{F} به دیوار قائم چسبیده و تکان نمی‌خورد. نیروی اصطکاک وارد بر جسم نیوتون و به سمت _____ است. ($g = 10 \text{ N/kg}$, $\mu_s = 0/5$)

- (۱) 100 ، بالا
- (۲) 100 ، پایین
- (۳) 40 ، بالا
- (۴) 40 ، پایین



۷۶۵. در شکل مقابل، به جسمی به جرم m که به دیوار قائمی تکیه دارد، دو نیروی عمود بر هم $F_1 = 20 \text{ N}$ و F_2 وارد می‌شود.

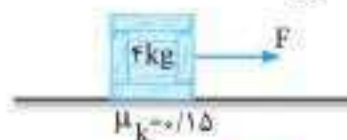
اگر ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیوار $0/25$ باشد، اختلاف حداقل و حداکثر اندازه F_2 چند نیوتون باشد تا جسم در حال سکون باقی بماند؟

- (۱) 5
- (۲) 10
- (۳) 20
- (۴) جرم جسم باید معلوم باشد.

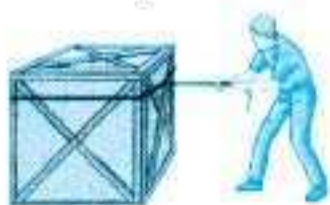
نیروی اصطکاک جنبشی



۷۶۶. جسمی به جرم 4 kg تحت تأثیر نیروی F در حال حرکت با سرعت ثابت است. نیروی F چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



- (۱) 1
- (۲) 2
- (۳) 4
- (۴) 6

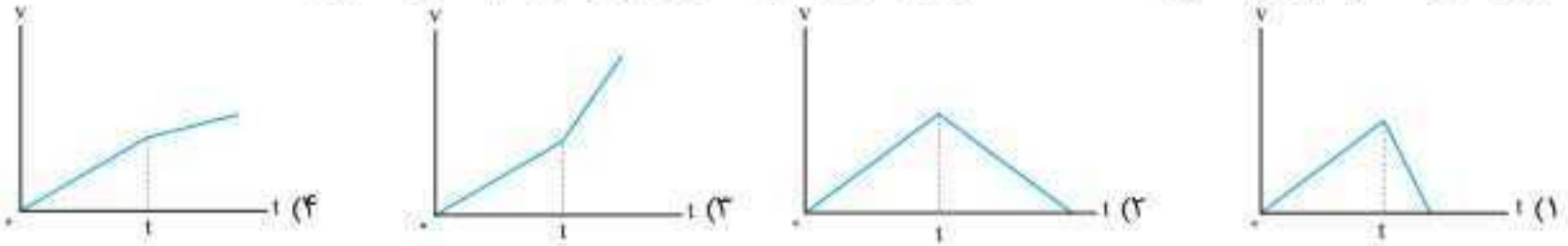


۷۶۷. مطابق شکل، کارگری جعبه ساکنی را با طنابی افقی با نیروی ثابت 380 N می‌کشد. اگر جرم جعبه 60 kg و ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به ترتیب $0/6$ و $0/4$ باشد و جعبه در حال حرکت باشد، شتاب حرکت جعبه چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

(برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) $1/3$
- (۲) $2/3$
- (۳) 3
- (۴) $3/5$

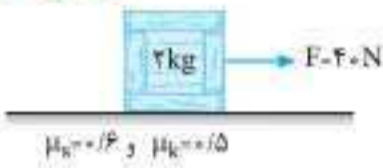
۷۶۸. جسمی به جرم m تحت تأثیر نیروی افقی ثابتی روی سطحی افقی با ضریب اصطکاک 0.2 از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از مدت زمان t وارد سطح دیگری به ضریب اصطکاک 0.1 می‌شود. نمودار سرعت - زمان حرکت جسم مطابق کدام گزینه است؟



۷۶۹. جسمی به جرم 2kg روی سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی $\frac{1}{4}$ قرار دارد. جسم را با نیروی افقی 40N می‌کشیم و جسم در جهت نیرو حرکت می‌کند. این نیرو را حداکثر چند نیوتون می‌توانیم کاهش دهیم، بدون این که سرعت جسم کاهش یابد؟ ($g = 10\text{m/s}^2$) (ریاضی ۸۹)

- ۵ (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴)

۷۷۰. مطابق شکل، جسمی روی سطح افقی ساکن است. به جسم نیروی افقی F وارد می‌شود. 5 ثانیه بعد از وارد شدن نیروی F ، مقدار این نیرو 30 نیوتون کاهش می‌یابد. حرکت جسم پس از آن چگونه است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$) (ریاضی ۹۸)



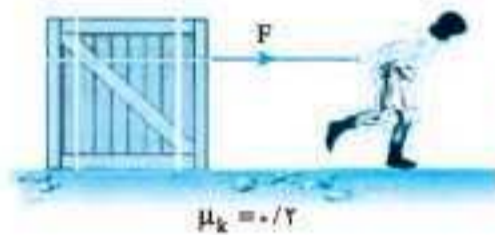
- (۱) جسم همان لحظه می‌ایستد.
(۲) حرکت جسم با شتاب 1m/s^2 کند می‌شود.
(۳) حرکت جسم با شتاب 3m/s^2 کند می‌شود.
(۴) جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۷۷۱. مطابق شکل جسم با نیروی $F = 64\text{N}$ روی سطح افقی حرکت می‌کند. F را چند نیوتون کاهش دهیم تا شتاب حرکت جسم نصف شود؟ ($g = 10\text{N/kg}$)



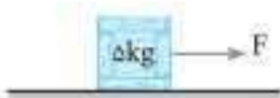
- ۵ (۱) ۱۰ (۲) ۱۲ (۳) ۱۵ (۴)

۷۷۲. در شکل روبه‌رو، نیرویی ثابت و افقی F به صندوقی به جرم 16kg وارد می‌شود و صندوق با شتاب ثابت 0.25m/s^2 به حرکت خود ادامه می‌دهد. چند کیلوگرم از محتویات صندوق کم کنیم، تا با همین نیروی افقی، شتاب حرکت صندوق دو برابر شود؟ ($g = 10\text{N/kg}$) (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



- ۱۶ (۱) ۳۲ (۲) ۴۰ (۳) ۸۰ (۴)

۷۷۳. مطابق شکل، نیروی افقی F را بر جسم وارد می‌کنیم و به تدریج این نیرو را افزایش می‌دهیم. هنگامی که نیروی F به 20N می‌رسد، جسم در آستانه حرکت کردن قرار می‌گیرد. اگر هنگام حرکت، نیرو را ثابت نگه داریم، شتاب جسم 2m/s^2 می‌شود. ضریب اصطکاک ایستایی و ضریب اصطکاک لغزشی به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ ($g = 10\text{N/kg}$)



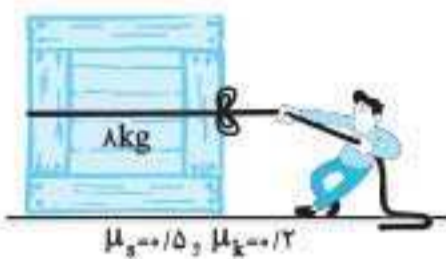
- ۰/۱.۰/۴ (۱) ۰/۱.۰/۲ (۲) ۰/۲.۰/۳ (۳) ۰/۲.۰/۴ (۴)

۷۷۴. مطابق شکل نیروی افقی F به جسمی به جرم 2kg وارد می‌شود و جسم در آستانه حرکت روی سطح افقی قرار می‌گیرد. اگر F به اندازه 8N افزایش یابد، جسم روی سطح افقی شروع به حرکت می‌کند. اگر اختلاف ضریب اصطکاک جنبشی و ایستایی 0.4 باشد شتاب جسم در SI کدام است؟



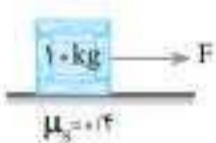
- ۲ (۱) ۴ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴)

۷۷۵. مطابق شکل، شخصی با وارد کردن نیروی F سعی در به حرکت درآوردن جعبه 8 کیلوگرمی دارد. اگر شخص آن قدر نیروی F را افزایش دهد تا جعبه به حرکت درآید، شتاب جسم بلافاصله پس از به حرکت درآمدن در SI کدام است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)



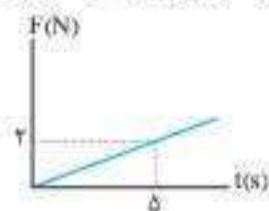
- (۱) صفر ۲ (۲) ۵ (۳) ۳ (۴)

۷۷۶. در شکل مقابل جسم ساکن 10 کیلوگرمی با نیروی افقی F شروع به حرکت می‌کند و جسم با همان نیرو در مدت 5 ثانیه $12/5$ متر جابه‌جا می‌شود. ضریب اصطکاک لغزشی جسم با سطح چقدر است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)



- ۰/۱ (۱) ۰/۱۵ (۲) ۰/۲ (۳) ۰/۳ (۴)

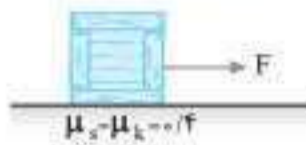
۷۷۷. مطابق شکل، بر جسمی به جرم 2kg نیروی متغیر F وارد می‌شود. اگر F به صورت خطی با زمان افزایش یابد و نمودار آن مطابق شکل باشد، نیروی اصطکاک در $t = 5\text{s}$ چند برابر نیروی اصطکاک در $t = 1\text{s}$ است؟



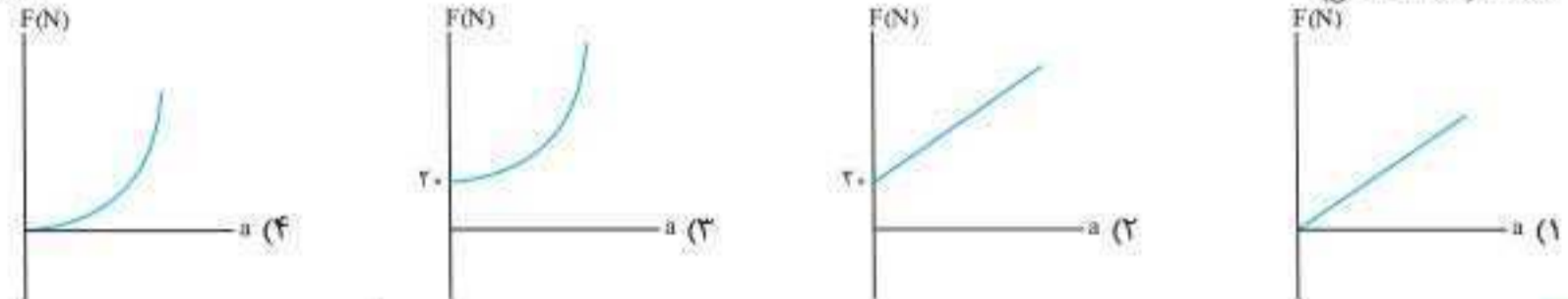
- $\frac{5}{2}$ (۱) $\frac{5}{4}$ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)



۷۷۸. در شکل مقابل ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح μ_k و جرم جسم m است. هنگامی که آسانسور با شتابی ثابت شروع به بالا رفتن کند، جسم را با نیروی افقی F روی کف آسانسور با سرعت ثابت می کشیم. کدام گزینه درباره F درست است؟
 (۱) $F > \mu_k mg$
 (۲) $F < \mu_k mg$
 (۳) $F = \mu_k mg$
 (۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.



۷۷۹. مطابق شکل جسمی به جرم 5kg روی سطح افقی قرار دارد. اگر نیروی افقی F که بر حسب زمان در SI به صورت $F = t^2 + 5$ است، بر این جسم اثر کند، در کدام گزینه نمودار نیروی F بر حسب شتاب جسم به درستی رسم شده است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)



۷۸۰. جسمی به جرم $m = 2\text{kg}$ روی سطحی افقی به ضریب اصطکاک $\mu_k = 0.4$ قرار دارد. این جسم تحت تأثیر نیروی افقی F شروع به حرکت می کند. اگر معادله شتاب - زمان جسم در SI به صورت $a = 2t^2$ باشد، در کدام لحظه بر حسب ثانیه، نیروی F برابر با 66N است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

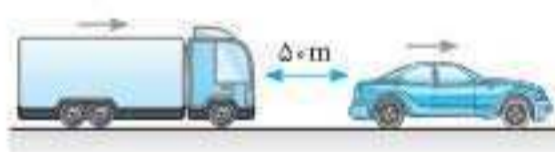
- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۷۸۱. جسمی را روی سطح افقی با سرعت 20m/s پرتاب می کنیم. اگر ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح برابر 0.25 باشد، جسم پس از چند ثانیه می ایستد؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- (۱) ۵ (۲) ۸ (۳) ۱۰ (۴) باید جرم جسم معلوم باشد.

۷۸۲. اتومبیلی در مسیر افقی با سرعت 54km/h در حرکت است که راننده ترمز می کند. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جاده و لاستیک اتومبیل 0.2 باشد، اتومبیل تقریباً پس از طی چند متر متوقف می شود؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

- (۱) ۵۶ (۲) ۶۲ (۳) ۱۱۲ (۴) جرم اتومبیل باید معین شود.



۷۸۳. اتومبیل و کامیونی مطابق شکل در مسیر افقی با سرعت یکسان 72km/h در حرکت هستند. دو راننده ناگهان مانعی را در مقابل خود دیده و همزمان ترمز می کنند. فاصله دو متحرک پس از توقف به چند متر خواهد رسید؟ (ضریب اصطکاک جنبشی لاستیک های کامیون و اتومبیل با سطح جاده به ترتیب 0.5 و 0.4 و $g = 10\text{m/s}^2$ است.)

- (۱) ۱۰ (۲) ۴۰ (۳) ۵۰ (۴) ۶۰

۷۸۴. راننده خودرویی به جرم 2 تن که با سرعت 36km/h در یک مسیر مستقیم و افقی در حرکت است، با دیدن مانعی ترمز می کند. در اثر ترمز، خودرو با طی مسافت 4 متر می ایستد. نیروی اصطکاک وارد شده بر خودرو چند نیوتون است؟

- (۱) ۷۵۰۰ (۲) ۱۲۵۰۰ (۳) ۱۵۰۰۰ (۴) ۲۵۰۰۰

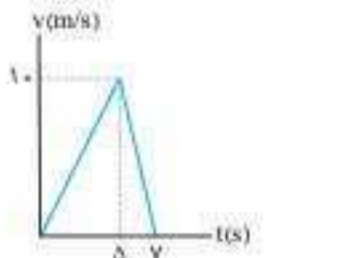
۷۸۵. دو وزنه A و B با سرعت اولیه یکسان، مناسب بر یک سطح افقی پرتاب می شوند. اگر جرم وزنه A نصف جرم وزنه B و ضریب اصطکاک آن 2 برابر ضریب اصطکاک وزنه B باشد، مسافتی که وزنه A طی می کند تا بایستد چند برابر مسافتی است که وزنه B طی می کند تا بایستد؟

- (۱) ۲ (۲) ۱ (۳) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۴) $\frac{1}{2}$



۷۸۶. مطابق شکل، شخصی با نیروی افقی 550N جعبه ای به جرم 100kg را از حال سکون به حرکت در می آورد و پس از 4s طناب پاره می شود. مسافتی که جعبه از شروع حرکت تا توقف طی می کند، چند متر است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$) (تجربی ۹۹)

- (۱) ۲/۲ (۲) ۲/۴ (۳) ۴/۲ (۴) ۴/۴



۷۸۷. جسمی به جرم 2kg روی سطح افقی، توسط نیروی افقی F ، در لحظه $t = 0\text{s}$ از حال سکون شروع به حرکت می کند. این نیرو در لحظه $t = 5\text{s}$ قطع می شود. اگر نمودار سرعت - زمان این جسم مطابق شکل باشد، نیروی F چند نیوتون است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- (۱) ۱۵ (۲) ۱۸ (۳) ۲۱ (۴) ۲۴

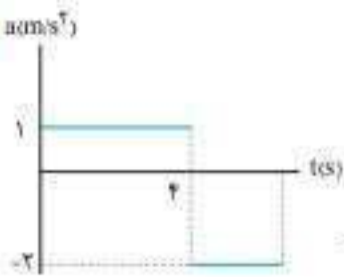
۷۸۸. چوب مکعب شکلی به جرم 5kg را به نخ بسته و با نیروی ثابت و افقی 15N روی سطح افقی می کشیم و از حال سکون به حرکت درمی آوریم و بعد از 2 ثانیه نخ پاره می شود. اگر ضریب اصطکاک جنبشی 0.2 باشد، کل مسافتی که چوب از ابتدای حرکت تا لحظه ایستادن طی می کند، چند متر است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

- (۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۲/۵ (۴) ۳

۷۸۹. جسمی به جرم 2kg روی سطح افقی توسط نیروی F از حال سکون با شتاب ثابت 4m/s^2 شروع به حرکت می‌کند. نیروی F پس از 2 ثانیه قطع می‌شود تا در نهایت جسم متوقف شود. سرعت متوسط جسم در کل این حرکت چند متر بر ثانیه است؟

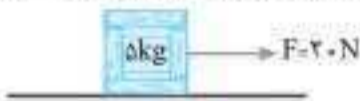
- (۱) ۴
(۲) ۶
(۳) ۸
(۴) ضریب اصطکاک جنبشی باید مشخص باشد.

۷۹۰. جسمی به جرم 2kg روی سطح افقی با ضریب اصطکاک $\mu_k = \mu_s = \mu$ قرار دارد. نیروی افقی F بر این جسم اثر می‌کند و جسم شروع به حرکت می‌کند. پس از مدتی F قطع می‌شود تا در نهایت جسم متوقف شود. نمودار شتاب - زمان حرکت این جسم مطابق شکل است. کدام گزینه نادرست است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

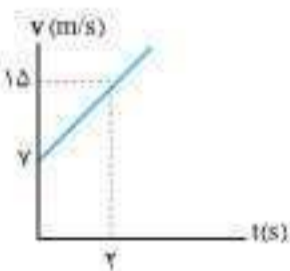


- (۱) ضریب اصطکاک برابر با $\mu = 0/2$ است.
(۲) بزرگی نیروی F برابر با 9N است.
(۳) بزرگی جابه‌جایی جسم 24m است.
(۴) تندی متوسط در کل حرکت 2m/s است.

۷۹۱. مطابق شکل، با نیروی $F = 20\text{N}$ جسمی به جرم 5kg را روی سطح افقی از حالت سکون به حرکت در می‌آوریم. جسم پس از 2s از 6m روی سطح جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی F قطع شود، بزرگی شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه خواهد شد؟

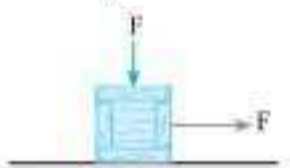


- (۱) صفر
(۲) ۲
(۳) ۳
(۴) لحظه قطع شدن نیروی F باید مشخص باشد.



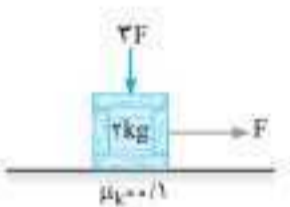
۷۹۲. در یک مسیر مستقیم، جسمی به جرم 800g روی یک سطح افقی قرار دارد و نیروی افقی \vec{F} از زمان $t = 0\text{s}$ بر آن وارد می‌شود. به طوری که نمودار سرعت - زمان آن مطابق شکل است. اگر پس از 5s نیروی \vec{F} ناگهان قطع شده و جسم 8s پس از قطع نیروی \vec{F} با شتاب ثابت متوقف شود. اندازه نیروی \vec{F} چند نیوتون است؟

- (۱) $2/7$
(۲) $3/2$
(۳) $5/4$
(۴) $5/9$



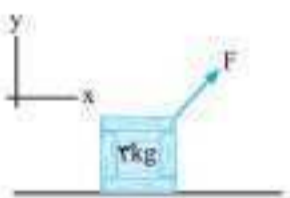
۷۹۳. در شکل روبه‌رو، جسمی به جرم 9kg تحت اثر دو نیروی F در حال حرکت با سرعت ثابت روی سطح افقی است. اگر ضریب اصطکاک لغزشی جسم با سطح برابر $0/1$ باشد، F چند نیوتون است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- (۱) ۲
(۲) ۵
(۳) ۹
(۴) ۱۰



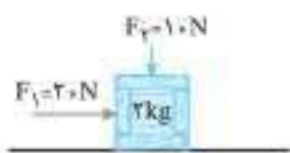
۷۹۴. در شکل روبه‌رو، نیروی افقی F و نیروی قائم $3F$ بر جسم وارد می‌شوند و جسم با شتاب $2/5\text{m/s}^2$ در حال حرکت است. بزرگی نیروی F چند نیوتون است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

- (۱) ۱۰
(۲) ۱۵
(۳) ۲۰
(۴) ۲۵



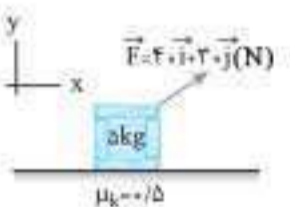
۷۹۵. مطابق شکل نیروی $\vec{F} = 15\vec{i} + 12\vec{j}$ (در SI) بر جسمی به جرم 2kg وارد می‌شود و جسم با شتاب ثابت 2m/s^2 روی سطح افقی حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح کدام است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

- (۱) $0/3$
(۲) $0/5$
(۳) $0/6$
(۴) $0/8$



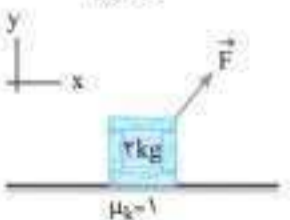
۷۹۶. در شکل روبه‌رو وقتی $F_y = 10\text{N}$ است، جسم با تندی ثابت در حرکت است. نیروی F_x چند نیوتون و چگونه تغییر کند تا بزرگی شتاب حرکت جسم 2m/s^2 و حرکت جسم کندشونده شود؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- (۱) افزایش، ۱۲
(۲) کاهش، ۸
(۳) افزایش، ۴
(۴) افزایش، ۶



۷۹۷. در شکل مقابل، جسم تحت تأثیر نیروی F به اندازه 5m در راستای افقی جابه‌جا می‌شود. کار نیرویی که سطح بر جسم وارد می‌کند، در این جابه‌جایی چند ژول است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- (۱) صفر
(۲) ۲۰۰
(۳) -۵۰
(۴) -۲۵۰



۷۹۸. در شکل روبه‌رو نیروی $\vec{F} = F'\vec{i} + \frac{3}{4}F'\vec{j}$ بر جسمی به جرم 2kg وارد می‌شود و جسم با شتاب $0/5\text{m/s}^2$ روی سطح افقی حرکت می‌کند. اگر نیروی \vec{F} دو برابر شود، شتاب حرکت جسم چند برابر می‌شود؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

- (۱) ۲
(۲) ۴
(۳) ۱۱
(۴) ۲۲



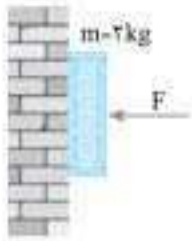
۷۹۹. مطابق شکل با نیروی $\vec{F} = 16\vec{i} - 12\vec{j}$ جسمی را روی سطح افقی با سرعت ثابت حرکت می‌دهیم. اگر جرم جسم $3/6\text{kg}$ باشد، ضریب اصطکاک جنبشی سطح با جسم کدام است؟ ($g = 10\text{N/kg}$)

- (۱) $4/9$
(۲) $1/4$
(۳) $1/3$
(۴) $5/9$

۸۰۰. در شکل روبه‌رو نیروی افقی F چند نیوتون باشد تا جسم با سرعت ثابت روی دیوار پایین بیاید؟

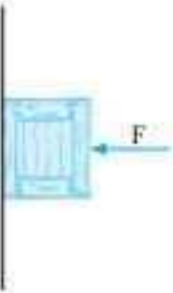
$(\mu_s = 0.4, \mu_k = 0.2, g = 10 \text{ m/s}^2)$

- ۱) ۵۰
- ۲) ۱۰۰
- ۳) ۲۰۰
- ۴) ۴۰۰



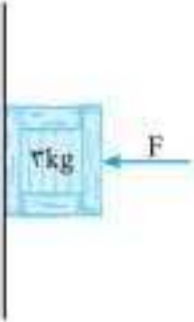
۸۰۱. در شکل روبه‌رو جرم جسم 5 kg و ضریب اصطکاک جنبشی جسم با دیوار برابر 0.2 است. نیروی افقی F چند نیوتون باشد تا جسم با شتاب 2 m/s^2 به طرف پایین حرکت کند؟ $(g = 10 \text{ m/s}^2)$

- ۱) ۱۰۰
- ۲) ۱۲۰
- ۳) ۱۵۰
- ۴) ۲۰۰



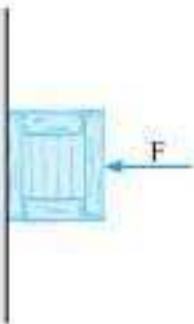
۸۰۲. مطابق شکل، جسم با شتاب ثابت 5 m/s^2 روی دیوار قائم، حرکت تندشونده به طرف پایین دارد. بزرگی نیروی افقی F را چگونه تغییر دهیم تا حرکت جسم یکنواخت شود؟ $(g = 10 \text{ m/s}^2, \mu_k = 0.5)$

- ۱) ۱۵ نیوتون افزایش دهیم.
- ۲) ۱۵ نیوتون کاهش دهیم.
- ۳) ۳۰ نیوتون افزایش دهیم.
- ۴) ۳۰ نیوتون کاهش دهیم.



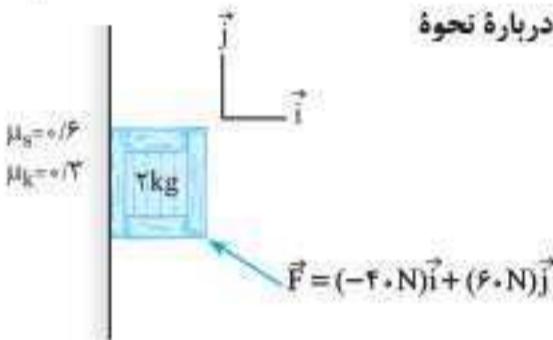
۸۰۳. در شکل روبه‌رو، جسم با نیروی افقی F_1 در آستانه حرکت قرار می‌گیرد و با نیروی افقی F_2 با سرعت ثابت به طرف پایین می‌لغزد. اگر نیروی اصطکاک در این دو حالت به ترتیب f_1 و f_2 باشد، کدام مورد درست است؟ $(\mu_s > \mu_k)$ (ریاضی ۹۵)

- 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) $f_1 = f_2, F_1 = F_2$



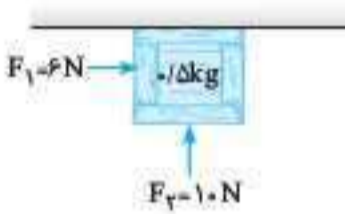
۸۰۴. مطابق شکل نیروی F به جسمی به جرم 2 kg که در ابتدا ساکن بوده وارد می‌شود کدام گزینه درباره نحوه حرکت جسم درست است؟ $(g = 10 \text{ N/kg})$

- ۱) با شتاب 20 m/s^2 به سمت پایین حرکت می‌کند.
- ۲) با سرعت ثابت به سمت بالا حرکت می‌کند.
- ۳) با شتاب 14 m/s^2 به سمت بالا حرکت می‌کند.
- ۴) ساکن می‌ماند.



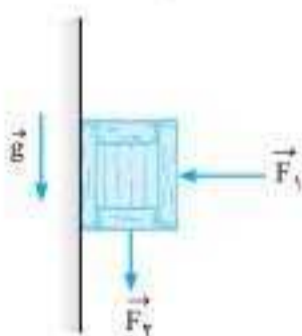
۸۰۵. مطابق شکل روبه‌رو جسم تحت تأثیر نیروهای F_1 و F_2 بر زیر سقف افقی اتاقی، از حال سکون به حرکت در می‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سقف 0.5 باشد، جسم در ثانیه اول چند متر جابه‌جا می‌شود؟ $(g = 10 \text{ N/kg})$

- ۱) ۲
- ۲) ۳/۵
- ۳) ۴
- ۴) ۴/۵



۸۰۶. در شکل روبه‌رو، جسمی به جرم $m = 20 \text{ g}$ تحت تأثیر دو نیروی افقی و قائم F_1 و F_2 از حال سکون به سمت پایین شروع به حرکت می‌کند و پس از طی مسافت 40 cm ، تندی آن به 2 m/s می‌رسد. اگر در این لحظه جهت نیروی F_2 عکس شود، جسم پس از طی مسافت 100 cm متوقف می‌شود. اندازه نیروی F_2 چند نیوتون است؟ $(g = 10 \text{ N/kg})$

- ۱) ۳/۳
- ۲) ۱/۷
- ۳) ۰/۷
- ۴) ۱/۶



۸۰۷. در شکل مقابل جسمی به جرم 4 kg را با نیروی عمودی F به دیواره اتاق آسانسور نگه داشته‌ایم. اگر آسانسور با شتاب 2 m/s^2 تندشونده به طرف پایین حرکت کند و ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیواره 0.4 باشد، حداقل نیروی F چند نیوتون باشد تا جسم روی دیواره ساکن بماند؟ $(g = 10 \text{ N/kg})$

- ۱) ۱۲۰
- ۲) ۱۰۰
- ۳) ۸۰
- ۴) ۶۰

