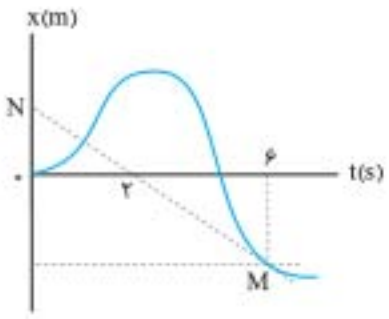
۲۷۲. در شـــکل روبه‌رو، پاره‌خط MN در نقطهٔ M بر نمودار مکان ـ زمان متحرک مماس شـــده است. اگر اندازهٔ سرعت متوسط متحرک از ابتدای حرکت تا لحظهٔ $t = ۶s$ برابر با $۱۰ m/s$ باشد، بزرگی شتاب متوسط متحرک در ۶ ثانیهٔ اول حرکت چند متر بر مجذور ثانیه است؟

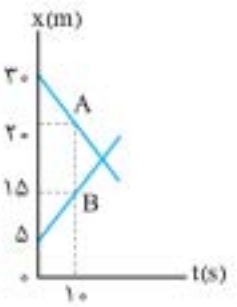


۱) ۴ ۲) ۲/۵
۳) ۶ ۴) ۱۲/۵

۲۷۳. متحرکی که در مسیر مستقیم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، در لحظهٔ $t_۱ = ۲s$ از مکان $x_۱ = +۱۰m$ و در لحظهٔ $t_۲ = ۵s$ از مکان $x_۲ = -۵m$ عبور می‌کند. معادلهٔ حرکت متحرک در SI کدام است؟

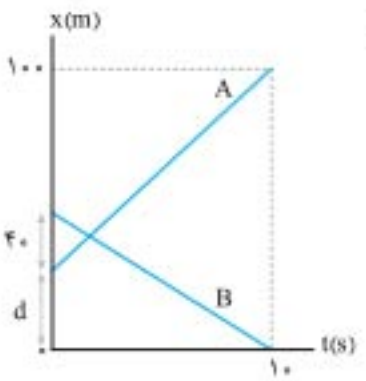
۱) $x = -۵t + ۲۰$ ۲) $x = -۵t + ۱۰$ ۳) $x = -۳t + ۵$ ۴) $x = -۳t + ۱۰$

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



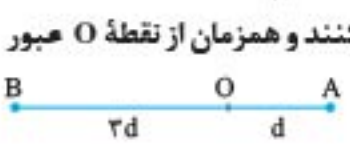
۱) ۱۱
۲) ۱۲/۵
۳) ۱۳/۵
۴) ۱۵

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



۱) ۱۶
۲) ۱۴
۳) صفر
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 نقطهٔ O عبور می‌کنند. مدت زمان پیمودن کل مسیر توسط A چند برابر مدت زمان پیمودن کل مسیر توسط متحرک B است؟



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

۲۷۷. از فاصلهٔ ۲۰ متری یک دیوار، جسمی با سرعت ثابت $۵ m/s$ به طرف دیوار حرکت می‌کند و در لحظهٔ 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 این‌صورت بیشترین فاصلهٔ دو جسم از یکدیگر چند متر خواهد بود؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۱۲

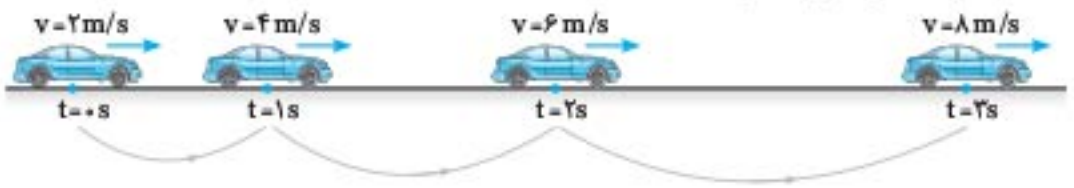
۲۷۸. دو متحرک A و B از فاصلهٔ ۱۵۰m از یکدیگر در دو خط مستقیم و موازی نزدیک به هم، به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند. اگر تندی متحرک‌ها در ضمن حرکت ثابت و به ترتیب $۱۰ m/s$ و $۲۰ m/s$ باشد، پس از چه مدتی فاصلهٔ دو متحرک به ۶۰m می‌رسد؟

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 بازهٔ زمانی دلخواه، یکسان است. به بیان دیگر «در حرکت با شتاب ثابت، در هر بازهٔ زمانی دلخواه شتاب متوسط مقدار ثابتی است.»

به شـــکل زیر توجه کنید تا مفهوم حرکت با شـــتاب ثابت را بهتر درک کنید: این شکل، اتومبیلی را نشان می‌دهد که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و در لحظه‌های معین ۰، ۱، ۲ و ۳ ثانیه سرعت اتومبیل نشان داده شده است.



با توجه به شکل، مشخص است که سرعت اتومبیل در هر ثانیه $۲ m/s$ 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 (۰s تا ۱s)، (۰s تا ۲s)، (۰s تا ۳s)، (۱s تا ۳s) و ... حساب کنیم، درمی‌یابیم که در هر بازهٔ زمانی دلخواه، شتاب متوسط مقداری ثابت است:

$t=۱s \text{ تا } t=۰s \Rightarrow a_{av}=\frac{۴-۲}{۱-۰}=۲m/s^۲$ $\quad$ $t=۲s \text{ تا } t=۰s \Rightarrow a_{av}=\frac{۶-۲}{۲-۰}=۲m/s^۲$

$t=۳s \text{ تا } t=۰s \Rightarrow a_{av}=\frac{۸-۲}{۳-۰}=۲m/s^۲$ $\quad$ $t=۳s \text{ تا } t=۱s \Rightarrow a_{av}=\frac{۸-۴}{۳-۱}=۲m/s^۲$

رابطهٔ شتاب

از آنجا که در حرکت با شتاب ثابت، شتاب متوسط در همهٔ بازه‌های زمانی دلخواه، یکسان و ثابت است: می‌توان از رابطهٔ شتاب متوسط استفاده کرده و برای بازهٔ زمانی دلخواه $t_۱$ تا $t_۲$، رابطهٔ شتاب را به‌صورت روبه‌رو نوشت:

$$a=\frac{v_۲-v_۱}{t_۲-t_۱}$$

تذکر: 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 $۷۲km/h$ در مسیر مستقیم در حرکت است. در لحظه‌ای راننده ترمز کرده و از سرعت اتومبیل با شتاب $۲m/s^۲$ کم می‌شود. ۴ ثانیه پس از ترمز زدن، سرعت اتومبیل چند متر بر ثانیه می‌شود؟

۱) صفر $\quad$ ۲) ۴ $\quad$ ۳) ۸ $\quad$ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ «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 به‌کار ببریم. در این سؤال نیز فرض می‌کنیم بردار سرعت هم‌جهت با سوی مثبت محور است؛ پس علامت شتاب منفی است.

گام دوم از رابطهٔ شتاب ثابت استفاده می‌کنیم:

$$v_۱=۷۲km/h \Rightarrow v_۱=۷۲\div ۳/۶=۲۰m/s$$

$$a=\frac{v_۲-v_۱}{t_۲-t_۱} \xrightarrow{a=-۲m/s^۲,\ t_۲-t_۱=۴s} -۲=\frac{v_۲-۲۰}{۴} \Rightarrow v_۲=۱۲m/s$$

اتومبیلی با شتاب ثابت حرکت می‌کند و در لحظهٔ $t_۱=۲s$ سرعت $۱۰m/s$ و در لحظهٔ $t_۲=۶s$ سرعت $۶m/s$ در خلاف جهت اولیه دارد. بزرگی شتاب اتومبیل چند متر بر مجذور ثانیه است؟

۱) ۴ $\quad$ ۲) ۲ $\quad$ ۳) ۱ $\quad$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

پاسخ: گزینهٔ «۱»

از رابطهٔ شتاب ثابت $(a=\frac{v_۲-v_۱}{\Delta t})$ استفاده می‌کنیم، توجه کنید که جهت سرعت $v_۲$ مخالف جهت $v_۱$ است؛ از این رو اگر سرعت $v_۱$ را مثبت در نظر بگیریم، علامت $v_۲$ باید منفی شود. اکنون مقدار شتاب را به‌دست می‌آوریم:

$$a=\frac{v_۲-v_۱}{\Delta t} \Rightarrow a=\frac{-۶-(+۱۰)}{۶-۲}=\frac{-۱۶}{۴}=-۴m/s^۲$$

بنابراین بزرگی شتاب برابر است با:

$$|a|=۴m/s^۲$$

معادلهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت

برای این‌که معادلهٔ سرعت برحسب زمان را مشخص کنیم، از رابطهٔ شتاب ثابت $(a=\frac{v_۲-v_۱}{t_۲-t_۱})$ استفاده می‌کنیم.

اگر فرض کنیم در لحظهٔ $t_۱=۰s$، سرعت جسم $v_۱=v_۰$ باشد، آن‌گاه در هر لحظهٔ دلخواه $t_۲=t$، سرعت جسم برابر با $v_۲=v$ خواهد بود و معادلهٔ شتاب ثابت را می‌توان به‌صورت روبه‌رو نوشت:

معادلهٔ سرعت ـ زمان:

$$a=\frac{v-v_۰}{t} \Rightarrow v-v_۰=at \Rightarrow \boxed{v=at+v_۰}$$

($v_۰$: سرعت در لحظهٔ $t=۰$؛ v: سرعت در لحظهٔ t)

دقت کنید که منظور از t، بازهٔ زمانی صفر تا t است که در این بازه، سرعت جسم از $v_۰$ به v تغییر کرده است.

نکته: در معادلهٔ سرعت ـ زمان، مقدار a و $v_۰$، ثابت است و سرعت به‌صورت یک تابع خطی به زمان بستگی دارد و متغیر است.

$$v=\underset{\text{(ثابت)}}{a}\ t+\underset{\text{(ثابت)}}{v_۰}$$

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

۱) $v = -8t + 8$ ۲) $v = 8t - 8$ ۳) $v = -8t + 32$ ۴) $v = 8t - 32$

پاسخ: گزینهٔ «۳»

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

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

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

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

گام سوم در نتیجه معادلهٔ سرعت ـ زمان به‌صورت $v = -8t + 32$ (در SI) است.

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

$$v_2 = at + v_1$$

نکته: اگر جسمی با سرعت اولیهٔ v_0 حرکت کند، سپس با شتاب ثابت از سرعتش کم شود (حرکت کندشونده) و در مدت t_s ثانیه متوقف شود می‌توان از معادلهٔ $a = \frac{v - v_0}{t}$ استفاده کرد و لحظهٔ t_s را به‌دست آورد:

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

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

مدت توقف

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

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

۱) ۵ ، ۱۰ ۲) ۷/۵ ، ۱۰ ۳) ۵ ، ۱۵ ۴) ۷/۵ ، ۱۵

پاسخ: گزینهٔ «۲»

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

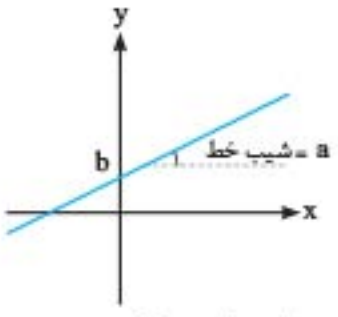
$$t = \frac{v - v_0}{a} \xrightarrow[v = 5\,m/s]{v_0 = \frac{72}{3/6} = 20\,m/s} t = \frac{5 - 20}{-2} = 7/5s$$

گام دوم زمان توقف برابر است با:

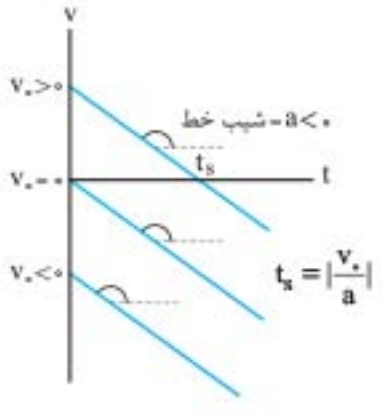
$$t_s = |\frac{v_0}{a}| = |\frac{-20}{-2}| = 10s$$

نمودار سرعت ـ زمان در حرکت شتاب ثابت

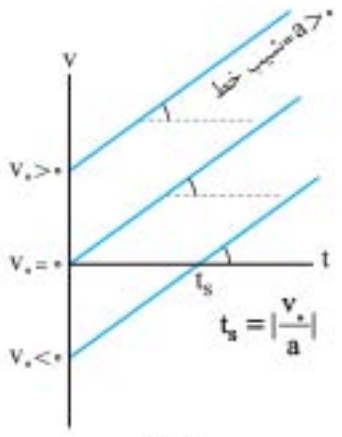
یادآوری: نمودار تابع درجه اول $y = ax + b$ به‌صورت خطی راست است.



در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ سرعت ـ زمان نیز تابع درجهٔ اول بر حسب زمان است $(v = at + v_0)$: از این رو نمودار $v - t$ مربوط به این حرکت به‌صورت 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 ـ زمان حرکت با شتاب ثابت را می‌توان به‌صورت‌های زیر و در دو دستهٔ کلی در نظر گرفت:



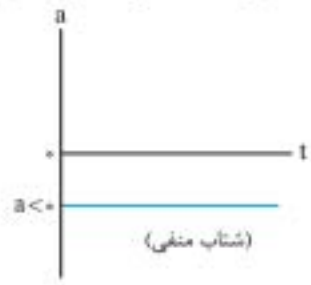
(الف)



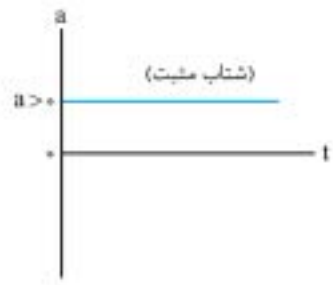
(ب)

نمودار شتاب ـ زمان

بسته به این‌که شتاب مثبت یا منفی باشد، این نمودار می‌تواند به شکل‌های زیر باشد:

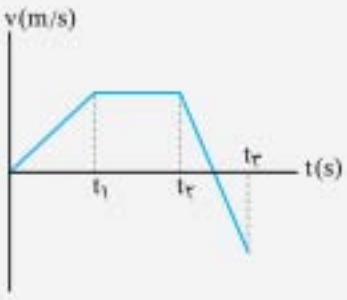


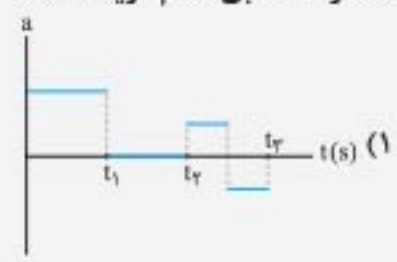
(الف)

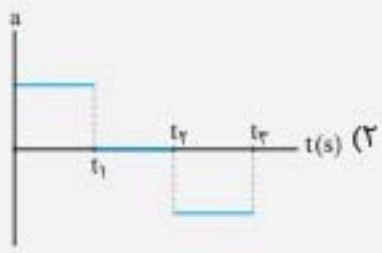


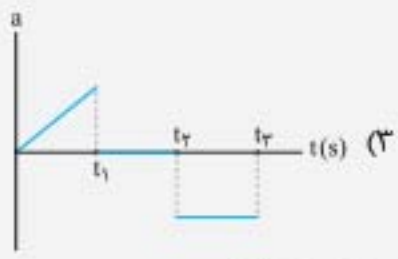
(ب)

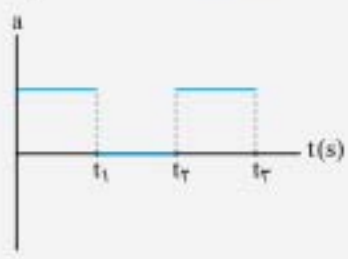
تست: نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. نمودار شتاب ـ زمان این متحرک مطابق کدام گزینه است؟



۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ: گزینهٔ «۲»

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

رابطهٔ سرعت متوسط

برای این‌که بتوانیم این رابطه را به‌دست آوریم به چند نکته و یادآوری توجه کنید:

۱ در نمودار سرعت ـ زمان، مساحت محصور بین نمودار و محور زمان برابر با جابه‌جایی جسم است.

۲ منظور از سرعت متوسط این است که اگر جسمی در بازهٔ 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: $v_{av_1} = v_{2\,\text{ثابت}}$

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

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

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

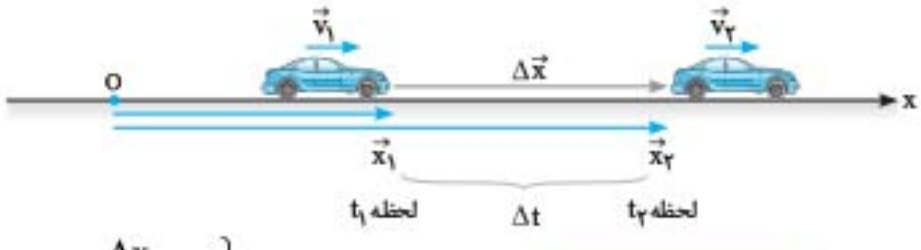
نکته: با توجه به شکل، می‌توان نتیجه گرفت که لحظهٔ t_{av}، وسط بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 است یعنی $t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2}$.

$v_{t_{av}} = v_{av}$

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

معادلهٔ مستقل از شتاب

از تعریف کلی سرعت متوسط $(v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t})$ و رابطهٔ سرعت متوسط برای حرکت با شتاب ثابت $(v_{av} = \frac{v_2 + v_1}{2})$، می‌توان رابطهٔ جابه‌جایی بر حسب زمان را در حرکت با شتاب ثابت به‌دست آورد.



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

در این معادله شتاب ظاهر نمی‌شود؛ از این‌رو آن را معادلهٔ **مستقل از شتاب** می‌نامیم.

تست: **جسمی با شتاب ثابت از مکان $x_1 = 5m$ با سرعت $v_1 = -10m/s$ و از مکان $x_2 = -15m$ با سرعت $v_2 = +5m/s$ عبور می‌کند. چند ثانیه طول می‌کشد تا جسم از x_1 به x_2 برود؟**

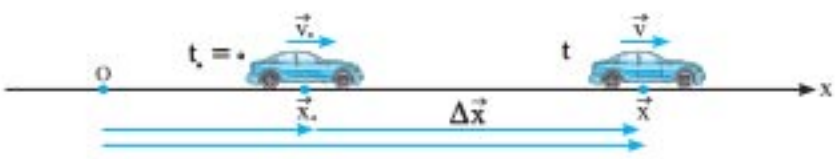
۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ «۴»

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

$$\Delta x = \frac{v_2 + v_1}{2}\Delta t \xrightarrow[v_1=-10m/s\,,\,v_2=+5m/s]{x_2=-15\,m\,,\,x_1=+5\,m} -15-5 = \frac{5-10}{2}\times\Delta t \Rightarrow \Delta t = 8s$$

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



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

در این رابطه، x_0 مکانی است که جسم در لحظهٔ $t = 0s$ با سرعت v_0 از آن عبور کرده است و x مکانی است که جسم در لحظهٔ t با سرعت v از آن عبور کرده است.

رابطهٔ سرعت متوسط برحسب زمان: با استفاده از رابطه سرعت متوسط و معادله سرعت ـ زمان می‌توان نوشت:

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

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

تست: **متحرکی با شتاب ثابت $4\,m/s^2$ حرکت می‌کند و در مدت ۸ ثانیه، سرعت متوسط آن برابر $10\,m/s$ 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: گزینهٔ «۲»

از رابطهٔ سرعت متوسط استفاده می‌کنیم و سرعت اولیه را به‌دست می‌آوریم: $v_{av} = \frac{1}{2}at + v_0 \Rightarrow 10 = \frac{1}{2}\times 4 \times 8 + v_0 \Rightarrow v_0 = -6m/s$

علامت منفی بیانگر این است که جهت v_0 خلاف جهت شتاب (که با علامت مثبت فرض شده) بوده است.

متحرکی با شتاب ثابت روی محور x در حرکت است. اگر جابه‌جایی این متحرک در ۴ ثانیهٔ پنجم و ۶ ثانیهٔ دوم حرکتش به‌ترتیب $80m$ و $66m$ باشد، سرعت اولیهٔ این متحرک چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۲»

در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی برابر با سرعت در لحظهٔ وسط آن بازهٔ زمانی است. لحظات وسط بازه‌های زمانی ۴ ثانیهٔ پنجم (۱۶s تا ۲۰s) و ۶ ثانیهٔ دوم(۶s تا ۱۲s) به‌ترتیب $t_1 = \frac{16+20}{2} = 18s$ و $t_2 = \frac{6+12}{2} = 9s$ است، بنابراین می‌توان نوشت:

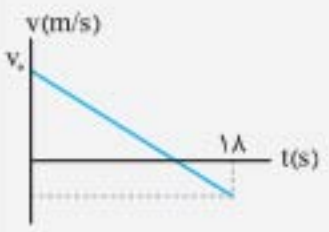
ثانیهٔ پنجم ۴: $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{80}{4} = 20m/s \xrightarrow[t_1=18s]{\text{وسط بازه}} v_1 = 20m/s$

ثانیهٔ دوم ۶: $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{66}{6} = 11m/s \xrightarrow[t_2=9s]{\text{وسط بازه}} v_2 = 11m/s$

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

$$v = at + v_0 \begin{cases} \xrightarrow[v_1=20m/s]{t_1=18s} 20 = 18a + v_0 \\ \xrightarrow[v_2=11m/s]{t_2=9s} 11 = 9a + v_0 \end{cases} \Rightarrow v_0 = 2m/s\,,\,a = 1m/s^2$$

نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر سرعت متحرک در $t = 9s$ برابر $10m/s$ باشد، جابه‌جایی متحرک از $t = 0s$ تا $t = 18s$ چند متر است؟



۱) ۱۸۰ ۲) ۳۶۰
۳) ۱۲۰ ۴) ۱۰۰

پاسخ: گزینهٔ «۱»

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

$$\left.\begin{array}{l} v_{av[0s-18s]} = 10m/s \\ v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{array}\right\} \Rightarrow v_{av[0s-18s]} = \frac{\Delta x}{\Delta t_{[0s-18s]}} \Rightarrow 10 = \frac{\Delta x}{18-0} \Rightarrow \Delta x = 180m$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

معادله و نمودار سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت

۲۷۹. اتومبیلی بدون سرعت اولیه و با ثابت ماندن آهنگ تغییرات سرعت، روی مسیر مستقیم سرعتش را پس از ۱۰s به ۱۸km/h می‌رساند. این اتومبیل چند ثانیه پس از شروع حرکتش، به سرعت ۲۰m/s می‌رسد؟ (ریاضی ۸۰)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

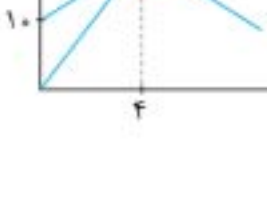
۲۸۰. معادلهٔ سرعت ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به‌صورت $v=-3t+12$ است. تندی متوسط متحرک در بازهٔ زمانی بین دو لحظه‌ای که تندی متحرک به ۶m/s می‌رسد، چند متر بر ثانیه است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۳ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۱

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

۱) $-8, 2$ ۲) $8, -2$ ۳) $-6, 2$ ۴) $6, -2$

۲۸۲. نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. حرکت متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا t_1 چگونه است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) تندشونده
۲) کندشونده
۳) ابتدا کندشونده و سپس تندشونده
۴) بستگی به سرعت اولیه دارد.

۲۸۳. دو متحرک روی خط راست با شتاب‌های ثابت a و $a+1/5$ (در SI) از یک نقطهٔ مشترک شروع به حرکت می‌کنند و بعد از مدت زمان t، سرعت آن‌ها به‌ترتیب ۱۰ m/s و ۲۲ m/s می‌شود. t برابر با چند ثانیه است؟ (ریاضی خارج ۹۶)

۱) ۱۰ ۲) ۸ ۳) ۶ ۴) ۴

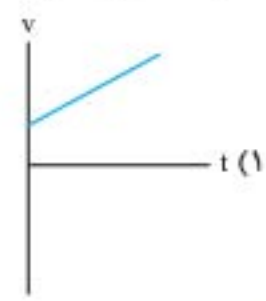
۲۸۴. جسمی که با سرعت اولیهٔ v_0، با شتاب ثابت و به‌صورت تندشونده در حال حرکت است، پس از t ثانیه به سرعت v می‌رسد. سرعت این جسم پس از t ثانیهٔ دیگر، چند برابر v خواهد شد؟

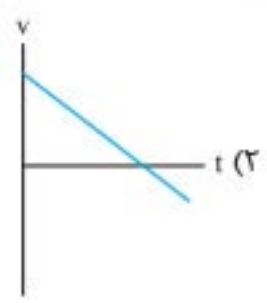
۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) بیشتر از ۱ و کمتر از ۲ ۴) بیشتر از ۱

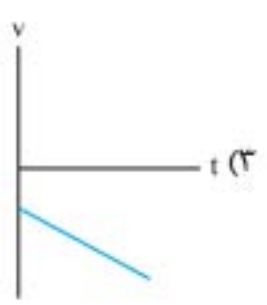
۲۸۵. متحرکی با سرعت اولیهٔ v و شتاب a ترمز می‌کند و پس از t ثانیه، متوقف می‌شود. اگر این متحرک با سرعت اولیهٔ 3v و شتاب ثابت 2a ترمز کند، پس از چند t می‌ایستد؟

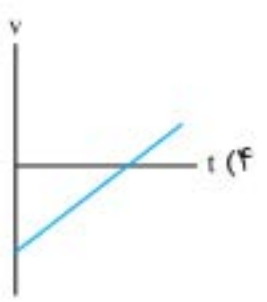
۱) $\frac{3}{2}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) ۶ ۴) $\frac{1}{6}$

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

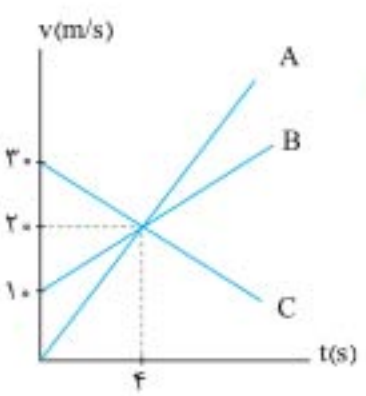
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

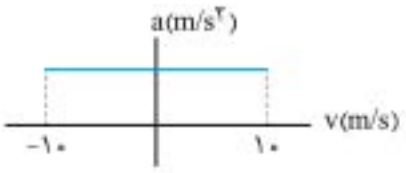
۲۸۷. در شکل روبه‌رو، نمودار سرعت ـ زمان سه متحرک A، B و C نشان داده شده است. کدام عبارت‌ها دربارهٔ مقایسهٔ شتاب این متحرک‌ها درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

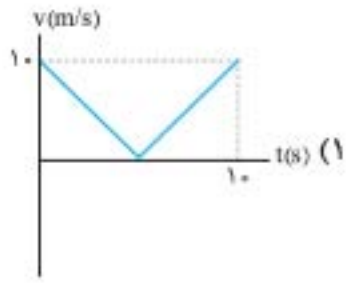


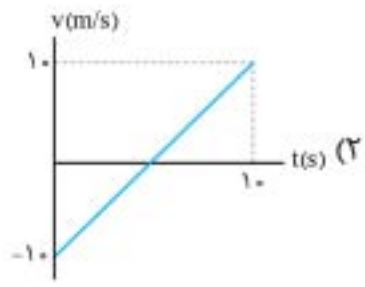
الف) $\vec{a}_A=2\vec{a}_B$
ب) $\vec{a}_A=\vec{a}_B$
پ) $\vec{a}_C=-2\vec{a}_A$
ت) $\vec{a}_C=-\vec{a}_A$

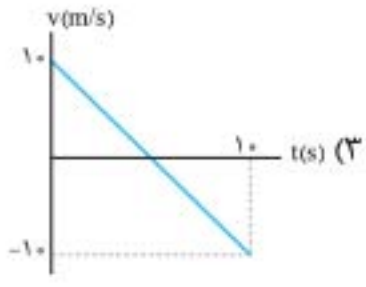
۱) ت
۲) الف و پ
۳) ب و ت
۴) الف

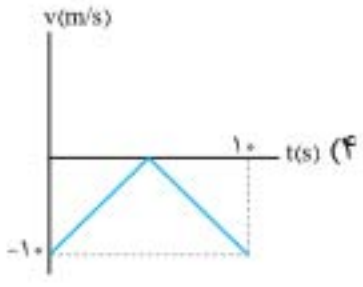
۲۸۸. نمودار شتاب ـ سرعت متحرکی مطابق شکل است. نمودار سرعت ـ زمان آن کدام است؟



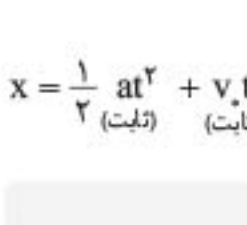
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۲۸۹. شکل مقابل، نمودار سرعت ـ زمان متحرکی است که روی محور x حرکت می‌کند. مسافتی که متحرک در ۵ ثانیهٔ اول پیموده است، چند متر است؟ (ریاضی خارج ۹۸)



۱) ۱۰
۲) ۲۱
۳) ۲۵
۴) ۲۹

ایستگاه ۹: معادلهٔ حرکت (معادلهٔ مکان ـ زمان)

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

معادلهٔ جابه‌جایی ـ زمان:

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

اگر از $\Delta x = x - x_0$ استفاده کنیم، **معادلهٔ مکان ـ زمان** (یا معادلهٔ حرکت) جسم را به‌دست می‌آوریم:

$$\boxed{x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0}$$

تست: متحرکی با شتاب ثابت $2m/s^2$ از مکان $x = -5m$ با سرعت $10m/s$ در جهت مثبت محور حرکت می‌کند. اگر حرکت جسم کندشونده باشد، سه ثانیهٔ بعد، متحرک در چه مکانی برحسب متر قرار دارد؟

۱) ۱۶
۲) ۲۰
۳) ۲۵
۴) ۱۷

پاسخ: گزینهٔ «۱»

گام اول در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ حرکت به‌صورت $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ 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 کُندشونده است، علامت شتاب و سرعت اولیه مخالف یکدیگرند، پس اگر $v_0 = 10m/s$ باشد، باید $a = -2m/s^2$ در نظر گرفته شود.

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

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2}(-2)t^2 + 10t + (-5) \Rightarrow x = -t^2 + 10t - 5$$

گام سوم لحظهٔ $t = 3s$ را در معادله قرار می‌دهیم تا مکان جسم را پس از سه ثانیه (از صفر تا $3s$) به‌دست آوریم:

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

نکته:

۱) در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ مکان ـ زمان و معادلهٔ جابه‌جایی زمان، تابعی **درجهٔ دوم** از زمان هستند.

۲) در معادلهٔ مکان ـ زمان، کمیت‌های a، v_0 و x_0 مقدارهای ثابتی‌اند.

$$x = \underbrace{\frac{1}{2}at^2}_{\text{(ثابت)}} + \underbrace{v_0 t}_{\text{(ثابت)}} + \underbrace{x_0}_{\text{(ثابت)}}$$

۳) در معادلهٔ مکان ـ زمان، منظور از t بازهٔ زمانی صفر تا t است.

تست: معادلهٔ حرکت جسمی در SI، به‌صورت $x = 4t^2 - 5t + 10$ است. سرعت جسم در لحظهٔ $t = 2s$، چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۲۱
۲) ۱۶
۳) ۱۱
۴) ۵

پاسخ: گزینهٔ «۳»

گام اول معادله برحسب زمان، تابع درجهٔ دوم است و می‌توان نتیجه گرفت این معادله مربوط به جسمی است که با شتاب ثابت حرکت می‌کند و از مقایسهٔ این معادله با معادلهٔ کلی حرکت با شتاب ثابت می‌توان شتاب و سرعت اولیهٔ جسم را به‌دست آورد:

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

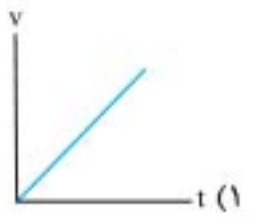
۸۰۲. مطابق شکل مقابل، درون یک واگن ساکن به جرم ۱۰۰kg که با زمین اصطکاک ندارد، شخصی به جرم ۵۰kg با شتاب $0/5\,m/s^2$ شروع به حرکت به سمت راست می‌کند. در این‌صورت .....

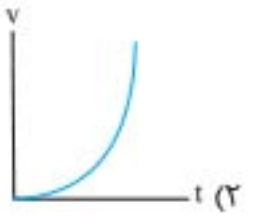
۱) واگن با شتاب $0/25\,m/s^2$ به سمت راست حرکت می‌کند.
۲) واگن با شتاب $0/25\,m/s^2$ به سمت چپ حرکت می‌کند.
۳) واگن با شتاب $0/5\,m/s^2$ به سمت چپ حرکت می‌کند.
۴) واگن ساکن می‌ماند.

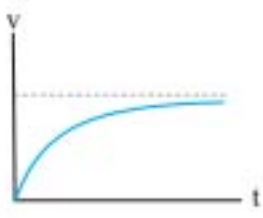
۸۰۳. جسمی به جرم ۱۰kg توسط مریخ‌نوردی به سطح مریخ برده شده است. نیروی وزن این جسم در سطح مریخ چند برابر وزن آن در سطح زمین است؟ $(g_{\text{مریخ}} = 3/7\,N/kg\,,\, g_{\text{زمین}} = 10\,N/kg)$

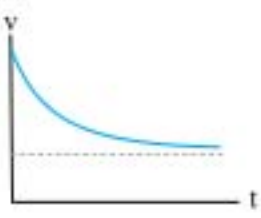
۱) ۳۷ ۲) $3/7$ ۳) $0/37$ ۴) ۱۰

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

۱) 

۲) 

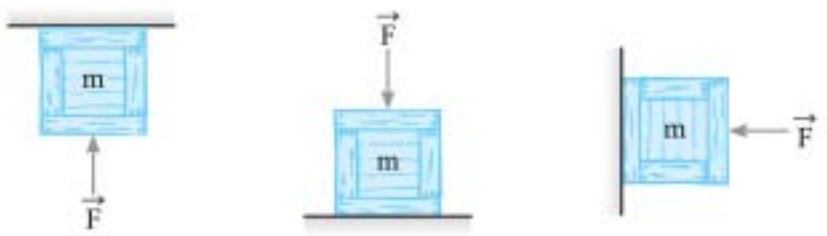
۳) 

۴) 

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

۱) ۱ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) $\frac{3}{5}$

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



(۱) (۲) (۳)

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) $F_{N_3} > F_{N_2} > F_{N_1}$

۸۰۷. شخصی درون آسانسور در حال حرکتی روی یک ترازو قرار دارد. در کدام‌یک 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.

۸۰۸. شخصی به جرم ۸۰kg 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؟ $(g = 10\,m/s^2)$

۱) ۸۸۰ ۲) ۸۰۰ ۳) ۱۶۰ ۴) ۷۲۰

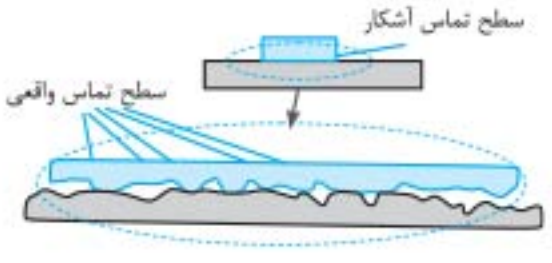
ایستگاه ۸: نیروی اصطکاک

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.

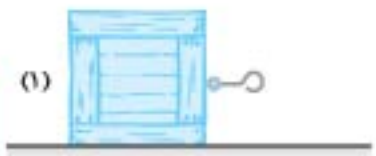
نیروی اصطکاک را در دو حالت ۱ نیروی اصطکاک ایستایی (f_s) و ۲ نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) بررسی می‌کنیم.

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.



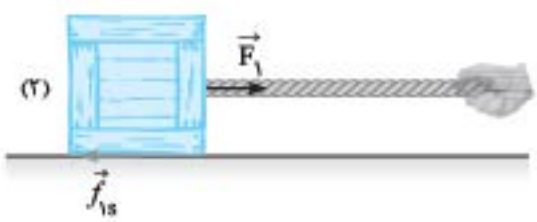
تذکر: نیروی اصطکاک همواره مضر نیست و حتی بدون آن زندگی ما مختل می‌شود. مثلاً اگر اصطکاک نبود، ایستادن یا حتی نشستن روی یک سطح بدون اصطکاک میسر نبود و حفظ تعادل بسیار سخت می‌شد.

نیروی اصطکاک ایستایی (f_s)



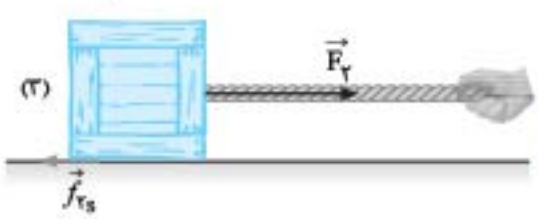
اگر جسمی روی سطح قرار گیرد و در اثر نیرویی تمایل به حرکت داشته باشد اما ساکن بماند، نیروی اصطکاک آن را از نوع ایستایی در نظر می‌گیریم. برای درک بهتر ویژگی‌های نیروی اصطکاک ایستایی، جسمی را مطابق شکل روی سطح افقی در نظر بگیرید که می‌توانیم بر آن نیروی افقی F را وارد کنیم.

در ابتدا که نیروی وارد بر آن صفر است، بنابر 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 اندازهٔ آن برابر است با:



$$F_{net,x}=0 \Rightarrow f_{1s}=F_1$$

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

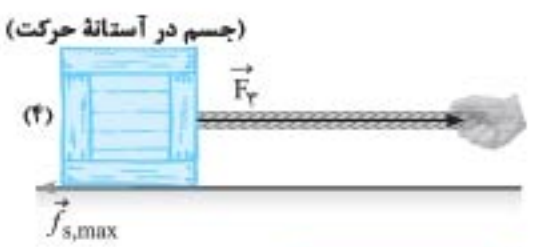


$$F_{net,x}=0 \Rightarrow f_{2s}=F_2$$

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

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 آستانهٔ 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 آستانهٔ حرکت** می‌گویند و آن را با $f_{s,max}$ نمایش می‌دهند (شکل ۴). اندازهٔ این نیرو از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



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

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه (N) ← $f_{s,max}=\mu_s F_N$

ضریب اصطکاک ایستایی (یکا ندارد) ← μ_s

نیروی عمودی سطح (N) ← F_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 به‌دست می‌آید.

۲ اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی مقدار ثابتی ندارد و وقتی به جسمی نیروی محرکی وارد می‌شود، تا زمانی‌که جسم به حرکت درنیامده و ساکن است: این نیرو با مجموع نیروهای محرک برابر است و بازهٔ تغییرات آن $0 < f_s \le f_{s,max}$ است.

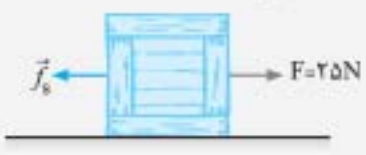
۳ رابطهٔ $f_{s,max}=\mu_s F_N$ تنها در حالتی که جسم در آستانهٔ حرکت است، برقرار است.

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 ۱۰۰N را روی سطح افقی قرار داده و آن را با نیروی افقی ۲۵N می‌کشیم ولی قادر به حرکت دادن آن نیستیم. اندازهٔ نیروی اصطکاک در SI کدام است؟

۱) ۴ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) نامشخص است.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

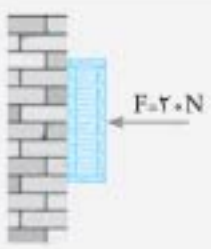


جسم ساکن است. بنابراین نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند و نیروی اصطکاک برابر نیروی محرک است:

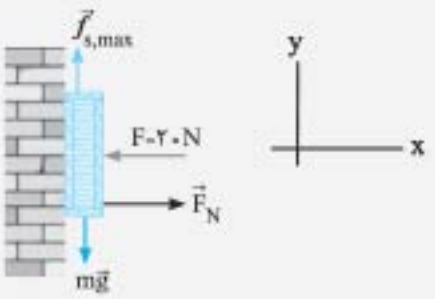
$$F_{net,x}=0 \Rightarrow f_s = F = 25N$$

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

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲
۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴



پاسخ: گزینهٔ «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:

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

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow f_{s,max}=mg \xrightarrow{f_{s,max}=\mu_s F_N} \mu_s.F=mg \Rightarrow \mu_s=\frac{mg}{F}=\frac{0/8\times 10}{20}=0/4$$

نیروی اصطکاک جنبشی (f_k)

وقتی جسمی روی یک سطح به حرکت درمی‌آید نیز از طرف سطح نیرویی در خلاف جهت جسم، بر جسم وارد می‌شود که به آن **نیروی اصطکاک جنبشی** می‌گویند و آن را با f_k نمایش می‌دهند. با استفاده از رابطهٔ زیر مقدار این نیرو به‌دست می‌آید:

$$f_k = \mu_k F_N$$

(f_k: نیروی اصطکاک جنبشی (N)، F_N: نیروی عمودی سطح (N)، μ_k: ضریب اصطکاک جنبشی (یکا ندارد))

نکته:

۱) μ_k به جنس سطح تماس دو جسم، میزان نرمی و زبری آن‌ها و ... بستگی دارد.

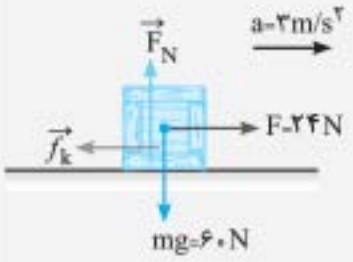
۲) μ_k نیز مانند μ_s واحد ندارد و مقدار آن با آزمایش به‌دست می‌آید.

۳) برخلاف نیروی اصطکاک ایستایی که مقداری متغیر دارد، نیروی اصطکاک جنبشی مقدار ثابتی دارد.

تست: **جسمی به جرم ۶kg روی یک سطح افقی قرار دارد. اگر به جسم نیروی افقی ۲۴N وارد کنیم، شتاب حرکت $3m/s^2$ می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم کدام است؟ ($g = 10m/s^2$)**

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۲۵ ۴) ۰/۵

پاسخ: گزینهٔ «۱»



گام اول ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم:

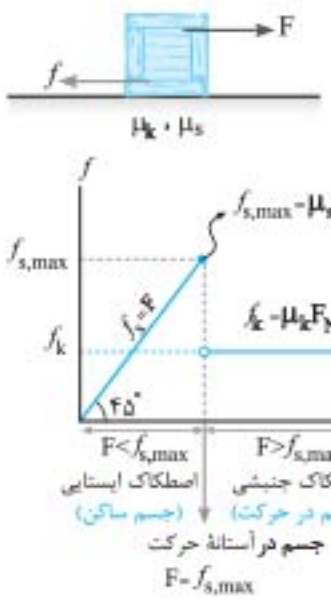
جسم در راستای قائم ساکن است. بنابراین نیروهای وارد بر آن در این راستا متوازن هستند و می‌توان نوشت:

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

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

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} F - \mu_k F_N = ma \Rightarrow 24 - \mu_k \times 60 = 6 \times 3 \Rightarrow \mu_k = 0/1$$

نمودار نیروی اصطکاک برحسب نیروی محرک خالص



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

نمودار مقابل به شما کمک می‌کند تا به‌خوبی رفتار نیروی اصطکاک در شرایط مختلف را بررسی کنید.

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

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

۲) اگر $F = f_{s,max}$ باشد، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. دقت کنید که جسم همچنان ساکن است و داریم:

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

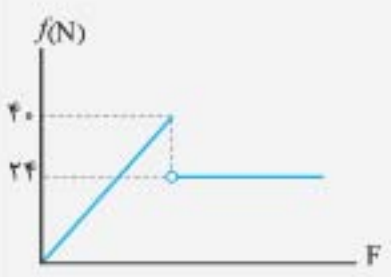
۳) اگر $F > f_{s,max}$ باشد، جسم به حرکت در می‌آید و اصطکاک از نوع جنبشی است. در این حالت $f_k = \mu_k F_N$ است.

۴) معمولاً $\mu_s > \mu_k$ است.

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

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

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



۱) $\frac{۳}{۵}$

۲) $\frac{۵}{۳}$

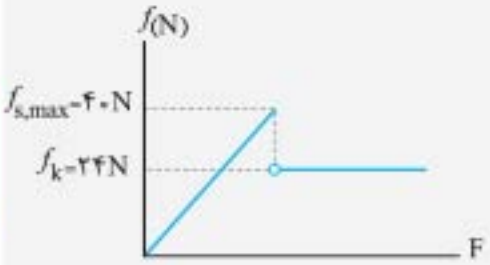
۳) $\frac{۵}{۴}$

۴) جرم جسم باید مشخص باشد.

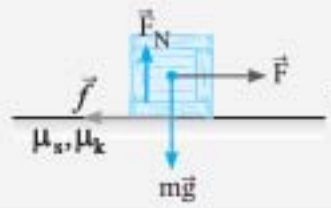
پاسخ: گزینهٔ «۲»

با توجه به نمودار $f_k = ۲۴N$ و $f_{s,max} = ۴۰N$ است. بنابراین می‌توان نوشت: ۱ $f_k = \mu_k F_N = ۲۴N$

۲ $f_{s,max} = \mu_s F_N = ۴۰N$



بنابراین با تقسیم رابطهٔ ۲ بر رابطهٔ ۱ داریم:



$$\xrightarrow{۲ \div ۱} \frac{\mu_s F_N}{\mu_k F_N} = \frac{۴۰}{۲۴} \Rightarrow \frac{\mu_s}{\mu_k} = \frac{۵}{۳}$$

جسمی به جرم ۲kg روی یک سطح افقی قرار دارد. اگر نیرویی که برحسب زمان به صورت $F = ۸t$ است به جسم وارد شود، شتاب جسم در لحظهٔ $t = ۴s$ در SI کدام است؟ ($\mu_k = ۰/۸ , \mu_s = ۱ , g = ۱۰m/s^۲$)

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۴

پاسخ: گزینهٔ «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:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N = mg} f_{s,max} = \mu_s mg = ۱ \times ۲ \times ۱۰ = ۲۰N$$

گام سوم اندازهٔ نیروی F در لحظهٔ $t = ۴s$ برابر است با:

$$t = ۴s \Rightarrow F = ۸ \times ۴ = ۳۲N$$

حالا با مقایسهٔ نیروها وضعیت حرکت جسم را مشخص می‌کنیم:

$$F > f_{s,max} \Rightarrow$$

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

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

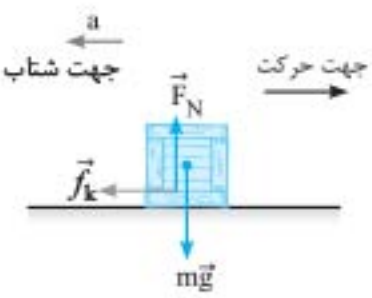
$$f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{F_N = mg} f_k = \mu_k mg = ۰/۸ \times ۲ \times ۱۰ = ۱۶N$$

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

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow ۳۲ - ۱۶ = ۲a \Rightarrow a = ۸m/s^۲$$

پرتاب روی سطح افقی و شتاب ترمز

اگر جسمی روی یک سطح افقی با سرعت اولیهٔ $v_۰$ 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:



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

$$\xrightarrow{F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = mg} \mu_k \cancel{m} g = \cancel{m} a \Rightarrow \boxed{a = \mu_k . g}$$

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

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 $v_۰$ بزرگی سرعت اولیه است.)

$$\text{مدت زمان توقف}: t_s = \frac{v_۰}{a}$$

$$\text{مسافت توقف } (d_s): \Delta x_s = \frac{v_۰^۲}{۲a}$$

تست: جسمی به جرم ۴kg روی یک سطح افقی تحت‌تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت ۸m/s در حال حرکت است. اگر F قطع شود، جسم پس از طی مسافت ۴ متر متوقف می‌شود. نیروی F چند نیوتون است؟ ($g = ۱۰N/kg$)

۱) ۳۲ ۲) ۴۰ ۳) ۱۶ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ «۱»

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

با استفاده از رابطهٔ $\Delta x_s = \frac{v_۰^۲}{۲a}$ داریم (a بزرگی شتاب است): $\Delta x_s = \frac{v_۰^۲}{۲a} \xrightarrow[\Delta x_s = ۴m]{v_۰ = ۸m/s} ۴ = \frac{۸^۲}{۲a} \Rightarrow a = ۸m/s^۲$

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

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow f_k = ma \Rightarrow f_k = ۴ \times ۸ = ۳۲N$$

گام دوم در نهایت با توجه به این‌که 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:

$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F = f_k = ۳۲N$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

نیروی اصطکاک

۸۰۹. چه تعداد از عبارت‌های 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

۸۱۰. کدام‌یک از عبارت‌های زیر در مورد نیروی اصطکاک نادرست است؟

الف) نیروی اصطکاک ایستایی از رابطهٔ $f_s = \mu_s F_N$ به‌دست 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.

۱) الف ۲) ب و پ ۳) الف و پ ۴) پ و ت

۸۱۱. در شکل زیر، نیروی $F = 5N$ بر جسم وارد شده است و جسم ساکن است. اگر نیروی F را به ۱۰N 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.

۸۱۲. مطابق شکل می‌خواهیم جسمی را به حرکت درآوریم. بدین منظور اندازهٔ نیروی افقی F را به‌تدریج افزایش می‌دهیم و مقادیر اندازه‌گیری شده را در جدولی مشابه جدول زیر ثبت می‌کنیم. چند مورد از عبارت‌های زیر درست می‌باشد؟ $(g = 10\,N/kg)$ (برگرفته از کتاب درسی)

مرحله	۱	۲	۳	۴
نیروی اعمال‌شده	$F = 1N$	$F = 3N$	$F = 4N$	$F = 2N$
وضعیت حرکتی	ساکن	ساکن	آستانهٔ حرکت	در حال حرکت با سرعت ثابت

الف) ضریب اصطکاک ایستایی برابر ۰/۲ است.

ب) اگر به جسم، در حالی‌که در حرکت است، نیرویی بیشتر از $F = 2N$ وارد کنیم، جسم شتاب می‌گیرد.

پ) مقدار نیروی اصطکاک ایستایی سطح در آزمایش ۱ و ۲ به‌ترتیب برابر ۱N و ۳N است.

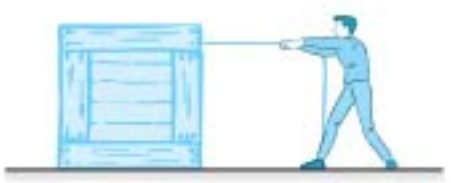
ت) ضریب اصطکاک جنبشی برابر ۰/۱ است.

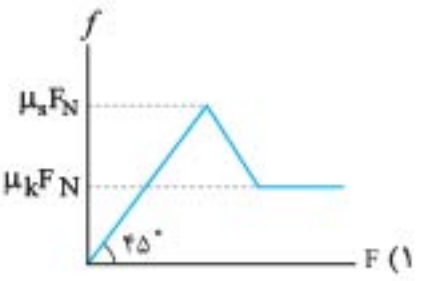
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

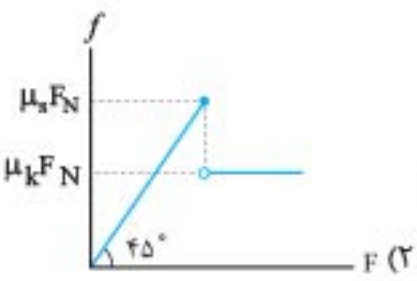
۸۱۳. شخصی روی سطح افقی، یک صندوق را به سمت غرب هُل می‌دهد. در این عمل، نیروهای اصطکاک وارد به شخص و صندوق، به ترتیب هر یک به کدام جهت است؟ (تجربی ۹۶)

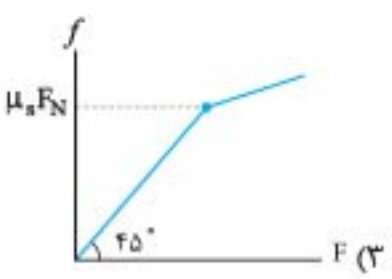
۱) غرب و شرق ۲) هر دو غرب ۳) شرق و غرب ۴) هر دو شرق

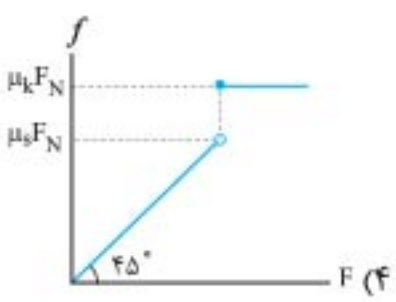
۸۱۴. شخصی مطابق شکل، جعبه‌ای به جرم m را با نیروی F به سمت خود می‌کشد. اگر نیروی F را به‌تدریج افزایش دهیم، کدام‌یک از نمودارهای زیر نحوهٔ تغییرات نیروی اصطکاک با تغییر نیروی F را درست نشان می‌دهد؟ (برگرفته از کتاب درسی)



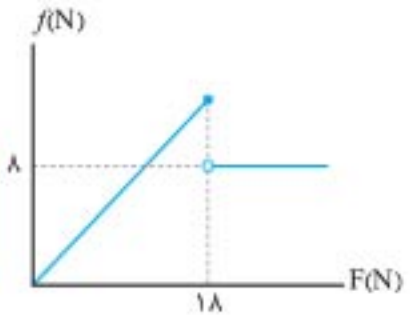
۱)


۲)


۳)


۴)


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



۱) $\frac{۹}{۴}$
۲) $\frac{۴}{۹}$
۳) $\frac{۹}{۸}$
۴) $\frac{۸}{۹}$

نیروی اصطکاک ایستایی

۸۱۶. در شکل مقابل، ضریب اصطکاک ایستایی جسم با سطح برابر ۰/۳ است. نیروی افقی F بر جسم وارد می‌شود و جسم ساکن است. F چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$

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

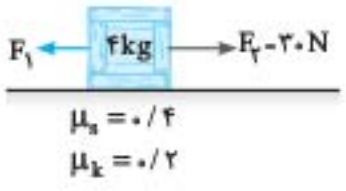
۸۱۷. جسمی به وزن ۲۰۰N را روی یک سطح افقی قرار داده و آن را با نیروی افقی ۴۰N می‌کشیم، ولی قادر به تکان دادن آن نیستیم. نیروی اصطکاک برحسب نیوتون کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۶
۲) ۶۰
۳) ۲۰
۴) ۴۰

۸۱۸. مطابق شکل، شخصی با نیروی ۸۰N جســـم ۵۰ کیلوگرمی را هُل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی ۱۰۰N جسم را هُل می‌دهد، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. نیروی اصطکاک بین جسم و سطح در حالت اول ..... نیوتون و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح ..... است. $(g = ۱۰ m/s^۲)$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۵۰۰، ۰/۱۶
۲) ۵۰۰، ۰/۲
۳) ۸۰، ۰/۱۶
۴) ۸۰، ۰/۲

۸۱۹. مطابق شکل، دو نیروی افقی $F_۱$ و $F_۲ = ۳۰N$ به جسمی به جرم ۴kg وارد می‌شوند. بزرگی نیروی $F_۱$ چند نیوتون باشد به طوری که جسم بر روی سطح افقی نلغزد؟

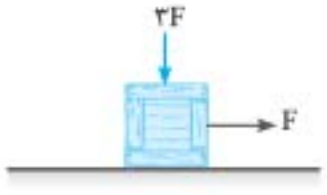


۱) ۲۶
۲) ۴۶
۳) ۳۰
۴) هر سه گزینهٔ «۱»، «۲» و «۳»

۸۲۰. مطابق شـــکل (الف) نیروی ثابت $F_۱$ بر جعبه وارد می‌شود و جعبه ساکن است. اگر مطابق شکل (ب) نیروی $F_۲$ بر جعبه وارد شود و اندازهٔ آن از صفر افزایش یابد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

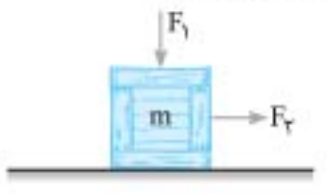
۱) اندازهٔ نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.
۲) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی تغییر نمی‌کند.
۳) اندازهٔ بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می‌یابد.
۴) اندازهٔ نیروی خالص وارد بر جسم افزایش می‌یابد.

۸۲۱. در شکل مقابل، وزن جعبه برابر F و ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و سطح تکیه‌گاه برابر ۰/۴ است و جعبه از حال سکون توسط نیروی افقی F کشیده می‌شود. اندازهٔ نیروی اصطکاک وارد بر جعبه چند برابر F است؟



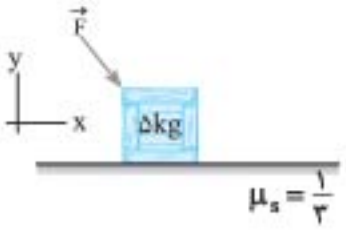
۱) ۱/۲
۲) ۱/۶
۳) ۱
۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

۸۲۲. دو نیروی $F_۱$ و $F_۲$ مطابق شکل در دو راستا بر جسم وارد می‌شوند و جسم ساکن است. اگر بدون تغییر $F_۱$، $F_۲$ را دو برابر کنیم، .....

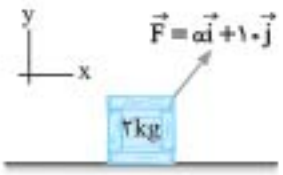


۱) اندازهٔ نیروی اصطکاک وارد بر جسم دو برابر می‌شود.
۲) اندازهٔ نیروی عمودی سطح دو برابر می‌شود.
۳) اندازهٔ نیروی اصطکاک وارد بر جسم تغییر نمی‌کند.
۴) اندازهٔ نیروی عمودی سطح تغییر نمی‌کند.

۸۲۳. در شکل روبه‌رو نیروی $\vec{F} = F'\vec{i} - F'\vec{j}$ (در SI) بر جسمی به جرم ۵kg اثر می‌کند. حداقل بزرگی نیروی F چند نیوتون باشد تا جسم روی سطح افقی در آستانهٔ حرکت قرار گیرد؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$

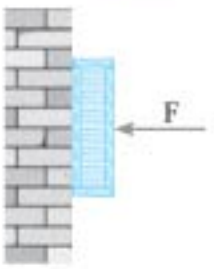


۱) ۱۰
۲) $۲۵\sqrt{۲}$
۳) ۲۰
۴) $۲۰\sqrt{۲}$



۸۲۴. مطابق شـــکل نیروی $\vec{F}$ بر جسم اثر می‌کند و جسم ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جسم با سطح برابر ۰/۳ باشد، مقدار α بر حسب نیوتون کدام گزینه می‌تواند باشد؟ $(g=10N/kg)$

۱) ۲/۵ ۲) ۷ ۳) ۹ ۴) ۱۲



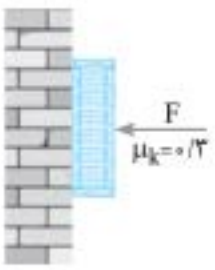
۸۲۵. در شکل روبه‌رو، نیروی عمود بر سطح F را بر جسم وارد می‌کنیم و جسم ساکن مانده است. اگر نیروی F را زیاد کنیم، .....

۱) نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد. (برگرفته از کتاب درسی)

۲) نیروی وزن افزایش می‌یابد.

۳) نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.

۴) هر دو گزینهٔ «۱» و «۳» درست هستند.



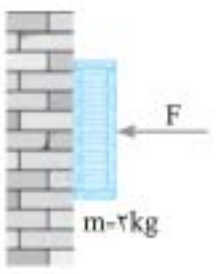
۸۲۶. مطابق شکل، جسمی به جرم ۲۰۰g را با نیروی عمودی F بر دیوار تکیه داده و نگه داشته‌ایم. نیروی اصطکاک دیوار بر جسم چند نیوتون است؟ $(g=10N/kg)$

۱) صفر

۲) ۰/۲

۳) ۲

۴) اندازهٔ F باید معلوم باشد.



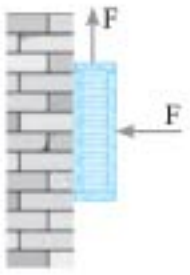
۸۲۷. در شـــکل روبه‌رو، اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جسم با دیوار به ترتیب ۰/۴ و ۰/۲ باشد، حداقل نیروی عمودی F چند نیوتون باشد تا جسم روی دیوار تلغزد؟ $(g=10N/kg)$

۱) ۴۰۰

۲) ۲۰۰

۳) ۱۰۰

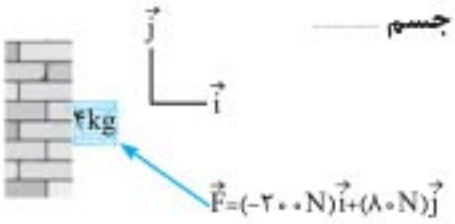
۴) ۵۰



۸۲۸. در شکل روبه‌رو، جرم جسم ۶kg و ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیوار ۰/۴ است. F چند نیوتون باشد تا جسم در آستانهٔ لغزش به طرف بالا باشد؟ $(g=10m/s^2)$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۰ ۲) ۱۵

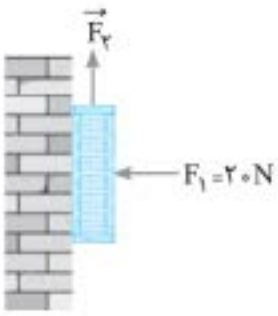
۳) ۱۰۰ ۴) ۱۵۰



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

۱) ۱۰۰، بالا ۲) ۱۰۰، پایین

۳) ۴۰، بالا ۴) ۴۰، پایین



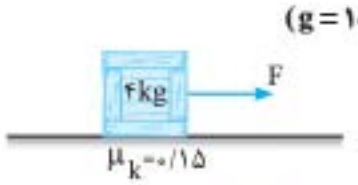
۸۳۰. در شکل مقابل، به جسمی به جرم m که به دیوار قائمی تکیه دارد، دو نیروی عمود بر هم $F_1=20N$ و $\vec{F}_2$ وارد می شود. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیوار ۰/۲۵ باشد، اختلاف حداقل و حداکثر اندازهٔ $\vec{F}_2$ چند نیوتون باشد تا جسم در حال سکون باقی بماند؟

۱) ۵ ۲) ۱۰

۳) ۲۰ ۴) جرم جسم باید معلوم باشد.

نیروی اصطکاک جنبشی

۸۳۱. جسمی به جرم ۴kg تحت تأثیر نیروی F در حال حرکت با سرعت ثابت است. نیروی F چند نیوتون است؟ $(g=10m/s^2)$



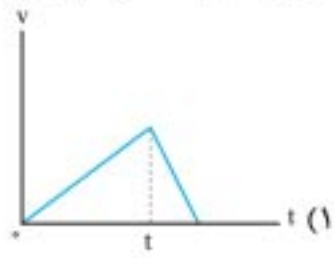
۱) ۱ ۲) ۲

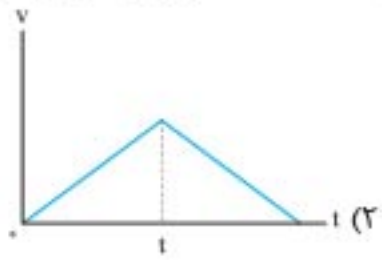
۳) ۴ ۴) ۶

۸۳۲. مطابق شـــکل، کارگری جعبهٔ ساکنی را با طنابی افقی با نیروی ثابت ۳۸۰N می‌کشد. اگر جرم جعبه ۶۰kg و ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به‌ترتیب ۰/۶ و ۰/۴ باشد و جعبه در حال حرکت باشد، شتاب حرکت جعبه چند متر بر مجذور ثانیه است؟ $(g=10m/s^2)$ (برگرفته از کتاب درسی)

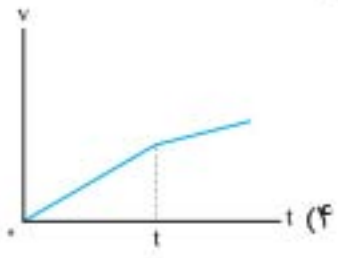
۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{7}{3}$ ۳) ۳ ۴) $\frac{3}{7}$

۸۳۳. جســـمی به جرم m تحت تأثیر نیروی افقی ثابتی روی سطحی افقی با ضریب اصطکاک ۰/۲ از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از مدت زمان t وارد سطح دیگری به ضریب اصطکاک ۰/۱ می‌شود. نمودار سرعت ـ زمان حرکت جسم مطابق کدام گزینه است؟

۱) 

۲) 

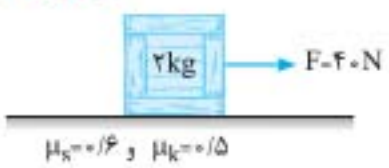
۳)

۴) 

۸۳۴. جسمی به جرم ۴kg روی سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی $\frac{۱}{۴}$ قرار دارد. جسم را با نیروی افقی ۴۰N می‌کشیم و جسم در جهت نیرو حرکت می‌کند. این نیرو را حداکثر چند نیوتون می‌توانیم کاهش دهیم، بدون این‌که سرعت جسم کاهش یابد؟ $(g=۱۰m/s^۲)$ (ریاضی ۸۹)

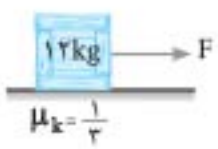
۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

۸۳۵. مطابق شـــکل، جسمی روی سطح افقی ساکن است. به جســـم نیروی افقی F وارد می‌شود. ۵ ثانیه بعد از وارد شدن نیروی F، مقدار این نیرو ۳۰ نیوتون کاهش می‌یابد. حرکت جسم پس از آن چگونه است؟ $(g=۱۰m/s^۲)$ (ریاضی ۹۸)



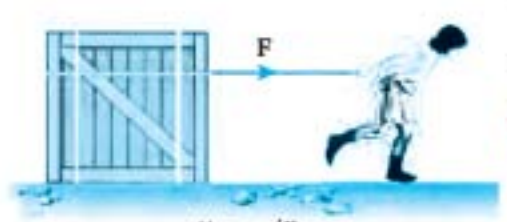
۱) جسم همان لحظه می‌ایستد.
۲) حرکت جسم با شتاب $۱m/s^۲$ کند می‌شود.
۳) حرکت جسم با شتاب $۳m/s^۲$ کند می‌شود.
۴) جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۸۳۶. مطابق شـــکل جسم با نیروی $F=۶۴N$ روی سطح افقی حرکت می‌کند. F را چند نیوتون کاهش دهیم تا شتاب حرکت جسم نصف شود؟ $(g=۱۰N/kg)$



۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۲ ۴) ۱۵

۸۳۷. در شکل روبه‌رو، نیرویی ثابت و افقی F به صندوقی به جرم ۱۶۰kg وارد می‌شود و صندوق با شتاب ثابت $۰/۲۵m/s^۲$ به حرکت خود ادامه می‌دهد. چند کیلوگرم از محتویات صندوق کم کنیم، تا با همین نیروی افقی، شتاب حرکت صندوق دو برابر شود؟ $(g=۱۰N/kg)$ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) ۸۰

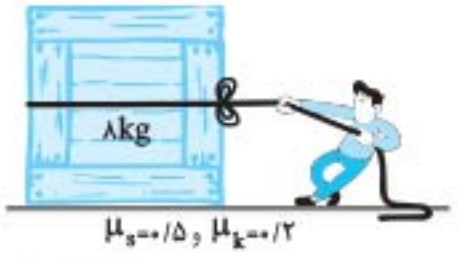
۸۳۸. مطابق شکل، نیروی افقی F را بر جســـم وارد می‌کنیم و به تدریج این نیرو را افزایش می‌دهیم. هنگامی که نیروی F به ۲۰N می‌رسد، جسم در آســـتانهٔ حرکت کردن قرار می‌گیرد. اگر هنگام حرکت، نیرو را ثابت نگه داریم، شتاب جسم $۲m/s^۲$ می‌شود. ضریب اصطکاک ایستایی و ضریب اصطکاک لغزشی به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ $(g=۱۰N/kg)$

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

۸۳۹. مطابق شکل نیروی افقی F به جسمی به جرم ۲kg وارد می‌شود و جسم در آستانهٔ حرکت روی سطح افقی قرار می‌گیرد. اگر F به اندازهٔ ۸N افزایش یابد، جسم روی سطح افقی شروع به حرکت می‌کند. اگر اختلاف ضریب اصطکاک جنبشی و ایستایی ۰/۴ باشد، شتاب جسم در SI کدام است؟

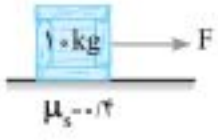
۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

۸۴۰. مطابق شکل، شخصی با وارد کردن نیروی F سعی در به حرکت درآوردن جعبهٔ ۸ کیلوگرمی دارد. اگر شخص آن‌قدر نیروی F را افزایش دهد تا جعبه به حرکت درآید، شتاب جسم بلافاصله پس از به حرکت درآمدن در SI کدام است؟ $(g=۱۰N/kg)$



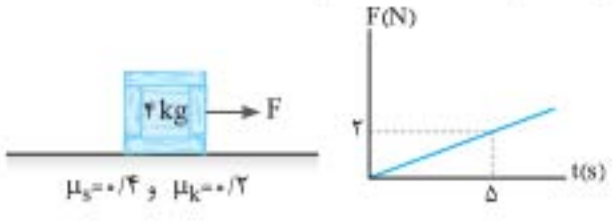
۱) صفر ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۵

۸۴۱. در شکل مقابل جسم ساکن ۱۰ کیلوگرمی با نیروی افقی F شروع به حرکت می‌کند و جسم با همان نیرو در مدت ۵ ثانیه ۱۲/۵ متر جابه‌جا می‌شود. ضریب اصطکاک لغزشی جسم با سطح چقدر است؟ $(g=۱۰N/kg)$



۱) ۰/۱ ۲) ۰/۱۵ ۳) ۰/۲ ۴) ۰/۳

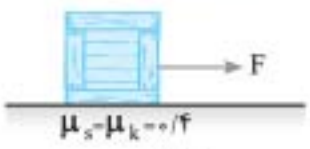
۸۴۲. مطابق شکل، بر جسمی به جرم ۴kg نیروی متغیر F وارد می‌شود. اگر F به‌صورت خطی با زمان افزایش یابد و نمودار آن مطابق شکل باشد، نیروی اصطکاک در $t=۵۰s$ چند برابر نیروی اصطکاک در $t=۱۰s$ است؟



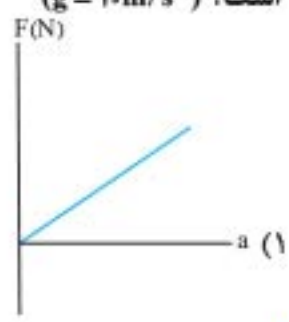
۱) $\frac{۵}{۲}$ ۲) $\frac{۵}{۴}$
۳) ۲ ۴) ۴

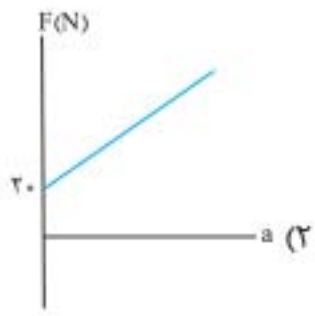
۸۴۳. در شکل مقابل ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح μ_k و جرم جسم m است. هنگامی که آسانسور با شتابی ثابت شروع به بالا رفتن کند، جسم را با نیروی افقی F روی کف آسانسور با سرعت ثابت می‌کشیم. کدام گزینه دربارهٔ F درست است؟

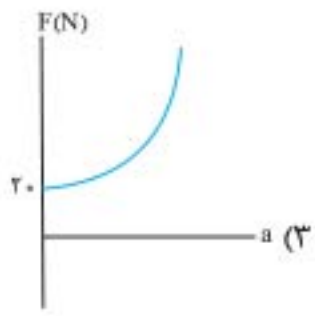
۱) $F > \mu_k mg$
۲) $F < \mu_k mg$
۳) $F = \mu_k mg$
۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

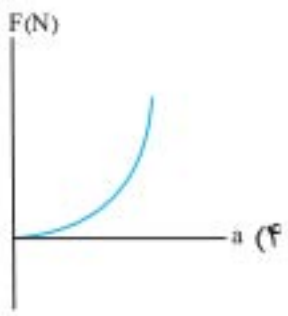


۸۴۴. مطابق شکل جسمی به جرم $۵kg$ روی سطح افقی قرار دارد. اگر نیروی افقی F که برحسب زمان در SI به‌صورت $F = t^۲ + ۵$ است، بر این جسم اثر کند، در کدام گزینه نمودار نیروی F برحسب شتاب جسم به‌درستی رسم شده است؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$

۱)


۲)


۳)


۴)


۸۴۵. جسمی به جرم $m = ۳kg$ روی سطحی افقی به ضریب اصطکاک $\mu_k = ۰/۴$ قرار دارد. این جسم تحت تأثیر نیروی افقی F شروع به حرکت می‌کند. اگر معادلهٔ شتاب ـ زمان جسم در SI به‌صورت $a = ۲t^۲$ باشد، در کدام لحظه برحسب ثانیه، نیروی F برابر با $۶۶N$ است؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$

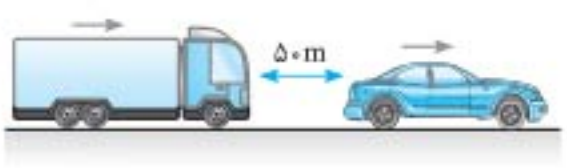
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۴۶. جسمی را روی سطح افقی با سرعت $۲۰ m/s$ پرتاب می‌کنیم. اگر ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح برابر $۰/۲۵$ باشد، جسم پس از چند ثانیه می‌ایستد؟ $(g = ۱۰ N/kg)$ (برگرفته از کتاب درسی)

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

۸۴۷. اتومبیلی در مسیر افقی با سرعت $۵۴ km/h$ در حرکت است که راننده ترمز می‌کند. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جاده و لاستیک اتومبیل $۰/۲$ باشد، اتومبیل تقریباً پس از طی چند متر متوقف می‌شود؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$

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



۸۴۸. اتومبیل و کامیونی مطابق شکل در مسیر افقی با سرعت یکسان $۷۲ km/h$ در حرکت هستند. دو راننده ناگهان مانعی را در مقابل خود دیده و همزمان ترمز می‌کنند. فاصلهٔ دو متحرک پس از توقف به چند متر خواهد رسید؟ (ضریب اصطکاک جنبشی لاستیک‌های کامیون و اتومبیل با سطح جاده به‌ترتیب $۰/۵$ و $۰/۴$ و $g = ۱۰ m/s^۲$ است.)

۱) ۱۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

۸۴۹. رانندهٔ خودرویی به جرم ۲ تن که با سرعت $۳۶ km/h$ در یک مسیر مستقیم و افقی در حرکت است، با دیدن مانعی ترمز می‌کند. در اثر ترمز، خودرو با طی مسافت ۴ متر می‌ایستد. نیروی اصطکاک وارد شده بر خودرو چند نیوتون است؟ (ریاضی ۹۸)

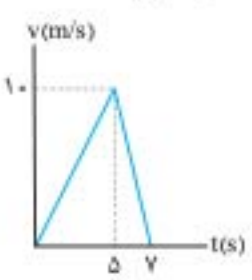
۱) ۷۵۰۰ ۲) ۱۲۵۰۰ ۳) ۱۵۰۰۰ ۴) ۲۵۰۰۰

۸۵۰. دو وزنهٔ A و B با سرعت اولیهٔ یکسان، مماس بر یک سطح افقی پرتاب می‌شوند. اگر جرم وزنهٔ A نصف جرم وزنهٔ B و ضریب اصطکاک آن ۲ برابر ضریب اصطکاک وزنهٔ B باشد، مسافتی که وزنهٔ A طی می‌کند تا بایستد چند برابر مسافتی است که وزنهٔ B طی می‌کند تا بایستد؟ (ریاضی ۹۵)

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

۸۵۱. مطابق شکل، شخصی با نیروی افقی $۵۵۰N$ جعبه‌ای به جرم $۱۰۰kg$ را از حال سکون به حرکت در می‌آورد و پس از $۴s$ طناب پاره می‌شود. مسافتی که جعبه از شروع حرکت تا توقف طی می‌کند، چند متر است؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$ (تجربی ۹۹)

۱) ۲/۲ ۲) ۲/۴
۳) ۴/۲ ۴) ۴/۴



۸۵۲. جسمی به جرم $۳kg$ روی سطح افقی، توسط نیروی افقی F، در لحظهٔ $t = ۰s$ از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. این نیرو در لحظهٔ $t = ۵s$ قطع می‌شود. اگر نمودار سرعت ـ زمان این جسم مطابق شکل باشد، نیروی F چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰ N/kg)$

۱) ۱۵ ۲) ۱۸
۳) ۲۱ ۴) ۲۴

۸۵۳. چوب مکعب شکلی به جرم $۵kg$ را به نخی بسته و با نیروی ثابت و افقی $۱۵N$ روی سطح افقی می‌کشیم و از حال سکون به حرکت درمی‌آوریم و بعد از ۲ ثانیه نخ پاره می‌شود. اگر ضریب اصطکاک جنبشی $۰/۲$ باشد، کل مسافتی که چوب از ابتدای حرکت تا لحظهٔ ایستادن طی می‌کند، چند متر است؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$ (ریاضی ۱۴۰۰)

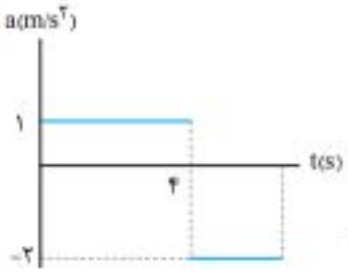
۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۲/۵ ۴) ۳

۸۵۴. جســـمی 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 ۳ 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.

۸۵۵. جســـمی به جرم $3kg$ روی ســـطح افقی با ضریب اصطکاک $\mu = \mu_s = \mu_k$ قرار دارد. نیروی افقی F بر این جسم اثر می‌کند و جســـم شروع به حرکت می‌کند. پس از مدتی F قطع می‌شـــود تا در نهایت جسم متوقف شود. نمودار شتاب ـ زمان حرکت این جسم مطابق شکل است. کدام گزینه نادرست است؟ $(g = 10m/s^2)$



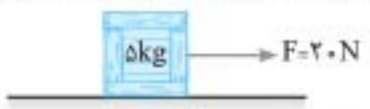
۱) ضریب اصطکاک برابر با $\mu = 0/2$ است.

۲) بزرگی نیروی F، برابر با $9N$ است.

۳) بزرگی جابه‌جایی جسم $24m$ است.

۴) تندی متوسط در کل حرکت $2m/s$ است.

۸۵۶. مطابق شکل، با نیروی $F = 20N$ جسمی به جرم $5kg$ را روی سطح افقی از حالت سکون به حرکت در می‌آوریم. جسم پس از $3s$، $9m$ روی سطح جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی F قطع شود، بزرگی شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه خواهد شد؟



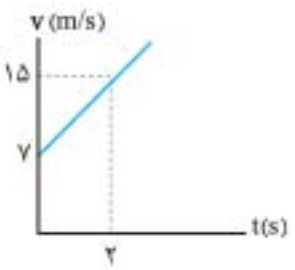
۱) صفر

۲) ۲

۳) ۳

۴) لحظهٔ قطع شدن نیروی F باید مشخص باشد.

۸۵۷. در یک مسیر مستقیم، جسمی به جرم $800g$ روی یک سطح افقی قرار دارد و نیروی افقی $\vec{F}$ از زمان $t = 0s$ بر آن وارد می‌شـــود، به‌طوری که نمودار سرعت ـ 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، اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ چند نیوتون است؟



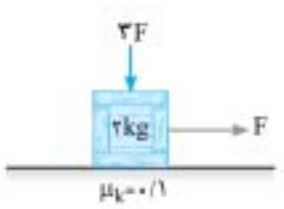
۱) ۲/۷ ۲) ۳/۲

۳) ۵/۴ ۴) ۵/۹

۸۵۸. 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؟ $(g = 10N/kg)$

۱) ۲ ۲) ۵ ۳) ۹ ۴) ۱۰

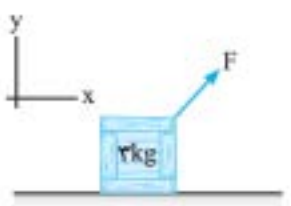
۸۵۹. در شـــکل روبه‌رو، نیروی افقی F و نیروی قائم $3F$ بر جســـم وارد می‌شوند و جسم با شتاب $2/5m/s^2$ در حال حرکت است. بزرگی نیروی F چند نیوتون است؟ $(g = 10m/s^2)$



۱) ۱۰ ۲) ۱۵

۳) ۲۰ ۴) ۲۵

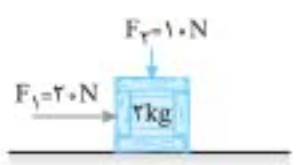
۸۶۰. مطابق شـــکل نیروی $\vec{F} = 15\vec{i} + 12\vec{j}$ (در SI) بر جسمی به جرم $2kg$ وارد می‌شود و جسم با شتاب ثابت $2m/s^2$ روی سطح افقی حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح کدام است؟ $(g = 10m/s^2)$



۱) ۰/۳ ۲) ۰/۵

۳) ۰/۶ ۴) ۰/۸

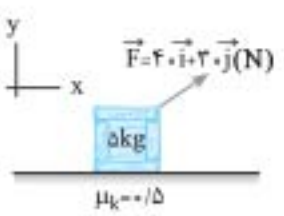
۸۶۱. در شـــکل روبه‌رو وقتی $F_2 = 10N$ است، جسم با تندی ثابت در حرکت است. نیروی F_2 چند نیوتون و چگونه تغییر کند تا بزرگی شتاب حرکت جسم $2m/s^2$ و حرکت جسم کندشونده شود؟ $(g = 10N/kg)$



۱) ۱۲، افزایش ۲) ۸، کاهش

۳) ۴، افزایش ۴) ۶، افزایش

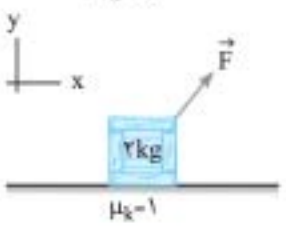
۸۶۲. در شکل مقابل، جسم تحت‌تأثیر نیروی F، به اندازهٔ $5m$ در راستای افقی جابه‌جا می‌شود. کار نیرویی که سطح بر جسم وارد می‌کند، در این جابه‌جایی چند ژول است؟ $(g = 10\ N/kg)$ (تجربی ۹۵)



۱) صفر ۲) ۲۰۰

۳) -50 ۴) -250

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

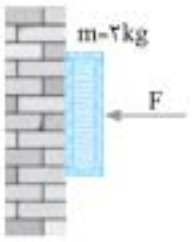


۱) ۲ ۲) ۴

۳) ۱۱ ۴) ۲۲

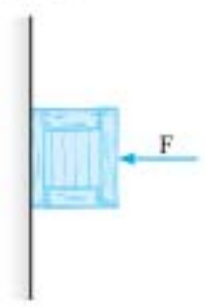
۸۶۴. مطابق شکل با نیروی $\vec{F} = 16\vec{i} - 12\vec{j}$ جســـمی را روی سطح افقی با سرعت ثابت حرکت می‌دهیم. اگر جرم جسم $3/6kg$ باشد، ضریب اصطکاک جنبشی سطح با جسم کدام است؟ $(g = 10N/kg)$

۱) $\frac{4}{9}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) $\frac{1}{3}$ ۴) $\frac{5}{9}$



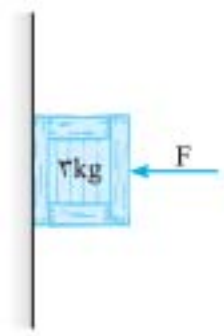
۸۶۵. در شکل روبه‌رو نیروی افقی F چند نیوتون باشد تا جسم با سرعت ثابت روی دیوار پایین بیاید؟ $(\mu_s = ۰/۴ \ , \ \mu_k = ۰/۲ \ , \ g = ۱۰ m/s^۲)$

۱) ۵۰
۲) ۱۰۰
۳) ۲۰۰
۴) ۴۰۰



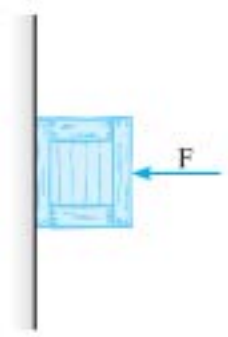
۸۶۶. در شکل روبه‌رو جرم جسم $۵kg$ و ضریب اصطکاک جنبشی جسم با دیوار برابر $۰/۲$ است. نیروی افقی F چند نیوتون باشد تا جسم با شتاب $۲ m/s^۲$ به طرف پایین حرکت کند؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$

۱) ۱۰۰
۲) ۱۲۰
۳) ۱۵۰
۴) ۲۰۰



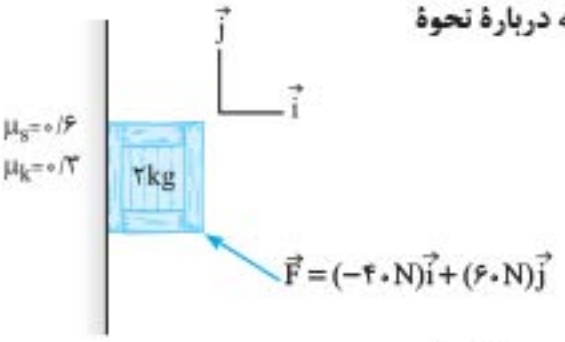
۸۶۷. مطابق شکل، جسم با شتاب ثابت $۵ m/s^۲$ روی دیوار قائم، حرکت تندشونده به طرف پایین دارد. بزرگی نیروی افقی F را چگونه تغییر دهیم تا حرکت جسم یکنواخت شود؟ $(\mu_k = ۰/۵ \ , \ g = ۱۰ m/s^۲)$

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



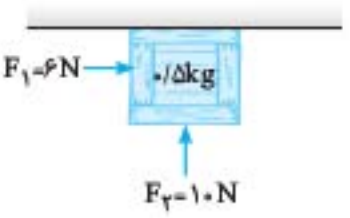
۸۶۸. در شکل روبه‌رو، جسم با نیروی افقی $F_۱$ در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد و با نیروی افقی $F_۲$ با سرعت ثابت به طرف پایین می‌لغزد. اگر نیروی اصطکاک در این دو حالت به ترتیب $f_۱$ و $f_۲$ باشد، کدام مورد درست است؟ $(\mu_s > \mu_k)$ (ریاضی ۹۵)

۱) $f_۱ > f_۲ \ , \ F_۱ > F_۲$
۲) $f_۱ > f_۲ \ , \ F_۱ = F_۲$
۳) $f_۱ = f_۲ \ , \ F_۱ < F_۲$
۴) $f_۱ = f_۲ \ , \ F_۱ = F_۲$



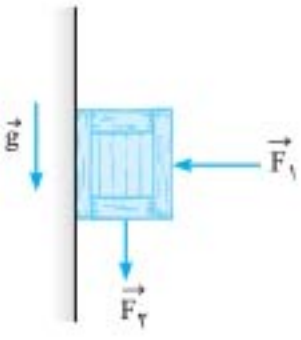
۸۶۹. مطابق شکل نیروی F به جسمی به جرم $۲kg$ که در ابتدا ساکن بوده است وارد می‌شود کدام گزینه دربارهٔ نحوهٔ حرکت جسم درست است؟ $(g = ۱۰ N/kg)$

۱) با شتاب $۲۰ m/s^۲$ به سمت پایین حرکت می‌کند.
۲) با سرعت ثابت به سمت بالا حرکت می‌کند.
۳) با شتاب $۱۴ m/s^۲$ به سمت بالا حرکت می‌کند.
۴) ساکن می‌ماند.



۸۷۰. مطابق شکل روبه‌رو جسم تحت تأثیر نیروهای $F_۱$ و $F_۲$ بر زیر سقف افقی اتاقی، از حال سکون به حرکت در می‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سقف $۰/۵$ باشد، جسم در ثانیهٔ اول چند متر جابه‌جا می‌شود؟ $(g = ۱۰ N/kg)$

۱) ۲
۲) ۳/۵
۳) ۴
۴) ۴/۵



۸۷۱. در شکل روبه‌رو، جسمی به جرم $m = ۲۰۰g$ تحت تأثیر دو نیروی افقی و قائم $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ از حال سکون به سمت پایین شروع به حرکت می‌کند و پس از طی مسافت $۴۰cm$، تندی آن به $۲ m/s$ می‌رسد. اگر در این لحظه جهت نیروی $\vec{F}_۲$ عکس شود، جسم پس از طی مسافت $۱۰۰cm$ متوقف می‌شود. اندازهٔ نیروی $\vec{F}_۲$ چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰ N/kg)$

۱) ۳/۳
۲) ۱/۷
۳) ۰/۷
۴) ۱/۶

۸۷۲. در شکل مقابل جسمی به جرم $۴kg$ را با نیروی عمودی F به دیوارهٔ اتاقک آسانسور نگه داشته‌ایم. اگر آسانسور با شتاب $۲ m/s^۲$ تندشونده به طرف پایین حرکت کند و ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیواره $۰/۴$ باشد، حداقل نیروی F چند نیوتون باشد تا جسم روی دیواره ساکن بماند؟ $(g = ۱۰ N/kg)$

۱) ۱۲۰
۲) ۱۰۰
۳) ۸۰
۴) ۶۰