

دینامیک: علم بررسی دلیل حرکت جسم ها است.

توجه! نیرو باعث حرکت اجسام می شود.

نیرو: حاصل برهمکنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

توجه!

- نیرو کمیتی برداری است و آن را با نماد $\vec{F}$ نشان می دهند.
- در رسم نیرو از یک پاره خط جهت دار با مقیاس مناسب استفاده می کنیم
- یکای نیرو نیوتون N است و همچنین نیرو را با نیروسنج اندازه می گیرند.

اثر نیرو بر جسم: اثر نیرو بر یک جسم به شکل های مختلف مانند شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازه سرعت (تندی)، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل آن جسم، خود را نشان می دهد.

به طور خلاصه: نیروی وارد بر یک جسم می تواند سبب تغییر سرعت جسم یا تغییر شکل آن شود.

انواع نیرو از نظر نحوه اثر روی جسم:

الف: نیروهای تماسی: مانند اصطکاک، مقاومت هوا

ب: نیروهای غیر تماسی (میدانی): مانند نیروی الکتریکی، نیروی گرانش، نیروی مغناطیسی

قوانین حرکت نیوتون:

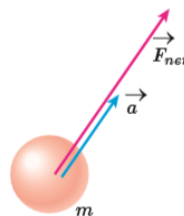
قانون اول نیوتون: یک جسم، حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر آنکه نیروی خالصی (غیر صفر) به آن وارد شود.

لختی: اگر بر جسم نیروی خالصی وارد نشود، جسم ساکن می ماند و یا با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می دهد. به این خاصیت اجسام که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است حفظ کنند، لختی (اینرسی) می گویند.

نکته: هرچه جرم جسم بیشتر باشد لختی اش بیشتر می شود.

قانون دوم نیوتون: هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$$



$$\vec{F}_{net} = m \vec{a}$$

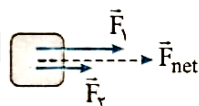
(قانون دوم نیوتون)

توجه! یک نیوتون (یکای نیرو) برابر با نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم شتاب یک متر بر مجذور ثانیه می دهد.

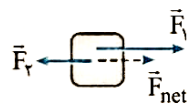
$$1\text{N} = (1\text{kg})(1\text{m/s}^2) \Rightarrow 1\text{N} \equiv 1\text{kg.m/s}^2$$

توجه! نیرو باعث تغییر حرکت می شود. حرکت حتی در نبود نیروها هم صورت می گیرد، اما نیروی خالص سبب تغییر حرکت می شود.

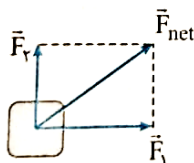
توجه! قانون دوم نیوتون معادله ای برداری است. در استفاده از قانون دوم نیوتون برایند نیروی خالص را به دست آورده و آن را تقسیم بر جرم جسم می کنیم. تک تک نیروها را به صورت نرده ای با هم جمع نمی کنیم.



$$F_{net} = F_1 + F_2$$



$$F_{net} = |F_1 - F_2|$$



$$F_{net} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

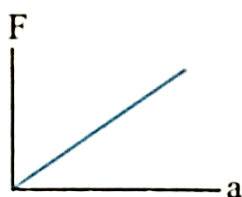
برای استفاده از قانون دوم نیوتون موارد زیر را در نظر داشته باشید:

۱. مسئله را مدلسازی کنید (شکل ساده ای از مسئله همراه با جسم را رسم کنید)
۲. جهت و بزرگی نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و نیروی خالص را بدست آورید.
۳. با استفاده از رابطه شتاب و نیرو می توانید شتاب جسم را بدست آورید. (جهت شتاب بدست آمده هم جهت با نیروی خالص است)

توجه! اگر نیروها بر حسب بردارهای یکه $\hat{i}$ و $\hat{j}$ باشد، برایندها به صورت زیر بدست می آید:

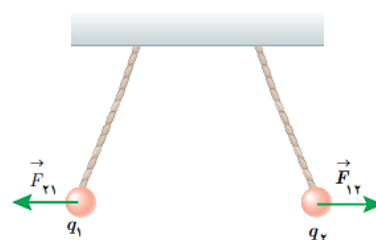
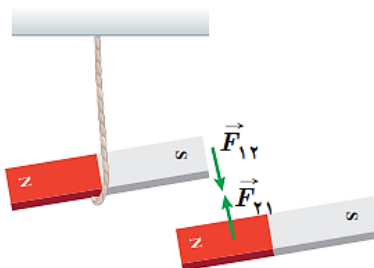
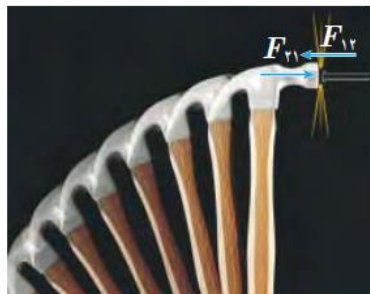
$$\begin{cases} \vec{F}_l = F_{x(l)} \vec{i} + F_{y(l)} \vec{j} \\ \vec{F}_r = F_{x(r)} \vec{i} + F_{y(r)} \vec{j} \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_{net} = (F_{x(l)} + F_{x(r)}) \vec{i} + (F_{y(l)} + F_{y(r)}) \vec{j}$$

توجه! نمودار اندازه نیروی خالص وارد بر جسم بر حسب اندازه شتاب آن به شکل مقابل است. شیب این نمودار نشان دهنده جرم جسم می باشد.



$$F = \underset{\text{شیب}}{m} \times a$$

قانون سوم نیوتون: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا اما در خلاف جهت وارد میکند.



توجه: اگر جسم ۱ به جسم ۲ نیرو وارد کند نماد آن را به صورت $\vec{F}_{12}$ نشان می دهیم و اگر جسم ۲ به جسم ۱ نیرو وارد کند آن را به صورت $\vec{F}_{21}$ نشان می دهیم.

به طوری که:

اندازه نیروها با هم برابر $F_{12} = F_{21}$ اما در خلاف جهت هم $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ هستند.

نیروهای کنش و واکنش: نیروها همیشه به صورت جفت وجود دارند، اگر یکی از نیروها را کنش بنامیم نیروی دیگر واکنش خواهد بود.

مثال: وقتی چکش را به میخ می کوبیم، به همان اندازه که چکش به میخ نیرو وارد کرده است، میخ نیز به چکش به همان اندازه و در خلاف جهت نیرو وارد می کند. اگر نیرو چکش را کنش در نظر بگیریم، نیروی میخ نیز واکنش خواهد بود.

توجه: نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می شوند و هم نوع هستند: به عنوان مثال هر دو الکتریکی هستند، یا گرانشی، یا مغناطیسی و ... هستند.

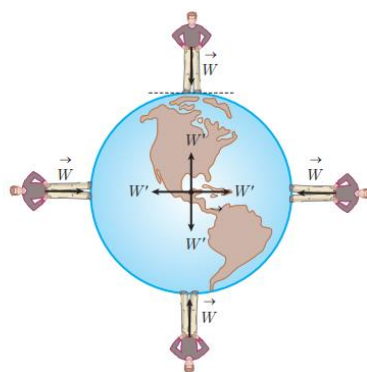
توجه: نیروی کنش و واکنش هر کدام به یک جسم مجزا وارد می شود و نمی توانند یکدیگر را خنثی کنند.

معرفی برخی از نیروها:

۱. **نیروی وزن:** به نیروی گرانشی (جاذبه) که از طرف کره زمین بر جسم وارد می شود، نیروی وزن می گوئیم و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید:

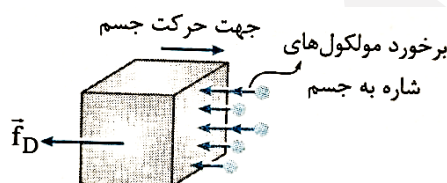
$$\vec{W} = m \vec{g} \quad (\text{وزن جسم})$$

توجه: جهت نیروی وزن در نتیجه شتاب گرانشی همواره به سمت مرکز کره زمین است.



توجه! نیروی وزن وارد بر یک جسم به دو عامل بستگی دارد: ۱. جرم جسم ۲. شتاب گرانشی در مکان جسم

نیروی مقاومت شاره: هرگاه جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار داشته باشد و نسبت به آن حرکت کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که به آن **نیروی مقاومت شاره** می گویند و آن را با نماد $\vec{f}_D$ نشان می دهیم.



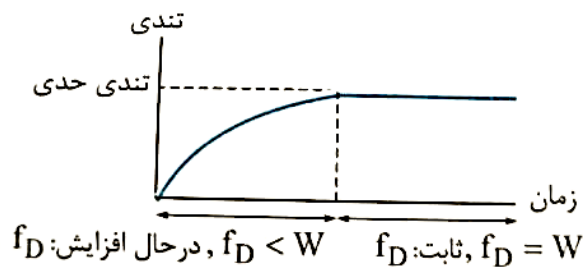
توجه!

- اگر جسم ساکن باشد نیروی مقاومت شاره وجود نخواهد داشت.
- هر چه سرعت جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر می شود.
- هر چه مساحت جلویی جسم بیشتر باشد نیروی مقاومت شاره بیشتر می شود.
- مقاومت شاره با نیروی شناوری که در سال دهم خوانده ایم متفاوت است.
- مقاومت هوا از جنس نیروی مقاومت شاره می باشد.

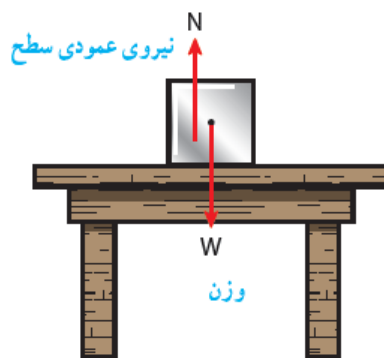
تندی حد v_c : اگر جسم حجیمی را از ارتفاع نسبتاً زیاد رها کنیم، با افزایش تدریجی سرعت، مقاومت هوا نیز به تدریج زیاد می شود و از شتاب سقوط می کاهد تا جایی که نیروی مقاومت هوا با نیروی وزن جسم برابر می شود. از این لحظه به بعد برابری نیروهای وارد بر جسم صفر شده و جسم با تندی ثابتی موسوم به تندی حد به حرکت رو به پایین خود ادامه خواهد داد.

$$F_{\text{net}} = 0 \rightarrow f_D = mg$$

نمودار سرعت- زمان رسیدن به سرعت حد



نیروی عمودی سطح: اگر جسمی بر سطحی تکیه داشته باشد، و به آن سطح نیرو وارد کند، از طرف سطح نیز نیرویی عمود بر سطح به جسم وارد می شود که به آن نیروی عمودی سطح (تکیه گاه) می گویند و با نماد $\vec{F}_N$ نشان می دهند.

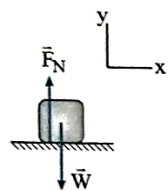


روش تعیین نیروی عمودی سطح:

اگر جسم بر سطحی تکیه داشته باشد می توانیم نیروی عمودی سطح را از قانون دوم نیوتون $F_{\text{net}} = ma$ استفاده می کنیم.

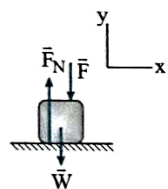
اگر جسم در راستای عمود بر سطح شتاب نداشته باشد، در این صورت $F_{\text{net}} = 0$

در ادامه روش محاسبه اندازه $\vec{F}_N$ را در حالت‌های کاربردی که قرار است در تست‌ها ببینید، آورده‌ایم: (در هر کدام از شکل‌های زیر تنها نیروهای هم‌راستا با $\vec{F}_N$ رسم شده است.)



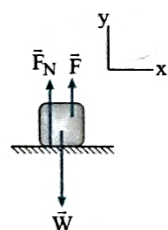
۱) جسم روی سطح افقی قرار دارد و نیروی عمودی به آن وارد نمی‌شود. فرقی نمی‌کند جسم در راستای افق در حال حرکت باشد یا نه. حتی وارد شدن نیروی موازی سطح هم اهمیتی ندارد. چرا که فقط نیروهای هم‌راستا با $\vec{F}_N$ روی مقدار آن اثر گذارند. در این حالت داریم:

$$F_N = W \Rightarrow \text{جسم در راستای } y \text{ ساکن است.}$$



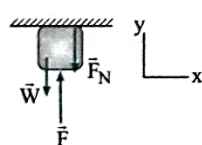
۲) شرایط حالت (الف) برقرار است، با این تفاوت که به جسم نیروی عمودی و رو به پایین $\vec{F}$ هم وارد می‌شود:

$$F_N = F + W \Rightarrow \text{جسم در راستای } y \text{ ساکن است.}$$



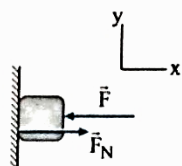
۳) شرایط حالت (الف) برقرار است، با این تفاوت که به جسم نیروی عمودی و رو به بالای $\vec{F}$ وارد می‌شود:

$$F_N + F = W \Rightarrow F_N = W - F \Rightarrow \text{جسم در راستای } y \text{ ساکن است.}$$



۴) جسم توسط نیروی عمودی $\vec{F}$ به سقف فشرده شده است. (جسم می‌تواند در راستای افق در حال حرکت باشد، یا نه):

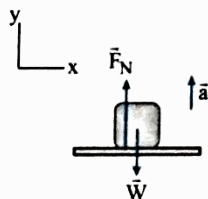
$$F = W + F_N \Rightarrow F_N = F - W \Rightarrow \text{جسم در راستای } y \text{ ساکن است.}$$



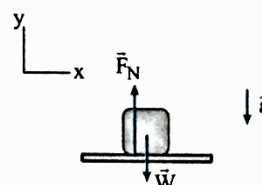
۵) جسم توسط نیروی افقی $\vec{F}$ به دیوار قائمی تکیه داده است (جسم می‌تواند در راستای قائم در حال حرکت باشد، یا نه):

$$F_N = F \Rightarrow \text{جسم در راستای } x \text{ ساکن است.}$$

۶) سطح افقی همراه جسم روی آن با شتاب ثابت در راستای قائم حرکت کند (مثل آسانسور):



$$\begin{aligned} \text{در راستای } y: F_{\text{net}} = ma &\Rightarrow F_N - W = ma \\ &\Rightarrow F_N = W + ma \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{در راستای } y: F_{\text{net}} = ma &\Rightarrow W - F_N = ma \\ &\Rightarrow F_N = W - ma \end{aligned}$$

محاسبه نیروی عمودی سطح در آسانسور: وقتی جسمی داخل آسانسور قرار دارد با توجه به نوع حرکتی که دارد

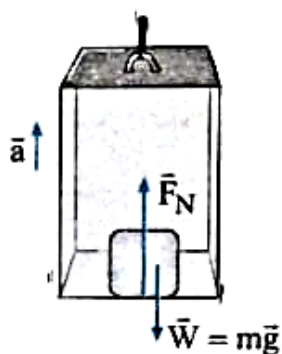
ممکن است نیروی عمودی سطح وارد بر شخص از طرف کف آسانسور متفاوت شود.

حرکت یک آسانسور به صورت یکی از حالت های جدول زیر است:

جهت حرکت آسانسور	نوع حرکت آسانسور	جهت شتاب آسانسور
به سمت بالا	تندشونده	به سمت بالا
	کندشونده	به سمت پایین
به سمت پایین	تندشونده	به سمت پایین
	کندشونده	به سمت بالا

برای محاسبه نیروی عمودی سطح وارد شده بر یک جسم در یک آسانسور ، توجه می کنیم که سمت بالا را مثبت و پایین را منفی در نظر می گیریم ، به جسم دو نیروی عمودی سطح و نیروی وزن وارد می شود با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم :

$$F_N - W = ma$$

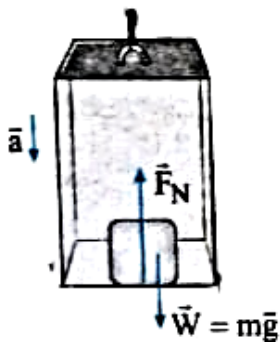
حالت های مختلف حرکت آسانسور و تاثیر آن بر نیروی عمودی سطح:

۱. اگر حرکت آسانسور تند شونده رو به بالا ، یا کند شونده رو به پایین باشد: در این حالت شتاب آسانسور رو به بالا بوده و نیروی عمودی سطح که به جسم وارد می شود به صورت زیر بدست می آید:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = m(g + a)$$

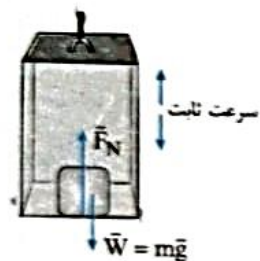
۲. اگر حرکت آسانسور

کند شونده رو به بالا ، یا تند شونده رو به پایین باشد: در این حالت شتاب آسانسور رو به پایین بوده و نیروی عمودی سطح که به جسم وارد می شود به صورت زیر بدست می آید:



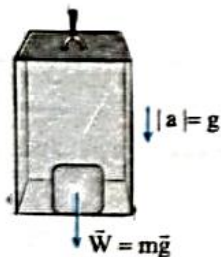
$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow mg - F_N = ma \Rightarrow F_N = m(g - a)$$

۳. اگر آسانسور ساکن باشد یا حرکت آسانسور یکنواخت باشد: (یعنی آسانسور با سرعت ثابت در حال حرکت باشد):
در این صورت شتاب حرکت صفر بوده و داریم:



$$v = \text{ثابت} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow F_N = mg$$

۴. اگر در اثر عاملی (مانند پاره شدن کابل) آسانسور سقوط آزاد کند، در این صورت نیروی عمودی سطحی که کف آسانسور به جسم درون آن وارد می کند برابر صفر می شود.



$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow mg - F_N = ma \xrightarrow{a=g} mg - F_N = mg \Rightarrow F_N = 0$$

نیروی اصطکاک: وقتی تلاش می کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت در آوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، با مقاومتی روبه رو می شویم که به آن نیروی اصطکاک می گویند.

توجه! تا زمانی که به جسم در راستای افقی سطح نیرو وارد نشده است، نیروی اصطکاک وجود نخواهد داشت.

توجه! نیروی اصطکاک به دو نوع می باشد: ۱. **نیروی اصطکاک ایستایی** ۲. **نیروی اصطکاک جنبشی**

توجه! نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس آن ها و زبری و ناهمواری سطح بستگی دارد. هرچه سطح ناهموارتر و زبر تر باشد درگیری بین دو سطح بیشتر شده و نیروی اصطکاک نیز قوی تر می شود. برعکس هرچه سطح صاف تر باشد نیروی اصطکاک کمتر می شود.

"**البته** این نکته را در نظر بگیرید که در فلزات اگر سطح دو جسم بسیار صاف و صیقلی باشد به خاطر نزدیک شدن بیش از اندازه مولکول های دو جسم به هم، جاذبه اتمی بین دو سطح ایجاد شده و باعث چسبیدن دو سطح به هم شده (جوش سرد) و لغزش سطوح روی هم بسیار دشوار می شود."

معمولا از اصطکاک به عنوان نیروی اتلافی یاد می شود. اما توجه داشته باشید اگر اصطکاک نبود نمی توانستیم تلفن همراه یا قلم را در دست بگیریم یا حتی راه برویم...



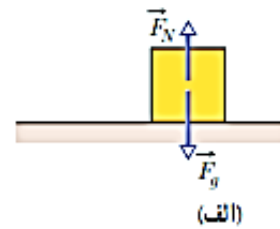
نیروی اصطکاک ایستایی (f_s): اگر به جسمی نیرویی در راستای سطحی که در آن قرار دارد وارد کنیم (هل دهیم یا بکشیم) تا زمانی که جسم ساکن است، نیرویی در خلاف جهت نیرو ما از طرف سطح به جسم وارد شده و مانع حرکت جسم می شود، به این نیرو، اصطکاک ایستایی می گوییم و با نماد (f_s) نشان می دهیم.

اندازه نیروی اصطکاک ایستایی: با توجه به اینکه جسم ساکن است و شتاب اش صفر می باشد پس طبق قانون دوم نیوتون نیروهای وارد بر آن متوازن هستند. در نتیجه نیروی اصطکاک برابر با همان نیروی افقی است که ما به جسم وارد می کنیم.

توجه! در اینجا ما هر چقدر نیرویی که به جسم وارد می کنیم را کم و زیاد کنیم نیروی اصطکاک ایستایی هم به همان اندازه تغییر خواهد کرد.

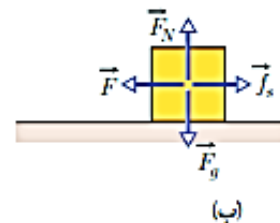
شکل‌های زیر نشان می‌دهد وقتی بزرگی نیروی وارد شده به جسم را افزایش می‌دهیم بزرگی نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می‌یابد و قطعه ساکن باقی می‌ماند. ولی وقتی نیروی وارد شده به بزرگی معینی می‌رسد، قطعه از قید تماس تنگاتنگ به سطح میز کنده می‌شود و به سمت چپ شتاب می‌گیرد. نیروی اصطکاک‌کی که از آن پس با حرکت مخالفت می‌کند، نیروی اصطکاک جنبشی است.

هیچ تلاشی برای لغزاندن نیست. بنابراین، نه اصطکاک و نه حرکت وجود ندارد.



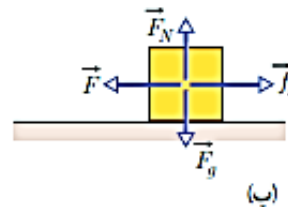
$= 0$ نیروی اصطکاک

نیروی $\vec{F}$ سعی می‌کند قطعه را ببلزاند، ولی در تعادل با نیروی اصطکاک است. حرکتی نداریم.



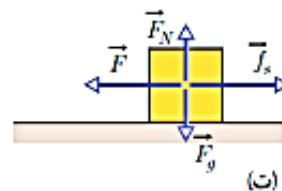
F = نیروی اصطکاک

اکنون نیروی $\vec{F}$ قوی‌تر است، ولی همچنان در تعادل با نیروی اصطکاک است. حرکتی نداریم.



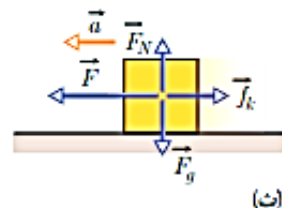
F = نیروی اصطکاک

اکنون نیروی $\vec{F}$ بسیار قوی است، ولی همچنان در تعادل با نیروی اصطکاک است. حرکتی نداریم.



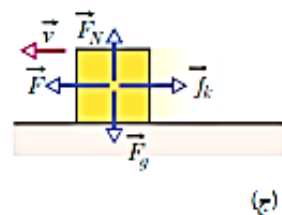
F = نیروی اصطکاک

سرانجام نیروی وارد شده بر نیروی اصطکاک ایستایی غلبه می‌کند. قطعه می‌لغزد و شتاب می‌گیرد.

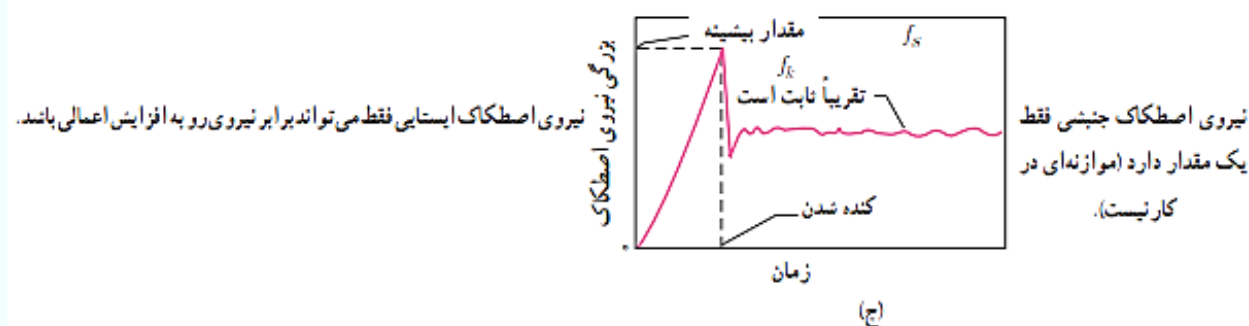


نیروی اصطکاک
جنبشی ضعیف

برای آنکه تندی ثابت بماند، نیروی ضعیف شده $\vec{F}$ باید برابر نیروی اصطکاک ضعیف باشد.



همان نیروی اصطکاک
جنبشی ضعیف



شکل (الف) نیروی وارد بر یک قطعه ساکن. (ب تا ت) نیروی خارجی $\vec{F}$ که بر قطعه وارد شده است، با نیروی اصطکاک ایستایی $\vec{f}_s$ به توازن رسیده است. وقتی F افزایش می‌یابد، f_s نیز افزایش می‌یابد، تا اینکه f_s به یک مقدار بیشینه معین برسد. (ث) قطعه سپس با شتاب ناگهانی در جهت $\vec{F}$ ، «تند می‌شود» (ج) اگر اکنون جعبه بخواند با سرعت ثابت حرکت کند، F باید از مقدار بیشینه‌اش که درست پیش از کنده شدن داشت، کاهش پیدا کند. (ج) چند نتیجه تجربی برای حالت‌های (الف) تا (ج).

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه: اگر به جسمی نیرو وارد کنیم تا زمانی که حرکت نمی‌کند، هر چقدر به جسم نیرو وارد کنیم به همان اندازه نیروی اصطکاک ایجاد می‌شود، با افزایش نیرویی که به جسم وارد می‌کنیم، نیروی اصطکاک نیز بیشتر می‌شود، تا جایی که جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد، در این لحظه نیروی اصطکاک ایستایی به بیشترین مقدار خود می‌رسد که به آن نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه می‌گویند و از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

در این رابطه μ_s ضریب اصطکاک ایستایی نام دارد. تجربه و آزمایش نشان می‌دهد که ضریب اصطکاک ایستایی به عامل‌هایی مانند جنس سطح تماس دو جسم، میزان صافی و زبری آنها و... بستگی دارد.

همچنین F_N نیروی عمودی سطح است که به جسم وارد می‌شود.

نیروی اصطکاک جنبشی (f_k): اگر جسمی روی سطحی بلغزد از طرف سطح بر جسم، نیرویی خلاف جهت حرکت جسم وارد می‌شود که به آن نیروی اصطکاک جنبشی می‌گویند. و اندازه آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$f_k = \mu_k \times F_N$$

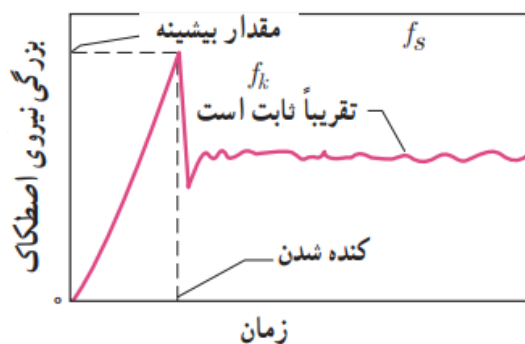
در این رابطه μ_k ضریب اصطکاک جنبشی نام دارد. تجربه و آزمایش نشان می‌دهد که ضریب اصطکاک جنبشی به عامل‌هایی مانند جنس سطح تماس دو جسم، میزان صافی و زبری آنها و... بستگی دارد.

همانطور که می‌دانید F_N هم نیروی عمودی سطح است که به جسم وارد می‌شود.

نکته: ضریب اصطکاک ایستایی μ_s معمولاً از ضریب اصطکاک جنبشی μ_k بیشتر است: ($\mu_s > \mu_k$)

پس نتیجه می گیریم نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه، از نیروی اصطکاک جنبشی بیشتر است.

$$f_{s,\max} > f_k$$



در جدول زیر ضرایب اصطکاک برخی از سطوح رو مشاهده می کنید:

μ_s	μ_k	جنس دو سطح تماس
۰/۷۴	۰/۵۷	فولاد بر فولاد
۰/۶۱	۰/۴۷	فولاد بر آلومینیوم
۰/۵۳	۰/۳۶	فولاد بر مس
۱/۰۵	۰/۲۹	مس بر چدن
۰/۶۸	۰/۵۳	مس بر شیشه
۰/۹۴	۰/۴۰	شیشه بر شیشه
۰/۳۰	۰/۲۵	لاستیک بر بتون تر
۱/۰	۰/۸	لاستیک بر بتون خشک
۰/۰۴	۰/۰۴	تفلون بر تفلون

سوال! یکای ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی چیست؟

نکته! اگر متحرکی روی سطح افقی دارای اصطکاک در اثر نیروی محرک F در حال حرکت باشد، قانون دوم نیوتون به صورت زیر می باشد:

$$F_{net} = ma \rightarrow F - f_K = ma$$

اگر سرعت متحرک ثابت باشد:

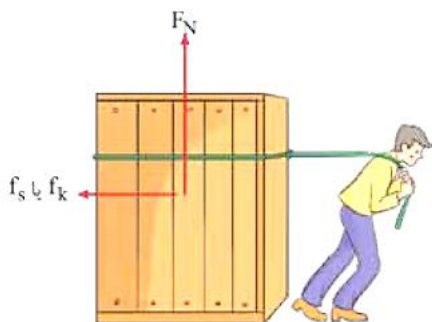
$$F_{net} = 0 \rightarrow F - f_K = 0 \rightarrow F = f_K \rightarrow F = \mu_K mg$$

محاسبه شتاب و جابجایی تا توقف متحرک در اثر اصطکاک جنبشی (در غیاب نیروی محرک):

اگر متحرکی با سرعت اولیه v بر سطح افقی دارای اصطکاک در حال حرکت باشد و نیروی محرک وجود نداشته باشد، شتاب حرکت و مقدار جابجایی متحرک به صورت زیر بدست می آید:

$$F_{net} = ma \rightarrow -f_K = ma \rightarrow -\mu_K mg = ma$$

$$\rightarrow a = -\mu_K g$$



نیروی وارد از طرف سطح: با توجه به شکل مقابل، بر جسمی که روی یک سطح قرار دارد دو نیروی اصطکاک و نیروی عمودی سطح وارد می شود، براین دو نیرو را نیروی وارد از طرف سطح می نامیم، این دو نیرو بر هم عمود هستند و برای پیدا کردن براینشان کافی است از رابطه فیثاغورس استفاده کنیم:

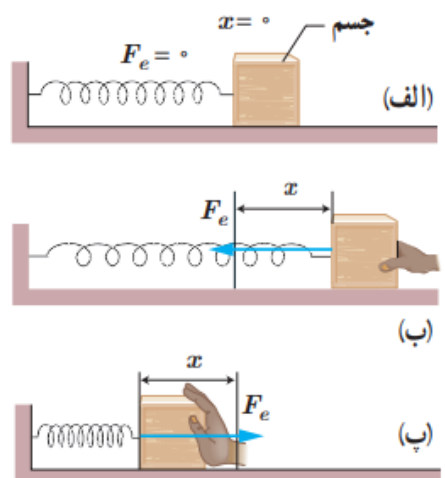
$$R = \sqrt{f^2 + F^2}$$

نیروی کشسانی فنر: نیروی است که فنر کشیده شده یا فشرده شده ایجاد می کند.

توجه!

- فنر کشیده شده یا فشرده شده همواره می خواهد به حالت اصلی خود باز گردد.
- نیروی کشسانی فنر را با نماد F_e نشان می دهند.
- هر چه فنر را بیشتر بکشیم یا فشرده کنیم نیروی کشسانی فنر نیز بیشتر می شود.

با توجه به شکل: اگر فنر در طول عادی خود قرار داشته باشد نیرویی وارد نمی کند ولی اگر فنر را بکشیم و یا فشرده کنیم نیروی فنر همواره خلاف جهت نیرویی است که به آن وارد می کنیم.



اندازه نیروی کشسانی فنر (قانون هوک): برای بیشتر فنرها با تقریب قابل قبولی، اندازه نیروی کشسانی فنر با اندازه تغییر طول آن (x) رابطه مستقیم دارد:

$$F_e = kx$$

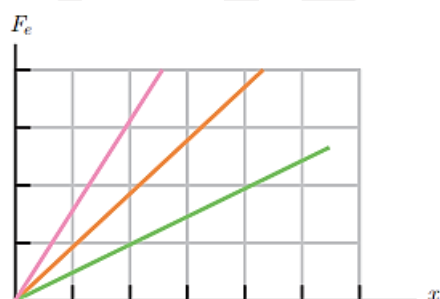
x : میزان تغییر طول فنر بر حسب متر m می باشد

k : ثابت فنر نام دارد و یکای آن نیوتون بر متر N/m می باشد.

توجه! ثابت فنر به عواملی مانند: اندازه فنر، شکل فنر، جنس ماده تشکیل دهنده و ... بستگی دارد.

برای یک فنر انعطاف پذیر، k عددی کوچک حدود ۱۰۰ و برای یک فنر سفت k عددی بزرگ حدود ۱۰۰۰۰ است.

نمودار تغییر نیروی کشسانی سه فنر بر حسب تغییر طول آن‌ها:



شیب این نمودار همان سختی فنر k است پس هر چه شیب نمودار بیشتر باشد ثابت فنر بزرگتر و فنر سخت تر می شود.

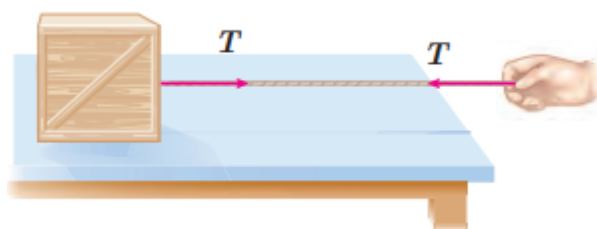
تغییر طول فنر در اثر دو نیروی کششی مختلف: اگر در اثر نیروی F_1 طول فنر به اندازه x_1 و در اثر نیروی F_2 طول فنر به اندازه x_2 تغییر کند، می توان نوشت:

$$۱) F_e = kx \Rightarrow \frac{F_{e1}}{F_{e2}} = \frac{x_1}{x_2} = \frac{\Delta l}{\Delta l'} = \frac{l_1 - l_0}{l_2 - l_0}$$

$$۲) \Delta F_e = k\Delta l \Rightarrow F_{e2} - F_{e1} = k(l_2 - l_1)$$

نیروی کشش طناب: به شکل زیر توجه کنید ، وقتی جسمی را با یک طناب می کشیم ، طناب از دو طرف کشیده می شود ، از یک طرف جسم را می کشد و از طرف دیگر به دست ما نیرو وارد می کند که این دو نیرو با هم برابر و در خلاف جهت هم هستند .

نیروی کشش طناب همان نیرویی است که از طرف طناب به جسم وارد می شود و بردار آن را از روی جسم رسم می کنیم.



توجه:

- برای نیروی کشش طناب فرمول خاصی وجود ندارد و از قانون دوم نیوتون می توانیم اندازه نیروی کشش طناب را بدست بیاوریم.
- در حل مسائل تغییر جزئی طول طناب را نادیده میگیریم
- معمولا از جرم طناب نیز چشم پوشی می شود. مگر اینکه در مساله ای به آن اشاره شود.
- نیروی کشش طناب در تمام طول طناب اعمال می شود.

تکانه و قانون دوم نیوتون:

تکانه: به حاصل ضرب جرم جسم m در سرعت $\vec{v}$ آن را تکانه آن جسم می گویند. آن را با نماد $\vec{p}$ نشان می دهند و از رابطه زیر بدست می آید:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

❖ تکانه کمیتی برداری بوده و جهت آن هم جهت با بردار سرعت جسم می باشد و یکای آن $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ کیلوگرم متر بر ثانیه می باشد.

رابطه قانون دوم نیوتون و تکانه:

با توجه به رابطه تکانه ، می توانیم قانون دوم نیوتون را به شکل زیر بنویسیم :

$$\vec{F}_{\text{net}} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

یعنی نیروی خالص وارد بر جسم برابر با تغییر تکانه جسم تقسیم بر زمان آن است. پس داریم :

$$\Delta \vec{p} = \vec{F}_{\text{net}} \Delta t$$

این رابطه بدین معناست که تغییر تکانه برابر با حاصل ضرب نیرو در مدت زمان تاثیر آن است.

توجه! در شرایط واقعی نیروی وارد بر یک جسم به ندرت ثابت است. پس اگر نیرو ثابت نباشد، معادله های داده شده را فقط در بازه های زمانی ای می توان به کار برد که بسیار کوچک باشد و بتوان نیرو را در این بازه ها تقریباً ثابت در نظر گرفت.

اگر نیرو ثابت نباشد برای بازه های زمانی بزرگ به جای نیروی خالص باید نیروی متوسط در بازه زمانی مورد نظر را قرار داد.

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

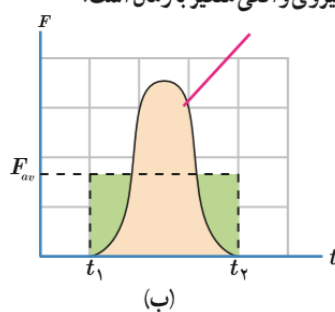
(نیروی خالص متوسط بر حسب تکانه)

نکته :

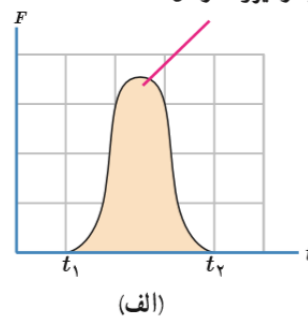
شیب نمودار تکانه- زمان $p-t$ همان نیروی خالص وارد بر جسم است.

تغییر تکانه Δp یک جسم را می توان از مساحت سطح زیر نمودار نیرو- زمان $F-t$ بدست آورد.

تغییر تکانه ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانه نیروی واقعی متغیر با زمان است.



تغییر تکانه برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو - زمان است.



نکته! اگر جسمی را به هوا پرتاب کنیم (مقاومت هوا وجود نداشته باشد) تحت هر زاویه ای که پرتاب کنیم، تنها نیروی وارد بر آن همان نیروی وزن mg خواهد بود پس تغییر تکانه برابر $\Delta p = mg \cdot \Delta t$ می شود.

نیروی گرانشی:

هر جسمی در عالم هستی، سایر اجسام را به خود جذب می کند که به آن نیروی گرانشی می گویند.

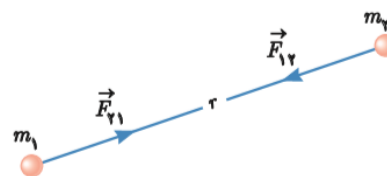
قانون گرانش عمومی:

نیروی گرانشی میان دو ذره، با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله آن ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

اگر دو جسم m_1 و m_2 در فاصله r از هم قرار داشته باشند. اندازه نیروی گرانشی میان این دو جسم (ذره) از رابطه زیر بدست می آید:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(اندازه نیروی گرانشی بین دو ذره)



$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

G: ثابت گرانش عمومی نام دارد و مقدار آن برابر است با:

وزن یک جسم روی زمین:

وزن جسم روی زمین همان نیروی گرانشی است که از طرف زمین به جسم وارد می شود. اگر جرم جسم را با m و جرم کره زمین را با M_e و شعاع زمین را با R_e نمایش دهیم، وزن جسم روی سطح زمین از رابطه زیر بدست می آید:

$$W = G \frac{M_e m}{R_e^2} \quad (\text{وزن جسم در سطح زمین})$$

همچنین اگر جسم در ارتفاع h از سطح زمین قرار داشته باشد وزن اش از رابطه زیر بدست می آید:

$$W = G \frac{M_e m}{(R_e + h)^2}$$

شتاب گرانش در سطح زمین: در سطح زمین (g) شتاب گرانش از رابطه زیر بدست می آید:

$$W = mg = G \frac{m M_e}{R_e^2} \rightarrow g = G \frac{M_e}{R_e^2}$$

شتاب گرانش در فاصله r از مرکز زمین: در فاصله h از سطح زمین و یا r از مرکز زمین ، شتاب گرانش به صورت زیر

بدست می آید:

$$g = G \frac{M_e}{r^2} = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$

نوبت تمرین:

درست – نادرست:

- ۱- اگر نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، آن جسم حتماً ساکن است.
- ۲- هر جسم در حال حرکتی، می‌خواهد به طور طبیعی، به حال سکون برسد.
- ۳- برای حرکت یک جسم با سرعت ثابت، نیازی نیست به جسم نیروی خالصی وارد شود.
- ۴- طبیعت اجسام، این است که پس از به حرکت درآمدن، توقف کنند.
- ۵- وقتی به یک جسم، نیروی خالصی وارد شود، الزاماً جهت شتاب آن، هم‌جهت با نیروی خالص است.
- ۶- وقتی ما روی زمین راه می‌رویم، واکنش نیروی اصطکاکی که پای ما به زمین وارد می‌کند، سبب جلو رفتن ما می‌شود.
- ۷- آن‌چه در راه رفتن ما یا خودروهایمان نقش اساسی دارد، اصطکاک است.
- ۸- نیروهای کنش و واکنش، الزاماً هم‌راستا هستند.
- ۹- نیروهای کنش و واکنش، همیشه هم‌نوع‌اند و به یک جسم وارد می‌شوند.
- ۱۰- وزن یک جسم، مثل جرم آن، فقط مربوط به خود جسم است.
- ۱۱- اندازه نیروی مقاومت هوا، تابع تندی جسم است.
- ۱۲- معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی بین دو سطح، از ضریب اصطکاک ایستایی بین آن‌ها بیشتر است.
- ۱۳- ضریب اصطکاک جنبشی و ایستایی، کمیت‌هایی بدون یکا هستند.
- ۱۴- نیروی اصطکاک جنبشی، به طور محسوسی به مساحت سطح تماس دو جسم، بستگی دارد.
- ۱۵- اگر اندازه تکانه جسمی با جرم ثابت، ۲ برابر شود، انرژی جنبشی آن نیز ۲ برابر خواهد شد.
- ۱۶- نیروی گرانشی بین دو ذره، با حاصل ضرب جرم آن‌ها نسبت مستقیم و با فاصله آن دو از یکدیگر، نسبت وارون دارد.

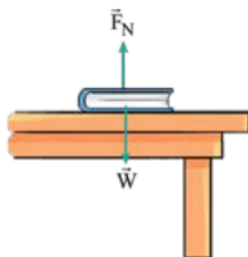
پر کردن جاهای خالی:

- ۱۷- نیروی وارد بر یک جسم، می‌تواند سبب تغییر یا تغییر جسم شود.
- ۱۸- وقتی جسمی را و یا آن را می‌دهیم، به آن نیرو وارد می‌کنیم.
- ۱۹- اگر به جسمی، هم‌زمان چند نیرو اثر کند و برآیند این نیروها صفر باشد، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم، اند.
- ۲۰- یک جسم، حالت سکون یا حرکت خود را حفظ می‌کند؛ مگر آن‌که نیروی خالصی به آن وارد شود.
- ۲۱- به این خاصیت اجسام که تمایل دارند وضعیت سکون یا حرکت با سرعت ثابت را در نبود نیرو حفظ کنند، گفته می‌شود.
- ۲۲- هرگاه بر جسم، نیروی خالصی وارد شود، جسم شتابی می‌گیرد که نسبت مستقیم با و نسبت وارون با دارد و جهت این شتاب، با نیروی خالص است.
- ۲۳- هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دیگر نیز به آن جسم، نیرویی و، اما در وارد می‌کند.
- ۲۴- وزن یک جسم، برخلاف جرم آن، فقط مربوط به خود جسم نیست و بسته به مقدار در محل‌های مختلف، می‌تواند مقدارهای متفاوتی داشته باشد.
- ۲۵- اندازه نیروی مقاومت هوا، به و بستگی دارد.
- ۲۶- هر چه تندی جسم، بیشتر باشد، اندازه مقاومت هوا، است.

۲۷- وقتی اندازه نیروی مقاومت هوای وارد بر یک چتر باز، با وزن برابر شود، نیروی خالص وارد بر چتر باز، صفر می شود و چتر باز، با تندی ثابتی به نام به حرکت ادامه می دهد.

۲۸- هنگامی که دو جسم با یکدیگر در تماس اند، تغییر شکلی که در سطح تماس دو جسم پدید می آید، سبب پیدایش نیرویی به نام می گردد.

۲۹- در شکل روبه رو، واکنش نیروی F_N ، نیرویی رو به پایین است که به وارد می کند و واکنش نیروی W ، نیرویی رو به بالا است که به وارد می کند.



۳۰- وقتی خودرویی در یک جاده حرکت می کند، نیرویی که سبب جلورفتن آن می شود، نیروی است.

۳۱- ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی، به عامل هایی مثل و بستگی دارند.

۳۲- ثابت فنر، از مشخصات فنر است و به و بستگی دارد.

۳۳- بنابر قانون، نیرویی که فنر به جسم متصل به خود وارد می کند، با متناسب است.

۳۴- به حاصل ضرب جرم در سرعت، می گوئیم که کمیتی با یکای در SI، است.

۳۵- نیروی گرانشی بین دو جسم، با نسبت مستقیم و با نسبت وارون دارد.

۳۶- یکای ثابت گرانش عمومی (G)، است.

انتخاب واژه صحیح:

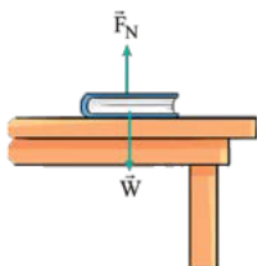
۳۷- نیرو، کمیتی (نرده ای - برداری) است.

۳۸- طبیعت اجسام، این (است - نیست) که پس از به حرکت درآمدن، در صورت نبود نیروی خالص، توقف کنند.

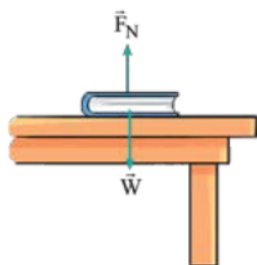
۳۹- وقتی یک چتر باز، مدتی پس از سقوط، چتر خود را باز می کند، ابتدا تندی اش، (افزایش - کاهش) و اندازه نیروی مقاومت هوا، (افزایش - کاهش) می یابد.

۴۰- نیروی عمودی سطح، ناشی از (تغییر شکل - جوش خوردگی های میکروسکوپی) در سطح تماس دو جسم است.

۴۱- در شکل روبه رو، واکنش نیروی F_N ، نیرویی رو به پایین است که از طرف کتاب، به (کره زمین - میز) وارد می شود.



۴۲- در شکل روبه رو، واکنش نیروی W ، نیرویی رو به بالا است که توسط (میز به کتاب - کتاب به کره زمین) وارد می شود.



۴۳- شخصی داخل یک آسانسور، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور با شتاب رو به پایینی برابر با شتاب گرانش حرکت کند، مقداری که ترازوی فنری نشان می‌دهد، برابر (وزن شخص - صفر) خواهد بود.

۴۴- سطل پر از آبی، همانند شکل روبه‌رو، بدون آن که نیرویی به آن وارد کنیم، روی یک سطح افقی ساکن است. اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر آن، صفر (است - نیست).



۴۵- اندازه اصطکاک (ایستایی - جنبشی)، متناسب با اندازه نیروی عمودی سطح است.

۴۶- برای یک فنر سفت، ثابت فنر (بیشتر، کم‌تر) از یک فنر نرم است.

۴۷- هر چه تکانه جسمی بیشتر باشد، برای متوقف کردن آن در یک مدت معین، باید نیروی (کم‌تری - بیشتری) به آن وارد کرد.

(فارج ریاضی فرداد ۹۷)

۴۸- تکانه یک جسم، کمیتی برداری، هم‌جهت با (سرعت - شتاب) جسم است.

۴۹- نیروی گرانشی (بین هر دو جسمی - فقط بین سیاره‌ها و ستاره‌ها) وجود دارد.

(فارج تهری فرداد ۹۷)

۵۰- نیروی خالص وارد بر یک جسم، برابر با آهنگ تغییر (سرعت - تکانه) جسم است.

(ریاضی دی ۹۳)

۵۱- اگر نیروی خالص وارد بر جسمی صفر باشد، تکانه آن (متغیر - ثابت) است.

پاسخ به سوالات:

۵۲- جعبه‌ای به جرم 20 kg را روی یک سطح افقی به ضریب اصطکاک ایستایی $3/0$ با نیروی افقی 38 N می‌کشیم.

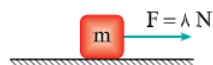
الف) آیا جعبه حرکت می‌کند؟ چرا؟

ب) در این حالت نیروی اصطکاک بین جعبه با سطح چه قدر است؟

(ریاضی دی ۹۶)

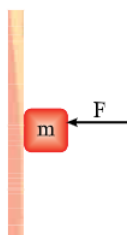
۵۳- در شکل مقابل جسمی به جرم 4 kg روی سطح افقی قرار دارد. اگر نیروی $F = 8 \text{ N}$ به آن وارد شود و ضریب

اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح $25/0$ باشد، نیروی اصطکاک وارد بر جسم چند نیوتون است؟ (تهری شهریار ۹۶)



۵۴- مطابق شکل، جسمی به جرم $5/0$ کیلوگرم را با نیروی افقی $F = 20 \text{ N}$ به دیوار قائم فشرده‌ایم و جسم در آستانه

حرکت به طرف پایین است. (ریاضی فرداد ۹۵)

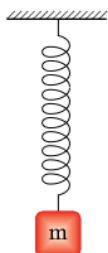


الف) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و دیوار چه قدر است؟

ب) نیروی قائم و رو به بالای F' که باید بر جسم وارد شود تا جسم را در آستانه حرکت به سمت بالا قرار دهد، چند

نیوتون است؟

(تهری فرداد ۹۴)



۵۵- جسمی به جرم m به انتهای فنر سبکی مطابق شکل آویزان است.

الف) نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید.

ب) تعیین کنید واکنش هر کدام از نیروها، بر چه جسمی وارد می‌شوند؟

- ۵۶- توپی به جرم $1/5 \text{ kg}$ با سرعت 10 m/s در راستای افقی به یک دیوار برخورد کرده و با همان اندازه سرعت، در همان راستا برمی گردد. اگر زمان برخورد توپ با دیوار 0.05 s باشد، بزرگی نیروی متوسطی که به توپ وارد می شود، چه مقدار است؟
(تجربی فرداد ۹۳)
- ۵۷- نقش کیسه هوا در تصادف های رانندگی چیست؟
(تجربی شهریور ۹۳)
- ۵۸- آزمایشی برای اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی، بیان کنید.
- ۵۹- برای جسمی به جرم m ، رابطه ای بین انرژی جنبشی (K) و اندازه تکانه (p)، به دست آورید.
- ۶۰- نیروهای وارد بر یک جسم و جرم آن، ثابت اند. نشان دهید اگر تغییر تکانه آن جسم را بر مدت زمان سپری شده تقسیم کنیم، نیروی خالص وارد بر جسم به دست می آید.

نوبت تست:

۱.

دو نیروی $\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 6\vec{j}$ و $\vec{F}_2$ بر ذره‌ای وارد می‌شوند و این ذره با سرعت ثابت $\vec{v} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ حرکت می‌کند. در این حالت، نیروی $\vec{F}_2$ کدام است؟ (یکای SI)

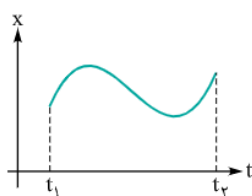
- (۱) $\vec{i} + 2\vec{j}$ (۲) $-\vec{i} - 2\vec{j}$ (۳) $2\vec{i} - 6\vec{j}$ (۴) $-2\vec{i} + 6\vec{j}$

۲.

نیروی خالص ۱۰ نیوتون به جسمی شتاب a متر بر مربع ثانیه و نیروی خالص ۱۴ نیوتون، به آن شتاب $(a + 2)$ متر بر مربع ثانیه می‌دهد. a چند متر بر مربع ثانیه است؟

- (۱) ۷ (۲) ۵ (۳) ۴ (۴) ۲

۳.



نمودار مکان - زمان متحرکی، مطابق شکل است. در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، چند بار نیروی خالص وارد

بر جسم تغییر جهت داده است؟

- (۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

۴.

گلوله‌ای فولادی به جرم ۲۰ گرم با سرعت ۳۰۰ متر بر ثانیه به تنه درختی که ضخامت آن ۱۰ سانتی‌متر است فرو می‌رود و از طرف دیگر آن با سرعت

۲۰۰ متر بر ثانیه خارج می‌شود. اندازه نیروی متوسطی که تنه درخت به آن وارد می‌کند، چند نیوتون است؟

- (۱) ۵۰ (۲) 5×10^3 (۳) 5×10^4 (۴) 5×10^8

۵.

دو نیروی $\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ و $\vec{F}_2$ به جسم ۱/۵ کیلوگرمی اثر می‌کنند و معادله شتاب حاصل در SI، به صورت $\vec{a} = 2\vec{i} - 4\vec{j}$ می‌شود. $\vec{F}_2$ کدام است؟

- (۱) $\vec{i} + \vec{j}$ (۲) $\vec{i} - \vec{j}$ (۳) $5\vec{i} - \vec{j}$ (۴) $5\vec{i} + \vec{j}$

۶.

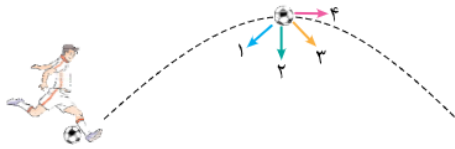
کدام گزینه با توجه به قانون سوم نیوتون، درست است؟

- (۱) تعداد نیروهای وارد بر یک جسم، همیشه عددی زوج است.
(۲) نیروهای کنش و واکنش، همیشه بر دو جسم وارد می‌شوند.
(۳) نیروهای وارد بر دو سر یک طناب سبک، کنش و واکنش‌اند.
(۴) هر سه گزینه قبل درست است.

معرفی برخی نیروها:

وزن:

۷.



فوتبالیستی مطابق شکل، توپ را شوت کرده است. اگر از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنیم،

کدام گزینه جهت نیروی خالص وارد بر توپ را در بالاترین نقطه مسیر، درست نشان می‌دهد؟

- (۱) جهت ۱
(۲) جهت ۲
(۳) جهت ۳
(۴) جهت ۴

۸.

نیروی خالص ۱ نیوتون به جسمی به وزن ۱ نیوتون، چه شتابی بر حسب متر بر مربع ثانیه می‌دهد؟

- (۱) $\frac{1}{10}$
(۲) ۱
(۳) ۵
(۴) ۱۰

مقاومت شاره

۹.

هنگامی که جسمی در هوا در حال سقوط است، واکنش (عکس‌العمل) نیروهای وارد بر جسم،

- (۱) بر هوا وارد می‌شود.
(۲) بر زمین و بر هوا وارد می‌شود.
(۳) بر زمین وارد می‌شود.
(۴) صفر است.

۱۰.

از ابری در ارتفاع ۲۰۰۰ متری سطح زمین، باران می‌بارد. یکی از این قطره‌های باران، ۱۸۰۰ متر آخر مسیر را در مدت ۲۵۰ s با سرعت ثابت، می‌پیماید.

تندی حدی این قطره، چند متر بر ثانیه است؟

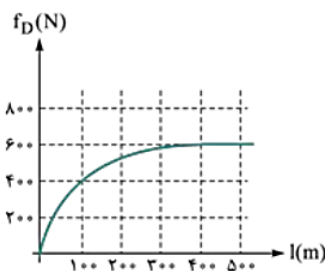
- (۱) ۸
(۲) $\frac{5}{4}$
(۳) $\frac{6}{8}$
(۴) $\frac{7}{2}$

۱۱.

نمودار روبه‌رو، ارتباط اندازه نیروی مقاومت هوای وارد بر یک چتر باز را با مسافت پیموده‌شده

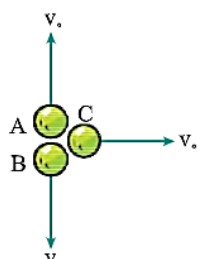
توسط او، نشان می‌دهد. اندازه شتاب چتر باز در لحظه‌ای که مسافت پیموده‌شده، ۱۰۰ m است، چند متر

بر مربع ثانیه است؟



- (۱) $\frac{2}{3}$
(۲) $\frac{10}{3}$
(۳) $\frac{3}{2}$
(۴) $\frac{3}{10}$

۱۲.



مطابق شکل، سه گلوله مشابه A، B و C با سرعت‌های اولیه هم‌اندازه، به ترتیب در راستای قائم به طرف بالا، در راستای قائم به طرف پایین و در راستای افقی پرتاب می‌شوند. اگر اثر مقاومت هوا قابل ملاحظه باشد، اندازه شتاب کدام گلوله بلافاصله پس از پرتاب، بیشتر است؟

- A (۱)
B (۲)
C (۳)
(۴) هر سه، یکسان است.

نیروی عمودی سطح:

۱۳.



شخصی همانند شکل روبه‌رو، در حالی که روی یک ترازوی فنری ایستاده است، با انگشت خود، سطح میزی را با نیروی 20 N در راستای قائم به پایین هل می‌دهد. اگر ترازوی فنری، 800 N را نشان دهد، جرم شخص چند کیلوگرم بوده است؟

- (۱) 54
(۲) 62
(۳) 82
(۴) 78

۱۴.

شخصی به جرم 80 کیلوگرم درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه‌ای که آسانسور با شتاب ثابت 2 متر بر مربع ثانیه، تندشونده رو به پایین حرکت می‌کند، نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می‌شود، چند نیوتون است؟

- (۱) 960
(۲) 800
(۳) 160
(۴) 640

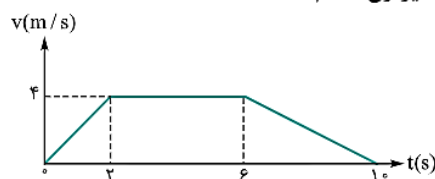
۱۵.

آسانسوری با شتاب ثابت، به طور کندشونده به طرف پایین حرکت می‌کند و شخصی به جرم 50 kg ، داخل آن، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. تندی این آسانسور در یک لحظه 10 m/s است و 5 s پس از این لحظه، آسانسور به حال سکون می‌رسد. ضمن این حرکت کندشونده آسانسور، ترازوی فنری چند نیوتون را نشان می‌دهد؟

- (۱) 600
(۲) 400
(۳) 1000
(۴) صفر

۱۶.

نمودار سرعت - زمان حرکت آسانسوری که از حال سکون، به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر شخصی به جرم 60 kg درون این آسانسور روی یک ترازوی فنری ایستاده باشد، بیشترین و کم‌ترین عددی که ترازو نشان می‌دهد، بر حسب نیوتون، کدام است؟



- (۱) $540, 720$
(۲) $540, 660$
(۳) $480, 540$
(۴) $480, 660$

۱۷.

به یک وزنه ۱ کیلوگرمی که روی سطح افقی میزی ساکن است، نیرویی برابر 8 N رو به بالا، وارد می‌کنیم. فاصله وزنه از سطح میز بعد از 2 s ، چند متر است؟

(۴) ۱۸

(۳) ۱۴

(۲) ۴

(۱) صفر

اصطکاک:

۱۸.

شخصی روی یک 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؟

(۴) هر دو شرق

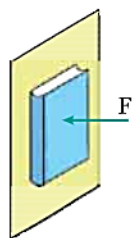
(۳) شرق و غرب

(۲) هر دو غرب

(۱) غرب و شرق

۱۹.

کتابی را مانند شکل، با یک نیروی افقی به دیواری فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم. اگر نیروی فشارنده را به تدریج کم کنیم تا کتاب در آستانه حرکت به طرف پایین قرار گیرد. می‌توان گفت که:



(۱) اندازه نیروی اصطکاک وارد بر کتاب، به تدریج افزایش می‌یابد تا به یک مقدار بیشینه برسد.

(۲) اندازه بیشینه اصطکاک ایستایی وارد بر کتاب، به تدریج کاهش می‌یابد تا با وزن کتاب هم‌اندازه شود.

(۳) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک وارد بر کتاب، تغییری نمی‌کند.

(۴) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر کتاب، به تدریج افزایش می‌یابد.

۲۰.

کامیونی به جرم 4000 kg با سرعت 72 km/h ، روی خط راست و در سطح افقی، در حال حرکت است و جعبه‌ای در کف آن قرار دارد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و کف کامیون $5/0$ باشد، حداقل مسافتی را که کامیون می‌تواند برای توقف طی کند، بدون آن که جعبه بلغزد، چند متر است؟

(۴) ۸۰

(۳) ۶۰

(۲) ۴۰

(۱) ۲۰

۲۱.

کدام گزینه نادرست است؟

(۱) هرگاه جسم جامدی روی سطح جسم جامد دیگر بلغزد، اصطکاک را جنبشی می‌نامند.

(۲) ضریب اصطکاک جنبشی می‌تواند بزرگ‌تر از ۱ باشد.

(۳) بزرگی نیروی اصطکاک جنبشی، به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی دارد.

(۴) بزرگی نیروی اصطکاک جنبشی متناسب با بزرگی نیروی عمودی سطح است.

۲۲.

به جسمی به جرم ۲ کیلوگرم که روی یک سطح افقی ساکن است، نیروی افقی ۵ نیوتون وارد می‌کنیم، پس از ۲۰ متر جابه‌جایی، سرعت جسم به ۸ متر بر ثانیه می‌رسد. نیروی اصطکاک بر حسب نیوتون کدام است؟

(۴) ۱/۸

(۳) ۳/۶

(۲) ۲

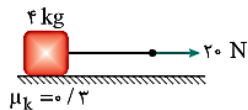
(۱) صفر

۲۳.

جسمی به جرم ۸ کیلوگرم روی سطح افقی، با اعمال نیروی افقی 60° نیوتون، با سرعت ثابت حرکت می‌کند. نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، چند نیوتون است؟

- (۱) ۶۰ (۲) ۸۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۱۴۰

۲۴.



در شکل روبه‌رو، جسم از حال سکون در مسیر افقی و در لحظه صفر، تحت تأثیر نیرویی ثابت به حرکت درمی‌آید و بعد از ۳ ثانیه، نخ بسته‌شده به جسم پاره می‌شود. کل مسافتی که جسم از شروع حرکت تا لحظه ایستادن طی می‌کند، چند متر است؟

- (۱) ۹ (۲) ۱۲ (۳) ۱۵ (۴) ۱۸

نیروی کشسانی

۲۵.

در رابطه‌ی $F = kx$ ، نمادهای F و x به ترتیب، نیرو و تغییر طول است. یکای k در SI چیست؟

- (۱) بدون یکا (۲) کیلوگرم بر ثانیه (۳) کیلوگرم بر مربع ثانیه (۴) نیوتون بر کیلوگرم

۲۶.

ورزشکاری دو انتهای فنری به جرم ناچیز را که ثابت آن 250° نیوتون بر متر است، کشیده و 40° سانتی‌متر افزایش طول در آن ایجاد کرده است. نیروی خالص وارد بر این فنر، چند نیوتون است؟

- (۱) ۵۰ (۲) $61/5$ (۳) ۱۰۰ (۴) صفر

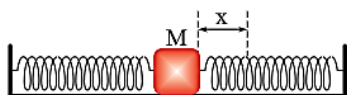
۲۷.

وزنه‌ای به جرم ۳ کیلوگرم را با فنری که ثابت آن 480° نیوتون بر متر است، با شتاب ۲ متر بر مربع ثانیه و با حرکت کندشونده، بالا می‌بریم. تغییر طول فنر از حالت طبیعی‌اش چند سانتی‌متر می‌شود؟

- (۱) ۵ (۲) $7/5$ (۳) ۸ (۴) ۱۰

۲۸.

جرم M به دو فنر که دارای ثابت یکسان k هستند، مطابق شکل بسته شده است و هر دو فنر، ابتدا طول عادی خود را دارند. جرم M را از حالت تعادل به اندازه x به سمت راست حرکت می‌دهیم؛ در این وضعیت،



- (۱) نیروی وارد بر M توسط دو فنر، با یکدیگر خنثی می‌شوند.
- (۲) نیروی خالص وارد بر M از طرف دو فنر، برابر $2kx$ و به طرف راست است.
- (۳) نیروی خالص وارد بر M از طرف دو فنر، برابر $2kx$ و به طرف چپ است.
- (۴) نیروی خالص وارد بر M از طرف دو فنر، برابر $\frac{1}{4}kx$ و به طرف چپ است.

نیروی کشش طناب

۲۹.



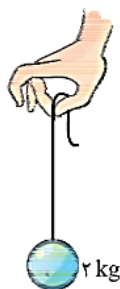
در شکل روبه‌رو، بار اول نخ را به آرامی پایین می‌کشیم و به تدریج این نیرو را افزایش می‌دهیم تا یکی از نخ‌ها پاره شود. بار دوم، همین آزمایش را به این ترتیب تکرار می‌کنیم که نخ را به صورت ضربه‌ای در یک لحظه به پایین می‌کشیم تا یکی از نخ‌های دو طرف وزنه پاره شود. در مورد این آزمایش، کدام گزینه درست است؟

- (۱) در هر دو آزمایش، نخ از قسمت پایین وزنه پاره می‌شود.
- (۲) در آزمایش اول، نخ از پایین وزنه پاره می‌شود و در آزمایش دوم، از بالای وزنه.
- (۳) در آزمایش اول، نخ از بالای وزنه پاره می‌شود و در آزمایش دوم، از پایین وزنه.
- (۴) در هر دو آزمایش، نخ از قسمت بالای وزنه پاره می‌شود.

۳۰.

نخی به یک گلوله به جرم ۲ کیلوگرم بسته شده و گلوله با شتاب ۴ متر بر مربع ثانیه به حالت کندشونده پایین می‌آید. نیروی کشش نخ چند نیوتون است؟

- (۱) ۱۲
- (۲) ۲۰
- (۳) ۲۴
- (۴) ۲۸



۳۱.

وزنه‌ای توسط یک نیروسنج از سقف یک آسانسور آویزان است. در حالت اول، آسانسور با شتاب ۲ m/s^2 ، تندشونده بالا می‌رود و نیروسنج، F_1 را نشان می‌دهد. در حالت دوم، آسانسور با شتاب ۲ m/s^2 ، تندشونده پایین می‌رود و نیروسنج نیروی F_2 را نشان می‌دهد. نسبت $\frac{F_2}{F_1}$ چه قدر است؟

(۴) ۴

(۳) ۲

(۲) $\frac{2}{3}$ (۱) $\frac{5}{4}$

تکانه

۳۲.

معادله بردار تکانه یک جسم 400 گرمی در SI، به صورت $\vec{p} = 6t\vec{i} + 4t^2\vec{j}$ است. در لحظه $t = 2$ s، اندازه سرعت جسم چند متر بر ثانیه است؟

(۴) ۷۰

(۳) ۶۰

(۲) ۵۰

(۱) ۴۰

۳۳.

معادله تکانه - زمان ذره‌ای که بر محور X حرکت می‌کند در SI، به صورت $p = t^2 - 2t - 3$ است. نوع حرکت از لحظه $t = 0$ تا $t = 3$ s کدام است؟

(۲) همواره تندشونده

(۱) همواره کندشونده

(۴) ابتدا تندشونده و سپس کندشونده

(۳) ابتدا کندشونده و سپس تندشونده

۳۴.

تکانه جسمی که بر محور X حرکت می‌کند، در فاصله زمانی 0 تا 1 ثانیه از $+25$ به -25 کیلوگرم متر بر ثانیه تغییر نموده است. نیروی خالص متوسط وارد بر جسم در این فاصله زمانی، چند نیوتون است؟

(۴) $+500$ (۳) -500

(۲) ۵۰

(۱) صفر

۳۵.

سرعت گلوله‌ای به جرم 2 / کیلوگرم، تحت تأثیر نیروی خالص ثابتی از $\vec{v}_1 = 10\vec{i} - 8\vec{j}$ به $\vec{v}_2 = 6\vec{i} - 5\vec{j}$ می‌رسد. (در SI) اگر زمان تأثیر نیرو برابر با 1 / ثانیه باشد، بزرگی نیرو چند نیوتون است؟

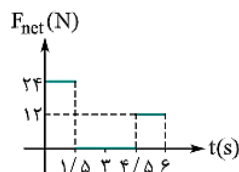
(۴) ۲۰

(۳) ۱۵

(۲) ۱۲

(۱) ۱۰

۳۶.



شکل مقابل، نمودار نیرو - زمان جسمی به جرم 3 کیلوگرم است که در مبدأ زمان، از حال سکون شروع

به حرکت کرده است. سرعت این جسم در لحظه $t = 3$ s، چند متر بر ثانیه است؟

(۲) ۶

(۱) صفر

(۴) ۱۲

(۳) ۹

۳۷.

جسمی به جرم 2 کیلوگرم روی سطح افقی بدون اصطکاکی با سرعت 5 متر بر ثانیه در حال حرکت است. اگر نیروی افقی $F = 3$ N در جهت حرکت

جسم به مدت 4 ثانیه بر جسم وارد می‌شود. در پایان این مدت، تکانه جسم چند کیلوگرم متر بر ثانیه می‌شود؟

(۴) ۳۸

(۳) ۲۲

(۲) ۱۸

(۱) ۱۲

۳۸.

اگر m, v و p به ترتیب، جرم، تندی و اندازه تکانه یک جسم باشد، کدام رابطه نشان دهنده انرژی جنبشی آن جسم است؟

(۱) $\frac{mv}{2p}$ (۲) $\frac{pv}{2m}$ (۳) $\frac{p^2}{2m}$ (۴) $\frac{mp^2}{2}$

۳۹.

انرژی جنبشی الکترونی $1/8 \text{ eV}$ است. تکانه آن در SI چه قدر است؟ ($m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}, e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(۱) $3/6 \times 10^{-25}$ (۲) $3/6 \times 10^{-26}$ (۳) $7/2 \times 10^{-25}$ (۴) $7/2 \times 10^{-26}$

۴۰.

اگر انرژی جنبشی جسمی 69% افزایش یابد، اندازه تکانه آن، چند درصد افزایش خواهد یافت؟ (جرم جسم ثابت فرض شود).

(۱) ۱۱ (۲) ۲۱ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

۴۱.

جسمی به جرم ۴ کیلوگرم با سرعت 10 متر بر ثانیه در حرکت است. اگر با تغییر سرعت جسم، انرژی جنبشی آن ۹ برابر شود، بزرگی تکانه آن در SI،

چه قدر افزایش می یابد؟

(۱) ۱۲ (۲) ۸۰ (۳) ۳۲۰ (۴) ۳۶۰

نیروی گرانش:

۴۲.

یک سفینه فضایی در سطح زمین 1 تن جرم دارد. در نقطه ای که از سطح زمین به اندازه شعاع زمین ارتفاع دارد، جرم آن چند تن است؟

(۱) صفر (۲) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (۳) $0/25$ (۴) ۱

۴۳.

جرم زمین تقریباً 81 برابر جرم ماه است. اگر اندازه نیروی گرانشی ای که زمین به ماه وارد می کند برابر F باشد، اندازه نیروی گرانشی ای که ماه به

زمین وارد می کند، کدام است؟

(۱) F (۲) $9F$ (۳) $81F$ (۴) $\frac{F}{81}$

۴۴.

دو جسم، به جرم m در فاصله $1'$ به یکدیگر نیروی گرانشی به بزرگی F وارد می کنند. چند درصد از جرم یکی را برداشته و به دیگری اضافه کنیم تا در همان فاصله قبلی، بزرگی نیروی گرانشی بین آن ها ۲۵ درصد کاهش یابد؟

۳۳ (۴)

۵۰ (۳)

۲۵ (۲)

۷۵ (۱)

.۴۵

فرض کنید سیاره ای باشد که شعاع آن نصف زمین و جرم آن، $\frac{1}{4}$ جرم کره زمین باشد. شتاب گرانشی در سطح آن سیاره، چند برابر شتاب گرانشی در سطح کره زمین خواهد شد؟

۴ (۴)

۱ (۳)

 $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{1}{4}$ (۱)

.۴۶

در چه فاصله ای از سطح کره زمین (بر حسب R_c ، شعاع این کره) شتاب گرانش زمین، $\frac{1}{۲۵}$ مقدار آن در سطح کره زمین است؟

 $۲۵R_c$ (۴) $۵R_c$ (۳) $۴R_c$ (۲) $\sqrt{۵}R_c$ (۱)