

دینامیک

نیرو: نیرو از مفاهیم بنیادی و بدیهی فیزیک می‌باشد که کمیتی برداری است و تعریف خاصی برای آن وجود ندارد، ولی می‌توانیم بگوییم، نیرو عاملی است که باعث حرکت اجسام، یا باعث توقف آنها و یا تغییر شکل اجسام و یا برهم کنش متقابل آنها و... می‌شود.

(روش ما در این فصل ابتدا بیان قوانین و مفاهیم و سپس حل مثال است.)

قوانین نیوتن

در مبحث دینامیک قوانین نیوتن نقش اساسی بازی می‌کنند و آشنایی با کاربرد آنها، در فهم و حل مسایل بسیار مهم است.

قانون اول نیوتن: هر جسمی حالت سکون یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند مگر آنکه، تحت تاثیر نیرو یا نیروهایی مجبور به تغییر حالت شود.

🔗 محدوده کاربرد قانون اول نیوتن، در مواردی است که شتاب متحرک صفر باشد.

🔗 مواردی که برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، از قانون اول نیوتن استفاده می‌شود. $\sum \vec{F} = 0$ (نماد فشرده جمع است)

مثال: جسمی با طناب از سقف آویزان و ثابت است. دو نیروی برابر به جسم وارد می‌شود، که سوی آنها مخالف است. یکی از نیروها نیروی وزن، رو به پایین، و نیروی دیگر نیروی کشش طناب رو به بالا است، که برآیند آنها صفر می‌شود.

مثال: اتومبیلی در یک جاده افقی با سرعت ثابت روی خط راست حرکت می‌کند. نیروی محرکه موتور رو به جلو، و نیروی مقاومت هوا رو به عقب به آن وارد می‌شود، این دو نیرو با هم برابر و در دوسوی مخالف هستند.

لختی (اینرسی یا ماند): تمایل اجسام به حفظ حالت سکون، یا حرکت یکنواخت روی خط راست را لختی می‌نامند.

مثال: مانند زمانی که اتومبیل ترمز می‌کند و سرنشینان به سمت جلو پرتاب می‌شوند، زیرا جسم آنها تمایل به حفظ حالت قبلی یعنی حرکت روی خط راست دارد. حرکت در پیچ جاده‌ها نیز چنین می‌باشد.

قانون دوم نیوتن: اگر به یک جسم نیروهایی وارد شود، شتابی می‌گیرد که با برآیند نیروهای وارد بر جسم، نسبت مستقیم دارد و با آن هم جهت است و با جرم جسم نسبت عکس دارد.

$$\sum \vec{F} = ma$$

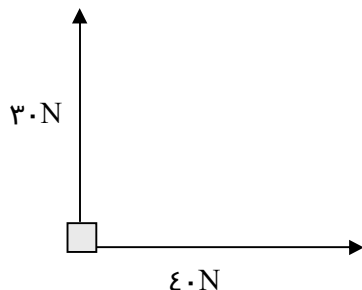
🔗 محدوده کاربرد قانون دوم نیوتن، در مواردی است که حرکت متحرک شتابدار باشد.

نیوتن (واحد نیرو): یک نیوتن نیروی است که به جرم یک کیلوگرم، شتاب یک متر بر مجذور ثانیه بدهد.

$$1 \text{ (N)} = 1 \text{ (Kg)} \times 1 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

قانون دوم نیوتن به صورت کاربردی

برای آسان کردن حل مسایل می‌توانیم قانون دوم نیوتن را بصورت عبارت فارسی زیر بیان کنیم:

$$ma = (\text{نیروهای مخالف جهت حرکت}) - (\text{نیروهای در جهت حرکت})$$


مثال: در شکل مقابل دو نیروی عمود بر هم به جرم ۱۰ kg وارد می‌شوند، شتاب حرکت آن را محاسبه کنید.

مثال: جسمی به جرم ۲ kg ، تحت اثر نیروی افقی F ، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، پس از ۲۰ m جابجایی سرعت آن به ۸ m/s می‌رسد، نیروی F چند نیوتن است؟

قانون سوم نیوتن: هر گاه جسم اول به جسم دوم نیرو وارد کند، جسم دوم نیز همان نیرو را در جهت مخالف به جسم اول وارد می‌کند. به یکی از نیروها کنش (عمل) و به دیگری واکنش (عکس العمل) می‌گویند.

$$\vec{F}_{۱۲} = -\vec{F}_{۲۱} \quad \text{بردار} \quad F_{۱۲} = F_{۲۱} \quad \text{مقدار}$$

روش‌های شناخت نیروهای عمل و عکس العمل (کنش و واکنش):

(۱) این دو نیرو همواره مساوی و در دوسوی مخالف هستند.

(۲) این دو نیرو بر دو جسم وارد می‌شوند نه بر یک جسم، بنابراین نمی‌توان از آنها برایند گرفت.

(۳) هر دو نیرو از یک نوع هستند، به طور مثال هردو الکتریکی یا مغناطیسی و یا گرانشی هستند.

نیروی گرانشی نیوتن

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم آنها نسبت مستقیم، و با مجذور فاصله آنها نسبت عکس دارد.

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

$G = ۶.۶۷ \times ۱۰^{-۱۱} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$ ثابت جهانی گرانش نام دارد.

نیروی وزن: در مبحث سقوط آزاد دیدیم، شتاب حرکت در سقوط آزاد برابر g است، پس طبق قانون دوم نیوتن نیروی وارد بر اجسام از طرف زمین برابر $F = mg$ است، که به آن وزن می‌گویند و با نماد W نشان

$$W = mg \quad \text{میدهند.}$$

محاسبه شتاب گرانش زمین g با استفاده از قانون گرانش نیوتن:

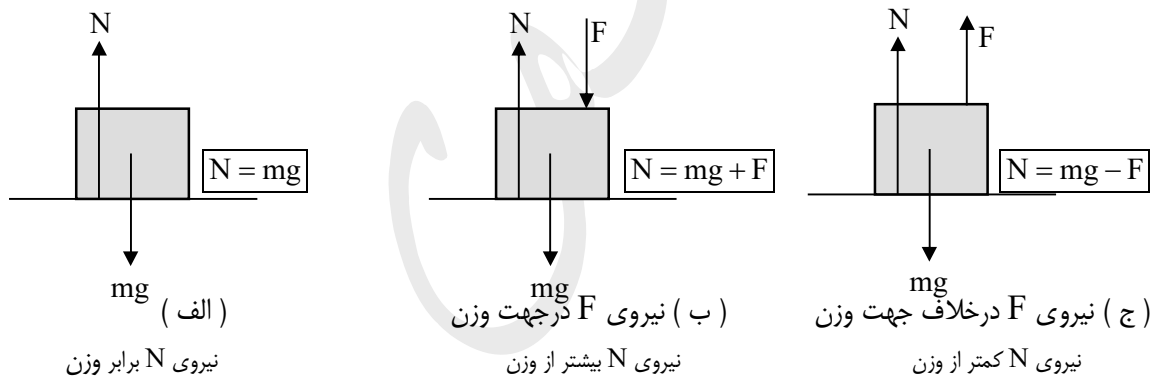
$$W = F \rightarrow W = G \frac{mM_e}{R_e^2} \rightarrow mg = G \frac{mM_e}{R_e^2} \rightarrow \boxed{g = G \frac{M_e}{R_e^2}}$$

$M_e =$ جرم کره زمین $R_e =$ شعاع کره زمین

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره (گاز یا مایع) قرار دارد از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره می‌گویند و معمولاً با نماد \vec{F}_D نشان داده می‌شود.

نیروی عمودی سطح (تکیه‌گاه)

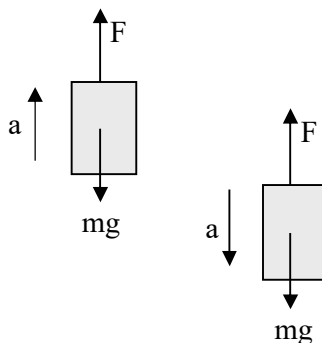
به نیرویی گفته می‌شود که همواره از طرف سطح به طور عمود بر جسم وارد می‌شود. در سه شکل زیر حالت‌های ساده‌ای از نیروی عمودی تکیه‌گاه، برای جسمی که روی میز است، که با استفاده از قوانین نیوتن مقدار N محاسبه شده است:



آسانسور

درفیزیک آسانسور الزاماً به کابینی گفته نمی‌شود که بین طبقات ساختمان حرکت می‌کند بلکه به هر جسمی می‌گویند، که در راستای قائم تحت اثر نیرویی، غیر از نیروی وزن حرکت می‌کند.

بررسی حرکت آسانسور به کمک قانون دوم نیوتن:

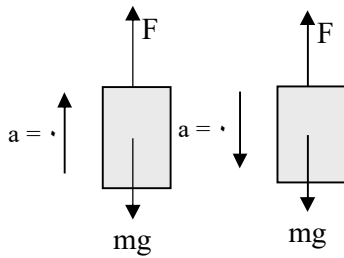


(الف) جسم با نیروی F ، باشتاب ثابت a رو به بالا حرکت می‌کند.
 $F - mg = ma \rightarrow \rightarrow F = mg + ma \quad \boxed{F = m(g + a)}$

👉 نیروی کشش طناب بیشتر از وزن.

(ب) جسم با نیروی F ، باشتاب ثابت a رو به پایین حرکت می‌کند.
 $mg - F = ma \rightarrow \rightarrow F = mg - ma \quad \boxed{F = m(g - a)}$

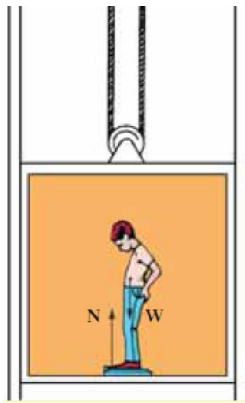
👉 نیروی کشش طناب کمتر از وزن.



ج) جسم با نیروی F ، با سرعت ثابت رو به بالا یا پایین حرکت می کند .
 حرکت رو به بالا $F - mg = 0 \rightarrow \boxed{F = mg}$ قانون دوم
 حرکت رو به پایین $mg - F = 0 \rightarrow \boxed{F = mg}$ قانون دوم
 نیروی کشش طناب برابر وزن .
مثال: جسمی به جرم 4 Kg ، تحت اثر نیروی 30 N رو به بالا قرار دارد :
 الف) جسم در چه سمتی حرکت می کند ؟
 ب) شتاب حرکت آنرا محاسبه کنید .

اگر شخصی در آسانسور روی ترازو بایستد، وزن ظاهری او به جهت حرکت

وزن ظاهری (N)



و شتاب حرکت آسانسور دارد، که می تواند کمتر یا بیشتر یا برابر وزن واقعی باشد .
 چون نیرویی که شخص را جابجا می کند از کف پا به او منتقل می شود، آنرا نیروی عمودی تکیه گاه (N) در نظر می گیریم . با استفاده از قانون دوم نیوتن، سه حالتی را که برای آسانسور بیان کردیم، برای وزن ظاهری تکرار می کنیم، و نتایج زیر را بدست می آوریم :

الف) آسانسور با شتاب ثابت a رو به بالا حرکت می کند . $\boxed{N = m(g + a)}$

ب) آسانسور با شتاب ثابت a رو به پایین حرکت می کند . $\boxed{N = m(g - a)}$

ج) آسانسور با سرعت ثابت رو به بالا یا پایین حرکت می کند . $\boxed{N = mg}$

مثال: اگر آسانسوری با شتاب $0.5m/s^2$ رو به بالا حرکت کند، شخصی که جرم آن 50 Kg است، در داخل آسانسور چه وزنی را دارد ؟

این نیرو همواره درخلاف جهت حرکت، به اجسام وارد می شود .

نیروی اصطکاک

در این کتاب، نیروی اصطکاک که بررسی می کنیم، نیروی اصطکاک لغزشی می باشد .

الف) نیروی اصطکاک ایستایی: اگر به جسمی نیروی محرک F وارد شود، و جسم حرکت نکند، نیروی اصطکاک ایستایی f_s درمقابل حرکت آن ظاهر می شود، که با افزایش نیروی محرک، آن نیز افزایش می یابد (طبق قانون اول نیوتن) و مقدار ثابتی ندارد و موازی با سطح تماس است .
 $\boxed{f_s = F}$

با افزایش نیروی محرک به حالتی می رسیم که، جسم بیشترین مقاومت را در مقابل حرکت دارد و به آستانه لغزش رسیده است و با اندکی افزایش نیروی محرک به حرکت درمی آید . در این حالت بیشترین نیروی

$$\boxed{f_{s\max} = \mu_s N}$$

اصطکاک ایستایی را داریم که از رابطه مقابل محاسبه می شود :

در رابطه فوق N نیروی عمودی تکیه گاه - f_{smax} نیروی اصطکاک ایستایی آستانه حرکت و μ_s ضریب اصطکاک ایستایی است که ، به عواملی مانند جنس سطح تماس ، میزان صافی و زبری و رطوبت سطح بستگی دارد .

ب) نیروی اصطکاک جنبشی : پس از حرکت جسم نیروی اصطکاک کاهش می یابد ، و به موازات سطح تماس از طرف سطح به جسم وارد می شود که از رابطه مقابل محاسبه می شود. $f_k = \mu_k N$
در رابطه فوق f_k نیروی اصطکاک جنبشی و μ_k ضریب اصطکاک جنبشی است ، و همواره $(f_k < f_{smax}) \leftarrow \mu_k < \mu_s$

سوال : توضیح دهید که چگونه اصطکاک به شروع حرکت اتومبیل کمک می کند ؟

مثال : جسمی به جرم 2kg روی سطح افقی با نیروی 10N کشیده می شود و شتاب 3 m/s^2 به خود می گیرد . نیروی اصطکاک جنبشی و ضریب اصطکاک جنبشی را محاسبه کنید .

مثال : جسمی به جرم 3kg روی سطح افقی ، با ضریب اصطکاک جنبشی $0/2$ با نیروی افقی F کشیده می شود و پس از شروع حرکت در مدت 3s سرعتش به 6 m/s می رسد ، نیروی محرک F چقدر است ؟

مثال : جسمی به جرم 4kg روی سطح افقی ، با ضریب اصطکاک جنبشی $0/15$ و ضریب اصطکاک ایستایی $0/2$ قرار دارد :

- الف) کمترین نیرویی که می توان ، به جسم وارد کرد تا شروع به حرکت کند چقدر است ؟
ب) اگر نیروی محرک افقی 6N ، به جسم وارد کنیم ، اصطکاک سطح چقدر است ؟
ج) اگر نیروی محرک افقی 12N ، به جسم وارد کنیم ، شتاب حرکت آن چقدر است ؟

مثال: جسمی به جرم 5 kg ، با نیروی افقی 15 N روی سطح افقی کشیده می‌شود، 3 s پس از شروع حرکت، سرعتش به 6 m/s می‌رسد. ضریب اصطکاک جنبشی سطح را حساب کنید.

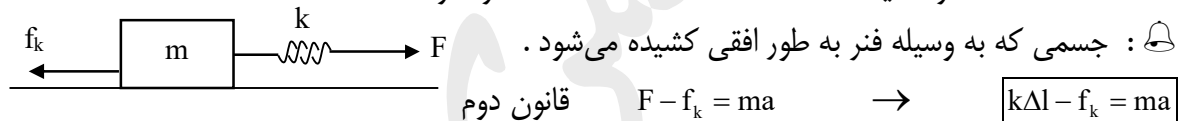
نیروی کشسانی فنر:

آزمایش نشان می‌دهد، هرگاه فنری با نیرویی کشیده یا فشرده شود نیروی کشسانی فنر (F_e) بیشتر می‌شود، تغییرات طول فنر (x یا Δl)، متناسب با نیروی وارد بر آن است، به ضریب تناسب، ثابت فنر یا ضریب سختی می‌گویند که به اندازه، شکل و جنس فنر بستگی دارد و با نماد k نمایش می‌دهند. واحد ثابت فنر $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ (نیوتن بر متر) است. بزرگ بودن k ، نشاندهنده آن است که فنر سختی زیاد دارد و به زحمت کشیده یا فشرده می‌شود.

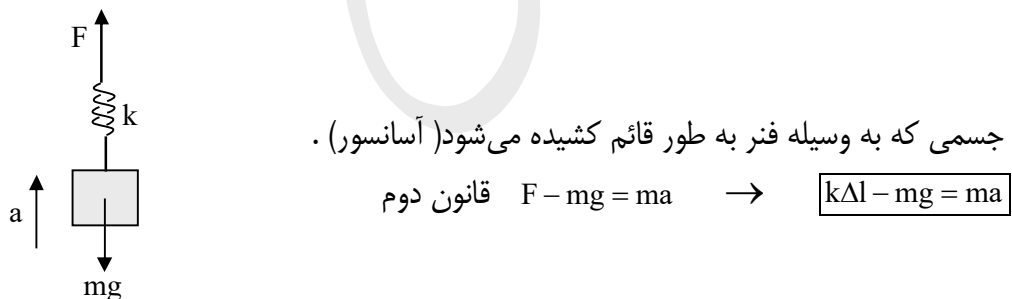
$$\boxed{F_e = k\Delta l}$$

حل مسائلی که شامل فنر هستند: کافی است مسئله را بدون فنر در نظر بگیرید، و در آخر بجای نیرویی که فنر آن را انتقال می‌دهد معادل $\boxed{F_e = k\Delta l}$ را جایگزین کنید. در ادامه دو مورد برای مثال آورده شده است.

• $\Delta l >$ فنر کشیده شده ----- • $\Delta l <$ فنر فشرده شده.



جسمی که به وسیله فنر به طور قائم کشیده می‌شود (آسانسور).



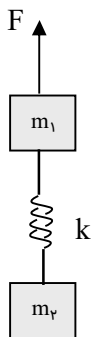
مثال: جسمی به جرم 4 Kg روی سطح افقی بوسیله فنری با ثابت فنی 600 N/m کشیده می‌شود تا شتاب 2 m/s^2 به خود بگیرد اگر ضریب اصطکاک جنبشی سطح 0.1 باشد، تغییرات طول فنر چقدر است؟

مثال: جسمی به جرم 2 Kg روی سطح افقی، بوسیله فنری، با نیروی افقی 20 N کشیده می شود اگر فنر 2 cm افزایش طول داشته باشد:

- الف) ثابت فنر و شتاب حرکت جسم را محاسبه کنید.
 ب) اگر شتاب حرکت 3 m/s^2 و طول اولیه فنر 6 cm باشد، طول ثانویه فنر را حساب کنید.

مثال: جسمی به جرم 100 g از سقف آسانسوری، با فنری آویخته شده است، ثابت فنر 80 N/m است، اگر طول فنر 20 cm باشد طول ثانویه فنر را در حالات زیر محاسبه کنید:

الف) آسانسور با شتاب ثابت 2 m/s^2 به سمت بالا حرکت می کند.
 ب) آسانسور با شتاب ثابت 1 m/s^2 به سمت پایین حرکت می کند.
 ج) آسانسور با سرعت ثابت 3 m/s به سمت بالا می رود.



مثال: در شکل مقابل اگر نیروی F برابر 100 N باشد تغییرات طول فنر چقدر است؟

$$k = 50 \cdot \text{N/m} \quad m_2 = 6 \text{ Kg} \quad m_1 = 2 \text{ Kg}$$

اثر نیروی حذف شده (قطع نیرو)

هرگاه نیرویی در حرکت موثر باشد و سپس حذف شود، برای راحتی و اجتناب از اشتباه، بهتر است قانون دوم نیوتن را با وجود نیرو بنویسیم. سپس بجای نیروی حذف شده صفر قراردهیم. مانند حالتی که با نیروی F جسمی را روی سطح افقی پرتاب می کنیم که به محض جدا شدن جسم از دست، اثر نیرو وجود دارد ولی، خود نیرو دیگر اثرگذار نیست. یا مانند اتومبیلی که ترمز می کند و دیگر نیروی محرک اتومبیل وجود ندارد.

$$F - f_k = ma \quad \rightarrow \quad -f_k = ma$$

مثال: جسمی با سرعت افقی 10 m/s روی سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی 0.2 پرتاب می شود ، محاسبه کنید پس از چند متر و پس از چند ثانیه متوقف می شود .

مثال: جسمی با سرعت افقی 12 m/s روی سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی 0.1 پرتاب می شود :
الف) محاسبه کنید شتاب حرکت آن چقدر است ؟
ب) آیا به جسمی که در فاصله 75 m آن قرار دارد برخورد می کند ؟

مثال: نیروی ثابت و افقی 60 N بر جسمی که بر سطح بدون اصطکاک قرار دارد وارد می شود و جسم از حال سکون شروع به حرکت می کند و در مدت 5 ثانیه 75 متر را طی می کند :
الف) جرم جسم چند Kg است ؟
ب) اگر اثر نیرو بعد از 10 ثانیه قطع شود و ضریب اصطکاک جنبشی سطح 0.1 شود ، جسم چه مسافتی را قبل از توقف طی می کند ؟

تکانه (اندازه حرکت)

تکانه یک جسم ، کمیتی برداری است که برابر با حاصل ضرب

جرم در سرعت آن می باشد ، که با نماد P نمایش می دهند و واحد آن $(\text{Kg} \cdot \text{m/s})$ است . $\vec{P} = m \cdot \vec{v}$

رابطه بین نیرو و تکانه: آهنگ تغییر تکانه یک جسم نسبت به زمان ، برابر با برآیند نیروهای وارد بر جسم است . به بیان دیگر ، برآیند نیروهای وارد بر جسم ، مشتق تکانه آن نسبت به زمان است . (رابطه گفته شده را اثبات کنید .)

کتاب	نقش کیسه هوا در تصادفات رانندگی را شرح دهید .	مقاله
کتاب	در مسابقات پرش با نیزه ، نقش تشک پشت مانع ، در جلوگیری از آسیب رسیدن به ورزشکار چیست ؟	مقاله
تألیفی	نیروهای ثابت و مساوی در مدت‌های مساوی بر دو جسم متفاوت اثر می‌کنند در پایان این مدت کدام کمیت برای دو جسم یکسان خواهد بود ؟ الف (سرعت) ب (شتاب) ج (اندازه حرکت) د (تغییرات اندازه حرکت)	مقاله
تألیفی	گلوله‌ای به جرم m با سرعت V به دیواری برخورد کرده و با سرعت $V \frac{3}{4}$ در خلاف جهت اولیه برمی‌گردد ، تغییرات تکانه گلوله را محاسبه کنید .	مقاله
تألیفی	گلوله‌ای به جرم 2Kg از ارتفاع 45m رها می‌شود و پس از برخورد به زمین تا ارتفاع 20m بالا می‌آید ، اگر مدت برخورد با زمین را 0.2s در نظر بگیرید ، تغییرات تکانه و نیروی متوسط وارد بر گلوله را محاسبه کنید .	مقاله
۸۷/۱۰/۲۶	یک بادکنک پر از هوای فشرده، محتوی 2g هوا است. پس از باز شدن دهانه‌ی بادکنک، هوای درون آن با سرعت 4 m/s در مدت $2/5$ ثانیه به طور کامل خارج می‌شود. بزرگی نیروی متوسطی که در این مدت در اثر خروج هوا بر بادکنک وارد می‌شود، چه قدر است؟	مقاله

فصل

۷۸/۶/۷۸

الف) در هر کدام از موردهای زیر چه نیرویی و چگونه باعث حرکت می شود؟
 (۱) شناگری که در آب به صورت افقی شنا می کند .
 (۲) پرنده ای که با بال زدن به صورت قائم اوج می گیرد .
 ب) به کمک رابطه ی $\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ نقش تشک را در جلوگیری از آسیب رسیدن به شخصی که بر روی آن سقوط می کند مورد بررسی قرار دهید .

فصل

۸۹/۱۰/۱۵

شخصی به جرم 60 kg از یک بلندی روی یک تشک سقوط می کند. اگر سرعت او هنگام رسیدن به تشک $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد و 0.2 ثانیه بعد متوقف شود، نیروی متوسطی که تشک بر شخص وارد می کند را محاسبه کنید، جهت این نیرو به کدام طرف است؟

نیروی گرانشی نیوتن

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم آنها نسبت مستقیم ، و با مجذور فاصله آنها نسبت عکس دارد .

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

$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$ ثابت جهانی گرانش نام دارد .

نیروی وزن: در مبحث سقوط آزاد دیدیم ، شتاب حرکت در سقوط آزاد برابر g است ، پس طبق قانون دوم نیوتن نیروی وارد بر اجسام از طرف زمین برابر $F = mg$ است ، که به آن وزن می گویند و با نماد W نشان میدهند .

$$W = mg$$

محاسبه شتاب گرانش زمین g با استفاده از قانون گرانش نیوتن :

$$M_e = \text{جرم کره زمین}$$

$$R_e = \text{شعاع کره زمین}$$

$$W = F \rightarrow W = G \frac{mM_e}{R_e^2} \rightarrow$$

$$mg = G \frac{mM_e}{R_e^2} \rightarrow$$

$$g = G \frac{M_e}{R_e^2}$$

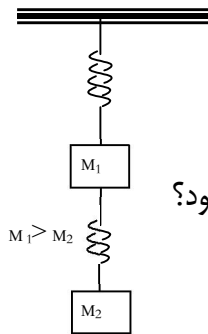
تمرینات دوره‌ای

۱- اگر کابل آسانسوری پاره شود وزن ظاهری شخصی که داخل آسانسور است چقدر خواهد بود؟ چرا؟

۲- درست یا نا درست بودن جملات زیر را با ذکر دلیل بنویسید:

الف) هنگام سقوط چتر باز همانطور که زمین او را به سمت خود می کشد او نیز زمین را به سمت خود می کشد.

ب) وقتی جسمی را روی زمین می کشیم نیرویی که ما به آن وارد می کنیم بیشتر از نیرویی است که او به ما وارد می کند.



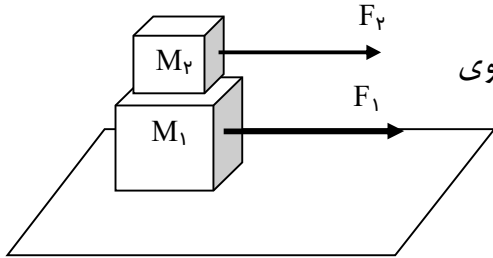
۳- در شکل مقابل اگر جای وزنه‌ها را تغییر دهیم چه تغییری در کشیدگی فنرها ایجاد می شود؟

۴- اتومبیلی به جرم 500 Kg با سرعت 10 m/s در حال حرکت است ناگهان ترمز می کند و پس از 20 m جابجایی سرعت آن به 2 m/s می رسد نیروی f_k و μ_k را محاسبه کنید.

۵- جسمی به جرم 10 Kg بوسیله فنری با ثابت فنر 800 N/m بطور افقی با شتاب 2 m/s^2 کشیده میشود اگر ضریب اصطکاک جنبشی سطح $0/2$ باشد طول فنر چند cm تغییر می کند؟

۶- جسمی به جرم 8 Kg بر روی سطح افقی قرار گرفته است: $\mu_s = 0/2$ $\mu_k = 0/15$
 الف) حداکثر نیرویی که می توان به این جسم وارد کرد تا همچنان ساکن بماند را حساب کنید.
 ب) با چه نیرویی شتاب 3 m/s^2 می گیرد؟

۷- جرم آسانسوری با محتویات آن 500 Kg است حرکت آسانسور رو به پایین است و پس از شروع حرکت و طی 18 m سرعت آن به 6 m/s میرسد کشش طناب آسانسور چند نیوتن است؟



۸- در شکل مقابل ضریب اصطکاک تمام سطوح $0/1$ است حداقل نیروی F_1 و F_2 چقدر باشد تا جرمها به آستانه لغزش برسند؟
 $M_2 = 2Kg$ $M_1 = 5Kg$

۹- جسمی به جرم $15Kg$ روی سطح افقی تحت اثر نیروی 80 نیوتن از حال سکون شروع به حرکت می کند و پس از 4 ثانیه مسافت 32 متر را طی می کند: (الف) نیروی اصطکاک چند نیوتن است؟
 (ب) ضریب اصطکاک جنبشی سطح را محاسبه کنید. (ج) اگر نیروی محرک قطع شود شتاب توقف جسم را پیدا کنید.