به نام خدا

فیزیک دوازدهم

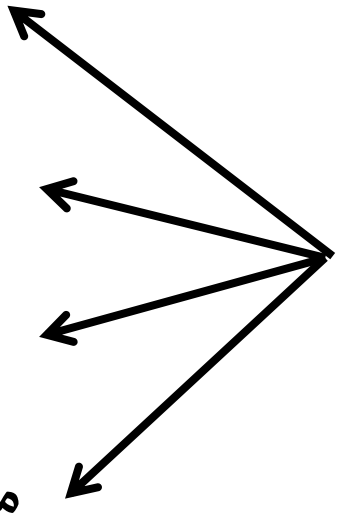
رشته ریاضی فیزیک و علوم تجربی

فصل دوم: دینامیک

محمد حسین پاک طینت

مهرماه ۹۹

علت انواع حرکت ⟵ نیرو



حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر

کمیتی برداری است. علاوه بر اندازه، دارای جهت است.

نیرو را به کمک نیروسنج اندازه می گیرند. علامت آن $\vec{F}$ و یکای آن نیوتون است.

می تواند باعث تغییر سرعت یا تغییر شکل جسم شود.

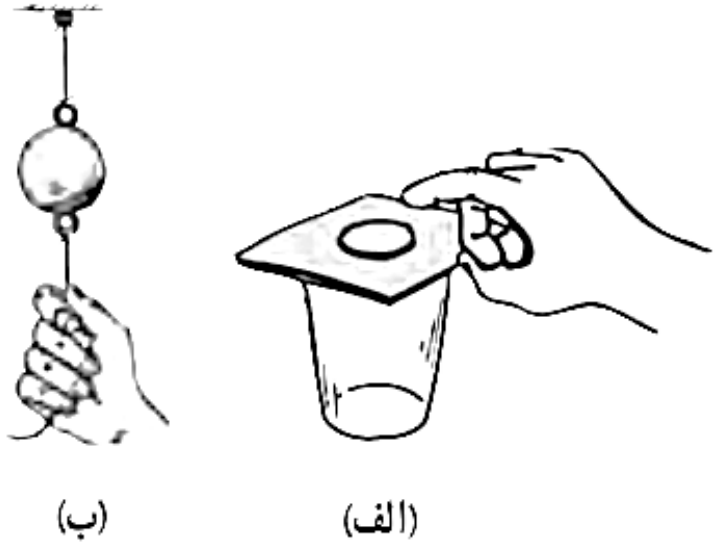
قانون اول نیوتون: یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر اینکه نیروی خالصی به آن وارد شود.

به عبارت دیگر: وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، ساکن می ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی کندو ثابت می ماند.

لَختی: تمایل اجسام برای حفظ وضعیت حرکت خود، وقتی نیروی خالص وارد بر آنها صفر است.

مثال ازقانون اول نیوتون:

پرسش ۲ـ۳


(ب) (الف)

الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می‌شود؟

ب) چرا در شکل ب، اگر به‌آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می‌شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می‌شود؟

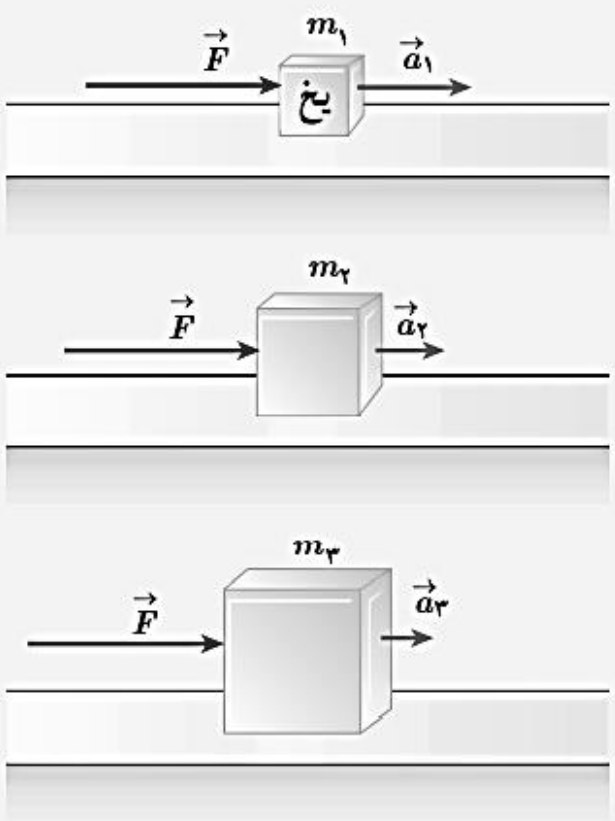
الف – چون به سکه تقریبا نیرویی وارد نمی شود، حالت سکون خود را حفظ می کند.

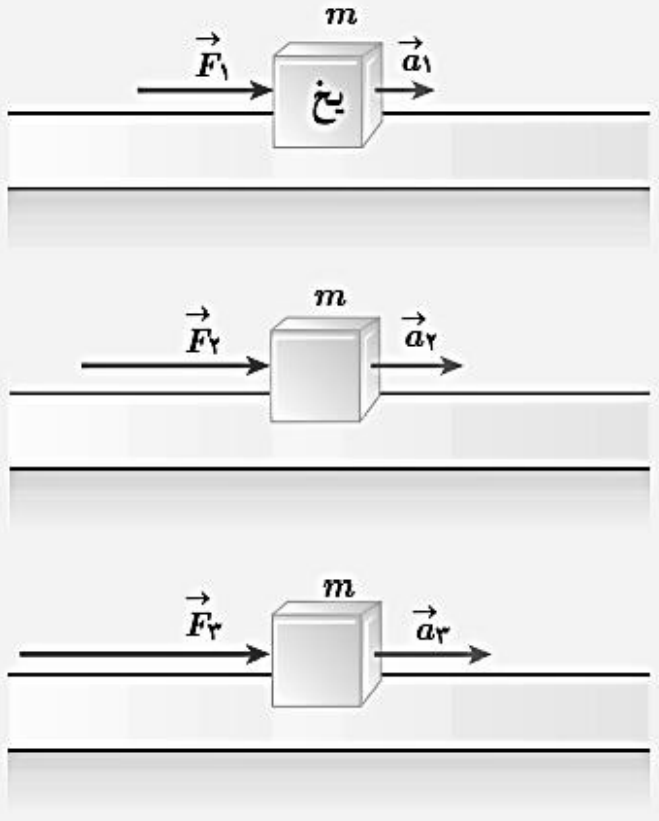
ب – وقتی بطور ناگهانی می کشیم، گوی بخاطر لختی زیاد، حالت سکون خود را حفظ می کند و باعث می شود نیروی دست به نخ بالایی منتقل نشود.

قانون دوم نیوتون

پرسش ۲ـ۴

در شکل‌های زیر، قطعه‌یخ‌ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل‌ها بیان کنید.





$$a \propto \frac{1}{m}$$

$$a \propto \vec{F}$$

قانون دوم نیوتون: هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم شتاب پیدا می کند که این شتاب:

- ✓ با نیروی خالص(برایند) نسبت مستقیم دارد
- ✓ هم جهت با نیرو است
- ✓ با جرم رابطه ی عکس دارد.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \longrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

نیروی برایند

مثال (کنکور ۹۸):

اگر نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت، متوازن باشند(برایندشان صفر باشد):

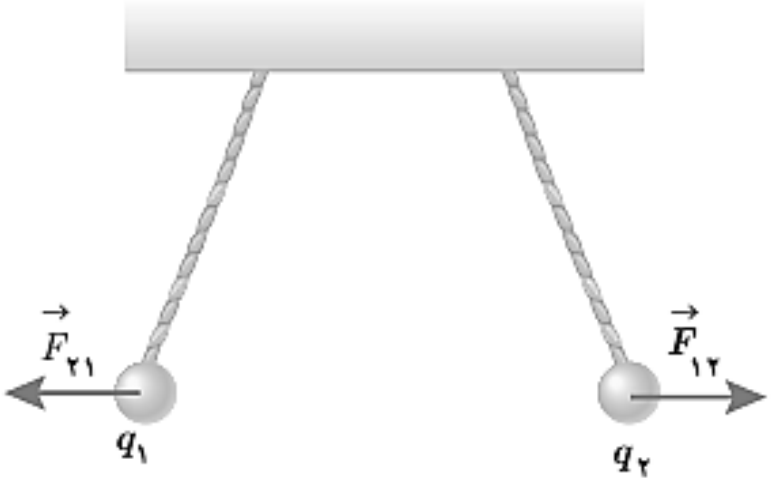
۱)سرعت جسم ثابت می ماند.

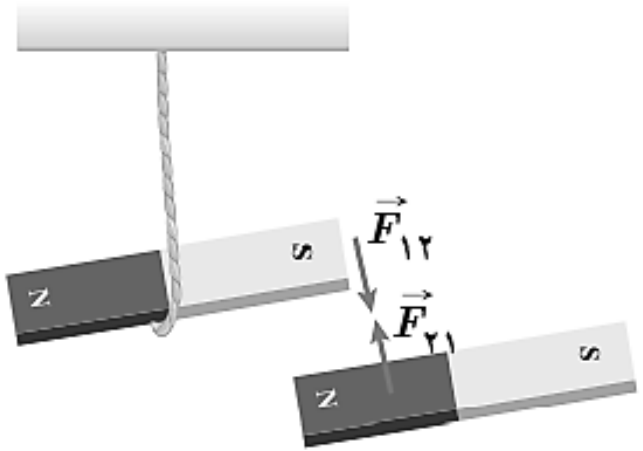
۲)حرکت جسم با شتاب ثابت تند شونده خواهد بود.

۳)مسیر حرکت جسم ممکن است دایره ای یا سهمی باشد.

٤)سرعت جسم درمسیر مستقیم کاهش می یابد تا متوقف شود.

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





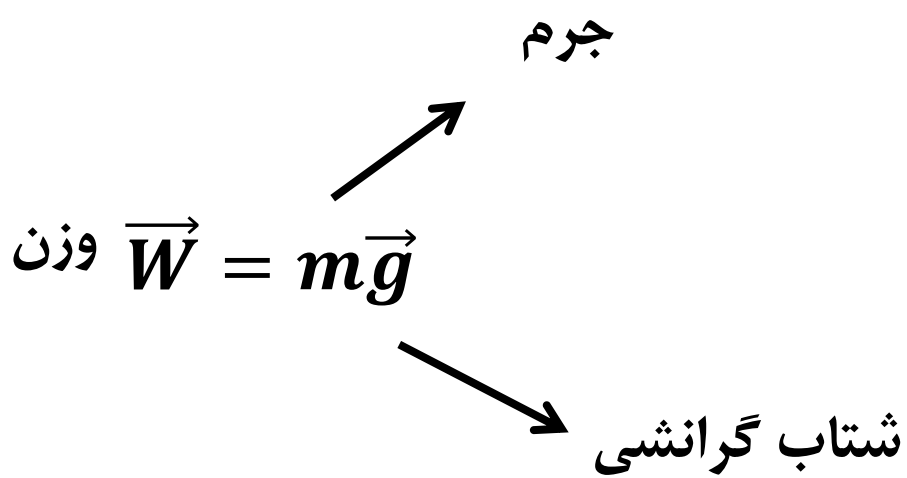
نکته:

نیروهای عمل و عکس العمل:

- هم اندازه هستند. هم راستا هستند. در خلاف جهت هم هستند.
- هم نوع هستند. به دو جسم وارد می شوند(یکدیگر را خنثی نمی کنند)

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی وزن: نیروی گرانشی که از طرف زمین به جسم وارد می شود. جهت آن همواره به سمت مرکز زمین است.



✓ واکنش نیروی وزن، از طرف جسم به زمین وارد می شود.

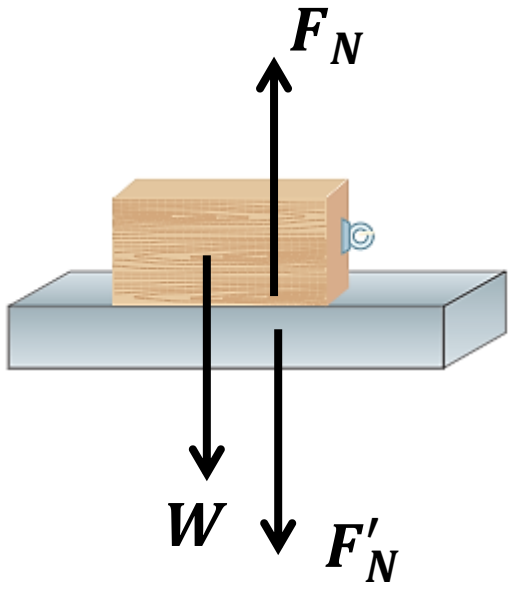
معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره حرکت می کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که نیروی مقاومت شاره می گویند.

- ✓ نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد. هرچه تندی بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد بود.
- ✓ وقتی جسمی در هوا سقوط می کند، هرچه تندی جسم بیشتر شود، نیروی مقاومت هوا نیز بیشتر می شود تا اینکه این دو نیرو هم اندازه می شوند.پس از این، جسم با تندی ثابتی به نام تندی حدی، به طرف پایین حرکت می کند.
- ✓ تندی حدی برای یک چترباز، حدود ۵ و برای قطره باران حدود ۷ متر بر ثانیه است.

معرفی برخی نیروهای خاص

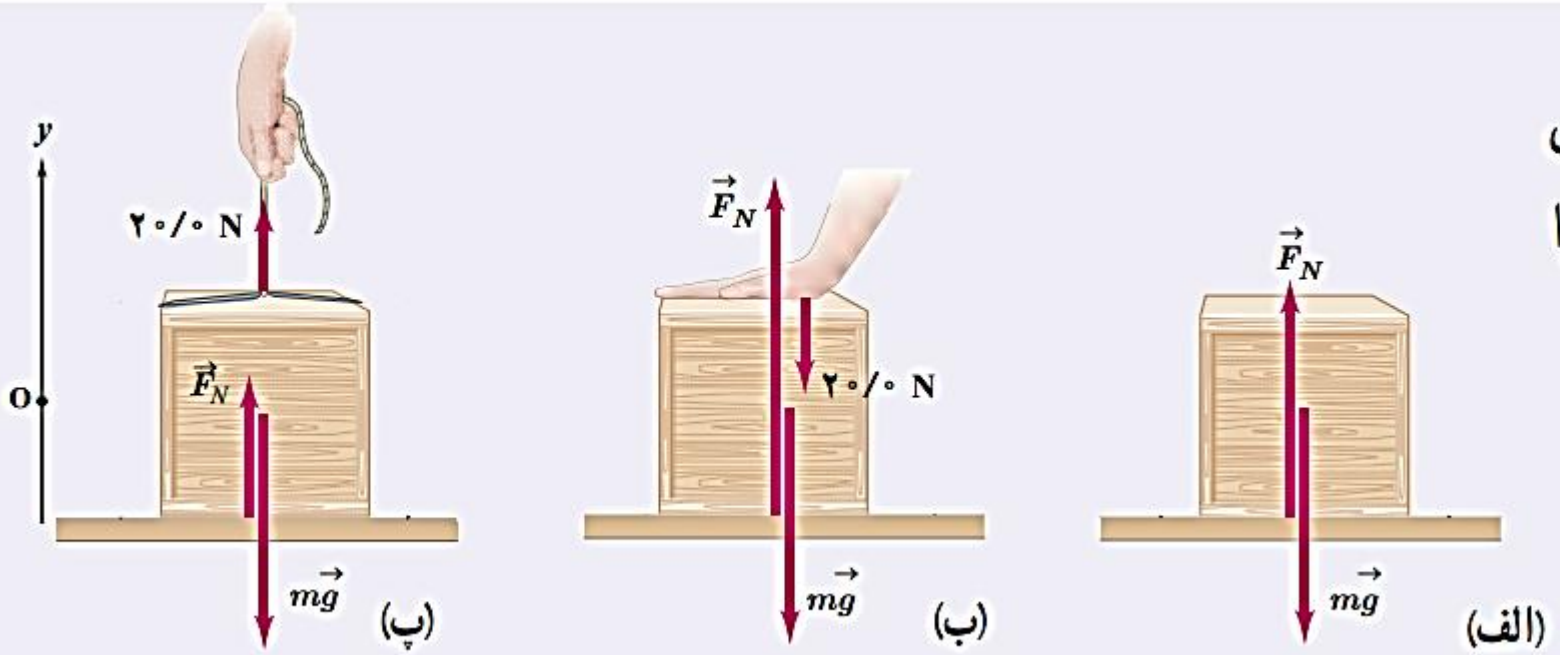
نیروی عمودی سطح: نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و همواره عمود بر سطح تماس است.



✓ واکنش نیروی عمودی سطح، از طرف جسم به سطح وارد می شود.

تمرین ۲ـ۳

همانند شکل، جعبه‌ای به جرم ۴/۰kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به‌دست آورید.



(الف)

$$F_N - mg = 0$$

$$F_N = 4 \times 10 = 40N$$

(ب)

$$F_N - mg - 20 = 0$$

$$F_N = mg + 20$$

$$F_N = 60N$$

(پ)

$$F_N - mg + 20 = 0$$

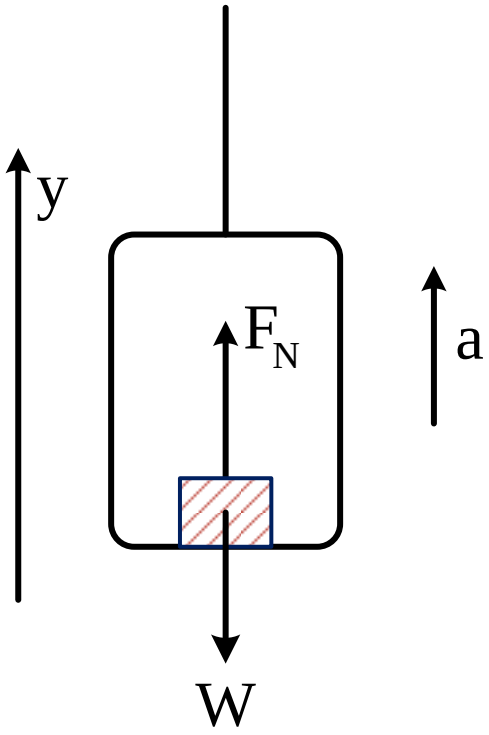
$$F_N = mg - 20$$

$$F_N = 20N$$

مثال (خرداد ۹۸):

دانش آموزی به جرم $60kg$ روی یک ترازوی فنری در آسانسور ساکن، ایستاده است. آسانسور با شتاب $1/2\frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت می کند. در این حالت ترازو چند نیوتن را نشان می دهد؟

$(g = 9.8\frac{m}{s^2})$



$$\text{عدد ترازو} = F_N$$

$$F_N - mg = ma$$

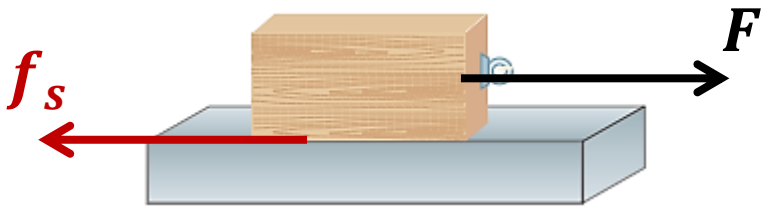
$$F_N = mg + ma$$

$$F_N = 60 \times 9.8 + 60 \times 1.2$$

$$F_N = 588 + 72 = 660N$$

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی اصطکاک: نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و همواره موازی با سطح تماس و در خلاف جهت حرکت جسم است.



اصطکاک ایستایی ⟵ $F = f_s$ ⟵ تا زمانی که جسم ساکن است

اصطکاک ایستایی بیشینه ⟵ $F = f_{smax}$ ⟵ وقتی در آستانه حرکت قرار می گیرد

اصطکاک جنبشی ⟵ $F = f_k$ ⟵ وقتی شروع به حرکت می کند

چند نکته در مورد اصطکاک

- ✓ نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم و زبری و نرمی آنها بستگی دارد.

- ✓ اصطکاک عمدتا به عنوان نیروی اتلافی شناخته می شود، با وجود این برای انجام خیلی از کارها اصطکاک لازم است. مانند قدم زدن، دویدن، ترمز کردن، نگه داشتن قلم در دست و . . .

- ✓ بیشینه ی نیروی اصطکاک ایستایی، با اندازه ی نیروی عمودی سطح متناسب است. $f_{smax} \propto F_N$

چند نکته در مورد اصطکاک

✓ μ_s ضریب اصطکاک ایستایی به جنس سطح تماس دو جسم و نیز میزان صافی و زبری آنها دارد.

$$f_{smax} = \mu_s F_N$$

✓ نیروی اصطکاک جنبشی، با اندازه ی نیروی عمودی سطح متناسب است.

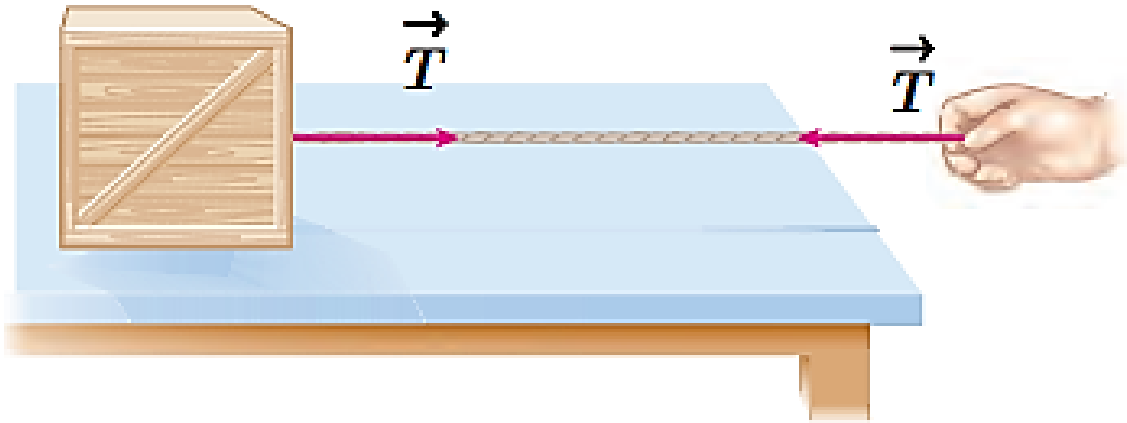
$$f_k \propto F_N$$

✓ μ_k ضریب اصطکاک جنبشی، به جنس سطح تماس دو جسم و نیز میزان صافی و زبری آنها دارد.

$$f_k = \mu_k F_N$$

معرفی برخی نیروهای خاص

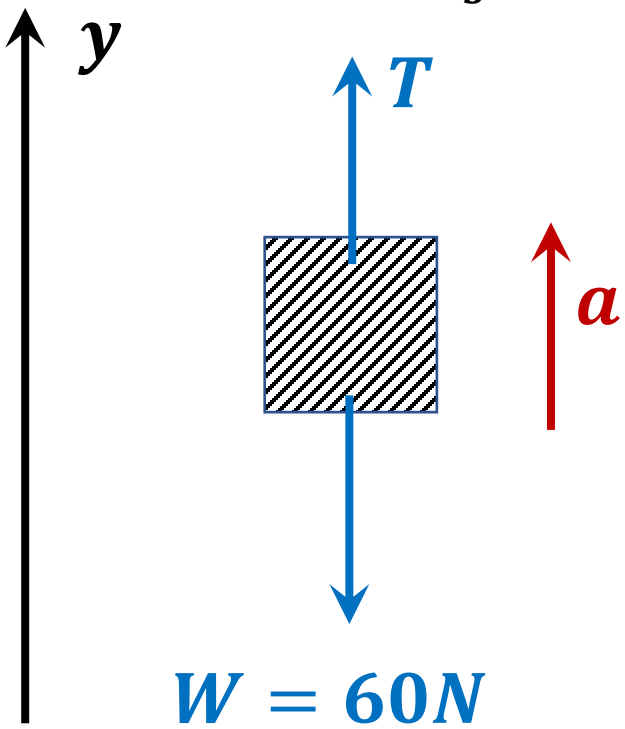
نیروی کشش طناب: وقتی طناب متصل به جسمی را می کشیم، طناب جسم را با نیرویی می کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. به این نیرو، کشش طناب گفته می شود.



- ✓ در این درس، از جرم و همچنین از کش آمدن طناب صرف نظر می شود. بنابراین طناب به عنوان رابط بین دو جسم عمل می کند و هر دو جسم را با بزرگی نیروی یکسان می کشد.

مثال (خرداد ۹۸):

جسمی به وزن ۶۰ نیوتن را با طناب سبکی به طرف بالا می کشیم. اگر شتاب ثابت رو به بالای جسم $2\frac{m}{s^2}$ باشد، نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و نیروی کشش طناب را بدست آورید. ($g = 10\frac{m}{s^2}$)



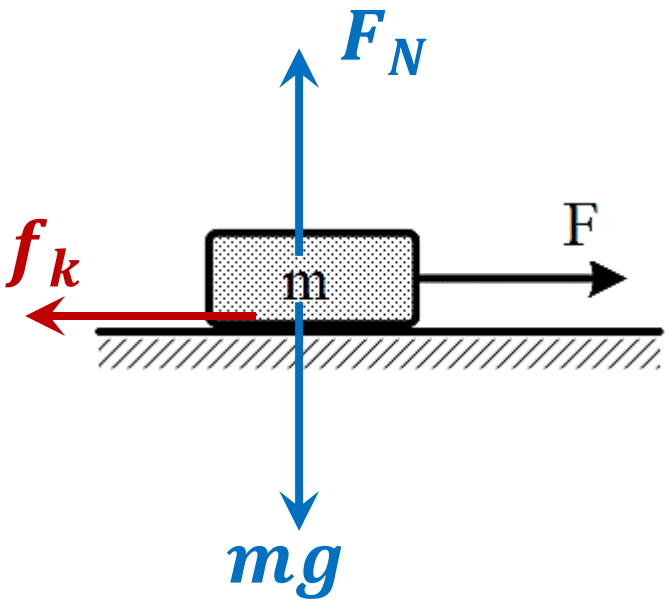
$$T - W = ma$$

$$T - 60 = 6 \times 2$$

$$T = 72N$$

مثال(دیماه ۹۷):

جسمی به جرم $2kg$ با تندی ثابت روی سطح افقی با نیروی ۱۰ نیوتن کشیده می شود. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را حساب کنید.($g = 10\frac{m}{s^2}$)



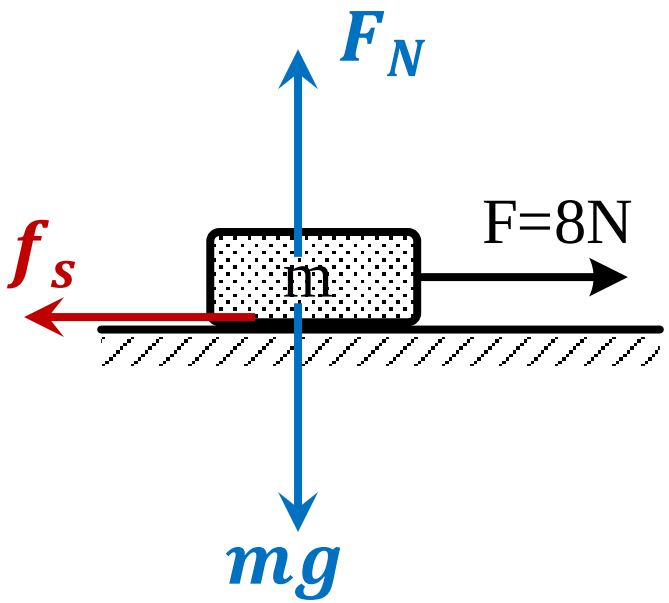
راستای y $\longrightarrow$ $F_N = mg = 40N$

سرعت ثابت $\longrightarrow$ راستای x $\longrightarrow$ $F = f_k = 10N$

$f_k = \mu_k F_N \longrightarrow 10 = \mu_k \times 40 \longrightarrow \mu_k = \frac{1}{4}$

مثال

در شکل مقابل جسمی به جرم 4kg روی سطح افقی قرار دارد. اگر نیروی F=8N به آن وارد شود و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح ۰/۲۵ باشد، نیروی اصطکاک وارد بر جسم چند نیوتن است؟



شرط این که جسم حرکت کند ⟵ $F > f_{smax}$

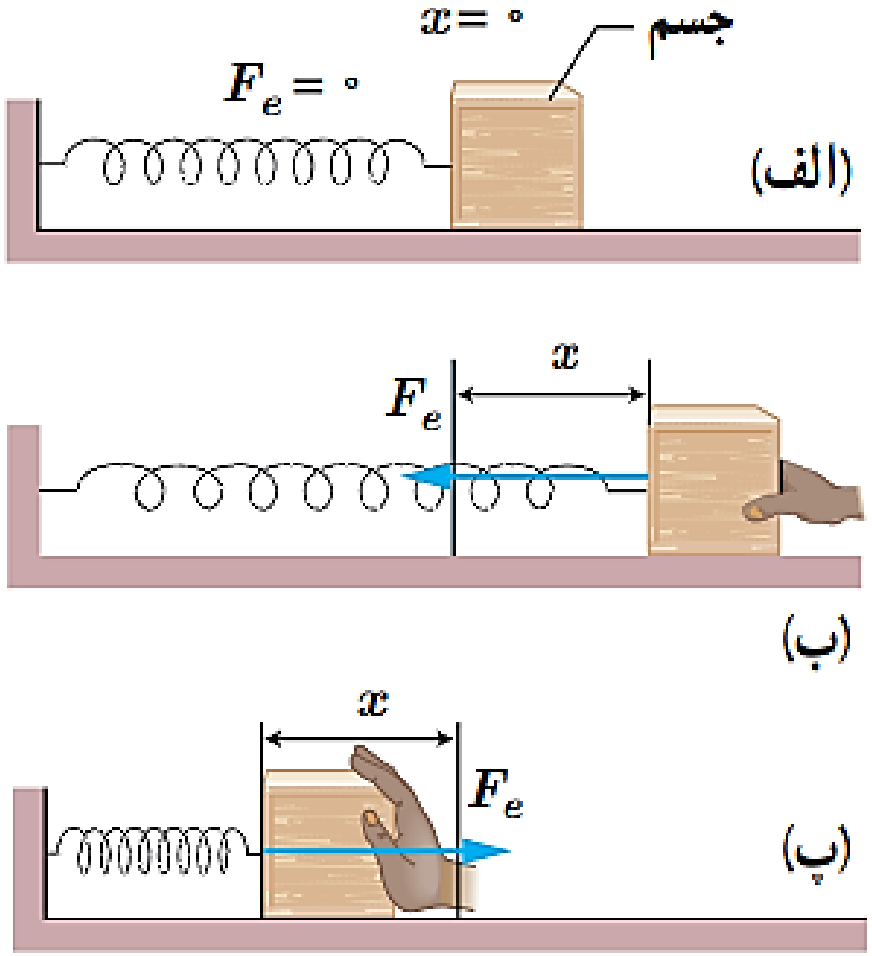
راستای y $\quad F_N = mg = 40N$

$f_{smax} = \mu_s F_N = 0.25 \times 40 = 10N$ ⟵ جسم حرکت نمی کند

جسم ساکن ⟵ راستای x $\quad F = f_s = 8N$

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی کشسانی فنر: اگر فنر را بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطه ی تعادل به جسم وارد می کند که نیروی کشسانی نام دارد.



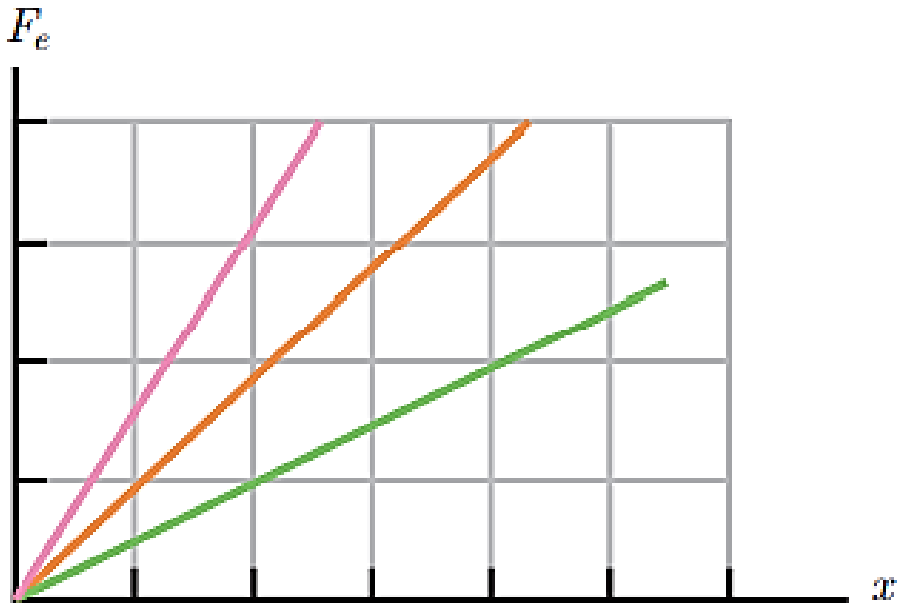
قانون هوک

✓ برای بیشتر فنرها، نیروی کشسانی فنر با اندازه ی تغییر طول فنر، متناسب است.

$F_e = kx$ نیروی فنر

k ثابت فنر $(\frac{N}{m})$

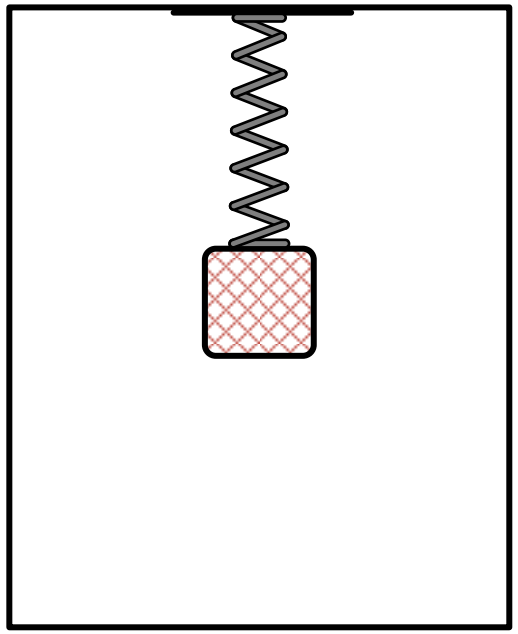
x تغییر طول فنر (m)



✓ شیب نمودار با ثابت فنر متناسب است.

مثال(دیماه ۹۷):

فنری به طول $20cm$ و ثابت $40\frac{N}{cm}$ را از سقف یک آسانسور آویزان کرده و جسمی به جرم $2kg$ را به انتهای فنر وصل می کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت $2\frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت کند، طول فنر چند سانتی متر می شود؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)



مثال (کنکور ۸۶):

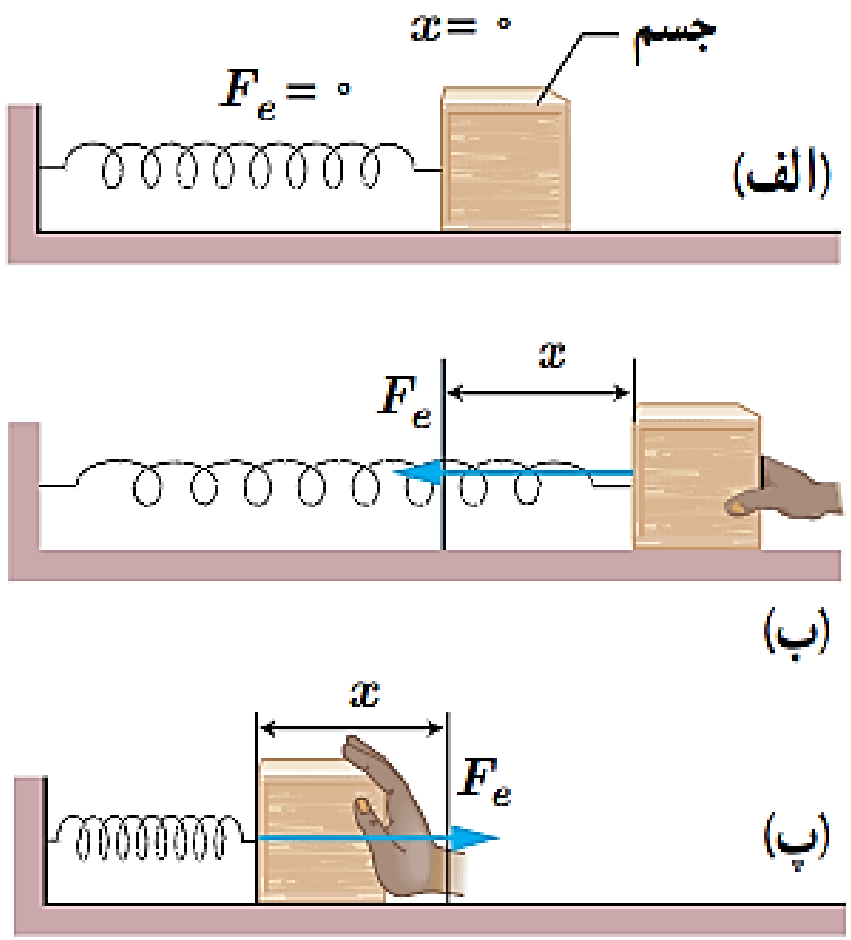
دو نیروی $\vec{F_1} = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ و $\vec{F}_2$ به جسم ۱/۵ کیلوگرمی اثر می کنند و معادله ی شتاب حاصل در SI به صورت $\vec{a} = 2\vec{i} - 4\vec{j}$ می شود.

نیروی $\vec{F}_2$ کدام است؟ (۸۶تجربی)

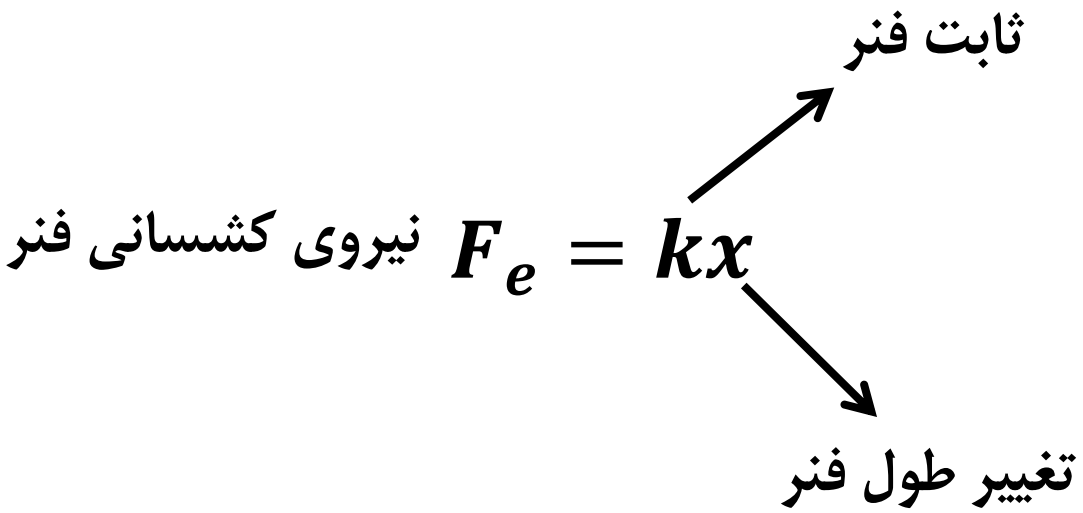
۱) $\vec{i} + \vec{j}$ ۲) $\vec{i} - \vec{j}$ ۳) $5\vec{i} - \vec{j}$ ٤) $5\vec{i} + \vec{j}$

معرفی برخی نیروهای خاص

نیروی کشسانی فنر: اگر فنر را بکشیم یا فشرده کنیم، فنر نیرویی به طرف نقطه ی تعادل به جسم وارد می کند.



قانون هوک: برای بیشتر فنرها، نیروی کشسانی فنر با اندازه ی تغییر طول آن رابطه ی مستقیم دارد.

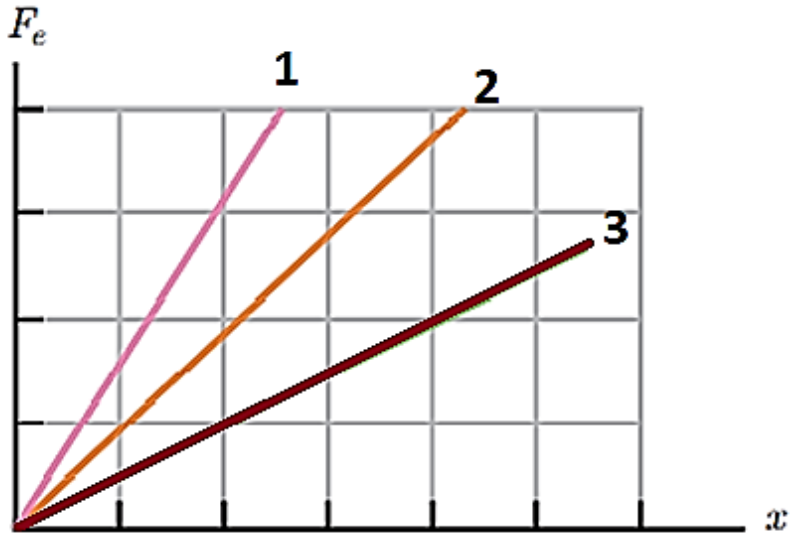


ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

$$x = l_2 - l_1$$

نکته:

- ✓ هرچه فنر سفت تر باشد، مقدار k بیشتر خواهد بود. حدود $100\ \frac{N}{m}$ برای فنر انعطاف پذیر و حدود $10000\ \frac{N}{m}$ برای یک فنر سفت



- ✓ شیب نمودار نیرو بر حسب تغییر طول، با ثابت فنر متناسب است.

مثال(دیماه ۹۷):

فنری به طول $20cm$ و ثابت $40\frac{N}{cm}$ را از سقف یک آسانسور آویزان کرده و جسمی به جرم $2kg$ را به انتهای فنر وصل می کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت $2\frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت کند، طول فنر چند سانتی متر می شود؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)

$$l_1 = 20\ cm$$

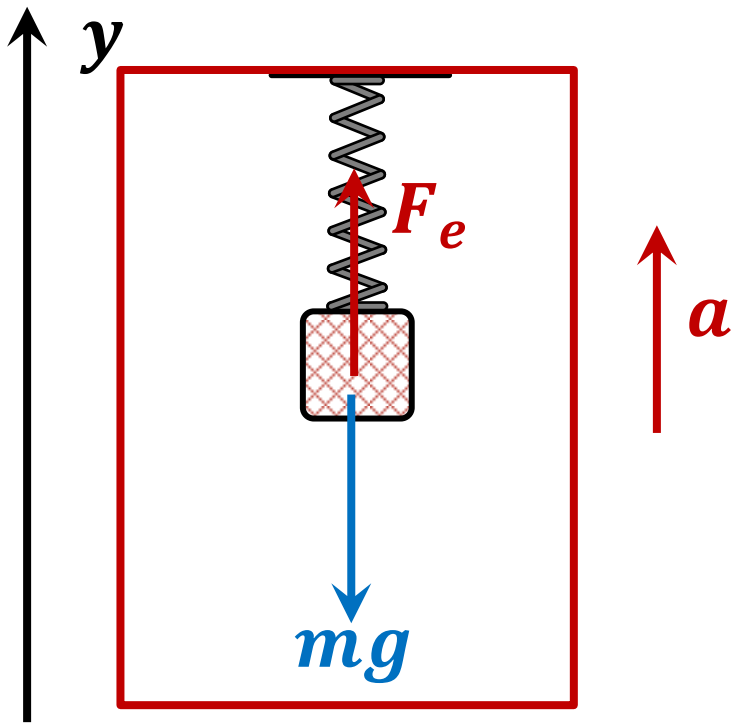
$$k = 40\frac{N}{cm} = 4000\frac{N}{m}$$

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

$$l_2 = ?$$

$l_1 = 20\ cm$ $k = 4000\frac{N}{m}$ $l_2 = ?$

پاسخ:



$$F_e - mg = ma$$

$$F_e = mg + ma = 20 + 2 \times 2$$

$$F_e = 24\ N$$

$$F_e = kx \longrightarrow x = \frac{F_e}{k} = \frac{24}{4000} = 0.006m$$

$$x = 0.6cm \longrightarrow l_2 = 20 + 0.6 = 20.6cm$$

مثال(کنکور ۹۸):

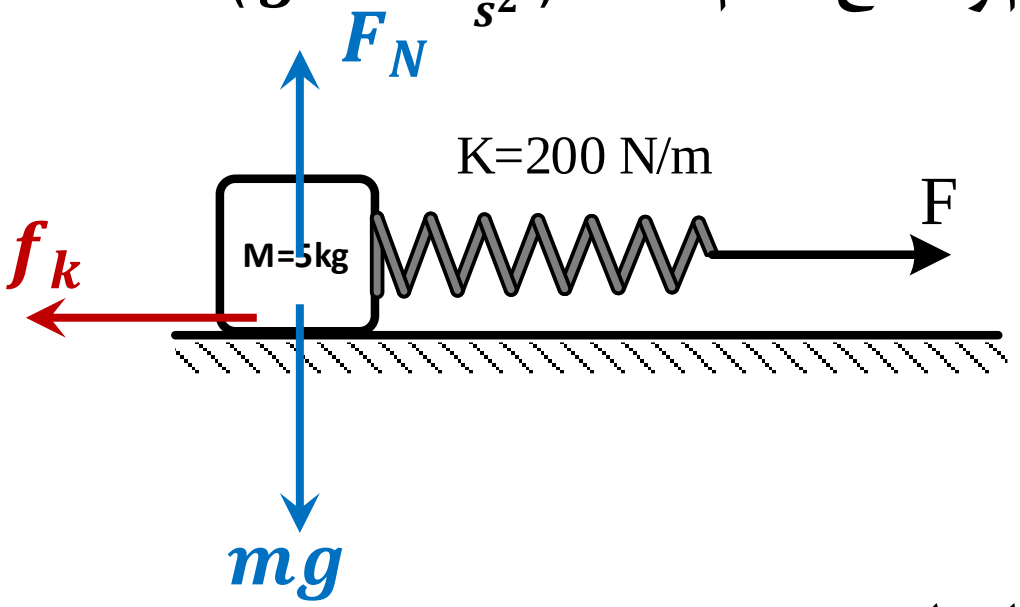
جسمی روی یک سطح افقی تحت تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت کشیده می شود. اگر افزایش طول فنر در ضمن حرکت ۵ سانتیمتر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۰/۲

۲) ۰/۲۵

۳) ۰/۳

۴) ۰/۴



$$F = kx = 200 \times 0.05 = 10N$$

$$F_N = mg = 50N \quad \text{راستای y}$$

$$F - f_k = 0 \longrightarrow f_k = F = 10N \quad \text{راستای x}$$

$$f_k = \mu_k F_N \longrightarrow \mu_k = \frac{10}{50} = 0.2$$

تکانه: حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن، تکانه نامیده می شود.

تکانه $\vec{p} = m\vec{v}$ $\left(\frac{kg.m}{s}\right)$

جرم جسم

سرعت جسم

- ✓ تکانه یک کمیت برداری است.
- ✓ جهت تکانه، همان جهت سرعت (جهت حرکت) است.

قانون دوم نیوتون بر حسب تکانه: نیروی خالص وارد بر جسم برابر با تغییر تکانه ی جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.

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

نکته:

رابطه ی بین تکانه و انرژی جنبشی به صورت زیر است:

$$k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mv \times v}{2} = \frac{mv \times mv}{2m} \longrightarrow \boxed{k = \frac{p^2}{2m}}$$

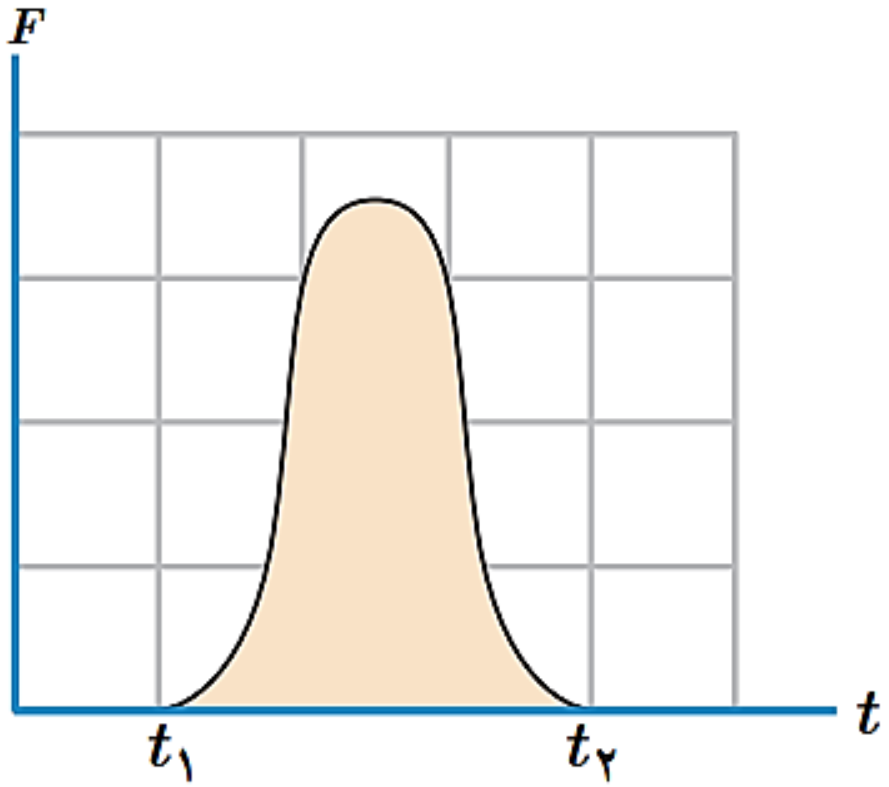
نکته:

اگر نیرو ثابت نباشد، بجای نیروی خالص، نیروی خالص متوسط به کار می بریم:

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

نکته:

سطح زیر نمودار نیرو – زمان ، برابر با تغییر تکانه ی جسم (Δp) است.



مثال(کنکور ۹۶):

بزرگی اندازه حرکت (تکانه) جسمی به جرم ۲کیلوگرم برابر $6\ \frac{kgm}{s}$ است. انرژی جنبشی جسم چند ژول است؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

$$m = 2kg$$

$$p = 6\ \frac{kg.m}{s}$$

$$k = \frac{p^2}{2m} = \frac{6^2}{2 \times 2} = 9\ J$$

مثال(کنکور ۹۸):

اگر تکانه ی گلوله ای در SI از ۲۰ به ۲۲ برسد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد افزایش می یابد؟

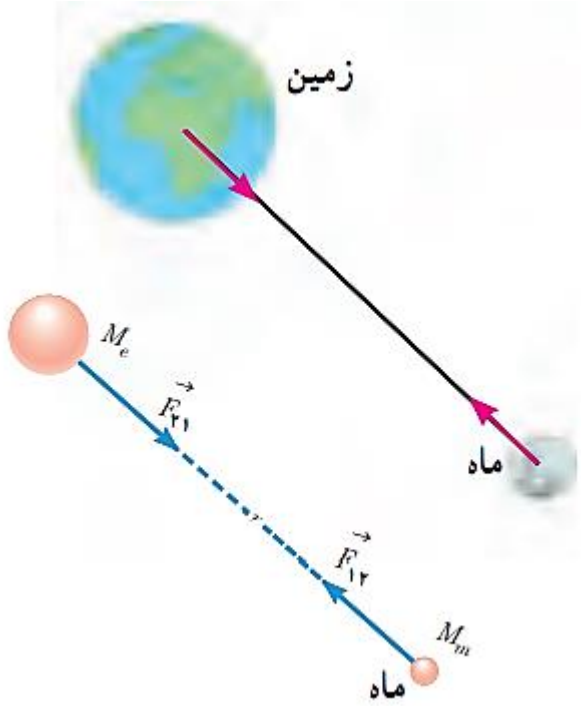
۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۲۱ ۴) ۴۲

$$k = \frac{p^2}{2m} \longrightarrow \frac{k_2}{k_1} = (\frac{p_2}{p_1})^2 \times \frac{m_2}{m_1} \longrightarrow \frac{k_2}{k_1} = (\frac{22}{20})^2 \times 1$$

$$\frac{k_2}{k_1} = 1.21 \longrightarrow$$ ۲۱ درصد افزایش یافته

نیروی گرانشی

قانون گرانش عمومی: نیروی گرانشی میان دو ذره، با حاصل ضرب جرم آنها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله ی آنها نسبت وارون دارد.

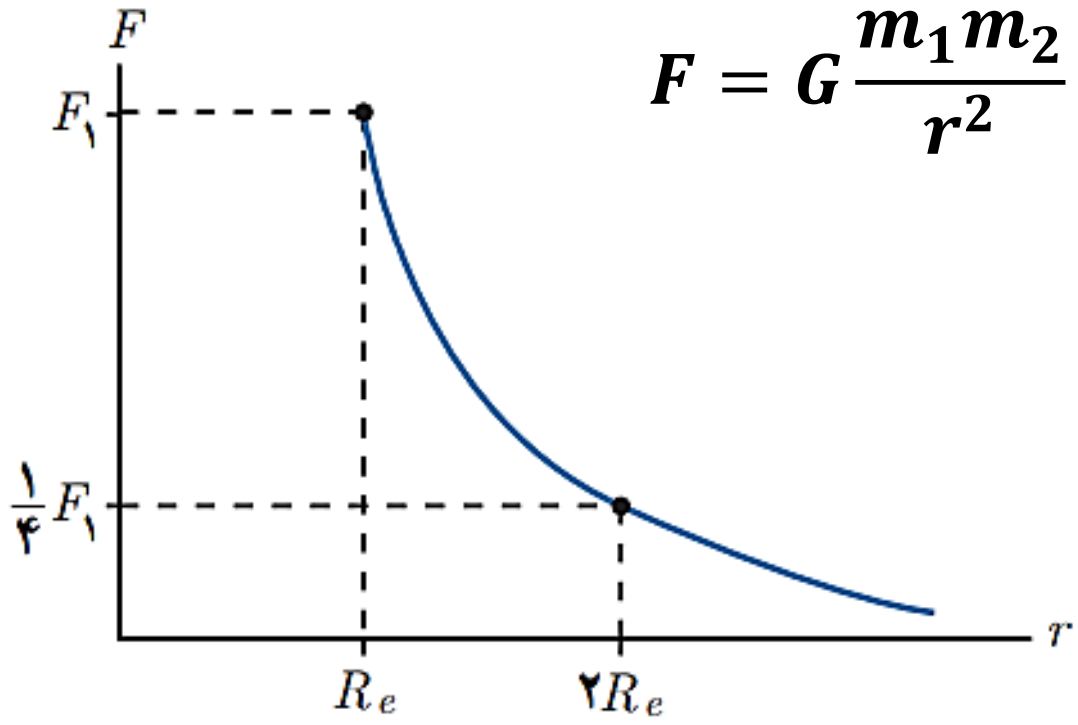


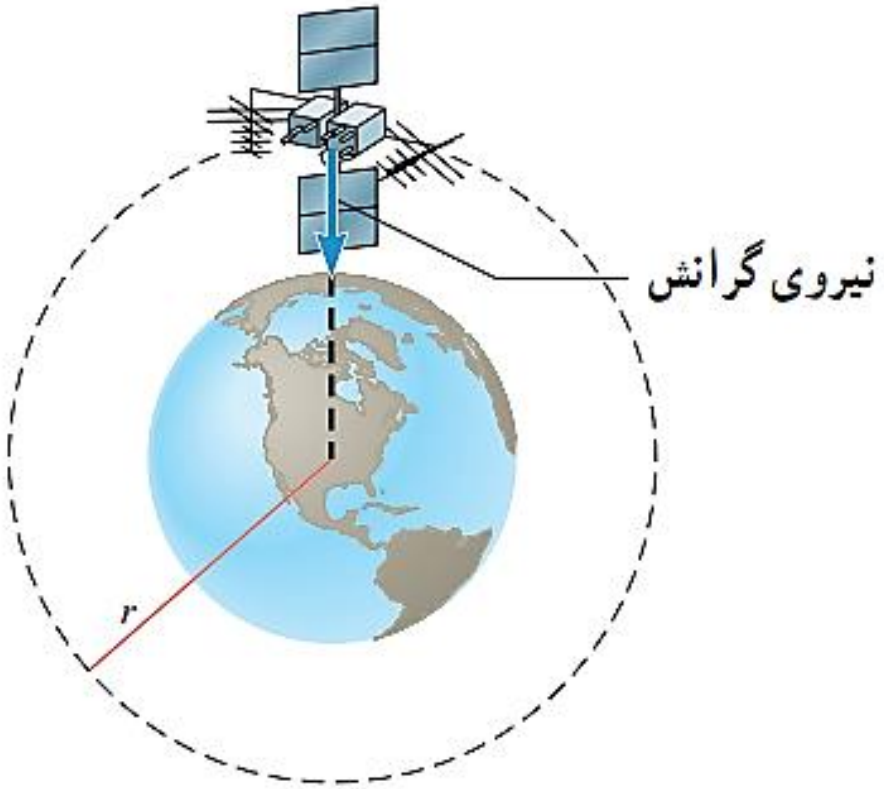
نیروی گرانشی بین دو ذره $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

ثابت گرانش عمومی $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \frac{Nm^2}{kg^2}$

نمودار نیروی گرانشی وارد بر ماهواره بر حسب فاصله ی آن از مرکز زمین

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





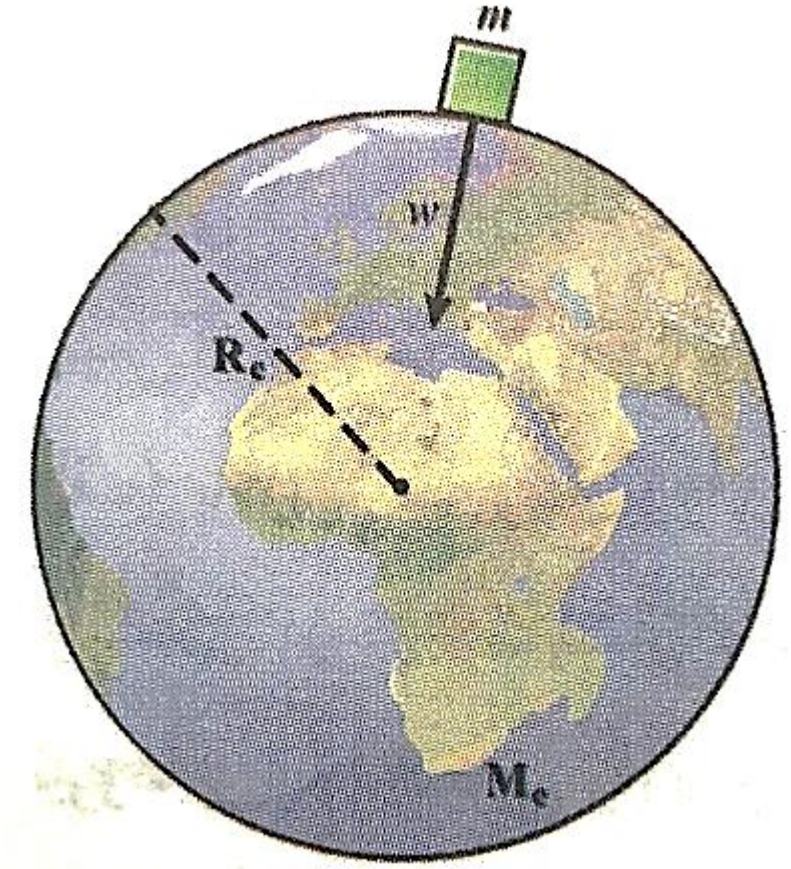
وزن و نیروی گرانشی

وزن روی سطح زمین $W = mg = G\frac{M_e m}{{R_e}^2}$

شتاب گرانشی روی سطح زمین $g = G\frac{M_e}{{R_e}^2}$

وزن در یک ارتفاع دلخواه $W' = mg' = G\frac{M_e m}{r^2}$

شتاب گرانشی در یک ارتفاع دلخواه $g' = G\frac{M_e}{r^2}$



$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2$ نسبت شتاب گرانش زمین در فاصله ی دلخواه به شتاب گرانش روی سطح زمین

مثال(خرداد ۹۸):

دو کره ی توپر همگن به جرم های $120kg$ و $40kg$ را در نظر بگیرید که فاصله ی مرکز آنها از یکدیگر ٤متر است. نیروی گرانشی که این دو کره به یکدیگر وارد می کنند، چند نیوتن است؟ ($G = 6/6 \times 10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}$)

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.6 \times 10^{-11}\,\frac{120 \times 40}{4^2} = 1980 \times 10^{-11}\ N$$

مثال(دیماه ۹۷):

جرم و شعاع سیاره ای به ترتیب ۵ و ۲ برابر جرم و شعاع زمین است. شتاب گرانشی در این سیاره چند برابر شتاب گرانشی در سطح زمین است؟

$$\frac{m}{M_e} = 5 \qquad \frac{r}{R_e} = 2 \qquad g = G\frac{m}{r^2}$$

مقایسه ی شتاب گرانش روی سطح دو سیاره

$$\frac{g_s}{g_e} = \left(\frac{R_e}{r_s}\right)^2 \times \frac{m_s}{M_e} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 5 = \frac{5}{4}$$

مثال(کنکور ۹۸):

ماهواره ای به جرم ۵۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۱۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می چرخد. نیروی گرانش وارد بر ماهواره چند نیوتن است؟ ($R_e = 6400km$, $g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۵۰۰۰ ۲) ۳۲۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۴۰

وزن (نیروی گرانش) در یک ارتفاع دلخواه $W' = mg' = 500 \times 6.4 = 3200\ N$

$$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2 \longrightarrow \frac{g'}{10} = \left(\frac{6400}{8000}\right)^2 \longrightarrow \frac{g'}{10} = \left(\frac{8}{10}\right)^2 \longrightarrow g' = 6.4\frac{m}{s^2}$$