مؤلف و مدرس: مهرداد

دینامیک

نیرو: برهم کنش دو جسم یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر نیرو نام دارد. کمیتی برداریست و واحد آن در SI، نیوتن است.

نیروهای متوازن: اگر چند نیرو بر یک جسم وارد شود و اثر یکدیگر را خنثی کنند، یعنی برآیند آن‌ها صفر شوند به این نیروها متوازن می‌گوییم.

قوانین نیوتن

قانون اول نیوتن: اگر نیروهای وارد بر جسم متوازن باشد یا بر جسم نیرویی وارد نشود، اگر جسم ساکن باشد، ساکن باقی می‌ماند و اگر در حرکت باشد اندازه و جهت سرعتش تغییر نمی‌کند و با سرعت ثابت بر روی خط راست به حرکتش ادامه می‌دهد.

$F_{net}=0$

قانون لختی: اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است حفظ کنند، به این خاصیت اجسام، لختی گویند.

قانون دوم نیوتن: اگر نیروهای وارد بر جسم متوازن نباشد و نیروی خالص به جسم وارد شود جهت یا اندازهٔ سرعت جسم یا هر دو تغییر می‌کند و جسم شتاب می‌گیرد این شتاب همواره هم جهت و متناسب با نیروی خالص وارد بر جسم است.

$F_{net}=ma$

قانون سوم نیوتن: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به همان اندازه و در همان راستا ولی در خلاف جهت آن نیرو، به جسم اول نیرو وارد می‌کند. این نیروها، عمل و عکس‌العمل یا کنش و واکنش نام دارند و همیشه هم نوع‌اند. هر دو الکتریکی، گرانشی یا هسته‌ای هستند.

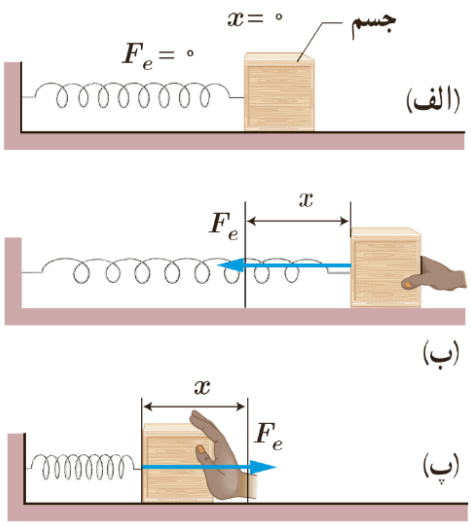
توجه کنید که عمل و عکس‌العمل همواره به دو جسم متفاوت اثر می کنند و بنابراین برآیند پذیر نمی‌باشد.

مثال: دو شخص به جرم‌های ۷۵kg و ۵۰kg با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند. شخص اول با نیروی ۱۲۰N شخص دوم را به طرف راست هُل می‌دهد.

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد چقدر است؟

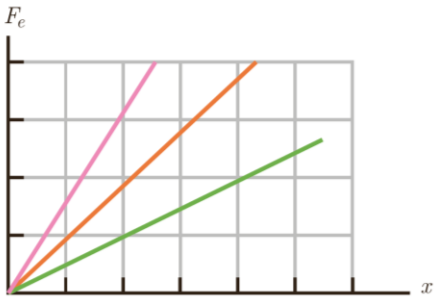
ب) شتابی که شخص اول می‌گیرد چقدر و در چه جهتی است؟

نیروی کشسانی فنر

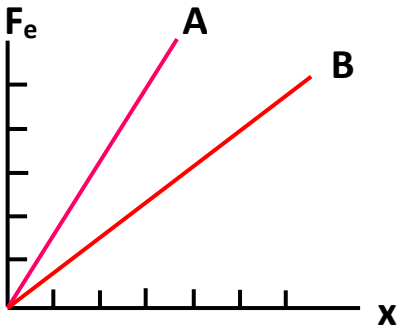


نیروی کشسانی فنر با ثابت (K) که از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و جنس فنر بستگی دارد متناسب است، همچنین به تغییر طول فنر بستگی دارد. یعنی هرچه فنر بیشتر تغییر طول پیدا کند، نیروی کشسانی که در فنر ایجاد می‌شود بیشتر است. این رابطه که توسط رابرت هوک کشف شد به قانون هوک معروف است.

در نمودار f – x برای فنر، شیب نمودار بیانگر k (ثابت فنر) می‌باشد.



مثال: در شکل مقابل، نمودار نیرو برحسب تغییر طول را برای دو فنر A و B مشاهده می‌کنید. ثابت فنر کدامیک بیشتر است؟



مثال: فنری به طول ۱۲cm را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ ۰/۳ کیلوگرمی وصل می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول آن به ۱۴cm می‌رسد. ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟ (g=۱۰N/kg)

مثال: در شکل روبه‌رو وقتی وزنه‌ی ۰/۴kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۴cm می‌شود، و وقتی وزنه‌ی ۰/۵kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۵cm می‌شود.

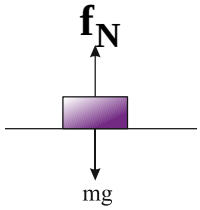
الف) ثابت فنر چقدر است؟

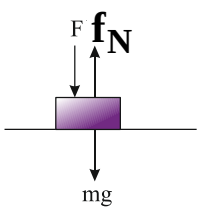
ب) طول عادی فنر (بدون وزنه) چند سانتی‌متر است؟

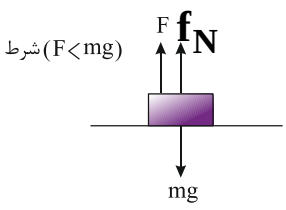
نیروی عمود بر سطح f_N

در جایی که جسم به سطحی تکیه کرده باشد این نیرو به وجود می‌آید این نیرو همواره در راستای عمود بر سطح به جسم وارد می‌شود و مقدار آن را باید از روابط نیوتن در مسئله پیدا کرد.

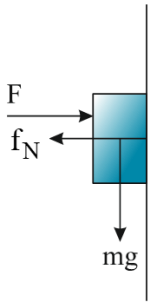
عکس العمل نیروهای عمود بر سطح از طرف جسم به سطح وارد می‌شود.





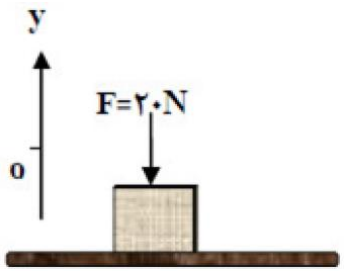


$f_N = mg$ $\quad$ $f_N = mg + F$ $\quad$ $f_N = mg - F$



$f_N = F$

مثال: همانند شکل روبه‌رو، نیروی F=۲۰N به جعبه‌ای به جرم ۵Kg که روی میز افقی قرار دارد وارد می‌شود.



الف) نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟

ب) واکنش نیروی عمودی سطح در چه جهتی است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

نیروی اصطکاک F

نیروی اصطکاک، بیشتر به عنوان یک نیروی مخالف حرکت و اتلافی در نظر گرفته می‌شود ولی در مواردی نیز این نیرو سبب حرکت یا باعث ایجاد کار می‌شود و مفید است.

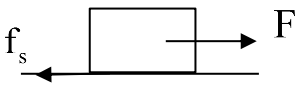
نگه داشتن یک قلم در دست، راه رفتن ما روی سطوح، ماندن یک بار در پشت یک کامیون یا روی چرخ دستی و ترمز کردن مثال‌هایی است که اصطکاک عامل حرکت است یا به عنوان یک نیروی مفید است.

نیروی اصطکاک به دو دسته تقسیم می‌شود:

الف) نیروی اصطکاک ایستایی ب) نیروی اصطکاک جنبشی

الف) نیروی اصطکاک ایستایی: در جامدات نیروی اصطکاک در حالت سکون تا شروع حرکت به واسطه در هم رفتن ناهمواری‌های سطوح تماس که بسیار زیاد بوده ایجاد می‌شود و به آن نیروی اصطکاک ایستایی می‌گویند.

$$F = f_s$$



حداکثر نیروی اصطکاک ایستایی زمانی است که جسم در آستانه لغزش قرار گیرد و به آن نیروی اصطکاک در آستانه حرکت گویند.

مقدار نیروی اصطکاک آستانه حرکت را از رابطه مقابل بدست می‌آوریم:

$$f_{s\max} = \mu_s f_N$$

ب) نیروی اصطکاک جنبشی: اگر جسمی روی سطح اتکای خود بلغزد اصطکاک جنبشی به وجود می‌آید، آن را با f_k نمایش می‌دهیم. مقدار نیروی اصطکاک جنبشی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$$f_k = \mu_k f_N$$

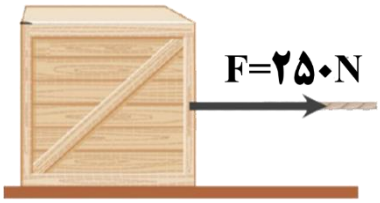
توجه داشته باشید که ضریب اصطکاک جنبشی همواره از ضریب اصطکاک ایستایی کوچک‌تر است.

$$\mu_k < \mu_s \rightarrow f_k < f_{s\max}$$

شرط حرکت کردن جسم این است که نیروي محرك بزرگتر و یا حداقل برابر با نیروي اصطکاك ایستایي بیشینه باشد.

$$F \geq F_{s\max}$$

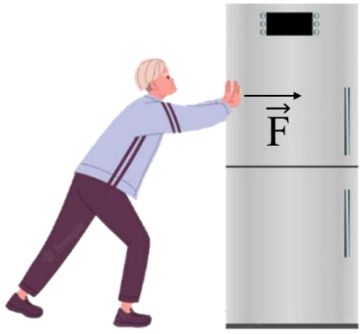
مثال: مطابق شکل جعبه ساکنی به جرم ۱۰۰kg را با نیروی ثابت افقی می‌کشیم. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جعبه و سطح ۴/۰ باشد، با محاسبه مشخص کنید جعبه ساکن می‌ماند یا شروع به حرکت می‌کند؟ ($g=10m/s^2$)



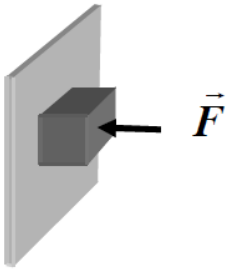
مثال: مطابق شکل، شخصی یک یخچال به جرم ۱۰۰kg را بر روی سطحی افقی با نیروی F=۵۰۰N هُل می‌دهد و یخچال در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد.

الف) ضریب اصطکاک ایستایی بین یخچال و سطح چقدر است؟

ب) اندازهٔ نیرویی که سطح زمین به یخچال وارد می‌کند را محاسبه کنید؟ ($g=10N/kg$)



مثال: مانند شکل روبه‌رو، جسمی را با نیروی عمودی $\vec{F}$ به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم. توضیح دهید: تأثیر افزایش نیروی $\vec{F}$ بر هر یک از کمّیت‌های زیر چگونه است؟

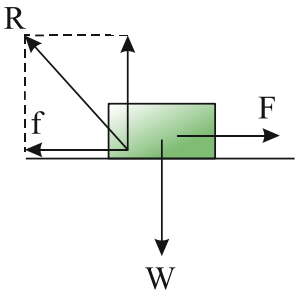


الف) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم

ب) اندازهٔ نیروی عمودی سطح

نیروی سطح R

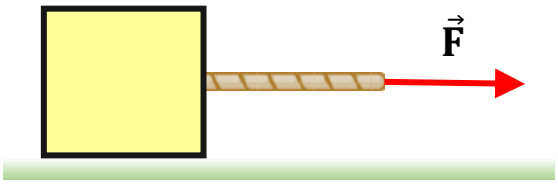
این نیرو در حقیقت برآیند دو نیروی f_N (عمود بر سطح) و f (اصطکاک) می‌باشد. این دو نیرو به‌دلیل سطح تماس به وجود آمدند و هر دو نیروی سطحی می‌باشند.



$$R = \sqrt{f_N^{۲} + f^{۲}}$$

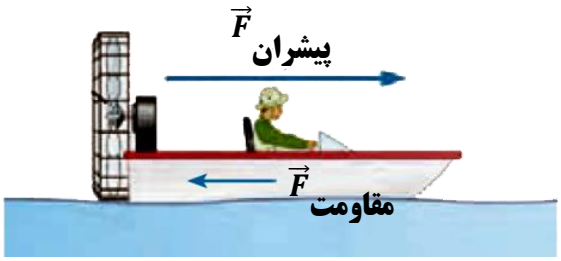
حل مسائل دینامیک

مثال: به جسمی به جرم ۲۰kg، نیروی F=۸۰N مطابق شکل اثر می‌کند و جسم بر روی سطح افقی به حرکت در می‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح ۰/۲ باشد، شتاب حرکت جسم را حساب کنید. (g=۱۰N/kg)



مؤلف و مدرس: مهرداد

مثال: نیروی موتور یک قایق موتوری که جرم آن با سرنشینش ۴۰۰kg است به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در بازه‌ی زمانی معینی، همواره نیروی افقی خالص ۸۰۰N به طرف جلو بر قایق وارد می‌کند.



الف) اگر نیروی پیشران ۱۴۰۰N باشد، نیروی مقاومت در آن لحظه چقدر است؟

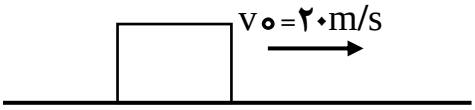
ب) شتاب این قایق چقدر و در چه جهتی است؟

مثال: یک خودروی باری با طناب افقی محکمی یک خودروی سواری را می‌کشد. نیروی اصطکاک جنبشی و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری، ۲۰۰N و ۴۰۰N است.

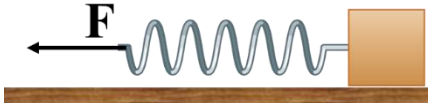
الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد، نیروی کشش طناب چند نیوتون است؟

ب) اگر شتاب $2m/s^2$ باشد ،نیروی کشش طناب چند نیوتون است؟

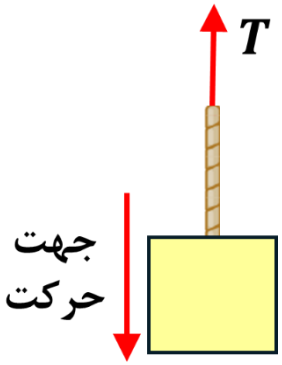
مثال: اگر مطابق شکل مکعب چوبی را با تندی ۲۰m/s افقی پرتاب کنیم، پس از طی مسافت ۴۰m متوقف می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی سطح با جسم چقدر است؟ ($g=10m/s^2$)



مثال: مطابق شکل روبه رو، جسمی به جرم ۲ kg به کمک فنری با ثابت ۱۰۰N/m روی یک سطح افقی، با شتاب ثابت ۵/۰ m/s۲ به سمت چپ حرکت . اگر طول فنر ۶cm افزایش یابد، نوع و اندازه نیروی اصطکاک بین جسم و سطح را تعیین کنید



مثال :جعبه ای به جرم ۴۰kg مطابق شکل ، با شتاب ثابت ۱۰m/s۲ رو به پایین حرکت می کند. اگر نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت جسم ۱۰۰ N باشد، نیروی کشش طناب را حساب کنید. ($g=10N/kg$)



مثال: قطعه چوبی را با سرعت افقی $۱۰/۰\frac{m}{s}$ روی سطحی افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح ۰/۲۰ است.

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

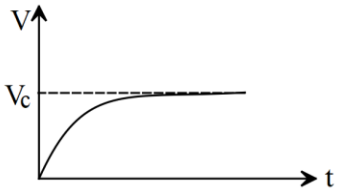
ب) اگر فقط جرم آن دو برابر شود، مسافت پیموده شده‌ی آن چند برابر می‌شود؟

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسم حجیمی در هوا حرکت می‌کند از طرف مولکول‌های هوا که با جسم برخورد می‌کنند، یک نیروی مخالف حرکت، بر جسم وارد می‌شود به آن نیروی مقاومت هوا یا شاره می‌گویند و با f_D نمایش می‌دهند. این نیرو به دو عامل بستگی دارد:

۱) سرعت: که هرچه سرعت بیشتر باشد، مقاومت شاره بیشتر خواهد بود.

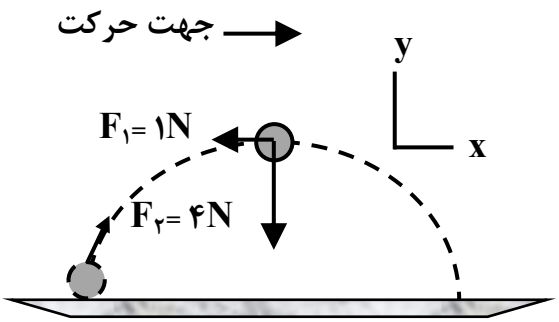
۲) مساحت جلوی جسم: که هر چه بیشتر باشد، نیروی مقاومت بیشتر خواهد بود. به همین منظور برای جسم‌هایی که سرعت زیادی دارند. مانند یک موشک، هواپیما، گلوله یک تفنگ، شکل خاصی که به آیرودینامیک معروف است، به جسم می‌دهند تا مقاومت شاره را به حداقل برسانند.

تندی حدی در سقوط آزاد: اگر جسمی در هوا رها شود، با افزایش سرعت، مقاومت هوا نیز بیشتر می‌شود تا جایی که نیروی مقاومت هوا برابر وزن جسم می‌شود. در این لحظه برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شده و جسم با تندی ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. این تندی، تندی حدی نام دارد. نمودار $v - t$ آن به صورت مقابل است:



مثال: چتربازی به جرم ۶۰kg چترش را باز می‌کند. اگر مقاومت هوا ۱۱۴۰N باشد شتاب چترباز چقدر است؟

مثال: شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر توپی به جرم ۰/۴kg را در بالاترین نقطهٔ مسیرش نشان می‌دهد. بردار شتاب این توپ را در نقطهٔ نشان داده شده برحسب بردارهای یکّه بنویسید.



وزن ظاهری

اگر جسمی در راستای عمود با شتاب به سمت بالا یا پایین حرکت کند وزن آن تغییر می‌کند و دیگر مقدار mg نخواهد شد.

جسمی به جرم m در داخل آسانسور قرار گرفته است. وزن ظاهری آن در هر یک از حالت‌های زیر را بدست مي‌آوریم:

الف) جسم ساکن باشد یا با سرعت ثابت بالا و پایین رود:

$$f_N = mg$$

توجه کنید که نیروی عمود بر سطح همان وزن ظاهری است. در ضمن شتاب حرکت می‌تواند تندشونده (+) یا کندشونده (-) باشد.

ب) جسم با شتاب a به سمت بالا حرکت کند: $f_N - mg = ma$

ج) جسم با شتاب a به سمت پایین حرکت کند: $mg - f_N = ma$

مثال: شخصی به جرم ۶۰kg درون آسانسور ساکنی روی ترازو فنری ایستاده است. (g=۱۰N/kg)

الف) هرگاه آسانسور با شتاب ۳ m/s۲ رو به پایین حرکت کند ، ترازو چه عددي را نشان میدهد؟

ب) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو عدد صفر را نشان میدهد. دلیل آن را توضیح دهید.

مثال: شخصی درون آسانسور روی ترازوی فنری ایستاده است. در کدام حالت، عددی که ترازو نشان می‌دهد از وزن شخص بیشتر است؟

(۱) آسانسور ساکن باشد.

(۲) آسانسور به طرف بالا شروع به حرکت کند.

(۳) آسانسور به طرف پایین شروع به حرکت کند.

مثال: شخصی به جرم ۶۰kg روی یک ترازوی فنری، داخل آسانسور ایستاده است. اگر ترازو عدد ۵۰۰N را نشان دهد، در این صورت کدام گزینه صحیح است؟

۱) حرکت آسانسور کندشونده رو به پایین است.

۲) حرکت آسانسور تندشونده رو به بالا است.

۳) حرکت آسانسور می‌تواند تندشونده رو به پایین یا کندشونده رو به بالا باشد.

مثال: فنری با ثابت $۲۰\frac{N}{cm}$ از سقف یک آسانسور آویزان است. اگر جسمی به جرم ۲kg از انتهای فنر آویزان شده و آسانسور با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

مثال: وزنه‌ای به جرم ۲kg را به فنری به طول ۱۵cm که ثابت آن ۱۰N/cm است، می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور می‌آویزیم. اگر آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می‌کند، با شتاب ثابت $۲m/s^۲$ متوقف شود، طول فنر چند سانتی‌متر می‌شود؟

اندازهٔ حرکت

به حاصل‌ضرب جرم جسم در بردار سرعت جسم تکانه (اندازهٔ حرکت) جسم می‌گویند که یک کمیت برداری می‌باشد. بردار اندازهٔ حرکت همواره هم‌جهت و هم‌راستا با بردار سرعت جسم می‌باشد.

واحد اندازهٔ حرکت $\frac{kg.m}{s}$ **است.**

$$\vec{P} = m.\vec{V}$$

می‌توان قانون دوم نیوتن را به صورت زیر نیز تعریف کرد:

هرگاه به جسم نیرویی وارد شود اندازهٔ حرکت آن تغییر می‌کند که اندازهٔ نیرو برابر است با آهنگ تغییرات اندازهٔ حرکت می‌باشد.

$$\vec{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

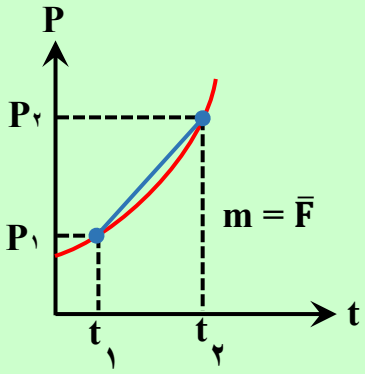
مثال: گلوله‌ای به جرم ۱۰۰g با سرعت $v=20i$ در حرکت است.

الف) تکانه گلوله چقدر است؟

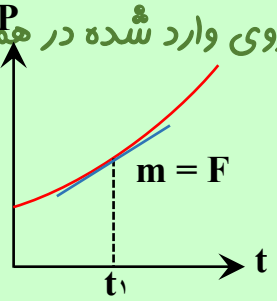
ب) انرژی جنبشی گلوله چقدر است؟

مؤلف و مدرس: مهرداد

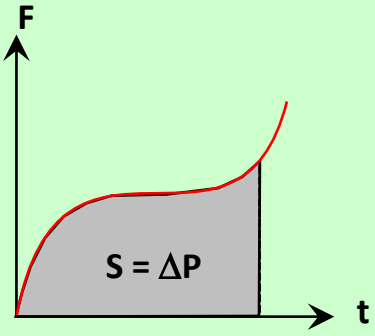
۱ – در نمودار p – t شیب خط واصل، بیانگر نیروی متوسط $\bar{F}$ می‌باشد.



۲ – در نمودار p – t شیب خط مماس در هر لحظه، بیانگر نیروی وارد شده در همان لحظه است.



۳ – مساحت زیر نمودار F – t بیانگر تغییرات اندازهٔ حرکت است.



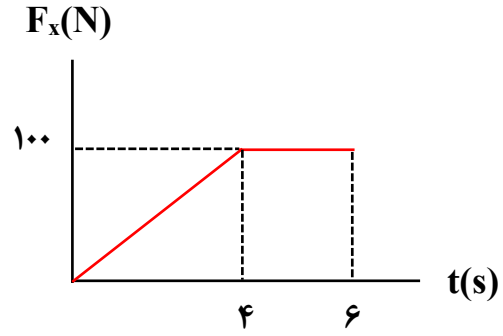
رابطهٔ بین اندازه حرکت و انرژی جنبشی:

$$K = \frac{p^2}{2m} \qquad k = \frac{1}{2}pv$$

مثال: توپی به جرم ۰/۴kg با تندی ۱۰m/s به بازیکنی نزدیک می‌شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می‌زند و باعث می‌شود توپ با تندی ۱۵m/s در جهت مخالف برگردد. اگر مشت بازیکن ۰/۰۵s با توپ در تماس باشد، اندازهٔ نیروی متوسط وارد بر توپ از طرف مشت بازیکن را حساب کنید.

مثال: شخصی به جرم ۶۰ کیلوگرم از یک بلندی روی یک تشک سقوط می‌کند. اگر تندی او هنگام رسیدن به تشک ۵m/s باشد و پس از ۰/۲ ثانیه متوقف شود، اندازهٔ نیروی متوسطی که تشک بر او وارد می‌کند، چقدر است؟

مثال: شکل مقابل نمودار نیروی خالص برحسب زمان برای جسمی به جرم ۱۰۰kg که در لحظهٔ t=۰s بر سطح افقی، در حال سکون است را نشان می‌دهد. جسم پس از اعمال نیرو، روی محور x شروع به حرکت می‌کند. اندازهٔ سرعت آن در لحظهٔ t=۶s چند متر بر ثانیه است؟

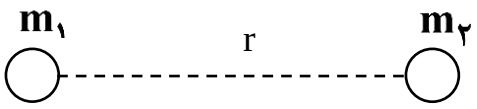


مؤلف و مدرس: مهرداد

نیروی گرانش:

نیروی گرانش نیرویی است که بین هر دو جسم که در فاصله‌ای از هم قرار دارند وارد می‌شوند. این نیرو با حاصل‌ضرب جرم‌ها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین آن‌ها رابطهٔ عکس دارد. نیروی ربایشی است و در ابعاد کوچک این نیرو بسیار ناچیز است.

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

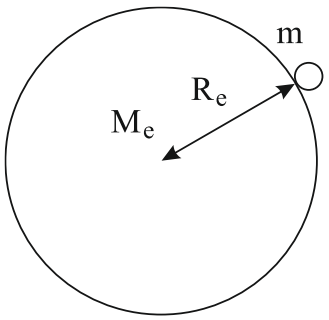


G ثابت جهانی گرانش می‌باشد و مقدار آن ($G = ۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱} \frac{Nm^2}{kg^2}$) است.

طبق قانون سوم نیوتن مقدار نیروی گرانشی به جرم m_1 با نیروی وارد بر جرم m_2 فرقی نمی‌کند این نیرو زمانی قابل ملاحظه است که جرم یا جرم‌ها بزرگ باشند مثلا جرم سیارات. در این رابطه R فاصله مرکز جرم‌ها از یکدیگر می‌باشد.

وزن W

نیروی گرانشی است بین زمین و جرمی که در روی آن قرار دارد.



$$\left.\begin{array}{l} F = \frac{GM_em}{R_e^2} = W \\ W = mg \end{array}\right\} \Rightarrow g = \frac{GMe}{R_e^2}$$

G، M_e و R_e اعداد ثابتی هستند که اگر مقدار آن‌ها را در رابطه قرار دهیم عدد ۹/۸ بدست می‌آید که همان g می‌باشد.

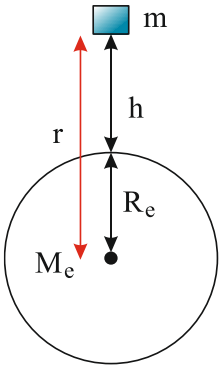
کرهٔ زمین به شکل کره نبوده و به شکل بیضی است به طوری‌که شعاع آن در استوا بیشتر و در قطب کمترین مقدار خود را دارد پس g در استوا کمترین و در قطبین بیشترین مقدار را دارا می‌باشد.

عکس‌العمل نیروی وزن جسم به مرکز زمین وارد می‌شود. جهت نیروی وزن همواره عمود بر سطح زمین می‌باشد.

تغییرات شتاب گرانش g با ارتفاع h:

$$F' = \frac{GmM_e}{r^2}$$

$$r = R_e + h$$



$$g' = \frac{GM_e}{r^2}$$

$$r = R_e + h$$

مثال: ماهواره‌ای روی مدار تقریباً در ارتفاع h=۱۶۰۰km از سطح زمین، به دور زمین می‌چرخد. شتاب گرانشی وارد بر ماهواره در این فاصله، چند برابر شتاب گرانشی وارد به آن در سطح زمین است؟ (R_e=۶۴۰۰km)

مثال: در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می‌رسد؟

مؤلف و مدرس: مهرداد

حرکت دایره‌ای

حرکت دایره‌ای: نوعی حرکت در صفحه است که مسیر حرکت آن محیط یک دایره است. این حرکت نیز می‌تواند به صورت یکنواخت و شتاب‌دار صورت گیرد.

دوره: مدت زمانی که متحرک یک دور کامل محیط دایره را طی می‌کند، دوره نامیده می‌شود: (T)

بسامد (فرکانس): تعداد دوره‌هایی که متحرک در مدت یک ثانیه طی می‌کند، بسامد نام دارد (f) واحد آن $\frac{۱}{s}$ یا هرتز است. بدیهی است که دوره عکس بسامد می‌باشد.

$$T = \frac{۱}{f}$$

اگر متحرک در مدت t ثانیه n دور بزند. می‌توانیم دوره و بسامد را به‌صورت زیر حساب کنیم.

$$T = \frac{t}{n} \qquad f = \frac{n}{t}$$

تندی خطی: در حرکت دایره‌ای به دلیل تغییر مکان جسم متحرک، مطابق آنچه که در حرکت‌شناسی آموختیم، جسم دارای تندی است و به این تندی، تندی خطی می‌گوییم.

$$S = \frac{L}{t} \Rightarrow S = \frac{۲\pi R}{T}$$

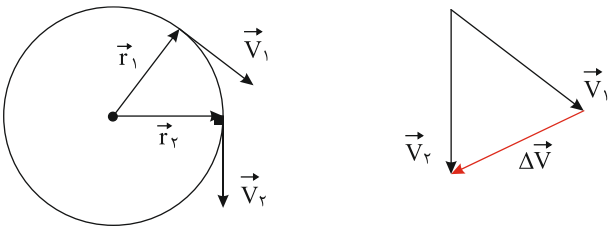
این رابطه برای محاسبهٔ تندی لحظه‌ای متحرک است این تندی همواره مماس بر مسیر دایره است.

مثال: پرهٔ یک بالگرد با دورهٔ ۰/۰۳s بطور یکنواخت می‌چرخد. اگر شعاع پره ۲/۵ متر باشد، تندی نوک پره چقدر است؟ ($\pi \approx 3$)

مثال: قطر یک میل‌لنگ ۴cm است. اگر تعداد دور در دقیقه آن ۲۴۰۰ باشد. دوره آن چقدر است؟ تندی نقطه‌ای روی لبه آن چقدر است؟

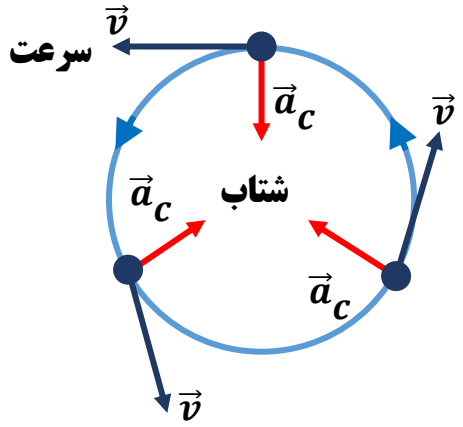
شتاب در حرکت دایره‌ای یکنواخت

در کتاب درسی فقط حرکت دایره‌ای یکنواخت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این حرکت با این‌که حرکت یکنواخت است یعنی اندازهٔ سرعت ثابت می‌ماند ولی چون جهت سرعت پیوسته تغییر می‌کند در نتیجه شتابی دارد که توسط این شتاب جهت سرعت تغییر کند.



با توجه به شکل مقابل سرعت در دو لحظهٔ t_1 و t_2 رسم شده است.

با رسم بردارهای $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_2$ در کنار هم مشاهده می‌شود که ΔV به سمت مرکز دایره می‌باشد بنابراین شتاب متوسط نیز در جهت مرکز دایره بوده و از این‌رو به آن شتاب مرکزگرا می‌گوییم:



a: شتاب مرکزگرا $\frac{m}{s^2}$

r: شعاع دوران (m)

$$a = \frac{V^2}{r}$$

مثال: پره‌های یک بالگرد (هلیکوپتر) در هر دقیقه ۹۰۰ دور می‌گردد. کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید.

الف) دوره.

ب) تندی و شتاب مرکزگرای نقطه‌ای که فاصلهٔ آن از محور دوران ۳m است.

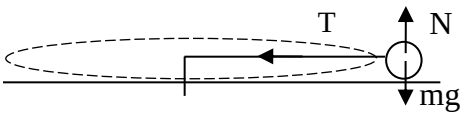
مثال: خودرویی در یک میدان به شعاع ۱۶۰m با تندی ۷۲km/h در حال دور زدن است. شتاب مرکزگرای خودرو را محاسبه کنید.

دینامیک حرکت دایره‌ای یکنواخت

$$F = \frac{mV^2}{r}$$

جسم با سرعت ثابت روی سطح افقی بدون اصطکاک توسط نخ حول مرکز دایره‌ای به شعاع r دوران می‌کند.

در این حالت چون فقط T در جهت مرکز دوران است پس T نیروی مرکزگراست.



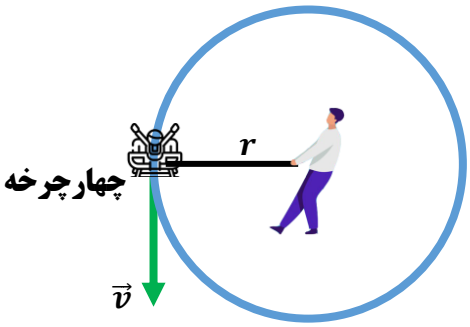
$$F_s = F_r$$

برای اتومبیلی که یک پیچ افقی را دور می‌زند نیروی اصطکاک ایستایی نیروی مرکزگراست.

مثال: مطابق شکل، شخصی یک چهارچرخه را با طناب ۱/۸ متری روی سطح افقی زمین به گونه‌ای می‌کشد که چهارچرخه با تندی ۳m/s روی دایره‌ای حرکت کند. اگر حرکت یکنواخت و نیروی کشش طناب ۱۲۰N باشد، با صرف‌نظر کردن از اصطکاک،

الف) دورهٔ چهارچرخه چند ثانیه است؟ ($\pi \approx 3$)

ب) جرم چهارچرخه چقدر است؟



مثال: حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ‌های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با تندی $۵۴\frac{km}{h}$ پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن ۵۰m است، دور بزند؟

حرکت ماهواره به دور زمین: در این حرکت نیروی مرکزگرا همان نیروی گرانش است و شتاب مرکزگرا همان شتاب g' در آن نقطه می‌باشد.

$$a_c = g' = \frac{GM_e}{r^۲}$$

$$r = h + R_e$$

$$F_r = F = \frac{GmM_e}{r^۲}$$

$$\frac{GmM_e}{r^۲} = \frac{mv^۲}{r} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{GM_e}{r}}$$

مثال: ماهواره‌ای به جرم ۲۰۰kg در ارتفاع ۳۶۰۰ کیلومتری زمین در حرکت است. کمیت‌های زیر را حساب کنید.

الف) نیروی مرکزگرا

$G = ۶ \times ۱۰^{-۱۱} \frac{Nm^۲}{kg^۲}$ $\quad R_e = ۶۴۰۰km$

ب) تندی ماهواره

$M_e = ۶ \times ۱۰^{۲۴} kg$

ت) دوره گردش