فصل دوم: دینامیک

دینامیک:

علمی است که به بررسی حرکت اجسام، به همراه بررسی عوامل مؤثر بر حرکت می‌پردازد. به عوامل مؤثر بر حرکت نیرو می‌گوئیم.

نیرو: به اثر متقابل دو جسم روی یک‌دیگر را نیرو می‌گوئیم (اندر کنش داخلی بین دو جسم را نیرو گوئیم.)

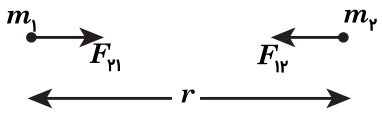
به زبان عامیانه:

معرفی نیروها:

۱. گرانش عمومی نیوتن:

نیروی جاذبه‌ای که بین دو جسم دارای جرم، به علت داشتن جرم، وجود دارد را گرانش عمومی نیوتون گویند.

اگر جرم‌های m_1 و m_2 در فاصلهٔ r از هم قرار داشته باشند، این نیرو از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.



$$|F_{12}| = |F_{21}| = F$$

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

در این رابطه جرم‌ها بر حسب کیلوگرم (kg) و فاصله برحسب (m) و G ثابت جهانی گرانش است که برابر با:

$$G = \frac{20}{3} \times 10^{-11}\ N \cdot m^2 / (kg)^2$$

نکته: نیروی گرانش بین دو جسم با حاصل‌ضرب جرم‌ها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد.

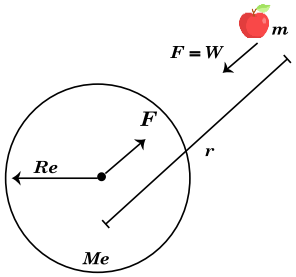
تمرین: دو جسم دارای جرم در فاصله‌ای از هم، به هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر یکی از جرم‌ها ۳ برابر و دیگری ۲ برابر و فاصلهٔ بین آن‌ها را نصف کنیم، نیروی گرانش چند F می‌گردد؟

نکته: اگر یکی از جسم‌ها n برابر دیگری جرم داشت ...

تمرین: دو جسم به جرم‌های m و $9m$ در فاصلهٔ $24km$ از هم قرار دارند، جرم m' را در چه فاصله از جسم کوچک‌تر بگذاریم تا به‌حال تعادل قرارگیرد؟

فصل دوم: دینامیک

۲. نیروی وزن (W): همان نیروی گرانش عمومی نیوتون است که بین یک جسم و یک سیاره (مثل زمین) وجود دارد.



$$W = F = \frac{G M_e m}{r^2}$$

با توجه به این‌که در هر محل، حاصل‌ضرب $\frac{GMe}{r^2}$ مقدار مشخصی است، می‌توان آن را با g آن محل نام‌گذاری کرد:

شتاب گرانش محل $g = \frac{G M_e}{r^2}$

الف) منطقهٔ $W = mg$ وزن جسم در هر منطقه

ب) $g \times \frac{1}{r^2}$ (در این رابطه فاصلهٔ منطقه تا مرکز سیاره است.)

با توجه به روابط بالا، شتاب گرانش در سطح زمین به‌صورت زیر می‌آید:

$$r = \mathrm{Re} \longrightarrow g = \frac{GMe}{\mathrm{Re}^2} \simeq ۹٫۸۱ \, m/s^2$$

تمرین: جسم m در فاصلهٔ r از مرکز زمین دارای وزن $W_۱$ و جرم $۴m$ در فاصلهٔ $۳r$ از مرکز زمین، دارای وزن $W_۲$ می‌باشد، نسبت $\frac{W_۲}{W_۱}$ را بیابید.

تست: اگر از سطح زمین به میزان $۴\mathrm{Re}$ دورتر برویم، شتاب گرانش محل چند برابر می‌شود؟ (Re شعاع زمین می‌باشد.)

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۱۶}$ ۳) $\frac{۱}{۲۵}$ ۴) ۱۶

تست: اگر جسمی را از فاصلهٔ $۲\mathrm{Re}$ از سطح زمین، به میزان $۵\mathrm{Re}$ دیگر دورتر ببریم، وزن جسم چند برابر می‌شود؟ (Re شعاع زمین است.)

۱) $\frac{۵}{۲}$ ۲) $\frac{۲۵}{۴}$ ۳) $\frac{۱}{۶۴}$ ۴) $\frac{۹}{۶۴}$

تست: نقطهٔ A در ارتفاع h از سطح زمین و نقطهٔ B در ارتفاع $۴h$ از سطح زمین است. نسبت $\frac{g_B}{g_A}$ کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۱۶}$ ۳) $\frac{۱}{۲۵}$ ۴) نمی‌توان تعیین کرد.

فصل دوم: دینامیک

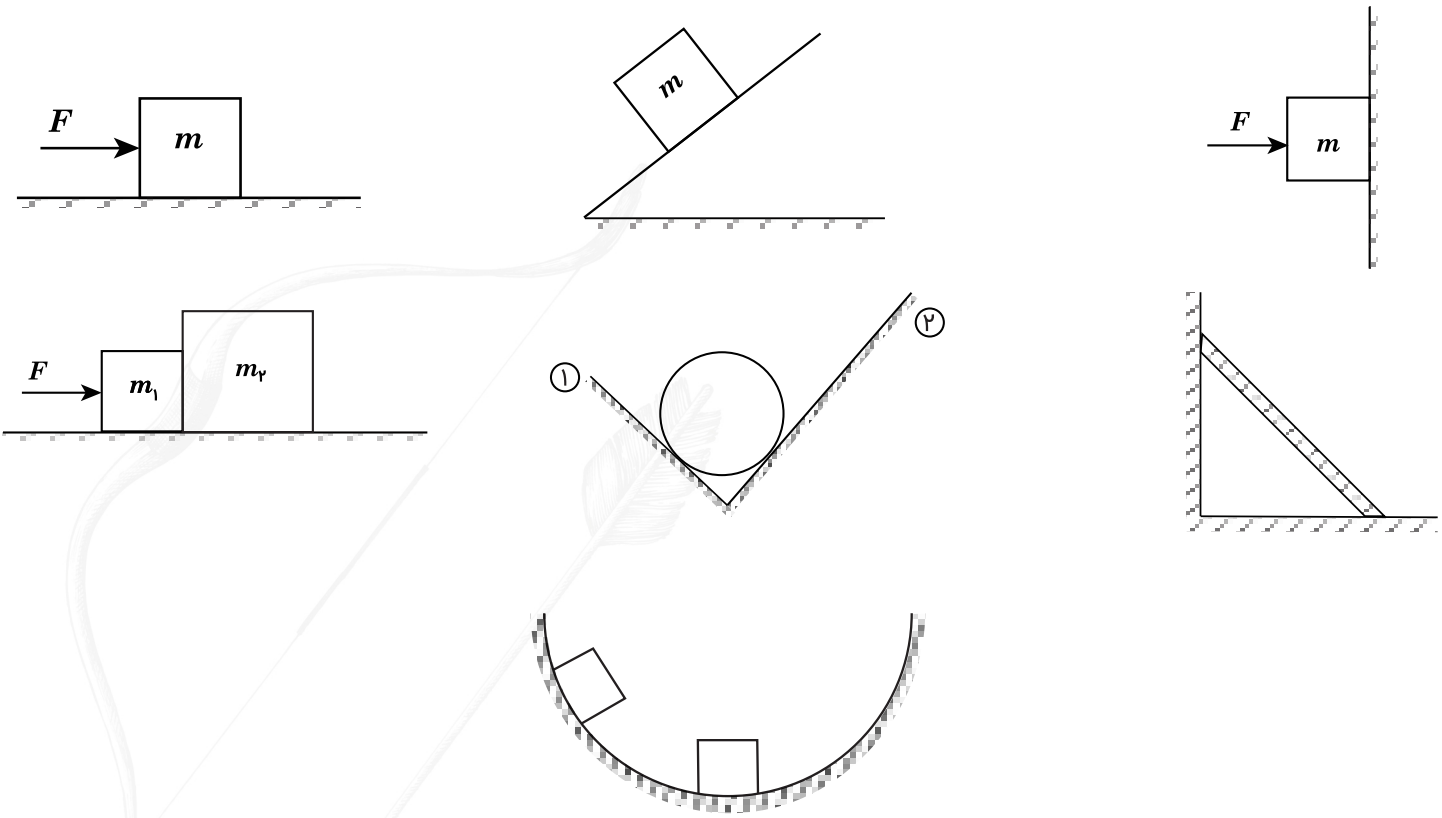
تمرین: شعاع سیارهٔ A، ۴برابر سیارهٔ B و فاصلهٔ نقطهٔ a تا مرکز سیاره A، ۳ برابر فاصلهٔ نقطهٔ b از مرکز سیارهٔ B است. $\frac{g_a}{g_b}$ را محاسبه کنید. (جنس سیاره‌ها یکسان است.)

۳. نیروی عمودی سطح، عکس‌العمل عمودی سطح (N)

نکته:

هرگاه دو سطح با هم در تماس باشند، عمود بر سطح تماس آن‌ها، نیروی دافعه‌ای از یکی بر دیگری وارد می‌شود که نیروی عمودی تکیه‌گاه نام دارد.

تمرین: در شکل‌های زیر نیروهای عمودی تکیه‌گاه را رسم کنید.



نکته: نیروی عمودی تکیه‌گاه فرمول مشخص ندارد و در هر مسئله و با هر شرایطی، به طریقی خاص به‌دست می‌آید. در ادامه نحوهٔ به‌دست آوردن نیروی عمودی تکیه‌گاه را یاد می‌گیریم.

فصل دوم: دینامیک

۴. نیروی کشسانی فنر

نیرویی که باعث شود، فنر به میزان Δx نسبت به وضع عادی خود تغییر طول پیدا کند، نیروی کشسانی فنر نام دارد.
نیروی کشسانی فنر با تغییر طول فنر رابطهٔ مستقیم داشته و به جنس فنر نیز وابسته است:

$$F = k.\Delta x$$

F: نیروی کشسانی فنر (N) Δx : تغییر طول فنر (m) k: ثابت فنر، سختی فنر $\left(\frac{N}{M}\right)$

ثابت فنر، سختی فنر (k): نیروی لازم برای تغییر طول فنر به میزان $1m$ را گویند.

نکته: رابطهٔ فوق در اصل $F = -k\Delta x$ می‌باشد که به آن قانون هوک می‌گویند. علامت منفی به این علت است که نیروی فنر F همواره نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی فنر می‌باشد و می‌خواهد جسم متصل به فنر را به مکان اولیه‌اش برگرداند.

نکته: ثابت فنر (سختی فنر) از مشخصات فنر است و به چگونگی تشکیل آن، ترکیب مواد، تعداد حلقه‌ها و ضخامت حلقه‌های فنر بستگی دارد.

تست: فنری به طول 40cm و ثابت $50\frac{\text{n}}{\text{m}}$ را در اختیار داریم، اگر به این فنر نیروی 6n وارد کنیم طول فنر به چند cm می‌رسد؟

۱) ۵۲ ۲) ۲۸ ۳) ۱۲ ۴) گزینه‌های ۱ و ۲ صحیح است.

تست: فنری به ثابت $۴۰\frac{N}{M}$ از سقف آویزان است. اگر به آن وزنهٔ $۶۰۰g$ ببندیم، طول آن به $۱۵۰cm$ می‌رسد. طول اولیهٔ فنر چند سانتی‌متر بوده است؟

۱) ۱۳۰ ۲) ۱۳۲ ۳) ۱۳۵ ۴) ۱۲۵

تست: فنری به طول $l_۰$ از سقف آویزان است. اگر به آن فنر وزنهٔ $۳۰۰g$ ببندیم، طول آن به $۵۰cm$ می‌رسد و اگر به آن فنر، وزنه، $۴۰۰g$ ببندیم طول آن به $۵۲cm$ می‌رسد، $l_۰$ چند سانتی‌متر است؟

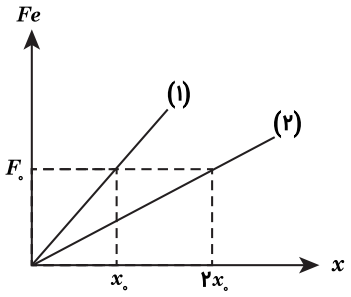
۱) ۴۸ ۲) ۴۶ ۳) ۴۴ ۴) ۴۲

فصل دوم: دینامیک

تست: اگر به فنر نیروی کششی $۲۰N$ وارد کنیم، طول آن به $۶۰cm$ می‌رسد. اگر به آن فنر نیروی کششی $۴۰N$ وارد کنیم، طول آن به چند cm ممکن است برسد؟

۱) ۵۵ ۲) ۱۰۵ ۳) ۱۲۵ ۴) ۱۶۰

تست: نمودار نیروی کشسانی برحسب تغییر طول برای دو فنر متفاوت مطابق شکل مقابل است. به انتهای فنر (۱) جسمی به جرم $m_۱$ و به انتهای فنر (۲) جسمی به جرم $m_۲$ آویزان می‌کنیم. اگر بعد از رسیدن به تعادل افزایش طول فنر (۱)، ۲برابر افزایش طول فنر (۲) باشد، حاصل $\frac{m_۲}{m_۱}$ کدام است؟

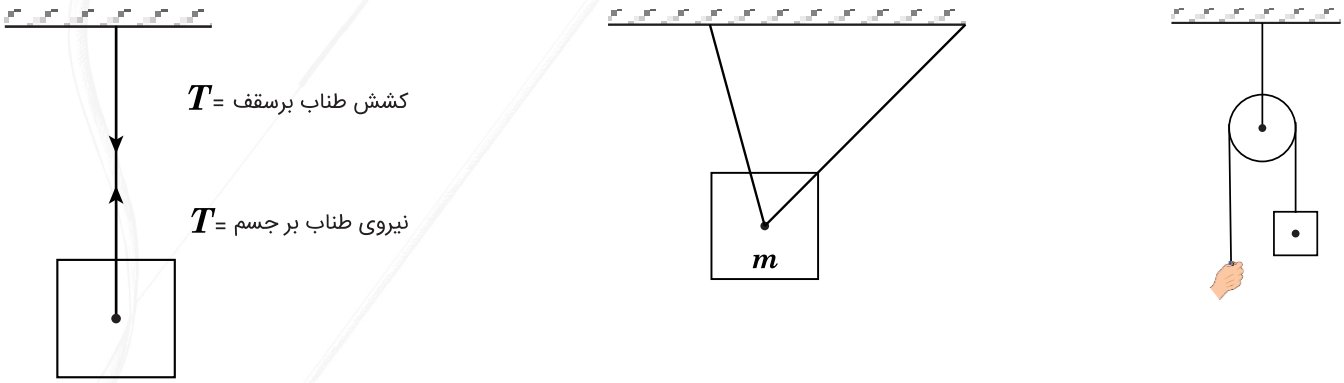


۱) ۴ ۲) $\frac{۱}{۴}$

۳) ۲ ۴) $\frac{۱}{۲}$

۵. نیروی کششی طناب

اگر طناب را از دو طرف تحت کشش قرار دهیم، نیروی مقاومت طناب در برابر پاره شدن، سبب می‌شود که طناب بر دو طرف (دو جسمی که به آن متصل است.) نیرو وارد کند. نیروی طناب بر دو جسم یا دو نقطه‌ای که از دو طرف به آن‌ها وصل است همواره به طرف داخل (یا وسط) طناب است. نیروی کششی طناب را با T نشان می‌دهیم.



مثال‌های عددی این نیرو نیاز به دانستن قوانین نیوتونی دارد و در ادامه به تفصیل میان خواهد شد.

فصل دوم: دینامیک

۶. نیروی اصطکاک

با توجه به این‌که بیان کامل این نیرو به قانون اول نیوتون وابسته است، ابتدا باید قانون اول را یاد بگیریم و در ادامه نیروی اصطکاک به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

– قوانین حرکت نیوتون:

۱. قانون اول

۲. قانون دوم

۳. قانون سوم

قانون اول نیوتون:

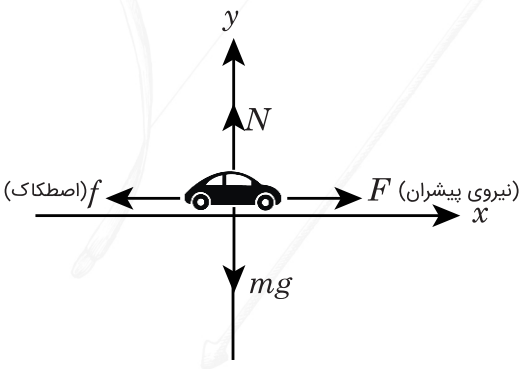
هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر شود، در صورتی‌که آن جسم ساکن باشد، ساکن می‌ماند و در صورتی‌که در حال حرکت باشد، به حرکت با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

$$\sum \vec{F} = 0 \longrightarrow \vec{a} = 0 \longrightarrow \vec{V} = 0 \text{ یا } \vec{V} = \text{مقدار ثابت}$$

لختی: به این خاصیت اجسام که میل دارند وضع حرکتی خود را در غیاب نیرو حفظ کنند، لختی می‌گویند. جرم یک جسم معیاری از مقدار لختی جسم در برابر تغییر حرکت است. هرچه جرم جسم بیش‌تر باشد، بر اثر اعمال نیروی ثابت شتاب کم‌تری پیدا می‌کند.

کاربردهای لختی (قانون اول):

نکته: قانون اول نیوتون را می‌توان به‌صورت‌برداری، یعنی در یک جهت خاص نیز استفاده نمود، به‌طور مثال اتومبیلی که در خیابان افقی در حال حرکت است، نیروهایی مطابق شکل بر آن وارد می‌شود:



فصل دوم: دینامیک

تحلیل قانون اول:

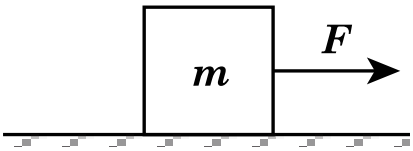
راستای x: با توجه به این‌که ثابت بودن سرعت در این راستا قطعی نیست، نمی‌توان از قانون اول استفاده نمود.

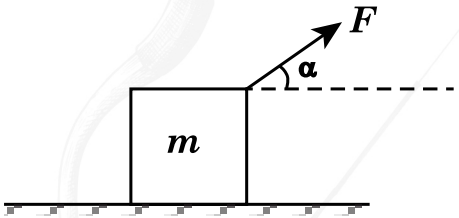
راستای y: با توجه به این‌که در این راستا هیچ حرکتی نداریم، قطعاً قانون اول صدق می‌کند:

$$\sum F_y = 0 \longrightarrow N = mg$$

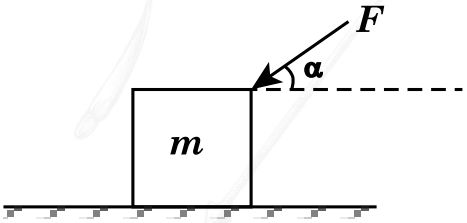
نکته: در حل تمامی مسائل، پس از رسم نیروها می‌توان آن‌ها را در دو راستای حرکت و عمود بر حرکت تجزیه نمود. چون در راستای عمود بر حرکت هیچ حرکتی نداریم، برآیند نیروها در آن راستا صفر است. (N به‌دست می‌آید.)

تمرین: نیروی عمودی تکیه‌گاه را در شکل‌های زیر به‌دست آورید.

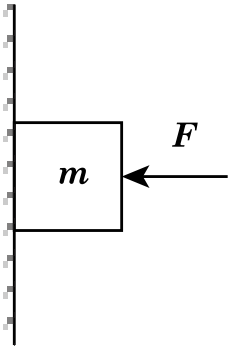


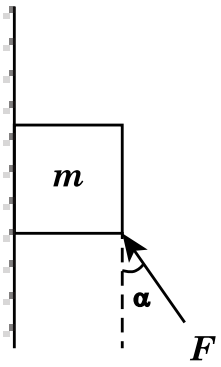


(حرکت افقی است)



فصل دوم: دینامیک

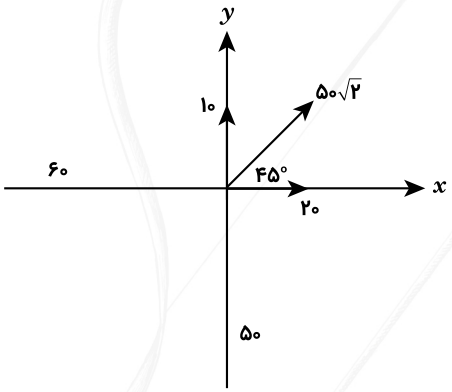




تست: شخصی وزنه‌ای به جرم $7kg$ را تحت زاویهٔ $37°$ با افق، یک بار با نیروی $100N$ می‌کشد و یک بار می‌راند. نسبت نیروی عمودی سطح در حالت کشش به رانش کدام است؟

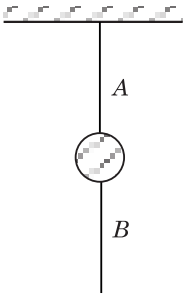
۱) ۱ ۲) $\frac{1}{13}$ ۳) $\frac{6}{7}$ ۴) $\frac{1}{6}$

تمرین: در شکل مقابل، چه نیرویی به مجموعه اضافه کنیم تا جسم در مرکز مختصات به حال سکون بماند؟



فصل دوم: دینامیک

تمرین: در شکل مقابل به آرامی گوی را از پایین نخ در نقطهٔ A پاره شده و اگر به سرعت و ناگهان بکشیم در B پاره می‌شود، علت چیست؟



تمرین: نیروهای $\alpha\vec{i}-\vec{j}$ و $۴\alpha\vec{i}-\beta\vec{j}$ و $-۳\vec{i}-\frac{\beta}{۲}\vec{j}$ بر جسمی وارد شده‌اند و جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. نسبت $\frac{\alpha}{\beta}$ را بیابید.

تمرین: نیروهای $۶N$, $۸N$, $۱۰N$, FN و $۱۵N$ بر جسمی اثر کرده و جسم ساکن است. اگر نیروی $۸N$ حذف شود، برآیند نیروهای دیگر چند نیوتون می‌گردد؟

۱) ۱۰ ۲) ۳۱

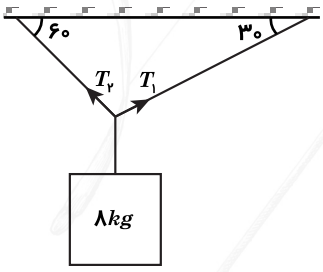
۳) ۸ ۴) داده‌های مسئله کافی نیست.

نکته: اگر ...

تست: نیروهای $۶N$, $۸N$, FN , $۱۳N$ بر جسمی اثر کرده و جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. اگر نیروی $۶N$ قرینه گردد، برآیند نیروها چند نیوتون می‌گردد؟

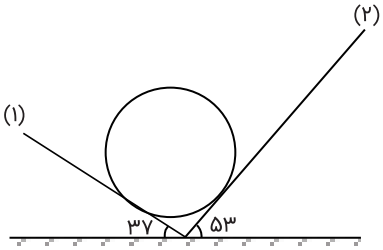
۱) ۶ ۲) ۲۴ ۳) ۱۲ ۴) داده‌ها کافی نیست.

تست: در شکل مقابل، جسم به حال تعادل است، نیروهای $T_۱$ و $T_۲$ هر یک چند نیوتون می‌باشند؟



فصل دوم: دینامیک

تست: در شکل مقابل نیرویی که از طرف سطح (۱) و (۲) بر گوی وارد می‌شود به‌ترتیب چند نیوتن است؟ (وزن گوی $۵۰N$ است.)



۱) ۵۰ و ۵۰

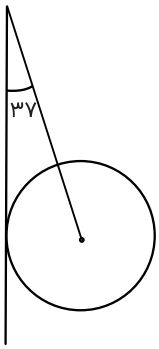
۲) ۲۵ و ۲۵

۳) ۳۰ و ۴۰

۴) ۴۰ و ۳۰

۵) ۲۰ و ۳۰

تست: در شکل مقابل، کرهٔ فلزی به جرم $۲۰kg$ به دیواری که اصطکاک آن ناچیز است، آویزان است. اگر نیروی عمودی سطح بر کره $۱۵۰N$ باشد، نیروی کشش نخ چند نیوتن است؟ $(\text{Sin}۳۷ = ۰/۶ \ , \ \text{Cos}۳۷ = ۰/۸)$



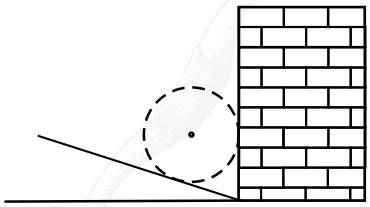
۱) ۲۵۰

۲) ۲۰۰

۳) ۱۶۰

۴) ۱۲۰

تست: در شکل مقابل، واکنش دیوار قائم روی جسم کروی R و واکنش سطح شیب‌دار روی جسم R' است. اگر اصطکاک ناچیز باشد و جرم جسم $۴۰kg$ و $R' = \frac{۵}{۳}R$ باشد، مقدار R چند نیوتون است؟



۱) ۵۰۰

۲) ۳۰۰

۳) صفر

۴) ۴۰۰

نیروی اصطکاک

هرگاه دو سطح تعادل داشته باشند که روی هم بلغزند، نیرویی به موازات سطح از حرکت هر یک روی دیگری جلوگیری می‌کند که به آن اصطکاک گویند.

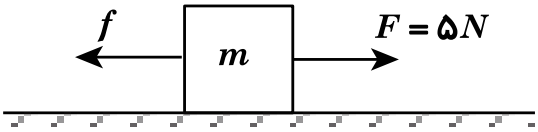
نیروی اصطکاک بر دو نوع است:

الف) نیروی اصطکاک در زمان سکون جسم، که به آن نیروی اصطکاک ایستایی می‌گویند. (f_s)

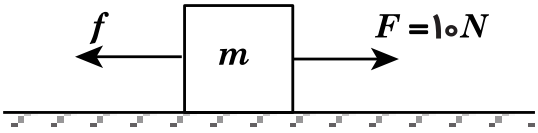
ب) نیروی اصطکاک در زمان حرکت جسم، که به آن نیروی اصطکاک جنبشی (حرکتی) می‌گویند. (f_k)

فصل دوم: دینامیک

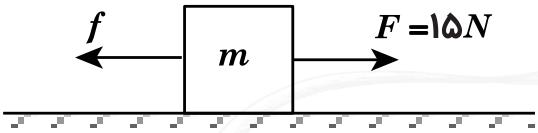
با توجه به قانون اول نیوتن، می‌توان نیروی اصطکاک را به‌صورت زیر بررسی نمود:



⟵ جسم حرکت نمی‌کند.



⟵ جسم حرکت نمی‌کند.



⟵ جسم حرکت نمی‌کند ولی در آستانهٔ حرکت قرار میگیرد.

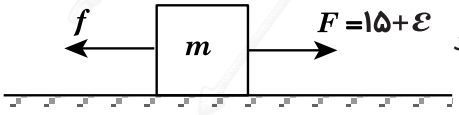
نکته: نیروی اصطکاک ایستایی دارای مقدار مشخصی نمی‌باشد و برابر است با برآیند نیروهای در راستای حرکت که به جسم وارد می‌شود. (f_s با معرفت است.)

نکته: $f_{s_{max}}$ را می‌توان از رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

$$f_{s_{max}} = \mu_s . N$$

N: نیروی عمودی تکیه‌گاه **μ_s: ضریب اصطکاک ایستایی**

محاسبهٔ $f_{s_{max}}$، به این جهت است‌که بررسی کنیم آیا نیروی وارد بر جسم، قادر به حرکت جسم از حال سکون می‌باشد یا خیر.



جسم حرکت می‌کند ⟵

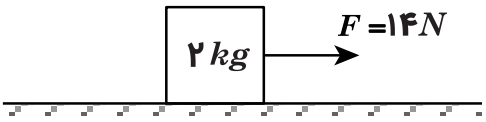
فصل دوم: دینامیک

$$f_k = \mu_k . N$$

μ_k : ضریب اصطکاک جنبشی

N: نیروی عمودی تکیه‌گاه

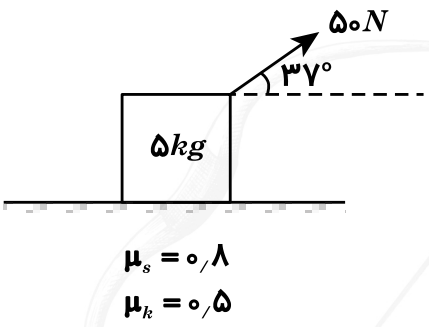
تمرین: به جسم ساکن به‌صورت مقابل نیرو وارد می‌کنیم، نیروی اصطکاک را به‌دست آورید.



$\mu_s = ۰/۵$
$\mu_k = ۰/۳$

تمرین: نیروی اصطکاک ایستایی را با نیروی اصطکاک جنبشی از نظر بزرگی مقایسه کنید.

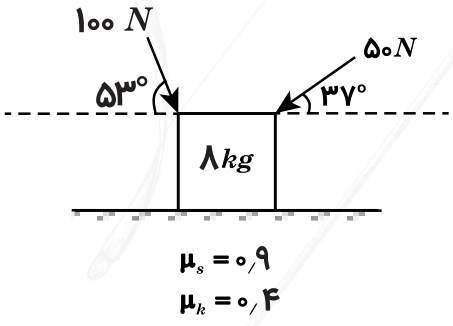
تست: به جسم ساکنی مطابق شکل مقابل نیرو وارد می‌کنیم. نیروی اصطکاک کدام است؟



$\mu_s = ۰/۸$
$\mu_k = ۰/۵$

۱) ۴۰
۲) ۳۰
۳) ۱۰
۴) ۶

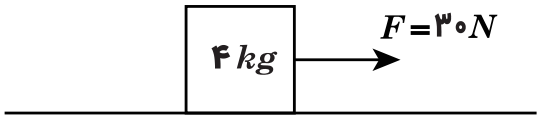
تست: در شکل مقابل به جسمی که ساکن است نیرو وارد می‌کنیم. نیروی اصطکاک کدام است؟



$\mu_s = ۰/۹$
$\mu_k = ۰/۴$

۱) ۱۰۰
۲) ۱۱۷
۳) ۵۲
۴) ۷۲

فصل دوم: دینامیک



تست: در شکل مقابل توسط نیروی افقی F، جسم را با سرعت ثابت روی سطح می‌کشیم. نیروی وارد بر جسم از طرف سطح چند نیوتن است؟

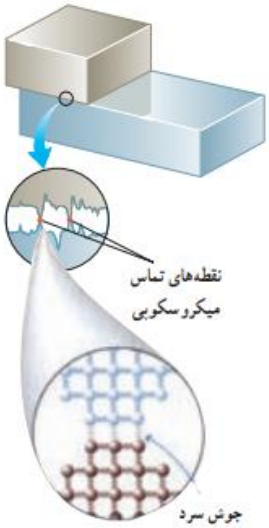
۱) ۳۰ ۲) ۴۰

۳) ۵۰ ۴) ۷۰

نکته: منظور از نیروی سطح یا عکس‌العمل سطح، تمام نیروهای وارده از طرف سطح می‌باشد، اعم از نیروی عمودی تکیه‌گاه و اصطکاک

دیدگاه میکروسکوپی:

نیروی اصطکاک جمع برداری بی‌نهایت نیروی اتم‌های سطح یک جسم و جسم دیگر است. اگر دو جسم کاملاً صاف و صیقلی باشند، تمام نقاط دو جسم با هم درگیر می‌باشند و مثل این است که به هم جوش خورده‌اند و به‌راحتی روی هم حرکت نمی‌کنند. اما اگر دو سطح معمولی روی هم قرار گیرند مطابق شکل مقابل، تعدادی نقطهٔ جوش خورده داریم که پس از حرکت اول جوش‌ها پاره شده و سپس جوش خورده و مجدداً پاره می‌شوند.

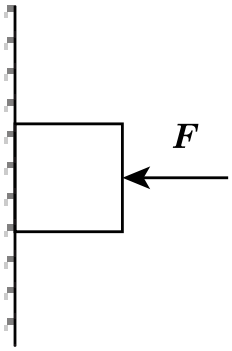


سطح میکروسکوپی تماس بسیار کوچک‌تر از سطح ظاهری (حدود 10^4 مرتبه کوچک‌تر) می‌باشد. نیروی اصطکاک ایستایی به مساحت سطح تماس بستگی دارد ولی نیروی اصطکاک جنبشی به‌طور محسوس به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد.

تمرین: در شکل مقابل ضریب اصطکاک ایستایی کلیهٔ سطوح $M_s = 0/5$ است و جرم نردبام $4kg$ است. اگر نردبام در آستانهٔ سرخوردن باشد، نیرویی عمودی سطح زمین و اصطکاک را برای زمین و دیوار قائم بیابید.

فصل دوم: دینامیک

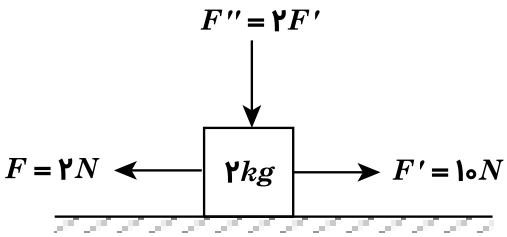
تست: جسمی مطابق شکل مقابل با نیروی F به دیوار فشرده شده و در آستانهٔ حرکت است اگر نیروی F افزایش یابد، چند مورد از کمیت‌های زیر افزایش می‌یابد؟



الف) ضریب اصطکاک ایستایی
ب) نیروی اصطکاک ایستایی
پ) نیروی عمودی سطح
ت) نیروی سطح وارد شده به جسم

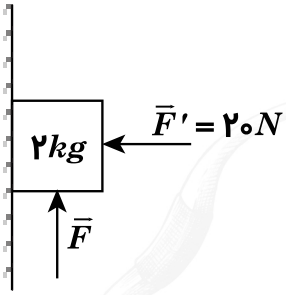
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست: در شکل مقابل، جسم در آستانهٔ حرکت به طرف راست است. نیروی افقی F را چند نیوتن افزایش دهیم تا جسم در آستانهٔ حرکت به طرف چپ قرار گیرد؟



۱) ۲۰ ۲) ۱۸
۳) ۱۶ ۴) ۸

تست: در شکل مقابل، نیروی F چند نیوتن باشد تا جسم در آستانهٔ حرکت به‌سمت بالا باشد؟ $\left(\mu_s = ۰/۴ \text{ و } g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}\right)$



۱) ۱۲ ۲) ۲۰
۳) ۲۸ ۴) ۳۶

قانون دوم نیوتن:

هرگاه برآیند نیروهای وارد بر جسم $\vec{F}$ باشد جسم در جهت برآیند نیروها شتاب می‌گیرد (لزوماً در آن جهت حرکت نمی‌کند) که اندازهٔ آن شتاب با برآیند نیروها نسبت مستقیم و با جرم نسبت عکس دارد.

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

تعریف: اگر به جسم ساکنی نیرو وارد شود، جسم در جهت نیرو و روی خط راست می‌رود.

فصل دوم: دینامیک

در صورتی‌که جسم در حال حرکت باشد. اگر نیرو، در راستای حرکت باشد، (چه در جهت و چه در خلاف جهت حرکت) باز هم روی خط راست ادامه می‌دهد.

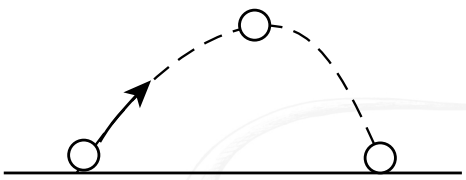
اما اگر نیرو با سرعت، زاویه‌ای غیر از 0° یا 180° بسازد، دیگر مسیر حرکت منحنی خواهد بود.

تمرین: دو نیروی مساوی، اگر با یک‌دیگر زاویهٔ 60° بسازند و بر جسمی اثر کنند، به آن شتاب a می‌دهند و اگر با هم زاویهٔ 90° بسازند و بر همان جسم اثر کنند، به آن شتاب a' می‌دهند، $\frac{a}{a'}$ را بیابید.

تست: نیروهای $\vec{F_1}=i-5j$ و $\vec{F_2}=3i+2j$ و $\vec{F_3}=4i+9j$ بر جسمی به جرم $2kg$ اثر می‌کنند، شتاب جسم چند m/s^2 می‌گردد؟

۱) ۷ ۲) ۲۰ ۳) ۵ ۴) ۱۰

تست: توپی به جرم $400g$ مطابق شکل پرتاب می‌شود. اگر نیروی مقاومت هوا در بالاترین نقطه ۲ نیوتون باشد، شتاب در آن نقطه چند و به کدام طرف است؟



تست: نیروهای $\vec{F_1}=2i-5j$ و $\vec{F_2}=\alpha i+\beta j$ و $\vec{F_3}=5i-2j$ بر جسمی به جرم $3kg$ وارد شده و به آن شتاب به میزان $4 m/s^2$ در راستای محور xها می‌دهند. α کدام است؟

۱) ۵ ۲) -۱۹

۳) گزینه‌های ۱ و ۲ ممکن است. ۴) داده‌های مسئله کافی نیست.

تست: جعبه‌ای به جرم m را توسط نیروی افقی F با شتاب a روی سطح افقی بدون اصطکاکی می‌کشیم. اگر آجری به جرم $2kg$ را در همین حالت درون جعبه قرار دهیم، شتاب $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود. جرم جعبه چند kg است؟

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴)

فصل دوم: دینامیک

تست: نیروهای ۸، ۴، ۱۵، ۱۲، بر جسمی به جرم $3kg$ اثر کرده و جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. اگر نیروی $12N$ حذف گردد، شتاب جسم چند m/s^2 می‌گردد؟

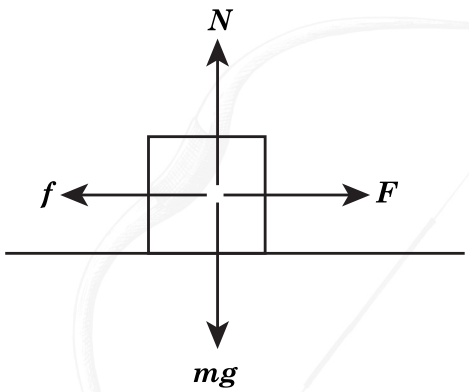
۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) نمی‌توان تعیین کرد.

به کدام طرف است این شتاب؟

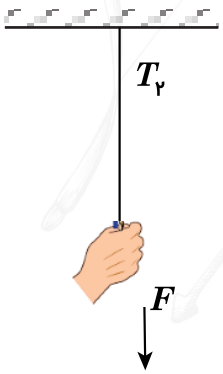
قانون سوم نیوتون:

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌راستا و در خلاف جهت وارد می‌کند، یعنی نیروی عمل (کنش) در یک جسم است و عکس‌العمل (واکنش) در جسم دیگر.

تست: در شکل مقابل جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. عکس‌العمل هر نیرو به چه جسمی وارد می‌شود؟



تست: در شکل مقابل کدام گزینه درست است؟



۱) نیروی F، عکس‌العمل T_2 می‌باشد.

۲) عکس‌العمل F به سقف وارد می‌شود.

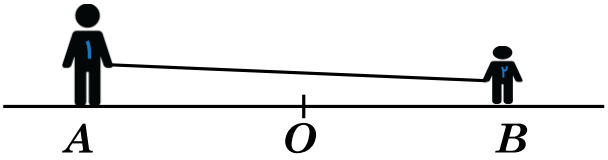
۳) عکس‌العمل T_2 به شخص وارد کننده نیرو وارد می‌شود.

۴) عکس‌العمل T_2 به سقف وارد می‌شود.

۵)

فصل دوم: دینامیک

تست: مطابق شکل مقابل، دو نفر به جرم‌های m_1 و $m_2 = \frac{1}{2}m_1$ روی یک سطح افقی با اصطکاک ناچیز قرار دارند. اگر در ابتدا به فاصله‌های مساوی از نقطهٔ O قرار داشته باشند وسط طنابی هر یک دیگری را به سمت خود بکشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟



۱) در نقطهٔ O به یک‌دیگر می‌رسند.
۲) بین O و B به یک‌دیگر می‌رسند.
۳) بین O و A به یک‌دیگر می‌رسند.
۴) m_1 ساکن می‌ماند و m_2 به او می‌رسد.

نیروی مقاومت هوا:

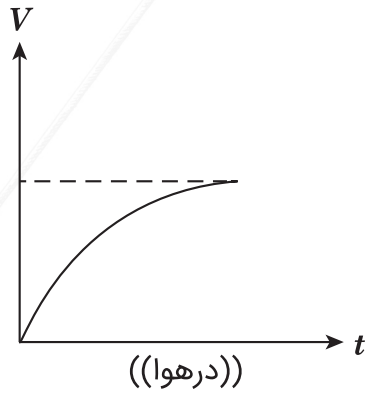
هر جسمی که در هوا در حال حرکت باشد به‌سبب برخورد به مولکول‌های هوا، به جسم در خلاف جهت حرکت نیرو وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت هوا گویند.

این نیرو تابع «مساحت جلوی جسم» و در حال برخورد به هوا و همچنین «سرعت جسم» می‌باشد.

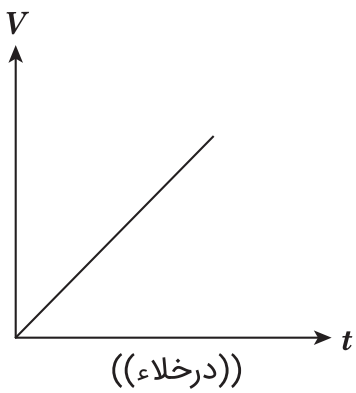
تمرین: جسمی به جرم $2kg$ از ارتفاع ۳۶ متری زمین رهاشده و پس از ۳ ثانیه به زمین می‌رسد. نیروی مقاومت هوا در این حرکت چند است؟ (نیروی هوا را ثابت فرض کنید.)

تندی حد:

وقتی جسمی در هوا سقوط می‌کند رفته رفته سرعتش زیاد شده و نیروی مقاومت هوا هم افزایش یافته تا با وزن جسم برابر گردد. آن‌گاه به سرعت ثابتی رسیده و با آن سرعت به زمین می‌رسد. نمودار «سرعت–زمان» جسم در حال سقوط در خلاء هوا به‌صورت‌های زیر است:



((درهوا))

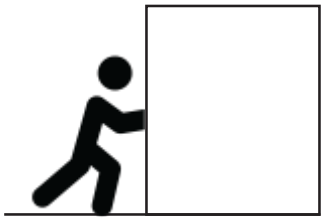


((درخلاء))

فصل دوم: دینامیک

تمرین: دو جسم به جرم‌های $2kg$ و $8kg$ از ارتفاع یکسان رهاشده و به زمین برخورد می‌کنند. اگر نیروی مقاومت هوا برای آن‌ها یکسان بوده و سرعت برخورد به زمین یکی نصف دیگری باشد، نیروی مقاومت هوا چند است؟

تمرین: در شکل‌های مقابل نیروهای عمل و عکس‌العمل را مشخص کنید.



شخص جعبه را هل می‌دهد

شخص روی زمین راه می‌رود

تست: سه گوی یکسان را مطابق شکل با سرعت یکسان به شیوه‌های مختلف پرتاب می‌کنیم. شتاب حرکت کدام بیش‌تر است؟

۱)

۲)

۳)

۴) هر سه یکسان است.

حل مسئله توسط قانون دوم نیوتون:

۱. همهٔ نیروهای وارد بر سیستم به‌غیر از نیروی اصطکاک را رسم می‌کنیم.

۲. تمام نیروها را روی دو راستای حرکت و عمود بر حرکت تجزیه می‌کنیم.

۳. برآیند نیروهای عمود بر راستای حرکت صفر است و با استفاده از قانون اول نیوتون در این راستا، نیروی عمودی تکیه‌گاه به‌دست می‌آید.

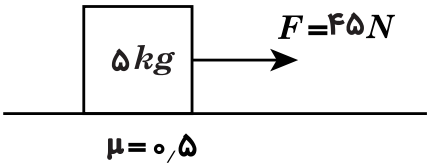
۴. در راستای حرکت نیروی خالص وارد بر جسم را محاسبه کرده و تحقیق می‌کنیم که آیا این نیرو قادر است جسم را به حرکت درآورد یا خیر. اگر جسم به حرکت درآمده نیروهای در جهت حرکت را محرک و نیرهای در خلاف جهت حرکت را مقاوم گوئیم:

آن‌گاه می‌نویسیم: شتاب سیستم × جرم سیستم = مقاوم – محرک

فصل دوم: دینامیک

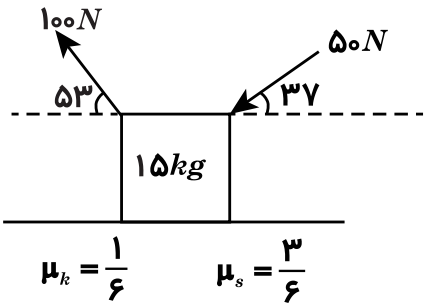
الف) حرکت روی سطح افقی

تست: در شکل مقابل، سرعت جسم پس از $3s$ از شروع حرکت چند m/s است؟



۱) ۴
۲) ۱۲
۳) ۱۸
۴) ۲۷

تست: در شکل مقابل، به جسم ساکن نیرو وارد می‌کنیم، جسم پس از گذشت $4s$ چند متر جابه‌جا می‌شود؟

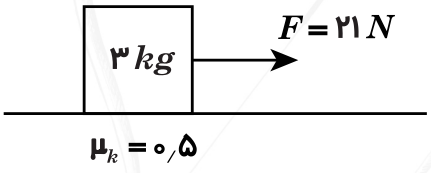


۱) ۲
۲) ۸
۳) ۱۶
۴) صفر

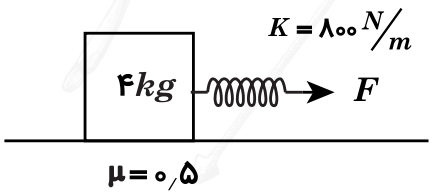
تمرین: گلوله‌ای را با سرعت $20 m/s$ روی سطح افقی به ضریب اصطکاک $\mu_k = 0/5$ پرتاب می‌کنیم، این گلوله پس از چند متر متوقف می‌شود؟

نکته: در پرتاب افقی روی سطح افقی، شتاب حرکت به .....

تمرین: در شکل مقابل، پس از گذشت ۱۰ ثانیه از شروع حرکت، نیروی F قطع می‌شود، چند ثانیه پس از قطع نیرو، جسم متوقف می‌گردد؟



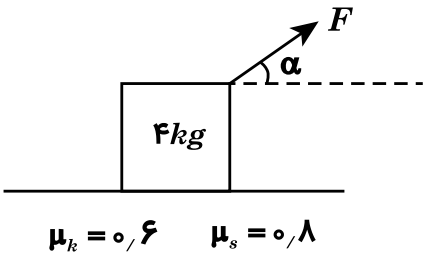
تست: در شکل مقابل، اگر جسم پس گذشت $4s$ از شروع حرکت به میزان $40m$ جابه‌جا می‌شود، تغییر طول فنر چند cm است؟



۱) ۲/۵
۲) ۵
۳) ۱۰
۴) ۲۰

فصل دوم: دینامیک

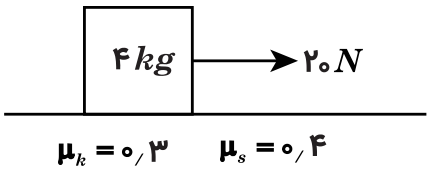
تست: در شکل مقابل، شتاب حرکت مجموعه $۳\,m/s^۲$ است، حداکثر چه نیرویی افقی به جسم بیافزاییم تا جسم با شتاب $۵\,m/s^۲$ ادامه حرکت دهد؟



۱) ۸
۲) ۴
۳) ۳۲
۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

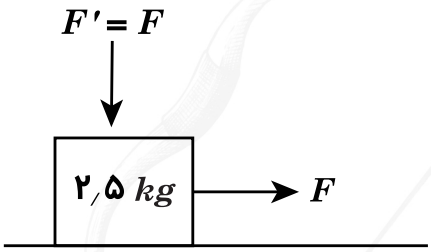
نکته: هر نیرویی در ایجاد شتاب به‌طور جداگانه عمل می‌کند.

تست: در شکل مقابل، جسم از حال سکون، در مسیر در لحظهٔ $t=۰$ تحت نیروی ثابت به حرکت در می‌آید و بعد از $۳s$ نیرو قطع می‌شود. کل مسافتی که جسم از شروع حرکت تا لحظهٔ ایستادن طی می‌کند، چند متر است؟ $\left(g=۱۰\,m/s^۲\right)$



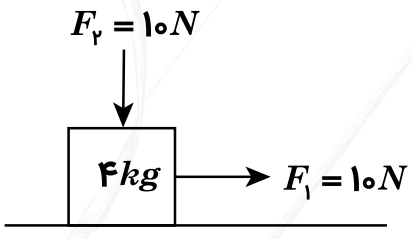
۱) صفر
۲) ۱۲
۳) ۹
۴) ۱۸
۵) ۱۵

تست: در شکل مقابل، ضریب اصطکاک جنبشی ۰/۴ و شتاب حرکت جسم ۲/۵ کیلوگرمی، $۲\,m/s^۲$ است. نیروی F' را چند نیوتون افزایش دهیم تا حرکت جسم یکنواخت شود؟ $\left(g=۱۰\,m/s^۲\right)$ و در ابتدا $F=F'$



۱) ۱۲/۵
۲) ۲۵
۳) ۳۷/۵
۴) ۶۲/۵

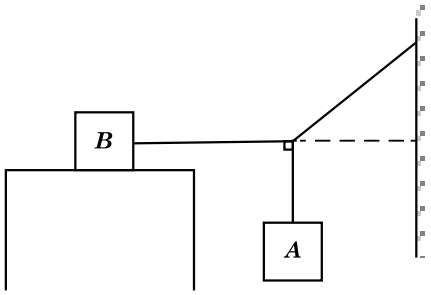
تست: در شکل مقابل، دو نیروی افقی به جسم وارد می‌شود و جسم روی سطح افقی با سرعت ثابت حرکت می‌کند و نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویهٔ $\theta_۱$ با سطح افقی می‌سازد. اگر نیروی $F_۲$ را خلاف جهت نشان داده‌شده در شکل به جسم وارد کنیم، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویهٔ $\theta_۲$ با سطح افقی می‌سازد، کدام گزینه درست است؟



۱) $\theta_۲=\theta_۱<۹۰^\circ$
۲) $\theta_۲=\theta_۱=۹۰^\circ$
۳) $\theta_۲<\theta_۱$
۴) $\theta_۲>\theta_۱$

فصل دوم: دینامیک

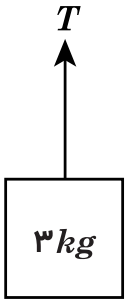
تست: در شکل مقابل، وزن B و A به‌ترتیب $600N$ و $400N$ و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم B و میز ۰/۵ است. اگر جسم B در آستانهٔ حرکت باشد، نیروی کشش نخ متصل به دیوار چند نیوتون است؟



۱) $200\sqrt{13}$
۲) $300\sqrt{13}$
۳) ۷۰۰
۴) ۵۰۰

حرکت در راستای قائم:

تمرین: در شکل مقابل نیروی کشش نخ چقدر باشد تا جسم با شتاب $2 m/s^2$ از حال سکون بالا رود؟



تمرین: در شکل مقابل نیروی کشش نخ چقدر باشد تا جسم با شتاب $2 m/s^2$ از حال سکون پائین برود؟

تمرین: شخصی به جرم $50kg$ در آسانسوری که با شتاب $3 m/s^2$ و به‌صورت تندشونده بالا می‌رود، ایستاده است. چه نیرویی از کف آسانسور به شخص وارد می‌شود؟

تمرین: شخصی به جرم $50kg$ در آسانسوری که با شتاب $3 m/s^2$ و به‌صورت تندشونده پایین می‌رود، ایستاده است. چه نیرویی از کف آسانسور به شخص وارد می‌شود؟

فصل دوم: دینامیک

نکته: در مسائل در راستای قائم، نیرویی که به‌طرف بالا به جسم اثر می‌کند (هم در زمان بالا رفتن و هم در زمان پایین آمدن) معمولاً یکی از نیروهای زیر است:

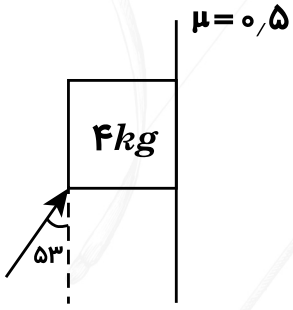
۱. کشش طناب که جسم را بالا یا پایین می‌برد.
۲. کشش کابل آسانسور
۳. نیرویی که از کف آسانسور بر شخص وارد می‌شود.
۴. نیرویی که از شخص به آسانسور وارد می‌شود.
۵. عدد نیروسنج زیر پای شخص که در آسانسور ایستاده است.
۶. وزن ظاهری شخصی که در آسانسور ایستاده است.
۷. عدد نیروسنج متصل به سقف آسانسور که از آن جسمی آویخته است.
۸. نیرویی موجود در فنری که به سقف آسانسور متصل است و از آن جسمی آویخته است.
۹. نیروی بین دو جسمی که یکی از آن‌ها روی دیگری قرار گرفته
تمامی نیروهای فوق از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آیند:

تست: شخصی به وزن W در آسانسوری در حال بالا رفتن است. نیروی وارد از طرف وی به کف آسانسور نسبت به W چگونه است؟

۱) بیش‌تر از W ۲) کم‌تر از W ۳) برابر W ۴) هر سه ممکن است.

تمرین: شخصی در آسانسوری روی نیروسنج ایستاده است و با شتاب $۲\,m/s^۲$ یک بار بالا می‌رود و یک بار با همان شتاب پائین می‌آید. اگر تفاوت عدد نیروسنج در دو مرحله $۲۴۰N$ باشد، جرم شخص چند کیلوگرم است؟

تمرین: در شکل مقابل حداقل و حداکثر نیروی F چقدر باشد تا جسم حرکت نکند.



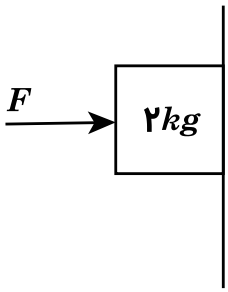
فصل دوم: دینامیک

تمرین: در شکل مقابل نیروی $F = ۲۰N$ به جسم وارد می‌شود و آن را به دیوار هل می‌دهد

اگر نیروی F را ۲برابر کنیم، بگویید:

الف) نیروی اصطکاک چندبرابر می‌شود؟

ب) نیروی سطح چندبرابر می‌شود؟



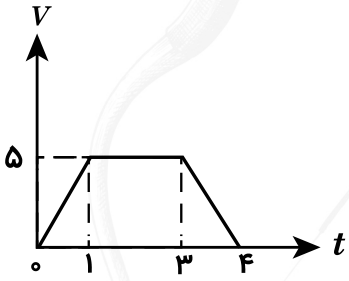
$\mu_k = ۰/۵ \quad \mu_s = ۰/۹$

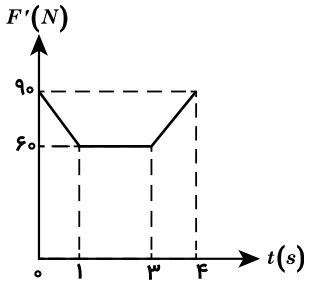
تمرین: از سطح زمین گلوله‌ای به جرم $۲kg$ را با سرعت $۱۰ m/s$ به بالا پرتاب می‌کنیم. این گلوله با سرعت $۸ m/s$ به سطح زمین (نقطهٔ پرتاب) باز می‌گردد. نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت این گلوله چند نیوتون است؟ (نیروی مقاومت هوا را ثابت فرض کنیم.)

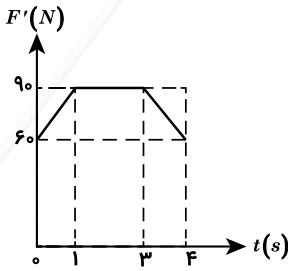
تست: وزنه‌ای به جرم $۲kg$ را به فنر سبکی به‌طول $۴۰cm$ که از سقف آسانسور ساکنی آویزان است، وصل می‌کنیم. بعد از رسیدن وزنه به حالت تعادل، فاصلهٔ آن از کف آسانسور $۱۴۰cm$ است. اگر آسانسور با شتاب ثابت $۲ m/s^۲$ رو به‌بالا شروع به حرکت کند. فاصلهٔ وزنه از کف آسانسور ۱۳۶ است، ثابت فنر چند N/cm است؟ $\left(g = ۱۰ m/s^۲\right)$

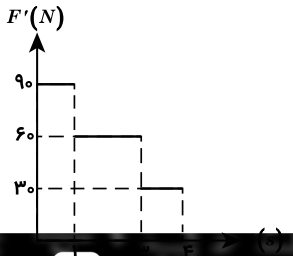
۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) ۱ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۲

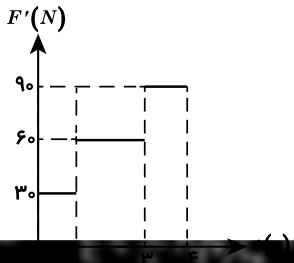
تست: نمودار سرعت–زمان یک آسانسور به‌صورت مقابل است، اگر جسمی به جرم $۶kg$ روی ترازویی داخل این آسانسور قرار داشته باشد. نمودار مقدار نیرویی که ترازو نشان می‌دهد بر حسب زمان در SI کدام است؟ (جهت مثبت را رو به بالا در نظر بگیرید و $g = ۱۰$)



۱)


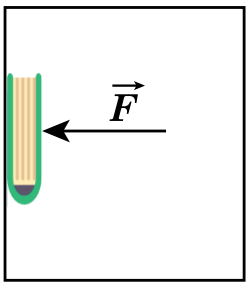
۲)


۳)


۴)


فصل دوم: دینامیک

تست: شخص درون آسانسوری که با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ به‌طرف بالا شروع به حرکت می‌کند، کتابی به جرم $۲kg$ را مطابق شکل مقابل با نیروی افقی $F=۳۲$ به دیوار قائم آسانسور فشرده و کتاب نسبت به آسانسور ساکن است، نیرویی که کتاب به دیوار آسانسور وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $\left(g=۱۰\frac{m}{s^۲}\right)$



۱) ۲۰
۲) ۲۴
۳) ۳۲
۴) ۴۰

تکانه:

طبق قانون دوم نیوتون و تعریف شتاب می‌توان گفت:

$$\vec{F}=m\vec{a}$$
$$a=\frac{\Delta\vec{V}}{t}\Rightarrow F=m\left(\frac{\Delta V}{t}\right)\longrightarrow \vec{F}.t=m.\Delta\vec{V}$$

یعنی اگر نیروی F در مدت t بر جسمی به جرم m اثر کند باعث می‌شود که بردار سرعت آن به میزان $\Delta\vec{V}$ تغییر کند.

نکته: در حالت خاص اگر نیرو در راستای حرکت باشد، در صورتی‌که در جهت حرکت باشد باعث افزایش سرعت و در صورتی‌که در خلاف جهت حرکت باشد باعث کاهش سرعت (تا رسیدن به صفر یا حتی تغییر جهت) می‌گردد.

تمرین: جسمی به جرم $۲kg$ با سرعت $۱۰\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. نیروی $۷N$ در مدت زمان $۴s$ بر این جسم اثر می‌کند، سرعت جسم پس از زمان اثر کردن این نیرو چند $\frac{m}{s}$ است. اگر:

الف) نیرو در جهت حرکت باشد.

ب) نیرو در خلاف جهت حرکت باشد.

– **تکانه، اندازهٔ حرکت** (P): به حاصل‌ضرب جرم در سرعت جسم، اندازهٔ حرکت یا تکانهٔ جسم می‌گویند.

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

m: جرم (kg) $\quad$ $\vec{V}$: سرعت $\left(\frac{m}{s}\right)$ $\quad$ $\vec{P}$: اندازهٔ حرکت $\left(kg\frac{m}{s}\right)$

فصل دوم: دینامیک

نکته: اندازهٔ حرکت (P) کمیتی است برداری که با سرعت لحظه‌ای هم‌جهت است.

$$\vec{F}.t = m\cdot\Delta\vec{V} \Rightarrow \vec{F}\cdot t = m\left(\vec{V_2}-\vec{V_1}\right) = m\vec{V_2} - m\vec{V_1} \Rightarrow \vec{F}\cdot t = \vec{P_2}-\vec{P_1} = \Delta\vec{P}$$

تغییر اندازهٔ حرکت ($\Delta\vec{P}$ یا $m\Delta\vec{V}$) با تغییر سرعت و نیرو و شتاب هم‌جهت است.

نکته: واحد اندازهٔ حرکت در SI، برابر با $kg\,m/s$ یا $N\cdot S$ است.

تست: به جسم ساکنی نیروی $20N$ در مدت $3s$ اثر می‌کند. اندازهٔ حرکت آن به چند واحد SI می‌رسد؟

۱) $\frac{20}{3}$ ۲) ۲۳

۳) ۶۰ ۴) داده‌های مسئله کافی نیست.

تمرین: به دو جسم ساکن به جرم‌های m و $3m$، نیروهای F و $2F$ در زمان‌های مساوی وارد می‌شود، پس از اعمال نیرو سرعت جسم اول چند برابر سرعت جسم دوم است؟

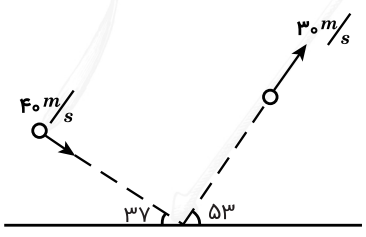
تمرین: گلوله‌ای به جرم $300g$ به‌طور افقی با سرعت $20\,m/s$ به دیوار قائمی برخورد کرده و با همان سرعت و در همان راستا بازمی‌گردد. تغییر اندازهٔ حرکت این گلوله در SI چند است؟ اگر زمان تماس توپ و دیوار $0/05s$ باشد، چه نیرویی از طرف دیوار بر گلوله وارد شده است؟

به سوال کنکورت سلام کن!

سلام!

تمرین: اگر تکانهٔ جسمی ۴۰ درصد کم شود و جرم جسم ۵۰ درصد افزایش یابد، انرژی جنبشی جسم چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

تمرین: در شکل مقابل کمیت‌های خواسته شده را بیابید: $(m: 400g)$



الف) تغییر اندازهٔ حرکت در راستای x (افق)

ب) تغییر اندازهٔ حرکت در راستای y (قائم)

ج) تغییر اندازهٔ حرکت

فصل دوم: دینامیک

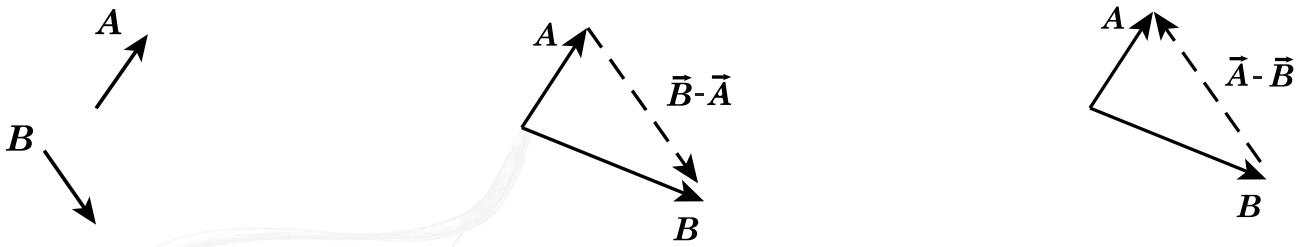
تمرین: سرعت جسم در حال حرکتی $\vec{V} = ۰/۳\vec{i} + ۰/۴\vec{j}$ است. اگر جرم جسم $۶Kg$ باشد:

الف) تکانهٔ جسم چند $Kg\,m/s$ است؟

ب) انرژی جنبشی جسم چند ژول است؟

ضربه: حاصل‌ضرب نیرو در زمان اثر نیرو که باعث تغییر سرعت می‌شود، ضربه گویند.

یادآوری: تفاضل دوبردار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:



تست: گلوله‌ای به جرم $۴Kg$ را با سرعت اولیه $V_۰$ از بالای پشت بامی، تحت زاویهٔ ۵۳° به طرف بالا پرتاپ می‌کنیم. تغییر اندازهٔ حرکت گلوله در مدت $۳s$ چند $Kg\,m/s$ است؟

۱) ۱۲۰
۲) ۳۰
۳) ۴۰
۴) ۷۵
۵) اطلاعات کافی نیست.

نکات بسیار جالب:

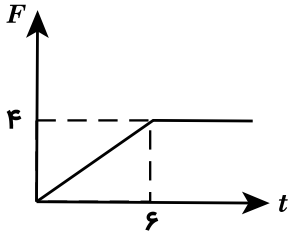
۱. شیب خط مماس بر نمودار p بر حسب t بیان‌گر نیرو است.

$$\vec{F}\cdot t = \Delta\vec{P}\begin{cases}۱)\ F = \dfrac{\Delta P}{t}\\ ۲)\ \Delta P = F\cdot t\end{cases}$$

فصل دوم: دینامیک

۲. مساحت زیر نمودار F بر حسب t بیان‌گر تغییر اندازهٔ حرکت است.

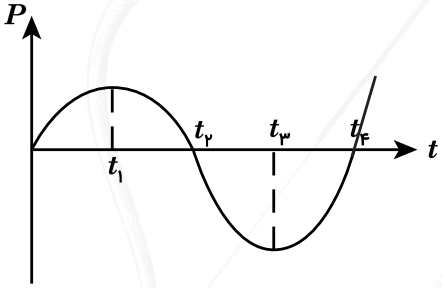
تمرین: مطابق شکل مقابل نیروی متغیری به جسم ساکن وارد می‌گردد.
الف) اندازهٔ حرکت پس از گذشت $10s$ از اعمال نیرو چند $Kg\frac{m}{s}$ است؟
ب) نیروی متوسط وارد بر جسم در این حرکت نیوتون است؟



تمرین: معادلهٔ اندازهٔ حرکت جسمی به جرم $5Kg$ به‌صورت $P=t^3-4t^2$ است. شتاب متوسط این جسم یعنی زمان‌های ۱ تا ۳ چند است؟

تمرین: از بالای ترازویی جسمی به جرم $0/5Kg$ رها می‌شود. اگر این گلوله با سرعت $20\frac{m}{s}$ به ترازو برخود کرده و با سرعت $10\frac{m}{s}$ به بالا بازگردد، اگر زمان تماس توپ و ترازو ۰/۱ ثانیه باشد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟

تست: نمودار اندازهٔ حرکت بر حسب زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند به‌صورت مقابل است. در لحظهٔ ..... جهت حرکت متحرک عوض شده و در لحظهٔ ..... نیروی وارد بر آن صفر می‌گردد.

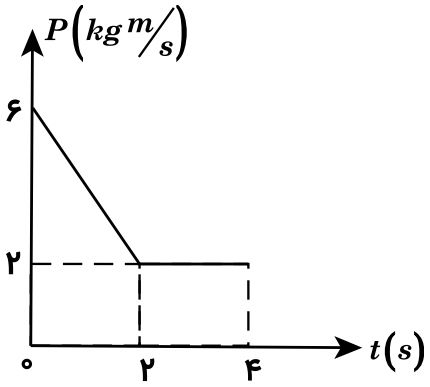


۱) t_1 , t_2-t_3 , t_4
۲) t_2 , t_1-t_4 , t_3
۳) t_3 , t_3-t_1 , t_1
۴) t_4 , t_4-t_2 , t_2

تمرین: از بالای ساختمان به ارتفاع $45m$ گلوله‌ای به جرم $200g$ از حال سکون رها می‌شود و در پایین ساختمان در خاک به مدت $0/05s$ فرو می‌رود.
الف) نیروی متوسط وارد بر جسم در هنگام حرکت در خاک چند نیوتون است؟
ب) نیروی وارد از طرف خاک (اصطکاک) در هنگام حرکت چند نیوتون است؟

فصل دوم: دینامیک

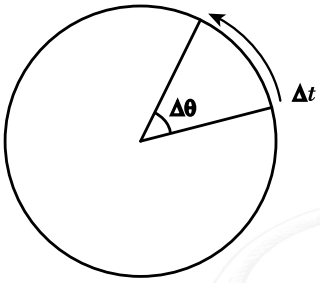
تست: نمودار تکانه–زمان جسمی به جرم $2Kg$ مطابق شکل مقابل است.
اندازهٔ سرعت متوسط این جسم در ۴ ثانیهٔ اول حرکتی چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۰/۵
۲) ۱
۳) ۱/۵
۴) ۳

حرکت دایره‌ای:
حرکتی است که بر مسیر دایره‌ای شکل باشد، حرکت دایره‌ای یا دوران نام دارد.

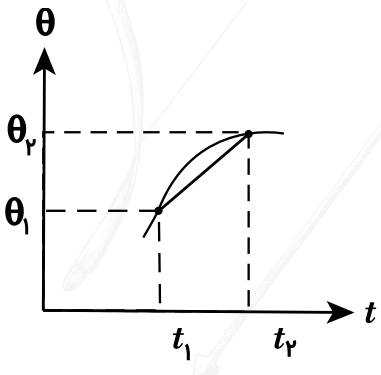
مفاهیم حرکت دایره‌ای:
۱. **سرعت زاویهٔ متوسط** $(\bar{\omega})$: تغییرات زاویه در واحد زمان را سرعت زاویه‌ای متوسط گویند.



$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta(rad)}{\Delta t(s)}$$

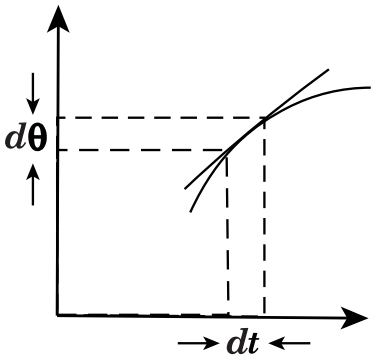
تمرین: متحرکی در مسیر دایره‌ای در مدت زمان $5s$ به میزان 30° طی می‌کند. سرعت زاویه‌ای متوسط این متحرک در SI چند است؟

نکته: شیب خطی که دو نقطه در نمودار $\theta - t$ را به هم وصل کند، $(\bar{\omega})$ است.



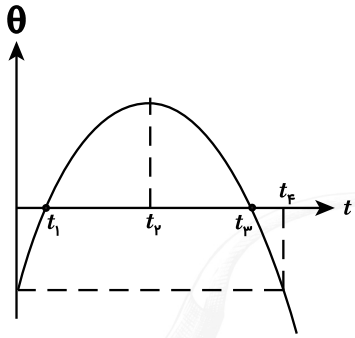
فصل دوم: دینامیک

۲. سرعت زاویه‌ای لحظه‌ای: همان سرعت زاویه‌ای متوسط است که در زمان بسیار کم محاسبه گردد.



شیب‌خط مماس بر نمودار $(\theta - t)$ = مشتق θ بر حسب t = $\theta' = \frac{d\theta}{dt} = \omega$ لحظه‌ای

تست: نمودار مقابل، مربوط به تغییرات زاویهٔ متحرک بر حسب زمان است. در چه لحظه یا لحظاتی جهت حرکت متحرک تغییر می‌کند؟



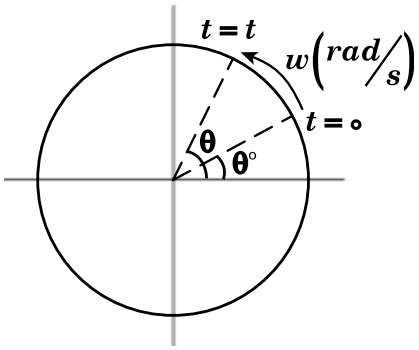
۱) $t_۱$
۲) $t_۲$
۳) $t_۱ , t_۳$
۴) $t_۱ , t_۲ , t_۳$

نکته: اگر شیب نمودار θ بر حسب t مثبت باشد یعنی $\Delta\theta$ مثبت و ω مثبت است و متحرک در جهت مثلثاتی می‌چرخد و اگر شیب نمودار θ بر حسب t منفی باشد یعنی $\Delta\theta$ منفی و ω منفی است و متحرک در خلاف جهت مثلثاتی می‌چرخد.

۳. حرکت دایره‌ای یکنواخت: حرکتی است که در آن متحرک در زمان‌های یکسان، زاویه‌های یکسان را طی می‌کند. در این حرکت سرعت زاویه‌ای متوسط بین هر دو لحظه با سرعت لحظه‌ای در تمام لحظات برابر است.

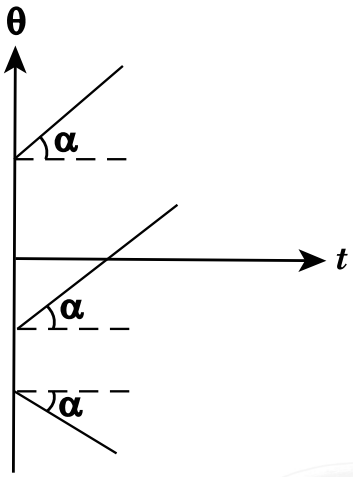
فصل دوم: دینامیک

۴. معادلهٔ حرکت دایره‌ای یکنواخت:



$$\omega : \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_{\circ}}{t}$$
$$\Rightarrow \boxed{\theta = \omega t + \theta_{\circ}}$$

با توجه به رابطهٔ فوق می‌توان نتیجه گرفت که نمودار $\theta - t$ برای حرکت دایره‌ای یکنواخت خطی است و شیب آن که در تمام نقاط یکسان بوده و بیان‌گر ω است.

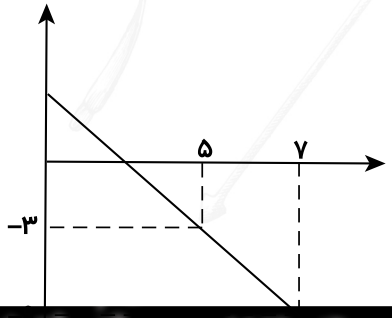


تست: معادلهٔ حرکت متحرکی روی دایره به‌صورت $\theta^{(rad)} = ۲t + ۳$ است. این متحرک در مدت $۳s$ چه کمانی را طی می‌کند؟

۱) ۹ ۲) ۲ ۳) ۵ ۴) ۶

تست: متحرکی در لحظهٔ $t = ۳s$ در فاز $\theta = \frac{\pi}{۶}$ و در لحظهٔ $t = ۷s$ در فاز $\theta = \frac{۵\pi}{۶}$ است. فاز اولیهٔ این متحرک چند رادیان است؟

۱) $\frac{\pi}{۶}$ ۲) $-\frac{\pi}{۶}$ ۳) $-\frac{\pi}{۳}$ ۴) $\frac{۲\pi}{۳}$



تست: در نمودار $\theta - t$ مقابل مربوط به متحرکی می‌باشد که در مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند. فاز اولیه چند رادیان است؟

۱) ۱۵ ۲) ۵
۳) -۳ ۴) ۱۲

فصل دوم: دینامیک

۵. دورهٔ تناوب (T): زمان یک دورهٔ کامل را گویند. اگر متحرک در $t(s)$ به میزان n دور طی می‌کند:

دورهٔ تناوب $T=\frac{t(s)}{n}$

۶. بسامد، فرکانس (f): تعداد دور، در $1s$ را گویند. اگر متحرک در $t(s)$ به میزان n دور طی می‌کند:

$$\left(\frac{1}{s}=s^{-1}=Hz\right) \quad f=\frac{n}{t(s)}$$

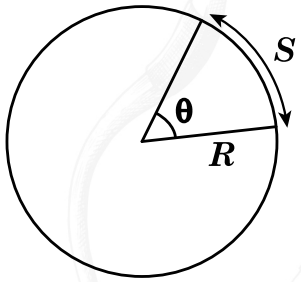
دو رابطهٔ بسیار مهم:

۱) $f=\frac{1}{T}$ یا $f\cdot T=1$

۲) $\omega=\frac{\Delta\theta}{t}=\frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f$

تمرین: متحرکی در هر $4s$ به میزان ۱۲ دور طی می‌کند. سرعت زاویه‌ای این متحرک چند rad/s است؟

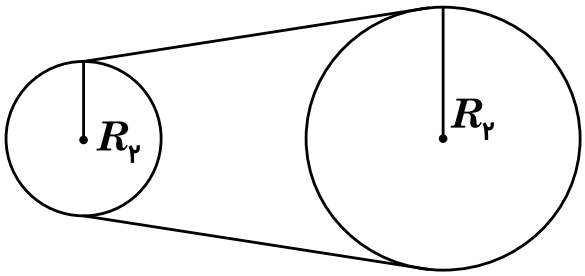
۷. طول کمان (s):



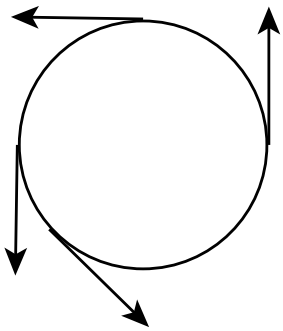
$$s(m)=R(m)\cdot\theta(rad)$$

تمرین: متحرک در مدت زمان $5s$، در دایره‌ای به شعاع $3m$، کمانی به طول $2m$ را به‌طور یکنواخت دور می‌زند، سرعت زاویه‌ای و بسامد این متحرک چند است؟

فصل دوم: دینامیک



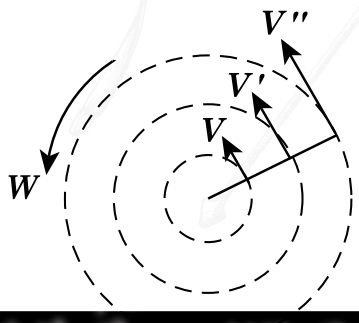
نکته: اگر دو چرخ با شعاع‌های $R_۱$ و $R_۲$ با زنجیری به هم متصل باشند و با هم دوران کنند، نسبت دورهای آن‌ها به‌صورت مقابل است:



۸. سرعت خطی لحظه‌ای: اگر در زمان بسیار کوچک، سرعت متوسط محاسبه شود، سرعت لحظه‌ای به‌دست می‌آید.

تمرین: چرخ و فلکی به شعاع $۸m$ در هر دقیقه ۱۵ دور می‌چرخد. $(\pi : ۳)$
الف) تندی سرنشینان چند است؟
ب) در مدت ۲ ثانیه جابه‌جایی زاویهٔ سرنشینان چند است؟
ج) در مدت ۲ ثانیه سرنشینان چه مسافتی را طی می‌کنند؟

تمرین: گلوله‌ای را به نخی به طول $۴۰cm$ بسته و روی میز افقی در مدت زمان $۱۲s$، ۱۰ دور می‌چرخانیم:
اولاً: سرعت خطی این گلوله چند است؟ $(\pi : ۳)$
ثانیاً: اگر در یک لحظه نخ اتصال پاره شود، پس از گذشت ۰/۱۵ ثانیه، فاصلهٔ گلوله از مرکز دوران چند cm است؟



نکته: در اجسام حجیم و طویل که دوران حول محور یا نقطه‌ای انجام می‌گیرید، ω، T و f در تمام نقاط یکسان است، اما آن نقطه که شعاع بیش‌تری دارد، سرعت خطی بیش‌تری نیز دارد.

$$V'' > V' > V$$

فصل دوم: دینامیک

تست: طول عقربهٔ دقیقه‌شمار در ساعتی ۲ برابر طول عقربه ساعت‌شمار است. سرعت خطی نوک عقربهٔ دقیقه‌شمار، چند برابر سرعت خطی نوک عقربهٔ ساعت‌شمار است؟

۱) ۶ ۲) ۱۲ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

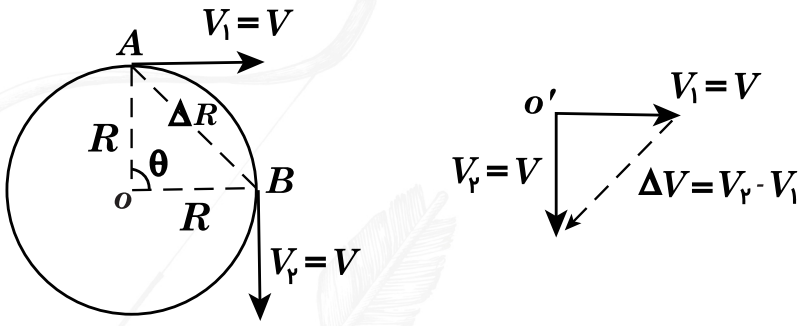
نکته: حرکت دایره‌ای یکنواخت، حرکت شتاب‌دار می‌باشد.

تست: ذره‌ای به جرم m روی محیط دایره‌ای، حرکت یکنواخت دایره‌ای با بزرگی سرعت V دارد. اندازهٔ تغییر تکانهٔ ذره در مدتی‌که $\frac{۳}{۴}$ محیط دایره را طی می‌کند، کدام است؟

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

۹. شتاب خطی لحظه‌ای:

شتاب خطی لحظه‌ای همان شتاب خطی متوسط است در زمان بسیار کوچک.



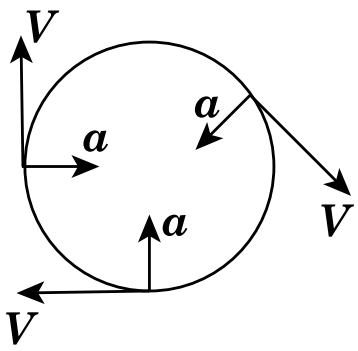
$$\Delta OAB \sim O'A'B' \longrightarrow \frac{R}{V} = \frac{\Delta R}{\Delta V}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V \cdot \Delta R}{R \cdot \Delta t} \xrightarrow[V=\frac{\Delta R}{\Delta t}]{\text{در زمان کم}} \boxed{a = \frac{V^۲}{R} = R\omega^۲}$$

نکته: شتاب خطی لحظه‌ای همواره به‌طرف مرکز است و بر سرعت در هر لحظه عمود است. بنابراین روی اندازهٔ سرعت تأثیر نمی‌گذارد و فقط جهت حرکت را تغییر می‌دهد.

فصل دوم: دینامیک

در حرکت دورانی یکنواخت، شتاب و در نتیجه برآیند نیروها به طرف مرکز می‌باشد. (در حرکت دورانی غیریکنواخت این قضیه صدق نمی‌کند)



شتاب × جرم = نیروی مقاوم – نیروی محرک

جانب مرکز یا مرکزگرا $F = \frac{mV^2}{r} = mr\omega^2$

نکته: نیروی جانب از مرکز در هر مسئله نیروی خاصی است (اصطکاک، کشش نخ، وزن، عمودی تکیه‌گاه و ...) ولی در تمامی مسائل مقدار آن $\frac{mV^2}{r}$ یا $mr\omega^2$ است.

تمرین: نخی به طول $20cm$ را به گلوله‌ای به جرم $5Kg$ بسته و در سطح افقی بدون اصطکاک با فرکانس $4Hz$ می‌چرخانیم. نیروی کشش نخ چند نیوتون است؟ $(\pi : 3)$

نکتهٔ غلط:

حل مسائل دایره‌ای در صفحهٔ افق:

تمرین: نخی به طول $90cm$ را به گلوله‌ای به جرم $40g$ بسته و روی میز افقی بدون اصطکاک می‌چرخانیم. اگر حداکثر نیروی قابل تحمل نخ ۳۶۰۰ نیوتون باشد، حداکثر فرکانس چرخش گلوله چند هرتز باشد تا نخ پاره نشود؟ $(\pi^2 : 10)$

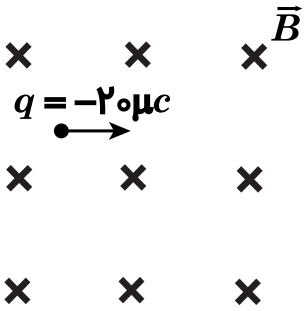
تمرین: در فاصلهٔ $4cm$ از مرکز بشقابی که روی میز افقی، در حال دوران است، سکه‌ای قرار دارد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی سکه و بشقاب برابر ۰/۲۵ باشد، حداقل دورهٔ چرخش بشقاب چقدر باشد تا سکه سُر نخورد؟ $(\pi^2 : 10)$

فصل دوم: دینامیک

تست: وزنه‌ای را از فنری آویزان می‌کنیم. طول فنر در حالت تعادل به $40cm$ می‌رسد. این وزنه را به همین فنر بسته و روی سطح افقی بدون اصطکاک حول ابتدای فنر به دوران درمی‌آوریم و سرعت دوران را به تدریج افزایش می‌دهیم تا طول فنر دوباره به $40cm$ برسد. در این حالت سرعت خطی وزنه چند متر بر ثانیه است؟ $\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$

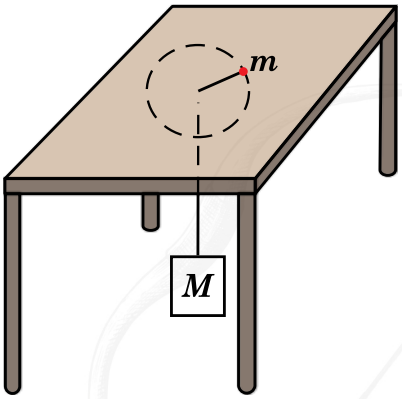
۱) $2/5$ ۲) $\sqrt{2/5}$ ۳) ۲ ۴) $\sqrt{2}$

تست: مطابق شکل، ذره‌ای به جرم $5mg$ و بار الکتریکی $-20\mu c$ را با سرعت $200 \frac{m}{s}$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $50T$ شلیک می‌کنیم. شعاع چرخش ذره چند متر است؟ (از نیروی وزن ذره چشم‌پوشی کنید.)



۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۰/۵ ۴) ۰/۲۵

تمرین: در شکل مقابل، وزنهٔ m روی میز افقی بدون اصطکاک با سرعت ثابت $5 \frac{m}{s}$ دوران می‌کند. نسبت $\frac{m}{M}$ چقدر باشد تا وزنهٔ M بالا یا پایین نرود؟ $(R = 40cm)$

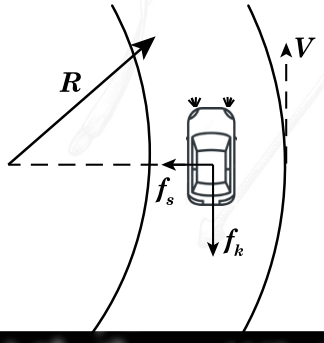


تمرین: موتورسواری بر روی دیوار مرگ به شعاع R با سرعت ثابت می‌چرخد. اگر ضریب اصطکاک بین چرخ‌ها و دیواره برابر μ_s باشد، حداقل سرعت زاویه چقدر باشد تا موتور به پایین سُر نخورد؟

حرکت اتومبیل در پیچ جاده‌ها:

پیچ افقی

۱. دو اصطکاک موجود در این نوع پیچ بر هم عمودند.



فصل دوم: دینامیک

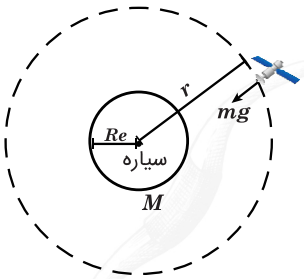
۲. با افزایش سرعت خطی اتومبیل نیروی جانب مرکز نیز برای نگاه داشتن اتومبیل در مسیر دایره‌ای‌شکل افزایش می‌یابد.

تمرین: در یک پیچ افقی به ضریب اصطکاک ایستایی ۰/۴ و شعاع $25m$ اتومبیلی به جرم ۲/۵ با سرعت $8\,m/s$ دور می‌زند:
اولاً: آیا این اتومبیل از مسیر دایره‌ای خود خارج می‌شود یا خیر؟
ثانیاً: نیروی اصطکاک در برابر حرکت اتومبیل چند نیوتون است؟

حرکت ماهواره‌ای:

نوعی حرکت دایره‌ای است.

دو نکتهٔ مهم:
۱. نیروی جانب مرکز همان وزن ماهواره است.
۲. شتاب جانب مرکز همان g محل گردش ماهواره است.



جانب مرکز $F = mg$
جانب مرکز $a = g$

از رابطهٔ فوق بر می‌آید که:

حرکت ماهواره‌ای به جرم ماهواره بستگی ندارد.

تست: جسمی را در ماهوارهٔ در حال دورانی، رها می‌کنیم. حرکت این جسم نسبت به ماهواره چگونه است؟

۱) از سیاره دور می‌شود.
۲) حرکت نمی‌کند.
۳) با شتاب، به‌طرف زمین حرکت می‌کند.
۴) با سرعت ثابت به‌طرف زمین حرکت می‌کند.

فصل دوم: دینامیک

تمرین: ماهواره‌ای که در فاصلهٔ $۳\mathrm{Re}$ از سطح زمین در حال گردش است، ناگهان به میزان $۲\mathrm{Re}$ دیگر از سطح زمین دورتر می‌رود. کمیت‌های زیر هر یک چند برابر می‌گردد؟ (Re شعاع زمین)

۱) سرعت خطی

۲) شتاب جانب مرکز

۳) نیروی جانب مرکز

۴) شتاب جاذبهٔ زمین

۵) وزن

تمرین: ماهواره‌های a , b در فواصل یکسان از مراکز کره‌های A , B در حال دوران می‌باشند. اگر چگالی کره‌ها یکسان بوده ولی حجم کرهٔ A، ۸ برابر B و $m_a = ۳m_b$ باشد، سرعت خطی ماهوارهٔ a چند برابر b است؟

دورهٔ حرکت ماهواره:

تست: ماهواره‌ای از فاصلهٔ Re از سطح زمین، به میزان $۴\mathrm{Re}$ دیگر از زمین دور می‌شود. دورهٔ حرکت این ماهواره چند برابر می‌گردد؟ (Re شعاع زمین)

۱) ۶۴ ۲) ۲ ۳) ۹ ۴) $۳\sqrt{۳}$

تست: دورهٔ حرکت ماهوارهٔ A، $۲\sqrt{۲}$ برابر دورهٔ حرکت B است. اگر جرم ماهوارهٔ A، ۳ برابر B باشد، نسبت انرژی جنبشی ماهوارهٔ A به انرژی جنبشی ماهوارهٔ B کدام است؟

۱) $\frac{۳}{۲}$ ۲) ۶ ۳) $\frac{۸}{۳}$ ۴) $\frac{۱۶}{۳}$