

دینامیک

درباره این فصل

این فصل با یک نگاه کلی به ۳ بخش تقسیم می‌شود: ۱- نیوتن و نیروهای خاص، ۲- تکانه و ۳- گرانش. در سنامه‌ی جت شامل ۸ و نیم صفحه (۶۸ پرسش مشابه کنکور)، ۱۰۰ تست جت و ۴۰ تست جت پلاس (مجموعاً ۱۴۰ تست) است. پیش نیاز ۱ تست این مبحث در کنکور، حرکت شناسی است و فرمول $F=ma$ این فصل پیش‌نیاز چند فصل دیگر است. اگر می‌خواهید فصلی را برای کنکور حذف کنید، توصیه اکید می‌کنم که آن فصل دینامیک نباشد، چون سوالات این فصل قالب مشابهی دارند و با تمرین می‌توانید از حل هر ۳ تست آن مطمئن باشید.

تعداد تست این فصل در کنکور: ۳ تست

تعداد جلسات جت: ۲ جلسه

پیش بینی کنکور: یک تست به احتمال بسیار زیاد فنر، و یک تست اصطکاک خواهیم داشت. تیپ‌های بررسی در آسانسور و بررسی روی دیوار قائم در سال‌های اخیر مورد توجه طراح‌ها قرار گرفته و پیش بینی حضور هر دو سبک را در کنکور داریم. یک تست هم تکانه یا گرانش مطرح می‌شود که به نظرم تکانه برای کنکور امسال محتمل‌تر است.

درسنامه دینامیک

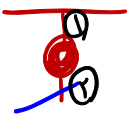
- دینامیک: علم بررسی علل سکون و حرکت اجسام به کمک نیروهای وارد بر آنها
- نیرو: برهم کنش دو جسم
- اثر نیرو: تغییر سرعت (تندی یا جهت سرعت) یا تغییر شکل
- توجه: مکانیک نیوتونی جزو فیزیک کلاسیک است و بر اساس سه قانون نیوتون است.

قوانین حرکت نیوتون

۱- قانون اول: وقتی نیروهایی که به جسم وارد می شود متوازن (صفر) باشد، شتاب جسم صفر می شود ← سرعت آن ثابت می ماند ← اگر ساکن باشد حالت سکون را حفظ می کند و اگر در حال حرکت باشد، با سرعت ثابت حرکت می کند. (گالیله آن را بیان کرد و به این خاصیت لختی گویند.)

دوس داره ساکن بونه
دوس داره ساکن بهمونیم
فادوس داریم در حال حرکت بلوینیم

مثال: الف) وقتی ماشین شروع به حرکت می کند به عقب پرت می شویم و وقتی ترمز می گیرد به جلو پرت می شویم.
ب) اگر مقوا را سریع از زیر سکه بیرون بکشیم، سکه در جای خود ثابت می ماند.
پ) اگر موتور یک سفینه فضایی در محلی از فضا که گرانش وجود ندارد خاموش شود، سفینه متوقف نمی شود.
ت) اگر گلوله ای را با نخ (۱) به سقف وصل کنیم و نخ (۲) که از پایین به گلوله بسته ایم را به سمت پایین بکشیم و نیرو را به آرامی افزایش دهیم، نخ (۱) پاره می شود. اما اگر ناگهان نخ (۲) را بکشیم، نخ (۲) پاره می شود



۲- قانون دوم: وقتی نیروی خالصی را بر جسمی وارد کنیم، با شتاب شروع به حرکت می کند و شتاب آن با F_{net} رابطه مستقیم و با m رابطه عکس دارد

$$W = F \cdot d$$

$$\frac{J}{m} = F \cdot \frac{1}{m}$$

$$F = m \cdot a$$

kg m/s²

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

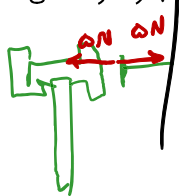
نکات: در ۵

- ۱- F و a کمیت های فرعی و برداری (هم جهت) هستند و m کمیتی اصلی و نرده ای است.
- ۲- یکای F نیوتون (N) است که برابر $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ یا $\frac{J}{m}$ یا $Pa \cdot m^2$ است.
- ۳- به جای m می توان $\rho \cdot V$ قرار داد. a نیز با فصل حرکت شناسی ارتباط پیدا می کند. (نوک هرم)
- ۴- ma نیرو نیست، بلکه نیروی خالص وارد بر جسم است، یعنی برآیند تمام نیروهای وارد بر جسم

$$P = \frac{F}{A}$$



۳- قانون سوم: نیروها همیشه به صورت جفت های کنش و واکنش وجود دارند. نیروی واکنش هم جنس، هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت کنش است. کنش و واکنش بین دو جسم یکسان هستند ولی ممکن است اثرات متفاوتی داشته باشند. (مثلا زمین سب را حرکت می دهد، اما سب زمین را حرکت نمی دهد.)



مثال: ۱- در ضربه زدن راکت به توپ، توپ نیز به راکت نیرو وارد می کند. برای میخ و چکش هم اینطور است.
۲- اگر دیوار را هل دهید، دیوار نیز شما را هل می دهد و وقتی فنری را می کشید، فنر هم شما را می کشد.
۳- دو بار الکتریکی یا دو قطب آهن ربا بدون تماس با یکدیگر و از راه دور به هم کنش و واکنش وارد می کنند.
۴- دو سیم حامل جریان به هم نیروی الکترومغناطیسی وارد می کنند.

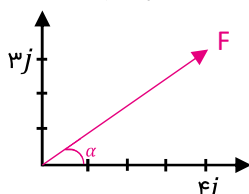
$$F = m \cdot a$$

تیب بندی مسائل $F = m \cdot a$

تیب ۱: جایگذاری

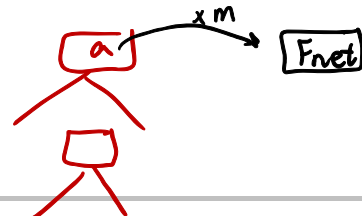
در مورد F باید برآیند گرفتن را بلد باشید. اگر F_1 و F_2 هم جهت بودند، جمع شان می کنیم و اگر خلاف جهت باشند، تفریق می کنیم. اگر عمود بودند،

از فیثاغورث استفاده می کنیم: $\sqrt{F_1^2 + F_2^2}$



$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 5$$

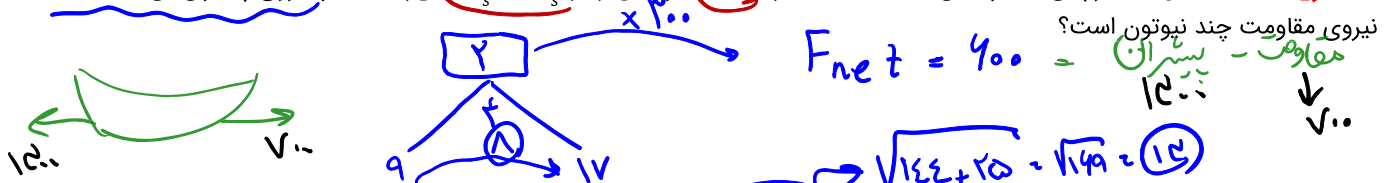
$$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x} = \frac{3}{4} = 37^\circ$$



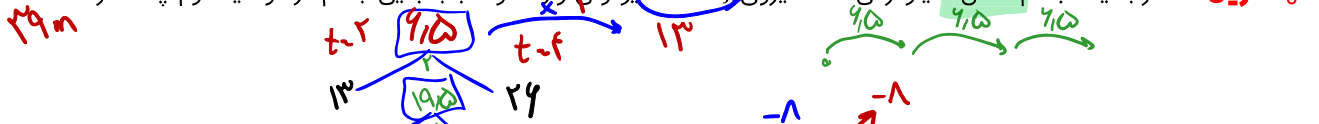
$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{f} = 2$$

نکته: شتاب، حلقه‌ای اتصال دینامیک و حرکت است و ممکن است از دینامیک شتاب را محاسبه کنیم و وارد حرکت کنیم یا بالعکس.

تعریف ۱: یک قایق که جرم آن با سرنشین 300 kg است، در 4 ثانیه سرعتش را از $9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به $17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ می‌رساند. اگر نیروی پیشران آن 1300 N باشد، نیروی مقاومت چند نیوتون است؟



تعریف ۲: اگر به یک جسم ساکن 2 کیلوگرمی، فقط نیروی $12\hat{i} + 5\hat{j}$ نیوتونی وارد شود، جابه‌جایی جسم در دو ثانیه دوم چند متر است؟

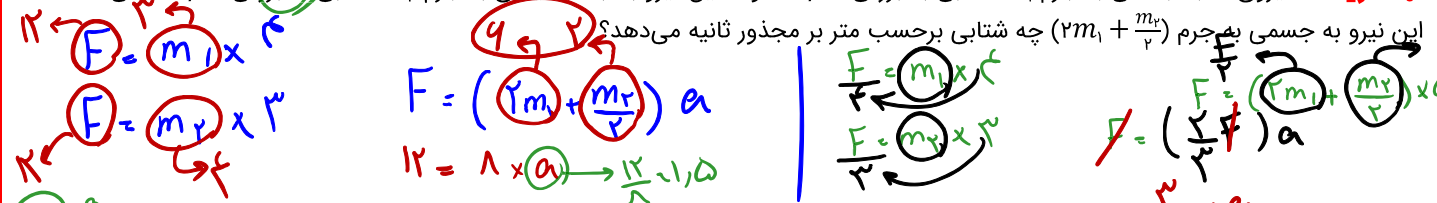


تعریف ۳: به یک جسم 4 کیلوگرمی، 3 نیروی 5 و 9 نیوتونی وارد می‌شود و جسم ساکن است. اگر نیروی 8 نیوتونی را حذف کنیم، جابه‌جایی جسم در 4 ثانیه بعد چند متر می‌شود؟ اگر آن را قرینه کنیم چگونه؟

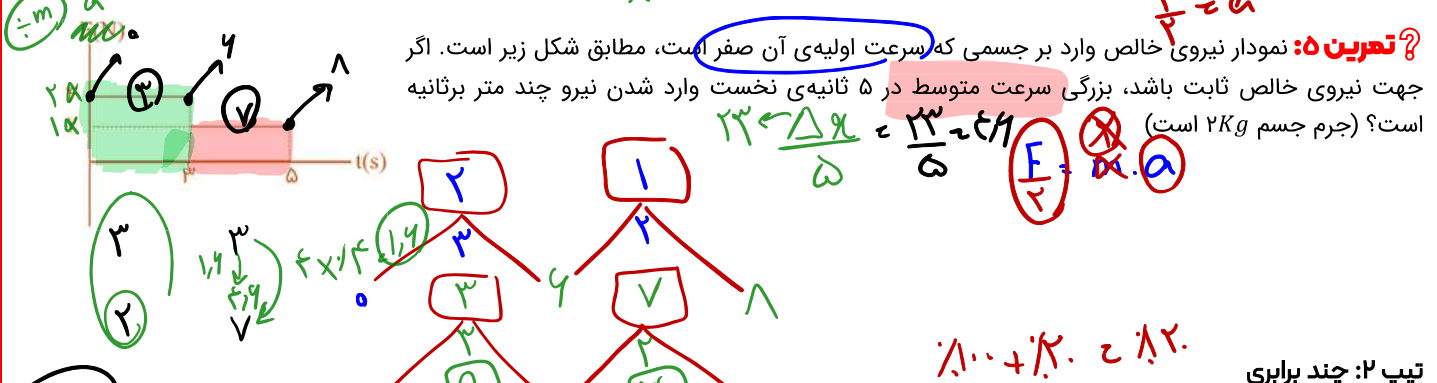


نکته: اگر چند نیرو متوازن باشند، با حذف نیروی F_1 ، برآیند سایر نیروها برابر F_1 و در خلاف جهت F_1 می‌شود.

تعریف ۴: نیروی $\vec{F}$ به جسمی به جرم m_1 شتابی به بزرگی 4 m/s^2 و همین نیرو به جسم دیگری به جرم m_2 شتابی به بزرگی 3 m/s^2 می‌دهد.



تعریف ۵: نمودار نیروی خالص وارد بر جسمی که سرعت اولیه‌ی آن صفر است، مطابق شکل زیر است. اگر جهت نیروی خالص ثابت باشد، بزرگی سرعت متوسط در 5 ثانیه‌ی نخست وارد شدن نیرو چند متر بر ثانیه است؟ (جرم جسم 2 kg است)

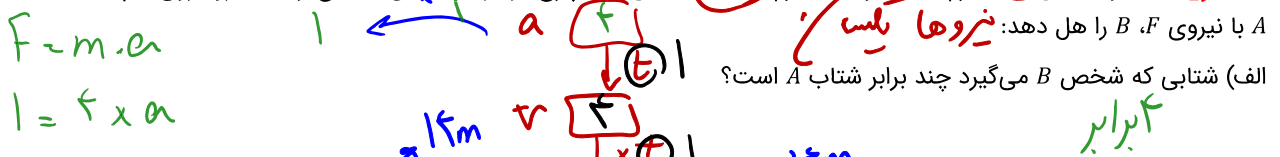


تیب ۲: چند برابری

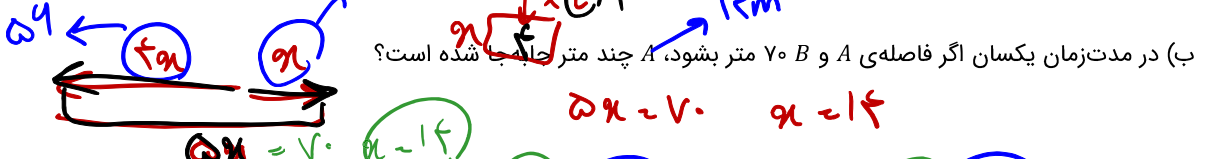
تعریف ۶: اگر نیروی خالص وارد بر جسمی را 20% درصد افزایش دهیم و جرم آن را 20% درصد کاهش دهیم، شتاب جسم چند برابر می‌شود؟

$$F = m \cdot a \quad a = \frac{F}{m} = \frac{1.2F}{0.8m} = 1.5 \frac{F}{m}$$

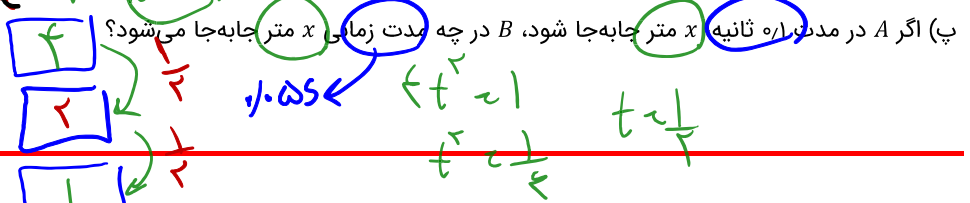
تعریف ۷: دو شخص A با جرم 100 kg و B با جرم 250 kg با کفش‌های چرخ‌دار در یک محال مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند. اگر شخص A با نیروی F ، B را هل دهد: نیروها یس است؟



(ب) در مدت‌زمان یکسان اگر فاصله‌ی A و B 70 متر بشود، A چند متر جابه‌جا شده است؟



(پ) اگر A در مدتی x ثانیه x متر جابه‌جا شود، B در چه مدت زمانی x متر جابه‌جا می‌شود؟



تعرین ۸: به جسمی به جرم m نیروی خالص F وارد می‌شود و جسم با شتاب a در حال حرکت است. اگر نیرو را به $F + 12$ نیوتون برسانیم، شتاب به $a + 4$ متر بر مجذور ثانیه می‌رسد. m چند کیلوگرم است؟

تفریق

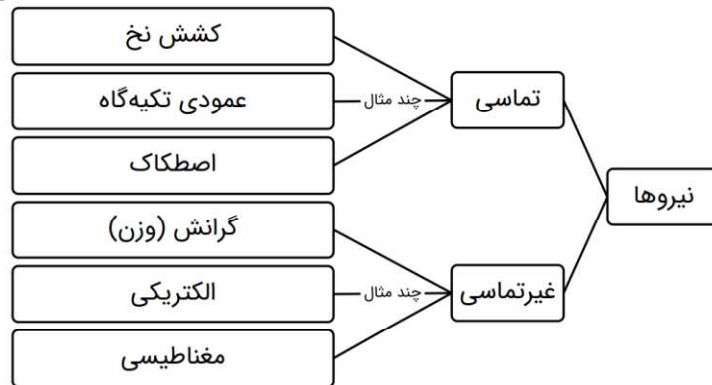
$$F = m \cdot a$$

$$F + 12 = m \cdot (a + 4)$$

$$12 = m \cdot 4$$

$$12 = m \cdot 4$$

معرفی برخی نیروهای خاص



وزن:

به یک جسم بر روی زمین نیروی W وارد می‌شود که مقدار آن $m \cdot g$ و جهت آن به سمت مرکز زمین است:

سبب گرانش

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow W = m \cdot g$$

متغیر g متغیر $W = m \cdot g$ متغیر W

نکات:

- در ارتفاع‌های مختلف جرم ثابت است، اما چون g تغییر می‌کند وزن متغیر است.
- وزن در همه حال به جسم وارد می‌شود؛ چه جسم در حال سقوط باشد و چه روی یک سطح در حال تعادل باشد.
- واکنش نیروی وزن نیروی عمودی سطح نیست، بلکه نیرویی است که جسم بر زمین وارد می‌کند، اما به دلیل جرم زیاد زمین، تاثیری روی آن نمی‌گذارد.

سوئی

تعرین ۹: در ارتفاعی که شتاب گرانش $\frac{1}{10}$ سطح زمین است، جرم و وزن یک جسم ۳۰ کیلوگرمی چقدر می‌شود؟

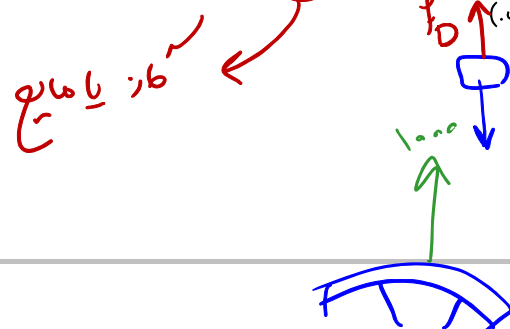
۱۰

$$W = m \cdot g$$

$$30 \cdot \frac{1}{10} = 100 \text{ N}$$

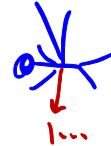
نیروی مقاومت شاره:

نیرویی است که به جسمی که در یک شاره حرکت می‌کند، در خلاف جهت حرکت جسم وارد می‌شود و با f_D نشان داده می‌شود. (در هوا همان نیروی مقاومت هوا است.)



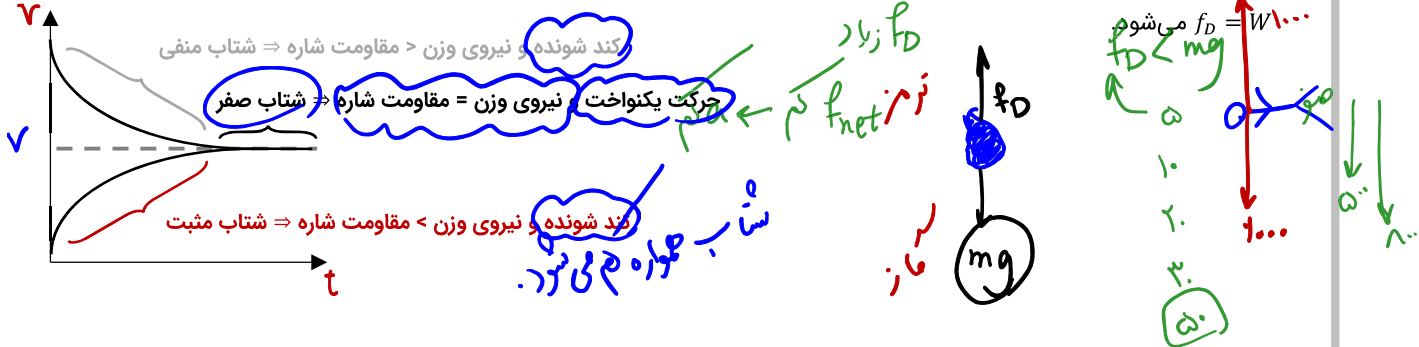
$$f_D = mg$$

$$f_D > mg$$

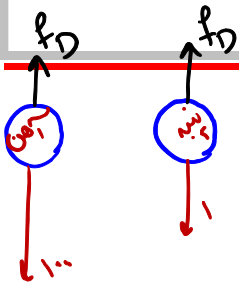


نکات:

- نیروی مقاومت شاره به اندازه جسم و تندی جسم بستگی دارد و هرچه تندی بیشتر باشد، f_D بیشتر است.
- هدف از این نیرو، رساندن سرعت جسم به تندی حدی است (برای یک چتر باز $5 \frac{m}{s}$ و برای قطره باران $7 \frac{m}{s}$). پس اگر سرعت چتر باز کمتر از تندی حدی باشد، $f_D < W$ می شود و اگر تندی از تندی حدی بیشتر باشد $f_D > W$ می شود. و هنگامی که تندی چتر باز به تندی حدی می رسد،

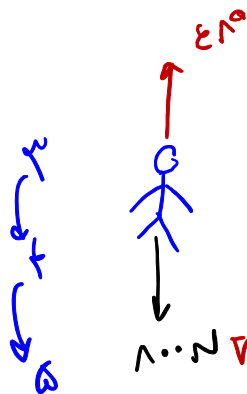


- اگر دو گلوله هم اندازه، یکی از جنس آهن و دیگری از پنبه را از بالای برجی رها کنیم، با در نظر گرفتن نیروی مقاومت هوا، گلوله آهنی:
 - با شتاب بیشتری سقوط می کند.
 - با سرعت بیشتری به زمین می رسد.
 - زمان سقوطش کوتاه تر است.
 با در نظر نگرفتن نیروی مقاومت هوا، هر سه مورد فوق برای این دو گلوله یکسان می شود.



تقریباً: چتر بازی به جرم $80 kg$ پس از یک پرش، چترش را باز می کند و نیروی مقاومت هوا به $480 N$ می رسد:

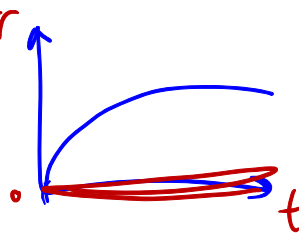
$$F_{net} = m \cdot a \Rightarrow 320 = 80 \times a \Rightarrow a = 4 \frac{m}{s^2}$$



(ب) نیروی مقاومت هوا در ادامه چگونه تغییر می کند؟ افزایش می دهد تا به 800 برسد

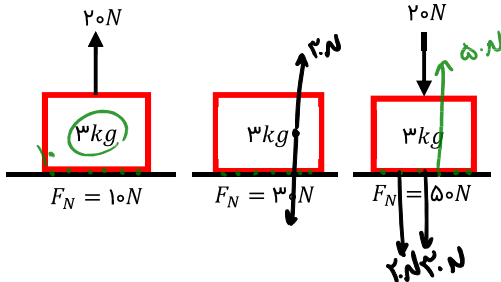
(پ) شتاب چتر باز در ادامه چگونه تغییر می کند؟ در ابتدا به صفر می رسد.

(ت) نوع حرکت تند شونده است یا کند شونده؟



نیروی عمودی سطح:

این نیرو را سطح به صورت عمود و به سمت بالا به جسم وارد می کند و با f_N نشان داده می شود. علت این نیرو تغییر شکل سطح تماس دو جسم است که مربوط به نیروهای بین مولکولی است.



$$F_N = mg + F$$

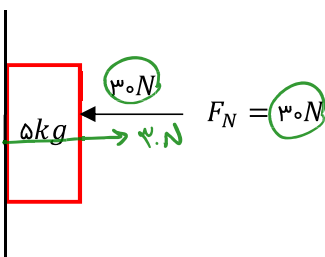
$$F_N = mg$$

$$F_N = mg - F$$

نیروی عمودی:

نیروی F به سمت بالا:

الگوریتم محاسبه F_N برای جسم روی سطح افقی



نکته: برای جسمی که به دیوار تکیه داده شده است، F_N برابر نیروی افقی است.

نکته: اگر بر روی یک ترازو بایستید، عددی که ترازو نشان می دهد، همان F_N است.

شروع حرکت = تند سوزنه

$$F_N - mg = m \cdot a$$

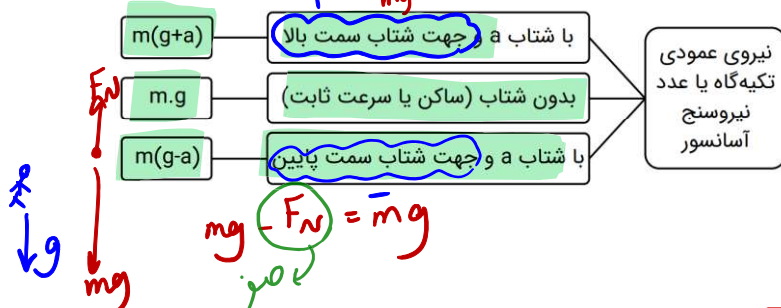
$$F_N = m(a + g)$$

$$m(a + g)$$

فیزیک جت: دینامیک

وقتی یک آسانسور با شتاب a حرکت کند، عددی که ترازو نشان می‌دهد با وزن شخص تفاوت دارد و با الگوریتم زیر قابل محاسبه است:

نوع حرکت	تندشونده	کندشونده
جهت حرکت		
بالا $\uparrow$	$m(g+a)$	$m(g-a)$
پایین $\downarrow$	$m(g-a)$	$m(g+a)$



نیروی عمودی
تکیه‌گاه یا عدد
نیروسنج
آسانسور

نکته: اگر کابل آسانسور پاره شود، آسانسور با شتاب g به سمت پایین شروع به حرکت می‌کند، پس $F_N = 0$ می‌شود.

تعرین ۱۱: شخصی به جرم 60 kg در یک آسانسور بر روی یک ترازو قرار دارد. اگر آسانسور با شتاب $\frac{m}{s^2}$ به سمت بالا شروع به حرکت کند، ترازو عدد N و اگر آسانسور در ادامه‌ی حرکتش با شتاب $\frac{m}{s^2}$ سرعتش را بکاهد، ترازو عدد N' را نشان می‌دهد.

الف) $\frac{N}{N'}$ چند می‌شود؟

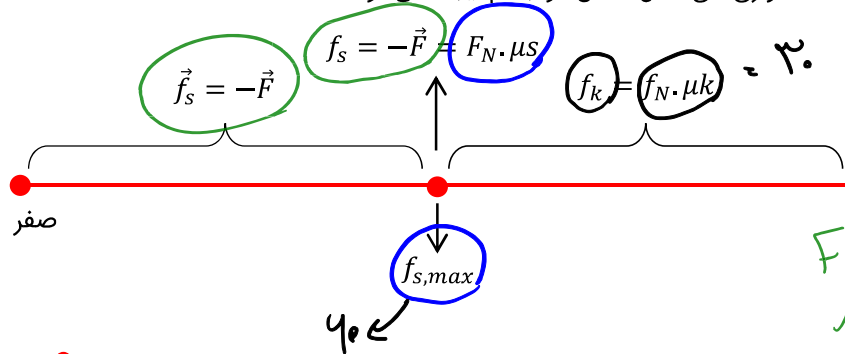
$$m(g+a) = 40 \times 14 = 140$$

$$m(g-a) = 40 \times 7 = 280$$

ب) $N - N'$ چند است؟

نیروی اصطکاک:

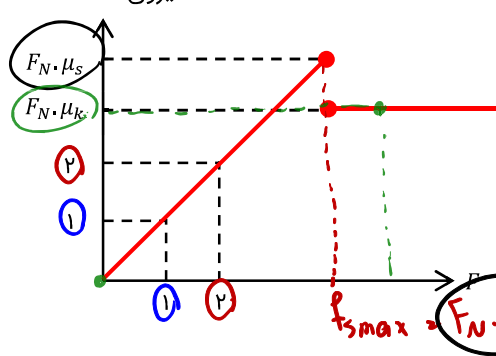
وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت در بیاوریم، نیرویی مخالف تلاش ما از طرف سطح به جسم وارد می‌شود که اصطکاک نام دارد. نیروی اصطکاک به علت ناهمواری‌های محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود.



۴۹۶

$F_N = 200$
 $\mu_s = 0.2$
 $\mu_k = 0.1$
 40

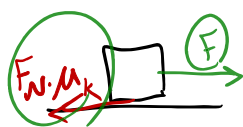
نیروی اصطکاک



در شکل بالا و نمودار روبه‌رو می‌بینیم که اگر F کمتر از $f_{s,max}$ یا همان $F_N \cdot \mu_s$ باشد، نیروی اصطکاک برابر همان F است و اگر F بیشتر از $f_{s,max}$ یا همان $F_N \cdot \mu_s$ باشد،

اصطکاک برابر $F_N \cdot \mu_k$ می‌شود در حالیکه جسم در آستانه‌ی حرکت باشد، اصطکاک برابر $F_N \cdot \mu_s$ است.

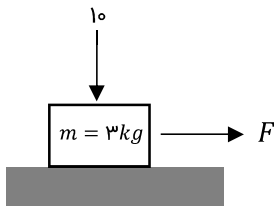
جهت نیروی اصطکاک در خلاف جهت F است، یعنی در خلاف جهت تمایل جسم برای حرکت.	$f_s = F$	جسم ساکن است	$F < F_N \cdot \mu_s$
جسم در آستانه‌ی حرکت است و بیشترین مقدار اصطکاک را داریم.	$f_s = F = F_N \cdot \mu_s$	جسم ساکن است	$F = F_N \cdot \mu_s$
اگر سرعت جسم ثابت باشد، چون شتاب صفر است $\leftarrow F = F_N \cdot \mu_k$	$f_k = F_N \cdot \mu_k$	جسم متحرک است	$F > F_N \cdot \mu_s$



قانون مورچه: برای اینکه اصطکاک را بهتر درک کنید، کافیست تعدادی مورچه بدجنس را در زیر جسم تصور کنید که شما به هر طرفی که می‌خواهید جسم را حرکت دهید، به همان اندازه و در سمت مخالف نیرو وارد می‌کنند. حداکثر زور آن‌ها $F_N \cdot \mu_s$ است که اگر نیروی خود را از این مقدار بیشتر کنید، مورچه‌ها شکست می‌خورند و جسم به حرکت می‌افتد. مقدار اصطکاک در حالت جدید $F_N \cdot \mu_k$ است.

پس شتاب جسم در حال لغزیدن فقط به g و μ_k بستگی دارد و به جرم بستگی ندارد.

$p \times q \cdot \mu_k = m \alpha$



تعریف ۱۲: در شکل روبه‌رو $\mu_S = ۰/۵$ و $\mu_K = ۰/۳$ است:

الف) اگر $F = 10N$ باشد، نیروی اصطکاک چند نیوتون است؟

$$F_{S \max} = F \cdot x / d = r \cdot N$$

$$f_k = f \cdot x \cdot 1^w = 1^y$$

۱.۸۷۷

$$F_{\text{net}} = P - IV = ma$$

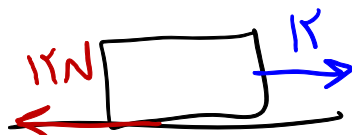
$1 \approx 1 \times 1$

۹ (ب) اگر $F = 30\text{ N}$ باشد، شتاب جسم چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
۱۱
۱۲
۱۳
۱۴
۱۵
۱۶
۱۷
۱۸
۱۹
۲۰
۲۱
۲۲
۲۳
۲۴
۲۵
۲۶
۲۷
۲۸
۲۹
۳۰
۳۱
۳۲
۳۳
۳۴
۳۵
۳۶
۳۷
۳۸
۳۹
۴۰
۴۱
۴۲
۴۳
۴۴
۴۵
۴۶
۴۷
۴۸
۴۹
۵۰
۵۱
۵۲
۵۳
۵۴
۵۵
۵۶
۵۷
۵۸
۵۹
۶۰
۶۱
۶۲
۶۳
۶۴
۶۵
۶۶
۶۷
۶۸
۶۹
۷۰
۷۱
۷۲
۷۳
۷۴
۷۵
۷۶
۷۷
۷۸
۷۹
۸۰
۸۱
۸۲
۸۳
۸۴
۸۵
۸۶
۸۷
۸۸
۸۹
۹۰
۹۱
۹۲
۹۳
۹۴
۹۵
۹۶
۹۷
۹۸
۹۹
۱۰۰

(پ) اگر جسم با سرعت ثابت در حال حرکت باشد، F چند نیوتون است؟

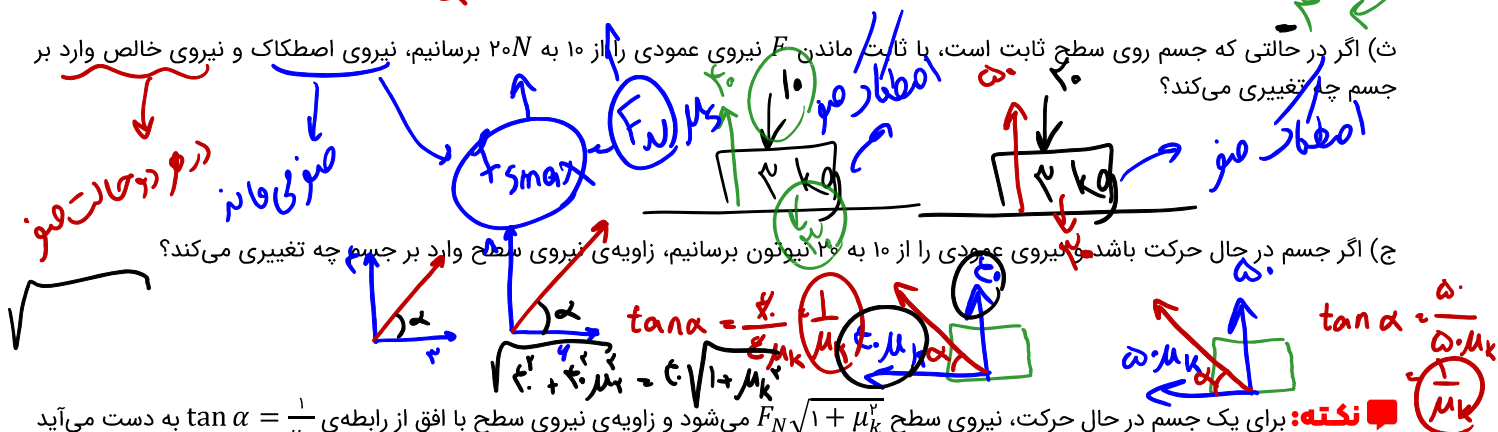
سخت ثابت ← سبب صرف ← net



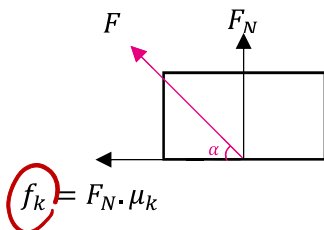
(ت) اگر در حال حرکت جسم F را به صفر برسانیم، شتاب چند $\frac{m}{s^2}$ می‌شود؟

$$F_{\text{net}} = m \cdot a \Rightarrow K = r \times a$$

(ث) اگر در حالتی که جسم روی سطح ثابت است، با ثابت ماندن F نیروی عمودی را از ۱۰ به 20 N برسانیم، نیروی اصطکاک و نیروی خالص وارد بر جسم چه تغییری می‌کند؟



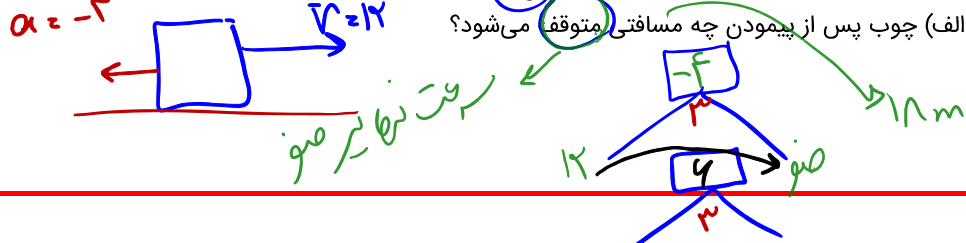
نکته: برای یک جسم در حال حرکت، نیروی سطح $F_N \sqrt{1 + \mu_k^2}$ می‌شود و زاویه‌ی نیروی سطح با افق از رابطه‌ی $\tan \alpha = \frac{1}{\mu_k}$ به دست می‌آید که نشان می‌دهد این زاویه ارتباطی با F_N ندارد و با تغییر آن ثابت می‌ماند.



$$F = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} = \sqrt{(F_N)^2 + (F_N \cdot \mu_k)^2} = F_N \sqrt{1 + \mu_k^2}, \quad \tan \alpha = \frac{F_N}{F_N \cdot \mu_k} = \frac{1}{\mu_k}$$

تعریف ۱۳: قطعه چوبی را با سرعت افقی $\frac{m}{s}$ روی سطحی با $\mu_k = 0.4$ پرتاب می‌کنیم:

(الف) چوبیس از بیمودن چه مسافتی متوقف می‌شود؟



۱۰۴

مسافت ثابت می ماند.

(ب) اگر با ثابت ماندن μ_k ، جرم را افزایش دهیم، مسافت چه تغییری می کند؟

شباب توقف ثابت

$$f_k = \frac{F_N}{mg} \mu_k$$

(پ) در مورد (ب) نیروی اصطکاک چه تغییری می کند؟ افزایش

تمرین ۴: اگر در شکل مقابل F و F' به ترتیب ۴۰ و ۲۰ نیوتون و $\mu_s = ۰/۸$ و $\mu_k = ۰/۴$ باشند و اگر جرم جسم ۱ kg باشد:

(الف) آیا جسم به سمت پایین می لغزد؟

جسم نمی لغزد و اصطکاک می شود ۲۲

$$f_{s\max} = F_N \cdot \mu_s = ۴۰ \cdot ۰/۸ = ۳۲$$

(ب) نیرویی که سطح به جسم وارد می کند، چند نیوتون است و چه زاویه ای با سطح افق دارد؟

ثابت می ماند همان ۳۰ نیوتون

(پ) با افزایش F اصطکاک چه تغییری می کند؟

$$f_{s\max} \uparrow$$

(ت) F' را حداقل به چند نیوتون برسانیم تا جسم شروع به حرکت کند و شتاب در این حالت چند متر بر مجذور ثانیه است؟

$$۳۲ - ۱۰ = ۲۲ \Rightarrow a$$

$$F - ۱۰ = ۳۲$$

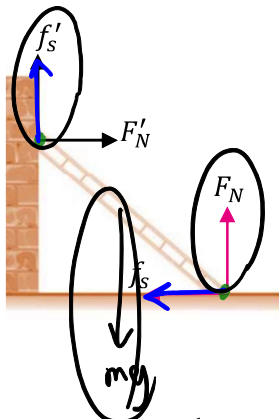
$$F = ۴۲$$

$$F' + mg = ۳۲$$

$$f_{s\max} = ۳۲$$

(ث) اگر جهت F' را عوض کنیم، باید آن را حداقل به چند نیوتون برسانیم تا جسم شروع به حرکت کند؟

نکته: اگر تمرین بالا در آسانسور باشد فقط کافیست به جای mg ، $m(g \pm a)$ قرار دهیم.



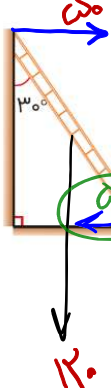
برای یک نردبان ثابت یا در حال لغزیدن با سرعت ثابت

$$mg = F'_N + f'_s \quad \text{نیروهای عمودی}$$

$$F'_N = f_s \quad \text{نیروهای افقی}$$

$$f'_s = F'_N \cdot \mu_s \text{ و } f_s = F_N \cdot \mu_s \quad \text{اگر نردبان در آستانه لغزیدن باشد}$$

تمرین ۵: نردبانی همگن به جرم ۱۲ kg مطابق شکل زیر، روی دیوار قائمی با اصطکاک ناچیز قرار دارد. اگر نیرویی که دیوار قائم به نردبان وارد می کند، ۵۰ N باشد، نیرویی که سطح افقی به نردبان وارد می کند، چند نیوتن است؟ ($g = ۱۰\text{ N/kg}$)



$$120 = \sqrt{120^2 + 50^2}$$