

## فصل ۵: نیرو

## جزوه ی فیزیک نهم

@ Rahalamezade

اسماعیل لامع زاده

تنظیم و تایپ: دلنیا نادری دبیرستان فرزاتگان سقز

نیرو (F): اثر متقابل دو جسم بر هم دیگر که واحد آن نیوتن N است.

انواع نیرو:

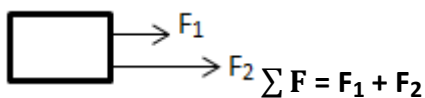
۱. تماسی: اصطکاک - مقاوت هوا
۲. غیر تماسی: الکتریکی - مغناطیسی - وزن

تأثیرات نیرو بر جسم:

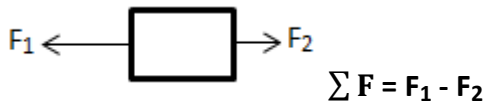
- تغییر شکل جسم
- تغییر جهت حرکت جسم
- تغییر اندازه سرعت جسم
- شروع حرکت جسم

## جمع بردارها:

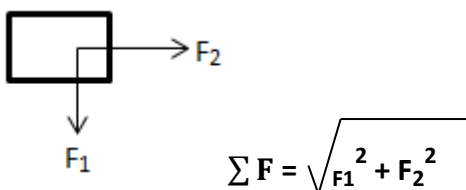
حالت اول: دو بردار در یک جهت باشند.



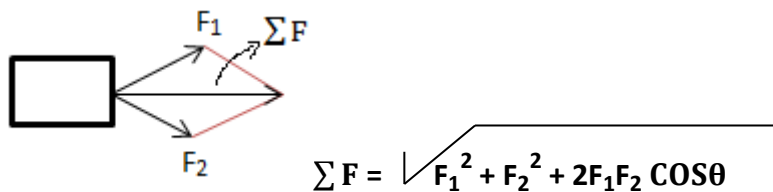
حالت دوم: دو بردار مخالف جهت هم باشند.



حالت سوم: ابتدا و انتها دو بردار بر هم عمود باشد.



حالت چهارم: دو بردار با هم زاویه می سازند.



نکته) هر چه زاویه بین بردارها کوچکتر باشد برآیند بردارها بزرگتر خواهد بود.

**نیروی متوازن (متعادلی):** نیروهایی که بر یک جسم می شوند در صورتی که برآیندشان صفر باشد متوازن یا متعادل هستند

$$\sum F = 0$$

**نیروی خالص:** وقتی برآیند نیروهای وارد بر یک جسم صفر نباشد.  $\sum F \neq 0$

نکته) نیروی خالص باعث ایجاد شتاب می شود.

**قانون اول نیوتن (لختی - اینرسی - ماند):** اجسام تمایل دارند حالت اولیه خود را حفظ کنند. اگر ساکن باشند همچنان در حالت سکون باقی می مانند و اگر سرعت ثابت داشته باشند (حرکت یکنواخت به حرکت یکنواخت خود ادامه می دهند).

(مثال)

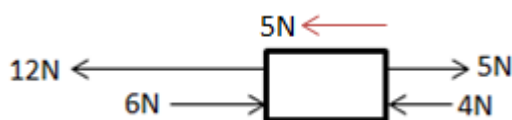
- هنگام ترمز گرفتن راننده ، سرنشین به طرف جلو پرت می شود.
- جدا شدن گرد و غبار هنگام تکاندن فرش.
- جدا شدن آب از خرس خیس هنگام تکان دادن خود.

**قانون دوم نیوتن:** نیروی خالص باعث تغییر سرعت جسم و در نتیجه ایجاد شتاب می شود که این شتاب با برآیند نیروها رابطه مستقیم و با جرم جسم رابطه معکوس دارد.

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

$$\text{واحد} = \frac{N}{kg} = \frac{m}{s^2}$$

**مسئله:** در شکل زیر اندازه و جهت نیروی خالص را حساب کنید.



$$\sum F_1 = 5 + 6 = 11N$$

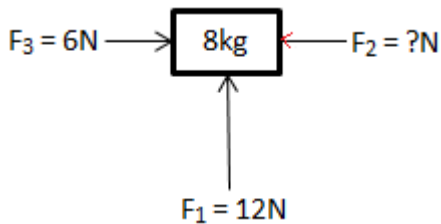
$$\sum F_2 = 12 + 4 = 16N$$

$$\sum F_{\text{کل}} = 16 - 11 = 5N$$

(نکته)

- شتاب ایجاد شده همیشه با  $\sum F$  هم جهت است.
- نیرو یک کمیت برداری است.

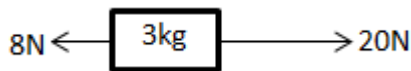
**مسئله:** در شکل زیر نیروی  $F_2$  را به صورت افقی طوری رسم کنید تا شتاب ایجاد شده  $\frac{m}{s^2}$   $1/5$  باشد.



$$a = \frac{\sum F}{m} \Rightarrow 1/5 = \frac{\sum F}{8} \Rightarrow \sum F = 12$$

باید و  $F_2$  در  $F_3$  خلاف جهت هم و اعداد برابری باشند در این صورت  $F_1$  همان برآیند بردارها خواهد بود.  $F_2 = 6N$

**مسئله:** به جعبه ای به جرم  $3kg$  که در حالت سکون قرار دارد نیروهای زیر وارد می شود.



الف) شتاب حرکت جعبه را محاسبه کنید.

$$\sum F = 20 - 8 = 12$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{12}{3} = 4 \frac{N}{kg}$$

ب) سرعت جعبه را  $2$  ثانیه پس از اثر این نیروها حساب کنید.

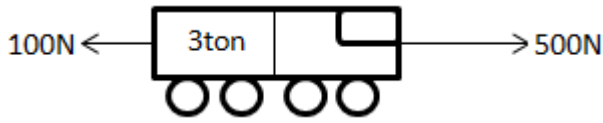
$$V = V_0 + at \Rightarrow V = 0 + 4 \times 2 = 8 \frac{m}{s}$$

روش اول) معادله حرکت با شتاب ثابت

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow 4 = \frac{V_2 - 0}{2} \Rightarrow V_2 = 8 \frac{m}{s}$$

روش دوم)

**مسئله:** اتومبیلی به جرم ۳ تن با نیرو موتور ۵۰۰ نیوتن به سمت شرق در حال حرکت است اگر نیروی اصطکاک ۱۰۰ نیوتن باشد شتاب چه قدر است؟



$$3 \times 1000 = 3000\text{kg}$$

$$\sum F = 500 - 100 = 400 \quad a = \frac{\sum F}{m} = \frac{400}{3000} = 0.13 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

**مسئله:** نیروی خالص F به جسمی به جرم m وارد می شود و به آن شتاب  $4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  می دهد اگر همین نیرو به جسمی به جرم m+2 وارد شود شتاب  $3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  می دهد. نیروی F و m چه قدر است؟

$$a = \frac{\sum F}{m} \Rightarrow F = ma \Rightarrow F = 4m$$

$$F = 3(m + 2)$$

$$4m = 3m + 6 \Rightarrow m = 6\text{kg}$$

$$F = 4 \times 6 = 24\text{N}$$

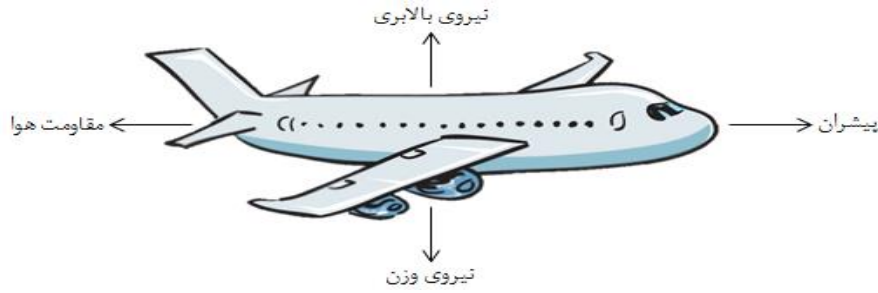
**مسئله:** جسمی به جرم 1/5kg بر اثر اعمال نیروی 8N با سرعت ثابت حرکت می کند (a = 0). اندازه ی نیروی اصطکاک چه قدر است؟

$$a = \frac{\sum F}{m} \Rightarrow \sum F = ma \Rightarrow 8 - x = \frac{1}{5} \times 0 \Rightarrow x = 8$$

• نیروی اصطکاک با نیروی اعمال شده برابر است چون سرعت ثابت است و در نتیجه شتاب صفر است.

نکته) هر گاه حرکت یکنواخت باشد  $\sum F$  صفر است یعنی نیروها متوازن خواهند بود.

مثال) هواپیمای مسافری در ارتفاع مشخصی با سرعت ثابت در حال حرکت است وضعیت نیروهای وارد بر آن چگونه است؟



نیروی بالابری = نیروی وزن      نیروی پیشران = مقاومت هوا

**مسئله:** نیروی اصطکاک 18N به جسم زیر وارد می شود. نیروی افقی F چه قدر باشد تا به آن شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  بدهد.



$$a = \frac{\sum F}{m} \Rightarrow 2 = \frac{\sum F}{4} \Rightarrow \sum F = 8N$$

$$x - 18 = 8 \Rightarrow x = 26N$$

**مسئله:** جسمی به جرم 50kg روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد. اگر جعبه را با نیروی 20N هل دهیم:

الف) شتاب چه قدر است؟

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{20}{50} = 0.4 \frac{N}{kg}$$

ب) پس از 3 ثانیه سرعت جعبه چه قدر می شود؟

$$V = V_0 + at \Rightarrow V = 0 + 0.4 \times 3 = 1.2 \frac{m}{s}$$

(روش اول)

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow 0.4 = \frac{\Delta V}{3} \Rightarrow 3 \times 0.4 = 1.2 \frac{m}{s}$$

(روش دوم)

ج) اگر پس از 3 ثانیه جعبه به ناحیه ای برسد که اصطکاک 5N بر آن اثر کند در ثانیه ششم سرعت آن چه قدر است؟

$$\sum F = 20 - 5 = 15N$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{15}{50} = 0.3 \frac{N}{kg}$$

$$\Delta V = a \cdot \Delta t = 0.3 \times 3 = 0.9 \quad /9 = v_2 - 1.2 \quad v_2 = 2.1$$

یعنی از ثانیه 3 تا 6 شتاب جعبه 0.3 بوده و تغییر سرعت در این بازه 0.9 است، پس سرعت در ثانیه ششم 2.1 خواهد بود.

## وزن:

### تفاوت جرم و وزن:

- **وزن (weight)** نیروی گرانشی است که از طرف مرکز زمین بر اجسام وارد می شود. واحد آن نیوتن است، وسیله ی اندازه گیری آن نیرو سنج است و مقدار آن متغیر است.
- **جرم (mass)** به مقدار ذرات تشکیل دهنده ماده می گویند. واحد آن کیلوگرم و وسیله ی اندازه گیری آن ترازو بوده و مقدار آن ثابت است.

$$W = mg \Rightarrow \text{وزن} = \text{شتاب جاذبه} \times \text{جرم}$$

نام مکان	شتاب گرانشی
زمین	$9/8 \cong 10$
ماه	$1/6$
مریخ	$3/7 \cong 4$

**مسئله:** وزن اجسام زیر را در زمین محاسبه کنید.

$$W = mg$$

1.  $m = 16g \Rightarrow 16 \div 1000 = 0/016kg \Rightarrow 0/016 \times 10 = 0/16N$
2.  $m = 25g \Rightarrow 25 \div 1000 = 0/025kg \Rightarrow 0/025 \times 10 = 0/25N$
3.  $m = 6kg \Rightarrow 6 \times 10 = 60N$

وزن یک برنج ۵ کیلو گرمی را در ماه و مریخ حساب کنید.

$$W = mg$$

$$5 \times 1/6 = 8N$$

$$5 \times 4 = 20N$$

(نکته)

- نیروی وزن در قطب بیشترین مقدار و در خط استوا کمترین مقدار است.
- وزن اجسام در کره ماه  $\frac{1}{6}$  کره زمین است.

**قانون جاذبه عمومی نیوتن:** وقتی دو جسم در کنار یکدیگر قرار دارند بر هم دیگر نیروی غیر تماسی وارد می کنند که از نوع جاذبه است.

نیروی جاذبه بین دو جسم =  $(6/67 \times 10^{-11})$  عدد ثابت گرانشی  $\times \frac{\text{جرم جسم اول} \times \text{جرم جسم دوم}}{2}$  فاصله دو جسم از همدیگر

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2} \Rightarrow G = \frac{Nm^2}{kg^2} \text{ واحد ثابت گرانشی}$$

شتاب جاذبه سیاره =  $(6/67 \times 10^{-11})$  عدد ثابت گرانشی  $\times \frac{\text{جرم سیاره یا ستاره}}{2}$  شعاع سیاره یا ستاره

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

نکته) شعاع زمین  $m = 6/4 \times 10^6 = 6400 \text{ km}$  است. و جرم زمین  $6 \times 10^{24}$

$$g = G \frac{M}{r^2} \Rightarrow \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(6/4 \times 10^6)^2} = 9/8 \frac{N}{kg}$$

**w وزن واقعی:** نیروی گرانشی که از طرف زمین به جرم جسم وارد می شود.

**w' وزن ظاهری:** احساسی که یک جسم از وزن خود دارد.

حرکت آسانسور:

۱. بالا

$$w' = m(g + a) \quad \Leftarrow \quad a > 0 \quad \bullet$$

$$w' = m(g - a) \quad \Leftarrow \quad a < 0 \quad \bullet$$

۲. پایین

$$w' = m(g - a) \quad \Leftarrow \quad a > 0 \quad \bullet$$

$$w' = m(g + a) \quad \Leftarrow \quad a < 0 \quad \bullet$$

نکته) در صورتی که آسانسور ساکن یا حرکت یکنواخت (سرعت ثابت) داشته باشد وزن ظاهری و واقعی با هم برابر است.

**مسئله:** کیانا به جرم 50kg درون آسانسوری روی ترازو قرار دارد در هر یک از حالت های زیر ترازو چه عددی را نشان می دهد؟

$$w' = w \quad m = 50\text{kg}$$

الف) آسانسور ساکن است

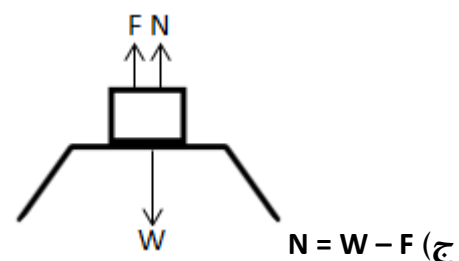
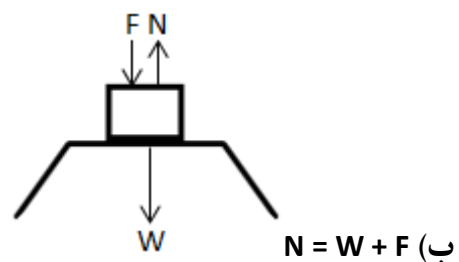
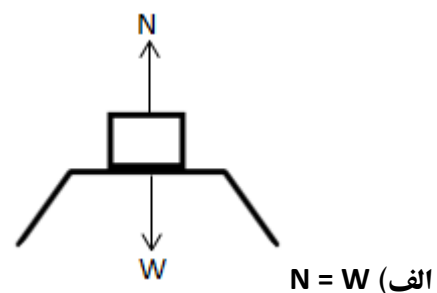
$$w' = w \quad m = 50\text{kg} \quad \text{ب) آسانسور با سرعت ثابت } 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ رو به بالا حرکت می کند.}$$

$$w' = 50(10 + 2) = 600\text{N} \quad m = 60\text{kg} \quad \text{ج) آسانسور با شتاب } 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ رو به بالا حرکت می کند.}$$

$$w' = 50(10 - 2) = 400\text{N} \quad m = 400 \div 10 = 40 \text{ kg} \quad \text{د) آسانسور با شتاب } 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ رو به بالا ترمز می کند.}$$

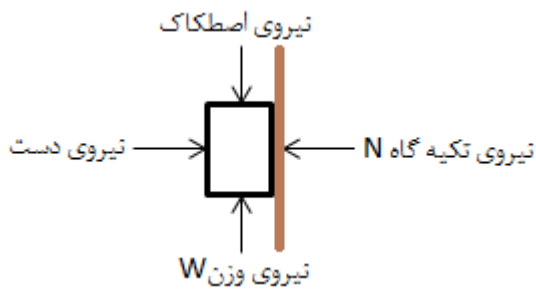
$$w' = 50(10 - 10) = 0\text{N} \quad m = 0 \text{ kg} \quad \text{ه) کابل آسانسور پاره می شود}$$

**نیروی تکیه گاه:** نیرویی که از طرف تکیه گاه به طور عمود به جسم وارد می شود. (نیروی عمود بر سطح)





**مسئله:** کتابی به وزن 2N با نیروی 10N دست، مطابق شکل در کنار دیوار نگه داشته ایم نیروی عمودی تکیه گاه و اصطکاک را محاسبه کنید.

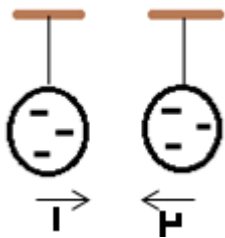


$$N = F = 10N$$

$$F = W = 2N$$

**قانون سوم نیوتن:** هر گاه جسمی به جسم دوم نیرو وارد کند جسم دوم نیز به همان اندازه ولی در جهت مخالف به آن نیرو وارد می کند. (کنش و واکنش)

**سوال:** در شکل زیر نیرو کنش و واکنش را نشان دهید.



جسم اول به جسم دوم نیرو وارد می کند و جسم دوم نیز به همان اندازه به جسم اول نیرو وارد می کند.

نکته) نیروهای کنش و واکنش همجنس و برابرند ولی متوازن نیستند یعنی هیچ گاه با هم جمع نمی شوند زیرا به دو جسم مخالف وارد می شود.

**نیروی اصطکاک (friction):** نیرویی که مانع از حرکت اجسام می شود.

نکته: علت ایجاد نیروی اصطکاک بین اجسام ناهمواری های میکروسکوپی بین دو جسم است.

انواع نیروی اصطکاک:

۱.  $f_s$  **نیروی اصطکاک ایستایی:** نیرویی که مانع از حرکت اجسام ساکن می شود.
۲.  $f_k$  **نیروی اصطکاک جنبشی:** نیرویی که مانع از حرکت اجسام متحرک می شود.

نکته

- نیروی اصطکاک ایستایی مقدار ثابتی نیست بلکه به نیروی پیشران بستگی دارد.  $F = f_s$
- نیروی اصطکاک جنبشی به نیروی پیشران بستگی ندارد.

سرعت ثابت  $f_k = F$

شتاب دار کند شونده  $f_k > F$

شتاب دار تند شونده  $f_k < F$

**نیروی اصطکاک مفید:** راه رفتن - ترمز کردن ماشین

**نیروی اصطکاک مضر:** اصطکاک حین اسکی بازی - اصطکاک لولای در

**راه های کاهش نیروی اصطکاک:**

- صاف و صیقلی کردن سطوح
- استفاده از مواد لغزنده مانند روغن
- استفاده از چرخ - بلبرینگ - غلنگ
- استفاده ی از لایه ی هوا بین سطح و جسم مانند هاورکرافت ( نوعی قایق با سطح زیرین نیوی)

**عوامل موثر بر نیروی اصطکاک:**

- زبری و صافی سطح (میزان برجستگی سطوح)
- جرم جسم (هر چه جرم جسم بیشتر باشد اصطکاک بیشتر است)
- جنس جسم

نکته) نیروی اصطکاک به طور محسوسی به مساحت سطح بستگی ندارد.

**نیروی اصطکاک ایستایی حداکثر (آستانه حرکت) =  $f_s \max$ :**

حداکثر نیروی اصطکاک ایستایی که جسم در آستانه ی حرکت قرار می گیرد:

$$F_s \max = \mu_s \times N$$

ضریب اصطکاک ایستایی  $\mu_s$

$$0 < \mu_s < 1$$

**عوامل موثر بر اصطکاک ایستایی:**

- جنس دو جسم
- نیروی ربایش بین دو جسم
- برجستگی های سطح دو جسم

محاسبه نیروی اصطکاک جنبشی:

$$F_k = \mu_k \times N$$

$\mu_k$  = ضریب اصطکاک جنبشی =

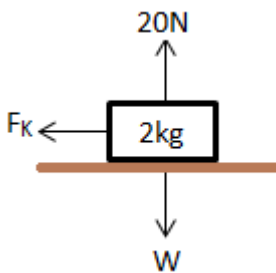
$$0 < \mu_k < 1$$

نکته  $\mu_s > \mu_k$

$\mu_k$	$\mu_s$	سطوح
0/4	0/9	شیشه رو شیشه
0/57	0/75	فولاد روی فولاد
0/7	0/9	لاستیک با جاده خشک
0/5	0/8	لاستیک با جاده خیس

نکته) هر چه نیروی عمودی تکیه گاه و وزن بیشتر باشد نیروی اصطکاک بیشتر خواهد بود زیرا برجستگی ها بیشتر در هم فرو می رود.

**مسئله:** جسمی به جرم 2kg روی سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی 0/2 با سرعت ثابت در حرکت است. نیروی اصطکاک جنبشی چه قدر است؟ ( $g=10$ )



$$W = mg \Rightarrow 2 \times 10 = 20N$$

$$F_k = \mu_k \times N \Rightarrow 0/2 \times 20 = 4$$

**مسئله:** جسمی به وزن 50N بر روی سطح افقی با نیروی 10N با سرعت ثابت در حال حرکت است ضریب اصطکاک جنبشی چه قدر است؟

$$F_k = \mu_k \times N \Rightarrow \mu_k = \frac{F_k}{N} = \frac{10}{50} = 0/2$$

**مسئله:** جعبه ای به جرم 2kg روی سطح افقی در حالت سکون قرار دارد. نیروی F را به جعبه وارد می کنیم در هر حالت شتاب حرکت چه قدر است؟ ( $\mu_s = 0/8$  و  $\mu_k = 0/6$ )

الف) اگر  $F = 14N$

$$W = mg \Rightarrow 2 \times 10 = 20N$$

$$F_s = \mu_s \times N \Rightarrow 0/8 \times 20 = 16$$

\*چون  $F_s \max > F$  است جسم همچنان ثابت می ماند در نتیجه شتاب برابر با صفر است.

ب)  $F = 20N$

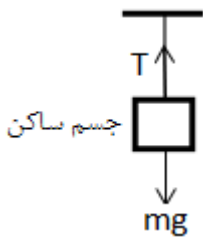
چون  $F_s \max < F$  است جسم متحرک بوده برای به دست آوردن شتاب آن باید ابتدا اصطکاک جنبشی جسم را محاسبه کنیم:

$$F_k = \mu_k \times N \Rightarrow 0/6 \times 20 = 12$$

$$\sum F = 20 - 12 = 8$$

$$A = \frac{\sum F}{m} = \frac{8}{2} = 4 \frac{m}{s^2}$$

**نیروی کشسانی طناب یا نیروی کشش نخ:**



$$T - mg = ma$$

$$T - mg = 0 \Rightarrow T = mg$$

\*برای پیدا کردن نیروی کشش نخ ابتدا  $a = \frac{\sum F}{\sum m}$  مجموعه را پیدا می کنیم و سپس از نقطه ای نخ را پاره کرده و از رابطه زیر برای به دست آوردن T استفاده می کنیم:

نیروهای در خلاف جهت حرکت - نیرو در جهت حرکت =  $ma$

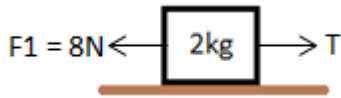
**نکته)** اگر جرم طناب را ناچیز فرض کنیم نیروی کشش نخ یا طناب بین دو جسم ثابت است.

مسئله:

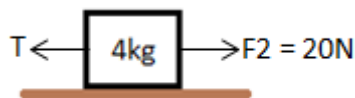


$$a = \frac{\sum F}{\sum m} = \frac{20 - 8}{4 + 2} = \frac{12}{6} = 2 \frac{m}{s^2}$$

نخ را به دو روش می توان پاره کرد:



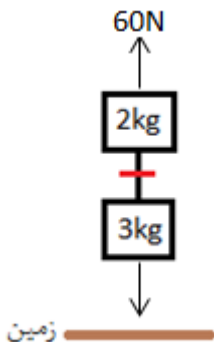
$$T - 8 = 2 \times 2 \Rightarrow T = 12N$$



$$20 - T = 4 \times 2 \Rightarrow T = 12N$$

مسئله: دو جسم 2kg و 3kg مطابق شکل با ریسمانی به هم متصل اند این مجموعه با نیروی 60N شروع به حرکت می کند

نیروی کشش T چند نیوتن است؟



$$W = mg \Rightarrow 2 \times 10 = 20N$$

$$W = mg \Rightarrow 3 \times 10 = 30N$$

$$30 + 20 = 50N$$

$$a = \frac{\sum F}{\sum m} = \frac{60 - 50}{3 + 2} = \frac{10}{5} = 2 \frac{m}{s^2}$$

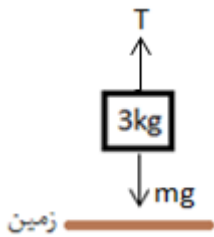
اگر نخ را پاره کنیم:



$$60 - (T + mg) = ma$$

$$60 - T - 20 = ma$$

$$60 - T = 24 \Rightarrow 36$$



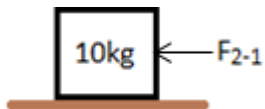
$$T - 30 = 3 \times 2 \Rightarrow T = 36$$

نکته: نیرویی که دو جسم به هم چسبیده به هم وارد می کنند مانند محاسبه نیروی کشش طناب محاسبه می شود.

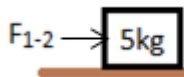
**مسئله:** دو جسم 5 kg و 10kg با نیروی 30N روی سطح بدون اصطکاکی در حال حرکت است نیرویی که دو جسم به هم وارد می کنند چه قدر است؟



$$a = \frac{\sum F}{\sum m} = \frac{30}{10 + 5} = \frac{30}{15} = 2 \frac{m}{s^2}$$

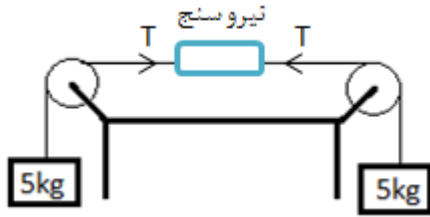


$$30 - F_{2-1} = 20 \Rightarrow F_{2-1} = 10N$$



$$F_{1-2} - 0 = 5 \times 2 \Rightarrow F_{1-2} = 10N$$

**مسئله:** در شکل مقابل نیرو سنج چند نیوتن را نشان می دهد؟



$$W = mg \Rightarrow 5 \times 10 = 50N$$

$$a = \frac{\sum F}{\sum m} = \frac{50 - 50}{10} = \frac{0}{10} = 0 \frac{m}{s^2}$$

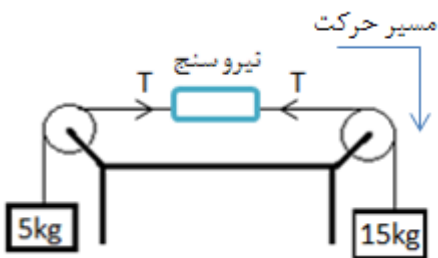
\*مجموعه در حال تعادل است.

طناب را در دو قسمت مشخص شده پاره میکنیم. نیروی کشش طناب چند نیوتن است؟

$$50 - T = 0 \Rightarrow T = 50$$

نکته) اگر مجموعه در حال تعادل باشد شتاب برابر صفر است.

**مسئله:** در شکل مقابل نیروسنج چند نیوتن را نشان می دهد؟



$$W = mg \Rightarrow 5 \times 10 = 50N$$

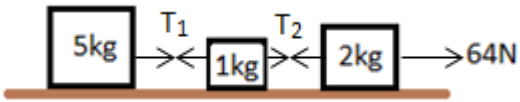
$$W = mg \Rightarrow 15 \times 10 = 150N$$

$$a = \frac{\sum F}{\sum m} = \frac{150 - 50}{15 + 5} = \frac{100}{20} = 5 \frac{m}{s^2}$$

\*طناب را در قسمتهای مشخص شده پاره میکنیم. نیروی کشش طناب بدست می آید

$$150 - T = 5 \times 15 \Rightarrow T = 75$$

**مسئله:** سه قطعه با جرم های مختلف به هم بسته شده اند و روی سطح بدون اصطکاکی با نیروی 64N کشیده می شوند. نیروی کشش طناب های خواسته شده چه قدر است؟



$$a = \frac{\sum F}{\sum m} = \frac{64 - 0}{5 + 1 + 2} = \frac{64}{8} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$2 \times 8 = 64 - T_2$$

$$16 = 64 - T_2 \Rightarrow T_2 = 48$$

$$(2 + 1) \times 8 = 64 - T_1$$

$$24 = 64 - T_1 \Rightarrow T_1 = 40$$

لامع زاده آبان ۹۷

@oloom9\_nemoone