مثال معروف سیب و نیوتون را در نظر بگیرید. سیب از درخت افتاد. چه چیزی باعث شد سیب بیفتد؟ طبق قانون اول نیوتون می دانیم که باید به جسم نیرو وارد شود تا شروع به حرکت کند یا سرعتش را تغییر دهد. چه چیزی به سیب نیرو وارد کرد؟ زمین!! زمین به همه اجسام نیرویی به نام گرانش وارد می کند. گرانش از کلمه «گران» به معنای سنگین ریشه می گیرد. یعنی گرانش ویژگی است که به جرم و سنگینی اجسام مربوط است. به مثال سیب برگردیم. سیب از درخت رها شد و با شتاب به سمت زمین حرکت می کند. اندازه نیرویی که به آن وارد می شود چیست؟

نیروی وزن

طبق قانون دوم نیوتون (F=ma) با آزمایش، اندازه شتاب اجسام مختلف در حالت سقوط را اندازه گرفتند و دیدند که همه با شتابی برابر با $g=9.8m/s^2$ سقوط می کنند. البته این شتاب را از اندازه گیری هایی که روی سطح زمین اندازه گرفتند به دست آوردند. نه مثلا از روی کوهی به ارتفاع 4000 متر!! به g شتاب گرانشی زمین می گویند. بنابر این نیروی وارد شده به جسم از طرف زمین برابر است با:

$$F = ma \rightarrow a = g = 9.8\ \frac{m}{s^2} \rightarrow F = mg$$

به نیروی گرانشی که از طرف زمین بر اجسام وارد می شود وزن جسم می گویند و با نماد W نشان می دهند.

وزن نیرویی است که از طرف زمین به جسم وارد می شود پس:

1- وزن یک بردار است و جهت آن همیشه به سمت زمین است.

2- وزن هر جسم به مقدار g در آن مکان بستگی دارد. مثلا وزن شخصی به جرم 60kg در جایی که $g=9.8m/s^2$ برابر با 588N و در جایی که در آن $g=9.76m/s^2$ باشد، 586N است.

3- زمین به همه اجسام نیروی گرانش را وارد می کند، حتی اگه جسم در حال سقوط آزاد نباشد. پس به همه اجسام نیروی وزن W وارد می شود.

مثال1: الف) وزن قطعه ای طلا به جرم 100 گرم را روی سطح زمین به دست آورید.

ب)وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به دست آورید و با هم مقایسه کنید.

$$(g_{\text{مریخ}} = 3.7\frac{N}{kg}, g_{\text{ماه}} = 1.6\frac{N}{kg}, g_{\text{زمین}} = 9.8\frac{N}{kg})$$

حل مسئله:

الف) میدانیم:

$$w = mg \rightarrow w = 0.1kg \times 9.8\frac{N}{kg} = 0.98N$$

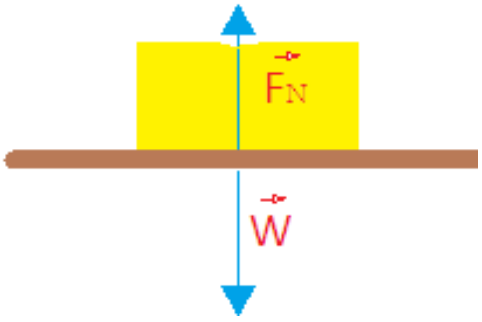
ب) وزن جسم در ماه:

$$w = mg_{\text{ماه}} \rightarrow w = 0.1kg \times 1.6\frac{N}{kg} = 0.16N$$

وزن جسم درمریخ:

$$w = mg_{\text{مریخ}} \rightarrow w = 0.1kg \times 3.7\frac{N}{kg} = 0.37N$$

نیروی عمودی سطح



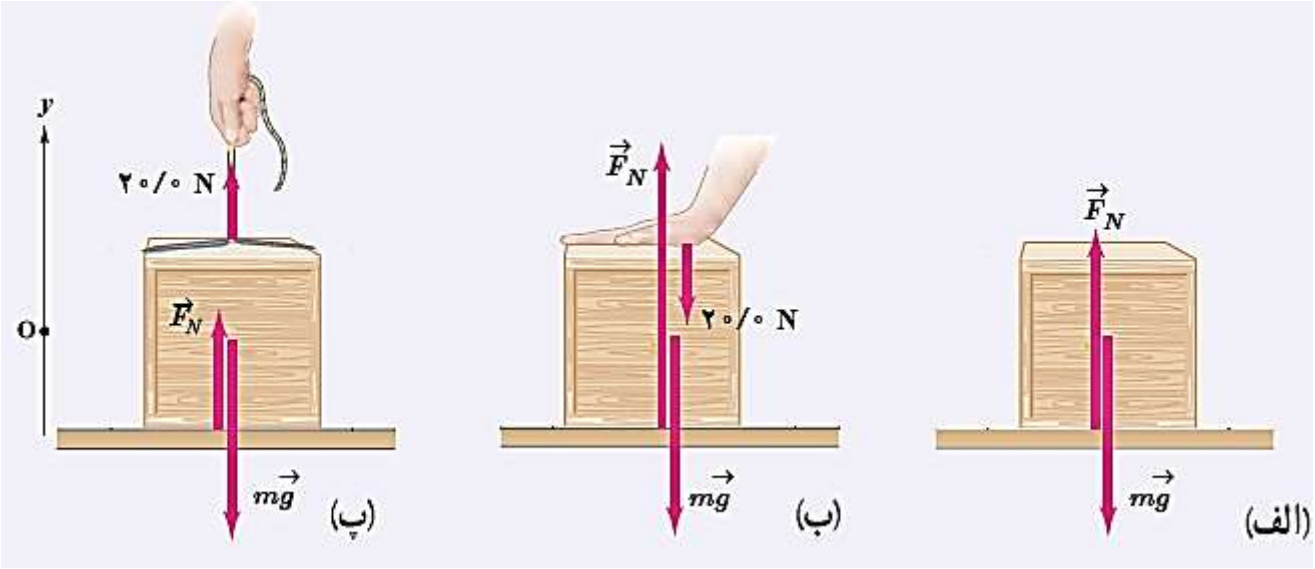
جسمی را در نظر بگیرید که روی یک سطح افقی قرار دارد. می دانیم که به همه اجسام به خاطر جرمشان نیروی وزن وارد می شود. پس چرا این جسم روی میز ساکن است و سقوط نمی کند؟

دلیلش نیرویی است که میز به جسم وارد می کند که برابر و مخالف نیروی وزن است و باعث می شود مجموع نیروهای وارد بر جسم صفر باشد .پس جسم شتاب نمی گیرد. علت این نیرو تغییر شکل سطح تماس دو جسم است. اگر به جای میز جسم را روی سطح یک اسفنج قرار می دادیم، تغییر شکل اسفنج به خوبی دیده می شد.این تغییر شکل مربوط به نیروهای بین مولکولی است. اجسام سخت هم تغییر شکل می دهند اما تغییر شکل آنها به راحتی قابل مشاهده نیست. چون این نیرو همیشه در جهت عمود بر سطح به جسم وارد می شود، به آن نیروی عمودی سطح می گویند.

در شکل بالا مجموع نیروهای وارد بر جسم را می نویسیم:

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow \overrightarrow{F_N} + \overrightarrow{W} = 0 \rightarrow \overrightarrow{F_N} = -\overrightarrow{W} \rightarrow F_N = W$$

مثال 2: همانند شکل، جعبه ای به جرم 4 کیلوگرم روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت های نشان داده شده به دست آورید.



الف: در این حالت جعبه روی میز ساکن است و نیروهایی که به آن وارد می شوند عبارت است از نیروی وزن W و نیروی عمودی سطح F_N . حال مجموع نیروهای وارد بر جسم را می نویسیم:

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow \overrightarrow{F_N} + \overrightarrow{W} = 0 \rightarrow \overrightarrow{F_N} = -\overrightarrow{W} \rightarrow F_N = W = mg$$

$$F_N = 4kg \times 9.8\frac{N}{kg} = 39.2\ N$$

ب) در این حالت یک نیروی عمودی به بزرگی 20N به سمت پایین به جعبه وارد می شود. بنابر این:

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow F_N - W - 20N = 0 \rightarrow F_N = mg + 20N \rightarrow$$

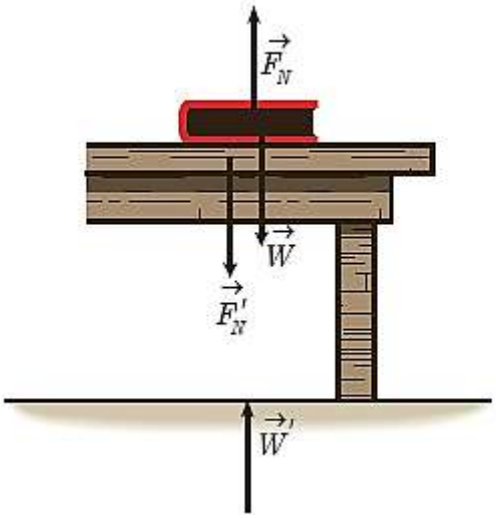
$$F_N = 59.2N$$

ج)در این حالت یک نیروی عمودی به سمت بالا با بزرگی 20N به جعبه وارد می شود.

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow F_N - W + 20N = 0 \rightarrow F_N = mg - 20N \rightarrow$$

$$F_N = 19.2N$$

طبق قانون سوم نیوتون می دانیم هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم هم به جسم اول نیرویی برابر و مخالف با جهت نیروی وارد شده به جسم اول وارد می کند. بنابر این مشابه شکل پایین، زمین به کتاب نیروی W رو به پایین وارد می کند پس کتاب هم به زمین نیروی W' رو به بالا وارد می کند. همچنین میز به کتاب نیروی F_N در جهت بالا وارد می کند و کتاب هم به میز نیروی F_N' رو به پایین وارد می کند.



مثال3: شخصی درون آسانسوری روی یک روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در این حالت ترازو عدد $588N$ را نشان می دهد.

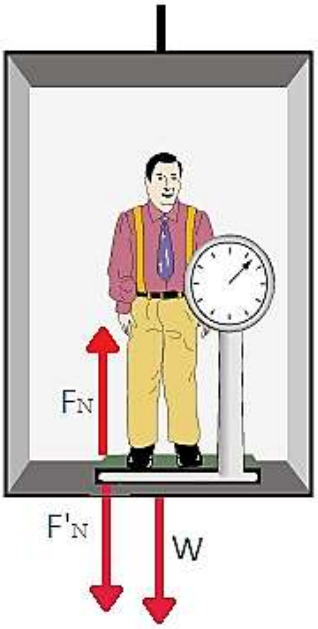
الف) جرم شخص چند کیلوگرم است؟

ب) وقتی آسانسور شتاب رو به بالای 2 متر بر مربع ثانیه دارد. ترازو چه عددی را نشان می دهد؟

ج) وقتی کابل آسانسور شتاب رو به پایین 2 متر بر مربع ثانیه دارد، ترازو چه عددی را نشان می دهد؟

د) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو چه عددی را نشان می دهد؟ $g=9.8m/s^2$

پاسخ : الف) عددی که ترازو نشان می دهد نیرویی است که شخص به ترازو وارد می کند یعنی همان عکس العمل نیروی عمودی سطح که شخص ایستاده روی ترازو، به ترازو وارد می کند. مطابق شکل زیر:

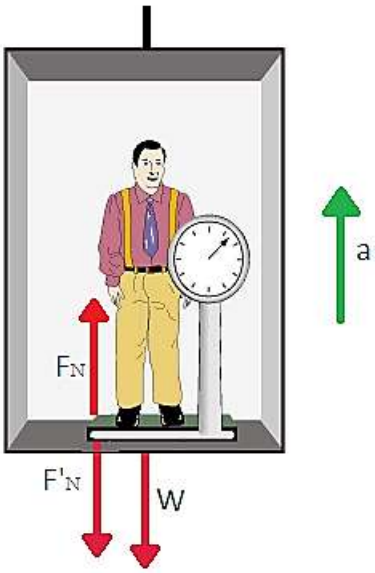


$$\overrightarrow{F_{net}} = ma = 0 \rightarrow \overrightarrow{F_N} - \overrightarrow{W} = 0 \rightarrow F_N = W = mg \rightarrow$$

$$F'_N = F_N = W = mg \rightarrow 588N = m \times \left(\frac{9.8\ m}{s^2}\right) \rightarrow$$

$$m = 60\ kg$$

ب)

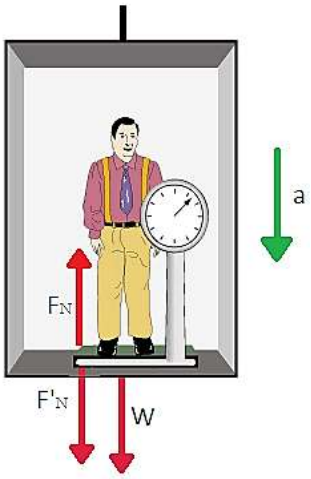


$$\overrightarrow{F_{net}} = ma \rightarrow F_N - W = ma \rightarrow F_N = mg + ma \rightarrow$$

$$F'_N = F_N = m(g + a) \rightarrow 60kg \times (9.8 + 2)\, m/s^2 \rightarrow$$

$$F'_N = 672N$$

ج)



$$\overrightarrow{F_{net}} = ma \rightarrow W - F_N = ma \rightarrow F_N = mg - ma \rightarrow$$

$$F'_N = F_N = m(g + a) \rightarrow 60kg \times (9.8 - 2)\, m/s^2 \rightarrow$$

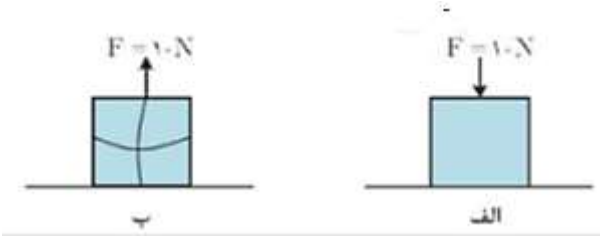
$$F'_N = 468N$$

د) وقتی طناب آسانسور پاره شود، آسانسور با شتاب g سقوط می کند.بنابر این g=a به سمت پایین.

$$F_N = mg - ma \rightarrow m(g - g) = 0$$

در نتیجه ترازو وزن صفر را نشان می دهد.

مثال 4: جعبه ای به جرم $3kg$ روی میز افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح در حالت «الف» چند برابر نیروی عمودی سطح در حالت «ب» است؟



پاسخ: در حالت الف نیرویی برابر با $10N$ به سمت پایین به جعبه وارد می شود. طبق قانون دوم نیوتون چون شتاب در راستای عمودی صفر است پس باید مجموع نیروها در این راستا صفر باشد. پس:

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow W + F - F_N = 0 \rightarrow F_N = W + F \rightarrow$$

$$F_N = mg + F = 3kg \times 9.8\frac{m}{s^2} + 10N = 39.4N$$

در حالت ب نیرویی با اندازه $10N$ به سمت بالا به جعبه وارد می شود پس:

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow W - F - F_N = 0 \rightarrow F_N = W - F \rightarrow$$

$$F_N = mg + F = 3kg \times 9.8\frac{m}{s^2} + 10N = 19.4N$$

$$\frac{F_{N\,\text{الف}}}{F_{N\,\text{ب}}} = \frac{39.4}{19.4} = 2.03$$

مثال 5: شخصی در طبقه سوم ساختمان وارد آسانسور می شود و به طبقه دهم می رود. جرم شخص $70kg$ است و یک کوله پشتی به جرم $5kg$ بر دوش دارد. آسانسور بین طبقات پنجم تا هفتم مسافت $6m$ را در مدت $2s$ باسرعت ثابت طی می کند. کار نیرویی که آسانسور به شخص وارد می کند، چند ژول است؟($g=9.8N/kg$)

طبق رابطه کار داریم:

$$Work = \mathrm{F}d\cos\theta$$

که در این رابطه F **نیرویی است که میخواهیم کار آن را اندازه بگیریم که در این مسئله نیرویی است که آسانسور به شخص وارد می کند یعنی** F_N **.**

در سوال گفته شده در این دو ثانیه آسانسور با سرعت ثابت حرکت می کند یعنی شتاب آن صفر است پس داریم:

$$\overrightarrow{F_{net}} = 0 \rightarrow W - F_N = 0 \rightarrow F_N = W = mg$$

$$\mathrm{Work} = F_N d\cos\theta = F_N d\cos 0 = 75kg \times 10\frac{\mathrm{m}}{s^2} \times 6m = 4500J$$

مثال 6: شخصی در آسانسور ساکن روی ترازوی فنری ایستاده است و ترازو عدد *600N* را نشان می دهد. در لحظه شروع حرکت آسانسور رو به بالا، ترازو عدد *750N* را نشان می دهد. شتاب حرکت آسانسور در این لحظه چند است؟ (g=9.8N/kg)

پاسخ: در ابتدا آسانسور ساکن است پس مجموع نیروی خالص وارد بر جسم صفر است و مطابق روابط بالا مقدار نیروی عمودی سطح با وزن برابر است. پس:

$$F_N = W = mg \rightarrow 600N = m \times 10 \rightarrow m = 60kg$$

$$\overrightarrow{F_{net}} = ma \rightarrow F_N - W = ma \rightarrow F_N = W + ma \rightarrow$$

$$750N = 600N + 60 \times a \rightarrow a = 2.5\frac{m}{s^2}$$