مثال ۱ *(قانون اوّل نیوتون) وقتی در خودروی ساکنی نشسته‌اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می‌کند به صندلی فشرده می‌شوید. علّت این پدیده را توضیح دهید.* *(خرداد ۹۹ تجربی)*

پاسخ: در حرکت ناگهانی خودرو سرنشینان به دلیل خاصیّت لختی تمایل دارند به حالت سکون باقی بمانند، پس به سمت عقب به صندلی فشرده می‌شوند.

مثال ۲ *(قانون دوم نیوتون): الف) نیروی خالص وارد بر یک اتومبیل ۸۰۰ کیلوگرمی که با شتاب $3\,m/s^2$ در حال حرکت است چند نیوتون است؟ ب) اگر نیروی مقاوم خالص در برابر حرکت این اتومبیل ۵۰۰N باشد، نیروی پیش‌ران چند نیوتون است؟*

پاسخ: الف) $F_{net} = ma \Rightarrow F_{net} = 800 \times 3 = 2400\,N$

ب) ابتدا شکلی رسم می‌کنیم و نیروهای پیش‌ران و مقاوم وارد بر اتومبیل را روی آن نشان می‌دهیم.

نکته

۱- رسم شکلی ساده از جسم و نشان دادن نیروها بر روی آن به حل مسأله کمک زیادی می‌کند.

۲- بهتر است، جهت حرکت جسم را جهت مثبت در نظر بگیرید.

همان‌طور که می‌بینید، نیروهای پیش‌ران و مقاوم خلاف جهت یکدیگرند. پس باید تفاضل اندازه‌های آنها را حساب کنیم (نیروی خالص).

چون اتومبیل به سمت چپ حرکت می‌کند، سمت چپ را جهت مثبت فرض می‌کنیم.

$$F_{net} = F_{\text{پیش‌ران}} - F_{\text{مقاوم}} \Rightarrow 2400 = F_{\text{پیش‌ران}} - 500 \Rightarrow F_{\text{پیش‌ران}} = 2900\,N$$

مثال ۳ *(قانون دوم نیوتون و روابط فصل ۱): گلوله‌ای به جرم ۵۰g با تندی $200\,m/s$ به مانعی به ضخامت ۱cm برخورد می‌کند و با تندی $100\,m/s$ از آن خارج می‌شود. با فرض ثابت بودن شتاب، نیروی خالص وارد بر گلوله را حساب کنید.*

پاسخ: با داشتن تندی اوّلیه و ثانویه و ضخامت مانع و به کمک رابطهٔ مستقل از زمان می‌توانیم شتاب حرکت گلوله در مانع را حساب کنیم.

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 10000 - 40000 = 2a \times 0/01 \Rightarrow a = -1500000\,m/s^2$$

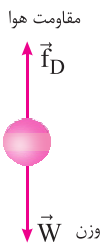
$$F_{net} = ma \Rightarrow F_{net} = \frac{50}{1000} \times (-1500000) = -75000\,N$$

نکته

در حرکت کندشونده، جهت نیروی خالص خلاف جهت حرکت جسم است.

مثال ۴ *(قانون سوم نیوتون): چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است. با رسم شکل، نیروهای وارد بر چترباز را مشخّص کرده و تعیین کنید واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟* *(خرداد ۹۸ تجربی)*

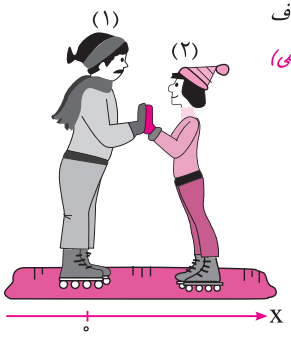
پاسخ: واکنش نیروی مقاومت هوا به مولکول‌های هوا وارد می‌شود و واکنش نیروی وزن به مرکز زمین وارد می‌شود.



مثال ۵ *(قانون دوم و سوم نیوتون): دو شخص به جرم‌های ۷۵kg و ۵۰kg با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند. شخص اوّل با نیروی ۱۲۰N شخص دوم را به طرف راست هل می‌دهد.* *(دی ۹۸ ریاضی)*

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد چقدر است؟

ب) شتابی که شخص اوّل می‌گیرد چقد و در چه جهتی است؟



پاسخ: نیرویی که دو شخص به یکدیگر وارد می‌کنند طبق قانون سوم نیوتون با هم برابر است.

الف) $F_{12} = m_2 a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{120}{50} = 2/4\,m/s^2$

ب) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \vec{a}_1 = \frac{-120}{75}\vec{i} = (-1/6\,m/s^2)\vec{i}$

وزن: وزن یک جسم، نیروی گرانشی است که از طرف زمین یا سیاره‌ای دیگر بر جسم وارد می‌شود.

وزن را معمولاً با $\vec{W}$ و جرم را با m و شتاب گرانشی را با $\vec{g}$ نشان می‌دهیم. در نتیجه نیروی وزن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود. یکای وزن نیوتون است.

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

نکته
۱- جهت وزن و شتاب گرانشی همواره به طرف مرکز زمین است.
۲- جرم یک جسم در مکان‌های مختلف ثابت است، امّا وزن آن به مکان بستگی دارد.
۳- اگر جسم در حال سقوط آزاد نباشد هم در نزدیکی یک سیاره، نیروی وزن بر آن وارد می‌شود.

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی درون یک شاره (مایع یا گاز) حرکت می‌کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره می‌گویند.
نیروی مقاومت شاره را معمولاً با $\vec{f}_D$ نشان می‌دهند.

نکته
۱- نیروی مقاومت شاره به عواملی چون بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد.
۲- هرچه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره نیز بیشتر خواهد شد.

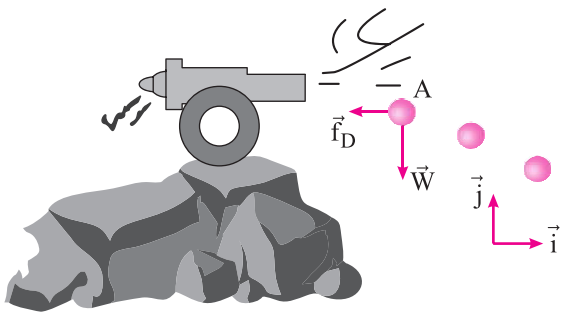
نیروی مقاومت هوا: اگر جسم در هوا حرکت کند، به نیروی مقاومت شاره، نیروی مقاومت هوا می‌گویند.
تندی حدی: زمانیکه جسمی در یک شاره در حال سقوط باشد، با افزایش تندی و در نتیجه افزایش مقاومت شاره حالتی ایجاد می‌شود که در آن نیروی مقاومت شاره بر جسم با نیروی وزن جسم برابر ولی خلاف جهت یکدیگر خواهند شد. بنابراین دیگر تندی جسم تغییر نمی‌کند. به این تندی ثابت، تندی حدی گفته می‌شود.

مثال ۶ *گلوله‌ای به جرم ۲kg مطابق شکل از بالای صخره‌ای شلیک می‌شود. در نقطهٔ A نیروهای وارد بر آن نشان داده شده است. اگر نیروی مقاومت هوا در این نقطه برابر ۵N باشد:*

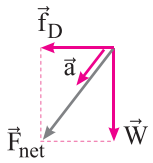
الف) جهت شتاب آن را در نقطهٔ A با رسم شکل نشان دهید.

ب) بردار شتاب آن را در نقطهٔ A برحسب بردارهای یکه بنویسید.

پ) اندازهٔ شتاب آن در نقطهٔ A چقدر است؟ $g = ۱۰ N/kg$



پاسخ: الف)

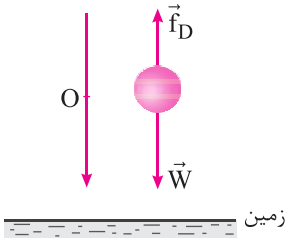


ب)
$$W = mg = ۲ \times ۱۰ = ۲۰ N$$
$$\vec{F}_{net} = -(۵N)\vec{i} - (۲۰N)\vec{j}$$
$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow -(۵N)\vec{i} - (۲۰N)\vec{j} = ۲\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = -(۲/۵ m/s^۲)\vec{i} - (۱۰ m/s^۲)\vec{j}$$

پ)
$$a = \sqrt{۲/۵^۲ + ۱۰^۲} = ۱۰/۳ m/s^۲$$

مثال ۷ *دوگوی هم‌اندازه را که جرم یکی ۲kg و دیگری ۵kg است، از بالای برجی به ارتفاع ۲۰m به‌طور هم‌زمان رها می‌کنیم. با فرض این که نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دوگوی ثابت و یکسان و برابر با ۲N باشد، تندی برخورد گلولهٔ سنگین‌تر چند برابر تندی برخورد گلولهٔ سبک‌تر با سطح زمین است؟*

پاسخ: به هر کدام از اجسام مطابق شکل مقابل دو نیرو اثر می‌کند، نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا.



$$W - f_D = ma \xrightarrow{W=mg} a = \frac{mg - f_D}{m} = g - \frac{f_D}{m}$$

نکته ۱- با در نظر گرفتن مقاومت هوا، هرچه جرم جسم بیشتر باشد، شتاب سقوط آن بیشتر است.

۲- اگر بتوانیم نیروی مقاومت شارهٔ وارد بر جسم را در حین سقوط، ثابت فرض کنیم، شتاب سقوط از رابطهٔ $a = g - \frac{f_D}{m}$ به‌دست می‌آید.

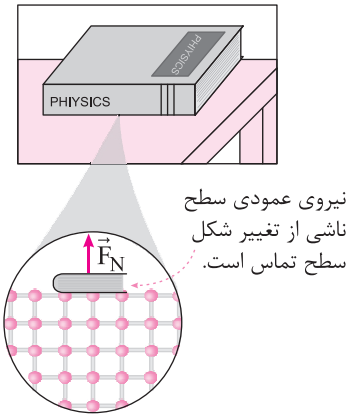
$$a_1 = ۱۰ - \frac{۲}{۲} = ۹ m/s^۲ \;,\; a_۲ = ۱۰ - \frac{۲}{۵} = ۹/۶ m/s^۲$$

$$v^۲ - v_۰^۲ = ۲a\Delta y \xrightarrow{v_۰ = ۰} v = \sqrt{۲ah}$$

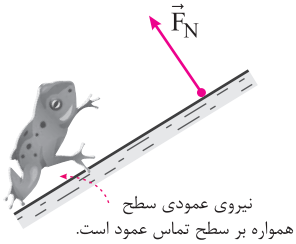
$$\frac{v_۲}{v_۱} = \sqrt{\frac{a_۲}{a_۱}} = \sqrt{\frac{۹/۶}{۹}} = ۱/۰۳$$

نیروی عمودی سطح: وقتی دو جسم در تماس با هم قرار می‌گیرند، در محل تماس به یکدیگر نیرویی وارد می‌کنند که بر سطح تماس دو جسم عمود است. به این نیرو، نیروی عمودی سطح یا عمودی تکیه‌گاه گفته می‌شود و آن را با $\vec{F}_N$ نشان می‌دهیم.

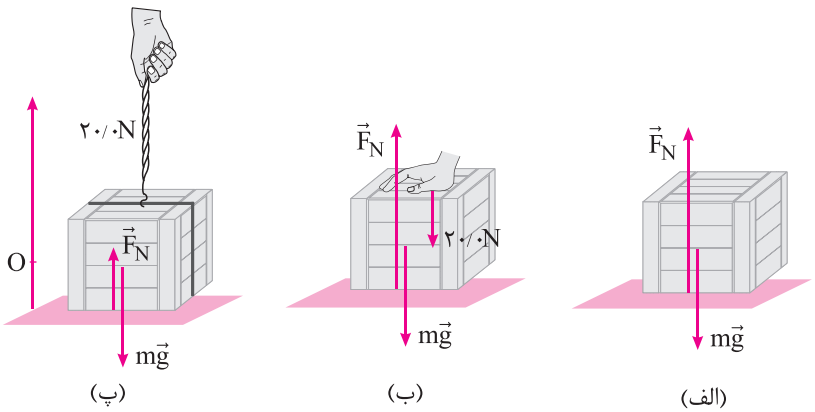
نکته ۱- نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است (شکل مقابل).



۲- نیروی عمودی تکیه‌گاه از طرف سطح به جسمی که روی آن قرار دارد وارد می‌شود، بنابراین واکنش این نیرو به‌صورت عمودی و در خلاف جهت از طرف جسم به سطح وارد می‌شود.



مثال ۸ *جعبه‌ای به جرم* ۲kg *مطابق شکل، روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در هر حالت به‌دست آورید.*



پاسخ: الف) با نگاهی به شکل الف می‌فهمیم جعبه حرکت نمی‌کند و طبق قانون اوّل نیوتون، نیروی خالص وارد بر آن برابر صفر است.

$$F_{net} = ۰ \Rightarrow F_N - mg = ۰ \Rightarrow F_N = mg = ۲ \times ۱۰ = ۲۰ N$$

ب) در شکل (ب) نیروی شخص و نیروی وزن هم‌سو هستند و باز هم جسم حرکت نمی‌کند و نیروی خالص وارد بر آن برابر صفر است.

$$F_{net} = ۰ \Rightarrow F_N = mg + ۲۰ = ۲ \times ۱۰ + ۲۰ = ۴۰ N$$

پ) در شکل پ نیروی شخص خلاف جهت نیروی وزن است. پس می‌توانیم بنویسیم:

$$F_N = mg - ۲۰ = ۲۰ - ۲۰ = ۰$$

نیروی وزن در آسانسور: اگر جسمی را درون آسانسوری بر روی یک ترازوی فنری قرار دهیم، عددی که ترازو در حالات مختلف حرکت آسانسور نشان می‌دهد متفاوت است. همین اتفاق زمانیکه جسم را از سقف آسانسور توسط فنر یا طناب آویزان کرده باشیم، به نحو دیگری رخ می‌دهد، به طوریکه نیروی کشش طناب یا فنر $(\vec{T})$ در حالات مختلف حرکت آسانسور متفاوت است.

نکته ترازوی فنری اندازهٔ نیروی عمودی سطح $(\vec{F}_N)$ را نشان می‌دهد.

در کل برای آسانسور ۵ حالت متصوّر است. (در نمودار زیر، نیروی کشش طناب یا فنر را با T نشان داده‌ایم).

حالات مختلف حرکت آسانسور:

- حالت سکون و حرکت با سرعت ثابت ← T یا $F_N = mg$
- حرکت تندشوندهٔ آسانسور با شتاب a رو به بالا ← T یا $F_N = m(g+a)$ ← T یا $F_N > W$
- حرکت کندشوندهٔ آسانسور با شتاب a رو به بالا ← T یا $F_N = m(g-a)$ ← T یا $F_N < W$
- حرکت تندشوندهٔ آسانسور با شتاب a رو به پایین ← T یا $F_N = m(g-a)$ ← T یا $F_N < W$
- حرکت کندشوندهٔ آسانسور با شتاب a رو به پایین ← T یا $F_N = m(g+a)$ ← T یا $F_N > W$

مثال ۹ *شخصی به جرم $50\,kg$ درون آسانسوری بر روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در هر یک از حالات زیر، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟*

الف) آسانسور با تندی ثابت $1\,m/s$ رو به بالا در حرکت است.

ب) آسانسور با شتاب ثابت $1\,m/s^2$ در حالیکه رو به بالا حرکت می‌کند، در حال توقف باشد.

پ) آسانسور با شتاب ثابت $1\,m/s^2$ رو به پایین شروع به حرکت می‌کند.

پاسخ: الف) $F_N = mg = 50\times10 = 500\,N$

ب) $F_N = m(g-a) = 50(10-1) = 450\,N$

پ) $F_N = m(g-a) = 50(10-1) = 450\,N$

نکته اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور در حال سقوط آزاد باشد، نیروی عمودی سطح برابر صفر است.

۲ سؤالات امتحانی درس اول

۱. **جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.**

الف) اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم ..... هستند. (دی ۹۷ تجربی)

ب) نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا، به ..... جسم و تندی آن بستگی دارد. (دی ۹۷ ریاضی)

پ) یک نیوتون برابر است با مقدار نیروی خالصی که به جسمی به جرم .....، شتابی برابر $1\,m/s^2$ می‌دهد. (دی ۹۸ تجربی)

ت) طبق قانون .....، اگر شما دیوار را هل دهید، دیوار نیز شما را هل می‌دهد. (دی ۹۸ تجربی)

۲. **عبارت درست را از درون پرانتز انتخاب کنید.**

الف) شتاب ایجاد شده در جسم با (نیروی خالص وارد بر ـ جرم) جسم متناسب است. (دی ۹۸ ریاضی)

ب) برای اعمال نیرو بین دو جسم، (باید ـ لازم نیست) دو جسم با هم در تماس باشند. (دی ۹۸ ریاضی)

پ) هر جسم متحرک برای ادامهٔ حرکت نیاز به نیرو (دارد ـ ندارد). (دی ۹۸ ریاضی)

ت) شتاب ایجاد شده در جسم به علّت تأثیر یک نیروی خالص، با جرم جسم نسبت (وارون ـ مستقیم) دارد. (شهریور ۹۸ ریاضی)