فیزیک دوازدهم – معرفی نیروها– قسمت اول

تهیه و تنظیم : ژیلا رضایی - شهرستان رودبار زیتون

نیروی وزن:

۱- نیروی گرانشی که از سمت زمین به اجسام وارد می شود.

۲- وزن اجسام به سمت مرکز زمین است و مقدار آن با جرم جسم متناسب است.

۳- وقتی جسمی را نزدیک سطح زمین رها می کنیم،وزن جسم سبب می شود که جسم به طرف زمین شتاب بگیرد.

٤- شتاب سقوط جسم از نزدیک سطح زمین با شتاب جاذبه زمین برابر است. $a=g$

۵- $w=m\times g$ ⟹ وزن جسم = جرم × شتاب

٦- عکس العمل نیروی وزن از طرف جسم به زمین وارد خواهد شد.

۷- جهت نیروی وزن و شتاب گرانش زمین به سمت مرکز زمین است.

تمرین ۲ـ۱

الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به‌دست آورید.

ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. ($g_{\text{زمین}}=۹/۸\text{N/kg}$ ، $g_{\text{ماه}}=۱/۶\text{N/kg}$ ، $g_{\text{مریخ}}=۳/۷\text{N/kg}$)

پاسخ:

$$W=mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_۱=(۰/۱\,\text{kg})(۹/۸\,\text{N/kg})=۰/۹۸\,\text{N}$$

$$W=mg_{\text{ماه}} \rightarrow W_۲=(۰/۱\,\text{kg})(۱/۶\,\text{N/kg})=۰/۱۶\,\text{N}$$

$$W=mg_{\text{مریخ}} \rightarrow W_۳=(۰/۱\,\text{kg})(۳/۷\,\text{N/kg})=۰/۳۷\,\text{N}$$

$$W_۱ > W_۳ > W_۲$$

نیروی مقاومت شاره:

۱- وقتی جسمی در یک شاره قرار دارد و نسبت به آن حرکت می کند از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می شود که به آن نیروی مقاومت شاره گویند.

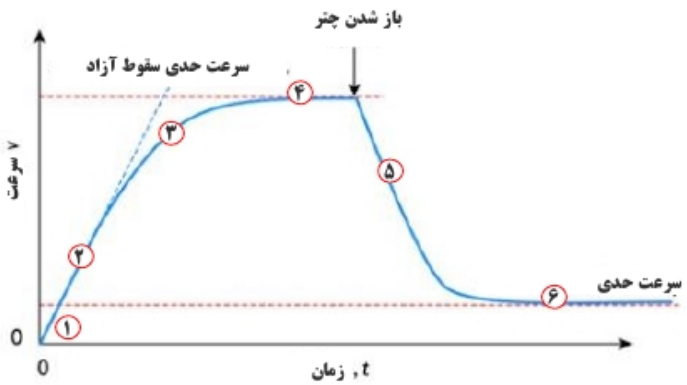
۲- نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم ،تندی آن و .... بستگی دارد.

۳- هر چه تندی جسم بیشتر باشد ، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد.

٤ - اگر جسم در هوا حرکت کند ،به این نیرو مقاومت هوا گویند.

٥-بعد پرش آزاد یک چترباز ناگهان نیروی مقاومت هوا افزایش می یابد (چون تندی حرکت چترباز به علت شتاب جاذبه زمین افزایش می یابد.) و بعد مدتی مقاومت هوا با نیروی وزن برابر می شود و در این لحظه برایند نیروهای وارد بر چترباز صفر شده و تندی حرکت شخص ثابت خواهد شد.در این لحظه چتر باز چتر خود را باز می کند و به علت افزایش مساحت نیروی مقاومت هوا افزایش یافته و چون شتاب حرکت و جهت حرکت خلاف جهت هم هستند حرکت چترباز کند شده و به تدریج تندی چترباز کاهش یافته و در نتیجه نیروی مقاومت هوا نیز کم می شود تا اینکه نیروی مقاومت هوا با وزن هم اندازه شده و نیروهای وارد بر چترباز متوازن شده و چترباز با تندی ثابت موسوم به تندی حدی به طرف پایین حرکت می کند.

نمودار تندی بر حسب زمان چترباز مطابق شکل است.



۶- تندی حدی ،تندی حرکت جسم در شاره است وقتی نیروهای وارد برآن متوازن باشد.

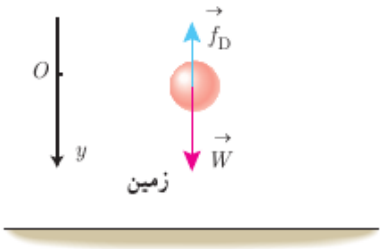
مثال ۲ــ۵

دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_۲ = ۲m_۱$) از بالای برجی به ارتفاع h به‌طور هم‌زمان رها می‌کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟

تمرین ۲ــ۲

اگر در مثال ۲ــ۵ از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.

پاسخ : بر این گوی‌ها، دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. طبق قانون دوم نیوتون، نیروی خالص وارد بر گوی برابر با حاصل‌ضرب جرم در شتاب است. نیروی مقاومت هوا را با f_D و وزن را با W نشان می‌دهیم و برای بررسی ساده‌تر حرکت گوی‌ها، جهت مثبت محور y را به‌طرف پایین انتخاب می‌کنیم :



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

یعنی با درنظرگرفتن مقاومت هوا، هر چه m بیشتر باشد، شتاب حرکت بیشتر است.

در نتیجه $a_۲ > a_۱$ است.

طبق رابطهٔ سرعت ــ جابه‌جایی می‌توانیم بنویسیم :

$$v^۲ - v_۰^۲ = ۲a\Delta y \Rightarrow v^۲ - ۰ = ۲ah \Rightarrow v = \sqrt{۲ah} \Rightarrow v_۲ > v_۱$$

یعنی در این مثال تندی برخورد گوی سنگین‌تر، بیشتر از گوی سبک‌تر است.

پاسخ تمرین ۲-۲

$$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D = ۰} a = g$$

$$V^۲ - V_۰^۲ = ۲g\Delta y \rightarrow V^۲ - ۰ = ۲gh \rightarrow V = \sqrt{۲gh}$$

با صرفنظر از مقاومت هوا، سرعت برخورد گلوله ها با زمین به جرم گلوله ها وابسته نیست. $V_۱ = V_۲$

نتیجه:

اگر اا‌ز مقاومت هوا صرفنظر شود جرم جسمها تاثیری در تندی برخورد گلوله به زمین ندارد و شتاب سقوط هر رو با شتاب جاذبه زمین برابر است.در صورتی که مقاومت هوا را در نظر بگیریم جسمی که سنگین تر است با در نظر گرفتن

ابعاد یکسان برای هر دو جسم و برابر بودن مقاومت هوا برای هر دو جسم ، جسم سنگین تر با سرعت بیشتری به زمین برخورد می کند.

تست:

چتربازی که مجموع جرم او و چترش $۶۰\,kg$ است، مدتی پس از پرش آزاد، چترش را باز می‌کند. ناگهان اندازهٔ نیروی مقاومت هوا به $۱۲۰۰\,N$ افزایش می‌یابد. کدام گزینه دربارهٔ نوع حرکت چترباز از لحظهٔ باز کردن چتر و پس از آن درست است؟

۱) ابتدا حرکت کندشونده با شتاب متغیر در حال کاهش و سپس سرعت ثابت

۲) ابتدا حرکت کندشونده با شتاب ثابت و سپس سرعت ثابت

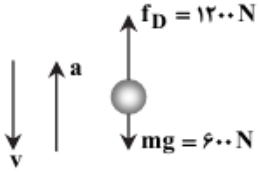
۳) ابتدا حرکت تندشونده، سپس کندشونده و سپس با سرعت ثابت

۴) ابتدا حرکت تندشونده، سپس حرکت کندشونده

پاسخ:

پاسخ: گزینهٔ ۱

پس از باز شدن چتر، در ابتدا برایند نیروها رو به بالا و جهت حرکت رو به پایین است و حرکت کندشونده است؛ پس: $a.v < ۰$



مقاومت هوا تابع تندی جسم است، چون تندی چترباز پس از باز کردن چتر کاهش می‌یابد، مقاومت هوا نیز کاهش می‌یابد، بنابراین طبق قانون دوم نیوتون بزرگی شتاب کاهش می‌یابد.

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

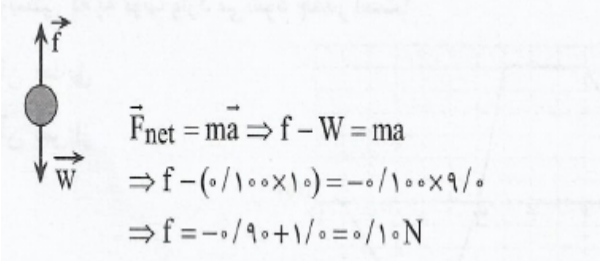
پس از مدتی اندازهٔ مقاومت هوا برابر وزن چترباز و چتر می‌شود و تندی چترباز ثابت می‌ماند. (تندی حدی)

سوال:

سنگی به جرم $۱۰۰\,g$ با اندازهٔ شتاب ثابت $۹/۰\,m/s^۲$ در حال سقوط است. نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت آن چند نیوتون است؟

پاسخ :

به جسم نیروی وزن به سمت پایین و مقاومت هوا به سمت بالا وارد می شود.اگر جهت بالا را مثبت فرض کنیم چون



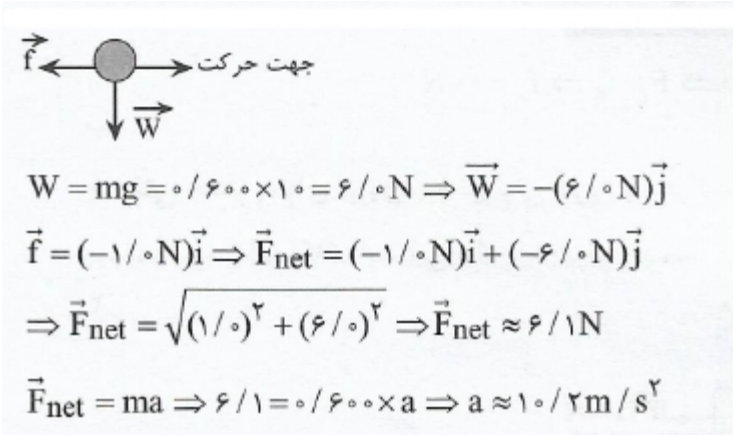
شتاب حرکت به سمت پایین است منفی در نظر گرفته شده است.

سوال:

یک فوتبالیست توپی را شوت می‌کند. اگر جرم توپ ۶۰۰ گرم باشد و نیروی مقاومت هوا در بالاترین نقطه بر روی توپ ۱/۰ نیوتون باشد، اندازهٔ شتاب توپ را در بالاترین نقطه از مسیر تعیین کنید. $(g = ۱۰N/kg)$

پاسخ:

در بالاترین نقطه مسیر جهت حرکت مماس بر مسیر حرکت خواهد بود و مقاومت هوا خلاف جهت حرکت و نیروی وزن نیز به سمت مرکز زمین می باشد.



$$W = mg = ۰/۶۰۰ \times ۱۰ = ۶/۰N \Rightarrow \vec{W} = -(۶/۰N)\vec{j}$$

$$\vec{f} = (-۱/۰N)\vec{i} \Rightarrow \vec{F}_{net} = (-۱/۰N)\vec{i} + (-۶/۰N)\vec{j}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{net} = \sqrt{(۱/۰)^۲ + (۶/۰)^۲} \Rightarrow \vec{F}_{net} \approx ۶/۱N$$

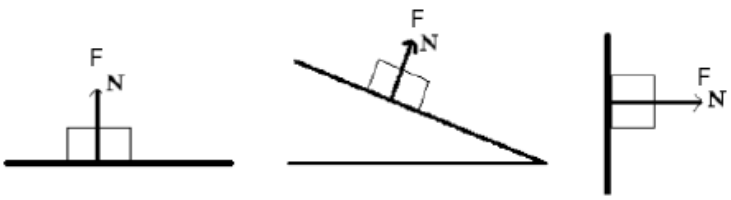
$$\vec{F}_{net} = ma \Rightarrow ۶/۱ = ۰/۶۰۰ \times a \Rightarrow a \approx ۱۰/۲ m/s^۲$$

نیروی عمودی سطح:

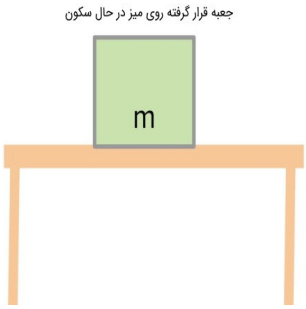
۱- نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است که مربوط به نیروهای بین مولکولی می باشد.

۲- وقتی جسمی به جرم m روی سطح افق قرار بگیرد به آن نیروی وزن وارد می شود برای اینکه جسم در سطح فرو نرود نیرویی از طرف سطح به جسم وارد می شود که نیروی گرانش را خنثی می کند این نیرو عمودی سطح نامیده می شود و با F_N نمایش داده می شود.

در شکل مقابل این نیرو در سطح های مختلف نشان داده شده است.



۳- در شکل مقابل جسم روی میز ساکن است و به آن دو نیروی وزن و



عمودی سطح (عمودی تکیه گاه) وارد می شود که چون جسم ساکن است

باید این دو نیرو با هم برابر باشند.

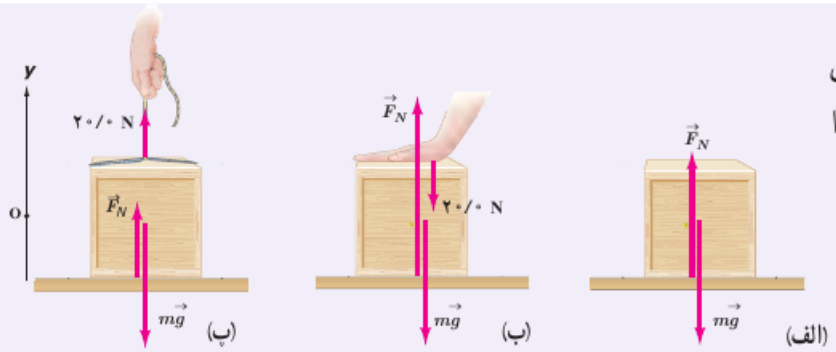
توجه اینکه دو نیروی وزن و عمودی سطح با هم برابرند و خلاف جهت هم هستند اما عمل و عکس العمل

نیستند.عکس العمل وزن از جسم به زمین و عکس العمل عمودی تکیه گاه از جسم به تکیه گاه وارد می شود.

٤- عددی که ترازوی فنری نشان می دهد وزن ظاهری نامیده شده و با نیروی عمودی تکیه گاه برابر است.

تمرین ۲ـ۳

همانند شکل، جعبه‌ای به جرم ۴/۰kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به‌دست آورید.



پاسخ:

الف) $F_N = mg = ۴kg \times ۹/۸N/kg = ۳۹/۲N$

ب) $F_N = mg + F' = ۴kg \times ۹/۸N/kg + ۲۰N = ۵۹/۲N$

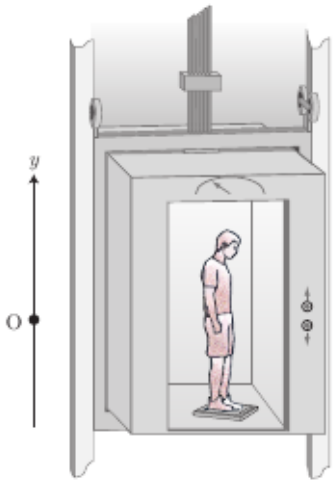
پ) $F_N + F' = mg \rightarrow F_N + ۲۰N = ۴kg \times ۹/۸N/kg$

$F_N = ۳۹/۲N - ۲۰N = ۱۹/۲N$

توجه شود که چون جسمها ساکن بودند پس باید نیروهایی رو به بالا با نیروهای رو به پایین برابر شوند تا یکدیگر را

خنثی کنند و جسم روی سطح ساکن بماند.

مثال ۲ـ۶



شخصی درون آسانسوری ساکن، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در این حالت ترازو عدد ۵۸۸N را نشان می‌دهد. الف) جرم شخص چند کیلوگرم است؟ ب) وقتی آسانسور شتاب رو به بالای $۲/۰۰\,m/s^۲$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ پ) وقتی آسانسور شتاب رو به پایین $۲/۰۰\,m/s^۲$ دارد ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ ت) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = ۹/۸۰\,N/kg)$

پاسخ : بر شخص نیروی وزن به طرف پایین و نیروی عمودی سطح به طرف بالا وارد می‌شود. جهت مثبت محور y را رو به بالا انتخاب می‌کنیم و از قانون دوم نیوتون برای پاسخ به قسمت‌های مختلف استفاده می‌کنیم.

الف) در حالتی که آسانسور ساکن است می‌توانیم بنویسیم :

$$F_N - W = ma = ۰ \Rightarrow F_N = W = mg$$

توجه داریم نیروسنج نیروی وارد بر خودش یعنی F'_N که واکنش F_N است را نشان می‌دهد. پس نیروسنج اندازهٔ F_N را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.

$$F'_N = ۵۸۸N \Rightarrow F_N = F'_N = ۵۸۸\,N\ ,\ F_N = W = mg \Rightarrow ۵۸۸\,N = m\,(۹/۸۰N/kg) \Rightarrow m = ۶۰/۰kg$$

ب)

$$F_N - W = ma \rightarrow F_N = mg + ma = (۶۰/۰kg)(۹/۸۰\ N/kg) + (۶۰/۰kg)(۲/۰۰N/kg)$$

$$F_N = ۷۰۸N$$

یعنی در این حالت، ترازو عددی بزرگ‌تر از اندازهٔ وزن را نشان می‌دهد.

پ)

$$F_N - W = ma \Rightarrow F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = mg + ma = m\,(g+a)$$

جهت شتاب رو به پایین است .

$$F_N = (۶۰/۰kg)\,(۹/۸۰\frac{N}{kg} - ۲/۰۰\frac{N}{kg}) = ۴۶۸N$$

یعنی در این حالت ترازو، عددی کوچک‌تر از اندازهٔ وزن را نشان می‌دهد.

ت) وقتی کابل آسانسور پاره شود، آسانسور سقوط آزاد می‌کند و اندازهٔ شتاب آن برابر g و شتاب رو به پایین است.

$$F_N - W = ma \rightarrow F_N = mg + ma = m(g-g) = ۰$$

یعنی در سقوط آزاد، نیروی عمودی سطح صفر است. به عبارت دیگر ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد.

نتیجه: اگر آسانسور با حرکت تند شونده به سمت بالا یا کند شونده پایین حرکت کنند عدد ترازو در آسانسور بیشتر از وزن واقعی شخص است و اگر آسانسور کند شونده بالا برود و یا تند شونده به پایین حرکت کند عدد ترازو نسبت به وزن واقعی شخص کمتر خواهد شد.

پرسش ۲ــ۶

در مثال ۲ــ۶، در هر یک از حالت‌های زیر، عددی را که ترازوی فنری نشان می‌دهد با وزن شخص مقایسه کنید.

الف) آسانسور به طرف بالا شروع به حرکت کند.

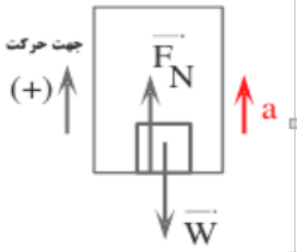
ب) آسانسور به طرف پایین شروع به حرکت کند.

پ) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می‌کند، متوقف شود.

ت) آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می‌کند، متوقف شود.

پاسخ:

الف)

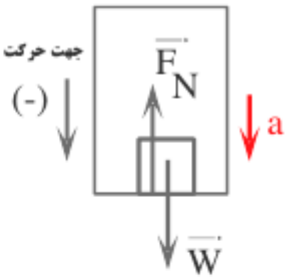


$$F_N - mg = ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$$

در این حالت ترازو، عددی بزرگ تر از اندازه ی وزن را نشان می دهد.

ب)

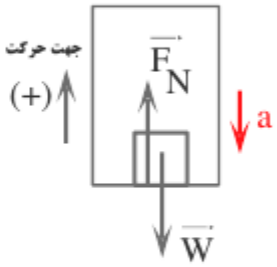


$$F_N - mg = -ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$$

در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد.

پ)

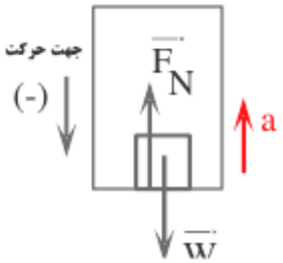


$$F_N - mg = -ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$$

در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد.

ت)



$$F_N - mg = ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$$

در این حالت ترازو، عددی بیشتر از اندازه ی وزن را نشان می دهد.

تمرین پایانی فصل- شماره ۳

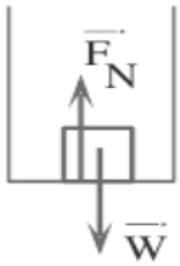
دانش آموزی به جرم ۵۰ کیلوگرم روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هریک از حالتهای زیر ترازو چند نیوتن را نشان می دهد؟

الف: آسانسور ساکن است.

پاسخ:

$$F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg$$

$$\rightarrow F_N = 50kg \times 9/8N/kg = 490N$$



ب: آسانسور با سرعت ثابت حرکت می کند.

پاسخ:

چون سرعت ثابت است پس شتاب حرکت صفر است و پاسخ مانند قسمت الف می باشد.

پ:

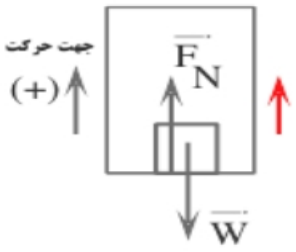
آسانسور با شتاب ۱/۲متر بر مجذور ثانیه به طرف بالا شروع به حرکت می کند.

پاسخ:

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

$$F_N = 50kg(9/8N/kg + 1/2N/kg)$$

$$F_N = 550N$$

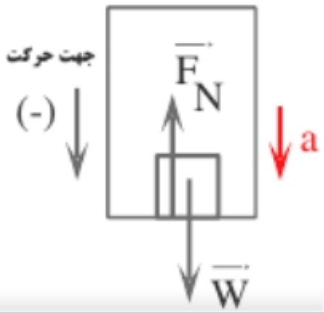


ت: آسانسور با شتاب ثابت $۱/۲\ \frac{m}{s^۲}$ به سمت پایین شروع به حرکت می کند.

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

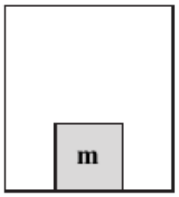
$$F_N = ۵۰kg(۹/۸N/kg - ۱/۲N/kg)$$

$$F_N = ۴۳۰N$$



تست:

مطابق شکل، درون یک آسانسور جعبه‌ای به جرم $m = ۱۰kg$ قرار دارد. اگر آسانسور به‌صورت کندشونده با شتاب $۱\frac{m}{s^۲}$ در حال پایین آمدن باشد، اندازهٔ نیرویی که جعبه به کف آسانسور وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۹۰

۲) ۱۸۰

۳) ۱۱۰

۴) ۲۲۰

پاسخ:

گزینهٔ ۳

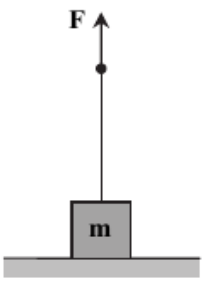
طبق قانون سوم نیوتون، اندازهٔ نیرویی که جعبه به کف آسانسور وارد می‌کند، برابر است با اندازهٔ نیرویی که کف آسانسور به جعبه وارد می‌کند.

نیروهای وارد بر جعبه مطابق شکل است. چون حرکت جسم کندشونده است، شتاب و سرعت آن در خلاف جهت هم هستند. یعنی جهت شتاب و در نتیجه نیروی خالص به طرف بالا است.

$$F_{net} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - ۱۰۰ = ۱۰ \times ۱ \Rightarrow F_N = ۱۱۰N$$

تست:

مطابق شکل، جرم طناب ناچیز است. اگر $F = ۸۰N$ و $m = ۳۰kg$ باشد، اندازهٔ نیرویی که سطح زمین (تکیه‌گاه) بر وزنه وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۳۸۰

۲) ۲۲۰

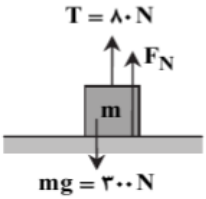
۳) ۳۰۰

۴) ۱۴۰

پاسخ:

گزینهٔ ۲

نیروی کشش طناب در دو سر آن هم‌اندازه است، یعنی همان ۸۰ نیوتون به جسم وارد می‌شود. نیروهای وارد بر وزنه مطـابق شکل است.



$$F_{net} = ۰ \Rightarrow F_N + ۸۰ - ۳۰۰ = ۰ \Rightarrow F_N = ۲۲۰\,N$$

تست:

- شخصی درون آسانسوری ساکن، روی یک ترازوی فنری ایستاده است و ترازو عدد $۶۸۶\,N$ را نشان می‌دهد. وقتی آسانسور با شتاب روبه پایین $۲/۲\frac{m}{s^۲}$ حرکت کند، ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟

۱) ۵۳۲ ۲) ۶۸۶

۳) ۷۵۰ ۴) ۸۴۰

پاسخ:

گزینه ۱ درست است.

$$m = \frac{۶۸۶}{۹/۸} = ۷۰\,kg$$

$$F_N = mg - ma = ۶۸۶ - (۷۰ \times ۲/۲) = ۵۳۲N$$