



ماهی‌گیران در سواحل خلیج فارس

به نظر شما کشیدن تور ماهی‌گیری از پشت (مطابق شکل) آیا مزیتی نسبت به کشیدن آن از جلو دارد؟

دینامیک

در فصل دوم با کمیت‌هایی مانند مکان، جابه‌جایی، سرعت و شتاب آشنا شدیم و با تعریف این کمیت‌ها، حرکت را توصیف کردیم. دیدیم که ممکن است حرکت با سرعت ثابت انجام شود و یا ممکن است، حرکت جسم شتاب‌دار باشد و در نتیجه، سرعت تغییر کند. اما از طرح و پاسخ پرسش‌هایی نظیر: در چه صورتی یک جسم ساکن می‌ماند؟ چگونه می‌توان جسم ساکنی را به حرکت درآورد؟ چه عاملی باعث تغییر سرعت جسم می‌شود؟ چه عاملی باعث تغییر در حرکت و به‌طور کلی چه عاملی باعث تغییر در وضعیت جسم می‌شود؟ و ... خودداری کردیم.

در این فصل می‌خواهیم این پرسش‌ها را طرح کرده و پاسخ آن‌ها را بیابیم. برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها، باید در ابتدا با کمیتی به نام نیرو بیش‌تر آشنا شویم.

۳-۱- نیرو

در کتاب‌های علوم دبستان و راهنمایی تا حدودی با «نیرو» آشنا شده‌اید. در مکالمه‌های روزانه از این واژه استفاده می‌کنید. منظور از این واژه چیست؟ ساده‌ترین پاسخ این است که بگوییم «هرگاه بخواهیم جسمی را برانیم و یا بکشیم، به آن نیرو وارد می‌کنیم». برای شناخت بیشتر نیرو، بهتر است به این پرسش پاسخ دهیم که «اثر نیرو بر یک جسم چیست؟»

فعالیت ۳-۱

در هر یک از شکل‌های (۳-۱)، اثری را که نیرو بر جسم گذاشته است، شرح

دهید.

برای برداشتن یک کتاب از قفسه کتاب‌ها، باید دست شما به آن برسد تا با وارد کردن نیرو به کتاب، بتوانید آن را بردارید. آیا ممکن است بدون آن که دست شما به کتاب برسد، به آن نیرو وارد کنید؟ برای اعمال نیروی دست بر کتاب، وجود دست و کتاب لازم است.

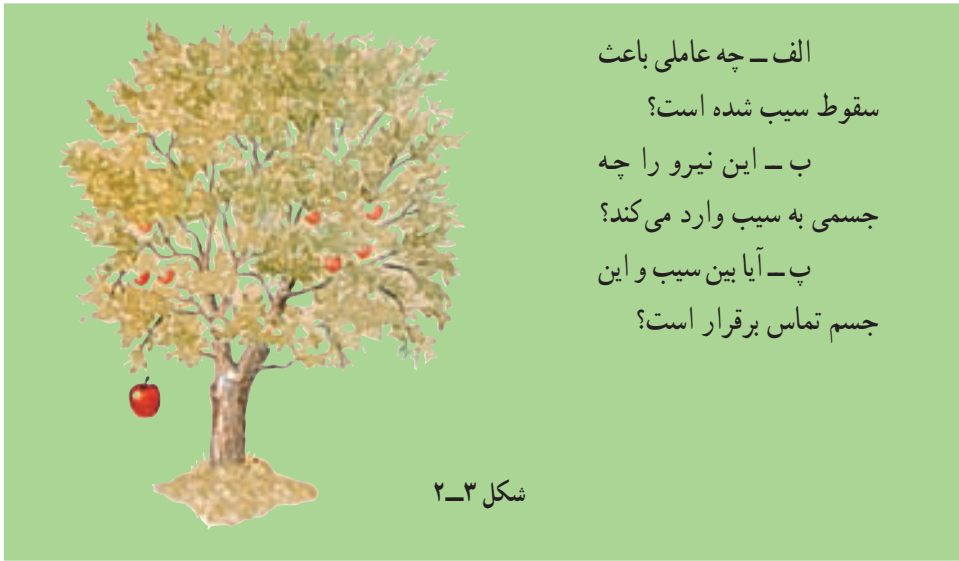


شکل ۱-۳

در بازی فوتبال، وقتی توپ به طرف شما پرتاب می‌شود، اگر توپ به پای شما یا به جسم دیگری برخورد نکند، آیا مسیر توپ تغییر می‌کند؟ برای آن که به توپ نیرو وارد شود و مسیر آن تغییر کند، وجود پا و توپ لازم است تا در تماس پا به توپ، به آن نیرو وارد شود.

فعالیت ۲-۳

به شکل (۲-۳) نگاه کنید. این تصویر، سببی را در حال افتادن نشان می‌دهد. پاسخ پرسش‌های صفحه بعد را در کلاس به بحث بگذارید:



الف - چه عاملی باعث سقوط سیب شده است؟
 ب - این نیرو را چه جسمی به سیب وارد می‌کند؟
 پ - آیا بین سیب و این جسم تماس برقرار است؟

شکل ۲-۳

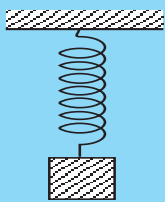
یک آهن‌ریا، از راه دور به یک قطعه آهن نیرو وارد می‌کند و آن را به سوی خود می‌کشد. خورشید، از فاصله‌ی بسیار دور، بر سیاره‌های منظومه خورشیدی نیرو وارد می‌کند. با توجه به آن‌چه که تاکنون بیان شد، می‌توان نیرو را به صورت زیر توصیف کرد:

- ۱- نیرو عاملی است که اگر بر یک جسم وارد شود، باعث تغییر در وضعیت حرکت آن جسم می‌شود. مثلاً از یک مکان به مکان دیگر می‌رود.
- ۲- نیرو، برهم‌کش (تأثیر) دو جسم بر یکدیگر است.
- ۳- تأثیر دو جسم بر هم، ممکن است ناشی از تماس دو جسم باشد و یا دو جسم از راه دور بر یکدیگر نیرو وارد کنند.

نیرو چه ویژگی‌هایی دارد؟ نیرو کمیتی برداری و دارای اندازه و جهت است. تجربه‌های روزانه نشان می‌دهد که اگر بخواهیم جسمی مثلاً یک توپ فوتبال را به فاصله‌ی نزدیکی پرتاب کنیم، باید به آن نیروی کوچکی وارد کنیم و اگر بخواهیم آن را به فاصله‌ی دورتری پرتاب کنیم، باید نیروی بزرگتری به آن وارد کنیم. مثلاً در هنگام زدن پنالتی در بازی فوتبال، برای آن که دروازه‌بان نتواند توپ را بگیرد، باید با وارد کردن نیروی بزرگتری به توپ، آن را با سرعت بیشتری به سوی دروازه شوت کنیم. از طرف دیگر برای آن که توپ از دسترس دروازه‌بان خارج باشد، نیرو را در جهتی بر توپ وارد و روانه‌ی دروازه می‌کنیم که احتمال می‌دهیم دروازه‌بان به آن سمت حرکت نمی‌کند. بزرگی (اندازه) نیرو را به کمک نیروسنج اندازه می‌گیریم. برای آشنایی با چگونگی کار نیروسنج آزمایش (۱-۳) را انجام دهید.

اندازه‌گیری نیرو: یکای اندازه‌گیری نیرو، نیوتون (با نماد N) نام دارد که با تعریف آن، در همین فصل آشنا می‌شوید. نیرو را به کمک تأثیری که بر یک جسم می‌گذارد، اندازه‌گیری می‌کنیم. با تأثیر نیرو بر یک فنر آشنا هستید و می‌دانید که اگر یک سر فنری را به نقطه‌ای محکم کنید و به سر دیگر آن نیرویی وارد کرده و آن را بکشید، طول فنر افزایش می‌یابد. اگر نیروی وارد بر فنر را افزایش دهید، افزایش طول فنر هم بیشتر می‌شود.

آزمایش ۱-۳



شکل ۳-۳

وسایل لازم: فنر، وزنه‌هایی با جرم‌های متفاوت، خط‌کش
 ۱- فنر را از یک نقطه بیاویزید و طول آن را اندازه‌گیری کنید.
 ۲- وزنه‌های مختلف را به انتهای فنر آویخته و بعد از آن که دستگاه وزنه - فنر به حال سکون درآمد، طول فنر را اندازه بگیرید.
 ۳- جدول زیر را تکمیل کنید و نتیجه آزمایش را در گروه خود تفسیر کنید و به کلاس ارائه دهید.

شماره آزمایش	طول فنر بدون وزنه	وزن وزنه آویخته به فنر W	طول فنر با وزنه	تغییر طول فنر (x)	نسبت $\frac{W}{x}$
۱					
۲					
۳					
۴					

آزمایش‌های متعدد مانند آزمایش (۱-۳) نشان می‌دهد که تغییر طول فنر، با اندازه‌گیری نیروی وارد بر آن متناسب است. اگر اندازه نیروی وارد بر فنر را با نماد F و اندازه تغییر طول فنر را با x نشان دهیم، بین آن‌ها رابطه زیر برقرار است.

$$F = kx \quad (۱-۳)$$

ضریب k در رابطه (۱-۳)، ثابت نیروی فنر نام دارد. ثابت نیروی فنر از مشخصات فنر است. در رابطه (۱-۳) نیرو برحسب نیوتون (N)، x برحسب متر (m) و k برحسب نیوتون بر متر (N/m) است.

مثال ۱-۳

ثابت یک فنر 250 N/m و طول آن 12 cm است. فنر را از یک نقطه آویزان کرده و به انتهای آن وزنه 50 نیوتونی می‌آویزیم. طول فنر چند سانتی‌متر خواهد شد؟

$$F = kx$$

$$50 = 250 \cdot x$$

$$x = 0.2 \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

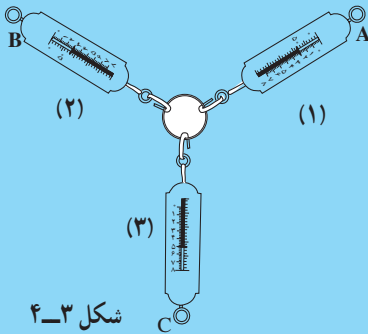
$$x = l_2 - l_1$$

$$2 = l_2 - 12$$

$$l_2 = 14 \text{ cm}$$

برای آن که مطمئن شویم که نیرو کمیتی برداری است، باید ببینیم که نیرو از جمع برداری پیروی می‌کند یا خیر؟
برای حصول این اطمینان، آزمایش (۲-۳) را انجام دهید.

آزمایش ۲-۳



شکل ۴-۳

وسایل لازم: نیروسنج ۳ عدد، یک قطعه چوب، یک حلقه، قلاب و میخ چند عدد
۱- مطابق شکل (۳-۴)، دو نیروسنج را به حلقه وصل کنید و روی قطعه چوب افقی قرار دهید. سر دیگر نیروسنج (۱) را به میخی که در A کوبیده‌اید و سر دیگر نیروسنج (۲) را به میخ B وصل کنید.

۲- نیروسنج سوم را نیز به حلقه وصل کنید و آن را آن قدر بکشید تا هر سه نیروسنج به حالت کشیده درآیند. در همین وضعیت سر دیگر آن را به میخی که در قطعه چوب فرو برده‌اید (میخ C) وصل کنید.

در این حالت، نیروسنج C، با نیرویی که بر حلقه وارد می‌کند، اثر کششی دو نیروسنج دیگر را خنثی می‌کند. در نتیجه، حلقه ساکن می‌ماند.

۳- اندازه نیرویی که هر نیروسنج به حلقه وارد می‌کند را یادداشت کنید. اگر

اندازه نیروهایی که سه نیروسنج نشان می‌دهند را به ترتیب با F_1 و F_2 و F_3 نشان دهیم، آیا F_3 برابر $F_1 + F_2$ است؟ آیا می‌توانید بین اندازه این نیروها رابطه‌ای بنویسید؟ نتیجه این آزمایش را در گروه خود تفسیر و به کلاس گزارش کنید.

۳-۲- قانون‌های حرکت

در بخش‌های قبل دیدیم که نیرو عامل تغییر حرکت در اجسام است. اما رابطه میان نیرو و حرکت چگونه است؟ قانون‌هایی که رابطه میان نیرو و کمیت‌های مربوط به حرکت را بیان می‌کنند، قانون‌های حرکت می‌نامیم.

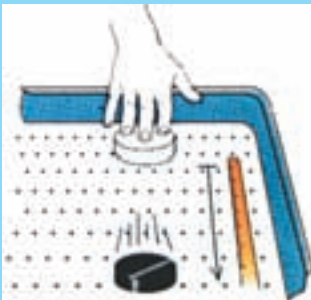
نیوتون، دانشمند انگلیسی با اطلاع از نظرهای دانشمندان قبل از خود، موفق شد قانون‌های حرکت را که امروزه به نام خود او «قانون‌های نیوتون درباره حرکت» نام دارد، در کتاب اصول خود بیان کند. این قانون‌ها شامل سه قانون به شرح زیر هستند.

قانون اول نیوتون: نیوتون، قانون اول را به صورت زیر بیان کرده است:

«یک جسم حالت سکون و یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند، مگر آن که تحت تأثیر نیرویی، مجبور به تغییر آن حالت شود.»

از قانون اول نیوتون نتیجه می‌شود که اگر به جسمی نیرو وارد نشود، چنانچه ساکن باشد، ساکن می‌ماند و اگر در حرکت باشد به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد. برای بررسی بیشتر قانون اول نیوتون آزمایش (۳-۳) را انجام دهید.

آزمایش ۳-۳ تخت هوا



شکل ۳-۵- تخت هوا

تخت هوا وسیله‌ای است برای تحقیق درباره قانون‌های حرکت. این وسیله محفظه‌ای است به شکل مکعب مستطیل که در سطح بالایی آن تعداد بسیار زیادی روزنه ریز وجود دارد. توسط یک تلمبه، هوا با فشار وارد این محفظه می‌شود و از روزنه‌های آن خارج می‌شود. هنگام آزمایش، باید سطح آن را به صورت افقی قرار داد.

اگر قرص سبک و کوچکی را روی سطح آن قرار دهیم، هوایی که از روزنه‌ها با سرعت خارج می‌شود، قرص را روی لایه‌ی نازکی از هوا قرار می‌دهد و به این ترتیب از تماس مستقیم آن با سطح تخت هوا جلوگیری به عمل می‌آید. اگر به قرص در راستای افقی ضربه بزنیم و به آن سرعت کوچکی در راستای افقی بدهیم، مشاهده می‌شود که قرص به خط راست و با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. می‌توان به کمک فیلم‌برداری درستی این ادعا را ثابت کرد.

علت آن است که نیروی اصطکاک بین قرص و لایه‌ی نازک هوای زیر آن، بسیار ناچیز است. در نتیجه وقتی قرص با یک سرعت به حرکت درمی‌آید، در ضمن حرکت در راستای افقی به آن نیرویی وارد نمی‌شود و بنابر قانون اول نیوتون، قرص به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

به جسم‌های اطراف خود نگاه کنید. آیا جسمی را می‌یابید که به آن نیرو وارد نشود؟ به همه‌ی جسم‌ها نیروی وزن وارد می‌شود. در نتیجه نمی‌توان جسمی را یافت که به آن نیرو وارد نشود تا بتوان قانون اول نیوتون را به طور کامل مورد آزمایش قرار داد.

هرگاه به جسمی که در حال حرکت است نیرویی وارد نشود (مانند جسمی که از زمین بسیار دور شود و به ماه و یا سیاره‌های دیگر نیز نزدیک نباشد) جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. این مسأله را بشر در فرستادن سفینه‌های فضایی به خارج از زمین تقریباً آزموده است. وقتی سفینه به اندازه‌ی کافی از زمین دور می‌شود، با موتور خاموش و با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

لختی: از قانون اول نیوتون، نتیجه می‌شود که اجسام تمایل دارند وضعیت سکون و یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ کنند. به این تمایل اجسام، لختی گفته می‌شود. به همین دلیل به قانون اول نیوتون، قانون لختی نیز می‌گویند.

فعالیت ۳-۳

وقتی در ماشین ساکنی نشسته‌اید و ماشین ناگهان شروع به حرکت می‌کند، به عقب پرتاب می‌شوید. اگر در ماشین در حال حرکت نشسته باشید، در توقف ناگهانی، به جلو پرتاب می‌شوید. توضیح دهید که آیا به شما به طرف عقب و یا جلو نیرویی وارد شده که باعث پرتاب شما شده است؟

قانون دوم نیوتون: از قانون اول نیوتون استنباط می‌شود که اگر به جسم نیرو وارد شود، نه تنها جسم ساکن نمی‌ماند، بلکه حرکتش شتاب‌دار خواهد بود. رابطه میان نیروی وارد بر جسم و شتاب حرکت جسم، موضوع قانون دوم نیوتون است. معمولاً به جسم چند نیرو وارد می‌شود. قانون دوم نیوتون به صورت زیر بیان شده است:

«اگر به یک جسم نیروهایی وارد شود، شتابی می‌گیرد که با برایندهای نیروهای وارد بر جسم، نسبت مستقیم دارد و با آن هم جهت است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.»

اگر جرم جسم برابر m و نیروی وارد بر آن برابر \vec{F} باشد، قانون دوم نیوتون با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (2-3)$$

یکای نیرو، نیوتون (N) از رابطه (2-3) تعریف می‌شود. اگر در این رابطه، جرم برحسب کیلوگرم و شتاب برحسب متر بر مجذور ثانیه قرار داده شود، نیرو برحسب $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ خواهد شد که آن را نیوتون می‌نامیم. بنابراین «یک نیوتون، نیرویی است که اگر به جسمی به جرم یک کیلوگرم وارد شود، به آن شتابی برابر یک متر بر مجذور ثانیه بدهد.»

مثال ۲-۳

جسمی به جرم 20 kg با شتاب $1/5\text{ m/s}^2$ در حرکت است. برایندهای نیروهای وارد بر جسم چند نیوتون است؟

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{حل:}$$

$$1/5 = \frac{F}{20}$$

$$F = 1/5 \times 20 = 4\text{ N}$$

مثال ۳-۳

به هر یک از دو جرم $m_1 = 5\text{ kg}$ و $m_2 = 12\text{ kg}$ نیروی 15 N وارد می‌کنیم. شتاب هر یک از دو جرم را حساب کنید.

حل:

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

$$a_1 = \frac{15}{5} = 3 \text{ m/s}^2$$

$$a_1 = \frac{15}{12} = 1/25 \text{ m/s}^2$$

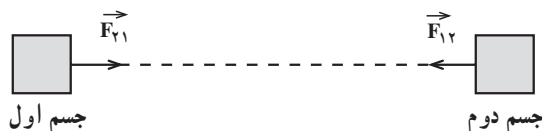
قانون سوم نیوتون: قانون اول نیوتون، وضعیت جسم را در غیاب نیرو و قانون دوم، وضعیت آن را وقتی تحت تأثیر نیرو است، توصیف می‌کند. اما این قانون‌ها، مشخص نمی‌کنند که نیروی وارد بر جسم از کجا به آن وارد می‌شود.

همان طوری که گفته شد و تجربه‌های روزانه نیز نشان می‌دهد همواره یک جسم به جسم دیگر نیرو وارد می‌کند. بازیگر فوتبال، با پا به توپ ضربه می‌زند، یعنی پا به توپ نیرو وارد می‌کند. شخصی که یک جسم را روی زمین می‌کشد، به آن نیرو وارد می‌کند. نیوتون با بیان قانون سوم، مشخص می‌کند که نیروی وارد بر یک جسم از طرف جسم دیگر است و علاوه بر آن معلوم می‌کند که وارد کردن نیرو، یک جنبه نیست و همواره عملی دو جانبه است. بیان قانون سوم نیوتون به صورت زیر است:

«هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم هم به جسم اول نیرویی برابر آن، ولی در خلاف جهت وارد می‌کند.»

اگر نیرویی که جسم اول به جسم دوم وارد می‌کند را نیروی کنش (عمل) بنامیم، نیروی جسم دوم که بر جسم اول وارد می‌شود، واکنش (عکس‌العمل) خواهد بود. در شکل (۳-۶) می‌توان نیروی \vec{F}_{12} (نیرویی که جسم اول به دوم وارد می‌کند) را کنش، و نیروی \vec{F}_{21} (نیرویی که جسم دوم به جسم اول وارد می‌کند)، را واکنش آن نامید.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \rightarrow F_{12} = F_{21}$$



شکل ۳-۶

برای شناخت نیروهای کنش و واکنش توجه کنید که: این دو نیرو همواره هم‌اندازه، هم‌راستا و در سوهای مخالف یکدیگرند.

به دو جسم وارد می‌شوند، نیروی کنش را جسم اول به دوم و نیروی واکنش را جسم دوم به جسم اول وارد می‌کند.
این دو نیرو هم‌نوع‌اند. به‌عنوان مثال یا هر دو گرانشی و یا هر دو الکتریکی‌اند.

مثال ۳-۴

الف - نیروهای وارد بر سیبی را که در حال سقوط آزاد است، مشخص کنید.

ب - مشخص کنید که واکنش این نیروها به چه جسم‌هایی وارد می‌شوند؟

حل: به سیب در حال سقوط، تنها نیروی وزن از طرف زمین وارد می‌شود. اگر سیب را جسم ۱ و زمین را جسم ۲ بگیریم، نیروی \vec{F}_{21} را زمین به سیب وارد می‌کند. واکنش این نیرو، نیروی \vec{F}_{12} است که توسط سیب به زمین وارد می‌شود (شکل ۳-۷).



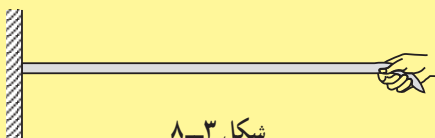
شکل ۳-۷

فعالیت ۳-۴

با توجه به قانون دوم نیوتون توضیح دهید که چرا سیب در مثال (۳-۴) تحت تأثیر نیرویی که زمین به آن وارد می‌کند با شتاب g سقوط می‌کند، اما زمین تحت تأثیر نیرویی که سیب به آن وارد می‌کند، عملاً ساکن می‌ماند.

مثال ۳-۵

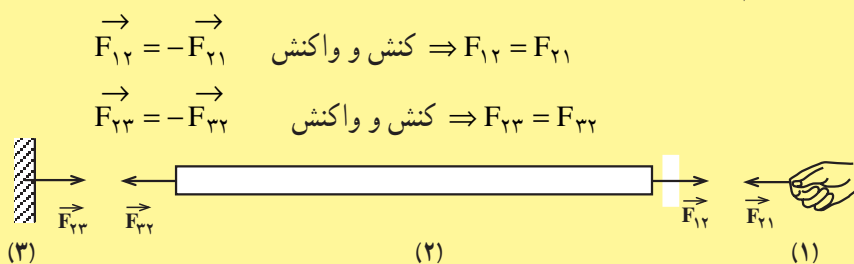
مطابق شکل (۳-۸) یک سر طنابی را به دیوار محکم کرده و سر



شکل ۳-۸

دیگرش را با دست می کشیم. اگر طناب از دیوار جدا نشود، نیروهای کنش و واکنش بین «دست و طناب» و «دیوار و طناب» را مشخص کنید.

حل: در قسمت های مختلف شکل (۳-۹)، نیروهای بین دست و طناب و دیوار را نشان داده ایم. در این شکل ها، دست را جسم ۱، طناب را جسم ۲ و دیوار را جسم ۳ نامیده ایم.



شکل ۳-۹

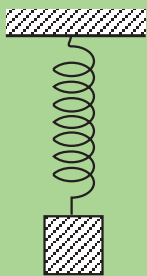
فعالیت ۳-۵

با توجه به مثال (۳-۵) به پرسش های زیر پاسخ دهید:

الف - به کمک یکی از قانون های نیوتون پاسخ دهید که آیا نیروی \vec{F}_{21} و \vec{F}_{23} هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند یا خیر؟

ب - با دلیل بیان کنید که آیا دو نیروی \vec{F}_{21} و \vec{F}_{23} کنش و واکنش یکدیگراند یا خیر؟

فعالیت ۳-۶



جسمی را به یک سرفنری وصل کرده و فنر را از سر دیگر آن آویزان کرده ایم. اگر دستگاه جسم - فنر در حال سکون باشد (شکل ۳-۱۰)،

الف - نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید.

ب - واکنش این نیروها را مشخص کنید و توضیح دهید که هر کدام به چه جسمی وارد می شوند؟

شکل ۳-۱۰

۳-۳- معرفی نیروها

دیدیم که نیرو عامل ایجاد شتاب و در نتیجه، عامل تغییر در سرعت جسم است. بنابراین برای بررسی حرکت یک جسم، باید نیروهای وارد بر آن را مشخص و اندازه‌گیری کنیم. برای شناخت و اندازه‌گیری یک نیرو باید عامل‌های مؤثر بر آن را معلوم کرد. این مهم، توسط قانون‌های نیرو انجام می‌شود. قانون یک نیرو، عامل‌های مؤثر در ایجاد آن نیرو را مشخص می‌کند. هر قانون نیرو، رابطه‌ای را به دست می‌دهد که به کمک آن می‌توانیم اندازهٔ نیرو را محاسبه کنیم. قانون‌های نیرو به کمک آزمایش و تجربه‌های گوناگون رابطه‌ای را به دست می‌دهند که عامل‌های مؤثر در اندازهٔ نیرو را تعیین می‌کند.

اکنون به بررسی قانون گرانش نیوتون می‌پردازیم.

قانون گرانش نیوتون: آیا تاکنون از خود پرسیده‌اید که چرا آب در جویبارها به طرف پایین حرکت می‌کند؟ و یا چرا وقتی یک جسم را به بالا پرتاب می‌کنیم، پس از مدتی به پایین می‌افتد؟ از زمان‌های دور، بشر می‌دانست که زمین، جسم‌های مجاور خود را به سوی خود می‌کشد. به این نیرو، نیروی گرانی گفته می‌شود. نیوتون دانشمند انگلیسی با بیان قانون گرانش، نشان داد که نیروی گرانش میان هر دو جسم وجود دارد.

بنابه قانون گرانش نیوتون، هر دو جرم، همواره یکدیگر را می‌ربایند. بیان این قانون به صورت زیر است:

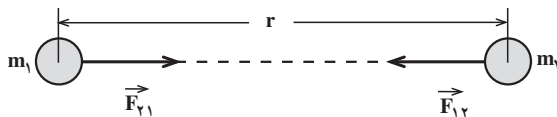
«نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ آن‌ها از یکدیگر، نسبت وارون دارد.»

اگر جرم دو ذره m_1 و m_2 و فاصلهٔ میان آن‌ها مطابق شکل (۳-۱۱) برابر r باشد، اندازهٔ نیروی گرانشی میان دو ذره (F) از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad \text{کنش و واکنش} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (3-4)$$

در این رابطه G ثابت گرانش عمومی نام دارد. در SI که یکای جرم، کیلوگرم (kg)، یکای نیرو،



شکل ۳-۱۱- کنش و واکنش

نیوتون (N) و یکای فاصله، متر (m) است، G برابر است با :

$$G = 6/67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

مثال ۳-۶

دو جسم به جرم‌های ۵kg و ۱۲kg در فاصله یک متر از یکدیگر واقع شده‌اند. نیروی گرانش میان آن‌ها را محاسبه کنید.

حل:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$F = 6/67 \times 10^{-11} \times \frac{5 \times 12}{1}$$

$$F = 4 \times 10^{-9} \text{ N}$$

همان‌طور که محاسبه بالا نشان می‌دهد، نیروی گرانشی میان جسم‌های با جرم کوچک، قابل ملاحظه نیست.

تمرین ۳-۱

جرم زمین تقریباً $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ و شعاع زمین تقریباً $6/4 \times 10^6 \text{ m}$ است. نیروی گرانی زمین که به شما وارد می‌شود، حدود چند نیوتون است؟ این نیرو چه نام دارد؟ برای محاسبه این نیرو، جرم زمین را متمرکز در مرکز زمین فرض کنید.

وزن – شتاب گرانی: در فصل دوم در بحث سقوط آزاد، دیدید که شتاب در حرکت سقوط آزاد، برای تمام جسم‌ها یکسان و برابر g است. نیرویی که باعث ایجاد این شتاب می‌شود را از قانون دوم نیوتون محاسبه می‌کنیم.

$$F = ma$$

$$a = g$$

$$F = mg \quad (5-3)$$

از طرف دیگر، می‌دانیم که نیروی وزن، باعث سقوط جسم می‌شود. اگر نیروی وزن را با نماد W نشان دهیم، با توجه به رابطه (۵-۳) خواهیم داشت :

$$F = W$$

$$W = mg \quad (6-3)$$

وزن یک جسم بر روی زمین، نیروی گرانی است که زمین به جسم وارد می‌کند. اگر جرم و شعاع زمین را به ترتیب با M_e و R_e نشان دهیم، با استفاده از رابطه (۴-۳) نیز می‌توان وزن جسم یعنی نیروی گرانی زمین بر جسم را حساب کرد.

$$W = F$$

$$W = G \frac{m \cdot M_e}{R_e^2} \quad (7-3)$$

با مقایسه رابطه (۶-۳) و (۷-۳) نتیجه می‌شود:

$$mg = G \frac{m \cdot M_e}{R_e^2}$$

$$g = G \frac{M_e}{R_e^2} \quad (8-3)$$

تمرین ۲-۳

مقدار g را از رابطه (۸-۳) محاسبه کنید. برای این محاسبه از مقدارهای داده‌شده در تمرین ۱-۳ استفاده کنید.

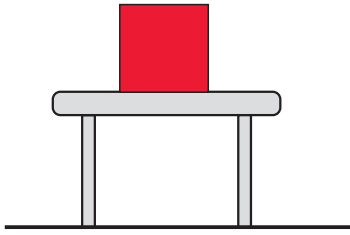
فعالیت ۷-۳

۱- تحقیق کنید که ضریب ثابت گرانش عمومی، G ، نخستین بار توسط چه کسی محاسبه شده است. خلاصه‌ای از روش کار او را به کلاس گزارش کنید.

۲- شاید برایتان جالب باشد که بدانید حدود ۲۲۰۰ سال پیش شعاع زمین با روش ساده‌ای توسط «اراتوستن» محاسبه شده است. روش کار او را تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

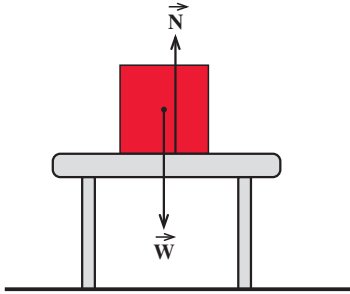
تمرین ۳-۳

بعد از اندازه‌گیری G ، جرم زمین به کمک رابطه (۷-۳) محاسبه شد. با توجه به این که مقدار متوسط g در سطح زمین حدود 9.8 m/s^2 و شعاع زمین حدود $6.37 \times 10^6 \text{ m}$ است، جرم زمین را حساب کنید.



شکل ۱۲-۳

نیروی عمودی تکیه‌گاه: جسمی را در نظر بگیرید که مطابق شکل (۱۲-۳) روی سطح افقی میزی به حال سکون قرار دارد. چه نیروهایی به جسم وارد می‌شود؟ اگر جرم جسم برابر m باشد، نیروی وزن $W = mg$ را زمین به جسم وارد می‌کند و آن را به سوی پایین می‌کشد. چرا جسم به پایین حرکت نمی‌کند؟



شکل ۱۳-۳

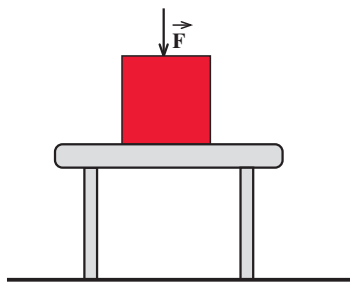
چون جسم ساکن است، شتاب حرکت آن صفر است ($a = 0$). از قانون دوم نیوتون نتیجه می‌شود که برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است ($F = ma = 0$). در نتیجه، باید نیرویی برابر وزن جسم اما در خلاف جهت به آن وارد شود تا با خنثی کردن نیروی وزن، مانع شتاب گرفتن جسم شود. با توجه به وضعیت جسم در شکل (۱۲-۳) این نیرو توسط میز به جسم وارد می‌شود. در شکل

(۱۳-۳) نیروهای وارد بر جسم نشان داده شده‌اند. نیروی N ، که از طرف میز بر جسم وارد می‌شود را «نیروی عمودی تکیه‌گاه» می‌نامیم. با استفاده از قانون دوم نیوتون، نتیجه می‌شود:

$$F = ma = 0$$

$$N - W = 0$$

$$N = W$$



شکل ۱۴-۳

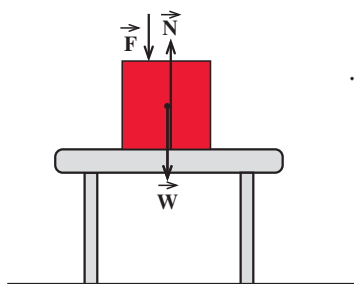
اکنون فرض کنید مطابق شکل (۱۴-۳) نیرویی به اندازه F را به‌طور قائم و رو به پایین بر جسم وارد کنیم. آیا نیروی عمودی تکیه‌گاه که میز بر جسم وارد می‌کند، تغییر می‌کند؟ با روش مشابه قبل، می‌توان به پرسش بالا پاسخ داد.

نیروهای وارد بر جسم را در شکل (۱۵-۳) نشان داده‌ایم و چون شتاب جسم صفر است، بنابه قانون دوم نیوتون داریم:

$$F = ma = 0$$

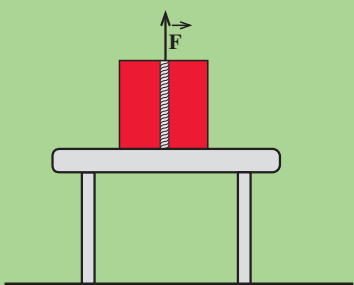
$$N - F - W = 0$$

$$N = F + W$$



بنابراین نیروی عمودی تکیه‌گاه، افزایش یافته است.

شکل ۱۵-۳



شکل ۱۶-۳

فعالیت ۸-۳

فرض کنید مطابق شکل (۱۶-۳)، طنابی را به دور یک جسم بسته و آن را با نیروی F به سوی بالا بکشیم. اگر جسم، همچنان بر سطح میز ساکن بماند، نیروی عمودی تکیه‌گاه وارد بر آن را محاسبه کنید.

نیروی عمودی تکیه‌گاه، یکی از نیروهایی است که برای آن قانون نیرو نداریم، یعنی رابطه‌ای وجود ندارد تا به کمک آن بتوان اندازه این نیرو را محاسبه کرد. همان‌طور که دیدید، اندازه این نیرو را به کمک قانون دوم نیوتون، محاسبه می‌کنیم.

فعالیت ۹-۳

روی یک ترازوی فنری بایستید و عددی را که ترازو در حالت‌های زیر نشان می‌دهد، بخوانید:

الف - ساکن روی ترازو ایستاده‌اید.

ب - ضمن آن که روی ترازو ایستاده‌اید، با دست، میزی را که در کنارتان قرار دارد، به سمت پایین فشار دهید.

پ - با دست، میز را به بالا بکشید.

مشاهده خود را یادداشت کنید و به کلاس گزارش دهید.

مثال ۷-۳

شخصی به جرم 50 kg درون آسانسوری ایستاده است. نیروی عمودی‌ای که

کف آسانسور به شخص وارد می‌کند را در حالت‌های زیر محاسبه کنید:
الف - آسانسور ساکن است.

ب - آسانسور با سرعت ثابت به طرف بالا در حرکت است.

پ - آسانسور با شتاب 2 m/s^2 به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند.
g را برابر 10 m/s^2 بگیرید.

حل:

الف - چون آسانسور ساکن است، شتاب حرکت صفر است. نیروهای وارد بر شخص در شکل (۱۷-۳) نشان داده شده است.

$$a = 0$$

$$F = N - W = 0$$

$$N = W = mg$$

$$N = 50 \times 10 = 500 \text{ N}$$

ب - در این حالت نیز شتاب حرکت صفر است و با محاسبه‌ای مانند حالت الف نتیجه می‌شود که $N = 500 \text{ N}$ است.

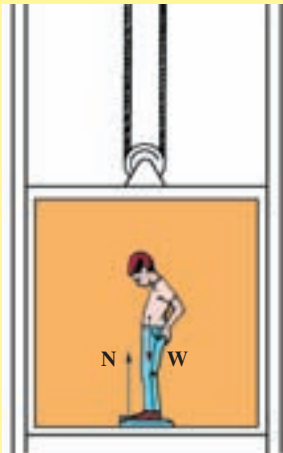
پ - در این حالت، شتاب حرکت 2 m/s^2 و به طرف بالا است. با توجه به قانون دوم نیوتون، خواهیم داشت:

$$F = ma$$

$$N - W = ma$$

$$N - 500 = 50 \times 2$$

$$N = 600 \text{ N}$$



شکل ۱۷-۳

نیروی اصطکاک: در تجربه‌های روزانه دیده‌اید که اگر صندوق سنگینی روی سطح افقی ساکن باشد، برای به حرکت درآوردن آن باید نیروی بزرگی به آن وارد کنید و اگر نیروی کوچکی به آن وارد کنید صندوق ساکن می‌ماند و یا اگر دست از کشیدن (یا هل دادن) جسم متحرک روی سطح افقی

بردارید، سرعت جسم کاهش یافته و پس از مدتی می ایستد. و یا اگر موتور اتومبیلی را که روی سطح افقی در حرکت است از دنده خلاص کنیم، حتی بدون آن که ترمز گرفته شود، اتومبیل پس از مدتی می ایستد. با توجه به این که نیرو عامل تغییر سرعت است، در تمام موردهای یاد شده، باید نیرویی در خلاف جهت حرکت، به جسم وارد شده باشد. این نیرو، اصطکاک نام دارد. نیروی اصطکاک را در دو حالت بررسی می کنیم:

الف - جسم نسبت به سطحی که بر آن قرار دارد، کشیده شده ولی، ساکن می ماند. در این حالت، نیروی اصطکاک را نیروی اصطکاک ایستایی می نامیم.

ب - جسم نسبت به سطحی که بر آن قرار دارد در حرکت باشد. در این حالت، نیروی اصطکاک را نیروی اصطکاک جنبشی می نامیم.

الف - اصطکاک ایستایی: فرض کنید جسمی مطابق شکل (۳-۱۸-الف) روی یک سطح

افقی به حال سکون قرار دارد. به جسم نیروی افقی \vec{F} را وارد می کنیم. در ابتدا اندازه این نیرو را

کوچک و برابر F_1 می گیریم به طوری که جسم ساکن

بماند شکل (۳-۱۸-ب)، چون جسم ساکن است، بنا به قانون دوم نیوتون باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر

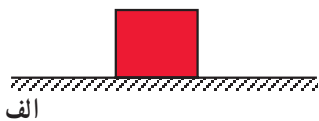
باشد. بنابراین باید نیرویی افقی مانند \vec{f}_s به جسم وارد

شده باشد تا با خنثی کردن اثر نیروی \vec{F}_1 ، مانع شتاب

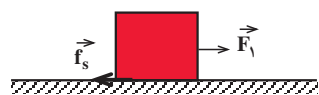
گرفتن و حرکت جسم شده باشد. نیروی \vec{f}_s را سطح

تکیه گاه به جسم وارد می کند. به این نیرو، «نیروی

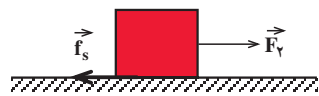
اصطکاک ایستایی» می گویم.



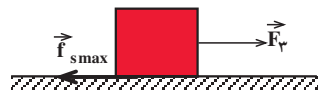
الف



ب



پ



ت

شکل ۳-۱۸

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

$$a = 0$$

$$F_1 - f_s = 0$$

$$f_s = F_1$$

اکنون فرض کنید اندازه نیروی \vec{F}_1 را افزایش داده و به \vec{F}_2 برسانیم شکل (۳-۱۸-پ). اگر جسم همچنان ساکن بماند، با استدلالی شبیه بالا نتیجه می گیریم که نیروی اصطکاک

ایستایی افزایش یافته و برابر F_p شده است. بنابراین با افزایش نیروی \vec{F} نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش می‌یابد. با افزایش نیروی \vec{F} به حالتی می‌رسیم که اگر اندازه آن برابر F_p شود، جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد. این بدان معناست که اگر اندازه نیروی \vec{F} از مقدار F_p اندکی بیشتر شود، دیگر جسم ساکن نمانده و شروع به حرکت می‌کند. به نیروی اصطکاک در این حالت، «نیروی اصطکاک در آستانه حرکت» گفته می‌شود و با $f_{s\max}$ نشان داده می‌شود شکل (۳-۱۸-ت).

از قانون دوم نیوتون نتیجه می‌شود که در حالت اخیر، $f_{s\max} = F_p$ است. از طرف دیگر، آزمایش نشان می‌دهد که اندازه نیروی اصطکاک در آستانه حرکت را می‌توان از رابطه زیر نیز به دست آورد:

$$f_{s\max} = \mu_s \cdot N \quad (۳-۹)$$

در این رابطه، N نیروی عمودی تکیه‌گاه است و μ_s ضریب اصطکاک ایستایی نام دارد. تجربه و آزمایش‌های گوناگون نشان می‌دهد که ضریب اصطکاک ایستایی به عامل‌هایی مانند جنس سطح تماس دو جسم، میزان صافی و زبری آن‌ها و ... بستگی دارد.

توجه کنید که رابطه (۳-۹) فقط در حالتی درست است که جسم در آستانه حرکت باشد. بنابراین نیروی اصطکاک ایستایی همواره از مقدار « $\mu_s N$ » کوچکتر، و بیشینه آن برابر $\mu_s N$ است. یعنی $f_s \leq \mu_s N$ است.

ب- نیروی اصطکاک جنبشی: فرض کنید که صندوقی را روی یک سطح افقی هل می‌دهید، اگر دست از هل دادن صندوق بردارید، سرعت آن کاهش یافته و پس از مدتی می‌ایستد. اگر اتومبیلی را که روی یک سطح افقی در حال حرکت است ترمز کنید، پس از مدتی اتومبیل می‌ایستد. با توجه به این که نیرو عامل تغییر سرعت است، باید نیرویی در خلاف جهت حرکت، به جسم وارد شده باشد. این نیرو اصطکاک جنبشی نام دارد.

آزمایش ۳-۴

وسایل لازم: یک نیروسنج، دو قطعه چوبی هم جرم به شکل مکعب مستطیل، یک قطعه آهنی و یک آجر ساختمان

۱- یک قطعه چوب را مطابق شکل (۳-۱۹) روی یک سطح افقی قرار دهید و یک نیروسنج را به آن وصل کرده و نخ متصل به نیروسنج را از روی قرقره عبور داده و

کفه‌ای به آن بیاورید. اکنون وزنه‌ای در کفه قرار دهید و مقدار آن را طوری انتخاب کنید که قطعه روی میز با سرعت ثابت به حرکت درآید. لازم است که با تغییر وزنه درون کفه، در هر نوبت ضربه کوچکی به قطعه وارد کنید و این کار را تکرار کنید تا به حالت دلخواه برسید. در این حالت، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد را در جدول زیر وارد کنید.

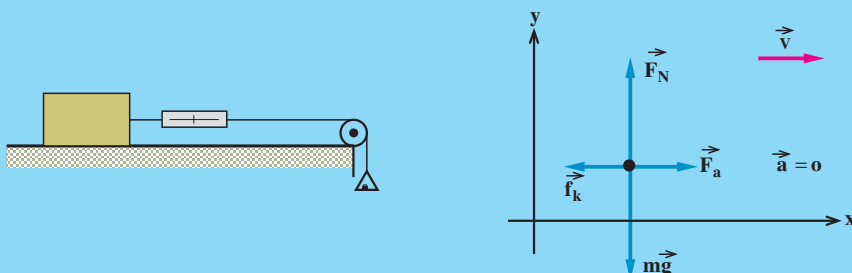
ردیف	جنس قطعه	وزن قطعه	مساحت سطح تماس قطعه با میز	عددی که نیروسنج نشان می‌دهد.
۱				
۲				
۳				

۲- آزمایش را تکرار کنید اما قطعه را از وجه‌های دیگر آن روی میز قرار دهید.

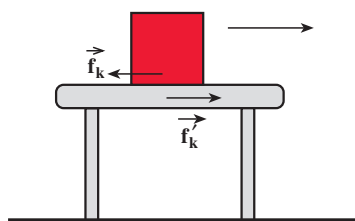
۳- آزمایش ۱ را با قطعه‌های دیگر تکرار کنید.

۴- با قرار دادن دو قطعه چوبی روی هم، آزمایش ۱ را تکرار کنید.

نتیجه آزمایش‌ها را تفسیر کنید.



شکل ۳- ۱۹



شکل ۳- ۲۰

هرگاه جسمی روی سطح جسم دیگری حرکت کند، نیرویی موازی سطح تماس به هر یک از دو جسم، از طرف جسم دیگر، وارد می‌شود که نیروی اصطکاک جنبشی نام دارد. نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر هر یک از دو جسم در جهتی است که می‌خواهد از حرکت دو جسم نسبت به یکدیگر جلوگیری کند. در شکل (۳-۲۰) نیروی اصطکاک وارد بر هر یک از دو جسم نشان داده شده است.

در شکل (۳-۲)، f_k نیرویی است که سطح میز به جسم وارد می‌کند و f'_k نیرویی است که سطح جسم به میز وارد می‌کند. این دو نیرو، کنش و واکنش اند. از آزمایش‌هایی نظیر آزمایش (۳-۴)، نتیجه می‌شود که اندازه نیروی اصطکاک جنبشی متناسب با اندازه نیروی عمودی تکیه‌گاه است، یعنی $f_k \propto N$ است. این نیرو به طور محسوسی به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد. ضریب این تناسب را با μ_k نشان می‌دهند و به آن ضریب اصطکاک جنبشی می‌گویند.

$$f_k = \mu_k N \quad (۳-۱)$$

مثال ۳-۸

جسمی به جرم ۱۲kg را توسط طنابی که به آن وصل است، روی سطح افقی می‌کشیم. اگر راستای طناب افقی و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح تماس دو جسم برابر $۰/۲۵$ باشد، نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسم چند نیوتون است؟ (g را برابر ۱۰m/s^2 بگیرید).

حل: نیروهای وارد بر جسم در شکل (۳-۲۱) نشان داده شده است. چون جسم در امتداد سطح افقی حرکت می‌کند، از قانون دوم نیوتون نتیجه می‌شود که برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای قائم صفر است.

$$N - W = 0$$

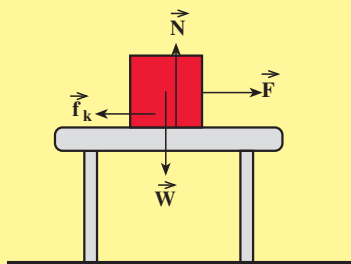
$$N = W = mg$$

$$N = ۱۲۰\text{(N)}$$

$$f_k = \mu_k N$$

$$f_k = ۰/۲۵ \times ۱۲۰$$

$$f_k = ۳۰\text{(N)}$$



شکل ۳-۲۱

مثال ۳-۹

در مثال (۳-۸) اگر طناب را با نیروی $F = ۳۶\text{N}$ بکشیم، شتاب حرکت جسم چه قدر خواهد شد؟
حل: از قانون دوم نیوتون برای محاسبه شتاب، استفاده می‌کنیم.

برایند نیروهای وارد بر جسم برابر است با :

$$F = 36 - 30 = 6N$$

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

$$a = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

۳-۴ استفاده از قانون‌های نیوتون دربارهٔ حرکت

از قانون‌های نیوتون در حل مسأله‌ها کمک می‌گیریم^۱. به این ترتیب که ابتدا به کمک قانون‌های نیرو، نیروهای وارد بر جسم را محاسبه می‌کنیم. سپس به کمک قانون‌های نیوتون، شتاب حرکت جسم را به دست آورده و با استفاده از معادله‌های حرکت، مجهول‌های مسأله را محاسبه می‌کنیم. برای انجام این کار پیشنهاد می‌شود که نکته‌های زیر را رعایت کنید تا حل مسأله راحت‌تر انجام شود :

- ۱- ابتدا جسم مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- شکل ساده‌ای از جسم و تکیه‌گاه آن را رسم کنید.
 - ۳- جسم‌هایی که به جسم مورد نظر نیرو وارد می‌کنند را شناسایی کنید.
 - ۴- نیروهای وارد بر جسم را در شکلی که رسم کرده‌اید، نشان دهید. توجه کنید که نیرو را جسم‌های دیگر به جسم مورد نظر وارد می‌کنند. در این مورد حتماً باید بتوانید مشخص کنید که هر نیرو را چه جسمی وارد کرده است.
 - ۵- نیروی عمودی تکیه‌گاه را محاسبه کرده و به کمک آن نیروی اصطکاک جنبشی را محاسبه کنید.
 - ۶- برایند نیروهای وارد بر جسم را حساب کنید.
 - ۷- با استفاده از قانون دوم نیوتون، شتاب حرکت یا مجهول دیگر مسأله را به دست آورید.
 - ۸- معادله‌های حرکت که در حل مسأله مورد نیاز است را نوشته و مجهول مسأله را محاسبه کنید.
- به مثال‌های صفحهٔ بعد توجه کنید.

۱- در این کتاب تنها مسئله‌هایی بررسی می‌شوند که نیروهای وارد بر جسم در یک راستا قرار دارند و یا بر یکدیگر عمودند. لذا ارائه و ارزش‌یابی هر مسئله‌ای خارج از آن‌چه بیان شد، از هدف‌های برنامهٔ درسی این کتاب نیست.

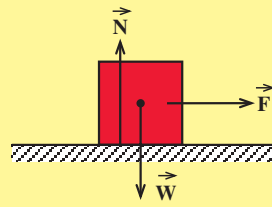
مثال ۱۰-۳

جسمی به جرم 5kg روی سطح افقی بدون اصطکاکی به حال سکون قرار دارد. به جسم نیروی افقی $F = 10\text{N}$ وارد می‌کنیم. سرعت جسم را بعد از جابه‌جایی 25 m حساب کنید. ($g = 10\text{N/kg}$)

حل: به جسم نیروهای وزن، عمودی تکیه‌گاه و نیروی افقی F وارد می‌شود. جسم در راستای قائم حرکت نمی‌کند، بنابراین برآیند نیروهای وزن و عمودی تکیه‌گاه صفر است.

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

$$a = \frac{10}{5} = 2\text{ m/s}^2$$



شکل ۳-۲۲

شتاب حرکت جسم ثابت و برابر 2 m/s^2 و سرعت اولیه جسم صفر است. بنابراین حرکت جسم، با شتاب ثابت روی خط راست است. با استفاده از رابطه (۲-۱۱) داریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a \Delta x$$

$$v^2 - 0 = 2 \times 2 \times 25$$

$$v = 10\text{ m/s}$$

مثال ۱۱-۳

جسمی به جرم 12kg روی یک سطح افقی قرار دارد. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و تکیه‌گاه برابر 0.25 است. به جسم نیروی افقی 48N وارد می‌کنیم. شتاب جسم را حساب کنید. ($g = 10\text{N/kg}$)

حل: در شکل (۳-۲۳) نیروهای وارد بر جسم نشان داده شده است.

$$N = W = mg = 120\text{N}$$

$$f_k = \mu_k N$$

نیروی اصطکاک

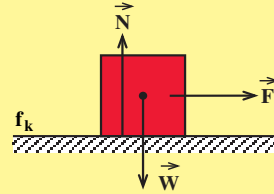
$$f_k = 0.25 \times 120 = 30 \text{ N}$$

$$F - f_k = \text{برایند نیروهای وارد بر جسم}$$

$$F - f_k = ma$$

$$48 - 30 = 12a$$

$$a = 1.5 \text{ m/s}^2$$



شکل ۳-۲۳

مثال ۳-۱۲

جسمی به جرم 2 kg روی سطحی به حال سکون است. طناب سبکی به جسم بسته و طناب را با نیروی 25 N به طور قائم بالا می کشیم. شتاب حرکت جسم چه قدر می شود؟

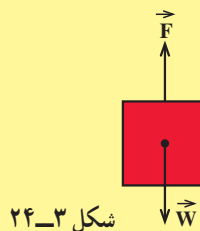
حل: به جسم در ضمن حرکت دو نیرو وارد می شود. یکی نیروی وزن و دیگری نیروی کشش طناب که برابر نیروی دست بر طناب است.

$$F - W = \text{برایند نیروهای وارد بر جسم}$$

$$F - W = ma$$

$$25 - 20 = 2a$$

$$a = 2.5 \text{ m/s}^2$$



شکل ۳-۲۴

مثال ۳-۱۳

جسمی روی سطح افقی با نیروی افقی $10/8 \text{ N}$ کشیده می شود. سرعت جسم در مدت 5 s با شتاب ثابت از 4 m/s به 10 m/s می رسد. نیروی اصطکاک جنبشی در

مقابل حرکت جسم و ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را حساب کنید. جرم جسم ۴ kg است.

حل: چون جسم با شتاب ثابت روی خط راست حرکت می‌کند، از رابطه سرعت - زمان استفاده کرده و شتاب حرکت را محاسبه می‌کنیم.

$$v = at + v_0$$

$$10 = a \times 5 + 4$$

$$5a = 6$$

$$a = 1/2 \text{ m/s}^2$$

نیروهای وارد بر جسم، در شکل (۳-۲۵) نشان داده شده است.

$$N = W = 40 \text{ N}$$

$$F - f_k = \text{برایند نیروهای وارد بر جسم}$$

و آنگاه از قانون دوم نیوتون خواهیم داشت:

$$F - f_k = ma$$

$$10/8 - f_k = 4 \times 1/2$$

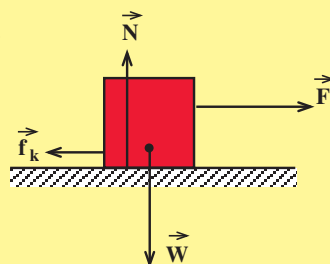
$$f_k = 6 \text{ N} \quad \text{نیروی اصطکاک جنبشی}$$

$$f_k = \mu_k N$$

$$\mu_k = \frac{f_k}{N}$$

$$\mu_k = \frac{6}{40}$$

$$\mu_k = 0/15$$



شکل ۳-۲۵

تمرین‌های فصل سوم

۱- در هریک از موردهای زیر، شکل ساده‌ای از جسم را رسم کرده و نیروهای وارد بر آن را

نشان دهید:

الف - جسمی که در هوا در حال سقوط است.

ب - جسمی که روی یک سطح شیب‌دار به حال سکون قرار دارد.

پ - نردبانی که به دیوار صافی تکیه داده شده است.

۲- در هر یک از موردهای زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش، هر یک از

این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟

الف - سیاره زهره در حال گردش به دور خورشید،

ب - توپی که به دیوار برخورد می‌کند،

پ - قایقی ساکن بر آب یک دریاچه،

ت - چراغی که از یک سقف آویزان است.

۳- دو جسم به جرم‌های m_1 و m_2 که روی یک سطح افقی به حال سکون قرار دارند، تحت

تأثیر نیروهای یکسان شروع به حرکت می‌کنند. اگر بعد از گذشت زمان t ، سرعت آن‌ها به ترتیب برابر

v_1 و v_2 شود، نسبت $\frac{v_2}{v_1}$ را محاسبه کنید.

۴- آیا ممکن است که یک جسم در نزدیکی زمین با شتابی بزرگتر از g رو به پایین حرکت کند؟

۵- دونه‌ای به جرم 60 kg با شتاب 5 m/s^2 شروع به دویدن می‌کند و ۲ ثانیه با این شتاب

می‌دود.

الف - نیرویی که این شتاب را به دونه می‌دهد، محاسبه کنید و توضیح دهید که این نیرو

از سوی چه جسمی به دونه وارد می‌شود؟

ب - واکنش نیرویی را که در قسمت «الف» محاسبه کرده‌اید، به چه جسمی وارد می‌شود؟

۶- کمر بند نجات در اتومبیل چگونه در جاده‌ها، سرنشینان اتومبیل را از وارد شدن صدمه‌های

احتمالی حفظ می‌کند؟

۷- اتومبیلی به جرم ۲ تن از حال سکون روی جاده‌ای افقی شروع به حرکت می‌کند و بعد از

پیمودن مسافت 10^3 m با شتاب ثابت، سرعتش به 20 m/s می‌رسد. برابند نیروهای وارد بر اتومبیل

را در این حرکت محاسبه کنید.

۸- اتومبیلی به جرم 1200 kg با سرعت 72 km/h روی جاده‌ای افقی و مستقیم در حرکت

است. در یک لحظه راننده ترمز می‌گیرد و اتومبیل پس از پیمودن مسافت 125 m می‌ایستد.

الف - شتاب حرکت اتومبیل پس از ترمز

ب - نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر اتومبیل را محاسبه کنید.

۹- اتومبیلی به جرم 900 kg در جاده‌ای افقی و مستقیم شروع به حرکت می‌کند و پس از 8 s به سرعت 12 m/s می‌رسد.

الف - برآیند نیروهای وارد بر اتومبیل

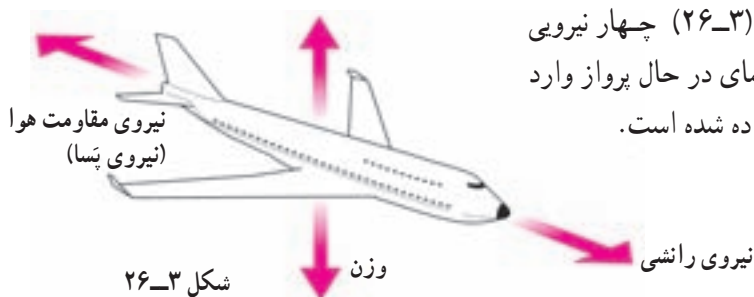
ب - نیروی رو به جلو که به اتومبیل وارد می‌شود را در صورتی که نیروی اصطکاک

جنبشی در مقابل حرکت اتومبیل 45°N باشد، محاسبه کنید. نیروی بالا بر

۱۰- در شکل (۳-۲۶) چهار نیرویی

که به یک هواپیمای در حال پرواز وارد

می‌شود، نشان داده شده است.



بزرگی این نیروها را در موقعیت‌های زیر بیان کنید.

الف) هواپیمای در یک تراز پروازی است و با سرعت ثابت پرواز می‌کند.

ب) هواپیمای در حال شتاب‌دار شدن و ارتفاع گرفتن است.

پ) هواپیمای شتاب کاهنده دارد و ارتفاع خود را کاهش می‌دهد.

۱۱- می‌خواهیم به جسمی که جرم آن 5 kg است، شتاب 2 m/s^2 بدهیم. نیرویی را که باید به آن وارد کنیم در هر یک از حالت‌های زیر محاسبه کنید:

الف - جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.

ب - جسم روی سطح افقی با ضریب اصطکاک 0.2 حرکت می‌کند.

پ - جسم در راستای قائم رو به بالا شروع به حرکت کند.

ت - جسم در راستای قائم رو به پایین شروع به حرکت کند.

۱۲- جسمی را با سرعت افقی 10 m/s روی سطح افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک

جنبشی بین جسم و سطح برابر 0.2 است.

الف - جسم پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

ب - اگر جسم دیگری که جرم و سرعت آن به ترتیب دو برابر جرم و سرعت جسم اول

است، روی همان سطح پرتاب شود، شتاب و مسافت پیموده شده آن چند برابر می‌شود؟

۱۳- وزنه‌ای به جرم 2 kg را به انتهای فنری به طول 12 cm که ثابت آن 20 N/cm است

می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت‌های زیر محاسبه کنید.
الف - آسانسور ساکن است.

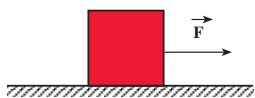
ب - آسانسور با سرعت ثابت 2m/s رو به پایین در حرکت است.

پ - آسانسور با شتاب ثابت 2m/s^2 از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

ت - آسانسور با شتاب 2m/s^2 از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

۱۴- جسمی به جرم 5kg روی یک سطح افقی به حال سکون قرار

دارد (شکل ۳-۲۷). به جسم نیروی افقی F را وارد می‌کنیم.



شکل ۳-۲۷

الف - به ازای $F = 15\text{N}$ جسم ساکن می‌ماند. نیروی اصطکاک

وارد بر آن چه قدر است؟

ب - به ازای $F = 20\text{N}$ جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد و با ضربه افقی بسیار

کوچکی شروع به حرکت می‌کند و پس از 8s مسافت 32m را می‌پیماید. ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی را محاسبه کنید.

۱۵- الف - نیروی گرانشی را که زمین بر ماه وارد می‌کند، محاسبه کنید.

ب - نیروی گرانش ماه بر زمین چه قدر است؟

(جرم زمین $6 \times 10^{24}\text{kg}$ ، جرم ماه $7/4 \times 10^{22}\text{kg}$ ، فاصله ماه از زمین $4 \times 10^5\text{km}$ و $G = 6/6 \times 10^{-11}\text{Nm}^2/\text{kg}^2$ را بگیرد).

۱۶- برای یک راننده دانستن مسافت توقف اتومبیل او اهمیت دارد. علائم بزرگراهی به ما

می‌گویند که کل مسافت توقف، دو قسمت دارد (شکل ۳-۲۸):

کل مسافت توقف



شکل ۳-۲۸

کل مسافت توقف = مسافت ترمز + مسافت فکر کردن

الف) دو عامل مؤثر در مسافت فکر کردن را نام ببرید.

ب) سه عامل مؤثر در مسافت ترمز را نام ببرید.

پ) زمان واکنش راننده‌ای $0/6\text{s}$ است. در طی این زمان، اتومبیل 24m طی می‌کند. سرعت

اتومبیل را حساب کنید.

ت) با این سرعت راننده ترمز می‌کند و اتومبیل پس از 1s متوقف می‌شود. شتاب کاهنده

اتومبیل را حساب کنید.