

فصل پنجم



نیرو



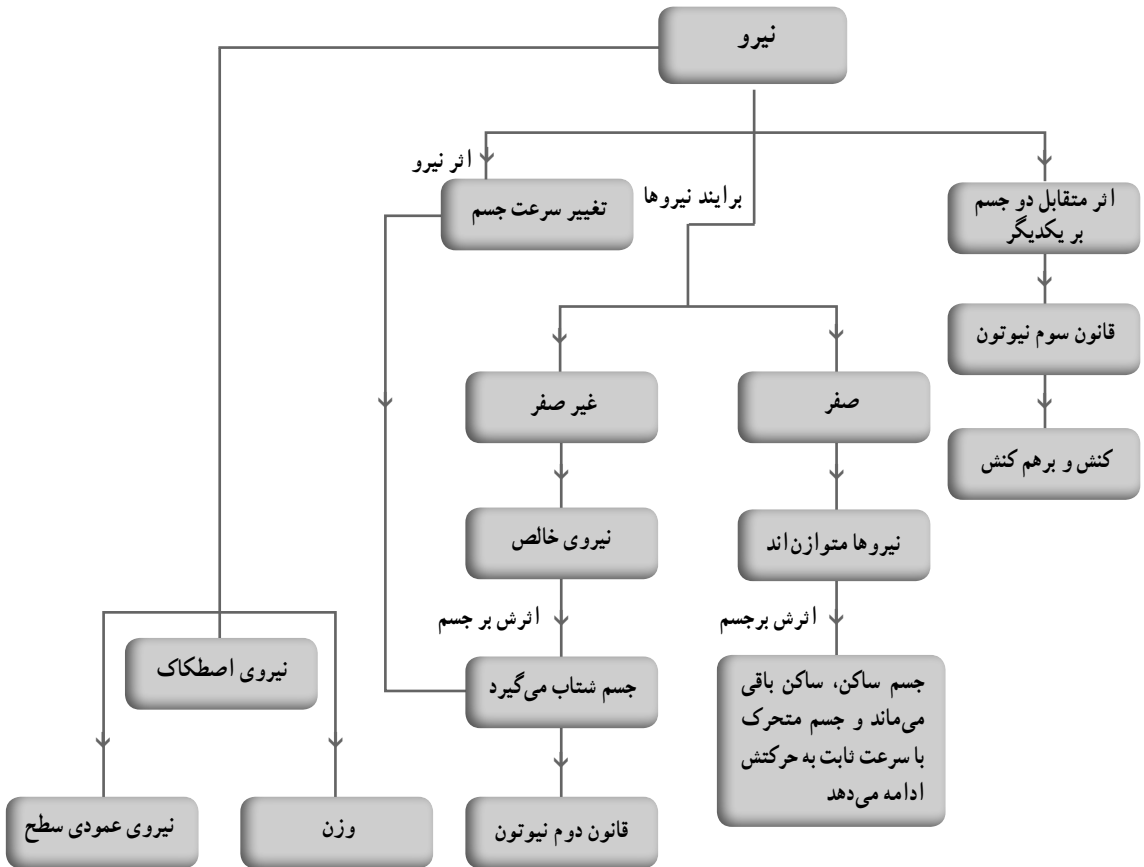
هدف کلی پیامد محور

در این فصل دانش‌آموزان باید بتوانند؛ با اهمیت نیرو در زندگی، نیروهای متوازن و خالص، قانون‌های دوم و سوم نیوتون آشنا شوند. علت تغییر حرکت یک جسم را بفهمند و بتوانند شتاب یک جسم را بر حسب نیروهای وارد بر جسم محاسبه کنند. همچنین با برخی از نیروها، مانند وزن و عمودی سطح اصطکاک نیز آشنا شوند.

فصل در یک نگاه

ابتدا در مورد اهمیت نیروها در زندگی مطالبی آورده می‌شود تا دانش‌آموزان انگیزه لازم را به منظور بررسی و یادگیری فصل پیدا کنند. در علوم ششم دو فصل تحت عنوان‌های ورزش و نیروی (۱) و (۲) آمده است و دانش‌آموزان مطالبی مقدماتی در مورد نیرو، اثر نیرو، نیروهای تماسی و غیرتماسی و ... را فرا گرفته‌اند. در ابتدای این فصل مروری بر اینکه؛ نیرو اثر متقابل بین دو جسم است، اثرهای نیرو و در علوم هل دادن و کشیدن معادل اعمال نیرو است، را داریم. در صفحه‌های اولیه فصل تلاش می‌شود تا دانش‌آموزان به این مفهوم برسند که اگر برابند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، یعنی نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند، جسم ساکن، ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد به حرکت یکنواخت خود ادامه می‌دهد (سرعت ثابت می‌ماند). اگر نیروهای وارد بر جسم متوازن نباشند و نیروی خالص داشته باشیم، در حرکت جسم تغییر ایجاد می‌شود و جسم شتاب می‌گیرد. به کمک آزمایش، قانون دوم نیوتون استخراج می‌شود و پس از آن وزن و ابزار اندازه‌گیری آن معرفی می‌شود. با فراخوانی تجربه‌های دانش‌آموزان به قانون سوم نیوتون یعنی رابطه بین نیروی کشش و واکنش می‌رسیم و برای آن چند مثال ارائه می‌شود. اصطکاک آخرین مطلب این فصل است که به صورت جنبشی و ایستایی مورد بررسی قرار می‌گیرد و کمی هم در مورد علت نیروی اصطکاک توضیح داده می‌شود. فعالیتی هم به منظور عمق بخشی به مفهوم اصطکاک طراحی شده است.

نقشه مفهومی



هدف های جزئی

- از دانش آموزان انتظار می رود که در پایان این فصل بتوانند :
- ۱- با اهمیت نیرو و نقش آن در زندگی، صنعت و ... آشنا شوند.
 - ۲- نیرو را به صورت اثر متقابل دو جسم بشناسند.
 - ۳- برایند نیروها را به دو دسته متوازن و خالص تقسیم کنند.
 - ۴- اثر نیروهای متوازن بر جسم ساکن و در حال حرکت را بیان کنند.
 - ۵- نیروی خالص را به عنوان عامل تغییر سرعت و شتاب در نظر بگیرند.

- ۶- با آزمایش، رابطه بین شتاب و نیرو را بررسی کنند و رابطه بین نیرو و حرکت را تشخیص دهند.
- ۷- وزن یک جسم را اندازه گیری و محاسبه کنند.
- ۸- با قانون سوم نیوتون آشنا شوند.
- ۹- نیروی اصطکاک را به دو دسته جنبشی و ایستایی تقسیم کنند.
- ۱۰- توسط آزمایش، بستگی نداشتن نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت را بررسی کنند.

راهنمای تدریس

می‌دانیم هیچ چیز مهم‌تر از ایجاد انگیزه برای شروع تدریس و درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع درس نیست. یکی از روش‌های مرسوم ایجاد انگیزه، مرتبط کردن موضوع درس با زندگی روزمره دانش‌آموزان است. این فصل در ابتدا با بررسی اهمیت نیرو در زندگی، سعی دارد ارتباط بین درس و زندگی را برقرار کند. شاید بهتر باشد قبل از شروع درس از دانش‌آموزان بخواهیم در مورد نقش نیرو در زندگی بحث و گفت‌وگو کرده و نتیجه آن را به کلاس گزارش کنند.

دانش‌آموزان با فراگیری مطالب فصل‌های ورزش و نیروی (۱) و (۲) کتاب علوم پایه ششم و همچنین فصل‌های الکتریسیته و مغناطیس کتاب علوم پایه هشتم تا حدودی با مفاهیم نیرو آشنا شده‌اند. در کتاب‌های علوم پایه‌های قبل، مطالب زیر در مورد نیرو آورده شده است:

علوم ششم: هل دادن یا کشیدن، معادل وارد کردن یا اعمال نیرو است. اثر نیرو به صورت تغییر جهت حرکت، تغییر شکل جسم، حرکت جسم، توقف جسم و گند یا تند شدن حرکت، خود را نشان می‌دهد. وقتی حرکت جسم تغییر می‌کند که به آن نیرویی وارد شود. نیرو ناشی از اثر متقابل بین دو جسم است. وقتی شخصی اتومبیلی را هل می‌دهد به آن نیرو وارد می‌کند و اتومبیل نیز به شخص نیرو وارد می‌کند. نیروها می‌توانند اثر یکدیگر را خنثی کنند.

اگر بر جسم چند نیرو اثر کند و نیروها اثر یکدیگر را خنثی نکنند، نیروی خالص وجود دارد و می‌تواند جسم ساکن را به حرکت درآورد. اگر نیروهای وارد بر جسم هم‌جهت باشند، نیروی خالص بیشتری به جسم وارد می‌شود. در برخی موارد، دو جسم بدون تماس با یکدیگر به هم نیرو وارد می‌کنند؛ مانند نیرویی که زمین به اجسام دوروبر خود وارد می‌کند (نیروی جاذبه زمین). نیروی جاذبه‌ای که زمین به یک جسم وارد می‌کند، وزن آن جسم نامیده می‌شود.

نیرویی که هر آهن‌ربا به آهن‌ربای دیگر وارد می‌کند، نیروی مغناطیسی نامیده می‌شود. میله یا شانه

پس از مالش می‌تواند بعضی از اجسام را به خود جذب کند؛ مانند جذب خرده‌های کاغذ به میله یا شانه که به آن نیروی الکتریکی گویند.

نیروی که سبب کند شدن حرکت می‌شود، نیروی اصطکاک نامیده می‌شود. نیروی اصطکاک همواره بر خلاف جهت حرکت بر جسم اثر می‌گذارد. راه‌های مختلفی برای کاهش اصطکاک وجود دارد. هرچه جسم سنگین‌تر شود، نیروی اصطکاک بیشتر می‌شود. نیروی مقاومت هوا سبب تغییر شکل صفحه کاغذ در حال حرکت می‌شود. با دمیدن هوا بر کاغذ از فشار هوای بالای کاغذ کاسته می‌شود؛ در نتیجه فشار هوا در پایین کاغذ بیشتر از فشار آن در بالا می‌شود و در اثر این اختلاف فشار، نیرویی رو به بالا بر کاغذ وارد می‌شود. اختلاف فشار هوا در بالا و پایین بال‌های هواپیما سبب ایجاد نیروی بالابری می‌شود.

علوم هشتم: نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار گاهی جاذبه و گاهی دافعه است. بارهای همنام همدیگر را دفع، و غیرهمنام، همدیگر را جذب می‌کنند. آهن‌رباها مواد مغناطیسی را جذب می‌کنند. قطب‌های همنام آهن‌ربا همدیگر را دفع و غیرهمنام همدیگر را جذب می‌کنند. آهن‌ربا بدون تماس با آهن‌ربای دیگر به آن نیرو وارد می‌کند.

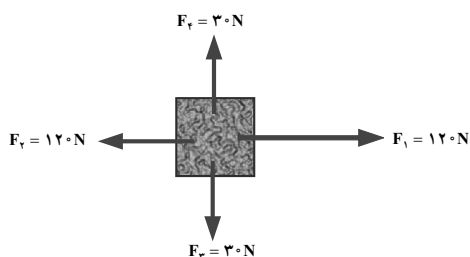
شکل ابتدای فصل: دانش‌آموزان از کتاب‌های علوم سال‌های گذشته با وزن، نیروی بالابری، مقاومت هوا و نیروی پیران آشنا هستند. می‌توانیم از گروه‌های دانش‌آموزی بخواهیم در مورد نیروهایی که به هواپیمای در حال پرواز وارد می‌شود، بحث و گفت‌وگو کنند. البته در صفحه‌های بعدی کتاب در مورد نیروهای وارد بر هواپیمای در حال پرواز بحث مختصری می‌شود.

نیروهای متوازن

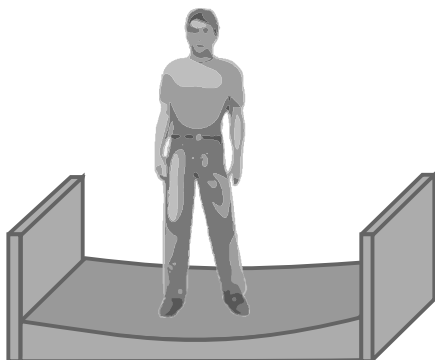
می‌توان با استفاده از یک توپ، تأثیرات نیرو را بر یک جسم مرور کرد. از دانش‌آموزان می‌خواهیم با کمک توپ این تأثیرات را نشان دهند.

مثلاً: نیرو چگونه سبب تغییر جهت توپ می‌شود؟ نیرو چگونه سبب تغییر شکل توپ می‌شود؟ نیرو چگونه سبب تغییر اندازه سرعت توپ می‌شود؟ نیرو چگونه سبب توقف یا حرکت توپ می‌شود؟ همچنین برای مرور اینکه نیرو، اثر متقابل دو جسم است، می‌توان فعالیت‌های مناسبی را در نظر گرفت؛ مثلاً از یک اسکیت‌سوار بخواهیم در کنار دیوار بایستد و دیوار را هل دهد. در این حالت، اسکیت‌سوار به دیوار نیرو وارد می‌کند و دیوار به اسکیت‌سوار؛ به همین دلیل اسکیت‌سوار از دیوار دور می‌شود.

بعد از مرور برخی از مفاهیمی که دانش‌آموزان در سال‌های قبل با آنها آشنا شده‌اند به مفهوم نیروهای متوازن می‌پردازیم و با کشیدن چند شکل مختلف، که برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، نیروهای متوازن را درس می‌دهیم.



شکل ۵-۱



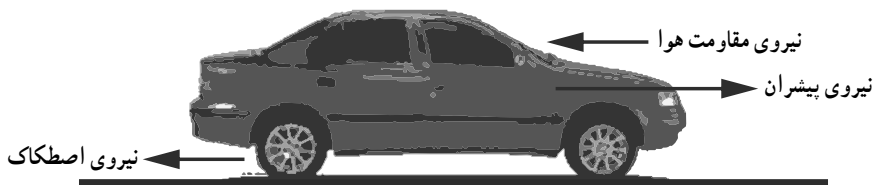
شکل ۵-۲

مثلاً در شکل ۵-۱، نیروهای F_1 و F_2 ، اثر همدیگر را خنثی و نیروهای F_3 و F_4 ، نیز اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین، برآیند نیروهای وارد بر جسم، صفر است و نیروها متوازن شده‌اند.

یا در شکل ۵-۲، نیروهای وارد بر فردی که روی تخت فنری ایستاده است، متوازن شده است؛ یعنی اثر یکدیگر را خنثی کرده‌اند.

نکته مهم در این قسمت از درس این است که دانش‌آموزان به این باور برسند، وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن است (یعنی برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است). اگر جسم ساکن باشد، ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد، همچنان به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه خواهد داد؛ مثلاً وقتی اتومبیلی در یک بزرگراه مستقیم، با سرعت ثابت در حال حرکت است، یعنی نیروهای

وارد بر اتومبیل متوازن است. به عبارت دیگر نیروی پیشران وارد بر اتومبیل با نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا متوازن شده است.



شکل ۵-۳

یا وقتی شخصی یک یخچال سنگین را هل می‌دهد، اما یخچال همچنان ساکن باقی می‌ماند، نیروی رو به جلوی شخص با نیروی رو به عقب اصطکاک متوازن شده است. بنابراین، یخچال همچنان ساکن باقی می‌ماند. علاوه بر شکل‌های این قسمت از کتاب، می‌توان از مثال‌های دیگری نیز استفاده کرد.

پرسش پیشنهادی

اگر راننده اتومبیلی که با سرعت ثابت در حال حرکت است، بیشتر گاز دهد، سرعت اتومبیل افزایش پیدا می‌کند؛ یعنی اتومبیل شتاب پیدا می‌کند. در این حالت، درباره نیروهای وارد بر اتومبیل بحث کنید.

دانستنی‌های معلم

قانون اول نیوتون: پشینیان گالیله، معتقد بودند که جسم متحرک برای ادامه حرکتش به نیرو نیاز دارد. گالیله با آزمایش‌هایش نشان داد حرکت جسم می‌تواند بدون نیاز به نیرو تداوم داشته باشد. نیوتون با بهبود بخشیدن این نظر، قانون اول را به صورت زیر بیان کرد:

«یک جسم، حالت سکون یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند؛ مگر اینکه تحت تأثیر نیرویی مجبور به تغییر آن حالت شود»؛ به بیان دیگر، اگر به جسمی نیرو وارد نشود، چنانچه جسم ساکن باشد ساکن می‌ماند و اگر در حرکت باشد 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 همه جسم‌ها نیروی وزن وارد می‌شود. در نتیجه نمی‌توان جسمی را یافت که به آن نیرو وارد نشود تا بتوان قانون اول نیوتون را 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 یا سیاره‌های دیگر نیز نزدیک نباشد، جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. تقریباً صحت این نظر را بشر در فرستادن سفینه‌های فضایی به خارج از زمین، آزموده است. وقتی سفینه به اندازه کافی از زمین دور می‌شود با موتور خاموش و با سرعت تقریباً یکسان به حرکت خود ادامه می‌دهد.

اگر به جسمی نیرو وارد نشود، جسم وضعیت سکون یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند. به این ویژگی اجسام، لختی گفته می‌شود. به همین مناسبت به قانون اول نیوتون، قانون لختی نیز می‌گویند.

صفحه ۵۱، تصویر یک هواپیما را نشان می‌دهد که در یک تراز پروازی با ارتفاع مشخص و با سرعت ثابت در حال حرکت است و نیروهای وارد بر هواپیما متوازن شده‌اند. از دانش‌آموزان می‌خواهیم توضیح دهند اگر نیروی بالابری، بیشتر از وزن شود، چه اتفاقی می‌افتد؟ اگر نیروی پیشران، بیشتر از نیروی مقاومت هوا شود، سرعت هواپیما چگونه تغییر پیدا می‌کند؟ به‌طور کلی اگر توازن نیروها به هم بخورد و نیروی خالصی بر هواپیما وارد شود، چه تغییری در وضعیت آن به‌وجود می‌آید؟

فعالیت صفحه‌های ۵۱ و ۵۲

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{100\text{ N}} \\ \text{نیروی خالص} \end{array} = \begin{array}{c} \xleftarrow{100\text{ N}} \\ \text{صفر} \end{array} + \begin{array}{c} \xleftarrow{100\text{ N}} \\ \text{صفر} \end{array} = \begin{array}{c} \xleftarrow{100\text{ N}} \\ \text{صفر} \end{array} \quad (\text{الف})$$

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{120\text{ N}} \\ \text{نیروی خالص} \end{array} + \begin{array}{c} \xleftarrow{50\text{ N}} \\ 100\text{ N} \end{array} = \begin{array}{c} \xrightarrow{70\text{ N}} \\ \text{به طرف راست} \end{array} \quad (\text{ب})$$

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{60\text{ N}} \\ \text{نیروی خالص} \end{array} + \begin{array}{c} \xrightarrow{60\text{ N}} \\ 120\text{ N} \end{array} = \begin{array}{c} \xrightarrow{120\text{ N}} \\ \text{به طرف راست} \end{array} \quad (\text{پ})$$

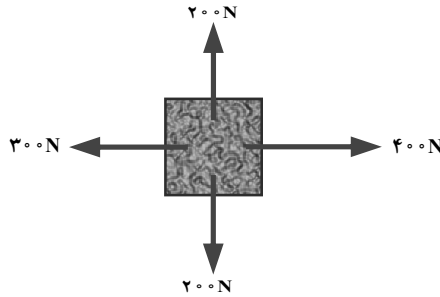
از این فعالیت نتیجه می‌گیریم که اگر نیروی خالص وارد بر جسم، صفر باشد، تغییری در وضعیت جسم ایجاد نمی‌شود، اما اگر نیروی خالص وارد بر جسم، صفر نباشد در وضعیت جسم تغییر حالت اتفاق می‌افتد (مثلاً جسم شروع به حرکت می‌کند و سرعت آن عوض می‌شود و هرچه نیروی خالص بیشتر باشد، تغییر سرعت سریع‌تر خواهد بود).

نیروی خالص عامل شتاب است: با فعالیت بالا و بحثی که دانش‌آموزان در مورد هواپیما انجام داده‌اند و همچنین فعالیت‌هایی که می‌توان در کلاس انجام داد، مانند اینکه دانش‌آموزان از دو طرف در کلاس را هل دهند یا از یک طرف هل دهند و مسابقه طناب‌کشی و ... به نتیجه بسیار مهم کتاب خواهند رسید؛ یعنی نیرو عامل تغییر حرکت جسم یا تغییر سرعت جسم است یا به عبارت دیگر، نیرو عامل ایجاد شتاب است.

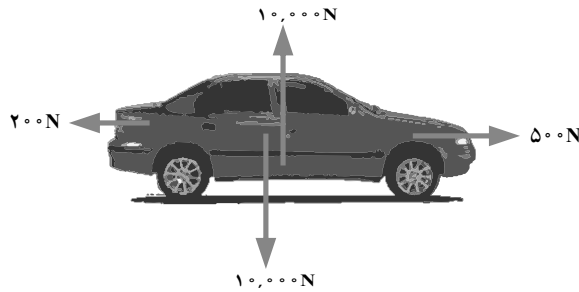
پرسش پیشنهادی

در هر یک از شکل‌های زیر، نیروی خالص وارد بر جسم چند نیوتون و در کدام جهت است؟

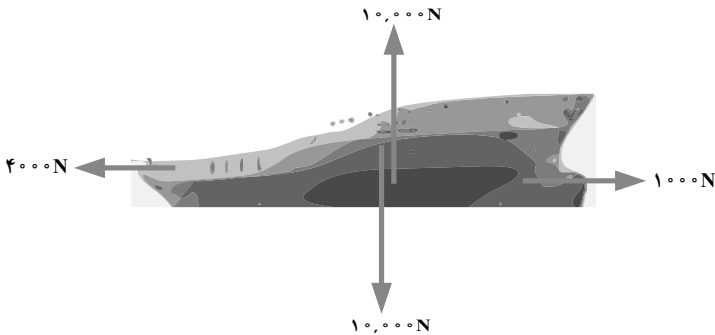
(الف)



(ب)



(پ)



شکل ۴-۵

آزمایش صفحه ۵۳

هدف از این آزمایش :

(۱) شتابی که جسم می‌گیرد با نیروی وارد بر جسم، متناسب است و هرچه نیرو بیشتر شود، شتاب

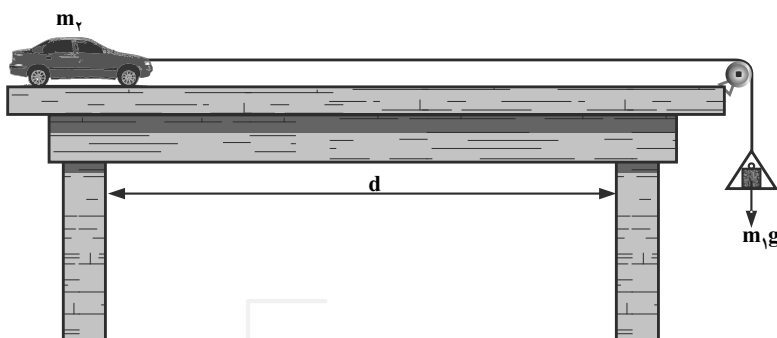
جسم نیز بیشتر می شود.

۲) شتابی که جسم تحت اثر نیروی وارد بر آن می گیرد با جرم جسم رابطه وارون دارد.

توجه

۱) در این آزمایش طول میز و ارتفاع آن باید زیاد باشد تا بتوانیم زمان را با زمان سنج (کرومتر) به راحتی اندازه گیری کنیم و آرایش اولیه آزمایش به صورت شکل ۵-۵ باشد.

۲) وزنه ای که روی کفه، قرار می دهیم، باید به اندازه کافی کوچک باشد تا شتاب جسم زیاد نباشد و بتوان زمانی را که طول می کشد تا جسم (چهارچرخه) طول میز را طی کند، اندازه گیری کرد.



شکل ۵-۵

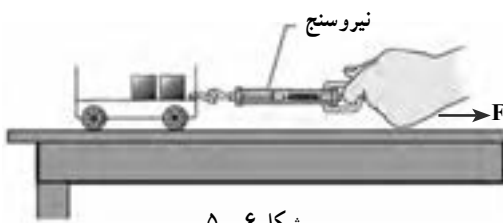
لازم به یادآوری است طبق رابطه $d = \frac{1}{2}at^2$ ، هرچه شتاب بیشتر باشد، زمان طی کردن مسیر کوتاه تر می شود و a از رابطه $a = \frac{m_1 g}{m_2 + m_1}$ ، به دست می آید (البته به شرط اینکه از اصطکاک صرف نظر شود).

۳) در قسمت اول آزمایش جرم ثابت و نیروی وارد بر جسم را افزایش می دهیم (کنترل متغیر جرم) و در قسمت دوم آزمایش نیرو ثابت است (کنترل متغیر نیرو) و جرم را افزایش داده ایم. از این آزمایش و فعالیت های قبل از آن، قانون دوم نیوتون را نتیجه می گیریم؛ یعنی:

هرگاه بر جسمی نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می گیرد که این شتاب نسبت مستقیم با نیروی وارد بر جسم دارد و در همان جهت نیرو است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

در رابطه $a = \frac{F}{m}$ ، «F» از اول کلمه «Force» به معنای نیرو، «m» از اول کلمه «mass» به معنای

جرم و «a» از اول کلمه «acceleration» به معنای شتاب، گرفته شده است. توجه داریم یکای شتاب براساس تعریف شتاب در فصل حرکت، m/s^2 است؛ اما براساس رابطه قانون دوم نیوتون، N/kg است. بنابراین، دو یکا معادل یکدیگر هستند ($1m/s^2 = 1kg/N$). در مثال صفحه ۵۴ دانش‌آموزان نقش افزایش نیرو را در افزایش شتاب به صورت محاسباتی و مشاهده‌ای درک می‌کنند؛ همچنین نقش افزایش جرم را در کاهش شتاب. در اینجا می‌توان تعدادی مثال آورد که دانش‌آموزان با داشتن دو کمیت از سه کمیت جرم، شتاب و نیرو، کمیت سوم را به دست آورند.



شکل ۵-۶

مثال پیشنهادی ۱: در شکل ۵-۶، دانش‌آموزی چهارچرخه را روی میز بلند طوری می‌کشد که نیروسنج، عدد ثابت ۱N را نشان می‌دهد. با فرض ناچیز بودن اصطکاک در مقابل حرکت:

الف) شتاب چهارچرخه چقدر

می‌شود؟ جرم چهارچرخه و بارش را ۲kg فرض کنید.

ب) اگر جرم چهارچرخه را به ۱kg برسانیم، شتاب حرکت چقدر می‌شود؟

پ) اگر نیروسنج عدد ۲N را نشان دهد، شتاب حرکت چقدر می‌شود؟

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1N}{2kg} = \frac{1N}{2kg} = 0.5 \frac{N}{kg} \quad \text{الف)}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1N}{1kg} = 1 \frac{N}{kg} \quad \text{ب)}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2N}{1kg} = 2 \frac{N}{kg} \quad \text{پ)}$$

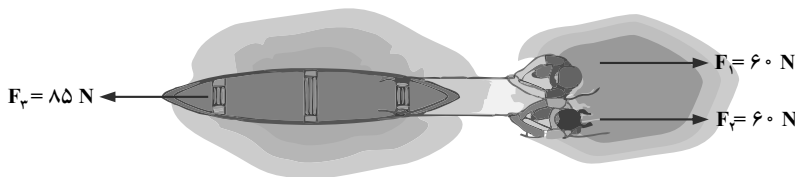
مثال پیشنهادی ۲: در شکل ۵-۷، هریک از افراد A و B قایق را با طناب و با نیروی ۶۰

نیوتونی به طرف ساحل می‌کشند.



شکل ۵-۷

اگر نیروی مقاوم در مقابل حرکت 85 N و به طرف عقب باشد :
 الف) نیروی خالص وارد بر قایق چند نیوتون و در کدام جهت است؟
 ب) اگر جرم قایق 70 kg باشد، قایق تحت تأثیر این نیروها چه شتابی پیدا می کند؟
 پاسخ :
 الف)



شکل ۸-۵

برایند نیروهای F_1 و F_2 که هم جهت است 120 N می شود و برایند کل نیروها (نیروی خالص) برابر است با :

$$F_{\text{خالص}} = (F_1 + F_2) - F_3 = (60\text{ N} + 60\text{ N}) - 85\text{ N} = 35\text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{35\text{ N}}{70\text{ kg}} = \frac{1}{2} \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0.5 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \quad \text{ب)}$$

توجه : در این کتاب فقط برایند نیروها در حالتی که همراستا هستند، محاسبه می شود و از حالت های پیچیده پرهیز شده است.

گفت و گو کنید صفحه ۵۴

طبق قانون دوم نیوتون و رابطه $a = \frac{F}{m}$ ، شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم رابطه مستقیم و با جرم جسم رابطه عکس دارد. هرچه موتور خودرو قوی تر باشد، سبب می شود تا نیروی خالص وارد بر خودرو افزایش، و شتاب آن نیز افزایش پیدا کند و همچنین هرچه جرم خودرو کمتر باشد، باز شتاب خودرو افزایش پیدا می کند.

پس از پاسخ دادن دانش آموزان به مثال صفحه ۵۵، می توان مثال دیگری نیز در اینجا آورد.
 وزن : دانش آموزان در سال هفتم با نیروی گرانشی آشنا شده اند. آوردن رابطه $W = mg$ در اینجا به نوعی استفاده از رابطه $F = ma$ برای وزن است؛ زیرا اگر نیروی گرانش وارد بر جسمی را با W نشان دهیم (اول کلمه «Weight») و شتاب گرانشی را با g (اول کلمه «gravity acceleration») در این صورت رابطه $F = ma$ به صورت $W = mg$ نوشته می شود.

توجه: شتاب جاذبه در سطح زمین تقریباً $9/8 \text{ N/kg}$ است. هرچه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، شتاب جاذبه کاهش پیدا می‌کند؛ مثلاً شتاب جاذبه در ارتفاع 6400 کیلومتری سطح زمین $\frac{1}{4}$ شتاب جاذبه در سطح زمین است. همچنین شتاب جاذبه در سطح سیارات مختلف متفاوت است.

خود را بیازمایید صفحه ۵۶

$$m = 50 \text{ kg} = \text{جرم دانش آموز}$$

$$g = 9/8 \text{ N/kg} = \text{شتاب جاذبه}$$

$$W = mg = 50 \text{ kg} \times 9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 494 \text{ N}$$

نیروی کنش و واکنش

برای درک نیروهای کنش و واکنش بهتر است در کلاس درس، چند آزمایش ساده انجام، و یا از فراخوانی تجربه‌های دانش‌آموزان استفاده شود؛ مثلاً دانش‌آموز با دست خود دیوار را به شدت هل دهد. در این حالت احساس می‌کند، ماهیچه‌های دستش، تغییر شکل پیدا کرده‌اند و حتی ممکن است احساس درد در وی ایجاد شود یا اگر دانش‌آموزی که روی اسکیت قرار دارد، دیوار را هل دهد، در این حالت دانش‌آموز به طرف عقب رانده می‌شود. یک قایق‌سوار با پاروهایش آب را به عقب هل می‌دهد، آب نیز قایق را به طرف جلو هل می‌دهد. شناگر با دست‌هایش آب را به عقب می‌راند، آب نیز شناگر را به جلو می‌راند. پروانه‌های کشتی آب را به طرف عقب می‌رانند، آب نیز کشتی را به جلو می‌راند و ...

وقتی دانش‌آموز، دیوار را با نیروی 60 N هل می‌دهد (نیروی دست بر دیوار)، دیوار نیز با نیروی 60 N دانش‌آموز را هل می‌دهد. وقتی قایقران با نیروی 100 N آب را به عقب هل می‌دهد، آب نیز با نیروی 100 N قایق را به طرف جلو هل می‌دهد و ...

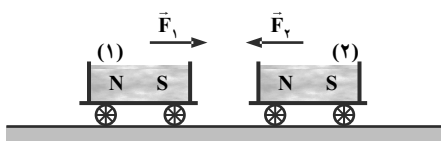
وقتی با دست دیوار را هل می‌دهیم، حس می‌کنیم که دیوار نیز ما را هل می‌دهد؛ به این ترتیب در برهم کنش دست ما و دیوار دو نیرو وجود دارد. اگر نیروی دست خود را به دیوار نیروی کنش بنامیم، نیروی دیوار به دست ما نیروی واکنش نامیده می‌شود. همین‌طور درست است که نیروی دیوار به دستمان را نیروی کنش و نیروی دست ما به دیوار را نیروی واکنش بنامیم.

نکته مهم این است که نیروهای کنش و واکنش همیشه همراه هم ظاهر می‌شوند و هیچ یک بدون دیگری نمی‌تواند باشد.

قانون سوم نیوتون رابطه کمی میان نیروهای کنش و واکنش را به این صورت بیان می کند :
 «هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه ولی در خلاف جهت آن وارد می کند».

برای مثال در شکل ۹-۵ نیروهای \vec{F}_2 (نیرویی که جسم اول به جسم دوم وارد می کند) و \vec{F}_1 (نیرویی که جسم دوم به جسم اول وارد می کند) و واکنش (عمل و عکس العمل) هستند.

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



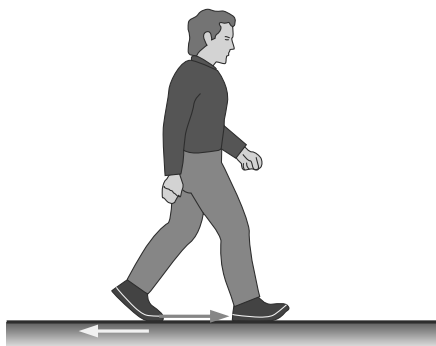
شکل ۹-۵ دو آهنربای میله‌ای که روی دو گاری سوار شده‌اند بر هم نیرو وارد می کنند.

در مورد نیروهای کنش و واکنش توجه کنید که :

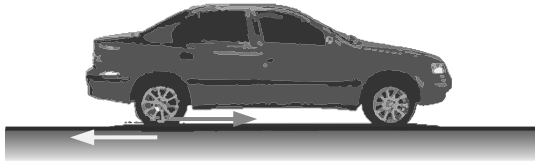
- این دو نیرو همواره هم اندازه، هم راستا و در سوهای مخالف یکدیگرند.
- این دو نیرو به دو جسم وارد می شوند.
- این دو نیرو هم نوع اند؛ به عنوان مثال هر دو گرانشی اند یا هر دو الکتریکی اند یا ...

چند مثال از نیروهای کنش و واکنش

انسان با هل دادن زمین به طرف عقب راه می رود. واکنش زمین هم انسان را به جلو می راند؛ یعنی هنگام راه رفتن، پاهای شما زمین را به عقب هل می دهد، زمین نیز شما را به جلو هل می دهد (شکل ۱۰-۵). یک اتومبیل با فشردن چرخ هایش بر زمین به طرف عقب، حرکت می کند؛ واکنش زمین، نیرویی به طرف جلو بر ماشین وارد می آورد؛ به عبارت دیگر، اتومبیل، زمین را به طرف عقب هل می دهد، زمین نیز اتومبیل را به جلو می راند (شکل ۱۱-۵).



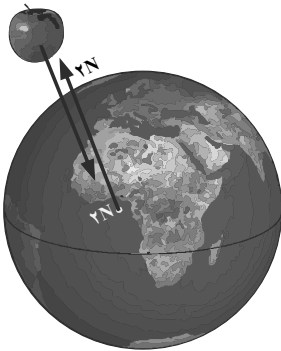
شکل ۱۰-۵



شکل ۱۱-۵

موتور موشک گازهای خارجی را بیرون می‌راند و بر آنها نیرویی به طرف عقب وارد می‌کند. واکنش گازهای خروجی نیز موتور موشک را به جلو هل می‌دهند. (توجه کنید که سازوکار نیروی محرک موشک در فضای خالی هم عمل می‌کند. موشک نیازی ندارد بر جو فشار آورد، فقط باید بر گازهای خروجی فشار آورد.)

سیبی را در نظر بگیرید که به طرف زمین در حال سقوط است. اگر اندازه نیروی جاذبه زمین بر سیب مثلاً 2N باشد، سیب نیز زمین را با نیروی 2N به طرف خود می‌کشد.



شکل ۱۳-۵- زمین سیب را می‌کشد، سیب زمین را می‌کشد.



شکل ۱۲-۵- موشک بر گازهای خروجی نیرو وارد می‌کند، گازهای خروجی بر موشک نیرو وارد می‌کند.

گفت‌وگو کنید صفحه ۵۷

نیروهایی که به هم وارد می‌کنند هم اندازه‌اند اما چون جرم پسر کمتر است، شتاب بیشتری پیدا می‌کنند.

خود را بیازمایید صفحه ۵۸

$$mg = 10 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 100 \text{ N}$$

$$N = mg = 100 \text{ N}$$

اصطکاک

نیروی اصطکاک در زندگی ما نقش مهمی دارد؛ مثلاً اگر شما روی یک سطح یخی بخواهید راه بروید، ممکن است لیز بخورید و به راحتی نتوانید روی یخ پیاده روی کنید یا یک خودرو نمی تواند روی سطح یخی شروع به حرکت کند و

وقتی خودرویی ترمز می کند و چرخ هایش قفل می شود، روی جاده سُر می خورد. در این حالت، نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت خودرو بر آن وارد می شود که با حرکت آن مخالفت می کند و سبب کاهش سرعت خودرو و توقف آن می شود.

اگر میخی را به سقف بکوبید، اگر بین میخ و دیوار اصطکاک نباشد، میخ سقوط می کند و در سقف باقی نمی ماند.

می توانیم از دانش آموزی بخواهیم روی میز کلاس بنشیند و دانش آموز دیگری وی را با نیروی کمی هل دهد. در این حالت میز حرکت نمی کند. از این تجربه برای توضیح نیروی اصطکاک ایستایی استفاده می کنیم.

حال جسمی مثلاً یک کیف را روی سطح افقی هل می دهیم تا با سرعت اولیه شروع به حرکت کند. می بینیم کیف پس از طی مقداری مسافت می ایستد. از دانش آموزان می خواهیم در مورد علت ایستادن توضیح دهند. این تجربه می تواند به ما کمک کند تا نیروی اصطکاک جنبشی را توضیح دهیم.

دانستنی های معلم

اصطکاک ایستایی: فرض کنید جسمی مطابق شکل ۱۴-۵ الف روی سطح افقی ساکن

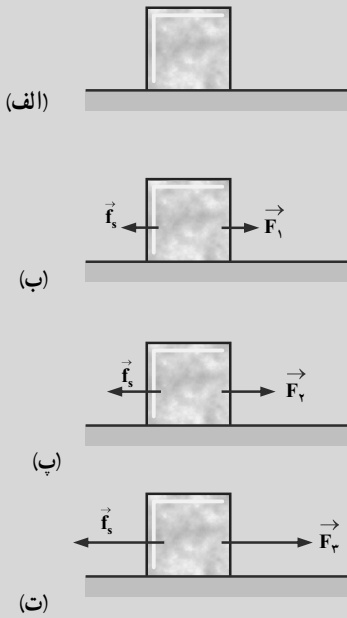
است. به جسم، نیروی افقی \vec{F}_1 را وارد می کنیم. در ابتدا اندازه این نیرو را کوچک و برابر \vec{F}_1 می گیریم به طوری که جسم ساکن بماند (شکل ب)، چون جسم ساکن است بنا به قانون دوم نیوتون باید بر ایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد.

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 از طرف سطح به جسم وارد می شود. به این نیرو، «نیروی اصطکاک ایستایی» می گوئیم.

$$F_{\text{برایند}} = ma = 0$$

$$F_1 - f_s = 0$$

$$F_1 = f_s$$



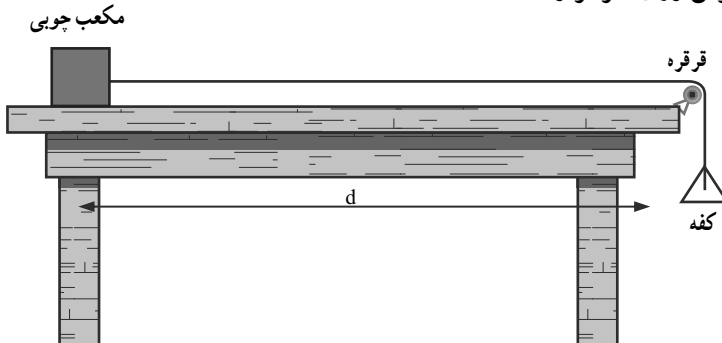
شکل ۱۴-۵ با افزایش نیروی پیشران F ، f_s افزایش می‌یابد تا به مقدار بیشینه معین برسد.

اکنون فرض کنید اندازه نیروی \vec{F}_1 را افزایش داده و به اندازه \vec{F}_2 رسانده‌ایم (شکل ۱۴-۵-پ). اگر جسم همچنان ساکن بماند با استدلالی شبیه قبل نتیجه می‌گیریم که نیروی اصطکاک ایستایی افزایش یافته و برابر اندازه \vec{F}_2 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 \vec{F}_3 شود، جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد؛ این بدان معناست که اگر اندازه نیروی \vec{F} از مقدار \vec{F}_3 اندکی بیشتر شود، دیگر جسم ساکن نمی‌ماند و شروع به حرکت می‌کند (شکل ۱۴-۵-ت). به نیروی اصطکاک در این حالت «نیروی اصطکاک در آستانه حرکت» می‌گوییم. بزرگی این نیرو برابر با بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی است و آن را با $f_{s\max}$ نشان می‌دهیم.

فعالیت صفحه ۶۰

الف) وسایل مورد نیاز: میز، مکعب چوبی (دو عدد)، وزنه‌های کوچک، کفه، ترازو
شرح آزمایش

الف) سطح میز و سطح مکعب چوبی را تمیز و دستگاه را مطابق شکل سوار کنید و مکعب را از سطح بزرگترش روی میز قرار دهید.



شکل ۱۵-۵

ب) به آرامی و کم کم در داخل کفه، وزنه‌هایی قرار دهید به گونه‌ای که اگر ضربه کوچکی به مکعب وارد کردید، مکعب به طور یکنواخت (به آرامی و با سرعت ثابت) روی میز حرکت کند.

پ) با ترازو، جرم کفه و وزنه‌های داخلش را اندازه‌گیری، و توسط رابطه $W=mg$ ، وزن آنها را حساب کنید. چون نیروی وزن وزنه‌ها و کفه، مکعب را به طور یکنواخت می‌کشد در این حالت نیروی اصطکاک وارد بر مکعب، که در خلاف جهت حرکت است با W هم‌اندازه است (نیروهای وارد بر دستگاه متوازن‌اند).

$$W=mg = \text{نیروی اصطکاک جنبشی}$$

ت) اکنون مکعب را روی سطوح مختلف دیگرش قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید (آزمایش‌ها به طور معناداری نشان می‌دهند که نیروی اصطکاک جنبشی به سطح تماس بستگی ندارد؛ یعنی با همان نیروی $W=mg$ به طور یکنواخت حرکت می‌کند).

ث) روی مکعب، مکعب دیگری یا وزنه‌ای قرار داده، آزمایش را انجام می‌دهیم و نیروی اصطکاک جنبشی را اندازه‌گیری می‌کنیم (این آزمایش نشان می‌دهد، هرچه جسم لغزنده (مکعب) سنگین‌تر شود، نیروی اصطکاک جنبشی آن نیز بیشتر می‌شود).

اگر امکان آزمایش مفصل را داشتید، می‌توانید جدول زیر را کامل کنید :

آزمایش	جنس جسم لغزنده (مکعب)	مساحت جسم لغزنده (مکعب)	وزن کفه و وزنه‌های داخل آن	نیروی اصطکاک جنبشی
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				

جمع‌آوری اطلاعات صفحه ۶۰

الف) در مواردی اصطکاک به شکل ناخواسته و غیرمطلوب سبب کُند شدن حرکت می‌شود؛ مانند لولاهای در و پنجره، بین چرخ‌دنده‌ها و زنجیر، بین پیستون و سیلندر در اتومبیل و
برای کاهش اصطکاک معمولاً از روغن‌های مخصوص و گریس استفاده می‌کنند که موجب

کشیدن و حرکت دادن یک جعبه سنگین روی زمین بسیار دشوار است، اما اگر همین جعبه را روی چرخ‌دستی بگذاریم، حرکت دادن آن خیلی آسان است؛ یعنی استفاده از چرخ سبب کاهش اصطکاک می‌شود.

لاستیک خودروها به گونه ای طراحی می شود که اصطکاک بین آنها و جاده هنگام ترمز به اندازه کافی زیاد باشد و

یادداشت‌های مهم:

[illegible]