

### فصل نیرو

می‌دانیم هیچ چیز مهم‌تر از ایجاد انگیزه برای شروع تدریس و درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع درس وجود ندارد. یکی از روش‌های مرسوم ایجاد انگیزه مرتبط کردن موضوع درس با زندگی روزمره دانش‌آموزان است. در ابتدا این فصل 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 کنند و نتیجه آن را به کلاس گزارش دهند.

دانش‌آموزان با فراگیری مطالب فصل‌های ورزش و نیرو 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 می کند (نیروی جاذبه زمین). نیروی جاذبه ای که زمین به یک جسم وارد می کند، وزن نامیده می شود.

نیروی که یک آهن ربا به آهن ربای دیگر وارد می کند، نیروی مغناطیسی نامیده می شود. میله یا شانه پس از مالش می تواند، بعضی از اجسام را به خود جذب کند؛ مانند جذب خرده های کاغذ به میله یا شانه که به آن نیروی الکتریکی گویند.

نیروی که سبب کند شدن حرکت می شود، نیروی اصطکاک نامیده می شود. نیروی اصطکاک همواره بر خلاف جهت حرکت، بر جسم اثر می گذارد.

راه های مختلفی برای کاهش اصطکاک وجود دارد. هرچه جسم سنگین تر شود، نیروی اصطکاک در مقابل حرکت بیشتر می شود. نیروی مقاومت هوا سبب تغییر شکل صفحه کاغذ در حال حرکت می شود.

با دمیدن هوا بر روی کاغذ، از فشار هوای بالای کاغذ کاسته می شود، در نتیجه فشار هوا در پایین کاغذ بیشتر از فشار آن در بالا شده و در اثر این اختلاف فشار نیروی روبه بالا بر کاغذ وارد می شود. اختلاف فشار هوا در بالا و پایین بال های هواپیما سبب ایجاد نیروی بالابری می شود.

**علوم هشتم:** نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار گاهی جاذبه و گاهی دافعه است. بارهای هم نام همدیگر را دفع و غیرهم نام، همدیگر را جذب می کنند. آهن رباها مواد مغناطیسی را جذب می کنند. قطب های هم نام آهن ربا همدیگر را دفع و غیرهم نام همدیگر را جذب می کنند. آهن ربا بدون تماس با آهن ربای دیگر به آن نیرو وارد می کند.

**شکل ابتدای فصل:** دانش آموزان از کتاب های علوم سال های گذشته با وزن، نیروی بالابری، مقاومت هوا و نیروی پیشران آشنا هستند. می توانیم از گروه های دانش آموزی بخواهیم در مورد نیروهایی که به یک هواپیمای در حال پرواز وارد می شود، بحث و گفت و گو کنند. البته در صفحه های بعدی کتاب در مورد نیروهای وارد بر هواپیمای در حال پرواز بحث مختصری می شود.

## نیروهای متوازن:

می‌توان به استفاده از یک توپ، اثرات نیرو بر یک جسم را مرور کرد. از دانش‌آموزان می‌خواهیم با کمک توپ این اثرات 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 ایستاده 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.

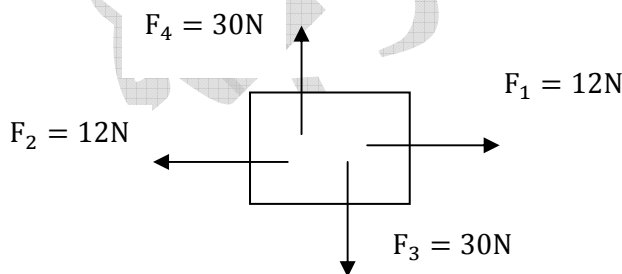
مثلاً در شکل روبه‌رو، نیروهای  $F_1$  و

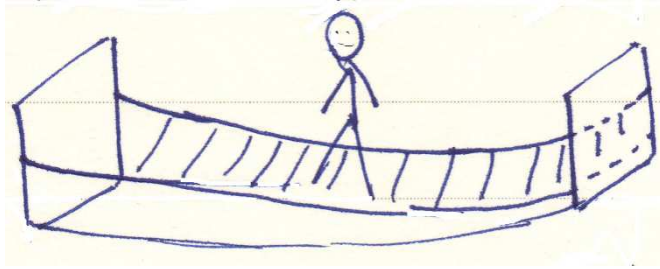
$F_2$ ، اثر همدیگر را خنثی می‌کنند و نیروهای

$F_3$  و  $F_4$ ، نیز اثر یکدیگر را خنثی می‌نمایند.

بنابراین، برآیند نیروهای وارد بر جسم، صفر

است و نیروها متوازن شده‌اند.

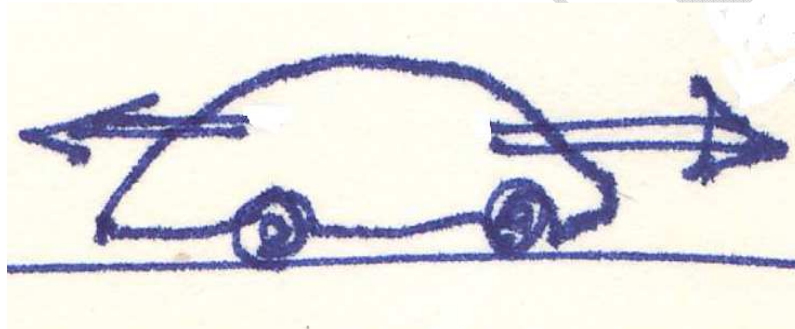




یا در شکل روبرو، نیروهای وارد بر فردی که روی تخت فنری ایستاده است، متوازن شده‌اند یعنی اثر یکدیگر را خنثی کرده‌اند.

نکته مهم در این قسمت از درس این است که دانش‌آموزان به این باور برسند، وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن‌اند 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 اتوبان، مستقیم با سرعت ثابت در حال حرکت است، یعنی نیروهای وارد بر اتومبیل متوازن‌اند. به عبارت دیگر نیروی پیشران وارد بر اتومبیل با نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا متوازن شده‌اند.

نیروی اصطکاک و  
مقاومت هوا



نیروی پیشران

یا وقتی شخصی یک یخچال سنگین را هل می‌دهد، اما یخچال همچنان ساکن باقی می‌ماند؛ نیروی روبرو جلوی شخص با نیروی روبرو عقب اصطکاک متوازن شده‌اند. بنابراین، یخچال همچنان ساکن باقی می‌ماند. علاوه بر شکل‌های مختلف آورده شده در 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 نیوتن

پیشینیان 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 آنکه 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 ، 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 دانش آموزان می‌خواهیم توضیح دهند

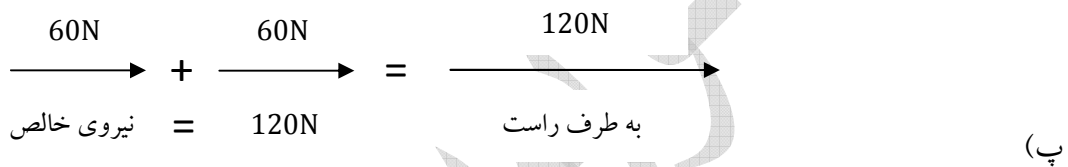
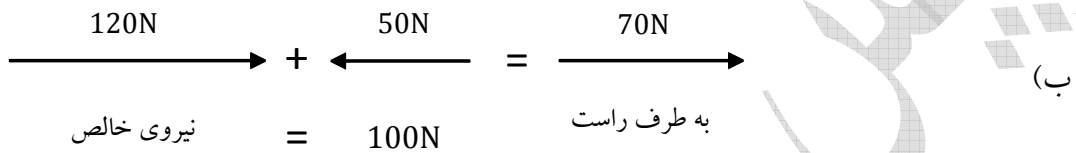
اگر نیروی بالابری، بیشتر از وزن شود چه اتفاقی می‌افتد؟

اگر نیروی پیشران، بیشتر از نیروی مقاومت هوا شود، سرعت هواپیما چگونه تغییر پیدا می کند؟

به طور کلی اگر توازن نیروها به هم بخورد و نیروی خالصی بر هواپیما وارد شود، چه تغییری در وضعیت

آن به وجود می آید؟

**فعالیت صفحه :**



از این فعالیت نتیجه می گیریم که: اگر نیروی خالص وارد بر جسم، صفر باشد، تغییری در وضعیت جسم ایجاد نمی شود، اما اگر نیروی خالص وارد بر جسم، صفر نباشد، در وضعیت جسم تغییر حالت اتفاق می افتد (مثلاً جسم شروع به حرکت می کند و سرعت آن عوض می شود و هرچه نیروی خالص بیشتر باشد، تغییر سرعت یا وضعیت سریع تر خواهد بود).

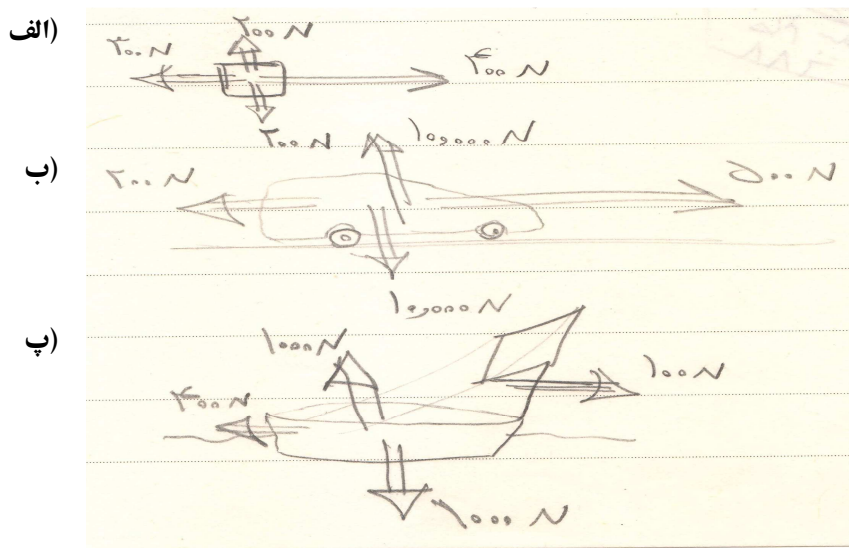
**پرسش پیشنهادی:**

نیروی خالص عامل شتاب است:

با انجام فعالیت ۵ بالا و بحثی که دانش آموزان در مورد هواپیما انجام داده اند و همچنین فعالیت هایی که می توان در کلاس انجام داد، مانند اینکه دانش آموزان از دو طرف درب کلاس را هل دهند یا از یک طرف هل دهند، و مسابقه طناب کشی و ... به نتیجه بسیار مهم آورده شده در کتاب خواهند رسید. یعنی نیرو عامل تغییر حالت جسم یا تغییر وضعیت 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؟



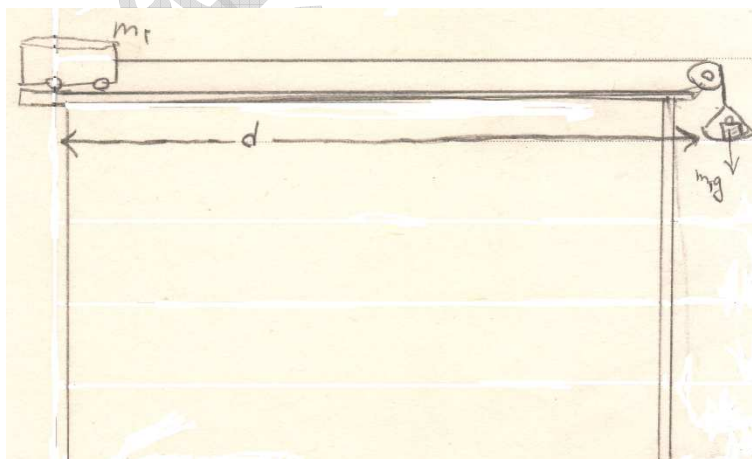
آزمایش صفحه:

هدف از انجام این آزمایش:

(۱) شتابی که جسم می‌گیرد با نیروی وارد بر جسم، متناسب است و هرچه نیرو بیشتر شود، شتاب جسم نیز بیشتر می‌شود ( $a \propto F$ ).

(۲) شتابی که جسم تحت اثر نیروی وارد بر آن می‌گیرد با جرم جسم رابطه وارون دارد ( $a \propto \frac{1}{m}$ ).

توجه: (۱) در این آزمایش طول میز و ارتفاع آن باید زیاد باشد تا بتوانیم زمان را با زمان‌سنج (کرونومتر) به راحتی اندازه‌گیری کنیم و آرایش اولیه آزمایش به صورت روبه‌رو باشد.



(۲) وزنه‌ای که روی کفه، قرار می‌دهیم باید به اندازه کافی کوچک باشد تا شتاب جسم زیاد نباشد و بتوان زمانی را که طول می‌کشد تا جسم (چهارچرخه) طول میز را طی کند، اندازه‌گیری کرد.

لازم به یادآوری است طبق رابطه  $d = \frac{1}{2}at^2$ ، هرچه شتاب بیشتر باشد، زمان طی کردن مسیر کوتاه‌تر

می‌شود و  $a$  از رابطه  $a = \frac{m_1g}{m_2}$ ، به دست می‌آید (البته به شرط آنکه از اصطکاک صرف نظر شود).

۳) در قسمت اول آزمایش جرم ثابت و نیروی وارد بر جسم را افزایش می‌دهیم (کنترل متغیر جرم) و در

قسمت دوم آزمایش نیرو ثابت است (کنترل متغیر نیرو) و جرم را افزایش داده‌ایم. از این آزمایش و فعالیت‌های

قبل از آن، قانون دوم نیوتون را نتیجه می‌گیریم. یعنی:

هرگاه بر جسمی نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد 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 بالا  $F$  از اول کلمه «Force» به معنای نیرو، « $m$ » از اول کلمه «mass» به معنای جرم یا توده و

« $a$ » از اول کلمه «acceleration» به معنای شتاب، گرفته شده است.

توجه داریم یکای شتاب بر اساس تعریف شتاب در فصل حرکت،  $m/s^2$  است اما بر اساس رابطه بالا،

$N/kg$  است. بنابراین، دو یکا معادل یکدیگر هستند.

در مثال صفحه دانش‌آموزان نقش افزایش نیرو را در افزایش شتاب به صورت محاسباتی و مشاهده‌ای

درک می‌کنند، همچنین نقش افزایش جرم در کاهش شتاب را.

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.

### مثال پیشنهادی ۱:

در شکل روبه‌رو، دانش‌آموزی چهارچرخه را روی میز

بلند طوری می‌کشد که نیروسنج عدد ثابت  $1N$  را نشان می‌دهد.

با فرض ناچیز بودن اصطکاک در مقابل حرکت:

شکل کد ۶۸۵

Pearson.p.125



الف) شتاب چهار چرخه چقدر می شود؟ جرم چهار چرخه و بارش را  $2\text{kg}$  فرض کنید.

ب) اگر جرم چهار چرخه را به  $1\text{kg}$  برسانیم، شتاب حرکت چقدر می شود؟

پ) اگر نیروسنج عدد  $2\text{N}$  را نشان دهد، شتاب حرکت چقدر می شود؟

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

ب) a

پ) a

مثال پیشنهادی ۲:

در شکل روبه‌رو، هریک از افراد A و B قایق را با طناب و

با نیروی  $60$  نیوتونی به طرف ساحل می کشند.

اگر نیرو مقاوم در مقابل حرکت  $85\text{N}$  و به طرف عقب باشد:

الف) نیروی خالص وارد بر قایق چند نیوتون و در کدام جهت است؟

ب) اگر جرم قایق  $70\text{kg}$  باشد، قایق تحت تأثیر این نیروها چه شتابی پیدا می کند؟

پاسخ:

	<p>الف)</p>
--	-------------

برآیند نیروهای  $F_1$  و  $F_2$  که هم جهت هستند  $120\text{N}$  می شود و برآیند کل نیروها (نیروی خالص) برابر است با:

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

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

توجه: در این کتاب فقط برآیند نیروها در حالتی که هم راستا هستند محاسبه می شود و از حالت های

پیچیده احتراز شده است.

خود را بیازمایید صفحه: 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 باشند، نیروی خالص وارد بر خودرو

افزایش پیدا کرده و شتاب آن نیز افزایش پیدا می کند و همچنین هرچه جرم خودرو کمتر باشد، باز شتاب

خودرو افزایش پیدا می کند.

پس از پاسخ دادن دانش آموزان به مثال صفحه، 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.

خود را بیازمایید صفحه:

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

$$g=9.8\text{ N/kg} = \text{شتاب جاذبه}$$

$$W = mg = 50\text{kg} \times 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 494\text{N}$$

## نیروی کنش و واکنش

برای درک نیروهای کنش و واکنش بهتر است در کلاس درس، چند آزمایش ساده انجام شود یا از فراخوانی تجربه‌های دانش‌آموزان استفاده شود. مثلاً دانش‌آموز با دستخود 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 بر 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  $60\text{N}$  هل می‌دهد (فشار دست بر دیوار)، دیوار نیز با نیروی  $60\text{N}$  دانش‌آموز را هل می‌دهد. وقتی قایقران با نیروی  $100\text{N}$  آب را به عقب هل می‌دهد، آب نیز با نیروی  $100\text{N}$  قایق را به طرف جلو هل می‌دهد و ...

### دانستنی‌های معلم: نیروی کنش و واکنش

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 به دیوار را نیروی کنش بنامیم، نیروی دیوار به دست ما نیروی واکنش نامیده می‌شود. همین‌طور درست است که نیروی دیوار به‌دستمان را نیروی کنش و نیروی دست ما به دیوار را نیروی واکنش بنامیم.

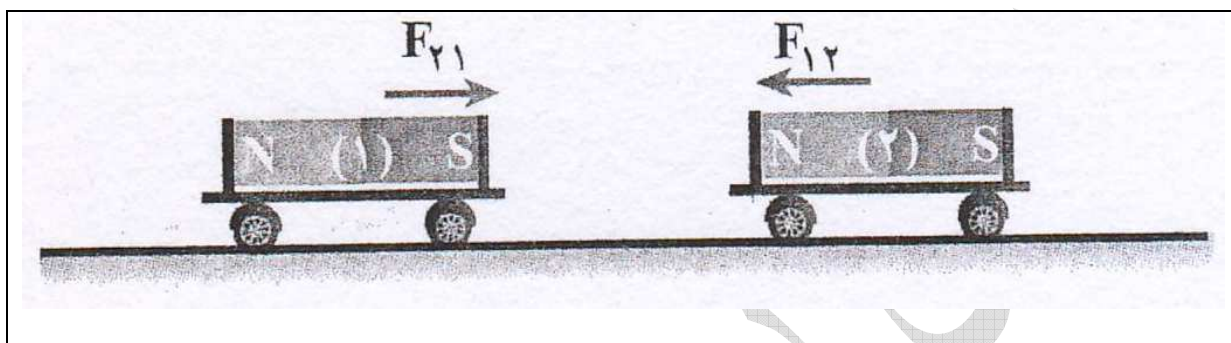
نکته مهم این است که نیروهای کنش و واکنش همیشه همراه هم ظاهر می‌شوند و هیچ‌یک بدون دیگری نمی‌تواند وجود داشته باشد.

قانون سوم نیوتون رابطه کمی میان نیروهای کنش و واکنش را به صورت زیر بیان می‌کند:

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

برای مثال در شکل ۲-۳ نیروهای  $\vec{F}_{12}$  (نیرویی که جسم اول به جسم دوم وارد می‌کند) و  $\vec{F}_{21}$  (نیرویی که جسم دوم به جسم اول وارد می‌کند) و واکنش (عمل و عکس‌العمل) هستند.

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



شکل ۲-۳- دو آهن‌ربای میله‌ای که روی دو گاری سوار شده‌اند بر هم نیرو وارد می‌کنند.

در مورد نیروهای کنش و واکنش توجه کنید که:

- این دو نیرو همواره هم‌اندازه، هم‌راستا و در سوهای مخالف یکدیگرند.
- این دو نیرو به دو جسم وارد می‌شوند.
- این دو نیرو هم‌نوع‌اند. به‌عنوان مثال هر دو گرانشی‌اند یا هر دو الکتریکی‌اند یا ...

چند مثال از نیروهای کنش و واکنش:

انسان با فشار آوردن بر زمین به طرف عقب راه می‌رود. واکنش زمین هم انسان را به جلو می‌راند. یعنی

هنگام راه رفتن، پاهای شما زمین را به عقب هل می‌دهد، زمین نیز شما را به جلو هل می‌دهد (شکل ۳-۱۳

اهانیان صفحه ۱۱۰). یک اتومبیل با فشردن چرخ‌هایش بر زمین به طرف عقب، حرکت می‌کند؛ واکنش زمین

فشاری به طرف جلو بر ماشین وارد می‌آورد. به‌عبارت دیگر، اتومبیل زمین را به طرف عقب هل می‌دهد، زمین

نیز اتومبیل را به جلو می‌راند (اهانیان صفحه ۱۱۰-شکل ۳-۱۲).

موتور موشک گازهای خارجی را بیرون می‌راند و بر آنها فشاری به طرف عقب وارد می‌کند. واکنش گازهای خروجی نیز موتور موشک را به جلو هل می‌دهند. توجه کنید که سازوکار نیروی محرکه موشک در فضای خالی هم عمل می‌کند-موشک نیازی ندارد بر جو فشار آورد، فقط باید بر گازهای خروجی فشار آورد (شکل ۳-۱۵- اهانیان، صفحه ۱۱۱)

سیبی را در نظر بگیرید که به طرف زمین در حال سقوط است. اگر اندازه نیروی جاذبه زمین بر سیب مثلاً ۲N باشد، سیب نیز زمین را با نیروی ۲N به طرف خود می‌کشد (شکل ۳-۱۶- اهانیان، صفحه ۱۱۱).

شتاب جاذبه در سطح زمین تقریباً  $9/8 \text{ N/kg}$  است و هرچه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، شتاب جاذبه کاهش پیدا می‌کند. مثلاً شتاب جاذبه در ارتفاع ۶۴۰۰ کیلومتری سطح زمین  $\frac{1}{4}$  شتاب جاذبه در سطح زمین است. همچنین شتاب جاذبه در سطح سیارات مختلف متفاوت است. مثلاً شتاب جاذبه در سطح سیاره ..... است.

#### اصطکاک

نیروی اصطکاک، نقش مهمی در زندگی ما دارد. مثلاً اگر شما روی یک سطح یخی بخواهید راه بروید، ممکن است لیز بخورید و به راحتی نتوانید روی یخ پیاده‌روی کنید. یا یک خودرو نمی‌تواند روی سطح یخی شروع به حرکت کند و ... وقتی خودرویی ترمز می‌کند و چرخ‌هایش قفل می‌شوند، روی جاده سُر می‌خورد. در این حالت، نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت خودرو بر آن وارد می‌شود که با حرکت آن مخالفت می‌کند و سبب کاهش سرعت خودرو و توقف آن می‌شود.

اگر میخی را به سقف بکوبید، اگر بین میخ و دیوار اصطکاک نباشد، میخ سقوط می‌کند و در سقف باقی نمی‌ماند.

می‌توانیم از دانش آموزی بخواهیم روی میز کلاس بنشیند و دانش آموز دیگری وی را با نیروی کمی هل دهد. در این حالت میز حرکت نمی‌کند. از این تجربه برای توضیح نیروی اصطکاک ایستایی استفاده می‌کنیم.

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

### دانستنی‌های معلم: اصطکاک ایستایی

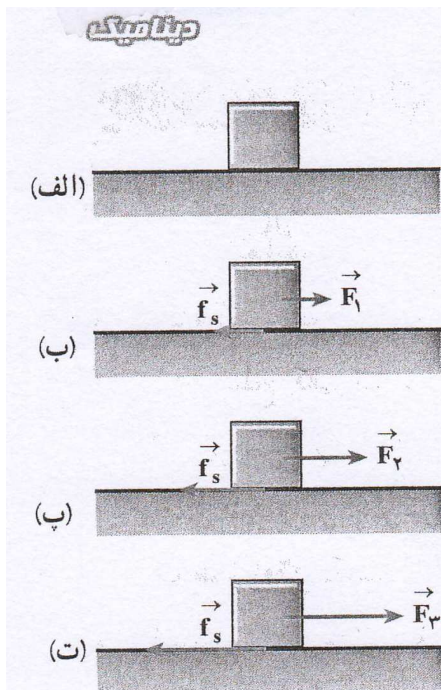
فرض کنید جسمی مطابق شکل الف روی یک سطح افقی ساکن است. به جسم نیروی افقی  $\vec{F}$  را وارد می‌کنیم. در ابتدا اندازه این نیرو را کوچک و برابر  $F_1$  می‌گیریم به طوری که جسم ساکن بماند (شکل ب)، چون جسم ساکن است بنا به قانون دوم نیوتون باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد.

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  $\vec{f}_s$  از طرف سطح به جسم وارد می‌شود. به این نیرو، «نیروی اصطکاک ایستایی» می‌گوییم.

$$F_{\text{برآیند}} = ma = 0$$

$$F_1 - f_s = 0$$

$$F_1 = f_s$$



اکنون فرض کنید اندازه نیروی  $\vec{F}_1$  را افزایش داده و به

اندازه  $\vec{F}_2$  رسانده ایم (شکل 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

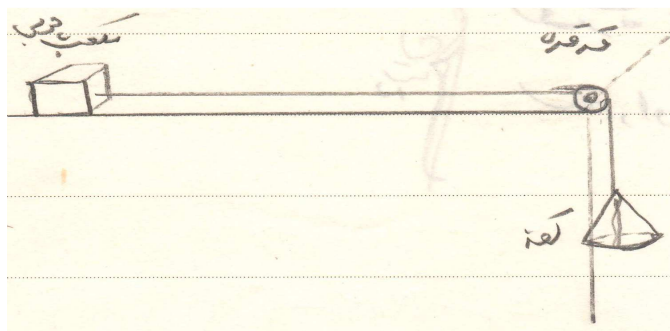
جسم ساکن نمی‌ماند و شروع به حرکت می‌کند (شکل ت).

شکل ۳-۱۰- با افزایش نیروی پیشران  $F$ ،  $f_s$  افزایش می‌یابد تا اینکه به یک مقدار بیشینه معین برسد.

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 :



الف) وسایل: میز، مکعب چوبی

(دو عدد)، وزنه‌های کوچک، کفه، ترازو.

شرح آزمایش:

الف) سطح میز و سطح مکعب چوبی را تمیز کرده و دستگاه را مطابق شکل سوار کنید و مکعب را از

سطح بزرگترش روی میز قرار دهید.

ب) به آرامی و کم‌کم در داخل کفه، وزنه‌هایی قرار دهید به گونه‌ای که اگر ضربه کوچکی به مکعب

وارد کردید، مکعب به‌طور یکنواخت (به آرامی و با سرعت ثابت) روی میز حرکت کند.

پ) توسط ترازو، جرم کفه و وزنه‌های داخلش را اندازه‌گیری کرده و توسط رابطه  $W=mg$ ، وزن آنها را

حساب کنید. چون نیروی وزن وزنه‌ها و کفه، مکعب را به‌طور یکنواخت می‌کشد، در این حالت نیروی

اصطکاک وارد بر مکعب که در خلاف جهت حرکت است با  $W$  هم‌اندازه است (نیروهای وارد بر دستگاه

متوازنند).

$W=mg$  = نیروی اصطکاک جنبشی

ت) اکنون مکعب را روی سطوح مختلف دیگرش قرار داده و آزمایش را تکرار کنید. (آزمایش‌ها به‌طور

معناداری نشان می‌دهند که نیروی اصطکاک جنبشی به سطح تماس بستگی ندارد. یعنی با همان نیروی

$W=mg$  به‌طور یکنواخت حرکت می‌کند).

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

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

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

#### جمع‌آوری اطلاعات صفحه

الف) در مواردی اصطکاک به شکل ناخواسته و غیرمطلوب سبب کند 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 کاهش میزان اصطکاک بین سطح چیزهایی می‌شود که با یکدیگر در تماس‌اند. بعضی از ماشین‌آلات دارای مجموعه‌ای از غلتک یا توبی‌های فلزی‌اند که اصطلاحاً بلبرینگ نامیده می‌شوند. استفاده از بلبرینگ در کاهش اصطکاک بین بخش‌های متحرک درون ماشین‌آلات، بسیار مؤثر است.



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

ب) در بسیاری از موارد، افزایش نیروی اصطکاک مهم است. مثلاً جنس کفی کفش‌ها باید به گونه‌ای باشد که اصطکاک آن با زمین مناسب باشد. در پله‌ها، نوارهایی قرار می‌دهند که اصطکاک کفش با آنها افزایش یافته و جلوی لیز خوردن را بگیرد.

لاستیک خودروها به گونه‌ای طراحی می‌شود که اصطکاک بین آنها و جاده در هنگام ترمز به اندازه کافی زیاد باشد و ...