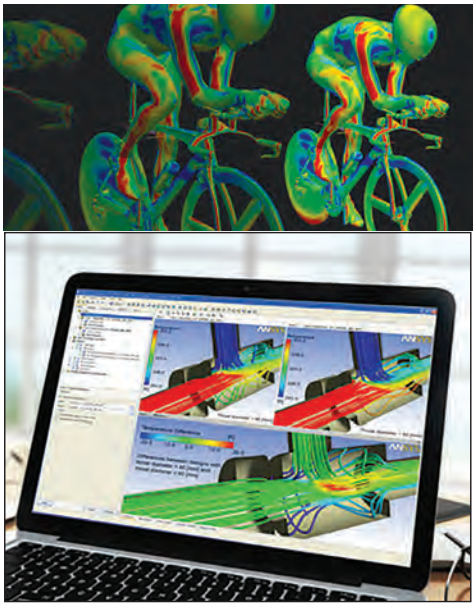
فصل چهارم: حرکت چیست؟



سال‌هاست با ورود رایانه به فعالیت‌های علمی، نه تنها موجب شده است محاسباتی که سال‌ها، ماه‌ها و روزها زمان لازم داشت در مدت زمان کوتاهی انجام گیرد، بلکه به کمک انواع نرم‌افزارهایی که نوشته شده است، می‌توان پدیده‌های مختلفی را مدل‌سازی و رفتار آن را پیش‌بینی کرد. این فرایند را معمولاً شبیه‌سازی می‌گویند. شبیه‌سازی موجب شده است تا بتوانیم بدون صرف هزینه‌های گزاف پیش‌بینی‌های علمی مناسب داشته باشیم. اکنون، جزئی مهم از سواد، علاوه بر توانایی خواندن و نوشتن، آشنایی با رایانه است. بدون آشنایی با نرم‌افزارهای رایانه‌ای نمی‌توان به دنیای علم گام نهاد.

آنچه که در این بخش از کتاب می‌بینید بخش تکمیلی فصل‌های حرکت و نیرو از کتاب علوم تجربی است. حرکت و نیرو مفاهیمی هستند که هر روز با آنها سر و کار دارید. پس به جای این‌که این مفاهیم را فقط در قالب رابطه‌هایی برای حل مسائل حفظ کنید، از شما می‌خواهیم که دست به کار شوید و در دنیای واقعی آنها را تجربه کنید. از سویی دیگر فناوری به اندازه‌ای پیشرفت کرده که حتی می‌توان حرکت سریع اجسام را فیلم‌برداری و آن را بررسی کرد. نرم افزارهای بسیار قدرتمندی برای کمک به یادگیری این مفاهیم تولید شده‌است. بنابراین قصد داریم در این کتاب تکمیلی، خودتان دست به کار شوید و مثال‌های واقعی از حرکت را با استفاده از ابزار و روش‌های جدید تجربه و تحلیل کنید و از آن‌چه می‌آموزید لذت ببرید.

فایل بررسی و آموزش این فصل را می‌توانید از آدرس زیر دانلود کنید:

http://physics-dept.talif.sch.ir/phymedia/S9Motion.rar

حرکت

حرکت، یکی از پدیده‌های جالب و جذابی است که از دوران باستان تا کنون همواره ذهن دانشمندان را به حرکت واداشته و آنها را به سفری طولانی فرا خوانده‌است. سفری که از مشاهده پدیده‌هایی شبیه به حرکت ستاره‌ها در آسمان زیبای شب شروع شده و امروزه به ساخت کاوشگرهایی برای سفر به فضا و سایر سیارات منتهی شده‌است. هدف اصلی دانشمندان از بررسی حرکت، درک و شناخت چگونگیِ حرکت اجسام و علت آنها است. ابزار اساسی دانشمندان برای بررسی این مسائل، مشاهده دقیق پدیده‌ها و کمّی‌سازی آنهاست. در این فصل قصد داریم مانند یک دانشمند به سراغ چند پدیده برویم و با بررسی آنها قوانین حرکت را خودمان کشف کنیم!

◀ **نکته:** کمّی‌سازی یک پدیده به معنای توصیف آن پدیده به کمک اعداد و یکاهای مناسب است. برای کمّی‌سازی یک پدیده کافی‌ست هنگام مشاهده و توصیف رفتار و خواص اشیاء به جای استفاده از صفات کیفی (مثل کم و زیاد و سریع و...) از عددهای یکادار استفاده کنیم.

یک شروع ساده

راه رفتن معمولی آدم‌ها یکی از ساده ترین و معمولی‌ترین حرکت‌هایی است که در اطراف‌مان دیده‌می‌شود. بنابراین شاید بهترین راه برای شروع حرکت‌شناسی بررسی راه رفتن انسان باشد.

فعالیت‌های عملی

از یکی از دوستان خود بخواهید تا از یک نقطهٔ مشخص به سمت یک نقطهٔ مشخص دیگر حرکت کند و حرکت او را مشاهده کنید (به جای استفاده از دوستتان می‌توانید این کار را با یک اسباب‌بازی متحرک یا... انجام دهید).

- در این مشاهده چه کمیت‌هایی را می‌توان اندازه‌گیری کرد؟
- این کمیت‌ها چه اطلاعاتی درباره حرکت دوستتان در اختیار شما می‌گذارد؟
- آیا می‌توانید با استفاده از این کمیت‌های اندازه‌گیری شده، کمیت دیگری را ابداع کنید که تحلیل حرکت دوستتان را راحت‌تر کند؟
- در صورتی که دوستتان این مسیر را بدود عددهای اندازه‌گیری‌شده چه تغییری می‌کنند؟

این بخش از فعالیت‌های متعددی تشکیل‌شده، که بیشتر آنها به سادگی قابل انجام هستند بنابراین تک تک فعالیت‌ها را به درستی و همان‌طور که از شما خواسته شده انجام دهید. در طول فعالیت‌ها با یک نرم افزار قدرتمند و بسیار جذاب آشنا می‌شوید که حتماً باید آن را در رایانه‌ای نصب کنید و با آن کار کنید، تا بتوانید ادامه فعالیت‌ها را انجام دهید. تمام مطالب و روابطی که احتیاج دارید همان مطالب فصل حرکت و نیروی کتاب درسی علوم است. در بین فعالیت‌ها به مطالبی از کتاب درسی ارجاع داده شده تا هرجا احتیاج بود، به آن مراجعه کنید و از مطالبی که در کتاب درسی یاد گرفته‌اید استفاده کنید. هم‌چنین تعدادی پروژه پژوهشی در بین فعالیت‌ها پیشنهاد شده است که می‌توانید با استفاده از ابزارهایی که به‌دست آوردید، در طول سال تحصیلی روی آنها کار کنید.

در فصل ۴ کتاب درسی صفحه ۳۴ و ۳۵ با کمیت‌های «جابه‌جایی» و «مسافت طی شده» آشنا شده‌اید. با روش قبل، از کل پدیده حرکت تنها دو عدد اندازه‌گیری می‌شود که عبارتند از مدت زمان کل حرکت و جابه‌جایی کل که در این‌جا با مسافت طی شده برابر است (چرا؟) که برای راحتی کار می‌توانیم با استفاده از رابطهٔ تندی متوسط که در صفحه ۳۶ کتاب درسی موجود است، مقدار تندی متوسط حرکت را محاسبه کنیم. این اعداد شاید برای تحلیل و مشاهده بعضی پدیده‌ها (مانند یک مسابقه دو و میدانی یا یک سفر تفریحی) کافی باشد، امّا بی‌تردید، برای تحلیل دقیق‌تر پدیده‌ها کافی نخواهدبود. برای مثال فرض کنید روزی تصمیم می‌گیرید حرکت خود از خانه به مدرسه را تحلیل کنید؛ و در این روز به‌خصوص، در میانهٔ راه یادتان بیفتد که کتاب خود را جا گذاشته‌اید و باید به خانه برگردید و سپس با تاکسی به سمت مدرسه حرکت کنید. شکی نیست در چنین شرایطی دانستن فاصلهٔ خانه تا مدرسه و مدت زمان کل حرکت اطلاعات کافی از چگونگیِ حرکت شما به‌دست نمی‌دهد. به نظر شما برای رفع این مشکل چه‌کار می‌توان کرد؟

نکته: برای این که بفهمید در مشاهدهٔ یک پدیده، ثبتِ چه مقدار اطلاعات لازم است، تصور کنید می‌خواهید مشاهده‌تان را برای یک دوست تعریف کنید. دربارهٔ چه مواردی باید صحبت کنید تا دوستتان بتواند آن پدیده را درست همان‌طور که شما می‌خواستید تصور کند؟

فعالیت‌های عملی

این بار یک مسیر طولانی‌تر را انتخاب کنید و از دوستتان بخواهید آن را هر طور که دوست دارد طی کند و با دو روش زیر اطلاعات حرکتش را ثبت کنید (بهتر است سعی کنید هر دو روش را با هم انجام دهید).

- روش اول: مکان‌های خاصی را روی مسیر حرکتش علامت‌گذاری کنید (مثلاً هر دو متر یا هر ۵ قدم) و هرگاه دوستتان از کنار علامت‌ها رد شد زمان رد شدنش را یادداشت کنید.
- روش دوم: در بازه‌های زمانی مشخص (مثلاً هر ۵ ثانیه) مکان دوستتان را علامت‌گذاری کنید و در نهایت آنها را ثبت کنید.

? با توجه به اعدادی که یادداشت کرده‌اید سعی کنید حرکت دوستتان را تحلیل کنید. تحلیل کدام دسته از اعداد راحت‌تر است؟ چرا؟

کمی بیشتر بدانیم

مبدأ و جهت

یکی از کارهایی که احتمالاً در تمام فعالیت‌های بالا به‌صورت ناخودآگاه انجام داده‌اید، این است که برای کمیت‌های اندازه‌گیری شده (زمان و مکان)، یک مبدأ و یک جهت در نظر گرفته‌اید. دربارهٔ زمان همه چیز ساده است: مبدأ زمان، همیشه، زمانِ شروعِ حرکت است و جهت آن همواره به سمت آینده است! اما از آن‌جا که مبدأ و جهت اندازه‌گیری مکان دست خودمان است و می‌تواند به دلخواه تغییر کند، مکانی که شما ثبت می‌کنید ممکن است با مکانی که دوستتان ثبت می‌کند متفاوت باشد، آن هم در حالی‌که هر دو دربارهٔ یک مکان مشخص صحبت می‌کنید. برای رفع این مشکل هنگام بررسی حرکت، معمولاً از «تغییرات مکان» استفاده می‌کنیم.

? به نظر شما تغییرات مکان چگونه این مشکل را حل می‌کند؟

ابزار کمکی برای بررسی‌های دقیق‌تر

شما در فعالیت قبل با داشتن جابه‌جایی در بازه‌های زمانی مشخص، می‌توانید تندیِ متوسطِ حرکت دوستتان را در آن بازه محاسبه کنید. همان‌طور که در کتاب درسی صفحه ۳۷ و ۳۸ با تندی لحظه‌ای آشنا شدید، تندی لحظه‌ای حرکت یک خودرو، همان عددی است که عقربهٔ تندی‌سنج خودرو نشان می‌دهد. ولی آیا ما می‌توانیم در یک آزمایش واقعی، تندی لحظه‌ای یک متحرک را اندازه‌گیری کنیم، مثلاً تندی لحظه‌ای حرکت دوستتان در فعالیت قبل؟

? کمی فکر کنید ببینید آیا می‌توانید روشی برای این کار بیابید.

با کوتاه شدن بازه‌های زمانی حرکت، تندی متوسط به تندی لحظه‌ای نزدیک می‌شود. مثلاً اگر به جای هر پنج ثانیه یک بار، بتوانیم هر ثانیه مسافت طی شده توسط شخص را اندازه بگیریم، تندی متوسط در بازهٔ زمانی یک ثانیه را می‌توانیم محاسبه کنیم. یا اگر بتوانیم در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر، مثل یک دهم یا حتی یک صدم ثانیه مسافت طی شده توسط متحرک را اندازه بگیریم، توانسته‌ایم به تندی لحظه‌ای آن بسیار بسیار نزدیک شویم. ولی در آزمایشی که انجام دادید و با وسایل اندازه گیری موجود مثل کورنومتر این کار کمی دشوار و تقریباً غیرممکن است!! برای این کار باید در وسایل اندازه‌گیری و روش اندازه‌گیری خود، دقت را بالا ببریم و از فناوری مناسب‌تر و جدیدتری استفاده کنیم!

اگر ما بتوانیم حرکت یک متحرک را با روشی ثبت و ضبط کنیم، می‌توانیم با استفاده از رایانه، تحلیل‌های بسیار زیادی با دقتِ به مراتب بالاتری روی داده‌ها انجام دهیم. یک راه برای ثبت حرکتِ یک متحرک و منتقل کردن آن به رایانه، فیلم گرفتن از آن است. یک فیلم از تعداد قابل توجهی عکس تشکیل‌شده که فاصله زمانی آنها با یک‌دیگر اندک است. به‌طور معمول فیلم‌ها دستِ کم ۳۰ تصویر در هر ثانیه هستند. یعنی فاصله هر دو عکس حدود یک سی‌ام ثانیه است. اگر بتوان از این عکس‌ها اطلاعات زمانی و مکانی متحرک را استخراج کرد، می‌توان بسیاری از حرکت‌های موجود در طبیعت را با دقت بسیار زیاد بررسی کرد. یک راه برای این منظور تبدیل فیلم به عکس‌های تشکیل‌دهندهٔ آن و اندازه‌گیری مکان متحرک در تک تک عکس‌هاست. زمان زیادی می‌برد ولی قابل انجام است. مثلاً برای تحلیل یک حرکت ۱۰ ثانیه‌ای باید مکان جسم را نسبت به یک مبدأ دلخواه در ۳۰۰ عکس اندازه بگیریم. در این بخش کار با نرم افزاری را یاد می‌گیرید که با استفاده از آن به راحتی می‌توانید حرکت یک متحرک را با استفاده از آن تحلیل کنید، نرم‌افزاری به نام Tracker.

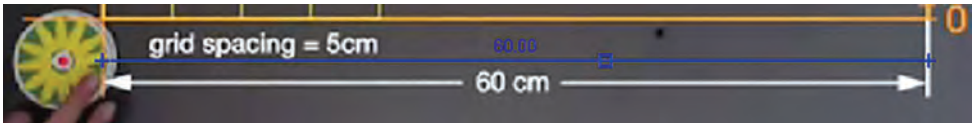
Tracker یک نرم‌افزار رایگان است که کار تحلیل فیزیکی تصاویر و فیلم‌ها را بر پایهٔ همان روشی که گفتیم، ولی به صورت تقریباً خودکار انجام می‌دهد. برای دانلود نرم‌افزار و خواندن آموزش‌های آن (به زبان انگلیسی) می‌توانید به آدرس اینترنتی

http://physlets.org/tracker/

مراجعه کنید. هم‌چنین برای آشنایی بیشتر با این نرم‌افزار و طرز کار آن می‌توانید به فیلمی که ضمیمهٔ کتاب شده‌است رجوع کنید.

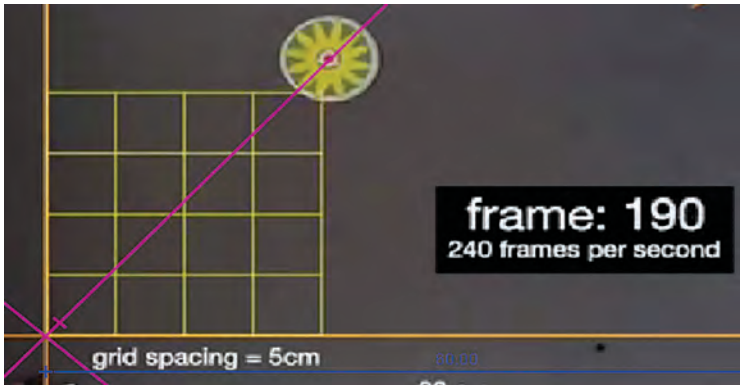
به صورت خلاصه، نحوهٔ کار با این نرم‌افزار به این صورت است که پس از وارد کردن ویدئو (از طریق منوی File–> Import–> Video) لازم است که بازهٔ زمانی و مبدأ و جهت مکان را برای نرم‌افزار مشخص کنید[1]. برای این کار باید به ترتیب از مثلث‌های سیاه پایین نوار زمان و Coordinate Axis[2] (از طریق نماد آن در نوارابزار به صورت دو خط صورتی عمود بر هم) انجام گیرد. پس از آن لازم است که مقیاسی برای اندازه‌گیری مکان به نرم‌افزار بدهید. این کار باید با کمک ابزار Calibration Stick (از طریق منوی Track–> New–> Calibration Tool–> Calibration Stick) انجام شود. پس از مشخص شدن مبدأ، جهت و مقیاس، نوبت به شناساندن جسم به نرم‌افزار می‌رسد. برای این کار باید یک Point Mass تعریف کنید (Track–> New–> Point Mass) و مرز جسم را طوری در آن تعریف کنید که نرم‌افزار بتواند در همه حالت‌ها آن را به صورت خودکار بشناسد (این قسمت در ادامه توضیح داده می‌شود). پس از انجام این مراحل، از نرم‌افزار می‌خواهیم که مکان جسم را در لحظات مختلف پیدا و ثبت کند. این مقادیر در جدول سمت راست نرم‌افزار ظاهر می‌شوند.

● به عنوان یک مثال فیلم «تخته هوا» را از پوشه فیلم‌های ضمیمهٔ کتاب، در نرم‌افزار باز کنید. این فیلم، حرکت یک جسم روی یک سطح کاملاً صاف را نشان می‌دهد. ابتدا یک Calibration Stick (مقیاس طول) بر اساس اعداد مشخص شده روی تصویر درست کنید:

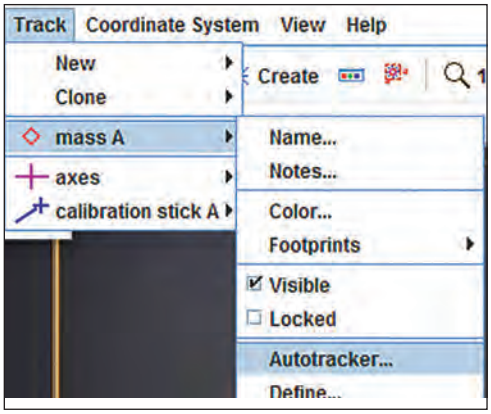


ایجاد Calibration Stick

پس از این مرحله باید جهت و مبدأ حرکت را مشخص کنیم. برای این کار ابتدا یک Coordinate Axis ایجاد می‌کنیم و مرکز آن را روی تقاطع دو محور زرد رنگ (یا نقطه مرکزی جسم در لحظه اول فیلم) قرار می‌دهیم. سپس فیلم را کمی جلو ببرید تا جسم از مبدأ فاصله بگیرد. آنگاه با گرفتن علامت عمودی کوچک روی محور افقی صورتی رنگ و چرخاندن آن طوری محور را بچرخانید که از روی مرکز جسم بگذرد و تمام مسیر حرکت جسم روی آن بیفتد:



۱– یادگرفتن هر کار و نرم‌افزاری نیاز به تمرین و مرور کافی دارد...
۲– معنای واژه‌هایی که استفاده می‌کنید را می‌دانید؟



حالا نوبت شناساندن جسم به نرم‌افزار است. یک Point Mass تعریف کنید و فیلم را به لحظه اول برگردانید. از طریق منوی Track و نام Point Mass ساخته شده گزینه AutoTracker را انتخاب کنید.

با این کار پنجره‌ای باز می‌شود. در این هنگام، بدون بستن پنجره، همزمان با نگه‌داشتن دکمه‌های Ctrl و Shift روی مرکز جسم کلیک کنید. با این کار یک دایره و یک مربع بزرگ دور جسم شکل می‌گیرد.

مفهوم این شکل‌ها این است: دایره بخشی از شکل است که نرم‌افزار در هر لحظه دنبال آن می‌گردد. این ناحیه باید ۲ خاصیت داشته‌باشد: یک، باید همیشه از محیط اطرافش قابل تشخیص باشد، دوم، باید تا جای ممکن کوچک باشد. هر چه مساحت این دایره بیشتر باشد، تحلیل فیلم برای نرم‌افزار سخت‌تر و طولانی‌تر خواهد بود. مربعِ بیرونِ شکل، ناحیه‌ای است که در لحظهٔ بعدی، نرم‌افزار، درون این کادر به جستجوی شکلِ درون دایره می‌پردازد. بنابراین اگر از نحوهٔ حرکت جسم آگاهید کادر را طوری تنظیم کنید که با کم‌ترین مساحت، جسم را در لحظات بعدی در خود جای دهد. جابه‌جایی این شکل‌ها با کشیدن آنها با ماوس و تغییر ابعادشان با مربعِ قرمزِ گوشهٔ کادر تغییر می‌کند. در این مثال روشی که به نظر مناسب می‌آید را دنبال می‌کنیم.

برای شروع تحلیل به صورت خودکار، در پنجرهٔ کوچک باز شده دکمه، را بزنید تا به صورت خودکار کل فیلم را تحلیل کند. در نهایت به جدولی شبیه جدول روبه‌رو می‌رسید:

x(cm)	t(s)
-۴,۱۷۳	۰,۰۳۳
-۴,۱۶۹	۰,۰۶۷
-۴,۱۶۵	۰,۱۰۰
-۴,۱۶۶	۰,۱۳۳
-۴,۱۶۵	۰,۱۶۷
-۴,۱۶۷	۰,۲۰۰
-۴,۱۵۴	۰,۲۳۴
-۴,۱۶۰	۰,۲۶۷
-۴,۱۶۴	۰,۳۰۰
-۴,۱۵۰	۰,۳۳۴
-۴,۱۴۳	۰,۳۶۷
-۴,۰۹۰	۰,۴۰۰
-۳,۹۹۶	۰,۴۳۴
-۳,۹۲۷	۰,۴۶۷
-۳,۸۵۰	۰,۵۰۱
-۳,۳۷۳	۰,۵۳۴

در این لحظه ۳۶۶ جفت عددِ مکان ـ زمان از یک فیلم ۱۲ ثانیه‌ای استخراج کرده‌اید که با آنها می‌توانید اندازه سرعت متوسط جسم را در بازه‌های مختلف حرکت محاسبه کنید. پس از حذف کردن اولین و آخرین فریم‌ها (که حرکت جسم به علت خروج از کادر و بودن در کنار دست به خوبی ثبت نشده بود) طبق جدول به دست آمده، می‌توان محاسبات زیر را انجام داد (چون فیلم گرفته‌شده ۲۴۰ فریم بر ثانیه است که به صورت ۳۰ فریم بر ثانیه پخش می‌شود، عدد زمان را باید تقسیم بر ۸ کرد):

اندازه سرعت متوسط کل حرکت:

$$\frac{\text{تغییرات مکان}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{۶۱/۴۳\text{cm}-(-۳/۲۶۸)\ \text{cm}}{\frac{۱۰/۶۷۷}{۸}\ \text{s}} = ۴۷/۹۷\ \text{cm/s}$$

● اندازه سرعت متوسط در دو ثانیه اول فیلم:

$$\frac{\text{تغییرات مکان}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{۸/۷۲۰\ \text{cm}-(-۳/۲۶۸)\ \text{cm}}{\frac{۲}{۸}\ \text{s}} = ۴۷/۹۷\ \text{cm/s}$$

● اندازه سرعت متوسط بین ثانیه ۶ و ۹ فیلم:

$$\frac{\text{تغییرات مکان}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{۵۱/۵۴\ \text{cm}-۳۳/۵۰\ \text{cm}}{\frac{۳}{۸}\ \text{s}} = ۴۸/۱\ \text{cm/s}$$

با در نظر گرفتن خطای احتمالی نرم‌افزار، هر ۳ عدد، تقریباً برابرند. همان‌طور که در صفحه ۴۵ کتاب درسی گفته شده، به این نوع از حرکت که در آن سرعت متوسط در تمام بازه‌های زمانی یکسان است، حرکت یکنواخت می‌گویند. هرچند واضح است که حرکت یکنواخت در طبیعت بسیار کم رخ می‌دهد اما بررسی همه‌جانبهٔ حرکت یکنواخت، نقش به‌سزایی در یادگیری مفاهیم اساسی حرکت‌شناسی دارد.

تمرین

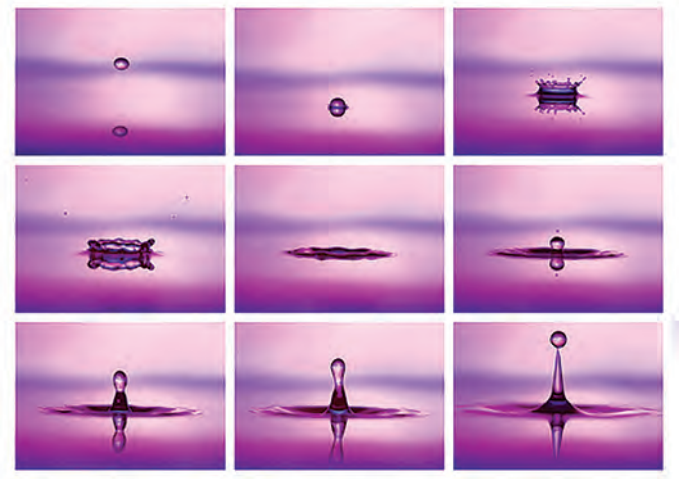
دو موتورسـوار را در نظـر بگیریـد کـه در امتـداد خـط راسـت و در یـک جهـت حرکـت می‌کننـد. اگـر فاصلـهٔ ایـن دو موتـور سـوار از یکدیگـر ۵۰۰ متـر باشـد:

- الف) تصویری از موقعیت موتورسوارها بکشید و مبدأ و جهت حرکت را روی آن مشخص کنید.

اگـر موتورسـوار اول (کـه جلوتـر اسـت) در ۵ ثانیـه آخـر حرکت خـود ۵۰۰ متـر و موتورسـوار دوم در ۲ ثانیه آخر حرکـت خـود ۲۵۰متـر مسـافت طـی کرده‌باشـد. با فـرض یکنواخت بـودن حرکـت موتورها:

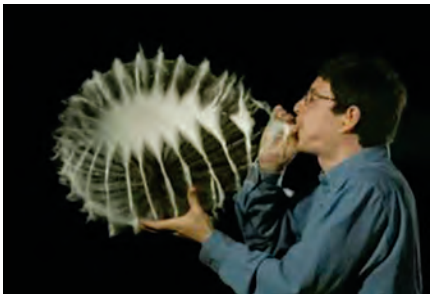
- ب) تندی متوسط موتورها را محاسبه کنید و مسیر حرکت آنها را روی شکل بکشید.
- پ) موتورسوار اول پس از ۳ ثانیه چقدر جابه‌جا می‌شود؟ موتورسوار دوم چطور؟
- ت) مکان موتورسوار اول و دوم نسبت به مبدأ را پس از ۵ ثانیه مشخص کنید.
- ث) فاصله این ۲ موتورسوار پس از ۵ ثانیه چقدر خواهدبود؟
- ج) این ۲ موتورسوار چندثانیه پس از آغاز حرکت و در چه مکانی به هم می‌رسند؟
- چ) تا لحظهٔ به‌هم رسیدن موتورها هر کدام چه مسافتی را طی می‌کنند؟
- ح) بـا فـرض ایـن کـه موتورسـوار اول عقب‌تـر باشـد، قسـمت‌های ج و چ را بـرای زمـان و مکانـی کـه دو موتورسـوار از کنـار هـم شـروع بـه حرکـت کرده‌بودنـد حـل کنیـد.
- خ) اگر دو موتورسوار به سمت هم حرکت کنند، به قسمت‌های الف تا چ پاسخ دهید.

برخـی حرکت‌هـا بـا سـرعت بسـیار زیـادی و در کسـری از ثانیـه صـورت می‌گیرنـد، بنابرایـن تعییـن مکان آنهـا در حـد لحظـه عمـلاً ناممکـن اسـت. برای بررسـی جزئیـات و زیبایی‌هـای ایـن پدیده‌ها چـاره‌ای جز فیلم گرفتـن وجـود نـدارد. چنـد مثـال از ایـن پدیده‌هـا را در ادامـه مشـاهده می‌کنید.



برخورد قطره با سطح آب

ترکیدن حباب



ترکیدن بادکنک

ضربه به توپ

فعالیت‌های عملی

فیلم «گلوله»، لحظهٔ شلیک یک گلوله از تفنگ را نشان می‌دهد. فیلم «ماشین کنترلی» هم یک ماشین کنترلی را نمایش می‌دهد. این دو فیلم را نیز مانند قبل تحلیل کنید. آیا حرکتشان یکنواخت است؟ سرعت متوسطشان چقدر است؟

فیلم «فنر» را باز کنید و قسمتی از حرکت فنر را با استفاده از نرم‌افزار تحلیل کنید. سرعت متوسط آن را در فاصله‌های زمانی مختلف پیدا کنید. آیا حرکت فنر یکنواخت است؟ آیا می‌توانید بازه‌های زمانی را طوری انتخاب کنید که نشود تشخیص داد که حرکت غیریکنواخت است؟

یک ابزار مهم دیگر

۲ نمونـه از حرکت‌هـای غیریکنواختِ جالـب کـه بـه راحتـی قابـل مشـاهده هسـتند و شـباهت‌های زیـادی به‌هـم دارنـد، حرکـت فنـر (بـا اصطـکاک) و حرکـت تـوپ پینگ‌پونگـی کـه بـه زمیـن می‌خـورد هسـتند. پـس از مشـاهدهٔ ایـن حرکت‌هـا در کلاس، بـه جـدول زیـر مراجعـه کنیـد و سـعی کنیـد بـا توجـه بـه مکان‌هـای ثبت‌شـده، بفهمیـد هـر جـدول مربـوط بـه کدام‌یـک از ایـن دو حرکـت اسـت؟ البتـه بـه ایـن نکتـه توجـه کنیـد: اعـداد بـه نحـوی مقیـاس شـده‌اند کـه نشـود از روی بـازهٔ آنهـا نـوع حرکـت را تشـخیص داد.

مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم
۰,۰۹۷	۳,۷۵	۷۵	۲۸,۲۷۹	۲,۵	۵۰	۰,۴۶۸	۱,۲۵	۲۵	۲۸,۱۵	۰	۰
۰,۱۲۵	۳,۸	۷۶	۲۸,۲۸۳	۲,۵۵	۵۱	۰,۲۴۶	۱,۳	۲۶	۲۸,۱۳۹	۰,۰۵	۱
۰,۱۰۲	۳,۸۵	۷۷	۲۸,۱۵	۲,۶	۵۲	۰,۲۰۴	۱,۳۵	۲۷	۲۸,۱۴۳	۰,۱	۲
۰,۲۶۳	۳,۹	۷۸	۲۸,۱۰۱	۲,۶۵	۵۳	۰,۲۸۸	۱,۴	۲۸	۲۸,۰۱۷	۰,۱۵	۳
۰,۷۷۶	۳,۹۵	۷۹	۲۷,۷۴۹	۲,۷	۵۴	۰,۷۴۷	۱,۴۵	۲۹	۲۷,۷۰۳	۰,۲	۴
۱,۶۱۳	۴	۸۰	۲۷,۰۴۹	۲,۷۵	۵۵	۱,۴۹۱	۱,۵	۳۰	۲۷,۰۵۸	۰,۲۵	۵
۲,۵۱۲	۴,۰۵	۸۱	۲۶,۰۷۵	۲,۸	۵۶	۲,۴۰۲	۱,۵۵	۳۱	۲۶,۱۱	۰,۳	۶
۳,۷۶۵	۴,۱	۸۲	۲۵,۰۴۲	۲,۸۵	۵۷	۳,۴۴۵	۱,۶	۳۲	۲۵,۰۶۶	۰,۳۵	۷
۴,۸۰۲	۴,۱۵	۸۳	۲۳,۴۵۷	۲,۹	۵۸	۴,۸۸۵	۱,۶۵	۳۳	۲۳,۹۲۷	۰,۴	۸
۶,۳۳۳	۴,۲	۸۴	۲۲,۰۹۷	۲,۹۵	۵۹	۶,۱۷۷	۱,۷	۳۴	۲۲,۲۹۳	۰,۴۵	۹
۸,۰۰۴	۴,۲۵	۸۵	۲۰,۶۴۸	۳	۶۰	۷,۷۴۴	۱,۷۵	۳۵	۲۱,۰۶۹	۰,۵	۱۰
۹,۸۶۷	۴,۳	۸۶	۱۸,۹۵	۳,۰۵	۶۱	۹,۵۲۹	۱,۸	۳۶	۱۹,۲۱۴	۰,۵۵	۱۱
۱۱,۳۲۵	۴,۳۵	۸۷	۱۷,۱۸۱	۳,۱	۶۲	۱۱,۱۸۱	۱,۸۵	۳۷	۱۷,۴۶۳	۰,۶	۱۲
۱۳,۱۳۳	۴,۴	۸۸	۱۵,۳۹۱	۳,۱۵	۶۳	۱۳,۱۰۵	۱,۹	۳۸	۱۶,۰۰۱	۰,۶۵	۱۳
۱۵,۰۶۳	۴,۴۵	۸۹	۱۳,۴۵۲	۳,۲	۶۴	۱۴,۸۳۵	۱,۹۵	۳۹	۱۴,۱۸	۰,۷	۱۴
۱۶,۸۹۹	۴,۵	۹۰	۱۱,۶۷۴	۳,۲۵	۶۵	۱۶,۵۴۱	۲	۴۰	۱۲,۲۵۳	۰,۷۵	۱۵
۱۸,۶۵۲	۴,۵۵	۹۱	۱۰,۱۷۲	۳,۳	۶۶	۱۸,۲۷۹	۲,۰۵	۴۱	۱۰,۴۶۸	۰,۸	۱۶
۲۰,۱۹۱	۴,۶	۹۲	۸,۴۳۲	۳,۳۵	۶۷	۱۹,۸۹۲	۲,۱	۴۲	۹	۰,۸۵	۱۷
۲۱,۹۰۸	۴,۶۵	۹۳	۶,۸۹۷	۳,۴	۶۸	۲۱,۵۲	۲,۱۵	۴۳	۷,۳۶۱	۰,۹	۱۸
۲۳,۱۳۳	۴,۷	۹۴	۵,۲۹۱	۳,۴۵	۶۹	۲۳,۰۹۱	۲,۲	۴۴	۵,۸۷۸	۰,۹۵	۱۹
۲۴,۵۶	۴,۷۵	۹۵	۴,۱۳۳	۳,۵	۷۰	۲۴,۳۴۲	۲,۲۵	۴۵	۴,۴۸۴	۱	۲۰
۲۵,۶۴۴	۴,۸	۹۶	۳,۰۶۱	۳,۵۵	۷۱	۲۵,۴۳۶	۲,۳	۴۶	۳,۲۷۳	۱,۰۵	۲۱
۲۶,۴۸۲	۴,۸۵	۹۷	۱,۹۳۳	۳,۶	۷۲	۲۶,۵۰۳	۲,۳۵	۴۷	۲,۲۶۲	۱,۱	۲۲
۲۷,۱۹۶	۴,۹	۹۸	۱,۱۶۷	۳,۶۵	۷۳	۲۷,۴۳۸	۲,۴	۴۸	۱,۴۴۴	۱,۱۵	۲۳
۲۷,۵۷۱	۴,۹۵	۹۹	۰,۳۹۴	۳,۷	۷۴	۲۸,۰۹۲	۲,۴۵	۴۹	۰,۹۷۵	۱,۲	۲۴

جدول ۱ - «مکان - زمان» حرکت اول

مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم
۱۳,۳۹۱	۳,۷۵	۷۵	۳۴,۸۰۴	۲,۵	۵۰	۱,۸۷۶	۱,۲۵	۲۵	۳۴,۹۵۱	۰	۰
۱۱,۲۸۴	۳,۸	۷۶	۳۴,۹۵۱	۲,۵۵	۵۱	۱,۸۷۶	۱,۳	۲۶	۳۴,۸۰۴	۰,۰۵	۱
۹,۰۷۹	۳,۸۵	۷۷	۳۵	۲,۶	۵۲	۴,۳۷۵	۱,۳۵	۲۷	۳۴,۵۵۹	۰,۱	۲
۶,۷۷۶	۳,۹	۷۸	۳۴,۹۵۱	۲,۶۵	۵۳	۶,۷۷۶	۱,۴	۲۸	۳۴,۲۱۶	۰,۱۵	۳
۴,۳۷۵	۳,۹۵	۷۹	۳۴,۸۰۴	۲,۷	۵۴	۹,۰۷۹	۱,۴۵	۲۹	۳۳,۷۷۵	۰,۲	۴
۱,۸۷۶	۴	۸۰	۳۴,۵۵۹	۲,۷۵	۵۵	۱۱,۲۸۴	۱,۵	۳۰	۳۳,۲۳۶	۰,۲۵	۵
۱,۸۷۶	۴,۰۵	۸۱	۳۴,۲۱۶	۲,۸	۵۶	۱۳,۳۹۱	۱,۵۵	۳۱	۳۲,۵۹۹	۰,۳	۶
۴,۳۷۵	۴,۱	۸۲	۳۳,۷۷۵	۲,۸۵	۵۷	۱۵,۴	۱,۶	۳۲	۳۱,۸۶۴	۰,۳۵	۷
۶,۷۷۶	۴,۱۵	۸۳	۳۳,۲۳۶	۲,۹	۵۸	۱۷,۳۱۱	۱,۶۵	۳۳	۳۱,۰۳۱	۰,۴	۸
۹,۰۷۹	۴,۲	۸۴	۳۲,۵۹۹	۲,۹۵	۵۹	۱۹,۱۲۴	۱,۷	۳۴	۳۰,۱	۰,۴۵	۹
۱۱,۲۸۴	۴,۲۵	۸۵	۳۱,۸۶۴	۳	۶۰	۲۰,۸۳۹	۱,۷۵	۳۵	۲۹,۰۷۱	۰,۵	۱۰
۱۳,۳۹۱	۴,۳	۸۶	۳۱,۰۳۱	۳,۰۵	۶۱	۲۲,۴۵۶	۱,۸	۳۶	۲۷,۹۴۴	۰,۵۵	۱۱
۱۵,۴	۴,۳۵	۸۷	۳۰,۱	۳,۱	۶۲	۲۳,۹۷۵	۱,۸۵	۳۷	۲۶,۷۱۹	۰,۶	۱۲
۱۷,۳۱۱	۴,۴	۸۸	۲۹,۰۷۱	۳,۱۵	۶۳	۲۵,۳۹۶	۱,۹	۳۸	۲۵,۳۹۶	۰,۶۵	۱۳
۱۹,۱۲۴	۴,۴۵	۸۹	۲۷,۹۴۴	۳,۲	۶۴	۲۶,۷۱۹	۱,۹۵	۳۹	۲۳,۹۷۵	۰,۷	۱۴
۲۰,۸۳۹	۴,۵	۹۰	۲۶,۷۱۹	۳,۲۵	۶۵	۲۷,۹۴۴	۲	۴۰	۲۲,۴۵۶	۰,۷۵	۱۵
۲۲,۴۵۶	۴,۵۵	۹۱	۲۵,۳۹۶	۳,۳	۶۶	۲۹,۰۷۱	۲,۰۵	۴۱	۲۰,۸۳۹	۰,۸	۱۶
۲۳,۹۷۵	۴,۶	۹۲	۲۳,۹۷۵	۳,۳۵	۶۷	۳۰,۱	۲,۱	۴۲	۱۹,۱۲۴	۰,۸۵	۱۷
۲۵,۳۹۶	۴,۶۵	۹۳	۲۲,۴۵۶	۳,۴	۶۸	۳۱,۰۳۱	۲,۱۵	۴۳	۱۷,۳۱۱	۰,۹	۱۸
۲۶,۷۱۹	۴,۷	۹۴	۲۰,۸۳۹	۳,۴۵	۶۹	۳۱,۸۶۴	۲,۲	۴۴	۱۵,۴	۰,۹۵	۱۹
۲۷,۹۴۴	۴,۷۵	۹۵	۱۹,۱۲۴	۳,۵	۷۰	۳۲,۵۹۹	۲,۲۵	۴۵	۱۳,۳۹۱	۱	۲۰
۲۹,۰۷۱	۴,۸	۹۶	۱۷,۳۱۱	۳,۵۵	۷۱	۳۳,۲۳۶	۲,۳	۴۶	۱۱,۲۸۴	۱,۰۵	۲۱
۳۰,۱	۴,۸۵	۹۷	۱۵,۴	۳,۶	۷۲	۳۳,۷۷۵	۲,۳۵	۴۷	۹,۰۷۹	۱,۱	۲۲
۳۱,۰۳۱	۴,۹	۹۸	۳۴,۸۰۴	۳,۶۵	۷۳	۳۴,۲۱۶	۲,۴	۴۸	۶,۷۷۶	۱,۱۵	۲۳
۳۱,۸۶۴	۴,۹۵	۹۹	۳۴,۹۵۱	۳,۷	۷۴	۳۴,۵۵۹	۲,۴۵	۴۹	۴,۳۷۵	۱,۲	۲۴

جدول ۲ - «مکان - زمان» حرکت دوم

احتمالاً با انجام‌دادن «فعالیت‌های عملی قبل» متوجه شده‌اید که هرچند داده‌های زیاد می‌تواند دقت بررسی‌های جزئی را افزایش دهند، اما استخراج اطلاعات کلی و بررسی عمومی، حرکت را تبدیل به کاری دشوار و زمان‌بر می‌کند. دانشمندان برای رفع نقایص این روش‌ها از ابزار قدرتمندی به نام نمودار استفاده می‌کنند. نمودارها این امکان را به محققان می‌دهند که با حفظ جزئیات، بتوانند در یک نگاهِ گذرا رفتار جسم را بررسی و تفسیر کنند.

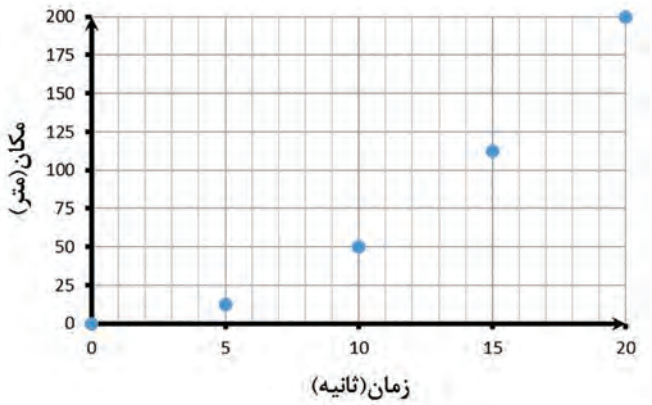
ابزاری برای بررسی حرکت با یک نگاه!

در فیزیک با اندازه‌گیری کمیت‌ها و ارتباط بین آنها سر و کار داریم. برای بررسی حرکت نیز به دو کمیت مکان و زمان و ارتباط بین آنها احتیاج داریم. تا این‌جا مشاهده کردید، جدول یکی از ابزارهایی است که با بیان مقدار متغیرها به صورت فهرست وار به درک ارتباط بین آنها کمک می‌کند. اما همان‌طور که در مثال قبل دیدید، به‌ویژه، وقتی تعداد داده‌ها زیاد باشد، استفاده از جدول برای فهمیدن نوع حرکت و کسب اطلاعات کلی از آن کار چندان راحتی نیست.

ابزاری که به درک بهترِ رابطهٔ کمیت‌ها کمک می‌کند، نمودار است. نمودار، مطالب زیادی را دربارهٔ چگونگی ارتباط بین متغیرها بیان می‌کند. در بحث حرکت، احتیاج به نموداری داریم که رابطهٔ بین دو متغیرِ مکان و زمان را به خوبی نشان دهد، برای این منظور نمودار دکارتیِ دوبعدی مناسب است. در این نمودار که متداول‌ترین نوع نمودار در فیزیک است، مقادیر یکی از متغیرها روی محور عمودی(محور y) و مقادیر متغیر دیگر روی محور افقی(محور x) نمایش داده می‌شود. در نمودار مکان – زمان، مکان روی محور عمودی و زمان روی محور افقی نمایش داده می‌شود.

به عنوان مثال، مقادیر مکان – زمانِ مربوط به یک حرکت را، در جدول زیر، در نظر بگیرید. هر مکان و زمان در جدول، یک نقطه را در صفحه مختصات مشخص می‌کند. با رسم تک تک نقاط روی این صفحه، به نموداری دست پیدا می‌کنیم که می‌توان از شکل آن اطلاعات مفیدی را کسب کرد.

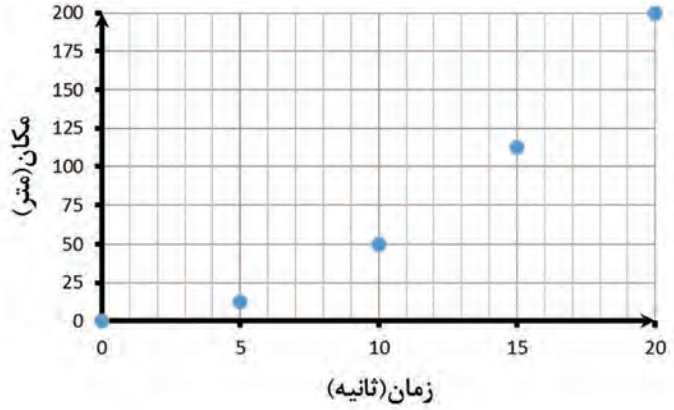
مکان(متر)	زمان(ثانیه)
۰	۰
۱۲٫۵	۵
۵۰	۱۰
۱۱۲٫۵	۱۵
۲۰۰	۲۰

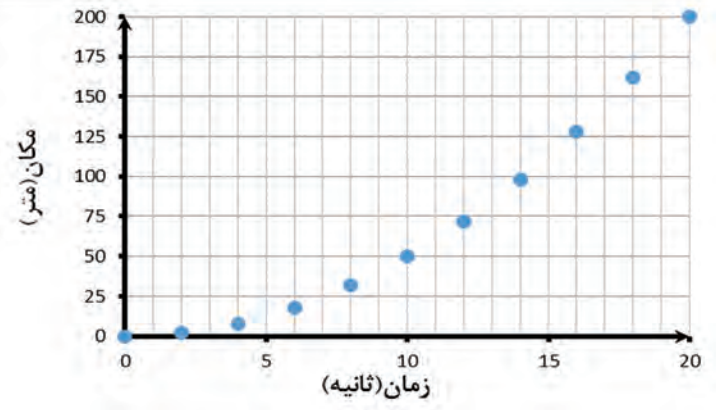


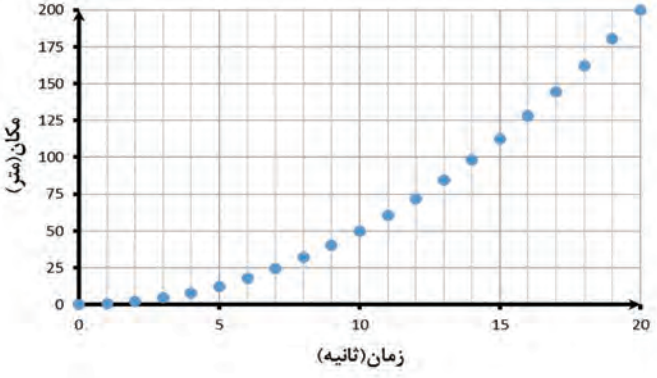
نکاتی درباره رسم نمودار

- بهتر است محل تلاقی دو محور، نقطه صفر مکان و صفر زمان باشد.
- کنار محورها، اسم یا نماد کمیت به همراه یکای آن نوشته‌شود.
- جهت هر پیکان، جهت مثبت، جهت افزایش کمیت مورد نظر را نشان می‌دهد.

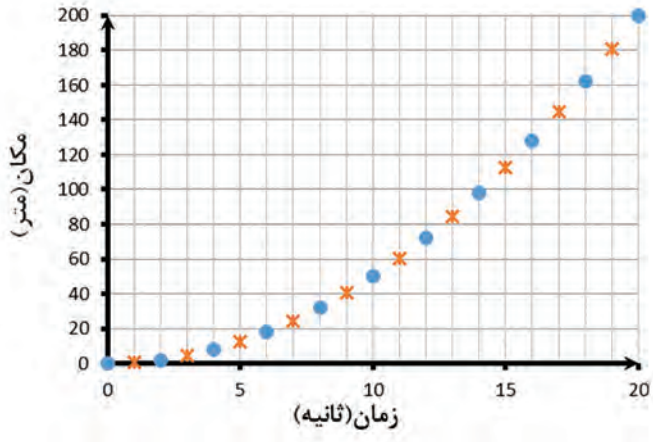
هرقـدر تعـداد نقـاط مربـوط بـه حرکـت بیشـتر باشـد، نمـوداری کـه به‌دسـت می‌آیـد نیـز دقیق‌تـر اسـت. سـه نمـودار زیـر، یـک حرکـت یکسـان را نمایـش می‌دهنـد بـا ایـن تفـاوت کـه در نمـودار اول، هـر ۵ ثانیـه حرکـت متحـرک ثبـت شـده، در نمـودار دوم هـر ۲ ثانیـه و در نمـودار سـوم در هـر ثانیـه حرکـت متحـرک ثبـت شده‌اسـت.







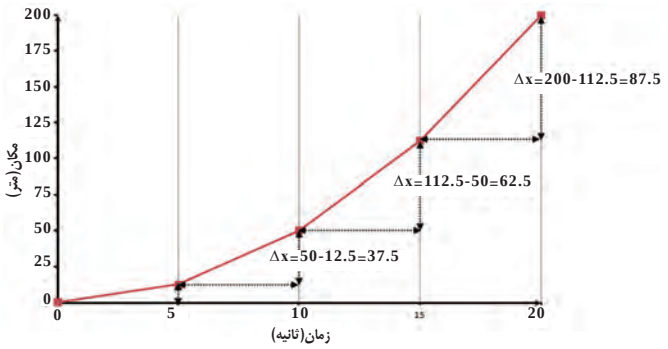
هم‌چنین در صورتی که تعداد قابل قبولی نقطه (داده) از یک حرکت داشته‌باشیم، با استفاده از نمودار می‌توان محل نقاط میانی (x) را بهتر تخمین زد.



استخراج اطلاعات از نمودار

تا اینجا یاد گرفتیم چگونه داده‌های جدول مکان - زمان را روی نمودار ببریم. ولی چگونه می‌توانیم از شکل این نمودار اطلاعاتی درباره حرکت کسب‌کنیم؟ به عنوان مثال همان جدول و نمودار قبلی را در نظر بگیرید. در این نمودار، هر دو نقطهٔ متوالی را با یک خط فرضی به هم وصل می‌کنیم. مشاهده می‌شود که شیب این خطوط با گذشت زمان بیشتر شده‌است.

مکان(متر)	زمان(ثانیه)
۰	۰
۱۲,۵	۵
۵۰	۱۰
۱۱۲,۵	۱۵
۲۰۰	۲۰



اگر به جدول زمان - مکان مراجعه کنید، می‌بینید که در ۵ ثانیه اول حرکت، متحرک ۱۲,۵ متر جابه‌جا شده‌است، در ۵ ثانیه دوم ۳۷,۵ متر، در ۵ ثانیه سوم ۶۲,۵ متر و در ۵ ثانیه آخر ۸۷,۵ متر جابه‌جا شده‌است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌کنید، هر چقدر مقدار جابه‌جایی در یک زمان مشخص بیشتر شده، شیب خط بیشتر می‌شود. یا به عبارت دیگر هر چقدر شیب خط بیشتر باشد، تندی متوسط متحرک بیشتر بوده‌است.

همان‌طور که در درس ریاضی خوانده‌اید، شیب خط بین دو نقطه به این صورت تعریف می‌شود:

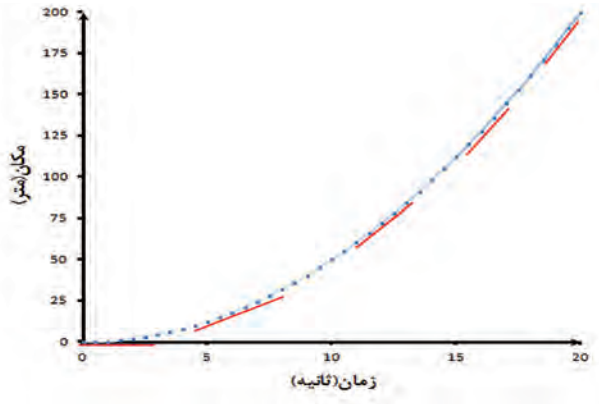
$$\text{شیب} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

و در نمودار مکان – زمان، Δy همان جابه‌جایی و Δx مدت زمان است. بنابراین شیب خط وصل‌کنندهٔ دو نقطه در نمودار مکان – زمان، برابر است با:

$$\text{شیب} = \frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{زمان}}$$

این همان تعریف سرعت متوسط است که در صفحه ۳۷ کتاب درسی با آن آشنا شدید. پس شیبِ خطِ وصل‌کنندهٔ هر دو نقطه، سرعت متوسط حرکت را در آن بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. بنابراین بدون محاسبه سرعت متوسط و تنها با نگاه کردن به شیب نمودار مکان – زمان می‌توان متوجه شد که سرعت متوسط جسم چگونه تغییر کرده است و در کدام بازه بیشترین و کمترین سرعت را داشته است.

حال اگر تعداد داده‌ها و نقاط به قدری زیاد باشد که نمودار تبدیل به یک منحنی شود، دو نقطهٔ پشت سر هم، بسیار به یک‌دیگر نزدیک می‌شوند و خطی که آنها را به هم وصل می‌کند، خط مماس بر منحنی است. بنابراین، شیب خط مماس بر منحنی در هر نقطه، سرعت متحرک در آن نقطه یا همان سرعت لحظه‌ای، را نشان می‌دهد. پس، به صورت چشمی، می‌توان از شکل منحنی مکان – زمان متوجه شد که سرعت لحظه‌ای متحرک چگونه تغییر می‌کند، در کدام لحظه بیشترین و کمترین سرعت را داشته است.



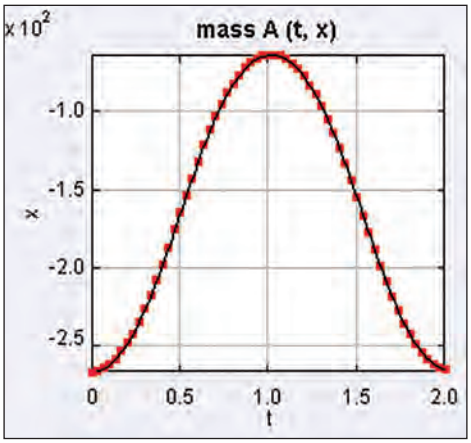
در حرکت مورد بحث با تعداد نقاط قابل توجه و رسم نمودار مکان – زمان به یک منحنی مکان – زمان مانند نمودار فوق می‌رسیم. طبق تعریف، شیبِ خطوطِ قرمز در هر نقطه، سرعت لحظه‌ای در همان نقطه را نشان می‌دهد. مثلاً در زمان صفر که متحرک در مبدأ حرکت بوده، سرعت لحظه‌ای صفر بوده و هر چقدر زمان گذشته، سرعت لحظه‌ای بیشتر شده‌است.

؟ به نظر شما این نمودار مربوط به چه حرکتی می‌تواند باشد؟!

؟ تفاوت تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای چیست؟ در چه صورت با هم برابرند؟

رسم نمودار با Tracker

نرم‌افزار Tracker علاوه بر استخراج داده‌ها، می‌تواند نمودار نیز بکشد. به این منظور پس از انجام تحلیل فیلم و ساخته‌شدن جدول داده‌ها، روی آن راست کلیک کنید و گزینه Analysis را انتخاب کنید. با این‌کار ابزار تحلیل داده‌ها و کشیدن نمودار باز می‌شود. در این بخش با کمک گزینه‌های موجود می‌توانید نمودار دلخواه‌تان را بکشید و آن را مورد تحلیل و بررسی قرار دهید. هم‌چنین نمودار کوچکی نیز در گوشه بالا سمت راست کشیده می‌شود که البته امکانات کمتری دارد اما بسیاری از نیازهای ما را برطرف می‌کند.



با کلیک کردن روی برچسب محورها (در شکل بالا x و t) فهرستی از کمیت‌هایی باز می‌شود که می‌توان نمودار آنها را کشید. از بین تمام این کمیت‌ها ما با کمیت‌های زیر کار داریم:

t: زمان؛ x: مکان‌های ثبت شده در ستون x جدول؛ y: مکان‌های ثبت شده در ستون y جدول؛ v_x و v_y: به ترتیب سرعت مربوط به مکان‌های ستون‌های x و y؛ a_x و a_y: به ترتیب شتاب مربوط به مکان‌های ستون‌های x و y.

فعالیت‌های عملی

از حرکت یک جرم و فنر و افتادن یک توپ پینگ‌پونگ روی زمین فیلم بگیرید و با کمک نرم‌افزار Tracker نمودار مکان – زمان و سرعت – زمان آنها را بکشید و راجع به آنها با دوستتان بحث کنید.

دربارهٔ این‌که تغییر مبدأ و جهت مکان چه تأثیری در نمودار مکان – زمان و سرعت – زمان می‌گذارد بحث کنید. سپس در نرم‌افزار چندبار مبدأ مکان را جابه‌جا کنید و جهت مثبت آن را تغییر دهید و نتیجه را در نمودار مکان – زمان و سرعت – زمان ببینید.

به‌طور کلی، تغییر دادن مبدأ مکان هیچ تأثیری بر نمودار سرعت – زمان ندارد و شکل کلی نمودار مکان – زمان هم تغییر نمی‌کند و تنها نسبت به محور افقی بالا و پایین می‌رود. اما عوض کردن جهت، باعث وارونه‌شدن هر دو نمودار حول محور افقی می‌شود.

فعالیت‌های عملی

؟ «آزمایش کنید» صفحه ۳۹ کتاب درسی را انجام دهید و از حرکت بادکنک یک فیلم مناسب تهیه کنید. سپس با استفاده از نرم افزار Tracker نمودار مکان – زمان و سرعت – زمان را رسم کنید. حرکت بادکنک را تحلیل کنید. آیا حرکت بادکنک، یک حرکت یکنواخت است؟ سرعت آن چگونه تغییر می‌کند؟

حرکت غیر یکنواخت

همان‌طور که دیدید شکل‌های بسیار متفاوتی از حرکت غیر یکنواخت در طبیعت وجود دارد که تا الان چند نمونه از آنها را دیده‌ایم. یکی دیگر از حرکت‌های معروف در علم فیزیک، حرکت جسم روی سطح شیب‌دار است.

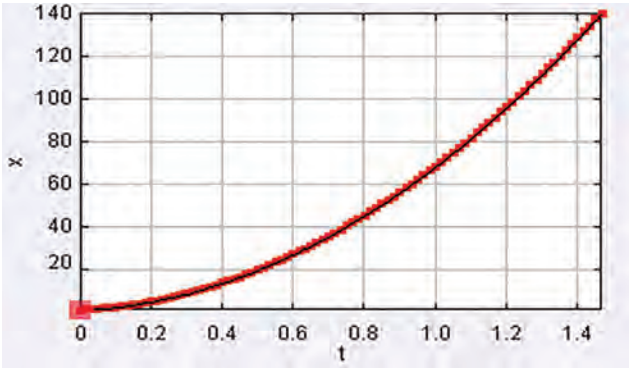
فعالیت‌های عملی

؟ فیلم «سطح شیب‌دار» را از پوشه فیلم‌های ضمیمه باز کنید. البته توصیه می‌شود خودتان با یک دوربین فیلم‌برداری یا گوشی تلفن‌همراه، از یک ماشین اسباب‌بازی با چرخ‌های آزاد یا توپ یا تیله‌ای که روی یک سطح شیب‌دار کوچک قل می‌خورد فیلم بگیرید و همان را تحلیل کنید. چرا که با تجربه این کار، بعدها خودتان می‌توانید مانند یک دانشمند پدیده‌های اطراف خودتان را تحلیل کنید.

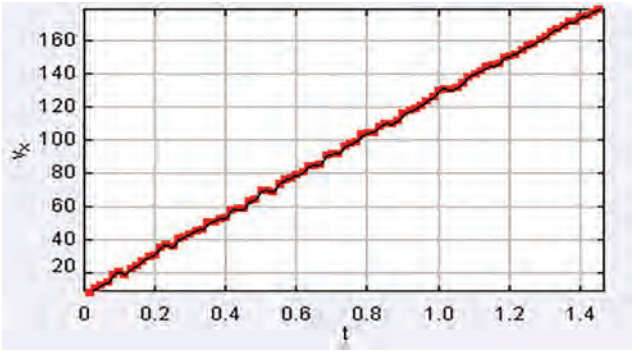
- هنگام فیلم‌گرفتن دقت کنید که دوربین تکان نخورد و نسبت به صفحه حرکت جسم مستقیم باشد (فاصله جسم تا دوربین خیلی تغییر نکند) و ترجیحاً یک خط‌کش یا وسیله مشابه در کادر باشد تا بتوان از آن به‌عنوان مقیاس استفاده کرد.

؟ فیلم گرفته‌شده را با نرم‌افزار باز کنید، جهت محور را موازی سطح شیب دار قرار دهید و داده‌های حرکت آن را استخراج کنید. ابتدا با دقت به نمودارهای مکان – زمان و سرعت – زمان نگاه کنید و سعی کنید آنها را توجیه کنید. سپس با استفاده از جدول مکان – زمان سعی کنید داده‌های سرعت را محاسبه کنید (توصیه می‌شود از نرم‌افزار Microsoft Excel استفاده کنید). سپس با استفاده از رابطهٔ شتاب متوسط در صفحه ۴۱ کتاب درسی، شتاب متوسط حرکت جسم را در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه کنید.

شکل نمودارهای مکان – زمان و سرعت – زمان مانند زیر خواهدبود (توجه کنید که نوسانات کوچک نمودار سرعت – زمان به خاطر خطاست و درواقع این نمودار بیشتر شبیه خط صاف خواهدبود):



مکان–زمان ماشین روی سطح شیب دار



سرعت–زمان حرکت روی سطح شیب دار

به این نوع از حرکت که در آن شتاب متوسط در بازه‌های زمانی مختلف ثابت می‌ماند حرکت با شتاب ثابت می‌گویند. بسیاری از حرکت‌های موجود در طبیعت اطراف ما از نوع شتاب ثابت می‌باشند. خوب است به این نکته نیز توجه کنید که خطای تحلیل با Tracker در محاسبهٔ شتاب بسیار زیاد می‌شود و بهتر است محاسبات را دستی انجام‌دهید.

فعالیت‌های عملی

؟ با دوستانتان دربارهٔ این سؤال بحث کنید: اگر به جای رها کردن ماشین از بالای سطح شیب‌دار آن را از پایین به سمت بالا هل بدهیم و اجازه دهیم تا دوباره پایین بیاید، جهت و مقدار شتاب چگونه خواهد بود؟ (بهتر است چندبار این کار را امتحان کنید)

؟ حالا از این کار فیلم بگیرید و با Tracker آن را تحلیل کنید و با استدلال‌های خود مقایسه کنید. توجه کنید که جهت مثبت محور مکان، رو به بالای سطح شیب‌دار باشد.

بـار دیگـر بـه نمودارهـای مـکان – زمـان، سـرعت – زمـان و شـتاب – زمـان حرکـت قبـل نـگاه کنیـد. در نیمـه اول حرکـت شـتاب منفـی و سـرعت مثبـت اسـت بـه ایـن نـوع حرکـت کـه در آن علامـت شـتاب و سـرعت مخالـف هم‌انـد، حرکـت **کندشـــونده** می‌گوینـد. شـکل نمـودار مـکان – زمـان در ایـن قسـمت را بـه خاطـر بسـپارید. در یـک نقطـه، درسـت در بالاتریـن نقطـه‌ای کـه تـوپ بـه آن می‌رسـد، سـرعت صفـر می‌شـود. دقـت کنیـد کـه در ایـن نقطـه، شـیب نمـودار مـکان – زمـان نیـز صفـر می‌شـود. بـه نیمـهٔ دوم حرکـت، بعـد از این‌کـه سـرعت منفـی و هم‌علامـت شـتاب می‌شـود، حرکـت **تندشـــونده** می‌گوینـد. شـکل نمـودار مـکان – زمـان در ایـن نیمـه را هـم بـه خاطـر بسـپارید. آیـا می‌توانیـد شـکل نمـودار مـکان – زمـان را در ایـن حالت‌هـا توجیـه کنیـد؟

حـالا جهـت مثبـت مـکان را تغییـر دهیـد و بـه نمودارهـا نـگاه کنیـد. بـا تغییـر جهـت، نـوع حرکت‌هـا (تندشـونده، کندشـونده، یکنواخـت، شـتاب ثابـت و...) تغییـری نمی‌کنـد و فقـط علامت‌هـا تغییـر می‌کننـد. شـکل نمـودار مـکان – زمـان تندشـونده و کندشـونده را ایـن بـار در حالـت شـتاب مثبـت بـه خاطـر بسـپارید.

فعالیت‌های عملی

? ماشین اسباب‌بازی در فیلم «ترمز ماشین» را ببینید و سعی کنید نمودارهای حرکت آن را به‌صورت تخمینی بکشید. آیا حرکت ماشین بعد از ترمزگرفتن، شتاب‌ثابت است؟ کندشونده است یا تند شونده؟ آن را با نرم‌افزار تحلیل کنید.

تمرین

- ماشـینی از حالـت سـکون و بـا شـتاب ثابـت ۲ متر بـر مجـذور ثانیه در امتـداد خط راسـت حرکتـش را آغاز می‌کنـد. پـس از ۵ ثانیـه ۲۵ متـر را طـی می‌کنـد و بـه مـدت ۱۰ ثانیـه بـا سـرعت ثابـت بـه حرکت خـود ادامه می‌دهـد. سـرانجام بـا شـتاب منفـی ۱ متر بر مجـذور ثانیه ترمز می‌گیـرد تا در فاصلـه ۱۷۵ متری از مبـدأ کاملاً متوقـف شـود. نمودارهـای مـکان – زمـان، سـرعت – زمان و شـتاب – زمـان آن را بـه کمک معلم‌تان بکشـید.
- پیشـنهاد می‌شـود ابتـدا از شـتاب شـروع کنیـد و سـپس بـه سـرعت و مـکان برسـید. ضمنـاً قبـل از رسـم نمـودار، سـعی کنیـد تمـام اطلاعـات (سـرعت، مـکان وزمـان) نقـاط مهـم را کـه در آنهـا نـوع حرکـت تغییـر می‌کنـد به‌دسـت بیاوریـد.

سقوط اجسام

یکـی از معروف‌تریـن و مهم‌تریـن حرکت‌هـا در فیزیـک، حرکـت سـقوط آزاد تحـت اثـر نیـروی جاذبـهٔ زمیـن اسـت. بسـیاری از جرقه‌هـای اساسـی در علـم فیزیـک از مشـاهدهٔ ایـن پدیـده شـکل گرفتنـد.

فعالیت‌های عملی

؟ یک توپ کوچک (ترجیحاً فلزی) را از یک ارتفاع مشخص رها کنید و از سقوط آن فیلم بگیرید. سپس حرکت آن را با Tracker مورد بررسی قرار دهید. نوع حرکت توپ از چه نوعی‌است؟ شتاب متوسط آن چقدر است؟

؟ آیا اگر توپ را با سرعت اولیه (رو به بالا یا پایین) پرتاب کنید تغییری در پاسخ این پرسش‌ها به وجود می‌آید؟ اگر جنس و وزن آن عوض شود (مثلاً تیله‌رنگی شیشه‌ای به جای گوی فلزی) چه؟

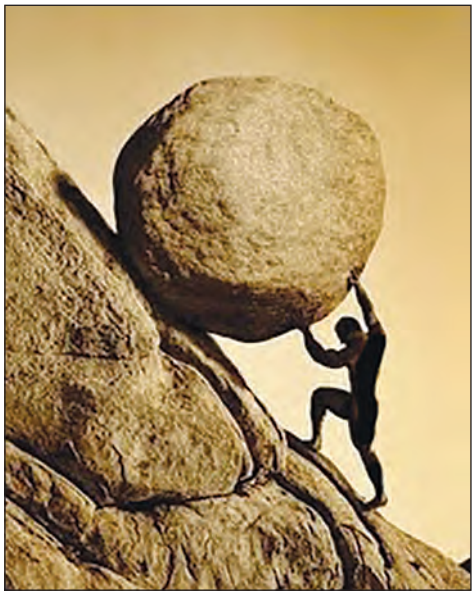
همان‌طور که مشـاهده کردید شـتاب اجسـام در حال سـقوط آزاد ثابت و همواره (برای همه اجسـام) عددی نزدیـک $10\,m/s^2$ اسـت. طبـق آزمایش‌هـا و مشـاهدات دقیـق دانشـمندان (بـا ابزارهایـی بـه مراتـب دقیق‌تر از یـک دوربیـن فیلم‌بـرداری) مقـدار دقیـق ایـن عـدد که آن شـتاب جاذبـه می‌گوینـد و آن را با g نشـان می‌دهند، در سـطح زمیـن، عـددی نزدیـک $9{,}81\ m/s^2$ اسـت و تمـام اجسـام با هـر جرمی روی سـطح زمیـن (در صورتی کـه نیـروی مزاحمـی مثـل مقاومـت هوا نباشـد یـا آن‌قدر کم باشـد کـه بتـوان از آن صـرف نظر کرد) بـا همین شـتاب سـقوط می‌کنند.

فعالیت‌های عملی

؟ یک توپ را، رو به بالا پرتاب کنید و از آن فیلم بگیرید (یا از فیلم «پرتاب توپ» استفاده کنید) و آن را تحلیل کنید.

؟ فیلم «پرتاب میوه» مربوط به بازی معروف Fruit Ninja است – که چند سال پیش محبوبیت زیادی بین کاربران گوشی‌های همراه پیدا کرده‌بود –. این فیلم را هم با نرم‌افزار تحلیل کنید و بگویید اگر شتاب جاذبه در آن بازی بخواهد به اندازهٔ شتاب جاذبه زمین باشد، اندازهٔ هر میوه چقدر می‌شود؟

فصل پنجم: نیرو



در فصل چهارم تمام هدف ما بررسی حرکت اجسام از این منظر بود که اجسام «چگونه» حرکت می‌کنند و انواع حرکت‌هایی که یک جسم می‌تواند داشته‌باشد چیست و چگونه می‌توان آنها را مطالعه کرد؛ اما این تنها روش مطالعه حرکت نیست. در واقع مطالعه چگونگی حرکت اجسام مقدمه‌ای‌ست برای مطالعهٔ «علّت» حرکت اجسام.

یک ابزار فوق‌العاده مهم

برای بررسی این‌که چه چیزی باعث حرکت اجسام می‌شود، نیز، نیاز به ابزارهایی داریم. یکی از مهمترین این ابزارها، مجموعه قوانین حرکت است. این قوانین بارها و بارها توسط دانشمندان مختلف مورد توجه قرار گرفته بودند، اما اولین کسی که همه آنها را مدون کرد و با کمک آنها شروع به حلِ مسائلِ مختلفِ حرکتی کرد ایزاک نیوتون دانشمند انگلیسی بود؛ به‌همین علت گاهی به این قوانین، «قوانین نیوتون برای حرکت» نیز می‌گویند. این قوانین در فصل نیروی کتاب درسی صفحات ۴۴ تا ۵۰ به تفصیل بیان شده است. به طور خلاصه و به زبان ساده این قوانین عبارتند از:

۱- نیروی خالص غیرصفر عامل «تغییر حرکت» است. یعنی اگر نیروی خالص وارد بر جسم صفر باشد،

فایل بررسی و آموزش این فصل را می‌توانید از آدرس زیر دانلود کنید:
http://physics-dept.talif.sch.ir/phymedia/S9Force.rar

سرعت جسم تغییری نمی‌کند (توجه کنید که سرعت جسم ساکن هم برابر صفر است!). به عبارت دیگر اگر سرعت جسمی تغییر کرد (الان می‌دانیم که یعنی اگر جسمی شتاب داشت) می‌توان نتیجه گرفت که نیروی خالص وارد بر آن حتماً غیر صفر است (مراجعه کنید به صفحه ۴۵ و ۴۶ کتاب درسی).

۲- هرچه جسمی سنگین‌تر باشد، به همان نسبت به نیروی بیشتری نیاز دارد تا آن را به شتاب مشخصی رساند. به عبارت دیگر شتاب جسم برابر است با نیروی خالص وارد شده به آن تقسیم بر جرمش. رابطه کمّی بین نیرو، جرم و شتاب در صفحه ۴۷ کتاب درسی بیان شده است.

۳- اگر جسم الف به جسم ب نیرویی وارد کند، جسم ب نیز به جسم الف نیرویی به همان اندازه و در جهت مخالف وارد می‌کند (مراجعه کنید به صفحه ۵۰ کتاب درسی).

در مواجهه با این قوانین توجه داشتن به این نکته ضروری است: که این قوانین، قوانینی جهان‌شمول هستند؛ یعنی با کمک آنها می‌توانید پدیده‌های مربوط به حرکت‌شناسی را بررسی و توجیه کنید.

فعالیت‌های عملی

- فیلم «پرتاب توپ» را باز کنید. این فیلم لحظه برخورد یک توپ نرم به دیوار را نشان می‌دهد. با محاسبه کردن شتاب متوسط توپ و با استفاده از رابطه بین نیرو، جرم و شتاب، بگویید چه نیرویی به آن وارد شده‌است.
- در فیلم «آونگ و گلوله» یک گلوله به یک آونگ برخورد می‌کند و آن را به حرکت می‌اندازد.

? سرعت گلوله قبل و بعد از برخورد با آونگ را حساب کنید.

? نیروی وارد شده به گلوله را محاسبه کنید.

? شتاب آونگ را حساب کنید.

? نیروی وارد به آونگ را محاسبه کنید.

? آیا محاسبات شما قانون سوم نیوتون را تأیید می‌کنند؟

در ادامه می‌خواهیم ببینیم با این ابزارهایی که تا حالا با آنها آشنا شدیم، چه‌کارهای جالبی می‌شود کرد!

دوباره سقوط آزاد

اجازه دهید کار را با آخرین آزمایشی که انجام داده‌بودید، شروع کنیم. در آن آزمایش قبل از رها کردن، تیله ساکن بود و طبق قانون اول این یعنی که در آن لحظات هیچ نیروی خالصی به تیله وارد نمی‌شده است؛ اما به محض رها شدن، تیله شروع به شتاب گرفتن به سمت زمین کرد. طبق قانون اول به این معنی‌است که نیرویی خالص، رو به زمین، به تیله وارد می‌شود و به آن نیروی جاذبه (وزن) می‌گوییم.

از آن‌جایی که حرکت سقوط آزاد یک حرکت شتاب ثابت است می‌توان با کمک قانون دوم نتیجه گرفت که نیروی خالص وارد بر تیله همواره ثابت است. هم‌چنین طبق آن‌چه که در صفحه ۴۹ کتاب درسی دربارهٔ نیروی وزن آموختید، نیروی جاذبه وارد بر تیله یا همان نیروی وزن آن، برابر است با: $W = m.g$ که W نیروی وزن با واحد نیوتون است، m جرم تیله به کیلوگرم و g همان شتاب جاذبه با واحد m/s^2 است که در آزمایش سقوط گوی فلزی پیدا کرده بودید.

فعالیت‌های عملی

؟ همین تحلیل را برای توپی که روی سطح شیب‌دار قل می‌خورد انجام دهید.

یک اشتباه متداول

یک بار دیگر به زمانی که تیله را در دستتان گرفته بودید فکر کنید. اگر نیروی جاذبه همواره بر جسم وارد می‌شود، پس چرا تیله تکان نمی‌خورد؟ ساکن ماندن تیله نشانه آن است که «نیروی خالص» وارد بر تیله صفر است یا به عبارت دیگر، نیرویی، درست برابر وزن تیله و رو به بالا به آن وارد می‌شود. تنها چیزی که می‌تواند این نیرو را وارد کند، دست شما است. پس دست شما نیرویی برابر و در خلاف جهت نیروی جاذبه به تیله وارد می‌کند. معمولاً به آن، نیروی «**عمودی سطح**» یا «**نیروی عمودی تکیه‌گاه**» می‌گویند. از طرف دیگر طبق قانون سوم نیوتون تیله نیز به دست شما (یا هر چیزی که مانع افتادنش می‌شود) نیرویی برابر و خلاف جهت عکس‌العمل سطح وارد می‌کند. این همان نیرویی است که ما حس می‌کنیم و به اشتباه آن را با نیروی وزن جسم اشتباه می‌گیریم.

فعالیت‌های عملی

- برای بهتر فهمیدن تفاوت نیروی وزن و نیرویی که حس می‌کنیم، آزمایش ذهنی زیر را انجام دهید:

؟ فرض کنید جسمی یک کیلوگرمی در دست گرفته‌اید و درون یک آسانسور ساکن ایستاده‌اید. مانند روند بالا تحلیل کنید که نیروی وزن جسم و نیرویی که حس می‌کنید چه رابطه‌ای دارد؟

؟ حالا فرض کنید آسانسور با شتاب ثابت رو به بالا شروع به حرکت کند. بار دیگر تحلیل کنید که این دو نیرو چه رابطه‌ای دارند؟

؟ اگر آسانسور با شتاب ثابت ترمز بگیرد چه اتفاقی می‌افتد؟

؟ حالا این آزمایش را به صورت واقعی انجام دهید. در صورتی که به آسانسور دسترسی ندارید، یک جسم را به یک نیروسنج ساده (یا یک فنر) ببندید و سپس آن را باشتاب بالا و پایین ببرید، تا اثر آن را ببینید. برای بهتر دیدن این اثر شاید بهتر باشد از این حرکت، فیلم بگیرید تا بتوانید عدد روی نیروسنج را بخوانید.

مقاومت هوا

همان‌طور که از تجربه‌هایتان می‌دانید، اجسام روی زمین الزاماً به صورت هم‌زمان و با شتاب ثابت سقوط نمی‌کنند و سقوط واقعاً آزاد تنها در شرایط خاصی (مثل شرایط فعالیت‌هایی که تا الان انجام داده‌اید) اتفاق می‌افتد و این برخلاف نتیجه‌گیری‌های ما در قسمت‌های گذشته است. اما دلیل این اتفاق چیست؟

فعالیت‌های عملی

● در شکل۴ صفحه ۴۵ کتاب درسی، نیروهای وارد بر یک چترباز در حال سقوط را مشاهده کرده‌اید. در این فعالیت، می‌خواهیم با استفاده از چند فیلم از سقوط چترنجات، حرکت آن را دقیق‌تر بررسی کنیم. فیلم «چتر نجات» را از پوشه فیلم‌ها در Tracker باز کنید. این فیلم چند چتر نجات دست‌ساز با وزن‌های مختلف را نشان می‌دهد که از ارتفاع یکسان رها می‌شوند.

? یکی از چترهای نجات را انتخاب کنید که نه خیلی کند حرکت کند و نه خیلی تند و حرکت آن را با Tracker بررسی کنید سپس نمودار مکان–زمان، سرعت–زمان و شتاب–زمان آن را رسم کنید. حرکت چتر نجات چند مرحله متفاوت دارد؟ سعی کنید آنها را به روش بالا تحلیل کنید.

با تحلیل حرکت چتر نجات در فیلم بالا درمی‌یابیم که در این حرکت، ۲ بخش متفاوت وجود دارد: یک قسمت شتاب‌دار (با شتاب متغیر) و یک قسمت با شتاب صفر (سرعت ثابت). درواقع جسم مورد نظر با شتابی نزدیک به g شروع به حرکت می‌کند و هر چه پایین‌تر می‌آید، شتابش کم و کمتر می‌شود تا زمانی که به‌تدریج صفر شود و سرعت سقوط، تقریباً، ثابت می‌ماند.

همان‌طور که در شکل۴ صفحه ۴۵ کتاب درسی مشاهده کردید، به چترباز درحال سقوط دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. مقدار نیروی وزن همواره ثابت است، پس چه نیرویی باعث تغییر شتاب سقوط چترباز می‌شود؟ قاعدتاً نیروی مقاومت هوا! اگر نیروی مقاومت هوا نیز یک نیروی ثابت بود، نیروی خالص وارد بر چترباز ثابت می‌ماند و چترباز با شتاب ثابت به سمت زمین سقوط می‌کرد. ولی این اتفاق رخ نمی‌دهد و شتاب سقوط چترباز متغیر است و از جایی به بعد، تقریباً، برابر با صفر است!

پروژه‌های پژوهشی

با کمک معلم خود درباره نیروی مقاومت هوا تحقیق کنید، فکر کنید و جواب پرسش‌های زیر را بیابید تا بتوانید حرکت چترباز را تحلیل کنید.

- نیروی مقاومت هوا چرا به‌وجود می‌آید؟
- اگر جسمی در هوا ساکن باشد، چه نیروی مقاومتی به آن وارد می‌شود؟
- نیروی مقاومت هوا به چه عواملی وابسته است؟
- کدام یک از این پارامترها طی سقوط چتر نجات تغییر می‌کند؟
- سرعت حد چیست؟

به عنوان یک پروژه پژوهشی می‌توانید اثر پارامترهای مختلف چترنجات (مساحت، شکل، سوراخ داشتن یا نداشتن، وزن و...) را بر سرعت حد آن پیدا کنید. سپس چتر نجاتی طراحی کنید که چترباز را با سرعت و شتاب مناسب به سطح زمین برساند.

فعالیت‌های عملی

فیلم‌های «سقوط در گلیسیرین» را باز کنید و سعی کنید با نرم‌افزار آنها را تحلیل کنید. این فیلم‌ها، سقوط یک ساچمه را در آب و گلیسیرین نشان می‌دهند، که مقاومت بیشتری نسبت به هوا در مقابل حرکت دارند. با رسم نمودارهای مکان، سرعت و شتاب، نسبت به زمان، این حرکت‌ها را با سقوط چترنجات مقایسه کنید.

پروژه‌های پژوهشی

به عنوان یک پروژهٔ پژوهشی می‌توانید خودتان این آزمایش را با مایع‌ها و ساچمه‌های دیگری تکرار کنید و مانند دانشمندان معیاری برای مقاومت شاره‌های مختلف در برابر حرکت پیدا کنید.

فعالیت‌های عملی

- فیلم دیگری هم در پوشه وجود دارد به نام «حباب در گلیسیرین». در این فیلم حباب‌ها در ستونی از گلیسیرین به سمت بالا حرکت می‌کنند. می‌توانید این فیلم را هم تحلیل کنید و نوع حرکتش را مشخص کنید.

چه شباهتی بین بالا آمدن حباب‌ها و سقوط ساچمه در مایع‌ها وجود دارد؟

به نظر شما چه پارامترهایی و چگونه در سرعت حرکت حباب به سمت بالا مؤثر هستند؟

کِی گول می‌خوریم؟

شاید برای شما پیش آمده که به نظرتان برسد که برخی از پدیده‌های روزمره‌ای که در اطرافتان می‌بینید، با قوانین حرکت سازگار نیستند. در این بخش به چندتا از این ناسازگاری‌های ظاهری می‌پردازیم.

● اجسامی که می‌ایستند

اولین تناقضی که به ذهن خیلی‌ها می‌رسد این است که در زندگی روزمرهٔ ما، تنها، اجسام تا زمانی که به آنها نیرو وارد می‌شود، می‌توانند با سرعت ثابت به حرکت ادامه بدهند و پس از قطع شدن نیرو، جسم از حرکت می‌ایستد. در ذهن همهٔ ما مثال‌های بسیاری از این پدیده وجود دارد، از ماشینی که خاموش می‌شود و متوقف می‌شود گرفته، تا توپی که روی زمین قل می‌دهیم.

فعالیت‌های عملی

یک جسم مکعبی را بردارید و روی سطح یک فرش یا آسفالت با سرعت مشخصی رها کنید. چقدر طول می‌کشد تا متوقف شود؟

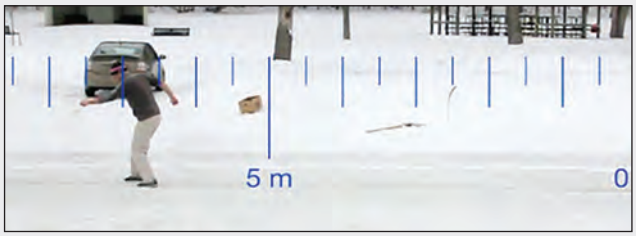
اگر همین کار را روی یک سطح صاف‌تر مثل شیشه انجام دهید چطور؟

بار دیگر این سطح را چرب کنید و آزمایش را دوباره انجام دهید. چه تفاوتی می‌کند؟

همان‌طور که مشاهده کردید با تغییر شکل و جنسِ سطح، میزان فاصلهٔ توقف، کم و زیاد می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت عاملی وجود دارد که جسم را می‌ایستاند و برخلاف تصور ما جسم به حال خود رها نشده‌است. این عامل همان نیرویی است که آن را به نام اصطکاک می‌شناسیم و نیرویی است که موقع لغزیدن دو سطح روی هم به وجود می‌آید. با نیروی اصطکاک در صفحات ۵۱ و ۵۲ کتاب درسی آشنا شدید. با انجام فعالیت‌های زیر، مقدار نیروی اصطکاک را در عمل محاسبه کنید.

فعالیت‌های عملی

؟ فیلم «سر خوردن» را باز کنید و سعی کنید با محاسبهٔ شتاب فرد و با استفاده از رابطهٔ بین نیرو، جرم و شتاب که در صفحه ۴۷ کتاب درسی آورده شده است، نیروی اصطکاک وارد بر فرد را محاسبه کنید.



فرد در حال سر خوردن روی یخ

فعالیت‌های عملی

؟ نیروی اصطکاک را در فیلم محاسبه نمایید.

؟ سعی کنید آزمایش‌هایی طراحی کنید و قانونی برای اندازهٔ نیروی اصطکاک بیابید.

● زمینِ خسته

سؤال بعدی این است که اگر قانون سوم درست باشد، پس چرا وقتی به دیوار مشت می‌زنیم دیوار حرکت نمی‌کند؟ یا چرا وقتی می‌پریم و به زمین نیرو وارد می‌کنیم، زمین حرکت نمی‌کند؟ جواب این است که درواقع همه این اتفاق‌ها می‌افتند!! اما نکته مهم، مسئلهٔ ابعاد است. برای مثال بیایید به سؤال دوم جواب بدهیم:

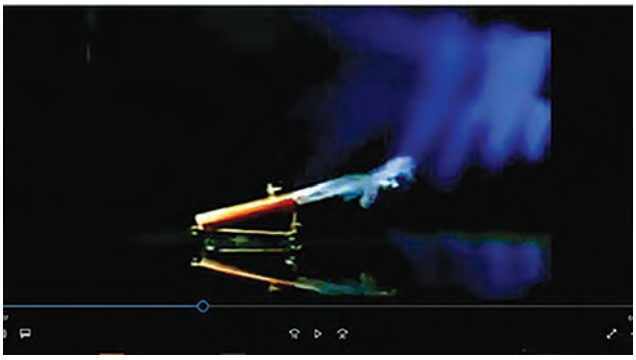
فرض کنید یک انسان با جرم ۱۰۰ کیلوگرم در حال سقوط است. زمین به او ۹۸۰ نیوتون نیرو وارد می‌کند و در نتیجه او با شتاب ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه سقوط می‌کند (فرض کردیم فرد مورد نظر هنوز به **سرعت حد** نرسیده!). قانون سوم می‌گوید فرد هم به زمین ۹۸۰ نیوتون نیرو وارد می‌کند. حالا نوبت قانون دوم است که بگوید شتاب زمین چقدر خواهد بود. جرم زمین برابر است با ۵۹۷۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ کیلوگرم! پس طبق قانون دوم نیوتون شتاب آن برابر است با عددی میلیاردها بار کوچک‌تر از یک میلیمتر بر مجذور ثانیه!

یعنی این مسئله که به نظرمان می‌رسد نیروی ما تقریباً هیچ تأثیری در حرکت اجسام بزرگ ندارد، کاملاً طبیعی است و مسئله در تمام این پدیده‌ها جرم اجسام است.

● کنش و واکنش

چرا نیروی کنش و واکنش ذکر شده در قانون سوم نیوتون هم‌دیگر را خنثی نمی‌کنند؟

به یک دلیل ساده، آرام دوستتان را بزنید! هردوی شما نیرویی را احساس می‌کنید (اگر محکم بزنید هردوی شما دردتان می‌گیرد!) و این یعنی به هردوی شما نیرو وارد شده‌است. به عبارت دیگر نیروی کنش و واکنش به ۲ جسم مختلف وارد می‌شوند و لذا نمی‌توانند هم‌دیگر را خنثی کنند.



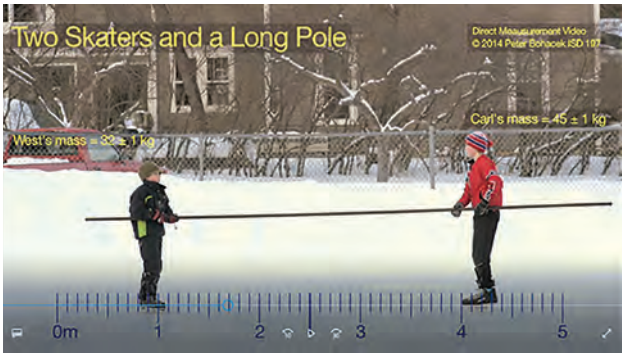
پرتاب گلوله از لوله

این مسئله را می‌توانید در دو فیلم «کنش و واکنش» ببینید. همچنین می‌توانید به عنوان تمرین با استفاده از قانون دوم حرکت نیرویی را که دو جسم به هم وارد می‌کنند محاسبه کنید. اگر هریک از اجسام به جای هل‌دادن دیگری، همین نیرو را به یک دیوار یا زمین وارد می‌کرد، آیا تغییری در وضعیتش ایجاد می‌شد؟ برای حل عددی لازم است جرم‌ها را تخمین بزنید!

● طناب‌کشی

اگر نیروهای کنش و واکنش برابرند پس چرا در مسابقه طناب‌کشی یکی از تیم‌ها برنده و دیگری بازنده می‌شود؟

در واقع نیروی تعیین کننده در طناب‌کشی، نیروی وارد شده بر طناب نیست (که همان‌طور که درست فهمیدید از طرف هر ۲ تیم برابر است)، بلکه نیروی اصطکاک است! اصطکاک بین دست بازیکنان و طناب و بین بازیکنان و زمین است که برنده را مشخص می‌کند. از قضا همین مسئله در هنگام کشیدن یک جسم به سمت خودتان هم صدق می‌کند.



طناب‌کشی بدون برنده

برای آزمودن این واقعیت می‌توانید خودتان و دوست‌تان روی دو صندلی چرخدار (یا هر چیز مشابه دیگری که اصطکاک چندانی با زمین نداشته‌باشد) بنشینید و با یک طناب هم‌دیگر را بکشید. چه اتفاقی می‌افتد؟

؟ چه‌کسی برنده می‌شود، فرد قوی‌تر یا سنگین‌تر؟

● راه رفتن

یکی از مسائلی که برای خیلی‌ها دشوار است تشخیص جهت نیروی اصطکاک است. معمولاً آدم‌ها برای تشخیص جهت آن دست به ابداع روش‌های عجیب و غریبی می‌زنند که کار را دشوار و پیچیده می‌کند. اما در واقع تنها چیزی که نیاز دارید، یادگرفتن قوانین حرکت است. بگذارید با چند مثال مسئله را روشن کنیم.

۱- درحالی که ایستاده‌اید، کاغذی را روی شکم خود بگذارید و شروع به دویدن کنید به طوری که کاغذ روی زمین نیفتد. چرا نیروی جاذبه نمی‌تواند کاغذ را حرکت دهد؟ به خاطر نیروی اصطکاک. جهت نیروی اصطکاک در کدام جهت است؟ مسلماً رو به بالا.

۲- ماشینی را در حال ترمز گرفتن در نظر بگیرید. چه نیرویی آن را نگه می‌دارد؟ نیروی اصطکاک بین زمین و چرخ. جهت آن به کدام سمت است؟ طبیعتاً خلاف جهت حرکت ماشین.

۳- حالا ماشینی را در حال شتاب گرفتن در نظر بگیرید. تنها نقاطی که ممکن است نیرویی به آنها وارد شود چرخ‌های ماشین است. بنابراین کدام نیرو ماشین را به حرکت می‌اندازد؟ جز اصطکاک نیروی دیگری نمی‌تواند باشد. جهت آن به کدام سمت است؟ قانون دوم نیوتون به ما می‌گوید در جهت حرکت ماشین. اما احتمالاً همهٔ شما شنیده‌اید که جهت نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت است. آیا این‌جا تناقضی وجود دارد؟ نه!

بار دیگر به چرخ‌های ماشین نگاه کنید. اگر ماشین به جای آسفالت روی یخ بود محل تماس چرخ با یخ به کدام سمت حرکت می‌کرد؟ به سمت عقب، خلاف جهت حرکت ماشین. پس اصطکاک بین چرخ و ماشین در خلاف جهت حرکت چرخ یعنی موافق با جهت حرکت ماشین است. همین استدلال را می‌توان درباره راه رفتن انسان هم به کار برد.

ایـن واقعیـت را می‌توانیـد بـا راه رفتـن روی یـک سـطح سُـر (کـم اصطـکاک) ماننـد حرکـت روی اسـکیت بُـرد بیازماییـد.

اگر به جایی می‌روید که قایقی باشد، با راه رفتن روی آن هم، قابل آزمایش است.

آیا در شهربازی درون حباب‌هایی که روی آب شناورند، راه رفته‌اید؟

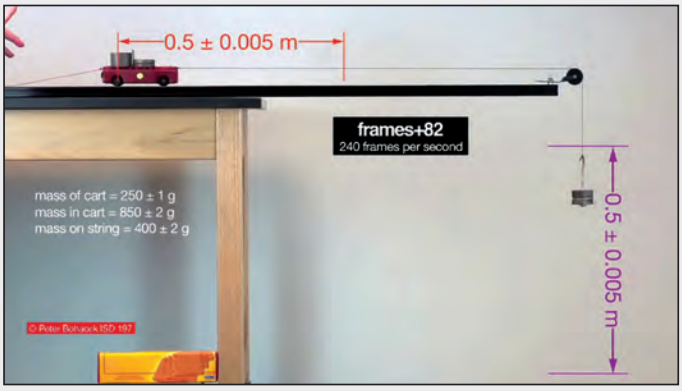
● سقوط با طناب

در «آزمایـش کنیـد» صفحـه ۴۷ کتـاب درسـی، بـرای بررسـی رابطـهٔ بیـن شـتاب و نیـرو آزمایشـی مطـرح شـده اسـت. حـالا آن‌قـدر مطلـب یـاد گرفته‌ایـد کـه بتوانیـد ایـن پدیـده را خودتـان بـه صـورت کامـل بررسـی کنیـد.

فعالیت‌های عملی

فیلـم «قرقـره» را بـاز کنیـد و ببینیـد. مطابـق بـا آزمایـش کتـاب درسـی، در ایـن فیلـم ۲ جسـم متحـرک وجـود دارنـد: یـک جسـم در حـال سـقوط کـه توسـط ماشـین روی میـز مهـار شـده اسـت. بـه ایـن ترتیـب، سـقوط جسـم اول، یـک سـقوطِ آزاد محسـوب نمی‌شـود.

فیلـم را در نرم‌افـزار وارد کنیـد و مـکان هـر دو جسـم را ثبـت کنیـد. بـا توجـه بـه این‌کـه هرکـدام از ایـن اجسـام در جهـات مختلـف حرکـت می‌کننـد، بـرای جسـم در حـال سـقوط سـتون y و بـرای ماشـین سـتون x مکان‌هـا مهـم هسـتند (اگـر محـور را نچرخانـده باشـید). شـتاب متوسـط هـر دو جسـم را محاسـبه کنیـد. حواسـتان بـه این‌کـه فیلـم کنـد شده‌اسـت، باشـد (بـه اولیـن فعالیـت Tracker در فصـل قبـل مراجعـه کنیـد).



قرقره و جسم در حال سقوط

حـالا بـا توجـه بـه شـتاب‌ها و قوانیـن حرکـت ابتـدا نیرویـی کـه نـخ بـه جسـم آویـزان وارد می‌کنـد را پیـدا کنیـد و سـپس نیرویـی کـه بـه ماشـین وارد می‌شـود را محاسـبه کنیـد.

● ماشین اسباب بازی کوکی

در «مثال» صفحه ۴۹ کتاب درسی، سؤالی درباره یک ماشین اسباب بازی با جرم و شتاب مشخص، طرح شده است. آخرین پدیده‌ای که ما بررسی می‌کنیم نیز بررسی یک ماشین اسباب‌بازی عقب‌کش فنری است؛ چرا که در حرکت این ماشین می‌توان انواع حرکت‌های مختلف را مشاهده نمود.

فعالیت‌های عملی

از حرکت یک ماشین عقب‌کش فیلم بگیرید (یا از فیلم «ماشین عقب‌کش» استفاده کنید) و با Tracker آن را تحلیل کنید و نمودار مکان – زمان آن را رسم کنید.

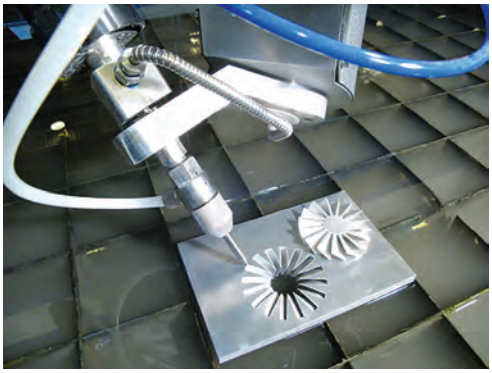
- سعی کنید با استفاده از دانسته‌هایتان از روی نمودار مکان–زمان تحلیل کنید که حرکت چه مرحله‌های متفاوتی دارد (شتاب کاهنده، سرعت ثابت، ...)؟
- حدس‌های خود را با رسم کردن نمودارهای سرعت – زمان و شتاب – زمان ارزیابی کنید.
- حالا سعی کنید با استفاده از قوانین حرکت، توجیه کنید که در هر مرحله، چه نیروهایی و در چه جهتی به ماشین وارد می‌شوند؟
- جرم ماشین را با ترازو اندازه بگیرید و با استفاده از اطلاعات حرکت، شتاب متوسط آن را در بازه‌های زمانی مختلف به‌دست آورید. مانند مثال کتاب درسی، بیشترین نیروی پیشران ماشین را محاسبه کنید.
- آیا می‌توانید دربارهٔ مقدار نیروی اصطکاک و تغییرات آن نظری بدهید؟

پروژه‌های پژوهشی

در کتاب درسی، مثال‌های متعددی از حرکت وسایل نقلیه از دوچرخه (صفحه ۳۶) گرفته تا خودرو (صفحه ۳۸) و قایق موتوری (صفحه ۴۰) مطرح شده‌است. به انتخاب خودتان از حرکت یکی از این وسایل نقلیه که برای شما ممکن است، فیلم مناسبی تهیه کنید و حرکت آن را با استفاده از نرم افزار Tracker تحلیل کنید و با استفاده از نمودارهای حرکت، تمام اطلاعات ممکن درباره تغییرات سرعت، تغییرات شتاب، نیروهای موجود در حرکت را استخراج کنید و به صورت یک گزارش به معلم خود ارائه دهید.

خب! هرچند چیزهای بسیاری وجود دارد که می‌توانید یاد بگیرید اما از این به بعد شما آن قدری حرکت‌شناسی یاد گرفتید که بتوانید بسیاری از پدیده‌های اطرافتان را، خودتان تحلیل کنید. پیشنهاد می‌کنیم سعی کنید خودتان در پدیده‌های اطرافتان ریز شوید و آنها را بررسی کنید. حتی می‌توانید این بررسی‌ها را روی فیلم‌های ضبط شده از بازی‌ها یا فیلم‌های سینمایی هم انجام بدهید (هر چند کار سختی است اما اگر موفق شوید به نتایج جالب و شیرینی می‌رسید که هیچ وقت فراموش نخواهید کرد). همچنین بسیار خوشحال خواهیم شد اگر به نتیجه جالبی رسیدید ما را هم در جریان بگذارید!

فصل ششم: فشار و آثار آن



تصویر دستگاهی را نشان می‌دهد که توانسته، توربینی را از دل یک ورقِ فلزیِ ضخیم در بیاورد. آیا باور پذیر است که این دستگاه با نیروی آب توانسته فلز را برش دهد آن هم با ظرافت و دقت بسیار بالا. در صنعت با افزایش فشارِ آب، سنگ، فلز و هر آن‌چه که تصورش می‌رود را به راحتی و به شکل دلخواه برش می‌دهند. این دستگاه در صنعت با نام برش آبی یا واتر جت (Water Jet-Water Cutter) خوانده می‌شود.

یکی از روش‌های جدیدی که در آموزش، به ویژه، آموزش علوم تجربی به کمک فناوری‌های جدید شکل گرفته‌است، **آموزش معکوس** است. به عبارت دیگر در این روش شما به عنوان یک دانش‌آموز، خود به یادگیریِ اولیهٔ محتوا اقدام می‌کنید. تا درک کامل مطلب می‌توانید به جای گرفتن وقت کلاس، در خانه چندین و چند بار و با کمک گرفتن از منابع مختلفی که به شما معرفی خواهد شد، یادگیری خود را کامل و یا تقویت کنید. سپس در کلاس با ایجاد فرصت کافی و آمادگیِ از پیش کسب شده، برای بحث دربارهٔ پدیده‌ها و یا انجام عملی پدیده‌ها زمان خوبی خواهید داشت تا یادگیری خود را عمق ببخشید و نکات ابهامی که ایجاد شده را رفع کنید. در این بخش تعدادی فیلم از آزمایش‌ها و پدیده‌های مرتبط با فشار در جامدها، مایع‌ها و گازها را به انتخاب معلم و ترتیبی که مشخص می‌شود، ببینید.

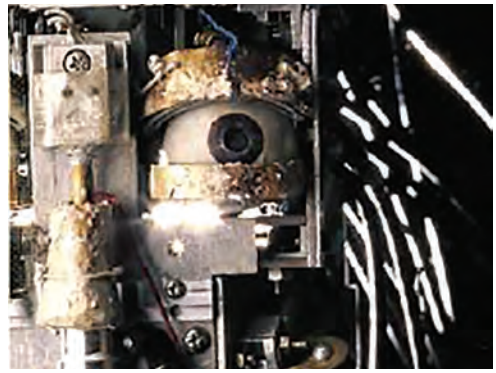
لازم است تا فهمِ مناسبِ آن‌چه در فیلم نمایش می‌دهد، آن را چند بار ببینید، سپس علاوه بر آن معلمتان از شما می‌خواهد (مانند فراهم کردن وسایل آزمایش، پیدا کردن موارد مشابه در طبیعت و کاربرد پدیده در زندگی و نیز انجام آزمایش در منزل و ...) موارد ذیل را نیز انجام دهید:

- **۱- خلاصه کردن:** شما با دیدن فیلم خلاصه‌ای از آنچه یاد گرفتید را خواهید نوشت.
- **۲- پرسش:** هم‌چنین نکات مورد ابهام و هر آنچه نفهمیده‌اید و یا سؤالاتی را که برای‌تان پیش آمده را در ادامه ذکر خواهید کرد.
- **۳- پاسخ به سؤالات معلم:** دربارهٔ فیلم آموزشی، شامل تکمیل عباراتی که معلم‌تان به صورت ناقص آورده است و یا توجه به بخشِ خاصی از فیلم، که باید دربارهٔ آن کار مشخص را انجام دهید، جواب‌گو باشید!

فایل بررسی و آموزش این فصل را می‌توانید از آدرس زیر دانلود کنید:

http://physics-dept.talif.sch.ir/phymedia/S9Pressure.rar

فصل هفتم: ماشین‌ها



ما انسان‌ها موجودات ضعیفی هستیم، به گونه‌ای که قوی‌ترین‌مان نهایتاً می‌تواند ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم را بلند کند. خیلی کارها هم هست که اصلاً نمی‌توانیم بکنیم! مثلاً بدون کمک نمی‌توانیم پرواز کنیم، یا مدت طولانی زیر آب بمانیم، یا سریع حرکت کنیم. فناوریِ ماشین‌ها ما را به این کارها و خیلی کارهای دیگر قادر می‌سازد. ماشین‌ها کارهای سادهِ را آسان‌تر می‌کنند و نیز به ما توان انجام کارهایی را می‌دهند که بدون آنها ناممکن است.

فناوری ماشین‌های ساده

انسان‌ها پیش از تاریخ مکتوب، ماشین می‌ساختند. ماشین‌های اولیه به انسان‌ها در شکار، کشاورزی و به‌دست آوردن غذا، ساختن پناهگاه در مقابل تغییرات هوا، تکریم خدایان، و جنگ علیه یک‌دیگر کمک می‌کردند. ماشین‌ها در حمل ستون‌ها و آجرهای سنگی برای ساختن معابد و اهرام، به مصریان، رومیان و یونانیان باستان کمک کردند؛ به آنها در کشیدن آب از چاه یاری کردند و نیز آنها را قادر ساختند که با سرعتی بیشتر از گذشته حرکت کنند.

تمدن‌های باستانی، از ماشین‌های ساده نظیر سطوح شیب‌دار، گوه‌ها، پیچ‌ها، اهرم‌ها، چرخ‌ها، چرخ‌دنده‌ها و قرقره‌ها استفاده می‌کردند. با این‌که این چیزها شاید ماشین به نظر نیایند، ولی همه‌شان انجام کاری را آسان‌تر می‌کنند.

ماشین‌های ساده را می‌توان مستقلاً به کار گرفت یا آنها را به هم متصل کرد و ماشین‌های پیچیده ایجاد کرد. همزن‌های آشپزخانه، دستگاه‌های منگنه، قوطی‌بازکُن‌ها، روبوت‌ها، لولاهای درِ گاراژ، دوچرخه‌ها و خودروها، همگی ماشین‌های پیچیده‌ای هستند که از اتصال ماشین‌های ساده‌تر پدید آمده‌اند.

نیروی محرک و نیروی مقاوم (بار)

ماشین‌ها اغلب میزان تلاش لازم برای انجام کارها را کاهش می‌دهند و انجام آنها را به‌مراتب آسان‌تر می‌کنند و یا به ما اجازه می‌دهند که در مقایسه با وضع عادی، بارهای سنگین‌تری را بلند کنیم. نیروی محرک عبارت است از نیروی لازم برای حرکت دادن یک جسم. اغلب جسم و وزنش را **نیروی مقاوم (بار)** می‌نامند.

فایل بررسی و آموزش این فصل را می‌توانید از آدرس زیر دانلود کنید:

http://physics-dept.talif.sch.ir/phymedia/S9Machins.rar

یادآوری: کار در علم

کلمهٔ کار به شکل‌های مختلفی استفاده می‌شود. کار سنگین، کار زیاد و کار در منزل همگی اصطلاحاتی هستند که به‌کار می‌بریم و می‌شنویم. ولی منظور دانشمندان از کلمهٔ کار کاملاً متفاوت است. برای آن‌که بفهمید ماشین‌ها چطور کارها را آسان می‌کنند، اول باید معنای علمی کار را درک کنید.

در علوم هفتم دیدید که «جابه‌جایی × نیرو = کار». این تعریف هنگامی درست است که نیرو و جابه‌جایی دریک جهت باشند. درست مثل انرژی، کار را با یکای ژول (با نماد اختصاری J) اندازه می‌گیرند.

ماشین‌های ساده و کار

کار و انرژی لازم برای انجام یک کار به خود آن کار بستگی دارد نه چگونگی انجام آن. همان کار را می‌توان به روش‌های مختلفی انجام داد. بعضی روش‌ها دشوارند زیرا نیازمند مقدار زیادی نیروی محرک هستند. و بعضی روش‌ها ساده‌ترند زیرا به نیروی محرک کوچکی نیاز دارند.

اگر در نظر بگیریم که انجام یک کار معین، نیازمند ۱۲ ژول باشد، می‌توان آن را به روش‌های مختلفی که در جدول زیر نشان داده شده، انجام داد:

نیروی لازم برای انجام کار (N)	نیروی لازم برای انجام کار (N)	جابه‌جایی لازم برای انجام کار	اثبات این‌که کار به انجام رسیده است
۱۲	۱۲	۱	۱۲×۱=۱۲
۱۲	۶	۲	۶×۲=۱۲
۱۲	۴	۳	۴×۳=۱۲
۱۲	۳	۴	۳×۴=۱۲
۱۲	۲	۶	۲×۶=۱۲
۱۲	۱	۱۲	۱×۱۲=۱۲

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌کنید، با افزایش یافتن جابه‌جایی، نیروی لازم برای انجام کار کاهش خواهد یافت. ماشین‌های ساده از همین حقیقت استفاده می‌کنند؛ جابه‌جایی را افزایش می‌دهند تا نیروی لازم برای انجام کار کاهش یابد.

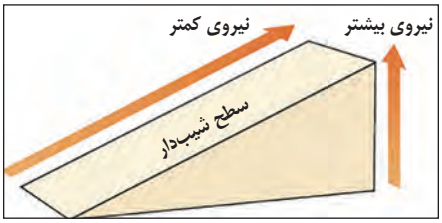
۱ ◀ سطح شیب‌دار

سطح شیب‌دار (که گاهی صفحهٔ مایل نامیده می‌شود) یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین فناوری‌های ماشینی است. از سطوح شیب‌دار برای بالا بردن اجسام سنگین به سطوح بالاتر استفاده می‌کنند.

اگر بخواهید باری را بردارید، باید مقدار معینی کار انجام دهید که مستقل از چگونگی انجام آن است. زیرا

مقـدار کار بـه وزن آن بـار و ارتفاعـی که می‌خواهید آن را بالا برید بسـتگی دارد، نه به شـیوه‌ای که انجامش می‌دهید.

فـرض کنیـد داریـد بـه خانواده‌تـان در اسباب‌کشـی کمـک می‌کنیـد و بایـد یخچـال را در کامیـون بگذاریـد. کوتاه‌تریـن مسـیر تـا روی کامیـون، مسـیر عمـودی اسـت ولـی بسـیار دشـوار (و احتمـالاً ناممکـن) اسـت زیـرا لازم اسـت نیرویـی حداقـل برابـر بـا وزن یخچـال بـه‌کار ببرید.

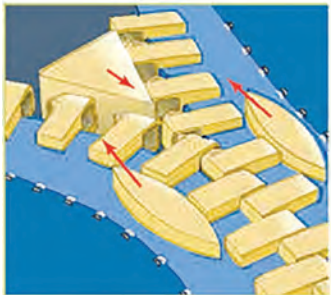


تأثیرگذاری سطوح شیب‌دار از آن جهت است که مسافت را افزایش می‌دهند و با افزایش مسافت، نیرو کاهش می‌یابد.

ولـی اگر یخچال را از یک سـطح شـیب‌دار بالا بکشـید یا بـه بـالا هل دهیـد، به‌مراتب آسـان‌تر خواهـد بود. بـا این‌که مقـدار کار یکسـان اسـت، به نیـروی کمتری نیـاز خواهد بود زیرا یخچال را مسـافت بیشـتری حرکـت می‌دهید.

انواع سطح شیب‌دار

سـطوح شـیب‌دار در اطـراف شـما فراواننـد ولی بعضی‌هاشـان شـکل سـطح شـیب‌دار ندارنـد. به‌عنـوان مثال، پله‌برقـی را می‌تـوان یـک سـطح شـیب‌دار متحـرک به‌شـمار آورد.


زیپ نمونه‌ای از فناوری قرن بیستم است که از سه گوه بهره می‌برد. دستهٔ زیپ از گوه‌هایی تشکیل‌شده که تلاش کوچک ما را به نیروی بزرگی تبدیل می‌کنند که زیپ را باز می‌کند و می‌بندند. بدون کمک این گوه‌ها، متصل کردن یا جدا کردن دندانه‌های زیپ تقریباً امکان پذیر نیست.

● ۱) گُوه‌ها

گوه‌هـا سـطوح مایلی هسـتند که از میان جسـم دیگـری می‌گذرند و با ایـن کار، آن را به دو قسـمت می‌شـکنند یـا می بُرند.

تبـر مشـخصاً یـک گوه اسـت. ایـن وسـیله، مقـدار نیـروی لازم برای شکسـتن یـک تکـه هیـزم را به این شـکل کاهـش می‌دهد کـه چوب را وادار می‌کنـد از لبـهٔ بلنـد تیغـه بـالا بـرود. هرقـدر تیغـه تیزتر باشـد، لبه بلندتـر اسـت و نیـروی لازم بـرای خـرد کـردن هیـزم کمتر خواهـد بود.

اره‌هـا، قیچی‌هـا، چاقوهـا و دندان‌هـای پیشـین شـما دقیقاً بـه همیـن شـکل عمـل می‌کنند و بریدن و تکـه کردن چوب، کاغذ و غذا را آسـان‌تر.

بریده‌ای از تاریخ علم

زیپ!

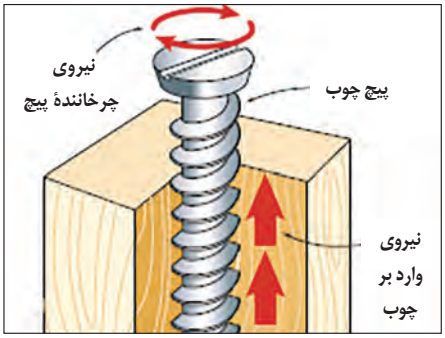
همزمانـی در علـم بـه ایـن معنـا اسـت کـه گاهـی دو نفـر در دو سـوی جهـان، دقیقـاً در یـک زمـان، دارای ایـدهٔ یکسـانی هسـتند یـا وسـیلهٔ یکسـانی را اختـراع می‌کننـد. زیپ‌هـای موفـق امـروزی در سـال ۱۹۱۳ توسـط کاتارینـا کُنموس در اروپـا و گیدئـون سـاندبَک در ایـالات متحـده بـه ثبـت رسـید، در حالی‌کـه هیـچ کدامشـان دیگـری را نمی‌شـناخت و از زمینـهٔ فعالیـت دیگـری خبـر نداشـت. سـاندبک در تـلاش بـرای بهبـود گیـره و قلابـی بـود کـه پیـش از آن، رییسـش ویتکُـم ال جادسـون اختـراع کـرده بـود و کُنمـوس زیـپ خـود را از روی یـک ایـدهٔ شـخصی اختـراع کـرد.

● ۲) پیچ‌های مخروطی، مهره‌ها و پیچ‌های استوانه‌ای

ملخ پیچی است که هوا یا آب را می‌برد و به جلو می‌رود.

پیچ یک سطح شیب‌دار است که به دور یک استوانهٔ فلزی می‌پیچد و بالا می‌رود. پیچ‌ها می‌توانند در این چیزها نفوذ کنند:

- جامدات (پیچ چوب، در اجسام چوبی فرو می‌رود)
- مایعات نظیر آب (ملخ قایق، یک پیچ است)
- گازها نظیر هوا (ملخ هواپیما یا پنکه)



اگر تلاش کنید یک پیچ چوب را با چکش به داخل یک تکه چوب بکوبید، خیلی زود ناامید می‌شوید زیرا برای این کار، به نیروی بسیار زیادی نیاز است. ولی اگر پیچ را بپیچانید، چوب از روی سطح شیب‌دار بالا می‌رود. با توجه به بلندی مسافت طی‌شده، نیروی بسیار کمتری لازم خواهد بود (اگرچه باید آن را بارها پیچاند.) دوباره می‌بینید که افزایش مسافت، میزان تلاش شما را کاهش می‌دهد. روش کار پیچ و مهره همین است، اگرچه در این مورد، مهره را روی رزوه‌های پیچ به پایین می‌پیچانند.

مزیت مکانیکی

به کمک مزیت مکانیکی می‌توان اندازه‌گیری کرد که یک فناوری یا ماشین تا چه اندازه اثربخش بوده است. مزیت مکانیکی را از تقسیم بار (نیروی مقاوم) به نیروی لازم برای حرکت دادن آن (نیروی محرک) می‌توان محاسبه کرد:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{بار}}{\text{نیرو}} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{R}{E}$$

مثلاً اگر یک ماشین ساده وزنی برابر ۶۰ نیوتون (حدود ۶ کیلوگرم) را بلند کند و برای این کار، ۲۰ نیوتون نیرو نیاز داشته باشد، مزیت مکانیکی برابر خواهد بود با:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{R}{E} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۶۰}{۲۰} = ۳$$

هر قدر ماشینی اثربخش‌تر باشد، مزیت مکانیکی بزرگ‌تری دارد. در این مورد، یک ماشین بهتر می‌تواند:

- بار بزرگ‌تری (مثلاً ۶۰۰ نیوتون) را با همان نیرو (یعنی ۲۰ نیوتون) بلند کند. به این ترتیب، مزیت مکانیکی بزرگ‌تر خواهد بود:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۶۰۰}{۲۰} = ۳۰$$

یا

- همان بار (۶۰ نیوتون) را با نیروی کمتری (مثلاً ۲ نیوتون) بلند کند:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۶۰}{۲} = ۳۰$$

تمرین

به یاد آوریم

۱- نام ببرید:

الف) هفت ماشین ساده که در زندگی روزمره از آنها استفاده می‌کنیم.

ب) پنج مثال از سطوح شیب‌داری که کارها را آسان‌تر می‌کنند.

پ) سه مثال که در آنها از گوه برای جدا کردن، تکه کردن یا برش دادن آسان‌تر چیزی استفاده شود.

۲- نام دیگر سطح شیب‌دار چیست؟

۳- توضیح دهید که آیا ماشین‌ها کار لازم برای انجام یک فعالیت را کاهش می‌دهند یا نیروی لازم برای آن را.

۴- یکای اندازه‌گیری کار را بنویسید.

۵- پیچی را نام ببرید که قادر است:

الف) یک جامد

ب) یک مایع

پ) یک گاز

را ببُرد و پیش برود.

درک کنیم

۶- تعریف کنید:

الف) کار

ب) مزیت مکانیکی

۷- الف) مزایای استفاده از سطح شیب‌دار را شرح دهید.

ب) معایب آن را بگویید.

۸- توضیح دهید که سطوح شیب‌دار در هر یک از موارد زیر چه کمکی می کنند:

الف) رساندن معلولی سوار بر ویلچر و سالمندان به داخل ساختمان

ب) عبور یک خودرو به آن سوی یک جوی آب

پ) استفاده از پله‌برقی به جای آسانسور

۹- چرا برای بالا رفتن از کوه، استفاده از مسیرهای زیگزاگی در مقایسه با یک مسیر مستقیم رو به بالا آسان‌تر است.

۱۰- توضیح دهید که چرا تیز کردن تبر، استفاده از آن را آسان می‌کند.

۱۱- توضیح دهید که چرا پیچ‌ها نوعی سطح شیب‌دار هستند.

به‌کار بریم

۱۲- سه ماشین کار یکسانی را به شکل‌های مختلفی انجام می‌دهند. مزیت مکانیکی آنها عبارت‌اند از:

ماشین A : ۲ ماشین B : ۰/۵ ماشین C : ۱۰

مشخص کنید که کدام‌یک ماشین بهتری است.

۱۳- قیچی آهن‌بُر قفل‌ها را می‌بُرد. مشخص کنید که نیروی مقاوم بزرگ‌تر است یا نیروی محرک.

۱۴- مزیت مکانیکی ماشین‌های زیر را محاسبه کنید:

الف) بار= ۱۲ N ، نیرو= ۶ N

ب) بار= ۱۸ N ، نیرو= ۶ N

پ) بار= ۳ N ، نیرو= ۱۸ N

ت) بار= ۵ Kg (حدود ۵۰ نیوتون نیرو وزن) ، نیرو= ۱۲ N

۱۵- ارزیابی کنید کدام‌یک از ماشین‌های تمرین ۱۴ بهترین ماشین است.

تحلیل کنیم

۱۶- یک ماشین ساده و یک ماشین پیچیده را با ذکر شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان مقایسه کنید.

۱۷- تفاوت نیروی محرک و مقاوم را بگویید.

۱۸- سارا می‌داند که برای بلند کردن جسمی تا یک ارتفاع معین، باید ۲۴ ژول کار انجام شود. او به منظور تصمیم‌گیری راحت‌تر دربارهٔ این‌که کدام سطح شیب‌دار، کار را آسان‌تر می‌کند، جدول مقابل را تهیه کرده است. جدول او را تکمیل کنید.

کار (J)	طول سطح شیب‌دار (m)	نیروی لازم (N)	اثبات این‌که کار، به انجام خواهد رسید	مزیت مکانیکی
۲۴	۱	۲۴	۱ × ۲۴ =۲۴	۲۴ / ۲۴ =۱
۲۴	۲		۱ × ۲۴ =۲۴	
۲۴		۸		۲۴ / ۸ = ۳
۲۴	۴			
۲۴			۱ × ۲۴ =۲۴	۲۴ / ۴ = ۶
۲۴	۸			
۲۴				
۲۴				

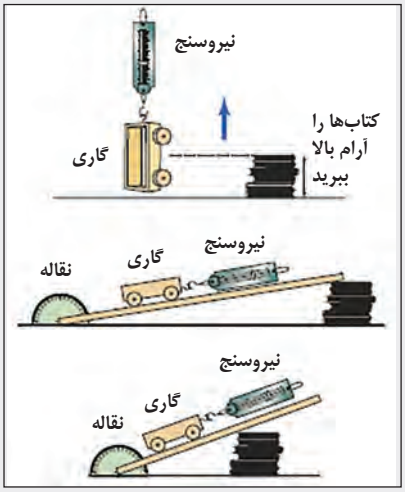
ارزیابی کنیم

۱۹- بگویید که از میان سطوح شیب‌دار سؤال ۱۸، کدام‌یک کار را برای سارا از همه بیشتر آسان می‌کند. پاسخ خود را توضیح دهید.

بسازیم

۲۰- قانونی طراحی کنید دربارهٔ اینکه سطوح شیب‌دار چطور بلند کردن بار را آسان می‌کنند.

سطوح شیب‌دار



هدف:

بررسی رابطهٔ بین شیب یک سطح شیب‌دار و نیرو

لوازم:

- نیروسنج
- چند وزنهٔ کوچک
- سطح شیب‌دار
- نوار چسب
- تعدادی کتاب
- نقاله
- یک گاری متحرک با یک جسم چوبی و قلابی آویخته به آن

روش

۱- کتاب‌ها را تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر روی میز روی هم بچینید.

۲- جدولی شبیه جدول زیر تنظیم کنید.

زاویه ($^\circ$)	طول سطح شیب‌دار	نیروی لازم برای حرکت دادن گاری(N)	مزیت مکانیکی	نیروی لازم برای حرکت دادن جسم چوبی(N)	مزیت مکانیکی

۳- با کمک نیروسنج، وزن گاری متحرک و جسم چوبی را اندازه بگیرید. به آنها وزنه‌هایی بچسبانید تا وزنشان تقریباً یکسان شود. وزن جدید آنها را یادداشت کنید.

۲ ◀ اهرم‌ها

قدیمی‌ترین تصاویر از اهرم‌ها بر روی مجسمه‌های مصری ۵۰۰۰ ساله یافت شده‌است. ارسطو، فیلسوف یونان باستان، در نوشته‌هایش به اهرم‌ها اشاره کرده‌است. ارشمیدس گفته‌است: «اگر اهرمی با طول کافی و نقطه‌ای برای ایستادن داشتم، جهان را تکان می‌دادم.»

اهرم چیست؟

اهرم یک فناوری کهن است که به ۵۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد. شما هم احتمالاً بدون این‌که متوجه باشید، هر روزه از تعدادی از انواع اهرم استفاده می‌کنید. پاروها، قاشق‌ها، قیچی‌ها، راکت‌های تنیس و چوب کریکت، همگی اهرم هستند، همین‌طور بازوها، پاها و فَک‌های شما. اهرم هر چیز جامدی است که ساخته شده تا دور یک محور یا تکیه‌گاه بچرخد.

بزرگ‌کننده‌های نیرو: اهرم‌های نوع ۱ و ۲

بعضی اهرم‌ها بزرگ‌کنندهٔ نیرو هستند، به این معنا که شما نیروی کوچکی به آنها وارد می‌کنید و سیستم اهرم آن را آن‌قدر بزرگ می‌کند که می‌توانید بار بسیار سنگین‌تری را بردارید. درست مثل سطوح شیب‌دار، اهرم‌ها تلاش لازم برای بلند کردن بارها (نیروی مقاوم) را کاهش می‌دهند. باز هم نکتهٔ منفی، جابه‌جایی است، هر قدر بخواهید نیرو بیشتر کاهش پیدا کند، باید اهرم را بیشتر حرکت دهید.

الاکلنگ اهرم نوع ۱ است: بار یک طرف آن است، نیرو در طرف دیگر آن، و تکیه‌گاه جایی در بین آنها.

بریده‌ای از تاریخ علم

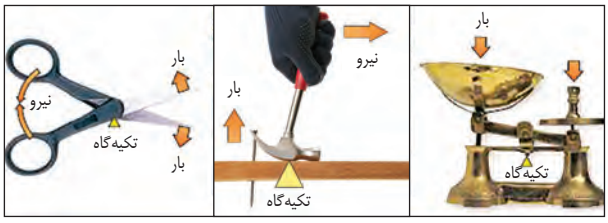
مشهور است که ارشمیدس ماشین‌های بسیاری ساخت تا کشتی‌های رومی مهاجم را در هم بشکند. علاوه بر جرثقیل‌های اهرمی، گویا او بازتاب‌دهنده‌های غول‌آسایی هم ساخته بود که کشتی‌ها را می‌سوزاندند. او ماشین‌های دیگری هم داشت که بر کف بندر قرار می‌گرفتند و کشتی‌ها را از زیر می‌گرفتند و آن‌قدر می‌لرزاندند که همهٔ سربازان به بیرون پرتاب شوند! البته شاید همهٔ اینها تبلیغات کهنی باشد که به منظور ترساندن دشمن طراحی شده بودند.

گویا ارشمیدس با استفاده از اهرم‌ها کشتی‌های رومی مهاجم را از بندرگاه سیراکیوز بلند می‌کرده و با کوبیدنشان به صخره‌ها آنها را خرد می‌کرده است!

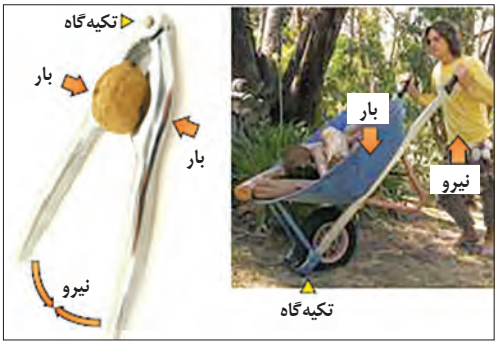
اهرم‌های بزرگ‌کنندهٔ نیرو (افزایش‌دهنده) را می‌توان به دو نوع ۱ و ۲ تقسیم کرد که هر دوی آنها برای بلند کردن بارهای سنگین بسیار سودمندند زیرا به کمک آنها می‌توان با اعمال یک نیروی کوچک در فاصله‌ای دور از تکیه‌گاه، باری سنگین را برداشت.

مکان اعمال نیروها در این اهرم‌ها، به اندازهٔ خود نیرو اهمیت دارد. مقدار نیروی لازم به فاصلهٔ بار از تکیه‌گاه و مکان اعمال نیرو بر اهرم بستگی دارد.

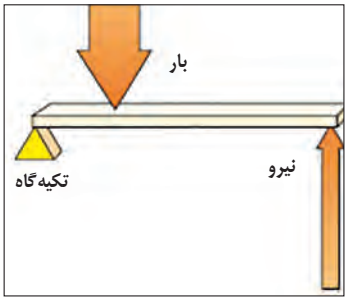
درست مثل سطوح شیب‌دار، اهرم‌ها هم با افزایش دادن مسافتی که بار باید حرکت داده شود، مقدار نیرو را کاهش می‌دهند.



اهرم‌های نوع ۱ شبیه قیچی هستند، به این ترتیب که تکیه‌گاه جایی در میانهٔ اهرم قرار دارد.



در اهرم‌های نوع ۲ همیشه تکیه‌گاه در انتها قرار دارد.



در اهرم نوع ۲ (یا اهرم مرتبه دوم) تکیه‌گاه در یک انتها، نیرو در انتهای دیگر، و بار جایی در میان آن‌ها قرار دارد.

اصل اهرم‌ها

در اهرم‌های نوع ۱ و ۲ قانونی وجود دارد به نام اصل اهرم‌ها:

این بدان معنا است که یک دانش‌آموز ۶۰ کیلوگرمی باید در فاصلهٔ ۲ متری از تکیه‌گاه الاکلنگ بنشیند تا با یک دانش‌آموز ۲۰ کیلوگرمی که در انتهای دیگر الاکلنگ و در فاصلهٔ ۳ متری از تکیه‌گاه نشسته است، در تعادل قرار گیرد. اصل اهرم‌ها این مسئله را اثبات می‌کند:

نیروی مقاوم از تکیه‌گاه

↑

نیرو × **فاصله** = **بار** × **فاصله**

↓

نیروی محرک از تکیه‌گاه

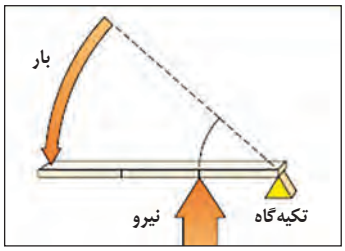
دانش‌آموز ۶۰ کیلوگرمی × ۲ متر = دانش‌آموز ۴۰ کیلوگرمی × ۳ متر

بزرگ‌کننده‌های سرعت: اهرم‌های نوع ۳

اهرم‌های نوع ۳ (یا اهرم‌های مرتبه‌ی سوم) به منظور کاهش مقدار نیرو به کار نمی‌روند، بلکه به منظور سرعت دادن به حرکت بار (معمولاً یک بار کوچک) استفاده می‌شوند.

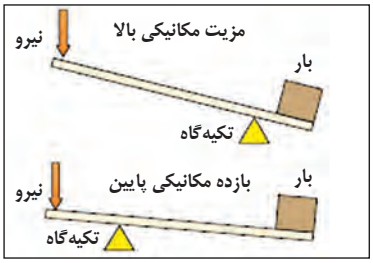
چوب‌های کریکت و راکت‌ها همه از اهرم‌های نوع ۳ هستند. ما دستمان را با سرعت زیاد، کمی حرکت می‌دهیم تا توپ از چوب کریکت با سرعتی به مراتب بیش‌تر دور شود. اهرم‌های نوع ۳ بزرگ‌کنندهٔ سرعت هستند. با توجه به این‌که مسافتی که توپ طی می‌کند زیاد است، نیروی وارد بر آن کوچک است. به همین علت لازم است دست شما مسافت کوتاهی حرکت کند ولی با نیرویی بزرگ.

چوب کریکت و راکت ازاهرم‌های نوع ۳ هستند و به‌عنوان بزرگ‌کنندهٔ سرعت عمل می‌کنند، به این معنا که سرعت توپ را پس از آن‌که به آن ضربه زده می‌شود، افزایش می‌دهند.



در این اهرم‌ها تکیه‌گاه در یک انتها، بار در انتهای دیگر، و نیرو (که معمولاً توسط دست ما اعمال می‌شود) جایی در میان آنها قرار دارد.

مزیت مکانیکی میزان تأثیرگذاری یک ماشین یا فناوری را مشخص می‌کند. ماشینی بهتر است که مزیت مکانیکی آن بیشتر باشد. در اهرم‌ها، مزیت مکانیکی را به دو طریق محاسبه می‌کنند:



هر قدر نیرو از تکیه‌گاه دورتر باشد، کار ساده‌تر می‌شود.

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{\text{فاصله نیروی محرک از تکیه‌گاه}}{\text{فاصله نیروی مقاوم از تکیه‌گاه}}$$

تمرین

به یاد آوریم

۱- از هر یک از اهرم‌های نوع ۱ و ۲ و ۳ یک مثال بزنید.

۲- اصل اهرم‌ها را به‌صورت یک معادلهٔ ریاضی بیان کنید.

۳- نام دیگر هر کدام را بگویید:

الف) تکیه‌گاه

ب) اهرم نوع ۱

درک کنیم

۴- هر کلمه را تعریف کنید:

الف) اهرم

ب) تکیه‌گاه

پ) افزایش‌دهندهٔ نیرو

ت) بزرگ‌کنندهٔ سرعت

۵- عبارات زیر را تصحیح کنید:

الف) همهٔ اهرم‌ها بزرگ‌کنندهٔ نیرو هستند.

ب) تکیه‌گاه هر اهرم جایی در وسط آن است.

پ) چوب گلف نمونه‌ای از بزرگ‌کننده‌های نیرو است.

ت) محور و تکیه‌گاه مشابه یک‌دیگرند.

ث) در اکثر بازی‌هایی که با توپ انجام می‌شود، به یک بزرگ‌کنندهٔ سرعت نیاز است.

۶- مزیت استفاده از اهرم‌های نوع ۳ را در اکثر بازی‌هایی که با توپ انجام می‌شود شرح دهید.

۷- معادلهٔ ریاضی مزیت مکانیکی را در اهرم‌ها بگویید.

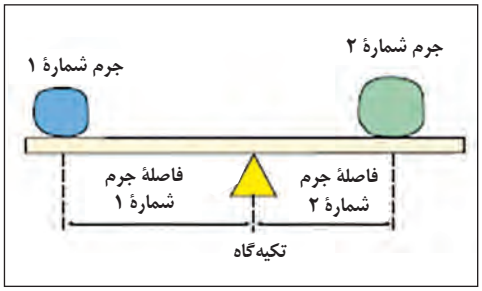
۸- توضیح دهید که چگونه می‌توان در اهرم‌ها به مزیت مکانیکی بزرگ‌تری دست یافت.

۹- شمشیر نمونه‌ای از اهرم‌های نوع ۳ است. توضیح دهید چرا؟

۱۰- برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودرو لازم است از آچار چرخ استفاده کنید. آچار چرخ، نوعی آچار با دستهٔ بلند است. به نظرتان می‌آید بلند بودن دستهٔ آچار چرخ چه دلیلی دارد؟

به کار بریم

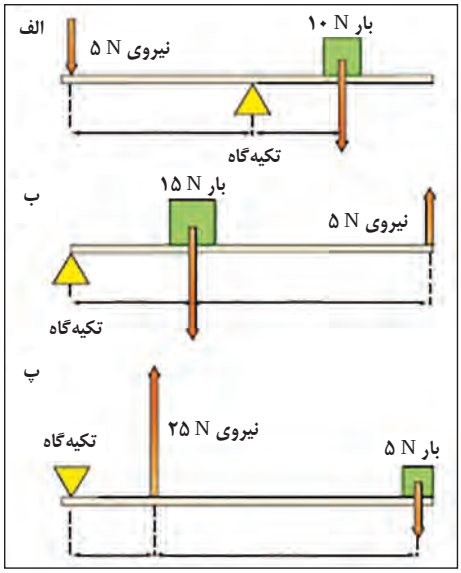
۱۱- شکل زیر الاکلنگی را نشان می‌دهد که با خط‌کش ساخته شده است. در طرفین این الاکلنگ جرم‌های مختلفی قرار داده شده است تا الاکلنگ دقیقاً در تعادل قرار گیرد. جدول را تکمیل کنید.



جرم شمارهٔ ۲	فاصلهٔ جرم شمارهٔ ۱ از تکیه‌گاه	جرم شمارهٔ ۱	فاصلهٔ جرم شمارهٔ ۲ از تکیه‌گاه
۶	۴	۸	
۶	۴		۱۲
۱		۱۲	۲
۱۰	۱	۵	
۳	۶		۹
۸		۴	۱۶

تحلیل کنیم

۱۲- تعیین کنید که هر یک از اهرم‌های شکل رو به رو از چه نوعی هستند، نوع ۱ یا نوع ۲ یا نوع ۳؟
سپس مزیت مکانیکی هر کدام را محاسبه کنید.



۱۳- تعیین کنید که هر یک از اهرم‌های زیر از نوع ۱ ، ۲ یا ۳ هستند؟

۱۴- مقایسه کنید:

الف) بزرگ‌کنندهٔ نیرو را یا بزرگ‌کنندهٔ سرعت

ب) اهرم‌های نوع ۱ و ۲ را با اهرم نوع ۳

ارزیابی کنیم

۱۵- کدام نوع از اهرم‌ها برای برداشتن بار مناسب‌تر است؟ دلیل پاسخ خود را توضیح دهید.

بسازیم

۱۶- می‌خواهید صخرهٔ سنگینی را جابه‌جا کنید و تنها چیزی که در اختیار دارید یک میلهٔ بلند فلزی و یک صخرهٔ کوچک‌تر است. با رسم شکل نشان دهید که صخره را چطور جابه‌جا می‌کنید. بار، تکیه‌گاه و نیرو را در شکل خود نشان دهید.

۱۷- طرحی از یک الاکلنگ رسم کنید. اگر شخص سبُکی در یک انتهای الاکلنگ نشسته باشد، یک شخص سنگین را کجای الاکلنگ می‌نشانید تا بین آنها تعادل برقرار شود؟ روی شکل خود، تکیه‌گاه، نیروهای محرک و مقاوم را نشان دهید.

۱۸- پوستری طراحی کنید که نشان دهد چطور در ورزش از اهرم‌های مختلف استفاده می‌شود.

۱۹- الف) مجموعه‌ای از تصاویر اهرم‌ها را در مجله‌ها، بروشورهای تبلیغاتی و روزنامه‌ها جمع‌آوری کنید.

ب) تعیین کنید که هر اهرم از نوع ۱ ، ۲ یا ۳ است؟

پ) نیروی محرک، تکیه‌گاه و نیروی مقاوم را در هر اهرم مشخص کنید.

پروژه‌های پژوهشی

ماهیچه‌ها تنها می‌توانند منقبض (یعنی کوتاه‌تر و ضخیم‌تر) و منبسط (یعنی بلندتر و نازک‌تر) شوند و با این کار، استخوان را بالا یا پایین ببرند. استخوان‌ها اهرم‌هایی هستند و ماهیچه‌ها نیروی لازم برای کنترل کردن آنها می‌باشند. در منابعی که در اختیار دارید (کتاب‌ها، دایرةالمعارف‌ها، اینترنت و ...) تصویری از ماهیچه‌های بدن بیابید.

فعالیت‌های عملی

الاکلنگ

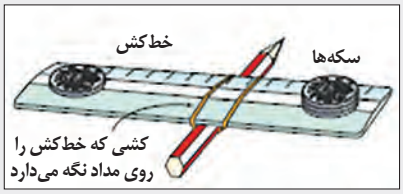
هدف:

بررسی الاکلنگ به عنوان یک اهرم

لوازم:

- هشت جرم کوچک (مثلاً سکه‌های بیست و پنج تومانی)
- یک خط‌کش
- یک تکیه‌گاه یا محور (یک مداد می‌تواند ایده‌آل باشد)
- یک کش

روش:



۱- مطابق شکل رو به رو یک الاکلنگ درست کنید.

۲- با استفاده از کش، خط‌کش را روی مداد محکم کنید.

۳- جدول نتایج زیر را در دفتر خود وارد کنید.

۴- چهار تا از جرم‌ها را روی انتهای سمت چپ خط‌کش و چهار تای دیگر را روی انتهای سمت راست طوری قرار دهید که الاکلنگ در تعادل باشد.

۵- در جدول زیر، فاصلهٔ هر مجموعه از جرم‌ها را از تکیه‌گاه الاکلنگ یادداشت کنید. آزمایش را با دو جرم در سمت چپ و سه جرم در سمت راست تکرار کنید.

۶- آزمایش را برای همهٔ جرم‌های دیگری که در جدول نشان داده شده تکرار کنید.

سمت راست			سمت چپ		
تعداد جرم‌ها× فاصله از تکیه‌گاه	فاصله از تکیه‌گاه	تعداد جرم‌ها	تعداد جرم‌ها× فاصله از تکیه‌گاه	فاصله از تکیه‌گاه	تعداد جرم‌ها
		۴			۴
		۲			۳
		۳			۴
		۲			۵
		۱			۶

■ بالا بردن کتاب

هدف:

بررسی ارتباط جایگاه تکیه‌گاه و نیرو در اهرم‌های نوع ۱

لوازم:

● خط‌کش بلند ● چوب‌پنبه پلاستیکی ● یک کتاب

روش:

۱- اهرم را به شکل روبه‌رو قرار دهید.

۲- با فشار دادن انگشت بر روی خط‌کش کتاب را بالا برید.

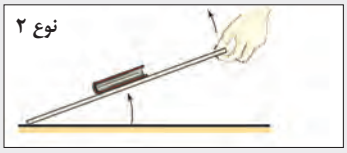
۳- حالا چوب‌پنبه را در فاصلهٔ نزدیک‌تری از کتاب قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.

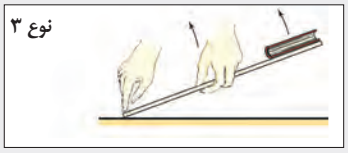
۴- آزمایش را یک‌بار دیگر تکرار کنید و این بار چوب‌پنبه را در انتهای دیگر خط‌کش و در فاصلهٔ زیاد از کتاب قرار دهید.

۵- جدول زیر را با استفاده از کلمات «بالا»، «متوسط» و «پایین» تکمیل کنید.

جایگاه چوب‌پنبه	نیروی لازم برای بالا بردن کتاب
بسیار دور از کتاب	
در میانهٔ اهرم	
نزدیک کتاب	

۶- حالا سعی کنید کتاب را مطابق شکل زیر با استفاده از اهرم‌های نوع ۲ و ۳ بالا ببرید.





پرسش‌ها

۱- هر سه شکل (اهرم‌های نوع ۱ ، ۲ و ۳) را در دفتر خود وارد کنید و نیروهای محرک و مقاوم را با فلش نشان دهید. هم‌چنین تکیه‌گاه را تعیین کنید.

۲- در اهرم نوع ۱، وقتی چوب‌پنبه را از کتاب دور کرده و به انگشتتان نزدیک کردید، مقدار نیروی لازم برای بالا بردن کتاب تغییر کرد. تحلیل کنید که چه اتفاقی افتاد.

۳- با استفاده از اصل اهرم‌ها توضیح دهید که چرا در اهرم‌های نوع ۱، بالا بردن کتاب آسان‌تر است اگر تکیه‌گاه به آن نزدیک و از انگشت شما دور باشد.

۴- ارزیابی کنید که بالا بردن کتاب با کدام اهرم از همه دشوارتر بود.

فعالیت‌های عملی

اهرم‌های نوع ۳

هدف:

بررسی یک اهرم نوع ۳

لوازم:

- خط‌کش بلند
- جرم یک کیلوگرمی
- نیروسنج
- یک آجر یا بلوک به عنوان تکیه‌گاه

روش:

۱- جدول زیر را در دفتر خود وارد کنید و بعد اهرم نوع ۳ نشان داده شده در شکل روبه‌رو را بسازید.

۲- با استفاده از نیروسنج، نیروی لازم برای بلند کردن بار به‌صورت آهسته را اندازه‌گیری کنید.

۳- اندازه‌گیری‌های خود را در جدول زیر وارد کنید. شاید لازم باشد قرائت‌های خود را از نیروسنج (که یکای نیوتون دارد) با تقسیم کردن بر ۱۰ به کیلوگرم تبدیل کنید.

۴- مزیت مکانیکی را برای هر اندازه‌گیری محاسبه کنید.

بار (kg)	فاصلهٔ بار از تکیه‌گاه (cm)	قرائت نیروسنج	مزیت مکانیکی	فاصلهٔ نیروسنج از تکیه‌گاه
۱	۱۰۰		۳۰	
۱	۱۰۰		۴۰	
۱	۱۰۰		۵۰	
۱	۱۰۰		۶۰	
۱	۱۰۰		۷۰	

پرسش‌ها

۱- مشخص کنید که کدام‌یک بزرگ‌تر بود، بار یا نیروی لازم برای بلند کردن آن.

۲- مشخص کنید که مؤثرترین اهرم کدام بوده است. پاسخ خود را توضیح دهید.

فعالیت‌های عملی

اهرم‌ها در کار

هدف:

بررسی تعدادی ماشین متداول و تعیین نوع اهرمی که در آنها به کار رفته است.

لوازم:

- دستگاه منگنه
- ناخن‌گیر
- قیچیِ کاغذ
- قیچی باغبانی
- فندق‌شکن یا گیرهٔ بزرگ کاغذ

روش:

۱- هر ماشین را به دقت رسم کنید.

۲- تکیه‌گاه، بار و جای وارد شدن نیرو را مشخص کنید.

۳- وظیفهٔ بخش‌های دیگر هر ماشین را مشخص کنید.

پرسش‌ها

۱- تعیین کنید هر اهرم از نوع ۱ است یا ۲ یا ۳.

۲- بگویید هر کدام از آنها بزرگ‌کنندهٔ نیرو است یا سرعت.

فعالیت‌های عملی

اهرم‌ها در بدن

هدف:

مدل کردن اهرم‌های موجود در بدن

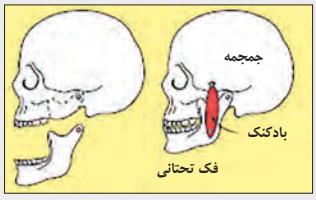
لوازم:

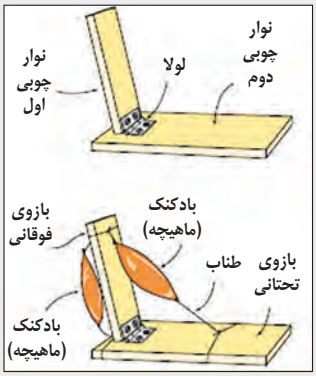
- مقوا
- گیرهٔ کاغذ
- سه عدد بادکنک
- طناب
- یک لولا و تعدادی پیچ
- چند تکه چوب

روش:

۱- با استفاده از مقوا، یک جمجمهٔ بزرگ مانند شکل بالا بسازید. با استفاده از یک گیرهٔ کاغذ استخوان فَک را به جمجمه لولا کنید و یک بادکنک باد نشده هم به عنوان ماهیچه‌ای که آن را کنترل می‌کند قرار دهید.

۲- با استفاده از شکل رو به رو بازوی انسان را به‌همراه استخوان‌ها و ماهیچه‌هایش مدل‌سازی کنید.





پرسش‌ها

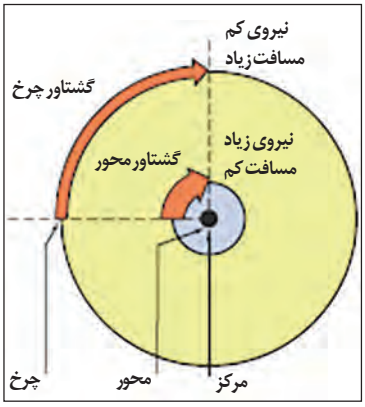
۱- توضیح دهید که وقتی فک مدل‌سازی شده باز و بسته می‌شود و یا بازوی مدل‌سازی‌شده خم و راست می‌شود چه اتفاقی می‌افتد.

۲- این مدل‌ها را با ماهیچه‌های واقعی که فک و بازوی واقعی را کنترل می‌کنند مقایسه کنید.

۳ ◀ چرخ‌ها، محورها و چرخ‌دنده‌ها

اغلب ماشین‌ها به‌جای حرکت‌های سادهٔ بالا – پایین که توسط سطوح شیب‌دار و اهرم‌ها تولید می‌شود، از حرکت دورانی یا چرخشی استفاده می‌کنند. ما با چرخ‌ها، محورها و چرخ‌دنده‌ها از اصل اهرم‌ها در زندگی خود استفاده می‌کنیم. شاید این‌طور به نظر نرسد، ولی واقعیت این است که بعضی شیرهای آب و دستگیره‌های درها چرخ هستند. چرخ‌دنده‌ها کاربردهای زیادی دارند، از دوچرخه گرفته تا قوطی بازکن.

چرخ‌ها قادرند هم نیرو و هم سرعت را بزرگ کنند.



بیشترین نیرو در محور حس می‌شود زیرا از همه کمتر حرکت می‌کند. لبهٔ چرخ کمترین نیرو را تجربه می‌کند زیرا از همه بیشتر حرکت می‌کند.

● چرخ‌ها

در مرکز هر چرخ یک محور قرار دارد. بیرونی‌ترین قسمت چرخ را لبه می‌نامیم. چرخ، درست مثل یک محور عمل می‌کند. وقتی چرخی می‌چرخد، لبهٔ آن در مقایسه با محور که فقط در جای خود می‌چرخد، هم مسافت بیشتری حرکت می‌کند و هم با سرعت بیشتری حرکت می‌کند.

چرخ‌ها به عنوان بزرگ‌کنندهٔ نیرو

درست مثل اهرم‌ها، از چرخ‌ها نیز می‌توان به منظور کاهش دادن نیروی لازم برای انجام کارها استفاده کرد. رقاصک (محور) دستگیرهٔ در یا شیر آب را نمی‌توان با انگشت چرخاند. دستگیرهٔ در و شیر آب می‌تواند یک اهرم یا یک «چرخ» باشد. نیروی کوچکی که انتهای دسته یا لبهٔ دستگیرهٔ در یا شیر آب را حرکت دهد، رقاصک را به‌راحتی می‌چرخاند و در یا شیر آب را باز می‌کند. چرخ به‌عنوان یک بزرگ‌کنندهٔ نیرو عمل می‌کند چراکه نیروی کوچک اِعمال شده بر لبهٔ آن، نیروی چرخشی

برخی دستگیره‌های در و پنجره‌ها اهرم‌اند. برخی هم چرخ و محور.

بزرگی را روی محور آن ایجاد کرده است. به عبارت دیگر، نیرو بزرگ شده‌است.

اثر چرخشی یک نیرو را **گشتاور** می‌نامند. گشتاور را می‌توان با ضرب کردن نیروی اِعمال شده در فاصلهٔ آن از مرکز چرخش به‌دست آورد. یکای گشتاور، نیوتون‌متر است (N.m).

تغییر دادن حرکت

وقتی یک حرکت چرخشی شروع می‌شود، اغلب باید جهت، سرعت و مکان آن را تغییر داد.

هواکش‌ها و پنکه‌ها افزایندهٔ سرعت هستند

چرخ‌ها به‌عنوان بزرگ‌کنندهٔ سرعت

چرخ‌ها را می‌توان به‌عنوان **بزرگ‌کنندهٔ سرعت** به‌کار برد. محوری که با سرعت کمی می‌چرخد محور را با سرعت بیش‌تری می‌چرخاند.

پره‌های یک پنکه یا یک ملخ باید بسیار سریع بچرخد تا مقدار هوای لازم برای خنک کردن یا حرکت دادن یک هواپیما را به حرکت در آورد.

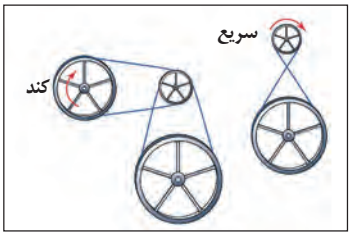
تسمه‌ها، ریسمان‌ها و زنجیرها

ساده‌ترین راه برای تغییر دادن سرعت، جهت یا مکان یک حرکت چرخشی این است که چرخ‌هایی با قطرهای مختلف را با ریسمان، تسمه یا زنجیر به هم وصل کنیم. چرخی که قطر کوچک‌تری دارد، اگر با تسمه‌ای به یک چرخ بزرگ‌تر متصل باشد، سریع‌تر و با نیروی بزرگ‌تری می‌چرخد.

تسمه پروانه در موتور اتومبیل چرخ‌هایی با اندازه‌های متفاوت را به هم متصل می‌کند.

● چرخ‌دنده‌ها

چرخ‌دنده چرخی است که دندانه‌های هم‌شکلی روی لبه‌اش دارد. چرخ‌دنده‌ها را می‌توان با زنجیری به هم وصل کرد یا مستقیماً با هم درگیرشان کرد. از چرخ‌دنده‌ها می‌توان برای تغییر دادن سرعت، گشتاور (به‌معنای نیروی چرخشی) یا جهت چرخش استفاده کرد. اگر چرخ‌دنده توسط محوری بچرخد، آن را چرخ‌دندهٔ محرک می‌نامند. اگر دندانه‌های چرخ‌دندهٔ دیگری (که چرخ‌دندهٔ مقاوم نام دارد) با چرخ‌دندهٔ محرک درگیر باشد، آن هم می‌چرخد، اما در جهت مخالف. سرعت چرخ‌دندهٔ مقاوم و گشتاوری که می‌تواند اعمال کند، به این بستگی دارد که چقدر از چرخ‌دندهٔ محرک بزرگ‌تر است.

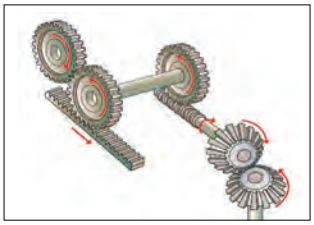


چرخ‌دنده‌های قطاری

چرخ‌دندهٔ قطاری عبارت است از تعداد دو یا چند چرخ‌دندهٔ متصل به هم. اگر چرخ‌دنده‌ها یکسان باشند، با سرعت یکسان ولی در جهات مختلف می‌چرخند. چنین چرخ‌دنده‌هایی را **چرخ‌دنده‌های موازی** می‌نامند.

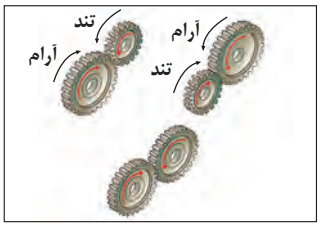
اگر چرخ‌دندهٔ محرک از چرخ‌دندهٔ مقاوم کوچک‌تر باشد، سریع‌تر می‌چرخد، یعنی چرخ‌دنده به‌عنوان بزرگ‌کنندهٔ سرعت عمل می‌کند. این عمل را بالا بردن دنده می‌نامند و برای زمانی مناسب است که چرخش‌های پر سرعت مطرح باشد، مثلاً در دریل، همزن آشپزخانه یا گیرهٔ تنظیم‌کنندهٔ وضوح تصویر در میکروسکوپ.

چرخ‌دنده‌ها را می‌توان با زنجیر هم به یک‌دیگر متصل کرد. در دوچرخه از این روش استفاده شده است.



چرخ‌دنده‌های گوناگون در یک ماشین کاربردهای متنوعی دارند اما درگیر با هم هستند، جهت حرکت یا اندازه سرعت را تغییر می‌دهند

در مته برقی و هم‌زن‌های آشپزخانه‌ها از چرخ‌دنده برای افزایش دادن سرعت استفاده می‌شود



چرخ‌دنده‌های قطاری گروهی از چرخ‌دنده‌ها هستند که با هم درگیر هستند. موازی، بالابرنده و پایین آورنده دنده

پایین آوردن دنده زمانی است که یک چرخ‌دندهٔ محرک کوچک یک چرخ‌دندهٔ بزرگ‌تر را با سرعت کم‌تری می‌چرخاند. گشتاور به‌کاررفته بزرگ می‌شود، که برای جاهایی که نیروی گشتاوری بزرگی نیاز باشد مناسب است. چرخ‌دنده‌های دوچرخه‌ها از این پدیده استفاده می‌کنند تا کار دشوار بالا رفتن از تپه‌ها را آسان‌تر کنند و شتاب گرفتن سریع در کنار چراغ‌های راهنمایی را ممکن کنند.

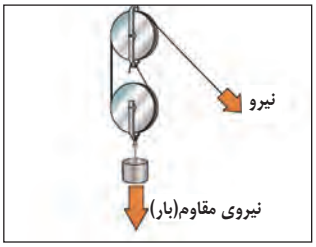
انواع متداول‌تر چرخ‌دنده‌هایی که معمولاً می‌بینید عبارت‌اند از چرخ‌دندهٔ شانه‌ای، چرخ‌دندهٔ هرزگرد (idler)، چرخ‌دندهٔ کِرمی و چرخ‌دندهٔ مخروطی. این چرخ‌دنده‌ها کارهای متفاوتی انجام می‌دهند ولی شیوهٔ کار کردنشان تقریباً یکسان است.

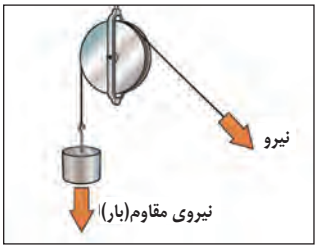
۴ ◀ قرقره‌ها

انسان‌ها معمولاً پایین بردن اجسام را آسان‌تر از بالا بردن آنها می‌دانند. وزن بدن شما نیرویی به سمت پایین است و به پایین بردن اجسام کمک می‌کند. از قرقره‌ها می‌توان برای تبدیل نیروی بالابرنده به نیروی پایین‌کشنده استفاده کرد.

قرقره‌های مرکب

وزنه‌های سنگین را می‌توان با کمک مجموعه‌ای از دو یا چند قرقره با نیروی کوچکی بالا برد. قرقره‌ها می‌توانند به‌عنوان بزرگ‌کنندهٔ نیرو عمل کنند، به این معنا که ما نیرویی را به آنها اعمال می‌کنیم و آنها آن را بزرگ می‌کنند و به این ترتیب است که می‌توانیم بارهای بزرگ‌تر را به کمک آنها برداریم.





یک ماشین دو قرقره‌ای می‌تواند باری را با نصف نیروی مقاوم بلند کند اما در عوض مسافت نیاز به دوبرابر شدن دارد

قرقره‌ها نیرو را چطور کاهش می‌دهند؟

تصور کنید که می‌خواهید یخچالی را ۲ متر بلند کنید و پشت کامیونی بگذارید. اگر از یک قرقره استفاده کنید، باید طناب را همان اندازه (یعنی ۲ متر) پایین بکشید. با این حال، اگر از یک جفت قرقره استفاده کنید، طولی که طناب باید کشیده شود دو برابر می‌شود، یعنی ۴ متر.

ولی فایده‌اش این است که به نیرویی نصف نیروی قبل نیاز دارید.

کار به معنای انرژی لازم برای جابه‌جا کردن یک جسم است:

کار = نیروی محرک × جابه‌جایی

هر قدر جابه‌جایی بیشتر باشد، نیروی لازم کمتر خواهد بود. این در واقع، شیوهٔ کار قرقره‌ها است که باید مقدار بیشتری کشیده شوند ولی با نیروی کوچک‌تری.

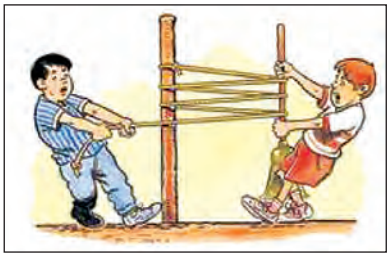
با استفاده از قرقره‌های مرکب، نیروی لازم کاهش می‌یابد، زیرا مزیت مکانیکی با تعداد قرقره‌ها ارتباط دارد.

پرسش‌ها

۱- یک قرقره را با چرخ‌دنده مقایسه کنید (فهرستی از شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان تهیه کنید.)

۲- با ترکیب قرقره‌ها سرعت افزایش می‌یابد یا نیرو؟ برای پاسخ‌تان دلیل بیاورید.

۳- اصطکاک در قرقره‌ها مزاحم است، توضیح دهید.



۴- با کمک شکل رو به رو یک مسابقه طناب‌کشی را طرح کنید که شما نمی‌توانید در آن ببازید. با اضافه شدن رقیب‌های بیشتر، شما بیشترین تعداد کسانی که می‌توانید شکست دهید را حساب کنید.

۵- به کمک منابع در دسترس، پژوهش کنید که در یک کارخانه اتومبیل‌سازی برای بالابرها و جرثقیل‌های ساده، قرقره‌ها چگونه به هم متصل می‌شوند. مدل‌هایی از هر آرایش، قرارگرفتن قرقره‌هایی که با آن اشیای سنگینِ واقعی را تکان می‌دهند، بسازید.

فعالیت‌های عملی

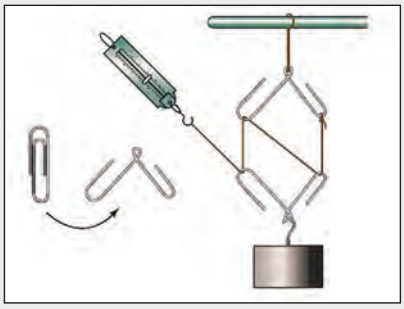
قرقره‌های گیره کاغذی

هدف:

مقایسهٔ قرقره‌های ساده و دوتایی ساخته شده با گیرهٔ کاغذ

مواد لازم:

- یک جرم (حدود ۱۰۰ گرم)
- نیروسنج
- پایه
- نخ کتان
- گیرهٔ کاغذ



روش:

۱- به کمک نیروسنج، وزن جرم را اندازه‌گیری کنید.

۲- به کمک شکل، دو قرقره با گیرهٔ کاغذ بسازید.

۳- مانند شکل، با نخ، جرم و پایه، ماشین قرقرهٔ مرکب را بسازید.

۴- نیروی لازم برای نگه داشتن یا بالا بردن جرم را به کمک نیروسنج اندازه بگیرید.

۵- این آزمایش را با جرم‌های مختلف انجام دهید.

پرسش‌ها

۱- بیان کنید با این ترکیب دو قرقره‌ای بالا و پایین بردن وزنه آسان‌تر یا سخت‌تر است؟

۲- این قرقره‌های گیره کاغذی به خوبی قرقره‌هایی با چرخ‌های متحرک نیست. چرا؟

۳- مزیت مکانیکی یک و دو قرقره گیره کاغذی را حساب کنید.

فعالیت‌های عملی

بخش‌هایِ طنابی

هدف:

ساختن یک ماشین قرقره‌ای با کمک مواد در دسترس

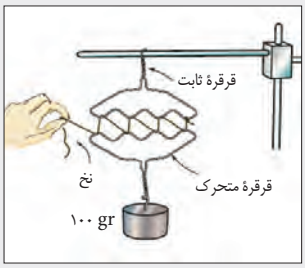
مواد لازم:

- میلهٔ فلزی که خم شود (چوب‌لباس‌های فلزی مناسبند)
- پایه و گیره
- نخ کتان یا مفتول
- یک جرم(وزنه‌ای حدود ۱۰۰ گرم)

روش:

- جدولی مشابه جدول زیر درست کنید.

تعداد نخ‌ها (ی بین دو قرقره)	جابه‌جایی وزنه (cm)	جابه‌جایی دست(cm)
۲	۵	
۴	۵	
۶	۵	
۸	۵	



۱- مانند شکل ماشین قرقره‌ایِ‌تان را بسازید.

۲- از ماشین‌تان برای بالابردن وزنه به اندازهٔ ۵ cm استفاده کنید. مقدار حرکت دستتان را برای جابه‌جایی وزنه، اندازه‌گیری کنید.

۳- آزمایش را تکرار کنید، اما با ۴، ۶ و سرانجام ۸ بخش شدنِ نخ‌های بین دو قرقره.

۴- آزمایش را با وزنه‌ها و یا جابه‌جایی‌های دیگر وزنه تکرار کنید.

پرسش‌ها

۱- توضیح دهید مسافتی که دستتان طی می‌کند با زیاد شدن نخ‌های بین دو قرقره چگونه تغییر می‌کند.

۲- ارزیابی خود را از مقدار نیروی محرک بیان کنید.

۳- به کمک دانسته‌های خود از رابطهٔ کار= نیرو × جابه‌جایی، پاسخ خود را توضیح دهید.

فناوری‌های بومی

کاربردها و استفاده‌های علم:

در دنیای باستان از فناوری‌های زمان خود در ساختن بناهای یادبود خود استفاده می‌کردند، بناهایی که بسیاری‌شان تا به امروز پابرجا مانده‌اند. آن‌ها از گوه برای شکافتن سنگ به منظور ساختن معابد و قبرهایشان استفاده می‌کردند، سپس سنگ را روی سورتمه یا چرخ‌های ساده‌ای که از تنهٔ درختان ساخته شده بود حمل می‌کردند. سرانجام سنگ توسط جرثقیل‌هایی که با زور بازو کار می‌کردند و متشکل از اهرم، و یا در مورد اهرام متشکل از سطوح شیب‌دار بود، بالا کشیده می‌شد.

بومیان استرالیا از ماشین‌های ساده سود می‌بردند، ولی نه برای ساختن بناهای یادبود مجلل، بلکه از شناختی که از نیروها و ماشین‌ها داشتند در شکار کمک می‌گرفتند.

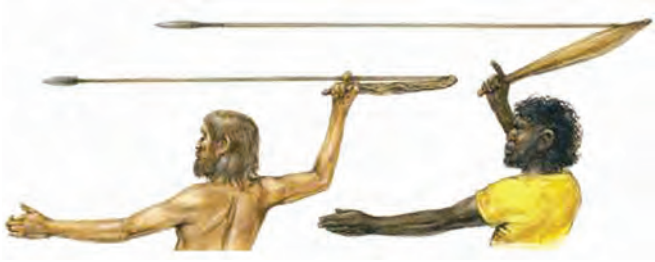
نیزه‌انداز و بومرنگ فناوری‌های ساده‌ای هستند که به‌وسیلهٔ بومیان استرالیایی توسعه یافته‌اند تا به آنها در شکار بهتر کمک کند. آنها با مشاهدهٔ دقیق و تمرین، مهارت لازم را برای ساختن آن به‌کار می‌گیرند

نیزه‌انداز

با این‌که گروه‌های مختلفی از بومیان، از طراحی یکسانی برای نیزه‌اندازهای خود استفاده می‌کردند، نام و شکل این وسیله از جایی به جای دیگر متفاوت بود. نیزه‌انداز، که در نیوساوت‌ویلز آن را با نام ووِمرا (وُمِرا / وامار) می‌شناختند، وسیلهٔ بسیار مؤثری برای سرعت دادن به نیزه بود؛ از این طریق که زمان تأثیر نیروی پرتاب‌کننده را بر نیزه افزایش می‌داد. نیزه‌اندازها بسته به این‌که در کجا شکل گرفتند، شکل‌های مختلفی دارند. اصلاح کردن شکل نیزه‌انداز آن را قادر می‌سازد که برای اهداف دیگر هم مورد استفاده قرار گیرد، نظیر بیلچه و تبر.

نیزه‌اندازها معمولاً از تکه چوبی ساخته می‌شدند که به دقت به شکلی طراحی شده بود که بشود در یک دست نگهش داشت. در انتهای دیگرش میخِ قلاب‌مانندی بود که از استخوان یا سنگ ساخته می‌شد. این میخِ قلاب‌مانند در سوراخی که در انتهای نیزه وجود داشت فرو می‌رفت و بعد به عنوان امتداد بازویِ مردِ پرتاب‌کننده، عمل می‌کرد.

نیزه‌انداز برای پرتاب نیزه از دو اهرم بهره می‌برد. هر دو اهرم به عنوان بزرگ‌کنندهٔ سرعت عمل می‌کنند و سرعت حرکت نیزه را در مقایسه با دست و بازوی پرتاب‌کننده افزایش می‌دهند.



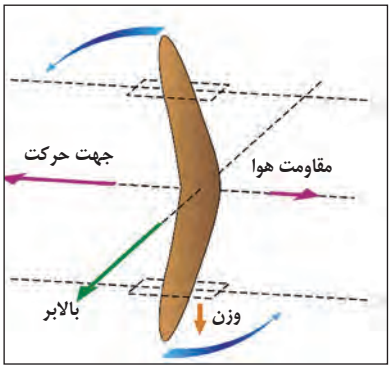
نیزه‌اندازهایی که بومیان استفاده می‌کنند، برای افزایش سرعتِ پرتابِ نیزه، هنگام شکار است

نقطهٔ قوت دیگر نیزه‌انداز این است که نیروی وارد شده بر نیزه مستقیماً در طول محور آن عمل می‌کند و به یک پرتاب‌کنندهٔ ورزیده اجازه می‌دهد که پرتاب بسیار دقیق داشته باشد.

چوب‌های پرتاب کنندهٔ بومرنگ

با این که بومرنگ را معمولاً نوعی وسیله‌ی تفریحی می‌دانند، ولی این وسیله ریشه در تکه چوبی دارد که برای شکار استفاده می‌شد. قبایل بومی مختلف، از اشکال متنوعی از چوب‌های بومرنگ مانند استفاده می‌کردند.

چرا بومرنگ برمی‌گردد؟



بومرنگ‌ها شکل‌ها و سطوح خمیده‌ی مختلفی دارند. این باعث می‌شود وقتی پرتاب می‌شوند، مسیر پروازشان متفاوت باشد. معمولاً یکی از سطوح بومرنگ مسطح است و دیگری خمیده. این ترکیب از سطوح را **ایروفویل** می‌نامند.

وقتی ایروفویل هوا را می‌شکافد نیروی بالابرنده‌ای ایجاد می‌کند که بومرنگ را با فشار در مسیری پیش می‌برد که سطح خمیده‌اش رو به آن است. از این منظر، بومرنگ شبیه بال هواپیما است که وقتی حرکت می‌کند، نیروی بالابرنده‌اش آن را در جهت سطح فوقانی و خمیدهٔ بال‌ها حرکت می‌دهد. و به این ترتیب، هواپیما به سمت بالا حرکت می‌کند.

بومرنگ به هلیکوپتر نیز شباهت دارد. عمل پرتاب سبب می‌شود بومرنگ درست مثل ملخ هلیکوپتر به‌سرعت بچرخد. این مسئله سبب می‌شود نیروی وارده بر هر یک از دو سطح بومرنگ متفاوت باشد، که باعث تغییر زاویهٔ بومرنگ در هوا می‌شود. این اثر ژیروسکوپی، بومرنگ را قادر می‌کند که در هوا معلق بماند و مسیر دایره‌ای شکلی را طی کند و به سمت پرتاب‌کننده‌اش بازگردد.