فصل ۵

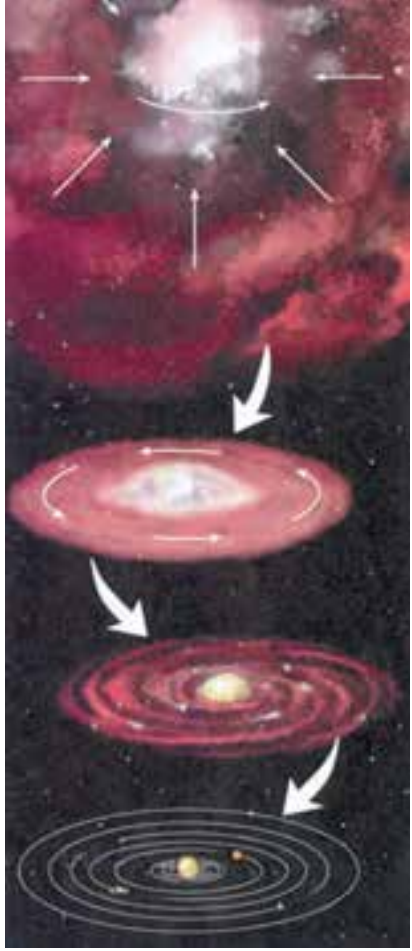
فراتر از زمین

کهکشان راه شیری

اگر در یک شب که آسمان صاف است به بالای سر خود نگاه کنید، ستارگان بی‌شماری را در آسمان می‌بینید. همه‌ی این ستاره‌ها و حتی بیش‌تر ستارگانی که باید آن‌ها را به‌کمک تلسکوپ دید، در کهکشان راه شیری قرار دارند. کهکشان راه شیری در شب‌های صاف به‌صورت ابری بسیار رقیق که از این سر آسمان به آن‌سر آسمان کشیده شده باشد مشاهده می‌شود. این کهکشان حدود ۱۰۰ میلیارد ستاره دارد. یکی از ستارگان کهکشان راه‌شیری، خورشید است که نه سیاره به دور آن در حال گردش‌اند و بیش‌تر آن‌ها، خود دارای تعدادی قمر هستند. گذشته از سیارات و قمرها، هزاران سیارک، شهاب و چندین دنباله‌دار به‌دور خورشید می‌چرخند. به خورشید و همه‌ی اجزایی که به دور آن می‌چرخند، **منظومه‌ی شمسی** می‌گویند.

منظومه‌ی شمسی

حدود ۱۰ میلیارد سال پیش، در قسمتی از فضا یک توده‌ی عظیم ابر مانند به‌وجود آمد که ۸۰ درصد آن هیدروژن، ۱۵ درصد آن هلیم و ۵ درصد بقیه، بیش‌تر، شامل گازهایی چون اکسیژن، نیتروژن، کربن و موادّ سنگین‌تری چون سیلیسیم، آلومینیم، آهن، منیزیم و کلسیم بود. این توده‌ی عظیم در حدود ۵ میلیارد سال پیش تحت تأثیر نیروی گرانشی شروع به متراکم شدن و چرخیدن کرد و پس از مدتی به شکل دو بشقاب که از لبه روی هم قرار گرفته باشند درآمد. بعد از مدتی بیش‌تر گازها



مراحل به‌وجودآمدن منظومه‌ی شمسی

در وسط این شکل جای گرفتند و خورشید را تشکیل دادند و موادّ سنگین‌تر، سیاراتی چون عطارد، زهره، زمین و مریخ را به‌وجود آوردند. بقیه‌ی مواد نیز که هم موادّ سنگین و هم موادّ گازی داشتند سیارات دیگر یعنی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون را به‌وجود آوردند. از این جهت، سیارات منظومه‌ی شمسی را به دو گروه زمینْ مانند (سیارات داخلی) و مشتری مانند (سیارات خارجی) تقسیم می‌کنند. در این تقسیم‌بندی نهمین سیاره یعنی پلوتو جای ندارد سیارات داخلی بیش‌تر از سنگ و فلز ساخته شده‌اند و نسبت به سیارات خارجی، اندازه‌های کوچکی دارند ولی سیارات خارجی اندازه‌های بزرگی دارند و بیش‌تر از موادّ مایع و گازند.

مقایسه کنید

چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی بین سیارات زمین مانند و مشتری مانند وجود دارد؟ (اعداد حفظ نشوند)

سیاره	قطر به کیلومتر	جرم یک سانتیمتر مکعب به گرم	مدت زمان گردش به دور خود	مدت زمان گردش به دور خورشید	سرعت حرکت کیلومتر بر ثانیه	اتمسفر	حالت (غالب)
عطارد	۴۸۷۸	۵/۴	۵۹ روز	۸۸ روز	تقریباً ۴۸	ندارد	جامد
زهره	۱۲۱۰۴	۵/۲	۲۴۳ روز	۲۲۵ روز	۳۵	رقیق	جامد
زمین	۱۲۷۵۶	۵/۵	حدود ۲۴ ساعت	۳۶۵ روز	۳۰	رقیق	جامد
مریخ	۶۷۹۴	۳/۹	حدود ۲۴/۵ ساعت	۶۸۷ روز	۲۴	رقیق	جامد
مشتری	۱۴۳۸۸۴	۱/۳	حدود ۱۰ ساعت	۱۲ سال	۱۳	غلیظ	مایع و گاز
زحل	۱۲۰۵۳۶	۰/۷	حدود ۱۰ ساعت	تقریباً ۳۰ سال	۹/۵	غلیظ	مایع و گاز
اورانوس	۵۱۱۱۸	۱/۲	حدود ۱۷ ساعت	تقریباً ۸۴ سال	۶/۸	غلیظ	مایع و گاز
نپتون	۵۰۵۳۰	۱/۷	حدود ۱۶ ساعت	تقریباً ۱۶۵ سال	۵/۴	غلیظ	مایع و گاز
پلوتو	۲۴۴۵			تقریباً ۲۴۸ سال	۴/۷		

خورشید

مشاهده‌ی اتمسفر خورشید زمانی ممکن است که خورشیدگرفتگی کامل اتفاق بیفتد.

خورشید ستاره‌ای است که ۷۳ درصد حجم آن را هیدروژن و ۲۵ درصد را هلیوم تشکیل داده است. قطر خورشید در حدود ۱/۴ میلیون کیلومتر (۱۱۰ برابر قطر زمین) است. خورشید، چنان داغ است که گازهای تشکیل‌دهنده‌ی آن به حالت درخشان درآمده‌اند. نوری هم که از آن به اطراف پخش می‌شود، به همین علت است. در سطح خورشید، قسمت‌های سردتری هم وجود دارد که تیره رنگند و به‌نام **لکه‌های خورشیدی** معروفند. دوام لکه‌ها بین چند روز تا چند ماه است.

منشأ گرمای خورشید، **واکنش‌های هسته‌ای** است. در این واکنش‌ها هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود و گرمای فراوانی را حاصل می‌آورد.

اجزای دیگر منظومه شمسی

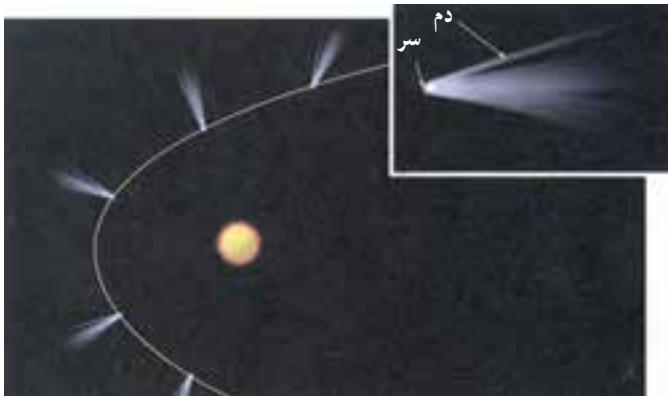
سیارک‌ها: اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهد که فاصله‌ی بین سیاره‌ی مریخ و سیاره‌ی مشتری بسیار زیاد است. هم‌چنین، بررسی‌ها نشان داده که در فاصله‌ی بین این دو سیاره، قطعات سنگی و فلزی بسیاری، که قطر آن‌ها از چند سانتی‌متر تا صدها کیلومتر متفاوت است و به آن‌ها سیارک می‌گویند، در روی یک مدار و در جهت حرکت سایر سیارات، به‌دور خورشید می‌گردند.

کمربند سیارکی در فاصله‌ی مریخ و مشتری. سیارک‌ها بیش‌تر از جنس آهنی یا سیلیکاتی‌اند.

شهاب: همه روزه زمین توسط هزارها قطعه سنگ آسمانی بمباران می‌شود. این قطعات، هنگام ورود به اتمسفر بر اثر اصطکاک با هوا، داغ و تبخیر می‌شوند. درصورتی هم که این سنگ‌ها بزرگ

باشند، می‌سوزند و نوری ایجاد می‌کنند که از زمین قابل مشاهده است. به این نورها **شهاب** و به قطعه سنگ‌های بزرگی که از اتمسفر هم می‌گذرند و روی زمین می‌افتند، **شهابسنگ** می‌گویند.

دنباله‌دارها: این اجرام، از جنس غبار و یخ‌اند و تا حدی به «گلوله‌ی برف گل‌آلود» شباهت دارند. بعضی از دنباله‌دارها را که به زمین نزدیک می‌شوند، می‌توان با چشم هم دید، اما بیش‌تر آن‌ها را باید با تلسکوپ ببینیم. وقتی دنباله‌دارها به خورشید نزدیک شوند، یخ آن‌ها بخار می‌شود و دم درازی به طول هزارها کیلومتر می‌سازد. دم همیشه در جهت مخالف خورشید قرار می‌گیرد.



مسیر حرکت یک دنباله‌دار

قمرها: از اجزای دیگر منظومه‌ی شمسی قمرها هستند که به دور سیارات می‌چرخند. به‌جز عطارد و زهره، بقیه‌ی سیارات منظومه‌ی شمسی حداقل یک قمر دارند. بزرگی بعضی از قمرها به بزرگی سیاره‌ای مانند عطارد است. کره‌ی ماه قمر کره‌ی زمین است. سنگ‌هایی که فضانوردان از ماه به زمین آورده‌اند نشان می‌دهد که موادّ سازنده‌ی این قمر مانند مواد سازنده‌ی زمین و سیارک‌هاست.

جمع‌آوری اطلاعات

درباره‌ی تعدادی قمرهای سیارات منظومه‌ی شمسی مطالبی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

فعالیت: تلسکوپ بسازید

شما با دو لوله‌ی مقوایی که یکی در داخل دیگری می‌لغزد و دو عدسی خوب با فاصله‌ی کانونی ۲ تا ۳ سانتی‌متر (برای عدسی چشمی) و ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر (برای عدسی دور از چشم) می‌توانید تلسکوپی حتی بهتر از تلسکوپ گالیله را بسازید. لازم است عدسی‌ها را طوری در

دهانه‌ی لوله‌ها نصب کنید که مسیر نوری هر دوی آن‌ها کاملاً در امتداد هم باشد. درضمن، اگر عدسی‌ها آکروماتیک باشند (نور را مانند منشور تجزیه نکنند) نتیجه‌ی بهتری می‌گیرید.

ستارگان

اگر شب‌های غیرمهتابی در نقطه‌ای دور از نور چراغ‌های شهر به آسمان نگاه کنید، ستاره‌های زیادی را می‌بینید که برخی پرنور و بعضی کم‌نورند. اگر تلسکوپ ساده، یا دوربین دوچشمی قوی داشته باشید و با آن به نقطه‌ای از آسمان نگاه کنید، ستاره‌های بیش‌تری را می‌بینید. اختراع تلسکوپ، علم اخترشناسی را متحول کرد. اخترشناسان، به کمک تلسکوپ و ابزارهای علمی مختلف و بهره‌گیری از دانش فیزیک، شیمی و ریاضیات، نکات زیادی را درباره‌ی ستاره‌ها دریافته‌اند. در زیر، به‌طور ساده با نمونه‌هایی از روش کار این دانشمندان آشنا می‌شوید.

نور: فاصله‌ی یک ستاره از زمین و جرم ستاره بر مقدار نور آن تأثیر دارند. پس وقتی ستاره‌ای پرنورتر از ستاره‌ی دیگر به‌نظر می‌رسد، معنایش آن است که یا جرم بیش‌تری دارد، یا فاصله‌ی کم‌تری با زمین دارد.

دما: ستاره‌ها با وجود آن‌که به‌صورت نقاط نورانی به چشم می‌آیند، در مقابل تلسکوپ‌های قوی، به رنگ‌های آبی مایل به سفید، سبز کم‌رنگ، زرد یا نارنجی مایل به قرمز دیده می‌شوند.

اخترشناسان، از روی رنگ هر ستاره، مقدار دمای سطحی آن را تعیین می‌کنند (مانند لامپ‌های برق و سیم ملتهب شده اجاق برقی). ستاره زرد رنگی مانند خورشید، نسبتاً داغ محسوب می‌شود و دمای سطحی آن را در حدود ۶۰۰۰ درجه می‌دانند. ستاره‌ی قرمز، سردتر است (۳۰۰۰ درجه). در عوض، ستاره‌های آبی بسیار داغند و دمای سطحی آن‌ها به ۲۰ تا ۳۵ هزار درجه می‌رسد.

ترکیب: تجزیه‌ی نور ستاره، اطلاعاتی هم درباره‌ی ترکیب آن در اختیار می‌گذارد. برای این‌کار از دستگاهی به‌نام **طیف‌نگار** استفاده می‌کنند. در سال قبل خواندید که با منشور می‌توان طیفی رنگی از نور

سفید ایجاد کرد. اما در طیف ستاره‌ها، نوارهای تیره‌ای هم وجود دارد. وجود این نوارها نشان می‌دهد که بعضی از طول موج‌های نور محو شده، یا آن‌که توسط گازهای موجود در اتمسفر ستاره **جذب** شده‌اند.

هر عنصر (هیدروژن، هلیوم، کلسیم و...) دارای نوارهای تیره‌ی مخصوص به خود است (مانند «بارکد» روی کالاها). در این صورت، با مشاهده‌ی طیف جذبی ستاره، می‌توان درباره‌ی ترکیب اتمسفر آن قضاوت کرد.

طرز ایجاد طیف جذبی

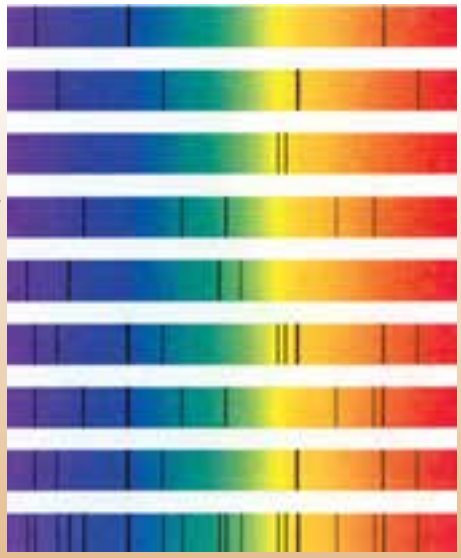
تفسیر کنید

با مشاهده‌ی طیف‌های روبه‌رو، ترکیب احتمالی ستاره‌های ۱، ۲ و ۳ را تعیین کنید.

ــ در ترکیب خورشید چه عناصری وجود دارد؟

ــ در کدام ستاره، کلسیم و در کدام‌یک سدیم یافت می‌شود؟

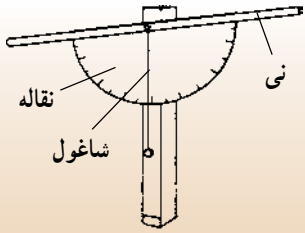
ــ ترکیب کدام ستاره به ترکیب خورشید شبیه است؟



بزرگی: بزرگی ستارگان بسیار متفاوت است. کوچک‌ترین آن‌ها کمی از زمین بزرگ‌تر است. بزرگ‌ترین ستاره‌ی شناخته شده، قطری حدود ۲۳۰۰ برابر قطر خورشید دارد.

فاصله: تعیین فاصله‌ی ستاره‌ها از زمین، یکی از مشکلات بزرگ اخترشناسان است. وقتی نمی‌توانیم به ستاره‌ای سفر کنیم، چگونه می‌توانیم فاصله‌اش را تعیین کنیم؟

فعالیت: زاویه‌یاب بسازید

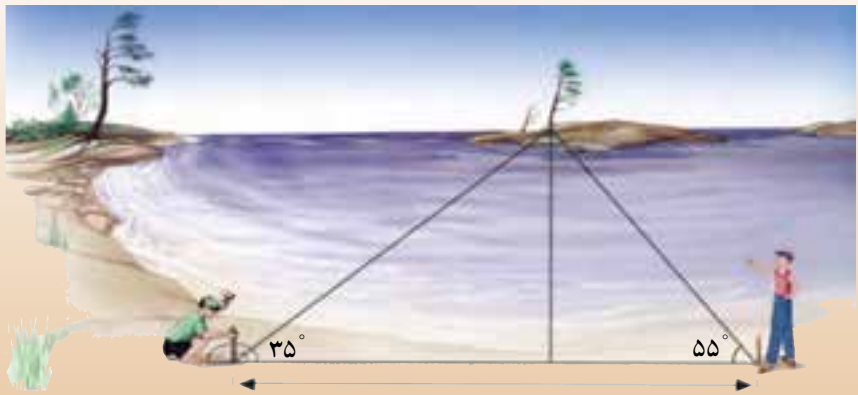


زاویه‌یاب ساده، با چسباندن یک نی آشامیدنی به قاعده‌ی نقاله ساخته می‌شود. به پیچی که از مرکز نقاله می‌گذرد و به پایه‌ی چوبی متصل است، یک شاغول بیاویزید. این شاغول، هم قائم بودن پایه را نشان می‌دهد، هم آن‌که با آن می‌توانید ارتفاع یک ستاره یا هر جسم دیگری را که از درون نی دیده می‌شود، اندازه‌گیری کنید.

یک روش مرسوم در این کار، به **مثلث‌بندی** معروف است. شما هم با انجام فعالیت زیر، می‌توانید با چگونگی کار آشنا شوید.

فعالیت

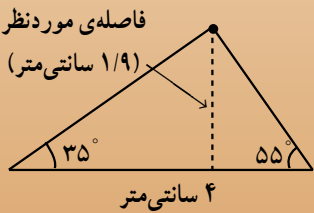
۱ــ در این تصویر، چگونگی اندازه‌گیری فاصله با جسمی که به‌طور مستقیم قابل دسترس نیست، نشان داده شده است.



ــ طرز کار را شرح بدهید.

ــ آیا اندازه‌ی خط پایه، می‌تواند در دقت اندازه‌گیری مؤثر باشد؟

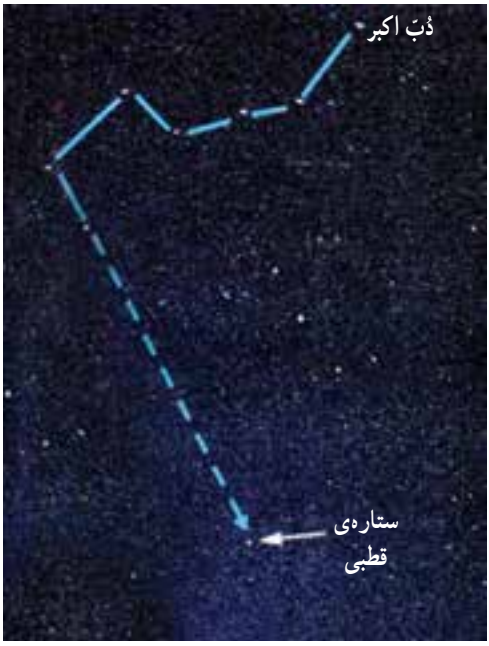
ــ ارزش تعیین مقیاس در چیست؟



۲ــ نظیر همین کار را در محل زندگی خود و با جسمی مانند یک درخت، ساختمان، برج و غیره تکرار کنید. فاصله‌ی به‌دست آمده را در کلاس با مقادیری که دیگران به‌دست آورده‌اند، مقایسه کنید.

صورت‌های فلکی

اجداد ما، براساس تصورات خود، ستارگانی را که در نزدیکی هم در آسمان می‌دیدند، در گروه‌های خاصی قرار می‌دادند و شکل‌های ویژه‌ای را هم برای آن‌ها درنظر می‌گرفتند. به این مجموعه ستارگان، نام عمومی **صورت فلکی** داده شده است. یونانی‌ها، اعراب، رومیان، مصری‌ها و چینی‌ها نام‌های خاصی برای هر صورت فلکی دارند (در ایران، هنوز نام‌های عربی کاربرد دارد). معروف‌ترین صورت فلکی، دُبّ اکبر است. امروزه، ۸۸ صورت فلکی در آسمان مشخص شده است.



صورت فلکی دُب اکبر

بیش‌تر بدانید

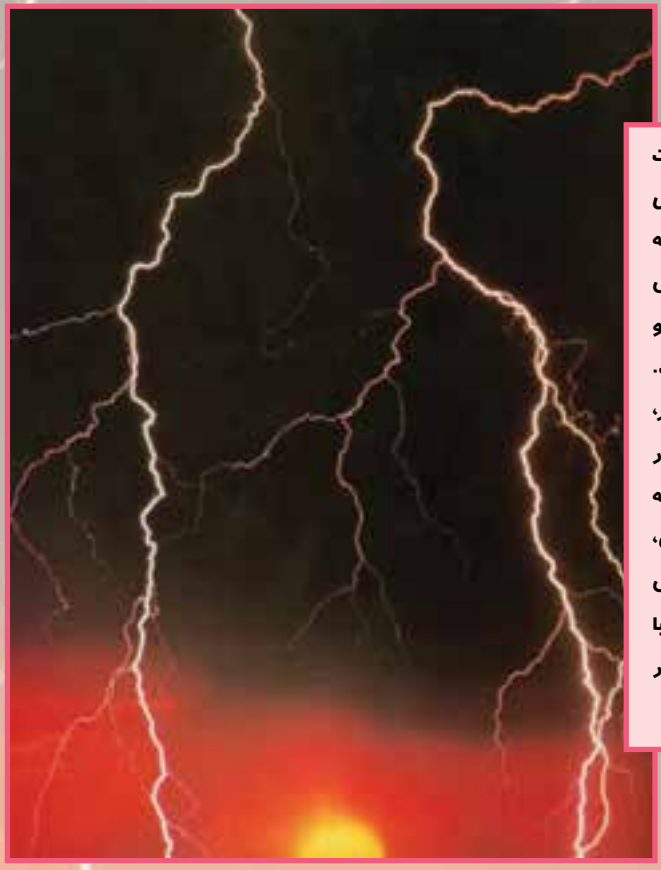
بجز خورشید، ۲ تا ۶ هزار ستاره‌ای که بدون استفاده از تلسکوپ و در طول سال در آسمان دیده می‌شوند، خارج از منظومه‌ی شمسی قرار دارند. اما، همه‌ی این ستاره‌ها متعلق به مجموعه‌ی بسیار بزرگی به‌نام کهکشان راه شیری‌اند که میلیاردها ستاره دارد و منظومه‌ی شمسی ما، تنها نقطه‌ی کوچکی از آن است.

کهکشان، مجموعه ستاره‌هایی است که دور یک مرکز می‌چرخند. در خارج از کهکشان راه شیری هم کهکشان‌های متعدد دیگری وجود دارند.

کهکشان‌ها به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند.

بخش سوم

انرژی، زندگی



در جهان امروز، بشر توانسته است انجام کارهای گوناگون را برای خویش آسان‌تر از گذشته سازد. این امر به مدد پیشرفت در دو شاخه‌ی اصلی علم فیزیک یعنی مکانیک و الکتریسیته صورت پذیرفته است. مکانیک به موضوعاتی هم‌چون کار، نیرو، انرژی، حرکت، شاره‌ها و فشار می‌پردازد. الکتریسیته نیز به موضوعاتی هم‌چون بارالکتریکی، جریان الکتریکی و اثرات آن در زندگی بشر مربوط می‌شود. در این بخش با این دو شاخه‌ی اصلی فیزیک بیش‌تر آشنا می‌شوید.

فصل ۶

کار، انرژی و توان

آیا تا به حال، جملاتی از این قبیل را شنیده‌اید :
«او به سختی **کار** می‌کند». «این کودک تمام روز را مشغول فعالیت و بالا و پایین پریدن بوده است. او این همه **انرژی** را از کجا می‌آورد؟»، «چه وزنه‌برداری! عجب **توانی** دارد!»
ما در زندگی، هر روز از واژه‌هایی مانند کار، انرژی، نیرو، توان، قدرت و ... بسیار استفاده می‌کنیم. این واژه‌ها در ورزش، صنعت، حمل و نقل و بسیاری از امور دیگر، با معنای خاص خود، مورد استفاده قرار می‌گیرند امّا در عرصه‌ی علم، به‌ویژه در زمینه‌ی خاصی از علم که فیزیک نامیده می‌شود و به بررسی موضوعاتی چون انرژی، نیرو، حرکت، نور، الکتریسیته، صوت، گرما و ... می‌پردازد معنای خاص علمی خود و تعریفی دقیق دارند. گاهی این تعریف‌ها با آن‌چه که روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد بسیار شبیه است و گاهی نیز بین آن‌ها تفاوت چشم‌گیری وجود دارد.
در این قسمت، با مفهوم دقیق بعضی از این واژه‌ها چون کار، توان، انرژی، ماشین و ... و کاربردهای آن‌ها در زندگی آشنا خواهید شد.

کار

برای پی‌بردن به مفهوم کار بهتر است ابتدا به معناهای مختلفی که در زندگی روزانه برای این واژه در نظر گرفته می‌شود توجه کنیم. با انجام فعالیت زیر می‌توانید به معناهای مختلف این واژه پی‌ببرید.

فکر کنید

عبارت‌های زیر را بخوانید. به نظر شما در هر جمله «کار» به چه معنایی به کار رفته است؟
«الان کار دارم، بعد به شما تلفن خواهم کرد.»
«کار من تولید وسایل و ابزارآلات کشاورزی است.»
«چه کار می‌کنی؟ در حال فکرکردن روی مسئله‌ی هندسه‌ام هستم.»
«با وجود دوندگی فراوان، نتوانستم هیچ کاری انجام دهم.»
سعی کنید چند جمله‌ی دیگر بنویسید که واژه‌ی کار در آن‌ها معنای متفاوتی داشته باشد.

در علم فیزیک، کار دقیقاً همان معنایی را که روزانه از آن استفاده می‌کنیم ندارد ؛ مثلاً گاهی، می‌گوییم «هیچ کاری انجام نشده است» درحالی‌که از نظر فیزیکی «کار» انجام شده است. (مانند جمله‌ی آخر از عبارت‌های صفحه‌ی قبل) و برعکس، گاهی از نظر فیزیکی کاری انجام نشده است امّا در کاربرد معمولی واژه‌ها، ما از واژه‌ی کار استفاده می‌کنیم (مانند عبارت سوم).

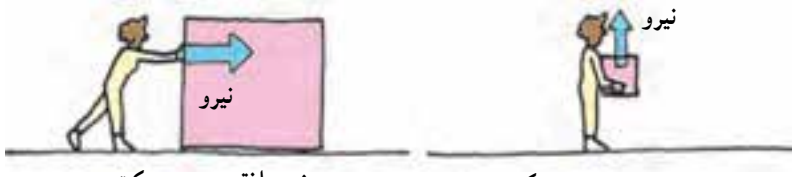
شما در سال‌های پیش، با مفهوم نیرو آشنا شده‌اید. می‌دانید وقتی به یک جسم ساکن نیرو وارد شود، ممکن است جسم در جهتی که نیرو بر آن وارد می‌شود به حرکت درآید. در این صورت می‌گوییم، نیرو روی جسم کار انجام داده است.

به شکل‌های زیر نگاه کنید و بگویید در هرکدام، آیا کار انجام می‌شود؟ چرا؟

نیرو عمودی، حرکت عمودی　　نیرو افقی، حرکت افقی

البته فقط در هنگام به حرکت درآوردن اجسام ساکن کار انجام نمی‌شود. بلکه اگر نیرویی بر یک جسم متحرک نیز وارد شود، ممکن است سرعت یا جهت حرکت جسم، درجهت وارد شدن نیرو تغییر کند. در چنین حالتی هم کار انجام می‌شود. مثلاً وقتی بر پدال گاز یک اتومبیل در حال حرکت، فشار بیش‌تری وارد می‌کنیم، نیروی موتور اتومبیل سبب می‌شود که سرعت اتومبیل افزایش یابد. در این حالت بر روی اتومبیل کار انجام شده است.

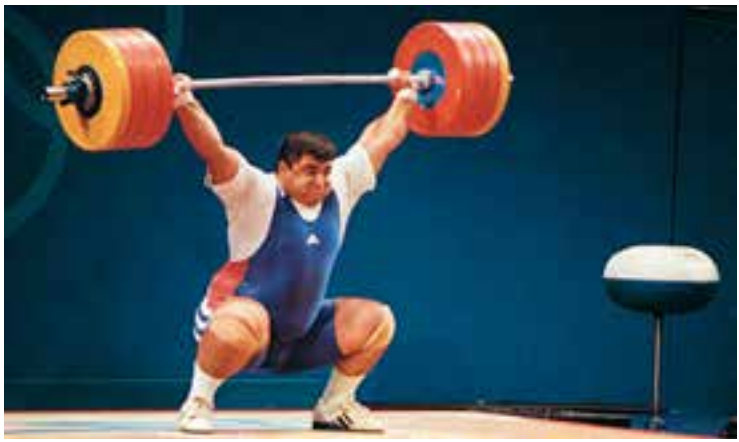
گاهی بر یک جسم نیرو وارد می‌شود ولی، چون جسم به حرکت درنمی‌آید، درواقع کاری انجام نشده است.



نیرو عمودی، بدون حرکت　　نیرو افقی، بدون حرکت

برای مثال وقتی یک وزنه‌بردار، وزنه‌ای را از روی زمین بلند می‌کند و به بالای سرش می‌برد، کار انجام می‌دهد امّا زمانی که وزنه را بالای سر خود نگه می‌دارد، دیگر از نظر فیزیکی کاری انجام نداده است. ممکن است تصور کنید که در این حالت وزنه‌بردار انرژی مصرف می‌کند

و درنتیجه، به سرعت خسته می‌شود. بله، این امر کاملاً درست است امّا باید توجه داشت که در این حالت، انرژی وزنه‌بردار صرف فعالیت‌های داخلی بدن او می‌شود ولی بر روی جسم کاری انجام نمی‌شود ؛ زیرا جسم در این حالت ساکن است و هیچ‌گونه حرکتی ندارد. وقتی برای بلندکردن یک وزنه یا نگه‌داشتن آن تلاش می‌کنید، ماهیچه‌های شما مرتباً بر اثر پیام‌های عصبی‌ای که از مغز دریافت می‌کند منقبض می‌شود. در ماهیچه‌ها با هر بار انقباض، مقدار بسیار کمی کار انجام می‌شود. در طول چند ثانیه، تعداد انقباض‌ها به هزاران بار می‌رسد و درنتیجه، در مجموع مقدار بسیار زیادی کار انجام می‌شود.



وقتی وزنه‌بردار وزنه را بالای سر خود نگه می‌دارد، بر روی وزنه کار انجام نمی‌شود.

بحث کنید

در کدام‌یک از موارد زیر کار انجام می‌شود؟ چرا؟

ــ شخصی از نردبان بالا می‌رود ؛

ــ هنگام بالارفتن از نردبان، وزنه‌ای را با خود حمل می‌کند ؛

ــ شخصی روی صندلی می‌نشیند ؛

ــ جرثقیل، باری را به درون کامیون منتقل می‌کند ؛

ــ قطعه‌ای آهن به‌وسیله‌ی ارّه به دو قسمت تقسیم می‌شود ؛

ــ دانش‌آموزی کیف خود را با دو دست بالای سرش نگه می‌دارد ؛

ــ چرخ اتومبیلی در جوی می‌افتد و همه تلاش می‌کنند تا آن‌را بیرون بیاورند اما موفق نمی‌شوند ؛

ــ جریان آب تخته‌سنگ‌های بزرگ را نمی‌تواند جابه‌جا کند امّا ذرات گل‌ولای را با خود حمل می‌کند.

هم‌چنین گاهی نیرویی بر یک جسم وارد می‌شود امّا جسم در جهت واردشدن نیرو حرکت نمی‌کند ؛ مثلاً، فردی را در نظر بگیرید که جعبه‌ی چوبی سنگینی را در دست دارد و آن را در جهت افقی حرکت می‌دهد.

در این حالت، فرد دو نیرو بر جسم وارد می‌کند ؛ یک نیرو درست برابر با نیروی وزن جسم امّا در جهت بالا (خلاف جهت گرانش) به منظور نگه‌داشتن جسم و جلوگیری از افتادن آن بر روی زمین و نیروی دیگری به صورت افقی به منظور به حرکت در آوردن جسم به طرف جلو.

نیروی اوّل کاری انجام نمی‌دهد ؛چون در جهت وارد شدن آن، جسم جابه‌جا نمی‌شود. امّا نیروی دوم، یعنی نیرویی که از سوی فرد برای به حرکت در آوردن جسم به طرف جلو وارد می‌شود، کار انجام می‌دهد.

بیش‌تر بدانید

شاید تصور کنید «همیشه وقتی جسمی در حال حرکت است حتماً کار انجام می‌شود». این تصور در موارد زیادی درست است امّا همیشه این طور نیست؛ مثلاً، فضاپیمایی را در نظر بگیرید که در فضاهای دوردست بدون این‌که هیچ نیرویی جلوی حرکت آن را بگیرد، بدون هیچ گونه اصطکاکی در فضای بی‌کران در حال حرکت است. در چنین حالتی، چون هیچ نیرویی سبب کُندشدن حرکت جسم نمی‌شود، جسم هم‌چنان با سرعتی ثابت و در جهتی معین به حرکت خود ادامه می‌دهد. در این حالت، گرچه جسم در حال حرکت است امّا کاری انجام نمی‌شود؛ زیرا طبق تعریف کار «هرگاه نیرویی بر جسمی وارد شود و در حرکت جسم در جهتی که نیرو وارد شده است تغییر ایجاد شود، کار انجام شده است». روشن است که بر این جسم نیرویی وارد نمی‌شود و در حرکت آن نیز هیچ‌گونه تغییری صورت نمی‌گیرد؛ پس می‌توان گفت که کاری بر روی جسم انجام نمی‌شود.

حرکت آزادانه‌ی اجسام در فضای بی‌کران انجام کار محسوب نمی‌شود.

محاسبه و اندازه‌گیری کار

آیا مقدار کاری که برای انجام فعالیت‌های مختلف انجام می‌شود، یکسان است؟

آیا می‌دانید مقدار کاری که انجام می‌شود به چه عواملی بستگی دارد؟

تفسیر کنید

با توجه به دو عبارت زیر مشخص کنید که مقدار کار انجام شده به چه عواملی بستگی دارد :

۱ــ وقتی یک وزنه‌بردار، وزنه‌ی ۱۵۰۰ نیوتونی (حدوداً ۱۵۰ کیلوگرمی) را بلند می‌کند، نسبت به هنگامی که وزنه‌ی ۱۲۰۰ نیوتونی را به بالای سر می‌برد کار بیش‌تری انجام می‌دهد.

۲ــ وزنه‌بردار برای بلندکردن وزنه تا بالای سر نسبت به بلندکردن آن تا مقابل سینه‌ی خود، باید کار بیش‌تری انجام دهد.

برای محاسبه‌ی مقدار کار انجام شده می‌توان از معادله‌ی زیر استفاده کرد :

$$\text{کار} = \text{نیرو} \times \text{جابه‌جایی}$$

این معادله نشان می‌دهد که مقدار کار انجام‌شده روی یک جسم به میزان نیرویی که بر جسم وارد می‌شود و کار انجام می‌دهد و نیز اندازه‌ی جابه‌جایی جسم بستگی دارد و هرچه این دو بیش‌تر باشند، مقدار کار انجام شده نیز بیش‌تر است.

در این معادله، نیرو برحسب نیوتون (N)، جابه‌جایی برحسب متر (m) و مقدار کار برحسب ژول (J) است.

یادآوری: هنگام استفاده از معادله‌ی کار، باید نیرو را برحسب نیوتون بیان کرد. به خاطر داشته باشید که وزن هر جسم بر روی زمین، نیروی گرانشی است که از طرف زمین بر آن جسم وارد می‌شود و از نظر عددی، تقریباً مساوی با ده برابر جرم آن جسم برحسب کیلوگرم است ؛ یعنی :

$$\text{وزن جسم برحسب نیوتون} = \text{جرم جسم برحسب کیلوگرم} \times ۱۰$$

محاسبه کنید

به مثال زیر توجه کنید : پدری هنگام بازی با فرزند خردسالش، او را به آرامی از زمین تا بالای سر خود بلند می‌کند. وزن کودک ۱۵۰ نیوتون و ارتفاعی که پدر، کودک را بلند می‌کند حدود ۲ متر است. پدر برای بلندکردن کودک، چه مقدار کار انجام می‌دهد؟

۱ــ اطلاعات به‌دست‌آمده از مسأله را می‌نویسیم :

نیرو $= ۱۵۰N$

جابه‌جایی $= ۲m$

۲ــ معادله‌ی کار را یادداشت می‌کنیم. کار = نیرو × جابه‌جایی

۳ــ اطلاعات خود را در معادله جای‌گزین می‌کنیم و مقدار کار را به‌دست می‌آوریم :

کار $= ۱۵۰N \times ۲m = ۳۰۰J$

مسأله‌های زیر را حل کنید :

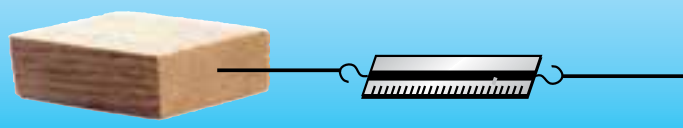
۱ــ سیبی به وزن یک نیوتون از شاخه‌ای به ارتفاع ۱ متر بر زمین می‌افتد. محاسبه کنید چه مقدار کار به‌وسیله‌ی نیروی جاذبه‌ی زمین (گرانش) بر روی سیب انجام شده است.

۲ــ دوچرخه‌ای بر اثر نیروی اصطکاک ۱۲۵ نیوتونی بین چرخ‌های آن و زمین، پس از ۱۴ متر جابه‌جایی، متوقف می‌شود. محاسبه کنید نیروی اصطکاک چه مقدار کار انجام داده است.

۳ــ یک مکانیک اتومبیل به‌وسیله‌ی یک بالابر روغنی، اتومبیلی به جرم ۱۲۰۰ کیلوگرم را نیم‌متر از سطح زمین بلند می‌کند. بالابر چه اندازه کار روی اتومبیل انجام داده است؟

اندازه‌گیری کنید

قطعه‌چوبی را به یک نیروسنج متصل کنید و آن‌را روی سطح افقی یک میز، به آرامی به‌اندازه‌ی یک متر جابه‌جا نمایید. هنگام حرکت به نیروسنج نگاه کنید و مقدار نیروی وارد بر چوب را در زمان حرکت بخوانید. سپس مقدار کار انجام شده روی چوب را محاسبه کنید. چه نیرویی این کار را انجام داده است؟ این آزمایش را روی سطح شیبدار نیز انجام دهید.



کار و انرژی

از سال‌های قبل با انرژی‌های گوناگون هم چون انرژی پتانسیل، جنبشی، الکتریکی، تابشی، مکانیکی، صوتی، گرمایی، شیمیایی و هسته‌ای آشنا شدید. هم‌چنین، دانستید که برای اندازه‌گیری انرژی از یکای ژول استفاده می‌شود ؛ مثلاً، اگر جسمی به وزن یک نیوتون در فاصله‌ی یک‌متری سطح زمین قرار داشته باشد، مقدار انرژی پتانسیل گرانشی آن نسبت به سطح زمین برابر با یک ژول است.

فکر کنید

آیا می‌دانید از یکسان بودن یکای اندازه‌گیری انرژی و یکای اندازه‌گیری کار (ژول) چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

بیش‌تر بدانید

یکای اندازه‌گیری انرژی و کار به افتخار جیمز ژول (۱۸۸۹ــ۱۸۱۸ میلادی)، فیزیک‌دان انگلیسی، ژول نامیده شد. ژول برای نشان‌دادن این موضوع که گرما شکلی از انرژی است، آزمایش‌های فراوانی انجام داد. آزمایش‌های ژول و چند دانشمند دیگر، یکی از قانون‌های اصلی علم به نام «قانون پایستگی انرژی» را به وجود آورد. این قانون بیان می‌کند که «انرژی در واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی خلق و نابود نمی‌شود بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌گردد». شما در سال اوّل راهنمایی با این قانون آشنا شدید.

انرژی و کار به یک‌دیگر کاملاً مربوطند ؛ به‌طوری‌که می‌توان گفت : هرگاه کاری انجام شود ممکن است حالت‌های زیر برای انرژی پیش آید :

۱ــ هنگام انجام کار، انرژی از صورتی یا نوعی به صورت یا نوع دیگر تبدیل می‌شود ؛

انرژی پتانسیل گرانش به انرژی جنبشی — انرژی شیمیایی به انرژی پتانسیل گرانشی — انرژی شیمیایی (بدن) به گرما (در اثر اصطکاک)

۲ــ هنگام انجام کار، انرژی از یک جسم به جسم دیگر انتقال یابد.

پس از برخورد — در هنگام برخورد کار انجام می‌شود — قبل از برخورد

انرژی جنبشی از یک جسم به جسمی دیگر منتقل می‌شود.

تمرین

برای هریک از دو حالت بالا چند مثال ذکر کنید. با هم‌کلاسی‌های خود درباره‌ی مثال‌هایی که یافته‌اید بحث و گفت‌وگو نمایید.

در فیزیک انرژی چنین تعریف می‌شود : «انرژی توانایی انجام کار است».

طبق این تعریف، اگر جسمی انرژی داشته باشد، می‌تواند کار انجام دهد. البته گاهی یافتنِ راهی برای عملی ساختن این امر، بسیار مشکل است ؛ یعنی، بعضی اوقات ممکن است جسمی انرژی داشته باشد امّا آزادسازی انرژی آن و به‌حرکت درآوردن اجسام به‌وسیله‌ی آن کار آسانی نباشد ؛ مثلاً در هسته‌ی اتم‌ها انرژی فراوانی ذخیره شده است امّا آزادسازی این انرژی و انجام کار به‌وسیله‌ی آن نیازمند فنّاوری در سطح بالاست. قابل ذکر است که انسان‌ها تنها در قرن اخیر توانسته‌اند به‌طور بسیار محدود از آن استفاده کنند.

همان‌طورکه گفته شد، کار و انرژی ارتباط بسیار نزدیکی با یک‌دیگر دارند ؛ به‌طوری‌که می‌توان گفت هرگاه کاری انجام می‌شود، حتماً انجام کار با تبدیل انرژی همراه است و یا انرژی از جسمی به جسم دیگر انتقال یافته است. هم‌چنین، هرگاه جسمی دارای انرژی باشد می‌توان در صورت ایجاد شرایط مناسب به کمک آن انرژی جسمی را به حرکت درآورد.

یک پله بالاتر

در بالون‌های سرنشین‌دار، مشعل، هوای گرم را به درون بالون می‌فرستد و آن‌را به‌طرف بالا به حرکت درمی‌آورد. بالون پس از سردشدن، به سمت پایین حرکت می‌کند.

۱ــ به نظر شما در کدام حالت ــ حرکت رو به بالا یا حرکت رو به پایین ــ کار انجام می‌شود؟ چرا؟

۲ــ در هریک از حالت‌ها، کدام انرژی سبب انجام کار شده است؟

بیش‌تر بدانید

مقدار انرژی موجود در مواد غذایی معمولاً برحسب کیلوژول ($1kJ = 1000J$) بیان می‌شود. این عدد، مقدار انرژی شیمیایی‌ای را که در یک ماده‌ی غذایی قابل آزادشدن است، نشان می‌دهد؛ مثلاً، یک قطعه شیرینی خامه‌ای متوسط در حدود ۹۰۰ کیلوژول انرژی دارد. شما با خوردن این قطعه شیرینی، می‌توانید ۹۰۰ کیلوژول کار انجام دهید (محاسبه کنید که با این مقدار انرژی چه کارهایی می‌توان انجام داد). این انرژی در صورت مصرف‌نشدن، در بافت‌های چربی بدن به شکل انرژی شیمیایی ذخیره می‌شود. بنابراین پرخوری و عدم فعالیت می‌تواند به افزایش بافت‌های چربی کمک کند.

توان، سرعت انجام کار

هنگام بالا دویدن از پله‌ها، درست به‌اندازه‌ی بالا رفتن آهسته و قدم به قدم ، کار انجام می‌شود. هم‌چنین کار انجام شده به وسیله‌ی دو دونده‌ی دوی صدمتر تقریباً با هم برابر است درحالی‌که فقط یکی از آن‌ها به‌عنوان برنده اعلام می‌شود. با توجه به مثال‌های بالا بگویید تفاوت بین کار انجام شده در دو حالت متفاوت در چیست؟

در زندگی ما مدت زمانی که طول می‌کشد تا کاری معین انجام شود، یکی از عوامل مهم در انجام آن کار به‌شمار می‌آید. ما این عامل را در فیزیک با نام **توان** می‌شناسیم. توان به‌معنی سرعت انجام کار است ؛ به عبارت دیگر، توان نشان‌دهنده‌ی میزان کار انجام شده در واحد زمان است. سرعت انجام کار به‌وسیله‌ی دونده‌ای که مسیر مسابقه را زودتر طی می‌کند، بیش‌تر است. به عبارت دیگر توان این دونده از دونده‌ی دیگر بیش‌تر است.

برای محاسبه‌ی توان از معادله‌ی زیر که به آن معادله‌ی توان می‌گوییم استفاده می‌کنیم :

$$\text{توان} = \frac{\text{مقدار کار انجام شده}}{\text{زمان انجام کار}}$$

در این معادله، مقدار کار انجام شده برحسب ژول (J)، مقدار زمان انجام کار برحسب ثانیه(s) و توان برحسب وات (W) است. یک وات توان ماشینی است که در مدت یک ثانیه یک ژول کار انجام می‌دهد ؛ مثلاً اگر فردی یک وزنه‌ی یک نیوتونی (تقریباً ۱۰۰ گرمی) را در مدت یک ثانیه از زمین به ارتفاع یک متری بالا ببرد، توان او در هنگام انجام این کار برابر با یک وات است (چرا؟).

یادآوری: همان‌طورکه $1kJ = 1000J$ است، برای وات نیز می‌توان نوشت $1kW = 1000W$.

محاسبه کنید

به مثال زیر توجه کنید :

یک بالابر در مدت ۲۰ ثانیه برای بالابردن یک جسم به اندازه‌ی ۱۰۰ کیلوژول کار انجام می‌دهد. توان این بالابر را محاسبه کنید.

۱ــ اطلاعات به‌دست‌آمده از مسأله را می‌نویسیم : $\text{کار} = 100kJ = 100,000J$

$\text{زمان} = 20\ s$

۲ــ معادله‌ی توان را یادداشت می‌کنیم : $\text{توان} = \frac{\text{کار}}{\text{زمان}}$

۳ــ اطلاعات خود را در معادله، جای‌گزین و توان را محاسبه می‌کنیم :

$$\text{توان} = \frac{\text{(ژول) } ۱۰۰۰۰۰}{\text{(ثانیه) } ۲۰} = ۵۰۰۰\text{W}$$

به این ترتیب، توان بالابر در این مسأله ۵ kW است.

مسأله‌های زیر را حل کنید :

۱ــ احمد هنگام بلندکردن یک اتومبیل با جک روغنی، ۵۳۵۰ ژول کار در مدت ۵۰ ثانیه انجام می‌دهد. توان احمد هنگام انجام این کار چه‌قدر است؟

۲ــ تصور کنید یک جعبه‌ی ۳۰۰ نیوتونی در اختیار دارید. توان خود را در دو حالت زیر محاسبه کنید :

الف ــ در مدت ۲۰ ثانیه، با یک نیروی ۶۰ نیوتونی جعبه را به مسافت ۱۲ متر روی زمین افقی جابه‌جا می‌کنید.

ب ــ در مدت ۳ ثانیه، جعبه را از روی زمین بلند می‌کنید و روی سکویی به ارتفاع ۱/۵ متر می‌گذارید.

۳ــ در یک نیروگاه برق در هر ثانیه به اندازه‌ای انرژی تولید می‌شود که می‌تواند ۹۰۰ میلیون ژول کار انجام دهد. توان تولید انرژی در این نیروگاه چه‌قدر است؟

اندازه‌گیری کنید

توان شما چه‌قدر است؟

۱ــ وزن خود را برحسب نیوتون مشخص کنید. برای تعیین وزن می‌توانیم جرم خود برحسب کیلوگرم را در ۱۰ (یا به طوردقیق‌تر، ۹/۸) ضرب کنیم.

۲ــ به گروه‌های دونفره تقسیم شوید. راه‌پله‌ای را انتخاب کنید. تعداد پله‌های آن را بشمارید و ارتفاع هر پله را اندازه بگیرید. سپس ارتفاع راه‌پله را محاسبه کنید.

۳ــ آیا می‌دانید با بالا رفتن از راه‌پله چه‌قدر کار انجام داده‌اید؟ با استفاده از معادله‌ی کار، آن‌را محاسبه کنید.

۴ــ از دوست خود بخواهید با یک عدد ساعت ثانیه‌شماردار یا یک زمان‌سنج دقیق، زمان حرکت شما از پایین تا بالای راه‌پله را اندازه بگیرد.
۵ــ توان خود را با استفاده از معادله‌ی توان حساب کنید.

فکر کنید

جالب است بدانید که گاهی توان یک فرد (مثلاً توان یک کودک) از توان یک انسان دیگر (مثلاً یک فرد بزرگسال) بیش‌تر است درحالی‌که نیروی فرد دوم به مراتب از اولی بیش‌تر است. آیا می‌دانید چگونه چنین چیزی ممکن است؟ مثال بزنید.

مفهوم توان، هم برای نشان‌دادن سرعت انجام کار توسط یک فرد یا یک ماشین و هم برای مشخص‌کردن سرعت تولید یا مصرف انرژی به‌وسیله‌ی دستگاه‌ها، استفاده می‌شود ؛ مثلاً وقتی می‌گوییم توان یک لامپ برقی ۱۰۰ وات است، یعنی در هر ثانیه ۱۰۰ ژول انرژی الکتریکی توسط این لامپ مصرف و مطابق قانون پایستگی انرژی ۱۰۰ ژول انرژی گرمایی و تابشی (نور) به‌وسیله‌ی آن تولید می‌شود.

۱۰۰ ژول انرژی گرمایی و تابشی در هر ثانیه تولید می‌شود.

۱۰۰ ژول انرژی الکتریکی در هر ثانیه مصرف می‌شود.

جمع‌آوری اطلاعات

توان مصرفی بیش‌تر وسیله‌های برقی برحسب وات روی بدنه‌ی آن‌ها نوشته شده است. درباره‌ی میزان مصرف انرژی توسط این گونه دستگاه‌ها اطلاعات جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه نمایید.
سعی کنید برای پرسش‌های زیر توضیحاتی بیابید :

- آیا همه‌ی وسایل برقی مشابه، مثلاً همه‌ی یخچال‌ها مصرف برق مشابهی دارند؟
- به نظر شما، هنگام خرید وسیله‌های برقی به چه نکاتی باید توجه کرد؟ چرا؟
- برچسب انرژی که بر روی بعضی از وسایل برقی چسبانده شده است چه مفهومی دارد؟

بیش‌تر بدانید

واحد توان به افتخار دانشمندی به نام جیمزوات (۱۸۱۹ــ۱۷۳۶ میلادی)، وات نامیده شده است. جیمزوات مخترع ماشین بخار است. او برای متقاعدکردن مردم برای استفاده از این ماشین بخار، ناچار بود توان ماشین خود را به نحوی برای ایشان قابل درک و فهم کند. او ابتدا مقدار کاری که یک اسب بسیار قدرتمند در طول مدت یک ثانیه انجام می‌دهد را اندازه‌گیری کرد. سپس توان ماشینی را که ساخته بود در مقایسه با توان آن اسب به مردم بازگو کرد؛ به عبارت دیگر، او به مشتریان خود می‌گفت که ماشین‌اش به‌اندازه‌ی چند اسب قوی می‌تواند کار انجام دهد. درواقع او توان ماشین خود را برحسب «قوه‌ی اسب» بیان می‌کرد.

امروزه، هنوز برای بیان توان بعضی از موتورهای الکتریکی پرقدرت و موتور اتومبیل‌ها از «قوه‌ی اسب» استفاده می‌شود. هر قوه‌ی اسب برابر با ۷۴۶ وات است.

ماشین

آیا تا به حال به نقش وسیله‌های مختلفی که هر روز برای آسان‌کردن کارها از آن‌ها استفاده می‌کنیم، فکر کرده‌اید؟

فکر کنید

برای آسان‌تر کردن کارهای زیر از چه ابزار و وسیله‌هایی استفاده می‌کنید؟

- بلند کردن ماشین برای تعویض چرخ
- بریدن درخت
- بستن پیچ یا بازکردن آن
- بازکردن در بطری نوشابه

شاید تصور کنید که استفاده از جک برای بلندکردن اتومبیل سبب می‌شود که ما کار کم‌تری برای بلندکردن آن انجام دهیم امّا هرگز چنین نیست. طبق معادله‌ی کار، برای بلندکردن اتومبیل باید مقدار معینی کار انجام شود و این مقدار با به‌کارگیری جک کاهش پیدا نمی‌کند. جک تنها انجام کار را آسان‌تر می‌کند ؛ مثلاً برای بلندکردن اتومبیل بدون استفاده از جک، لازم است شما نیرویی بیش از ۵۰۰۰ نیوتون را بر آن وارد کنید. مسلماً واردکردن چنین نیرویی توسط شما غیرممکن

است. جک به شما کمک می‌کند تا با نیرویی در حدود ۱۰۰ نیوتون اتومبیل را بلند کنید. به‌وسایلی که در انجام کارها به ما کمک می‌کنند تا کارها آسان‌تر انجام شود ماشین گفته می‌شود ؛ مانند جک اتومبیل.

ماشین‌ها به‌صورت‌های گوناگون در انجام کارها به ما کمک می‌کنند. یکی از راه‌های کمک ماشین‌ها به ما، تغییر محل واردشدن نیرو به جسم و گاهی نیز تغییر جهت نیروست ؛ مثلاً هنگام بلندکردن اتومبیل به‌وسیله‌ی جک، ما بر دسته‌ی جک نیرویی را به‌صورت چرخشی وارد می‌کنیم و آن‌را به چرخش درمی‌آوریم. جک این نیرو را بر بدنه‌ی ماشین رو به بالا وارد می‌کند.

هم‌چنین، ماشین‌ها گاهی با افزایش مقدار نیرو به ما کمک می‌کنند که کارهایی را که نمی‌توانیم انجام دهیم یا انجام آن‌ها ممکن است سخت باشد به‌آسانی انجام دهیم. گاهی هم با افزایش مسافت اثر نیرو بر جسم و افزایش سرعت انجام کار ماشین‌ها به ما کمک می‌کنند.

مثلاً، جک اتومبیل با افزایش نیرو به ما کمک می‌نماید ؛ یعنی ما نیروی کمی را به جک وارد می‌کنیم و جک نیروی ما را چندین برابر کرده و بر بدنه‌ی ماشین وارد می‌کند. در واقع می‌توان گفت جک با افزایش نیرو و تغییر جهت نیرو، هر دو، به ما کمک می‌کند.

بعضی دیگر از ماشین‌ها به‌جای افزایش نیرو، مسافتی را که نیرو بر آن اثر می‌کند افزایش می‌دهند ؛ مثلاً جاروی دسته بلندی را که معمولاً برای جاروکردن حیاط مدرسه یا پیاده‌روی خیابان‌ها از آن استفاده می‌شود، درنظر بگیرید. افراد هنگام استفاده از این جارو فقط دسته‌ی آن را حدود ۲۵ سانتی‌متر جلو و عقب می‌برند ولی سر جارو مسافتی به اندازه‌ی بیش از یک متر از کف حیاط را می‌پیماید و تمیز می‌کند. پس این نوع جارو، مسافت اثر نیرو و سرعت انجام کار را افزایش می‌دهد.

فکر کنید

تعدادی ماشین را نام ببرید و بگویید که هرکدام به چه طریق به ما کمک می‌کنند.

مزیّت مکانیکی یک ماشین

ماشین‌ها می‌توانند مقدار نیرویی را که به آن‌ها وارد می‌شود، افزایش یا کاهش دهند، مزیّت مکانیکی یک ماشین نسبت بین نیرویی که ماشین به جسم وارد می‌کند و نیرویی که به ماشین وارد می‌شود را نشان می‌دهد.

مزیّت مکانیکی یک ماشین از طریق معادله‌ی زیر به‌دست می‌آید :

$$\text{مزیّت مکانیکی} = \frac{\text{نیرویی که ماشین به جسم وارد می‌کند (نیروی مقاوم)}}{\text{نیرویی که ما به ماشین وارد می‌کنیم (نیروی محرک)}}$$

مزیّت مکانیکی نشان می‌دهد که ماشین، نیروی وارده را چند برابر می‌کند. همان‌طورکه در مثال صفحه‌ی قبل دیدیم، جک اتومبیل نیروی وارد بر آن را حدوداً پنجاه برابر کرده بود (چرا؟). در این حالت می‌گوییم «مزیّت مکانیکی این جک حدوداً برابر ۵۰ است».

در قسمت‌های بعد، درباره‌ی مزیّت مکانیکی ماشین‌های مختلف توضیح بیش‌تری خواهیم داد.

کار داده‌شده و کار گرفته‌شده از ماشین

به شکل‌های زیر نگاه کنید. آیا مقدار کاری که برای گذاشتن جعبه از روی زمین به داخل کامیون، در دو حالتِ نشان‌داده شده (یعنی با استفاده از سطح شیبدار و بدون استفاده از آن) صرف می‌شود، متفاوت است؟

جابه‌جایی ۱ متر — جابه‌جایی۳ متر

همان‌طورکه مشاهده می‌شود، وقتی که شخص جعبه را مستقیماً از روی زمین به داخل کامیون منتقل می‌کند، نیروی بیش‌تری را به‌کار می‌برد امّا مقدار جابه‌جایی بار کم‌تر است. درنتیجه، مقدار کار با حالتی که فرد با استفاده از نیروی کم‌تر، همراه با جابه‌جایی بیش‌تر بار را به داخل کامیون می‌برد ــ در مقایسه با حالت قبل ــ برابر است ؛ یعنی مقدار کلی کار انجام شده در هر دو حالت مساوی است و می‌توان نتیجه گرفت که ماشین (سطح شیبدار) در مقدار کار انجام شده، کاهش ایجاد نمی‌کند، بلکه فقط انجام کار را آسان‌تر می‌نماید.

مطابق قانون «پایستگی انرژی»، انرژی هنگام تبدیل شدن از یک صورت به صورت دیگر یا انتقال

از یک جسم به جسم دیگر خلق و نابود نمی‌شود. بنابراین، مقدار انرژی داده شده به یک ماشین نیز همیشه با مقدار انرژی که از ماشین گرفته می‌شود برابر است.

(انرژی گرفته شده از ماشین = انرژی داده شده به ماشین)

البته معمولاً مقداری از انرژیِ داده‌شده به ماشین، صرف انجام کارِ مورد نظر ما می‌شود که به آن **کار مفید** می‌گوییم و بقیه‌ی آن به‌صورت‌های مختلف مثلاً به‌صورت گرمای ناشی از اصطکاک هدر می‌رود ؛ به این مقدار از انرژی به هدر رفته، انرژی تلف شده گفته می‌شود.

(انرژی تلف شده + انرژی (یا کار) مفید گرفته شده از ماشین = کلّ انرژی داده شده به ماشین)

در هر وسیله، می‌توان نسبت کار مفید به کل انرژی داده شده به دستگاه را به عنوان یک عامل مهم در کیفیت آن وسیله در نظر گرفت. این نسبت **بازده** نام دارد. به معادله‌ی زیر توجه کنید :

$$\text{بازده ماشین} = \frac{\text{انرژی یا کار مفید گرفته شده از وسیله}}{\text{کل انرژی داده شده به‌وسیله}}$$

برای مثال، بازده جک اتومبیل در حدود ۰/۷۵ است ؛ یعنی اگر ۱۰۰۰ ژول انرژی به جک داده شود، ۷۵۰ ژول آن صرف بالابردن ماشین و ۲۵۰ ژول آن در اثر اصطکاک به گرما تبدیل می‌شود.

فکر کنید

چگونه می‌توان بازده یک ماشین را به‌عنوان یک ملاک برای کیفیت عملکرد آن در نظر گرفت؟

محاسبه کنید

با استفاده از معادله‌ی مزیّت مکانیکی و معادله‌ی بازده مسأله‌های زیر را حل کنید.

۱ــ به تصویرهای صفحه‌ی قبل توجه کنید و مزیّت مکانیکی سطح شیبدار آن را محاسبه کنید.

۲ــ یک لامپ برقی در مدت یک ساعت ۳۶۰۰۰ ژول انرژی الکتریکی دریافت و ۹۰۰۰ ژول انرژی نورانی تولید می‌کند. بازده این لامپ چه‌قدر است؟ بقیه‌ی انرژی چه می‌شود؟

ماشین‌های ساده

گروهی از ماشین‌ها که پایه و اساس ساخت ماشین‌های دیگر را تشکیل می‌دهند، **ماشین ساده** نامیده می‌شوند. می‌توان گفت ماشین‌های دیگر، حالت تغییرشکل‌یافته‌ی ماشین ساده یا ترکیبی از چند ماشین ساده با یک‌دیگر هستند. در شکل‌های صفحه‌بعد شش نوع ماشین ساده را مشاهده می‌کنید.

گوه

چرخ و محور

قرقره

اهرم

سطح شیبدار

پیچ

اهرم: برای درک چگونگی کار اهرم، یک الاکلنگ را در نظر بگیرید. وقتی به یک طرف الاکلنگ نیرویی به سمت پایین وارد شود، آن سمت به طرف پایین و سمت مقابل به طرف بالا حرکت می‌کند ؛ یعنی میله‌ی الاکلنگ به‌عنوان یک اهرم عمل می‌کند.

در هر اهرم یک تکیه‌گاه، یک بازوی محرک و یک بازوی مقاوم وجود دارد. اهرم‌ها را می‌توان برحسب قرارگرفتن محلّ تکیه‌گاه، نیروی محرک و نیروی مقاوم به شکل‌های زیر در نظر گرفت.

در اهرم نوع اول، تکیه‌گاه بین نیروی محرک و نیروی مقاوم قرار دارد.

در اهرم نوع دوم، نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار دارد.

در اهرم نوع سوم، نیروی محرک بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم قرار دارد.

مزیّت مکانیکی اهرم هم‌چون هر ماشین دیگری از معادله‌ی مزیّت مکانیکی (صفحه‌ی ۶۷) به‌دست می‌آید. البته در صورتی که از اصطکاک صرف‌نظر کنیم مزیّت مکانیکی اهرم را از معادله‌ی زیر نیز می‌توان محاسبه کرد :

$$\text{مزیّت مکانیکی اهرم} = \frac{\text{طول بازوی محرک}}{\text{طول بازوی مقاوم}}$$

آزمایش کنید

به کمک یک خط‌کش یا میله‌ی بلند، یک نیروسنج و چند وزنه درباره‌ی مزیّت مکانیکی اهرم‌های نوع اول، دوم و سوم در حالت‌های مختلف آزمایش‌هایی انجام دهید و نتیجه‌ی کار خود را به کلاس گزارش کنید.

فکر کنید

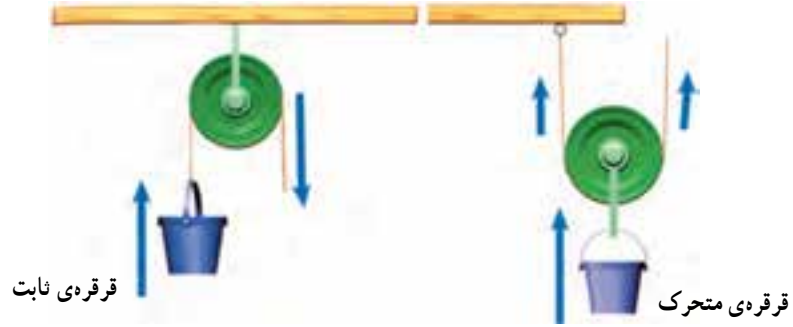
براساس شکل‌ها و آزمایش‌های بالا مشخص است که همیشه مزیّت مکانیکی اهرم نوع دوم بیش‌تر از یک و مزیّت مکانیکی اهرم نوع سوم کم‌تر از یک است ؛ یعنی اهرم نوع دوم، نیرو را افزایش می‌دهد درحالی که اهرم نوع سوم نیرو را کاهش می‌دهد.

به نظر شما، مزیّت مکانیکی اهرم نوع اول چگونه است؟ چرا؟

جمع‌آوری اطلاعات

چند اهرم که در زندگی ما کاربرد دارند مثال بزنید و روی هرکدام، بازوها را مشخص کنید.

قرقره: قرقره یکی دیگر از ماشین‌های ساده است. هر قرقره محوری دارد که حول آن می‌تواند آزادانه بچرخد. در شکل‌های زیر دو نحوه‌ی اصلی استفاده از قرقره را مشاهده می‌کنید.



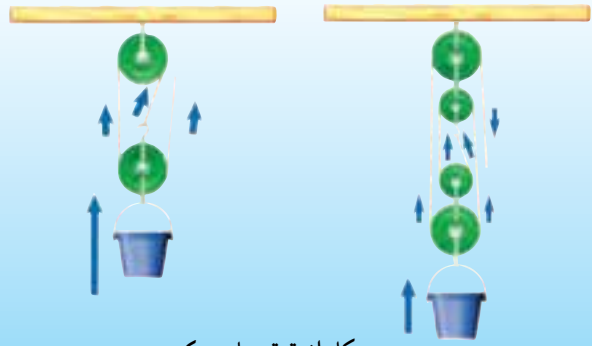
کدام نوع قرقره جهت نیرو را تغییر می‌دهد؟

آزمایش کنید

به کمک یک قرقره‌ی ثابت، یک قرقره‌ی متحرک، یک وزنه‌ی معیّن و یک نیروسنج درباره‌ی مزیّت مکانیکی قرقره‌ی ثابت و قرقره‌ی متحرک تحقیق کنید.

بیش‌تر بدانید

البته گاهی می‌توان دو یا چند قرقره‌ی ثابت و متحرک را با هم ترکیب کرد و یک قرقره‌ی مرکب به وجود آورد. مزیت مکانیک قرقره‌های مرکب گوناگون است و بعضی از آن‌ها جهت نیرو را نیز تغییر می‌دهد.



چند شکل از قرقره‌های مرکب

شما می‌توانید با بستن قرقره‌های مرکب گوناگون و اندازه‌گیری نیروهای مقاوم و محرک هرکدام، درباره‌ی مزیت مکانیکی این قرقره‌ها تحقیق کنید.

چرخ و محور: چرخ و محور، چرخی است که به مرکز آن یک میله وصل شده است. با چرخاندن چرخ، میله نیز می‌چرخد.

فرمان اتومبیل یک چرخ و محور است.

در چرخ و محور معمولاً نیروی محرک را به چرخ و نیروی مقاوم را به محور وارد می‌کنند. امّا برعکس این حالت نیز امکان‌پذیر است. برای این که افزایش یا کاهش نیرو را در این دو حالت احساس کنید، آزمایش زیر را انجام دهید.

آزمایش کنید

به کمک وسیله‌های ساده‌ای که در اطراف شما است یک چرخ و محور بسازید. مثلاً می‌توانید از یک سینی ِگرد یا چرخ سه‌چرخه به‌عنوان چرخ و یک میله‌ی چوبی یا فلزی به‌عنوان محور استفاده کنید. دقت کنید که چرخ در نقطه‌ی اتصال به محور نلغزد. حالا یکی از دانش‌آموزان چرخ را در دست بگیرد و بچرخاند، یک دانش‌آموز دیگر محور را با دو دست محکم بگیرد و سعی کند از حرکت آن جلوگیری کند. چه اتفاقی می‌افتد؟

سپس سعی کنید با چرخاندن محور، چرخ را به حرکت درآورید. در کدام حالت نیرو افزایش و در کدام حالت کاهش می‌یابد؟

در چرخ و محور بین شعاع (قطر) چرخ و شعاع (قطر) محور و نیروهایی که به چرخ و محور وارد می‌شود، رابطه‌ی زیر برقرار است :

$$\frac{\text{شعاع (قطر) چرخ}}{\text{شعاع (قطر) محور}} = \frac{\text{نیرویی که بر محور وارد می‌شود}}{\text{نیرویی که بر چرخ وارد می‌شود}}$$

با استفاده از معادله‌ی مزیت مکانیکی (صفحه‌ی ۶۷) و رابطه‌ی بالا، شما می‌توانید مزیت مکانیکی چرخ و محور را به‌آسانی محاسبه کنید.

فکر کنید

۱ــ چگونه می‌توان از چرخ و محور به طوری استفاده کرد که مزیّت مکانیکی آن کم‌تر از یک باشد؟ آیا می‌توانید برای آن چند مثال بزنید؟

۲ــ برای ماشین‌هایی که تا به حال با آن‌ها آشنا شده‌اید (اهرم نوع اول، دوم و سوم، قرقره‌ها، چرخ و محور) در زندگی روزمره مثال‌هایی ذکر کنید و بگویید هر کدام چگونه به ما کمک می‌کنند.