

با نام و یاد خدا

کتاب



کلاس دهم ریاضی و تجربی

تهیه شده توسط وبسایت [بتافایل](#)



فصل ۱: فیزیک و اندازه گیری

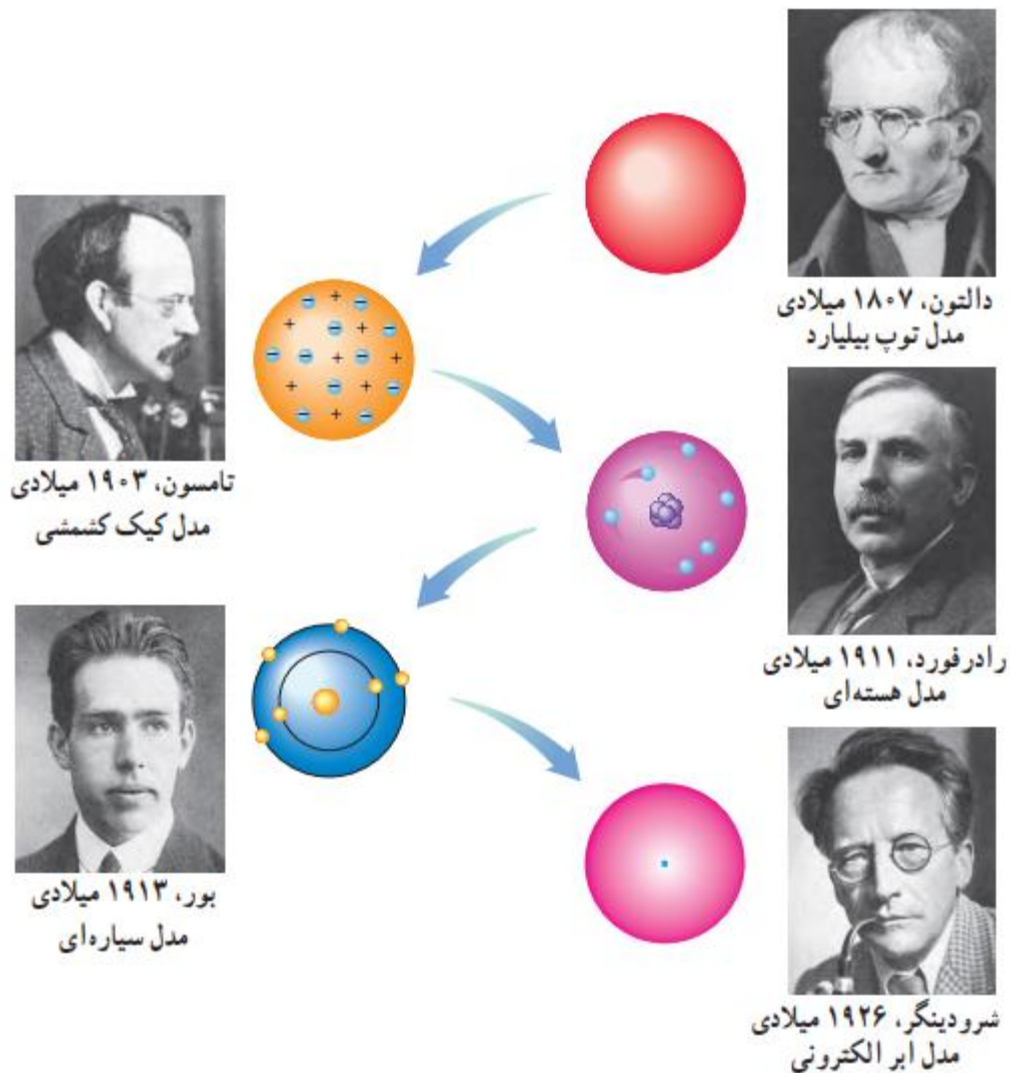
یکی از وجوه مشترک فیزیک و معماری، اندازه گیری است. معماران هنرمند ایرانی از صدها سال پیش با بهره گیری از روش‌ها و فنون اندازه گیری، اثرهای بدیع و ماندگاری به یادگار گذاشته‌اند.

اگر به دنبال رد پای فیزیک در زندگی خود باشید، لازم نیست جای خیلی دوری بروید؛ زیرا فیزیک با زندگی روزانه ما عجین شده است. وسایل برقی، خودروها، گوشی‌های تلفن همراه و بسیاری از وسایل و ابزارهای ساخته شده اطراف ما، با بهره گیری از اصول و قانون‌های فیزیکی ساخته شده‌اند. فیزیک دانان، گستره وسیعی از پدیده‌ها را بررسی می‌کنند. این گستره، اندازه‌های خیلی کوچک (مانند اتم‌ها و ذرات سازنده آنها) تا اندازه‌های خیلی بزرگ (مانند کهکشان‌ها و اجزای تشکیل دهنده آنها) را در بر می‌گیرد. در این فصل، پس از آشنایی با فیزیک و نظریه‌های فیزیکی، به اهمیت مدل سازی در فیزیک پی خواهید برد. با کمیت‌های فیزیکی، دستگاه بین المللی یکاها، چگونگی تبدیل یکاها، خطا و دقت در اندازه گیری و همچنین با فرایند تخمین مرتبه بزرگی در حل برخی از مسائل فیزیکی آشنا خواهید شد. در پایان فصل نیز نگاهی به چگالی و کاربردهای آن خواهد شد.

۱-۱ فیزیک: دانش بنیادی

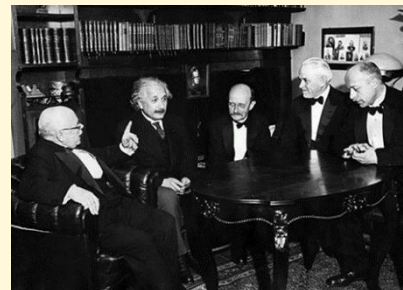
مطالعه و یادگیری فیزیک به این دلیل اهمیت دارد که فیزیک از بنیادی‌ترین دانش‌ها و شالوده تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هایی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در زندگی ما نقش دارند. فیزیک دانان، پدیده‌های گوناگون طبیعت را مشاهده می‌کنند و می‌کوشند الگوها و نظم‌های خاصی میان این پدیده‌ها بیابند. دانشمندان فیزیک برای توصیف و توضیح پدیده‌های مورد بررسی، اغلب از قانون، مدل و نظریه فیزیکی استفاده می‌کنند. از آنجا که فیزیک، علمی تجربی است، لازم است این قوانین، مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی توسط آزمایش مورد آزمون قرار گیرند. مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند و ممکن است دستخوش تغییر شوند. به بیان دیگر همواره این امکان وجود دارد که نتایج آزمایش‌های جدید منجر به بازنگری مدل یا نظریه‌ای شود و حتی ممکن است نظریه‌ای جدید جایگزین آن شود. مثلاً در دهه‌های آغازین قرن گذشته، نظریه اتمی با توجه به مشاهدات و کسب اطلاعات جدید در خصوص رفتار اتم‌ها، بارها اصلاح شد (شکل ۱-۱).

شکل ۱-۱ تغییر مدل اتمی در



طول زمان

آزمایش و مشاهده در فیزیک، اهمیت زیادی دارد؛ اما آنچه بیش از همه در پیشبرد و تکامل علم فیزیک نقش ایفا کرده و می‌کند، تفکر نقادانه و اندیشه ورزی فعال فیزیک دانان نسبت به پدیده‌هایی است که با آنها مواجه می‌شوند.



ویژگی آزمون پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است و نقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش و تکامل شناخت ما از جهان پیرامون داشته است.

خوب است بدانید

واژه فیزیک، ریشه در یونان باستان دارد و به معنای شناخت طبیعت است. تا آنجا که تاریخ مدون علم نشان می‌دهد، فیلسوفان دوران باستان در سده هفتم قبل از میلاد مسیح نخستین کسانی بودند که پرسش‌هایی درباره طبیعت مطرح ساختند.

اندیشه های علمی این فیلسوفان در سده پنجم قبل از میلاد در یونان و پس از آن در مناطقی مانند مقدونیه، سوریه، مصر و به ویژه در شهر اسکندریه پیگیری شد. کارهای ارشمیدس و برخی دیگر از دانشمندان یونان باستان به همین دوره مربوط می‌شود. بررسی‌های انجام شده توسط تاریخ نگاران علم نشان می‌دهد روش ارشمیدس به روش‌های علمی امروزه نزدیک بوده است.

پس از ظهور و گسترش اسلام، دانشمندان مسلمان و به خصوص ایرانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن هیثم، خواجه نصیرالدین طوسی، ابن سینا و بسیاری دیگر در زمینه‌های نجوم، نورشناسی و مکانیک، دانش فیزیک را گسترش دادند که بعدها بخشی از این نتایج پایه‌ای برای کارهای گالیله و دیگران شد.

در کتاب‌های تاریخ علم، روایت کرده‌اند که گالیله جسم‌های سبک و سنگین را از بالای برج کج پیزا رها کرد تا دریابد که آیا زمان سقوط آنها یکسان است یا متفاوت. گالیله تشخیص داد که تنها یک بررسی تجربی می‌تواند به این پرسش پاسخ دهد. وی با تعمق زیاد روی نتیجه آزمایش‌های خود، گام بلندی به سوی این اصل برداشت که شتاب جسم در حال سقوط، مستقل از جرم آن است.



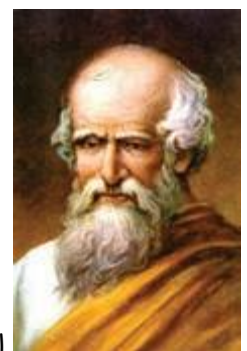
ابوریحان بیرونی

(۹۷۳-۱۰۴۸م)



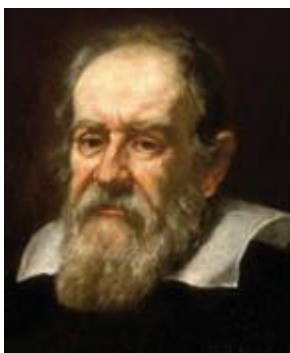
ابن هیثم

(۹۶۵-۱۰۴۰م)



ارشمیدس

(۲۸۷ تا ۲۱۲ قبل از میلاد)



گالیلئو

گالیله

(۱۵۶۴-۱۶۴۲م)



خواجه نصیرالدین

طوسی

(۱۲۰۱-۱۲۷۴م)



ابوعلی سینا

(۹۸۰-۱۰۳۷م)

فیزیک، پایه و اساس تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هاست. هیچ مهندسی نمی‌توانست بدون آنکه نخست قانون‌های اساسی فیزیک را درک کند، یک تلویزیون با صفحه تخت، یک فضاپیما میان سیاره‌ای، یا حتی یک ابزار ساده طراحی کند. شکل ۱-۲ الف تا ج، بخش بسیار LEDLED یک لامپ کم مصرف کوچکی از

دستاوردهای دانش و فناوری‌های نوین را نشان می‌دهند که فیزیک، شالوده تمامی آنهاست. شکل ۱-۲ (الف) جُونو (Juno)، کاوشگری که ناسا به سوی مشتری (برجیس)،



بزرگ‌ترین سیاره منظومه شمسی پرتاب کرد و پس از پنج سال، در اوایل تابستان ۱۳۹۵ به مداری نزدیک این سیاره رسید. این مدارگرد که به ابزارهای پیشرفته‌ای مجهز شده، اطلاعاتی درباره جو مشتری، ویژگی‌های مغناطیسی و گرانشی و همچنین چگونگی شکل‌گیری این سیاره به زمین ارسال می‌کند.

شکل ۱-۲ (ب) شتاب دهنده ذرات سازنده اتم در تونلی به طول ۲۷ کیلومتر که در عمق



۱۷۵ متری زمین و در مرز کشورهای فرانسه و سوئیس ساخته شده است. در این مرکز پژوهشی بیش از ۳۰۰۰ دانشمند و

فیزیک‌دان مشغول به کارند. بزرگ‌ترین دستاورد این آزمایشگاه تاکنون، کشف ذرهٔ بوزون هیگز است که خبر تأیید آن در تابستان ۱۳۹۱ اعلام شد.

شکل ۲-۱ (پ) سامانهٔ موقعیت یابی جهانی (GPS) براساس نظریهٔ مکان اجسام را با دقت قابل



ملاحظه‌ای روی زمین پیدا می‌کند. بخشی از دقت این سامانه، به این دلیل حاصل می‌شود که (GPS) یکی از دستاوردهای فیزیک ابررساناست. این وسیلهٔ نقلیهٔ موسوم به قطار مغناطیسی حامل، (maglev) نسبیت اینشتین کار می‌کند. شکل ۲-۱ (ت) ترابری مگ یو (meglev) یکی از دستاوردهای فیزیک ابررساناست.



این وسیلهٔ نقلیهٔ موسوم به قطار مغناطیسی حامل پیچه‌های ابررسانا در زیر خود است. همین امر سبب می‌شود تا قطار چند سانتی‌متر بالاتر از ریل به صورت شناور درآید و با تندی‌ای فراتر از ۴۰۰ کیلومتر بر ساعت حرکت کند.

شکل ۲-۱ (ث) این عکس نمای بزرگ شده از یک حشره را نشان می‌دهد که با



میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) گرفته شده است. در این نوع میکروسکوپ‌ها، به جای نور مرئی، از باریکه‌ای از الکترون‌ها برای تصویربرداری استفاده می‌شود.

شکل ۲-۱ (ج) پردازنده یا واحد پردازش مرکزی (CPU) متشکل از صدها میلیون تا چندین



میلیارد ترانزیستور بسیار کوچک و ظریف است که در یک محفظهٔ سرامیکی جای گرفته‌اند. این شکل یکی از پردازنده‌های نسل جدید را نشان می‌دهد که فراتر از یک میلیارد ترانزیستور ۲۲ نانومتری در آن به کار رفته است.

فعالیت ۱-۱ (صفحهٔ ۴ کتاب درسی)

افزون بر فهرست بالا، شما نیز به اتفاق اعضای گروه خود، فهرست دیگری از کاربردهای فیزیک در فناوری تهیه کنید که نقش مهمی در زندگی ما دارند. (این فهرست را می‌توانید به صورت پوستر، پرده نگار (پاورپوینت)، فیلم‌های کوتاه و ... تهیه و ارائه کنید.)

در این فعالیت دانش آموزان با توجه به علاقه مندی خودشان یا راهنمایی شما، می‌توانند (ترجیحاً به صورت گروهی) فهرست دیگری از کاربردهای فیزیک را در فناوری یا زندگی روزمره تنظیم کنند و به کلاس درس ارائه دهند. در ادامه این بخش، تعدادی دیگر از این کاربردهای فیزیک در پدیده‌ها، ابزارها و ورزش، در سه فهرست جداگانه آمده است که در صورت تمایل و داشتن فرصت کافی می‌توانید با دانش آموزان در میان بگذارید.

۱-۲ مدل سازی در فیزیک

پدیده‌هایی مانند پرتاب توپ، افتادن برگ درخت، تشکیل رنگین کمان، آذرخش و ... ممکن است برای ما عادی شده باشند؛ ولی بررسی و تحلیل آنها در فیزیک معمولاً با پیچیدگی‌هایی همراه است. به همین دلیل فیزیک دانان برای بررسی پدیده‌ها، از مدل‌سازی استفاده می‌کنند. مدل سازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیدهٔ فیزیکی، آنقدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

برای شناخت بهتر فرایند مدل‌سازی در فیزیک، حرکت یک توپ پرتاب شده را بررسی می‌کنیم (شکل ۳-۱ الف). ممکن است در نگاه اول، بررسی و تحلیل حرکت توپ، ساده به نظر برسد، ولی واقعیت برخلاف این است. توپ، یک کرهٔ کامل نیست (درزها و برجستگی‌هایی روی توپ وجود دارد) و در حین حرکت به دور خود می‌چرخد، باد

و مقاومت هوا بر حرکت آن اثر می‌گذارند. وزن توپ با تغییر فاصله آن از مرکز زمین تغییر می‌کند. اگر بخواهیم تمام این موارد را هنگام بررسی و تحلیل حرکت توپ در نظر بگیریم، تحلیل ما پیچیده خواهد شد.

با مدل سازی حرکت توپ، می‌توانیم تا حدود زیادی این پیچیدگی‌ها را کاهش دهیم و بررسی و تحلیل حرکت توپ را به طور ساده، امکان‌پذیر سازیم. با چشم پوشیدن از اندازه و شکل توپ، آن را به صورت یک جسم نقطه ای یا ذره در نظر می‌گیریم. همچنین با فرض اینکه توپ در خلأ حرکت می‌کند، از مقاومت هوا و اثر وزش باد صرف نظر می‌کنیم. سرانجام فرض می‌کنیم با تغییر فاصله توپ از مرکز زمین، وزن آن ثابت می‌ماند (شکل ۳-۱ ب). اینک مسئله ما به قدر کافی ساده شده است و می‌توانیم حرکت آن را بررسی و تحلیل کنیم.

توجه داریم هنگام مدل سازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین کننده را. برای مثال، اگر به جای مقاومت هوا، نیروی جاذبه زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن گاه مدل ما پی شبینی می‌کرد که وقتی توپی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود!

شکل ۳-۱ استفاده



از یک مدل آرمانی برای ساده سازی تحلیل حرکت یک توپ بسکتبال در هوا

مکانیک، یکی از شاخه‌های فیزیک است که در آن به بررسی حرکت اجسام و نیروهای وارد شده به آنها می‌پردازد. شکل زیر، مثالی ساده از کاربرد مدل سازی در مکانیک است. در فصل دوم، از این مدل سازی استفاده زیادی خواهیم کرد.

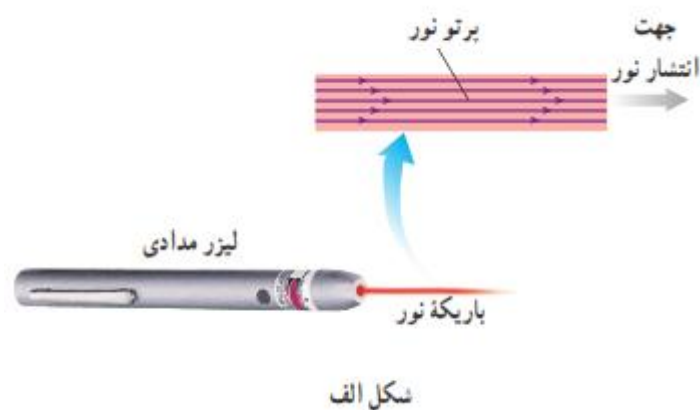


پرسش ۱-۱ (صفحه ۶ کتاب درسی)

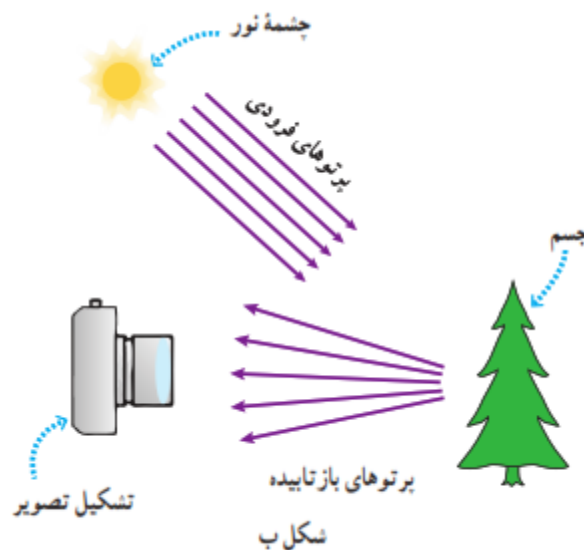
شکل الف براساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینه نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل سازی شده است.

آنچه لازم است تا دانش آموزان در پاسخ به این پرسش مورد توجه قرار دهند به شرح زیر است:

شکل الف، باریکه‌ای را نشان می‌دهد که از یک لیزر مدادی خارج شده است. باریکه نور، به صورت پرتوهای موازی نور مدل سازی شده است. همان طور که می‌دانید مدل پرتوی نور در نور هندسی، اهمیت زیادی دارد و دانش آموزان در علوم سال هشتم نیز تا حدودی با برخی از جنبه‌های آن آشنا شده‌اند.



این مدل سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است (شکل ب)؟
در شکل ب از مدل پرتوی نور برای انتشار نور از یک چشمه نور استفاده شده است. چون چشمه نور در فاصله دوری قرار دارد پرتوهایی که به جسم رسیده‌اند به صورت موازی مدل سازی شده‌اند. برخی از پرتوها پس از بازتاب از جسم، وارد دوربین می‌شوند و تصویری از جسم تشکیل می‌دهند.



۱-۳ اندازه گیری و کمیت‌های فیزیکی

همان‌طور که پیش از این گفتیم فیزیک علمی تجربی است و هدف آن بررسی پدیده‌های فیزیکی در جهان پیرامون است. اساس تجربه و آزمایش، اندازه گیری است و برای بیان نتایج اندازه گیری، به طور معمول از عدد و یکای مناسب آن استفاده می‌کنیم. در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، مانند طول، جرم، تندی، نیرو و زمان سقوط یک جسم، کمیت فیزیکی گفته می‌شود.

برای بیان برخی از کمیت‌های فیزیکی، تنها از یک عدد و یکای مناسب آن استفاده می‌شود. این گونه

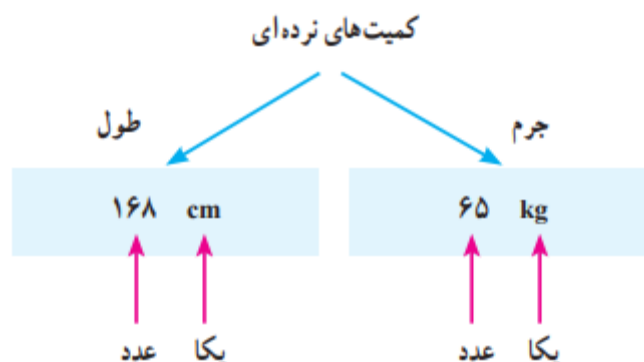
کمیت‌ها، **کمیت نرده‌ای** نامیده می‌شوند. برای مثال، وقتی است، از دو

کمیت 168cm و 168kg ، می‌گوییم جرم و طول قد شخصی به ترتیب فیزیکی نرده‌ای برای

توصیف این شخص استفاده کرده‌ایم (شکل ۴-۱). برای بیان برخی دیگر از کمیت‌های فیزیکی، افزون بر یک عدد و

یکای مناسب آن، لازم است به جهت آن نیز اشاره کنیم. این دسته از کمیت‌ها را، **کمیت برداری** می‌نامند.

شکل ۴-۱ هر کمیت نرده‌ای را باید با عدد و یکای مناسب آن



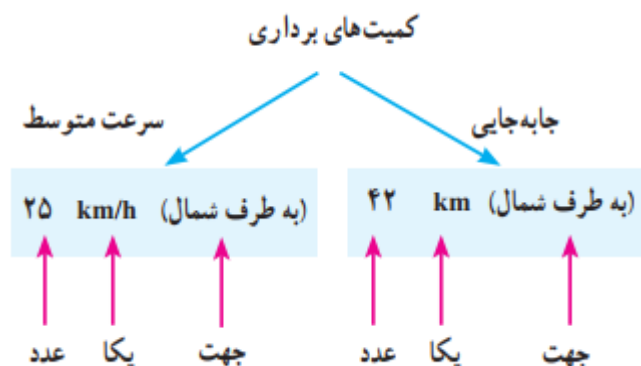
بیان کنیم. بیان یک کمیت فیزیکی، بدون ذکر یکای آن، معنایی ندارد!

با برخی از این کمیت‌ها مانند جابه‌جایی، سرعت، شتاب و نیرو در علوم سال نهم آشنا شدید. برای مثال، وقتی

می‌گوییم جابه‌جایی دوچرخه سواری 42 km به طرف شمال 25 km/h به طرف شمال است، از دو کمیت برداری

برای و سرعت متوسط آن توصیف حرکت این دوچرخه سوار استفاده کرده‌ایم (شکل ۵-۱).

شکل ۵-۱ هر کمیت برداری را باید با عدد، یکای مناسب و جهت



آن بیان کنیم. بیان یک کمیت فیزیکی برداری بدون ذکر یکا و جهت آن، معنایی ندارد!

برای نوشتن کمیت‌های برداری، مانند نیرو از $\vec{F}$ و شتاب $\vec{a}$ → علامت پیکان بالای نماد آن کمیت

استفاده می‌کنیم. اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نیاید، مانند F و a ، تنها اندازه آن کمیت برداری

(شامل عدد و یکا) بیان شده است.

۱-۴ اندازه گیری و دستگاه بین المللی یکاها

برای انجام اندازه گیری‌های درست و قابل اطمینان به یکاهای اندازه گیری ای نیاز داریم که **تغییر نکنند** و دارای **قابلیت بازتولید** در مکان‌های مختلف باشند. دستگاه یکاهایی که امروزه بیشتر مهندسان و دانشمندان علوم در سراسر جهان به کار می‌برند را اغلب **دستگاه متریک** می‌نامند، ولی این دستگاه یکاها از سال ۱۹۶۰ میلادی، به طور رسمی، دستگاه بین‌المللی (SI) نامیده شده است.

در سال ۱۹۷۱ میلادی، مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، هفت کمیت را به عنوان کمیت اصلی انتخاب کرد که اساس دستگاه بین‌المللی یکاها را تشکیل می‌دهند (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱ کمیت‌های اصلی و یکای آنها		
نماد یکا	نام یکا	کمیت
m	متر	طول
kg	کیلوگرم	جرم
s	ثانیه	زمان
k	کلوین	دما
mol	مول	مقدار ماده
A	آمپر	جریان الکتریکی

جدول ۱-۱ کمیت‌های اصلی و یکای آنها		
نماد یکا	نام یکا	کمیت
cd	کندِلا (شمع)	شدت روشنایی

یکای این کمیت‌ها را یکاهای اصلی می‌نامند. سایر یکاهای دیگر را که برحسب یکاهای اصلی بیان می‌شوند، **یکاهای فرعی** می‌نامند. تعداد کمیت‌های فیزیکی، آن‌چنان زیاد است که تعیین یکای مستقل برای همه آنها در عمل ناممکن است. خوشبختانه، بسیاری از کمیت‌های فیزیکی مستقل از یکدیگر نیستند و توسط رابطه‌ها و تعریف‌های فیزیکی به یکدیگر وابسته‌اند. این وابستگی به ما کمک می‌کند تا لازم نباشد برای همه کمیت‌های فیزیکی، یکای مستقل تعریف کنیم. برای مثال، همان طور که در علوم سال نهم دیدید، تندی متوسط به صورت نسبت مسافت به زمان تعریف و می‌شود. می‌شود. اگر مسافت را که از جنس طول است، با یکای متر (m) و زمان را با یکای ثانیه (s) بیان کنیم، آن گاه یکای تندی متوسط در SI متر بر ثانیه (m/s) خواهد شد. به این ترتیب، یکای فرعی متر بر ثانیه (m/s) با یکاهای اصلی طول (m) و زمان (s) مرتبط می‌شود.

در جدول ۲-۱ نمونه‌هایی از یکاهای فرعی آمده است که در این کتاب از آنها استفاده می‌کنیم. همان طور که در این جدول نیز دیده می‌شود برای برخی از یکاهای پرکاربرد فرعی، نامی مخصوص قرار داده اند، مثلاً یکای نیرو (kgm/s^2) را **نیوتون** (N) نامیده‌اند. در این صورت گفته می‌شود: یکای SI نیرو، نیوتون است. معرفی این یکاهای خاص در SI، ضمن احترام به فعالیت‌های علمی دانشمندان گذشته، سبب سهولت در گفتار و نوشتار نیز می‌شود.

جدول ۲-۱ چند مثال از یکاهای فرعی که در فصل‌های این کتاب استفاده شده‌اند

یکای فرعی	یکای SI	کمیت
m/s	m/s	تندی و سرعت
m/s ^۲	m/s ^۲	شتاب
kg m/s ^۲	نیوتن (N)	نیرو
kg/ms ^۲	پاسکال (Pa)	فشار
kg m ^۲ /s ^۲	ژول (J)	انرژی

خوب است بدانید

در اواسط قرن نوزدهم نیاز به یک دستگاه مقیاس جهانی کاملاً آشکار شد. در سال ۱۸۷۵ میلادی، همایشی بین‌المللی در پاریس در زمینه سنجش تشکیل شد و ۱۷ دولت قرارداد متر را امضا کردند. امضا کنندگان تصمیم گرفتند که یک مؤسسه علمی دائمی به نام دفتر بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها تأسیس کنند. ایران نیز کنوانسیون متر را در سال ۱۳۵۴ امضا کرد و به عضویت این دفتر درآمد. مرکز اندازه‌شناسی سازمان ملی استاندارد ایران به عنوان نقطه اتصال کشور به دستگاه اندازه‌گیری جهانی، وظیفه ارتباط با این سازمان جهانی را دارد.

طول: به لحاظ تاریخی، در اواخر قرن هجدهم، یکای طول (متر) به صورت یک ده میلیونیم فاصله استوا تا قطب شمال تعریف شد (شکل ۲-۱).

شکل ۱-۶ اولین تعریف متر در سال ۱۷۹۱ میلادی

متر در آغاز به صورت یک ده میلیونیم این فاصله تعریف شد



تا سال ۱۹۶۰ میلادی، فاصله میان دو خط نازک حک شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس پلاتین ایریدیوم، وقتی میله در دمای صفر درجه سلسیوس قرار داشت، برابر یک متر تعریف شده بود. بنابر آخرین توافق جهانی مجمع عمومی وزن‌ها و مقیاس‌ها در سال ۱۹۸۳ میلادی، یک متر برابر مسافتی تعریف شد که نور در مدت زمان $1299792458 \times 10^{-9}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند. این تعریف، تخصصی است و برای اندازه گیری‌های بسیار دقیق به کار می‌رود. در جدول ۱-۳ مقادیر تقریبی برخی طول‌ها آمده است.

جدول ۱-۳ مقادیر تقریبی برخی طول‌های اندازه گیری شده	
طول (m)	طول (m)
طول زمین فوتبال 9×10^1	کهکشان فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین $2/8 \times 10^{21} / 8 \times 10^{21}$
طول بدن نوعی مگس $5 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3}$	فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره $4 \times 10^{16} \times 10^{16}$
اندازه ذرات کوچک گرد و خاک $1 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}$	یک سال نوری $9 \times 10^{15} \times 10^{15}$

جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌های اندازه‌گیری شده	
طول (m)	طول (m)
شعاع مدار میانگین زمین به دور خورشید $1/5 \times 10^{11} / 5 \times 10^{11}$	اندازهٔ یاخته‌های بیشتر موجودات زنده $1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$
فاصلهٔ میانگین ماه از زمین $3/84 \times 10^8 / 3/84 \times 10^8$	اندازهٔ بیشتر میکروب‌ها $2 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-6} / 2 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-6}$
شعاع میانگین زمین $6/4 \times 10^6 / 6/4 \times 10^6$	قطر اتم هیدروژن $1/06 \times 10^{-10} - 1/06 \times 10^{-10}$
فاصلهٔ ماهواره‌های مخابراتی از زمین $3/6 \times 10^7 / 3/6 \times 10^7$	قطر هستهٔ اتم هیدروژن (قطر پروتون) $1/75 \times 10^{-15} - 1/75 \times 10^{-15}$

پرسش ۲-۱ (صفحهٔ ۸ کتاب درسی)

اگر مطابق شکل زیر، یکای طول را به صورت فاصلهٔ نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده شده بگیریم، چه مزایا و چه معایبی دارد؟

یکی از مزیت‌های این استاندارد برای یکای طول، در دسترس بودن آن است در حالی که تغییرپذیری آن بین اشخاص مختلف، یک از معایب آن است.



تمرین ۱-۱ (صفحه ۸ کتاب درسی)

الف) یکای نجومی برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است
 $(1\text{AU} \approx 1.5 \times 10^{11}\text{m})$ فاصله زمین (منظومه شمسی) تا نزدیک ترین ستاره بعد از

خورشید، بر حسب یکای نجومی چقدر است؟

الف) توجه کنید که چه بگوییم فاصله زمین و چه بگوییم فاصله منظومه شمسی تا نزدیک ترین ستاره بعد از خورشید، تفاوتی با هم ندارند (به دلیل فاصله بسیار زیاد نزدیک ترین ستاره نسبت به ابعاد منظومه شمسی). به این ترتیب فاصله زمین تا نزدیک ترین ستاره بعد از خورشید بر حسب یکای نجومی برابر است با:

$$\frac{4.2 \times 10^{16}\text{m}}{1.5 \times 10^{11}\text{m}} = \left(\frac{4.2 \times 10^{16}\text{m}}{1.5 \times 10^{11}\text{m}}\right) \left(\frac{1\text{AU}}{1.5 \times 10^{11}\text{m}}\right) \approx 2.8 \times 10^5 \text{AU}$$

ب) مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می پیماید یک سال نوری می نامند و آن را با نماد ly نمایش می دهند. اختروش ها ۴ دورترین اجرام شناخته شده از منظومه شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده کیهان قرار دارند. فاصله اختروش ها از منظومه شمسی $(1.5 \times 10^{16}\text{m} / 1.5 \times 10^{16}\text{m})$ متر برآورد شده است.

$$1ly = (3 \times 10^8 \text{m/s}) (3 \times 10^7 \text{s}) = 9 \times 10^{15} \text{m} \quad 1ly = (3 \times 10^8 \text{m/s}) (3 \times 10^8 \text{s}) = 9 \times 10^{16} \text{m}$$

این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید. تندی نور را در خلأ $(3 \times 10^8 \text{m/s} / 3 \times 10^8 \text{m/s})$ متر بر ثانیه بگیرید.

$$\frac{1.5 \times 10^{16}\text{m}}{9 \times 10^{15}\text{m}} = \left(\frac{1.5 \times 10^{16}\text{m}}{9 \times 10^{15}\text{m}}\right) \left(\frac{1ly}{9 \times 10^{15}\text{m}}\right) = 1.7 \times 10^1 ly$$

جرم: یکای جرم در SI کیلوگرم (kg) نامیده می شود و به صورت جرم استوانه ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیوم تعریف شده است. جرم این استوانه که به دقت درون دو حباب شیشه ای جای گرفته، کیلوگرم

استاندارد بین المللی است که در موزۀ سیور فرانسه نگهداری می‌شود. نسخه‌های کاملاً مشابهی از این نمونه ساخته و برای کشورهای دیگر ارسال شده است (شکل ۷-۱)

شکل ۷-۱ استاندارد ملی کیلوگرم که نسخه دقیق از استاندارد بین المللی سیور فرانسه است. این



نمونه، در مرکز اندازه شناسی در سازمان ملی استاندارد ایران نگه داری می‌شود.

در علوم سال هفتم با ابزارهای اندازه گیری جرم آشنا شدید. مقادیر تقریبی برخی جرم‌ها در جدول ۱-۴ آمده است.

جدول ۴-۱ مقادیر تقریبی برخی جرم‌های اندازه گیری شده	
جرم (kg)	جرم (kg)
انسان 7×10^1	عالم قابل مشاهده 1×10^{22}
قورباغه 1×10^{-1}	کهکشان راه شیری 7×10^{41}
پشه 1×10^{-5}	خورشید 2×10^{30}
باکتری 1×10^{-15}	زمین 6×10^{24}

جدول ۴-۱ مقادیر تقریبی برخی جرم‌های اندازه گیری شده

جرم (kg)	جرم (kg)
ماه $7/34 \times 10^{22} / 34 \times 10^{22}$	اتم هیدروژن $1/67 \times 10^{-27} / 67 \times 10^{-27}$
کوسه $1 \times 10^3 / 1 \times 10^3$	الکترون $9/11 \times 10^{-31} / 11 \times 10^{-31}$

زمان: در طول سال‌های ۱۲۶۸ تا ۱۳۴۶ ه.ش، یکای زمان، ثانیه (s) به صورت 186400186400 میانگین روز خورشیدی تعریف می‌شد. استاندارد کنونی زمان که از سال ۱۳۴۶ ه.ش به کار گرفته شد بر اساس دقت بسیار زیاد ساعت‌های اتمی تعریف شده است که در کتاب‌های پیشرفته‌تر فیزیک می‌توانید با آن آشنا شوید. در بسیاری موارد نیاز به اندازه‌گیری مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد داریم. این مدت زمان را بازه زمانی می‌نامیم. مقادیر تقریبی برخی بازه‌های زمانی در جدول ۵-۱ آمده است.

جدول ۵-۱ مقادیر تقریبی برخی از بازه‌های زمانی اندازه گیری شده

بازه زمانی	ثانیه
سن عالم	$5 \times 10^{17} / 5 \times 10^{17}$
سن زمین	$1/43 \times 10^{17} / 43 \times 10^{17}$
میانگین عمر یک انسان	$2 \times 10^9 / 2 \times 10^9$

جدول ۵-۱ مقادیر تقریبی برخی از بازه‌های زمانی اندازه‌گیری شده

بازه زمانی	ثانیه
یک سال	$3/15 \times 10^7$ - $3/15 \times 10^8$
یک روز	$8/6 \times 10^4$ - $8/6 \times 10^5$
زمان بین دو ضربان عادی قلب	1×10^{-1} - 1×10^{-8}

فعالیت ۲-۱ (صفحه ۹ کتاب درسی)

در خصوص چگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالبی را به طور مستند تهیه کنید. مطالب تهیه شده را با توجه به مهارت و علاقه مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل‌های روزنامه دیواری، پاورپوینت، قطعه فیلم کوتاه و... به کلاس درس ارائه دهید.

خوب است بدانید

چندین هزار سال از توجه جوامع بشری به ضرورت اندازه‌گیری و کاربرد آن در زندگی روزمره می‌گذرد. ایجاد تقویم، تعیین زمان، اندازه‌گیری فاصله، مساحت، ساخت وزنه و پیمانه تنها نمونه‌ای از شواهدی هستند که نقش اندازه‌گیری را در زندگی انسان‌های دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. اولین قانون اندازه‌گیری در ایران، سال ۱۳۰۴ ه.ش به تصویب رسید. با تصویب این قانون دستگاه متریک به عنوان دستگاه رسمی اندازه‌گیری در کشور تعیین شد. اجرای قانون اندازه‌گیری در کشور به عهده مرکز اندازه‌شناسی سازمان ملی استاندارد ایران است. این مرکز شامل بخش‌هایی مربوط به اندازه‌گیری‌های مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی است.

تبدیل یکاها: اغلب در حل مسئله‌های فیزیک، لازم است یکای کمیتی را تغییر دهیم. برای مثال، ممکن است لازم باشد کیلوگرم (kg) را به میکروگرم (ug) یا متر بر ثانیه (m/s) را به کیلومتر بر ساعت (km/h) تبدیل کنیم. این

کار با روش تبدیل زنجیره‌ای انجام می‌شود. در این روش، اندازه کمیت را در یک ضریب تبدیل (نسبتی از یکاها که برابر عدد یک است) ضرب می‌کنیم. برای مثال، چون ۱ m برابر ۱۰۰ cm است، داریم:

$$1\text{m} = 100\text{cm} \quad 100\text{cm} = 1\text{m} \quad 1\text{m} = 100\text{cm} \quad 100\text{cm} = 1\text{m}$$

بنابراین، هر دو کسر بالا را که برابر یک هستند می‌توان به عنوان ضریب تبدیل به کار برد (ذکر یکاها در صورت و مخرج کسر الزامی است). از آنجا که ضرب کردن هر کمیت در عدد یک، اندازه آن کمیت را تغییر نمی‌دهد، هرگاه ضریب تبدیلی را مناسب بدانیم می‌توان از آن استفاده کرد. برای مثال، یکای cm را در ۸۵ cm به صورت زیر به یکای m تبدیل می‌کنیم:

$$85\text{cm} = (85\text{cm})(1) = (85\text{cm}) \left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \right) = \frac{85\text{m}}{100} \quad 85\text{cm} = (85\text{cm})(1) = (85\text{cm}) \left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \right) = \frac{85\text{m}}{100}$$

ضریب تبدیل: $\frac{1\text{m}}{100\text{cm}}$

همچنین در مثالی دیگر، تبدیل یکای کمیت km/h را بر حسب یکای m/s به صورت زیر انجام می‌دهیم:

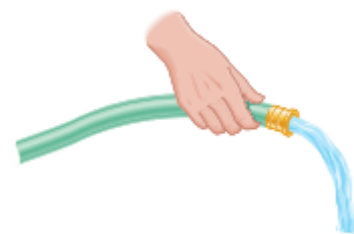
$$36\text{km/h} = (36\text{kmh})(1)(1) = (36\text{kmh}) \left(\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right) \left(\frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \right) = 10\text{m/s} \quad 36\text{km/h} = (36\text{kmh})(1)(1) = (36\text{kmh}) \left(\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right) \left(\frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \right) = 10\text{m/s}$$

تمرین ۲-۱ (صفحه ۱۰ کتاب درسی)

در فیزیک، تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، معمولاً آهنگ آن کمیت می‌نامیم. از شلنگ شکل روبه رو، آب با آهنگ $125\text{cm}^3/\text{s}$ خارج می‌شود. این آهنگ را به روش تبدیل زنجیره‌ای، بر حسب یکای لیتر بر دقیقه (L/min) بنویسید. (هر لیتر معادل ۱۰۰۰ سانتی متر مکعب است).

روش تبدیل زنجیره‌ای برای تبدیل یکاها، به خصوص وقتی می‌خواهیم چندین یکا را به یکاهای موردنظر تبدیل کنیم روشی مفید و کم اشتباه است.

$$125\text{cm}^3/\text{s} = 125\text{cm}^3/\text{s} (1)(1) \left(\frac{1\text{L}}{1000\text{cm}^3} \right) \left(\frac{60\text{s}}{1\text{min}} \right) = 7.5\text{L/min} \quad 125\text{cm}^3/\text{s} = 125\text{cm}^3/\text{s} (1)(1) \left(\frac{1\text{L}}{1000\text{cm}^3} \right) \left(\frac{60\text{s}}{1\text{min}} \right) = 7.5\text{L/min}$$



فعالیت ۳-۱ (صفحه ۱۱ کتاب درسی)

خروار، من تبریز، سیر، مثقال، نخود و گندم از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای اندازه‌گیری جرم است. این یکاها به صورت زیر به یکدیگر مرتبط‌اند:

$$۱ \text{ خروار} = ۱۰۰ \text{ من تبریز}$$

$$۱ \text{ من تبریز} = ۴۰ \text{ سیر} = ۶۴۰ \text{ مثقال}$$

$$۱ \text{ مثقال} = ۲۴ \text{ نخود} = ۹۶ \text{ گندم}$$

با توجه به اینکه هر مثقال اندکی بیش از $\frac{1}{4}$ گرم است، هرکدام از این یکاها را برحسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

$$1 \text{ من تبریز} = 100 \text{ خروار} \times \frac{1 \text{ خروار}}{100 \text{ من تبریز}} \times \frac{299 \times 10^3 \text{ g}}{1 \text{ خروار}} = 2.99 \times 10^3 \text{ g} = 2.99 \text{ kg}$$

$$1 \text{ سیر} = 40 \text{ مثقال} \times \frac{640 \text{ مثقال}}{40 \text{ سیر}} = 16 \text{ مثقال} = 16 \text{ مثقال} \times \frac{4.68 \text{ g}}{1 \text{ مثقال}} = 74.9 \text{ g} = 7.49 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

$$1 \text{ نخود} = 24 \text{ مثقال} \times \frac{1 \text{ مثقال}}{24 \text{ نخود}} = 0.042 \text{ مثقال} = 0.042 \text{ مثقال} \times \frac{4.68 \text{ g}}{1 \text{ مثقال}} = 0.195 \text{ g} = 0.195 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ گندم} = 96 \text{ مثقال} \times \frac{1 \text{ مثقال}}{96 \text{ گندم}} = 0.049 \text{ g} = 0.049 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

سازگاری یکاها: هر کمیت فیزیکی را با نماد مشخصی نشان می‌دهیم. برای مثال اندازه شتاب را با a و جرم را با m نشان می‌دهیم. همچنین برای بیان ارتباط بین کمیت‌های فیزیکی، از روابط و معادله‌ها استفاده می‌کنیم.

یکی از این رابطه‌های فیزیکی، قانون دوم نیوتون $F = ma$ ، است که در علوم سال نهم با آن آشنا شدید. هنگام استفاده از این رابطه و جایگذاری اندازه هر کمیت در آن، باید به سازگاری یکاها در دو طرف رابطه توجه کنیم. اگر بخواهیم حاصل دو طرف رابطه برحسب یکاهای SI بیان شود باید یکای کمیت‌های داده شده را نیز به یکاهای SI تبدیل کنیم. برای مثال، اگر جرم جسمی ۳۲۵ g و شتاب آن ۷۵/۱ m/s^2 باشد، برای سازگاری یکاها در دو طرف معادله، باید یکای جرم جسم را به کیلوگرم تبدیل کنیم. در این صورت مقدار حاصل را می‌توان برحسب یکای نیوتون بیان کرد.

$$F = ma = (0.325 \text{ kg})(75.1 \text{ m/s}^2) = 24.6075 \text{ N}$$

یکای دو طرف معادله با هم سازگار است.
(جدول ۱-۲ را ببینید.)

پیشوندهای یکاها: هرگاه در اندازه‌گیری‌ها با اندازه‌های بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر از یکای اصلی آن کمیت مواجه شویم، از پیشوندهایی استفاده می‌کنیم که در جدول ۱-۶ فهرست شده‌اند. همان‌طور که از ضرایب تبدیل جدول پیداست هر پیشوند، توان معینی از ۱۰ را نشان می‌دهد که به صورت یک عامل ضرب به کار می‌رود (به بزرگ و کوچک بودن حروف نمادها توجه کنید). یعنی وقتی پیشوندی به یکایی افزوده می‌شود، آن یکا در ضریب مربوطه ضرب می‌شود، مثلاً یک میکرومتر (μm) که به آن **میکرون** نیز می‌گویند برابر $3 \times 10^6 \text{ W}$ برابر $3 \times 10^6 \text{ W}$ (MW) برابر $3 \times 10^6 \text{ W}$ است.

جدول ۱-۶ پیشوندهای یکاها

نما	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
y	یوکتو	10^{-24}	Y	یوتا	10^{24}
z	زپتو	10^{-21}	Z	زتا	10^{21}

جدول ۶-۱ پیشوندهای یکاها

نما د	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
a	آتو	۱۰-۱۸۱۰-۱۸	E	اِکِرا	۱۰۱۸۱۰۱۸
f	فِمتو	۱۰-۱۵۱۰-۱۵	P	پِتا	۱۰۱۵۱۰۱۵
p	پیکو	۱۰-۱۲۱۰-۱۲	T	تِرا	۱۰۱۲۱۰۱۲
n	نانو	۱۰۹۱۰۹	G	گیگا (جیگا)	۱۰۹۱۰۹
u	میکرو	۱۰-۶۱۰-۶	M	مِگا	۱۰۶۱۰۶
m	میلی	۱۰۳۱۰۳	k	کیلو	۱۰۳۱۰۳
c	سانتی	۱۰۲۱۰۲	h	هکتو	۱۰۲۱۰۲
d	دِسی	۱۰-۱۱۰-۱	da	دِکا	۱۰۱۱۰۱

پیشوندهایی که کاربرد بیشتری دارند و بهتر است آنها را به خاطر بسپارید با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

نمادگذاری علمی: در پاره‌ای از اندازه گیری‌ها با مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک سر و کار داریم؛ مثلاً برای نوشتن جرم زمین برحسب کیلوگرم باید تعداد ۲۲ صفر را بعد از عدد ۵۹۸ بنویسیم. یا برای نوشتن جرم یک الکترون برحسب کیلوگرم باید بعد از ممیز، ۳۰ عدد صفر قرار دهیم و پس از آن عدد ۹۱۰۹ را بنویسیم.

بدیهی است نوشتن چنین عددهایی به صورت اعشاری یا با صفرهای زیاد، علاوه بر دشواری در خواندن و نوشتن، احتمال اشتباه را نیز افزایش می‌دهد. از این رو، با استفاده از روشی که آن را نمادگذاری علمی می‌نامند، نوشتن و محاسبه مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک ساده‌تر می‌شود.

اندازه هر کمیت فیزیکی، که به صورت نمادگذاری علمی بیان می‌شود، باید شامل سه قسمت باشد. قسمت‌های اول و دوم، در برگیرنده حاصل ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از ۱۰ است و در قسمت سوم، یکای آن کمیت نوشته می‌شود. برای آشنایی بیشتر با **نمادگذاری علمی**، به مثال‌های جدول ۷-۱ توجه کنید.

جدول ۷-۱ بیان اندازه چند کمیت به صورت نمادگذاری علمی		
بیان به صورت نمادگذاری علمی	اندازه کمیت (شامل عدد و یکا)	نمونه
$۲۶/۶۰ \times ۱۰^{۱۰} \text{ m}^3$	L	حجم بنزین مصرفی در ایران در سال ۱۳۹۴
$۳/۰۰ \times ۱۰^۸ \text{ m/s}$	m/s	تندی نور در هوا
$۳/۸۹ \times ۱۰^۷ \text{ m}$	m	طول کل خطوط انتقال نفت خام، گاز و سایر فراورده‌های سوختی در ایران

جدول ۷-۱ بیان اندازه چند کمیت به صورت نمادگذاری علمی

بیان به صورت نمادگذاری علمی	اندازه کمیت (شامل عدد و یکا)	نمونه
$1/59 \times 10^{21} / 59 \times 10^2$	۱۵۹ L	حجم یک بشکه نفت
$6-18/01 \times 10^{-18} / 01 \times 10^{-18}$	$0/00000801 \text{ m}$	قطر موی انسان
$1-10/06 \times 10^{-10} / 06 \times 10^{-10} \text{ m}$ o	$0/000000000106 \text{ m}$	قطر اتم هیدروژن

مثال ۱-۱

مقدار بار الکتریکی الکترون $16-15 \mu\text{C}$ برابر $10 \times 16-15 \mu\text{C}$ است. مقدار این بار را بر حسب کولن و با نمادگذاری علمی بنویسید.

پاسخ: با توجه به جدول ۶-۱، پیشوند میکرو (μ) برابر 10^{-6} است. به این ترتیب داریم:

$$16 \times 10^{-15} \mu\text{C} = 16 \times 10^{-21} \text{C} = 1/16 \times 10^{-19} \text{C} \quad 16 \times 10^{-15} \mu\text{C} = 16 \times 10^{-21} \text{C} = 1/16 \times 10^{-19} \text{C}$$

پرسش ۳-۱ (صفحه ۱۳ کتاب درسی)

کدام گزینه جرم یک زنبور عسل ($0/00015 \text{ kg}$) را به صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟

$$0/00015 \text{ kg} = 1/5 \times 10^{-4} \text{ kg} \quad 0/00015 \text{ kg} = 1/5 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

تمرین ۳-۱ (صفحه ۱۳ کتاب درسی)

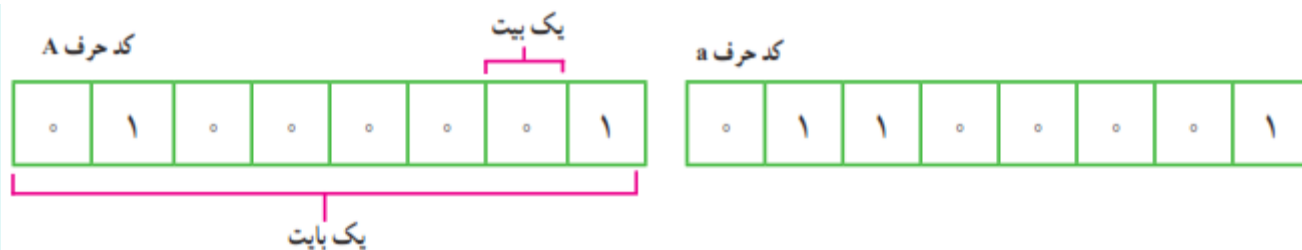
با توجه به پیشوندهای یکاهای SI و نمادگذاری علمی جدول زیر را کامل کنید.

	قطر میانگین یک گویچه (گلبول) قرمز	$7/0 \times 10^{-6} m$	 mm	 μm
	قطر هسته اتم اورانیوم	$1/17 \times 10^{-14} m$	 pm	 fm
	جرم یک گیره کاغذ	$1/0 \times 10^{-4} kg$	 g	 mg
	زمانی که نور مسافت ۳/۰ متر را در هوا طی می کند.	$1/0 \times 10^{-9} s$	 μs	 ns
	زمانی که صوت مسافت ۳۵/۰ متر را در هوا طی می کند.	$1/0 \times 10^{-3} s$	 ms	 μs

خوب است بدانید

یکای پایه یا بنیادی اطلاعات در رایانه و ارتباطات، بیت (bit) است. هر بیت تنها با دو مقدار ۰ و ۱ تعریف می شود. این دو مقدار می توانند به صورت مقدارهای منطقی (درست/ نادرست، آری/ نه)، علائم جبری (+/-) یا حالت های راه اندازی (روشن / خاموش) تفسیر شوند.

به دسته های ۸ تایی از بیت ها، **بایت** می گویند. ($1 \text{ byte} = 8 \text{ bits}$) یک بایت می تواند نشان دهنده یک کاراکتر یک حرف، یک عدد صحیح بین ۰ تا ۹، یا یک علامت نشانه گذاری و غیره) باشد. برای مثال، کد حرف a و A صورت های زیر است:



با کمی دقت متوجه می‌شویم که هر بایت می‌تواند ۲۵۶ ترکیب ۸ تایی از صفرها و یک‌ها بسازد که هر کدام نماینده یک نویسه (کاراکتر) هستند.

پیشوندهای بزرگ‌تر یکای بنیادی اطلاعات به صورت کیلوبیت (kb)، مگابایت (Mb)، گیگابایت (Gb) ترابایت (tb) و غیره است. بر خلاف پیشوندهای یکای SI که در آن هر کیلو برابر ۱۰³ است در مبنای دوتایی هر کیلو برابر ۱۰۲۴ = ۲¹۰ است (جدول روبه رو را ببینید).

توجه داشته باشید که ظرفیت ذخیره داده و اطلاعات در حافظه‌های DVD، USB، SD و ... را برحسب پیشوندهایی از بایت (B) اعلام می‌کنند.

کیلو بیت	$2^{10} \text{ b} = 1024 \text{ b} = 1 \text{ kb}$
مگا بیت	$2^{20} \text{ b} = 1024 \text{ kb} = 1 \text{ Mb}$
گیگا بیت	$2^{30} \text{ b} = 1024 \text{ Mb} = 1 \text{ Gb}$
ترا بیت	$2^{40} \text{ b} = 1024 \text{ Gb} = 1 \text{ Tb}$
پتا بیت	$2^{50} \text{ b} = 1024 \text{ Tb} = 1 \text{ Pb}$
اگرا بیت	$2^{60} \text{ b} = 1024 \text{ Pb} = 1 \text{ Eb}$

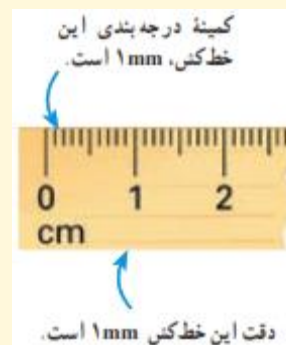
زتا بیت	$2^{30} b = 1024 Eb = 1 Zb$
یوتا بیت	$2^{80} b = 1024 Zb = 1 Yb$

۵-۱ اندازه گیری و دقت وسیله‌های اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی مانند طول، جرم، زمان و... قطعیت وجود ندارد و هموار مقداری خطا وجود دارد. با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری، تنها می‌توان خطای اندازه‌گیری را کاهش داد، ولی هیچ‌گاه نمی‌توان آن را به صفر رساند. با وجود این، توجه به عوامل زیر نقش مهمی در افزایش دقت اندازه‌گیری دارد.

۱- دقت وسیله اندازه‌گیری: یکی از عوامل مهم در دقت اندازه‌گیری، دقت و حساسیت وسیله اندازه‌گیری است. برای مثال، دقت خط‌کشی که تا میلی‌متر مدرج شده، بیشتر از دقت خط‌کشی است که تا سانتی‌متر درجه‌بندی شده است.

دقت ابزارهای اندازه‌گیری مدرج، برابر کمینه درجه‌بندی آن ابزار است. برای مثال، دقت خط‌کشی که کمینه درجه‌بندی آن مطابق شکل زیر تا میلی‌متر است برابر ۱ mm است.



۲- مهارت شخص آزمایشگر: یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار روی دقت اندازه‌گیری، مهارت‌های شخص آزمایشگر است. یکی از این مهارت‌ها، نحوه خواندن نتیجه اندازه‌گیری است. شکل ۸-۱ تأثیر اختلاف منظر در خواندن نتیجه اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. خواندن نتیجه اندازه‌گیری از نتیجه اندازه‌گیری B خطا را افزایش می‌دهد در حالی که گزارش شخصی که از منظر C و A منظرهای را می‌خواند دقت بیشتری دارد.