



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

www.tafrihicenter.ir

هر فصل این کتاب با تصویری شروع می شود و هدف آن جلب توجه دانش آموزان به موضوع یا مفاهیمی است که قرار است در آن فصل بررسی شود. این تصویر به این دلیل انتخاب شده است تا توجه دانش آموزان را به اهمیت و کاربرد اندازه گیری در شاخه های مختلف علم و مهندسی جلب کند. افزون بر تصویر کتاب می توانید به مثال های دیگری، همچون اسطرلاب به عنوان مهم ترین ابزار اندازه گیری دانشمندان مسلمان در صدها سال پیش، برای محاسبه های نجومی، یافتن ارتفاع و زاویه خورشید، محل ستارگان و سیاره ها، پیدا کردن ارتفاع کوه ها و عرض رودخانه ها بوده است هم اشاره کنید. این مقدمه می تواند شروع مناسبی برای ورود به فصل باشد.

فیزیک و اندازه گیری

فصل ۱



یکی از وجوه مشترک فیزیک و معماری، اندازه گیری است. معماران هنرمند ایرانی از صدها سال پیش با بهره گیری از روش ها و فنون اندازه گیری، افرهای بدیع و ماندگاری به یادگار گذاشته اند.

اگر به دنبال رد پای فیزیک در زندگی خود باشید، کجا را باید جست و جو کنید؟ درست حدس زدید! لازم نیست جای خیلی دوری بروید؛ زیرا فیزیک با زندگی روزانه ما عجین شده است. وسایل برقی، خودروها، گوشی های تلفن همراه و بسیاری از وسایل و ابزارهای ساخته شده اطراف ما، با بهره گیری از اصول و قانون های فیزیکی ساخته شده اند. فیزیک دانان، گستره وسیعی از پدیده ها را بررسی می کنند. این گستره، اندازه های خیلی کوچک (مانند اتم ها و ذرات سازنده آنها) تا اندازه های خیلی بزرگ (مانند کهکشان ها و اجزای تشکیل دهنده آنها) را در بر می گیرد. در این فصل، پس از آشنایی با فیزیک و نظریه های فیزیکی، به اهمیت مدل سازی در فیزیک می خواهید پرداخت. با کمیت های 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، نگاهی به چگالی و کاربردهای آن خواهد شد.



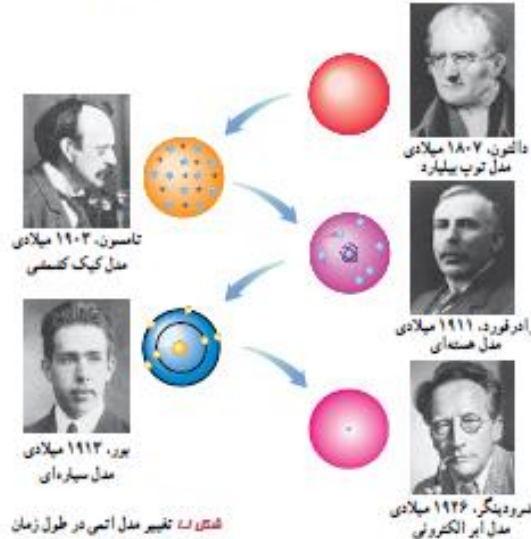


آزمایش و مشاهده در فیزیک، اهمیت زیادی دارد؛ اما آنچه بیش از همه در پیشبرد و تکامل علم فیزیک نقش افا کرده و می‌کند، تفکر نقادانه و اندیشه‌ورزی فعال فیزیکدانان نسبت به پدیده‌هایی است که با آنها مواجه می‌شوند.

مطالعه و یادگیری فیزیک به این دلیل اهمیت دارد که فیزیک یکی از بنیادی‌ترین دانش‌ها و شالوده تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هایی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در زندگی ما نقش دارند.

فیزیک‌دانان، پدیده‌های گوناگون طبیعت را مشاهده می‌کنند و می‌کشند 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 مشاهده‌ها و کسب اطلاعات جدید در خصوص رفتار اتم‌ها، بارها اصلاح شد (شکل ۱-۱).



ویژگی آزمون‌پذیری 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.

دانشمندان برای بیان قانون‌های فیزیکی، اغلب از گزاره‌های کلی و در عین حال مختصر استفاده می‌کنند. قانون‌های فیزیکی، معمولاً رابطه بین برخی از کمیت‌های فیزیکی را توصیف می‌کنند و در دامنه وسیعی از پدیده‌های گوناگون طبیعت معتبرند (مانند قانون‌های نیوتون که در علوم نهم با آنها آشنا شدید). برای توصیف دامنه محدودتری از پدیده‌های فیزیکی، که عمومیت کمتری دارند، اغلب از اصطلاح اصل استفاده می‌شود (مانند اصل پاسکال که برای شاردهای ساکن و محصور معتبر است و در علوم نهم با آن آشنا شدید).

در بخش آغازین فصل اول، می‌خواهیم دانش آموزان با ماهیت و اهمیت فیزیک، به عنوان یک دانش بنیادی و تاثیر گذار در تمامی شاخه‌های علوم و مهندسی شناخت پیدا کنند.

تمامی آنچه در طبیعت پیرامون ما رخ می‌دهد، از رنگ آبی آسمان در طول روز تا شفاف بودن شیشه در برابر عبور نور مرئی، از نوسان یک آونگ تا فرو افتادن برگ درختان به طرف زمین، همگی پدیده‌های فیزیکی (Physical Phenomena) نامیده می‌شوند. در این قسمت سعی کنید با آوردن مثال‌های ملموس توجه دانش آموزان را به پدیده‌های فیزیکی جلب کنید و اشاره کنید که فیزیکدانان با بررسی این پدیده‌ها می‌کوشند تا آنها را بر اساس مدل‌ها، نظریه‌ها، اصول و قانون‌های فیزیکی توصیف‌کنند.

هدف این پارگراف و تصویری که در ادامه آن آمده است این است دانش آموزان با ماهیت اصلاح‌پذیری نظریه‌های فیزیکی با توجه به نتایج آزمایش‌های جدید آشنا شوند. به عبارت دیگر این در ماهیت هر نظریه فیزیکی نهفته است که می‌توانیم یک نظریه را در صورت یافتن رفتاری که با آن ناسازگار است رد کنیم، ولی هرگز نمی‌توانیم ثابت کنیم که یک نظریه فیزیکی همواره درست است.

در این قسمت سعی شده است تا دانش آموزان با مثال‌های ساده به تفاوت بین قانون (Law) و اصل (Principle) در فیزیک آشنا شوند. لازم به توضیح است که در اینجا منظور از اصل، اصل موضوعه (Postulate) نیست که مبنای برخی از نظریه‌های فیزیکی، مانند نظریه نسبیت خاص یا نظریه کوانتومی است.

هدف این قسمت تبیین اهمیت تفکر و اندیشه ورزی فعال در فرایند آموزش است. به این منظور در کنار آموزش مفاهیم و توجه به آزمایش، باید مجال و فرصتی نیز فراهم شود تا دانش آموزان روی مفاهیم و نتایج آزمایش‌ها با یکدیگر به بحث و گفت‌وگو بپردازند.

واژه فیزیک، ریشه در یونان باستان دارد و به معنای شناخت طبیعت است. تا آنجا که تاریخ مدون علم نشان می‌دهد، فیلسوفان آسیای صغیر در سده هفتم قبل از میلاد مسیح نخستین کسانی بودند که پرسش‌هایی درباره طبیعت مطرح ساختند. اندیشه‌های علمی این فیلسوفان در سده پنجم قبل از میلاد در یونان و پس از آن در مناطقی مانند مقدونیه، سوریه، مصر و به‌ویژه در شهر اسکندریه پیگیری شد. کارهای ارشمیدس و برخی دیگر از دانشمندان یونان باستان به همین دوره مربوط می‌شود. بررسی‌های انجام‌شده توسط تاریخ‌نگاران علم نشان می‌دهد روش ارشمیدس به روش‌های علمی امروزه نزدیک بوده است. پس از ظهور و گسترش اسلام، دانشمندان مسلمان و به‌خصوص ایرانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن هیت، 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.



خواجه نصیرالدین طوسی
(۱۲۷۴-۱۲۰۱ م.)



ابوریحان سینا
(۱۰۳۷-۱۰۴۸ م.)



ابوریحان بیرونی
(۱۰۳۸-۱۰۹۷ م.)



ابن هیت
(۱۰۳۸-۱۰۹۷ م.)



ارشمیدس
(۲۸۷ تا ۲۱۲ قبل از میلاد)



برج کج پیزا واقع در فلورانس ایتالیا



گالیلهو گالیله
(۱۶۴۲-۱۵۶۴ م.)

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 تعقیب زیاد روی نتیجه آزمایش‌های خود، گام بلندی به سوی این اصل برداشت که شتاب جسم در حال سقوط، مستقل از جرم آن است.

فیزیک، پایه و اساس تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هاست. هیچ مهندسی نمی‌توانست بدون آنکه نخست قانون‌های اساسی فیزیک را درک کند، یک تلویزیون یا صفحه تخت، یک فضاییما میان سیاره‌ای، یک لامپ کم‌مصرف LED یا حتی یک ابزار ساده طراحی کند. شکل ۲-۱ الف تا ج، بخش بسیار کوچکی از دستاوردهای دانش و فناوری‌های نوین را نشان می‌دهند که فیزیک، شالوده تمامی آنهاست.

مطالبی که در کادرهای خوب است بدانید آمده است جزو آموزش و ارزشیابی کلاسی نباید منظور شوند. در صورت فرصت و صلاحدید خودتان می‌توانید نگاهی اجمالی به آنها داشته باشید.

فعالیت پیشنهادی برای بخش ۱-۱

از دانش آموزان بخواهید منظور از «فرایندی دوسویه است» را در عبارت زیر با یکدیگر به بحث بگذارند.

گسترش نظریه‌های فیزیکی همواره فرایندی دو سویه است که سرآغاز و سرانجام آن مشاهده یا آزمایش است.

هدف این پرسش این است که دانش آموزان توجه کنند که از آنجا که فیزیک علمی تجربی است باید نظریه های فیزیکی توسط آزمایش مورد آزمون و تأیید قرار بگیرند. عبارت «فرایندی دوسویه» نیز بر این نکته تأکید دارد که در برخی مواقع از یک آزمایش و تجربه به یک نظریه فیزیکی می‌رسند و در برخی مواقع نیز ابتدا نظریه ای مطرح می‌شود و آنگاه این نظریه در طول زمان با آزمایش مورد آزمون قرار می‌گیرد.

دانش آموزان باید توجه کنند که نتایج حاصل از نظریه‌های فیزیکی را دانشمندان همه رشته‌ها به کار می‌برند. به عبارت دیگر فیزیک پایه و اساس تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌های است. حتی اگر قرار باشد یک ابزار ساده مانند تله موش، عملکرد بهتری داشته باشد باید به مفاهیم فیزیکی نهفته در آن توجه شود!

در ادامه این بخش سعی شده است تا دانش آموزان را با نقش فیزیک در عرصه های مختلف فناوری امروز آشنا شوند.

در اینجا دانش آموزان با نمونه هایی از کاربرد فیزیک در فناوری های مختلف نشان داده شده است. هر چند پرداختن به مبانی مورد نیاز برای شرح هر یک از این تصاویر و فیزیک نهفته در پشت هر کدام، به تخصص های بالایی نیاز دارد و خارج از اهداف این کتاب است با این وجود نگاهی اجمالی به شرح هر تصویر و تبیین بیشتر آن برای دانش آموزان، می تواند موجبات علاقه مندی آنها را به فیزیک و آموزش فیزیک فراهم کند. همان طور که در پانویس این صفحه نیز اشاره شده است هرگونه ارزشیابی از محتوای این شرح شکل ها خارج از اهداف برنامه فیزیک ۱ است.

در این فعالیت دانش آموزان با توجه به علاقه مندی خودشان یا راهنمایی شما، می توانند (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 پدیده ها، ابزارها و ورزش، در سه فهرست جداگانه آمده است که در صورت تمایل و داشتن فرصت کافی می توانید با دانش آموزان در میان بگذارید.



(پا)



(پب)



(پت)



(چ)



(ت)



(تا)

شماره ۱-۲ (الف) جونیو (Juno)، کاوشگری که ناسا به سوی مشتری (برجیس)، بزرگترین سیاره منظومه شمسی پرتاب کرد و پس از پنج سال، در اوایل تابستان ۱۴۹۵ به مداری نزدیک این سیاره رسید. این مدارگرد که به ابزارهای پیشرفته ای مجهز شده، اطلاعاتی درباره جز مشتری، ویژگی های مغناطیسی و گرانشی و همچنین چگونگی شکل گیری این سیاره به زمین ارسال می کند. (پا) فضاپیمای دلفین ۱۳۰۰ کیلومتر در عمق ۱۷۵ متری زمین و در موز کشور های 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 ذره بوزون هیگز است که خبر تأیید آن در تابستان ۱۳۹۱ اعلام شد. (پب) سامانه مکان یابی جهانی (GPS) مکان اجسام را با دقت قابل ملاحظه ای روی زمین پیدا می کند. بخشی از دقت این سامانه، به این دلیل حاصل می شود که GPS بر اساس نظریه نسبیت اینشتین کار می کند. (تا) ترابری مگ لو (maglev)، یکی از دستاوردهای فیزیک آتروسالاست. این وسیله نقلیه موسوم به قطار مغناطیسی حامل پیچیده های آهنربا در زیر خود است. همین امر سبب می شود تا قطار چند سانتی متر بالاتر از ریل به صورت شناور در آید و با تنش ای فراتر از ۲۰۰ کیلو متر بر ساعت حرکت کند. (تت) این عکس نمای بزرگ شده از یک حشره را نشان می دهد که با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) گرفته شده است. در این نوع میکروسکوپ ها، به جای نور مرئی، از پرتوهای الکترون ها برای تصویربرداری استفاده می شود. (چ) پردازنده یا واحد پردازش مرکزی (CPU) متشکل از صدها میلیون تا چندین میلیارد ترانزیستور بسیار کوچک و ظریف است که در یک محفظه سرامیکی جای گرفته اند. این شکل یکی از پردازنده های نسل جدید را نشان می دهد که فراتر از یک میلیارد ترانزیستور ۲۲ نانومتری در آن به کار رفته است.^۱

فعالیت ۱-۱

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 می توانید به صورت پوستر، پاورپونت، فیلم های کوتاه و ... تهیه و ارائه کنید.)

۱- مطالب آمده در پانویس شکل ۱-۲ جزء ارزشیابی نیست.



فیزیک تارهای عنکبوت



فیزیک خانه های یخی



فیزیک تشکیل توفان



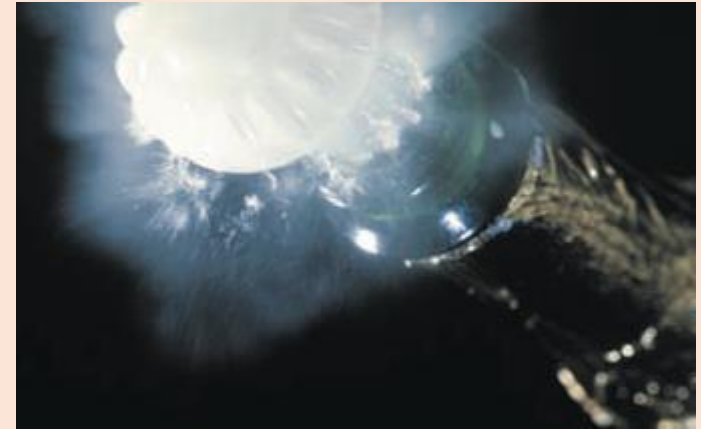
فیزیک حمل بار سنگین توسط مورچه ها



فیزیک تشکیل حباب های آب صابون

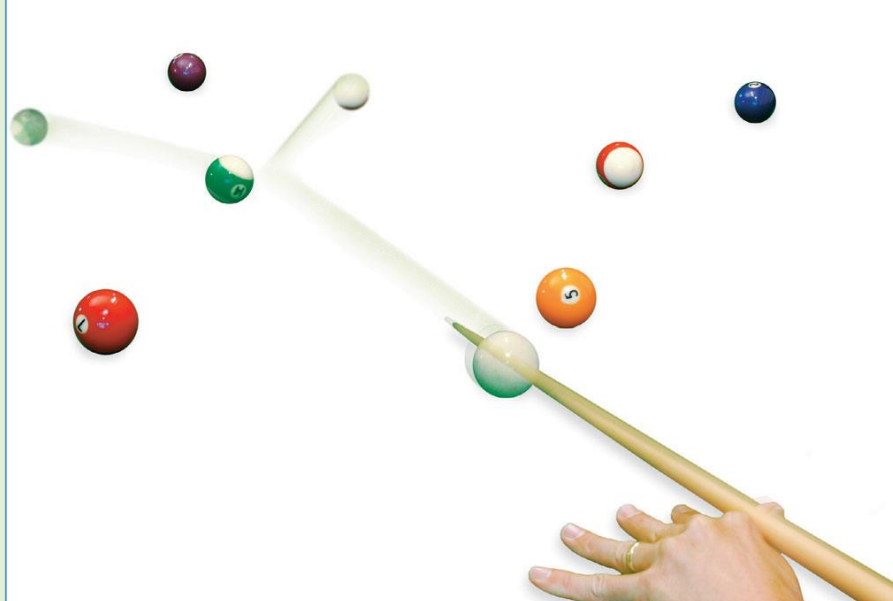


فیزیک تعریق بدن هنگام ورزش



فیزیک تشکیل بخار هنگام باز کردن نوشابه خنک

فیزیک بازی بیلیارد



فیزیک هاکی روی یخ



فیزیک اسکیت سواری روی امواج و قایق های بادباندار



فیزیک پرش با طناب های کشسان

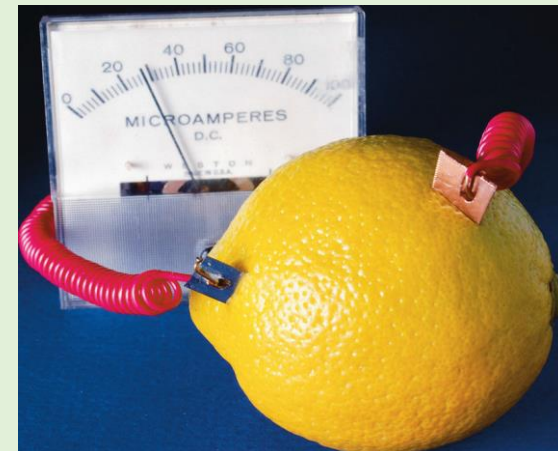




فیزیک گیتارهای برقی



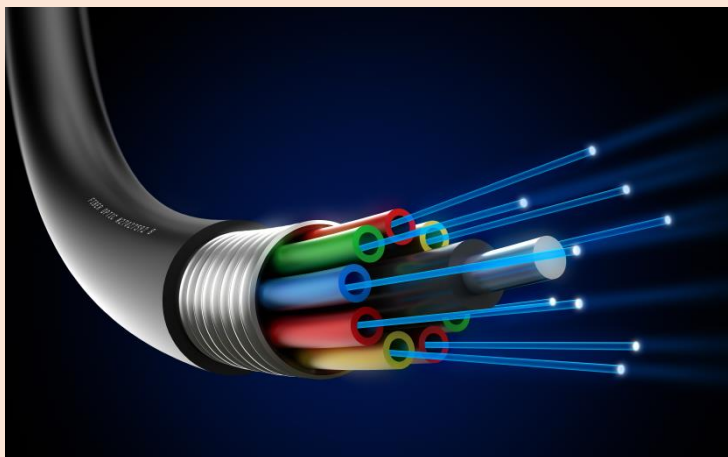
فیزیک سونوگرافی



فیزیک باتری های شیمیایی



فیزیک کارت های بانکی



فیزیک تارهای نوری



فیزیک آهنرباهای الکتریکی

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 فیزیک‌دانان برای بررسی پدیده‌ها، از مدل‌سازی استفاده می‌کنند. مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی، آن قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

برای شناخت بهتر فرایند مدل‌سازی در فیزیک، فرض کنید بخواهیم حرکت یک توپ پرتاب شده را بررسی کنیم (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 کره 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 مدل‌سازی حرکت توپ، می‌توانیم تا حدود زیادی این پیچیدگی‌ها را کاهش دهیم و بررسی و تحلیل حرکت توپ را به‌طور ساده، امکان‌پذیر سازیم. با چشم پوشیدن از اندازه و شکل توپ، آن را به‌صورت یک جسم نقطه‌ای یا تره در نظر می‌گیریم. همچنین یا فرض اینکه توپ در خلأ حرکت می‌کند، از مقاومت هوا و اثر وزن باد صرف‌نظر 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: هنگام مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را. برای مثال، اگر به جای مقاومت هوا، نیروی جاذبه زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کرد که وقتی تویی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود!



واژه مدل و مدل سازی را بارها و بارها شنیده و یا به کار برده باشند ولی این نخستین بار است که در کتاب های درسی فیزیک به مدل سازی در فیزیک پرداخته می شود و اهمیت آن با بیانی ساده و با مثال هایی ملموس تبیین می شود.

در آموزش این بخش و در گام اول بهتر است سعی کنید تا ذهن دانش آموزان را به مفهوم و ماهیت مدل سازی در فیزیک نزدیک کنید و تمایز آن را با مفهوم مدل و مدل سازی در گفتگوهای روزانه تبیین کنید. به این ترتیب توصیه می شود ابتدا از دانش آموزان بخواهید تا درک و شناخت خود را از واژه مدل و مدل سازی بیان کنند.

انتظار می رود دانش آموزان به مدل های بدلی و کوچک نظیر مدلی است که برای یک خودرو یا هواپیما ساخته می شود اشاره کنند. حتی ممکن است به شخصی که به عنوان مدل، لباس هایی را به نمایش می گذارد نیز اشاره ای داشته باشند.

در ادامه از مدل بدلی که برای یک خودرو یا هواپیما ساخته می شود شروع کنید و از دانش آموزان بخواهید تا شباهت ها و تفاوت های این مدل بدلی را با نسخه اصلی خودرو یا هواپیما بیان کنند. پس از آن با جمع بندی نظر دانش آموزان، به مدل و مدل سازی در فیزیک بپردازید.

پس از معرفی مدل های آرمانی، که در واقع ساده ترین مدل هایی هستند که برای بررسی یک پدیده یا سامانه (دستگاه) فیزیکی به کار می بریم (مانند مثال کتاب در شکل ۳-۱)، اشاره ای نیز به مدل های کمتر آرمانی شده، مانند حرکت یک توپ با در نظر گرفتن مقاومت هوا یا حتی منظور کردن چرخش توپ بپردازید که در سطوح بالاتر آموزش فیزیک به آنها می پردازند. همچنین نگاهی کنید به مدل سازی مثال ساده ای که در حاشیه آمده است و در فصل دوم همین کتاب از آن استفاده فراوانی خواهیم داشت. در پایان نیز خوب است تاکید کنید که در کتاب های درسی فیزیک سال های دهم تا دوازدهم، تمامی مباحث و موضوعات را با

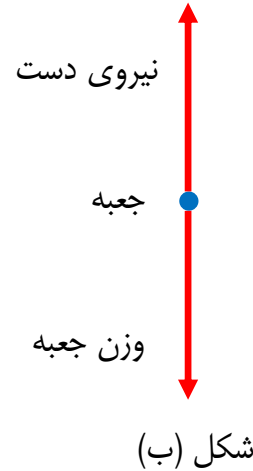
مدل های آرمانی آموزش می دهیم.

۱- شکل الف شخصی را در حالت ایستاده نشان می دهد که جعبه ای در دست خود گرفته است. نیروهای وارد بر جعبه را مدل سازی کنید.



شکل (الف)

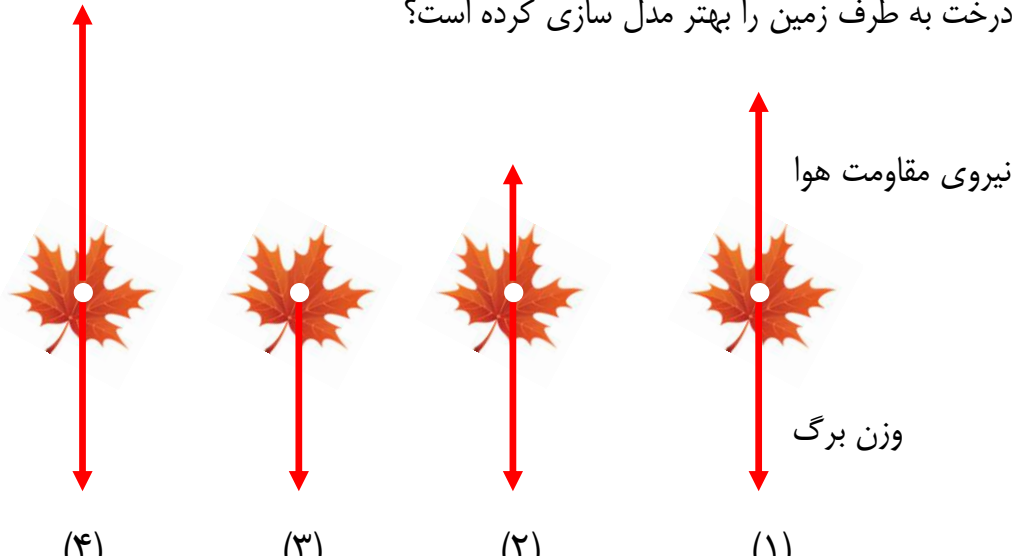
پاسخ: با توجه به وضعیت شخص، دو نیرو به جعبه وارد می شود. یکی نیروی دست، که از طرف شخص و روبه بالا به جعبه وارد می شود. نیروی دیگر، وزن جعبه است که روبه پایین و از طرف زمین به جعبه وارد می شود. در شکل ب، نیروهای وارد بر جعبه، که به صورت یک ذره مدل سازی شده، نشان داده شده است.



شکل (ب)

۲- شکل پ سقوط برگ درختی را به طرف زمین نشان می دهد. کدام گزینه حرکت

برگ درخت به طرف زمین را بهتر مدل سازی کرده است؟



نیروی مقاومت هوا

وزن برگ



شکل (پ)

پاسخ: با توجه به نوع حرکت برگ درخت هنگام سقوط به طرف زمین، گزینه ۲ درست است.

منابعی برای مطالعه بیشتر در فصول مدل سازی در فیزیک

گزارشی از کنفرانس جهانی آموزش فیزیک [ادامه](#)

مدل سازی در فیزیک و آموزش فیزیک [ادامه](#)

نقش مدل در آموزش فیزیک [ادامه](#)

مدل ها و نقش آنها در علم، پیش در آمدی بر مطالعه فیزیک [ادامه](#)



گزارشی از کنفرانس جهانی آموزش فیزیک
«مدل سازی در فیزیک و آموزش فیزیک»

آمستردام ، ۲۹ مردادماه لغایت ۴ شهریورماه ۱۳۸۵

روح اله خلیلی بروجنی

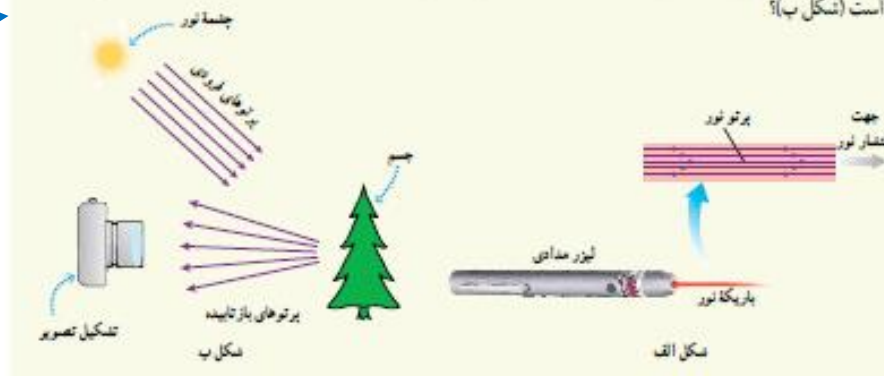
alshahali@Phonixnet.net

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

شکل الف، باریکه ای را نشان می دهد که از یک لیزر مدادی خارج شده است. باریکه نور، به صورت پرتوهای موازی نور مدل سازی شده است. همان طور که می دانید مدل پرتوی نور در نور هندسی، اهمیت زیادی دارد و دانش آموزان در علوم سال هشتم نیز تا حدودی با برخی از جنبه های آن آشنا شده اند. 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 رسیده اند به صورت موازی مدل سازی شده اند. برخی از پرتوها پس از بازتاب از جسم، وارد دوربین می شوند و تصویری از جسم تشکیل می دهند.

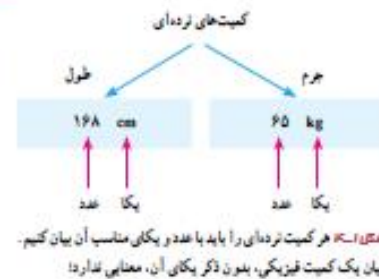
توجه: پیش از شروع این بخش لازم است به اشتباه رایجی که در خصوص کمیت های فیزیکی وجود دارد توجه شود. **کمیت فیزیکی** یا **مقدار فیزیکی** برگردان فارسی عبارت **physical quantity** است. همان طور که دیده می شود به جای واژه انگلیسی **quantity** در فارسی واژه **مقدار** یا **کمیت** به کار می رود. بنابراین به کار بردن عبارت **مقدار کمیت**، یک اشتباه رایج است! که بهتر است از آن اجتناب شود. در این کتاب تنها از عبارت کمیت فیزیکی استفاده شده است.

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. این مدل سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است (شکل ب)؟

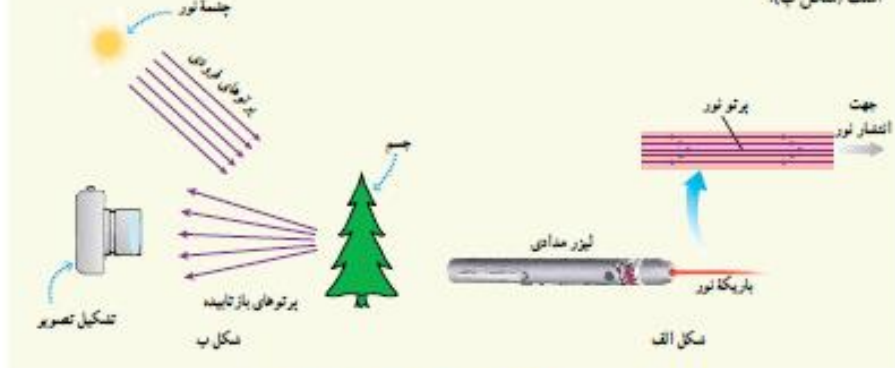


۳-۱ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

همان طور که پیش از این گفتیم فیزیک علمی تجربی است و هدف آن بررسی پدیده های 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 می کنیم. در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، مانند طول، جرم، تندی، نیرو و زمان سقوط یک جسم، کمیت فیزیکی گفته می شود. برای بیان برخی از کمیت های فیزیکی، تنها از یک عدد و یکای مناسب آن استفاده می شود. این گونه کمیت ها، **کمیت نرده ای (اسکالر)** نامیده می شوند. برای مثال، وقتی می گویم جرم و طول قد شخصی به ترتیب، 65 kg و 168 cm است، از دو کمیت فیزیکی نرده ای برای توصیف این شخص استفاده کرده ایم (شکل ۳-۱). برای بیان برخی دیگر از کمیت های فیزیکی، افزون بر یک عدد و یکای مناسب آن، لازم است به جهت آن نیز اشاره کنیم. این دسته از کمیت ها را، **کمیت برداری** می نامند. با برخی از این کمیت ها مانند جابه جایی، سرعت، شتاب و نیرو در علوم سال نهم آشنا شدید. برای مثال، وقتی می گویم جابه جایی دو چرخه سواری 22 km به طرف شمال و سرعت متوسط آن 20 km/h به طرف شمال است، از دو کمیت برداری برای توصیف حرکت این دو چرخه سوار استفاده کرده ایم (شکل ۳-۲). برای نوشتن کمیت های برداری، مانند نیرو $\vec{F}$ و شتاب $\vec{a}$ ، از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می کنیم. اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نیاید، مانند s ، تنها اندازه آن کمیت برداری (شامل عدد و یکا) بیان شده است.

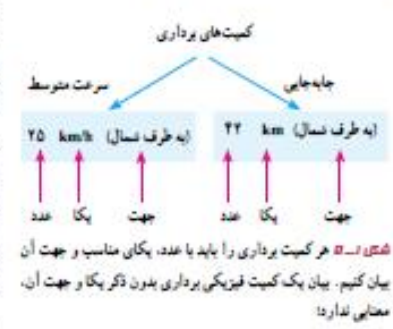
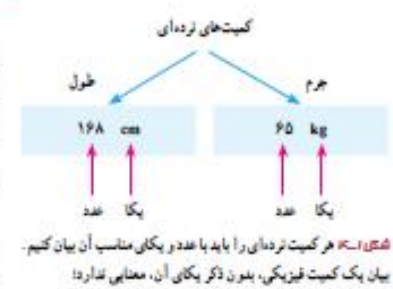


شکل الف براساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینه نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل سازی شده است. این مدل سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است (شکل ب)؟



۳-۱ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

همان طور که پیش از این گفتیم فیزیک علمی تجربی است و هدف آن بررسی پدیده های 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 می کنیم. در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، مانند طول، جرم، تندی، نیرو و زمان سقوط یک جسم، کمیت فیزیکی گفته می شود. برای بیان برخی از کمیت های فیزیکی، تنها از یک عدد و یکای مناسب آن استفاده می شود. این گونه کمیت ها، **کمیت نرده ای (اسکالر)** نامیده می شوند. برای مثال، وقتی می گویم جرم و طول قد شخصی به ترتیب، 65 kg و 168 cm است، از دو کمیت فیزیکی نرده ای برای توصیف این شخص استفاده کرده ایم (شکل ۳-۱). برای بیان برخی دیگر از کمیت های فیزیکی، افزون بر یک عدد و یکای مناسب آن، لازم است به جهت آن نیز اشاره کنیم. این دسته از کمیت ها را، **کمیت برداری** می نامند. با برخی از این کمیت ها مانند جابه جایی، سرعت، شتاب و نیرو در علوم سال نهم آشنا شدید. برای مثال، وقتی می گویم جابه جایی دو چرخه سواری 22 km به طرف شمال و سرعت متوسط آن 20 km/h به طرف شمال است، از دو کمیت برداری برای توصیف حرکت این دو چرخه سوار استفاده کرده ایم (شکل ۳-۲). برای نوشتن کمیت های برداری، مانند نیرو $\vec{F}$ و شتاب $\vec{a}$ ، از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می کنیم. اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نیاید، مانند m و s ، تنها اندازه آن کمیت برداری (شامل عدد و یکا) بیان شده است.



در این بخش دوباره توجه دانش آموزان را به این نکته جلب کنید که در فیزیک به مطالعه و بررسی پدیده های فیزیکی می پردازیم و برای توصیف کمی این پدیده ها، از کمیت های فیزیکی استفاده می کنیم. برای مثال، حرکت رفت و برگشتی یک آونگ، یک پدیده فیزیکی است که برای توصیف کمی حرکت آن، از کمیت های فیزیکی نظیر جرم آونگ، طول آونگ، دوه و بسامده آونگ استفاده می کنیم. در ادامه، کمیت های نرده ای و کمیت های برداری را مطابق الگوی کتاب و واژگان به کار رفته به دانش آموزان معرفی کنید.

تاکید دوباره: اگر بگوییم: کمیت نرده ای، کمیتی است که فقط دارای مقدار است، منظور این است که این نوع کمیت ها مانند جرم، طول و چگالی، تنها شامل عدد و یکا هستند. توجه کنید که در فیزیک، عدد با مقدار تفاوت دارد. عدد ماهیتی ریاضی دارد در حالی که هر عددی که با یکا مناسب آن بیان شود، یک مقدار فیزیکی نامیده می شود. همچنین اگر بگوییم کمیت برداری، کمیتی است که افزون بر مقدار، دارای جهت نیز است، منظور این است که این نوع کمیت ها شامل عدد، یکا و جهت هستند.

در این کتاب هرگاه بالای نماد یک کمیت برداری از نشانه پیکان استفاده نشده باشد، منظور بیان اندازه یا بزرگی (magnitude) آن کمیت برداری (شامل عدد و یکای آن) است.

برای انجام اندازه‌گیری‌های درست و قابل اطمینان به یکاهای اندازه‌گیری‌ای 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، به‌طور رسمی، دستگاه بین‌المللی (SI) نامیده شده است^۱.

در سال ۱۹۷۱ میلادی، مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، هفت کمیت را به‌عنوان کمیت اصلی انتخاب کرد که اساس دستگاه بین‌المللی یکاها را تشکیل می‌دهند (جدول ۱-۱). 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 نیاند برای همه کمیت‌های فیزیکی، یکای مستقل تعریف کنیم. برای مثال، همان‌طور که در علوم سال نهم دیدید، تندى متوسط به‌صورت نسبت مسافت به زمان تعریف 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 تندى 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. همان‌طور که در این جدول نیز دیده می‌شود برای برخی از یکاهای پرکاربرد فرعی، نامی مخصوص قرار داده‌اند، مثلاً یکای نیرو (kgm/s²) 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.

خوب است بدانید

در اواسط قرن نوزدهم نیاز به یک دستگاه مقیاس جهانی کاملاً آشکار شد. در سال ۱۸۷۵ میلادی، کنفرانسی بین‌المللی در پاریس در زمینهٔ سنجش تشکیل شد و ۱۷ دولت قرارداد کنوانسیون متر را امضا کردند. امضاکنندگان تصمیم گرفتند که یک مؤسسهٔ 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 در آمد. مرکز اندازه‌شناسی سازمان ملی استاندارد ایران به‌عنوان نقطهٔ اتصال کشور به دستگاه اندازه‌گیری جهانی، وظیفهٔ ارتباط با این سازمان جهانی را دارد.

۱- SI متر عبرت فرانسوی (Système International) به‌نامی دستگاه بین‌المللی است.

جدول ۱-۱ کمیت‌های اصلی و یکای آنها

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کندلا (شمع)	cd

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

کمیت	یکای SI	یکای فرعی
تندی و سرعت	m/s	m/s
نیرو	نیوتون (N)	kg m/s ²
فشار	پاسکال (Pa)	kg/m.s ²
انرژی	ژول (J)	kg m ² /s ²
توان	وات (W)	kg m ² /s ²
گرماى ویژه	J/kg.K	m ² /s ² .K

در ابتدا به ویژگی مهم یکاهای استاندارد که برای کمیت‌های اصلی انتخاب می‌کنند اشاره کرده ایم. اگر دو آزمایشگاه مبنای اندازه‌گیری خود را بر یک استاندارد پذیرفته شده برای یکای کمیتی (مانند طول) بگذارند، می‌توانند نتیجه‌های اندازه‌گیری خود را به راحتی با هم مقایسه کنند. برای ممکن ساختن این کار، استانداردهای پذیرفته شده باید در دسترس کسانی باشد که می‌خواهند استانداردهای ثانویه خود را مدرج و بازتولید کنند و این استانداردها باید با گذشت زمان یا تغییر در شرایط فیزیکی محیط (دما، رطوبت و غیره) تغییرناپذیر باشند.

توافق بین‌المللی دربارهٔ استانداردها در یک سری نشست‌های جهانی کنفرانس عمومی دربارهٔ اوزان و مقادیر (که با سرواژهٔ CGPM فرانسوی معروف است) انجام می‌شود که از سال ۱۸۸۹ میلادی آغاز و بیست و پنجمین نشست آن در سال ۲۰۱۴ برگزار شده است. برای آگاهی بیشتر [اینجا](#) را کلیک کنید.

انتخاب هفت کمیت اصلی در SI به معنای استقلال این کمیت‌ها از یکدیگر و یا الزاماً به معنای بنیادی بودن این کمیت‌ها نیست. به عنوان مثال طول را از قرن هفدهم تا دهه‌های میانی قرن بیستم به عنوان یک کمیت بنیادی در نظر می‌گرفتند. اما در دهه‌های پایانی قرن بستم، تندى نور را با دقتی بسیار بیشتر از استاندارد قبلی طول (متر) اندازه‌گیری کردند. در نتیجه امروزه استاندارد طول (متر) را برحسب تندى نور و ثانیه (که هنوز بنیادی است) تعریف می‌کنند. این مورد نشان می‌دهد که چگونه اندازه‌گیری‌های جدید که دقتی به مراتب بیشتر از گذشته دارند می‌تواند استانداردهای تثبیت شده را تغییر دهد و استانداردهای جدیدی را جایگزین آنها کند.



شکل ۱-۱ اولین تعریف متر در سال ۱۷۹۱ میلادی

طول : به لحاظ تاریخی، در اواخر قرن هجدهم، یکای طول (متر) به صورت یک ده میلیونم فاصله استوا تا قطب شمال تعریف شد (شکل ۱-۱). 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 $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند. این تعریف، تخصصی است و برای اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق به کار می‌رود^۱. در جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌ها آمده است.

جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌های اندازه‌گیری شده			
جسم	طول (m)	جسم	طول (m)
فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین کهکشان	10^{22}	طول زمین فوئبال	9×10^1
فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره	4×10^{16}	طول بدن نوعی مگس	5×10^{-2}
یک سال نوری	9×10^{15}	اندازه ذرات کوچک گرد و خاک	1×10^{-4}
شعاع مدار میانگین زمین به دور خورشید	$1/50 \times 10^{11}$	افزازه سلول‌های بیشتر موجودات زنده	1×10^{-5}
فاصله میانگین ماه از زمین	$3/84 \times 10^8$	فطر اتم هیدروژن	1×10^{-10}
شعاع میانگین زمین	$6/37 \times 10^6$	فطر هسته اتم هیدروژن	$1/75 \times 10^{-14}$
فاصله مائواره‌های مخارایی از زمین	$3/6 \times 10^2$	فطر پروتون	1×10^{-15}

پرسش ۱-۱

اگر مطابق شکل روبه‌رو، یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده بگیریم، چه مزایا و چه معایبی دارد؟



تجارب ۱-۱

ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع ۱۰۴ سانتی‌متر و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است^۲. قشم، بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است که مساحت آن از بیش از بیست کشور جهان بزرگ‌تر است. طول این جزیره حدود ۱۲۰ کیلومتر برآورد شده است. این طول را بر حسب ذرع و فرسنگ بیان کنید.



۱- بازی به حلقه کردن این تعریف تخصصی نیست.

۲- به خاطر سیردن یکاهای قدیمی و غیر SI در فعالیت‌ها و مسطه‌های این فصل برای دانش‌آموزان ضرورتی ندارد و نباید مورد ارزشیابی قرار بگیرد.

دانشتنی برای معلم در قرن هفدهم میلادی این فکر پدید آمد که استانداردها به گونه ای انتخاب شوند که در طبیعت وجود داشته باشند و با گذشت سال‌ها و قرن‌ها تغییر نکنند. بر اساس همین دیدگاه، در سال ۱۶۶۴ میلادی هویگنس پیشنهاد کرد که طول آونگی که در هر ثانیه یک نوسان می‌کند به عنوان یکای طول تعیین شود. این پیشنهاد پذیرفته شد و تا سال ۱۷۷۱ که پیشنهاد دیگری برای استاندارد طول مطرح شد از آن استفاده می‌شد. در پیشنهاد جدید، طول مسیری را که جسمی پس از رها شدن و با سقوط آزاد در یک ثانیه می‌پیماید به عنوان استاندارد جدید طول پذیرفتند.



میله ای از آلایز پلاتین ایریدیوم به نام متر استاندارد

در سال ۱۷۹۰ و پس از انقلاب فرانسه، کمیسیون از بهترین فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان آن زمان برای پیشنهاد استانداردهای جدید تشکیل شد که در بین پیشنهادها، پیشنهادی که در شکل ۱-۶ آمده است به عنوان استاندارد طول پذیرفته شد. در سال ۱۷۹۹ استاندارد متر تهیه شد که امروزه در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود. جالب است بدانید با اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری که در در قرن نوزدهم انجام شد متوجه شدند که استاندارد ساخته شده 0.08mm کوتاه‌تر از تعریف عملیاتی متر است. با وجود این، میله استاندارد که در سال ۱۷۹۹ ساخته شده بود تا سال ۱۹۸۳ به عنوان یکای استاندارد طول مورد پذیرش بود.

توافق بین المللی درباره استانداردها در یک سری نشست‌های جهانی کنفرانس عمومی درباره اوزان و مقادیر (که با سرواژه CGPM فرانسوی معروف است) انجام می‌شود که که از سال ۱۸۸۹ میلادی آغاز و بیست و پنجمین نشست آن در سال ۲۰۱۴ برگزار شده است. برای آگاهی بیشتر [اینجا](#) را کلیک کنید.

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

آشنا کردن دانش‌آموزان با یکاهای مختلف طول در فرهنگ و تمدن ایران، یکی از اهداف این فعالیت است.

الف) یکای نجومی^۱ برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است ($1 \text{ AU} \approx 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$). فاصله زمین (منظومه شمسی) تا نزدیکترین ستاره بعد از خورشید، برحسب یکای نجومی چقدر است؟
 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.
 کوازارها^۲ دورترین اجرام شناخته شده از منظومه شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده کیهان قرار دارند. فاصله کوازارها از منظومه شمسی $1.0 \times 10^{26} \text{ m}$ متر برآورد شده است. این فاصله را برحسب سال نوری بیان کنید. تندی نور را در خلأ $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ متر بر ثانیه بپذیرید.



شکل ۱-۱ استاندارد ملی کیلوگرم که نسخه دقیقی از استاندارد بین المللی سور فرانسه است. این نمونه در مرکز اندازه‌سناسی در سازمان ملی استاندارد ایران نگهداری می شود.

جرم: یکای جرم در SI، کیلوگرم (kg) نامیده می شود و به صورت جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیوم تعریف شده است. جرم این استوانه که به دقت درون دو حباب شیشه‌ای جای گرفته، کیلوگرم استاندارد بین المللی است که در موزه سور فرانسه نگهداری می شود.^۳ نسخه‌های کاملاً مشابهی از این نمونه ساخته و برای کشورهای دیگر ارسال شده است (شکل ۱-۱).
 در علوم سال هفتم با ابزارهای اندازه گیری جرم آشنا شدید. مقادیر تقریبی برخی جرم ها در جدول ۴-۱ آمده است.

جدول ۴-۱ مقادیر تقریبی برخی جرم های اندازه گیری شده			
جسم	جرم (kg)	جسم	جرم (kg)
عالم قابل مشاهده	1×10^{30}	انسان	70×10^1
کهکشان راه شیری	2×10^{31}	قورباغه	1×10^{-4}
خورشید	2×10^{30}	پشه	1×10^{-6}
زمین	6×10^{24}	باکتری	1×10^{-15}
ماه	7.34×10^{22}	اتم هیدروژن	1.67×10^{-27}
کوسه	1×10^3	الکترون	9.11×10^{-31}

خوراوار، من تیریز، سیر، منقال، نخود و گندم از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای اندازه گیری جرم است. این یکاها به صورت زیر به یکدیگر مرتبط اند:

۱ خوراوار = ۱۰۰ من تیریز
 ۱ من تیریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ منقال
 ۱ منقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم

با توجه به اینکه هر منقال معادل $4/86$ گرم است، هرکدام از این یکاها را برحسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

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

$$4.0 \times 10^{16} \text{ m} = (4.0 \times 10^{16} \text{ m}) \left(\frac{1 \text{ AU}}{1.5 \times 10^{11} \text{ m}} \right) \approx 2.7 \times 10^6 \text{ AU}$$

ب) ابتدا یک سال نوری را برحسب متر حساب می کنیم:

$$1 \text{ ly} = (3.15 \times 10^7 \text{ s})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) = 9.45 \times 10^{15} \text{ m}$$

به ترتیب فاصله کوازارها تا منظومه شمسی برحسب سال نوری برابر است با:

$$1.00 \times 10^{26} \text{ m} = (1.00 \times 10^{26} \text{ m}) \left(\frac{1 \text{ ly}}{9.45 \times 10^{15} \text{ m}} \right) = 1.05 \times 10^{10} \text{ ly}$$

دانستنی برای معلم در سال ۱۷۹۰ میلادی و پس از انقلاب فرانسه، جرم یک دسی متر مکعب (dm^3) آب در دمای 4°C به عنوان استاندارد جرم (کیلوگرم) پذیرفته شد. بعداً مشخص شد که این تعریف عملیاتی برای جرم مشکلاتی دارد. در سال ۱۷۹۹ استاندارد جرم، که وزن آن در ترازوی شاهین دار معادل بود با وزن 1 dm^3 آب در دمای 4°C به عنوان کیلوگرم استاندارد ساخته شد که امروزه در موزه سور فرانسه نگهداری می شود. از آن موقع تاکنون این استوانه فلزی به عنوان کیلوگرم استاندارد بین المللی مورد پذیرش قرار گرفته است.

آشنا کردن دانش آموزان با یکاهای مختلف جرم در فرهنگ و تمدن ایران، یکی از اهداف این فعالیت است. هرچند برخی از این یکاها هم اینک در برخی از حرفه ها نیز کاربرد دارد با این وجود خوب است توجه دانش آموزان را به این نکته هم جلب کنید که صدها سال قبل، ترازوهایی برای اندازه گیری جرم در ایران ساخته بودند که می توانستند جرمی تا حدود یک بیستم گرم را اندازه بگیرند. **توجه: هر منقال حدود 4.68g است که در کتاب به اشتباه 4.86g ذکر شده است.**

جدول ۱-۵ مقادیر تقریبی برخی از بازه‌های زمانی اندازه‌گیری‌شده	
بازه زمانی	ثانیه
سن عالم	5×10^{27}
سن زمین	1.33×10^{10}
میانگین عمر یک انسان	2×10^9
یک سال	3.15×10^7
یک روز	8.6×10^4
زمان بین دو ضربان عادی قلب	8×10^{-1}

خوب است بدانید

زمان: در طول سال‌های ۱۲۶۸ تا ۱۳۴۶ ه.ش، یکای زمان، ثانیه (s) به صورت $\frac{1}{86400}$ میانگین روز خورشیدی تعریف می‌شد.^۱ 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.^۲

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 ۱-۵ آمده است.

فعالیت ۱-۲

در خصوص جگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالبی را به‌طور مستند تهیه کنید.^۳

مطالب تهیه‌شده را با توجه به مهارت و علاقه‌مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل‌های روزنامه دیواری، پاورپونت، قطعه فیلم کوتاه و... به کلاس درس ارائه دهید.

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 یمانه 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 به‌عنوان دستگاه رسمی اندازه‌گیری در کشور تعیین شد. اجرای قانون اندازه‌گیری در کشور به عهده مرکز اندازه‌سناسی 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 (μg)، 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:

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

بنابراین، هر دو کسر بالا را که برابر یک هستند می‌توان به‌عنوان 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

^۱ یک روز خورشیدی، زمان بین ظاهر شدن‌های متوالی خورشید در بالاترین نقطه آسمان در هر روز است.

^۲ ساعت‌های اتمی پس از چندین میلیون سال، تنها یک ثانیه جلو یا عقب می‌افتند!

^۳ خوب است نگاهی به سایت موزه علوم و فناوری www.immz.it نیز داشته باشید.

دانستنی برای معلم تعیین یکای اندازه‌گیری زمان، بسیار قدیمی‌تر از یکاهای دیگری همچون طول است. دلیل آن هم کاملاً روشن است. چرخش دائمی زمین به دور خودش (روز و شب) و همچنین دور خورشید (سال)، شیوه‌ای طبیعی برای انتخاب یکای زمان در اختیار انسان‌ها قرار داده بود. اصطلاح تعیین وقت از روی خورشید، هم اینک نیز در برخی از جوامع سنتی، امری رایج است! وقتی خورشید در بالاسو و اصطلاحاً در وسط آسمان قرار دارد، نیمروز یا ظهر است و تعیین این وقت هم کار ساده‌ای است. کافی است چوبی را به‌طور قائم در زمین فرو کنیم و درازای سایه آن را اندازه بگیریم و لحظه‌ای را که سایه چوب به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد تعیین کنیم. روز بعد هم به همین شیوه می‌توانیم همان لحظه را مشخص کنیم. فاصله زمانی بین این دو لحظه یک شبانه روز است. بعد می‌توان این بازه را به ساعات، دقیق و ثانیه‌ها تقسیم کرد. یکاهای بزرگ اندازه‌گیری زمان، یعنی روز و سال را طبیعت در اختیار ما قرار داده‌است ولی یکاهای کوچک‌تر شامل ساعت، دقیقه و ثانیه را انسان‌ها وضع کرده‌اند. تقسیمات کنونی زمان، از تمدن‌های کهن به ما رسیده است! تقسیم شبانه روز به ۱۲ قسمت در بین بابلی‌ها و به ۲۴ قسمت در بین مصری‌ها، امری معمول بود. همچنین تقسیم هر ساعت به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه به ۶۰ ثانیه، میراث سیستم ۶۰ قسمتی بابلی‌هاست.

○ آشنایی بیشتر با ساعت‌های اتمی [ادامه](#)

○ نگاهی به مفهوم زمان [ادامه](#)

روش تبدیل زنجیره‌ای برای تبدیل یکاها به یکاهای مورد نظر، روش استاندارد و متعارفی است که در کتاب‌های درسی از آن استفاده می‌شود و اشتباه دانش‌آموزان را نیز به حداقل ممکن می‌رساند. لذا توصیه می‌شود هم در آموزش کلاسی به این شیوه عمل کنید و هم از دانش‌آموزان بخواهید که این روش را برای تبدیل یکاها به کار ببرند

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

$$125 \text{ cm}^3/\text{s} = (125 \text{ cm}^3/\text{s})(1)(1)$$

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

تمرین پیشنهادی

آبشارهای نیاگارا (Niagara Falls) به مجموعه سه آبشار گفته می‌شود که در مرز آمریکا و کانادا قرار دارد. در زمان پُرآبی فراتر از ۱۶۸ هزار مترمکعب و در حالت عادی حدود ۱۱۰ هزار مترمکعب آب در دقیقه از این آبشار سرازیر می‌شود.



الف) به روش تبدیل زنجیره‌ای، میزان ریزش آب از این آبشار را در حالت عادی ($1.1 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{min}$) برحسب لیتر بر شبانه روز (L/day) حساب کنید.

ب) اگر مصرف میانگین هر شخص را در شبانه روز ۱۲۰ لیتر در نظر بگیریم، این مقدار آب، پاسخ گوی نیاز چند نفر خواهد بود؟

را تغییر نمی‌دهد، هرگاه ضرب تبدیلی را مناسب بدانیم می‌توان از آن استفاده کرد. برای مثال، یکای cm را در ۸۵cm، به‌صورت زیر به یکای m تبدیل می‌کنیم:

$$85 \text{ cm} = (85 \text{ cm})(1) = (85 \text{ cm}) \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.85 \text{ m}$$

ضرب تبدیل

همچنین در مثالی دیگر، تبدیل یکای کمیت ۳۶km/h را بر حسب یکای m/s به‌صورت زیر انجام می‌دهیم:

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

تمرین ۱-۲

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

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 325g و شتاب آن $1/75 \text{ m/s}^2$ 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.

$$F = ma = (0.325 \text{ kg}) \left(1/75 \text{ m/s}^2 \right) = 0.00417 \text{ N}$$

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

پیشوندهای یکاها: هرگاه در اندازه‌گیری‌ها با اندازه‌های بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر از یکای اصلی آن کمیت مواجه شویم، از پیشوندهای استفاده می‌کنیم که در جدول ۲-۱ فهرست شده‌اند. همان‌طور که از ضرایب تبدیل جدول پیداست هر پیشوند، توان معینی از ۱۰ را نشان می‌دهد که به‌صورت 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 ضرب مربوطه ضرب می‌شود، مثلاً یک میکرومتر ($1\mu\text{m}$) که به آن میکرون نیز می‌گویند برابر 10^{-6}m است یا سه مگاوات ($3/00 \text{ MW}$) برابر $3/00 \times 10^6 \text{ W}$ است.

نمادگذاری علمی: در باره‌ای از اندازه‌گیری‌ها با مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک سرو 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 عدد از ممیز، ۳۰ عدد صفر قرار دهیم و پس از آن عدد ۹۹۰۹ 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 مقادیر 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 گیرنده حاصل ضرب عددی از $10^{\pm n}$ در توان صحیحی از 10^{-} است و در قسمت سوم، یکانی آن کمیت نوشته می‌شود. برای آشنایی بیشتر با نمادگذاری علمی، به مثال‌های جدول ۷-۱ توجه کنید.

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
$۱۰^{-۲۲}$	یونا	Y	$۱۰^{-۲۲}$	یوکتو	y
$۱۰^{-۲۱}$	زتا	Z	$۱۰^{-۲۱}$	زبتو	z
$۱۰^{-۱۸}$	ایگزا	E	$۱۰^{-۱۸}$	آتو	a
$۱۰^{-۱۵}$	پتا	P	$۱۰^{-۱۵}$	فمتو	f
$۱۰^{-۱۲}$	ترا	T	$۱۰^{-۱۲}$	پیکو	p
$۱۰^{-۹}$	گیگا (هکتا)	G	$۱۰^{-۹}$	نانو	n
$۱۰^{-۶}$	مگا	M	$۱۰^{-۶}$	میکرو	μ
$۱۰^{-۳}$	کیلو	k	$۱۰^{-۳}$	میلی	m
$۱۰^{-۲}$	هکتو	h	$۱۰^{-۲}$	سانتی	c
$۱۰^{-۱}$	دکا	da	$۱۰^{-۱}$	دسی	d

مثال ۱-۱

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

$$1\text{ }^{\circ}\text{F} = 1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

کدام گزینه جرم یک زنبرک عسل (۱۵ kg) را به صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟

$$= 10 \times 10^{-7} \text{ kg} \square$$

$$1/2 \times 10^{-7} \text{ kg} \square$$

$10 \times 10^{-9} \text{ kg}$ ☐

فصل ۲-۱

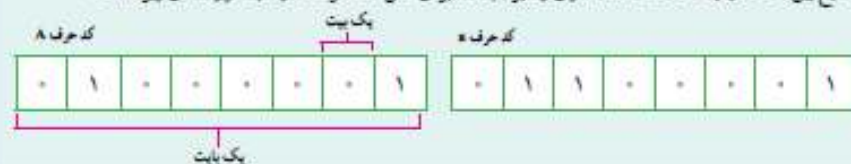
با توجه به پیشوندهای یکا‌های SI و نمادگذاری علمی جدول زیر را کامل کنید.

	فطر مائکس یک گلیول (گوجه) فرمز	$7/ \times 10^{-2} \text{m}$	 mm	 μm
	فطر هسته اتم اورانیوم	$1/75 \times 10^{-14} \text{m}$	 pm	 fm
	جرم یک گیره کاغذ	$1/ \times 10^{-3} \text{kg}$	 g	 mg
	زمانی که نور مسافت $1/3$ متر را در هوا طی می کند.	$1/ \times 10^{-9} \text{s}$	 μs	 ns
	زمانی که صوت مسافت 345 متر را در هوا طی می کند.	$1/ \times 10^{-3} \text{s}$	 ms	 μs

خوب است و اما

یکای پایه یا بنیادی اطلاعات در رایانه و ارتباطات، بیت (bit) است. هر بیت تنها با دو مقدار ۰ و ۱ تعریف می‌شود. این دو مقدار می‌توانند به صورت مقدارهای منطقی (درست/ نادرست، آری/ نه)، علامت جبری (+/-) یا حالت‌های رانندازی (روشن/ خاموش) تفسیر شوند.

به دسته‌های A تابعی از زیرها، بابت می‌گویند $YB = Ab$. یک بابت می‌تواند نشان‌دهنده یک کاراکتر (یک حرف، یک عدد صحیح یا ...) با یک علامت نشانه‌گذاری و غیره باشد. برای مثال، اگر حرف A و a به صورت‌های زیر است:



جدول ۱- بیان اندازه چند کمیت به صورت نمادگذاری علمی		
نمونه	اندازه کمیت (اشامل عدد و یکان)	بیان به صورت نمادگذاری علمی
بجم بترین مصرفی در ایران در سال ۱۳۹۲	۲۶۰۰۰۰۰۰۰۰ L	$۲/۶۰ \times ۱۰^{۱۰}\text{ L}$
لندی تور در هوا	۳۰۰۰۰۰۰۰ m/s	$۳/۰۰ \times ۱۰^۸\text{ m/s}$
طول کل خطوط انتقال نفت خام، گاز و سایر فرآورده های سوختی در ایران	۳۸۹۰۰۰۰۰۰ m	$۳/۸۹ \times ۱۰^۷\text{ m}$
حجم یک بشکه نفت	۱۵۹ L	$۱/۵۹ \times ۱۰^{-۱}\text{ L}$
قطر موی انسان	$۰/۰۰۰۰۰۸۰۱\text{ m}$	$۸/۰۱ \times ۱۰^{-۵}\text{ m}$
قطر اتم هیدروژن	۱۰۶ m	$۱/۰۶ \times ۱۰^{-۱۱}\text{ m}$

❖ نگاهی به تاریخچه سازمان ملی استاندارد ایران

در فرهنگ مردم ایران زمین، توجه به استاندارد به گذشته ای بسیار کهن باز می گردد به نحوی که به سادگی می توان در آثار علمی، تاریخی و اجتماعی باقیمانده از قرون متمادی آثار و شواهد آنرا به صورتی آشکار مشاهده نمود. لیکن حرکت نظام یافته آن مربوط به قرون اخیر است.

اولین حرکت مدون در ارتباط با استاندارد و استاندارد نویسی در ایران با تصویب قانون اوزان و مقیاس ها در سال ۱۳۰۴ شمسی آغاز شد و در سال ۱۳۳۲ به لحاظ ضرورت تعیین ویژگی های کالاها و توجه تولید کنندگان و وارد کنندگان به اهمیت کالاهای استاندارد شده، تشکیلاتی برای تهیه و تدوین استانداردهای ملی به ویژه نظارت بر کیفیت کالاهای صادراتی و وارداتی به صورت یک اداره در وزارت بازرگانی وقت ایجاد شد. در سال ۱۳۳۹ با تصویب قانون تاسیس موسسه استاندارد ایران، کار رسمی این موسسه در چهارچوب اهداف و مسولیت های تعیین شده در این قانون ادامه یافت و در راستای فعالیت خود در سال ۱۳۴۴ به هنگام تصویب اساسنامه موسسه، عبارت " تحقیقات صنعتی " نیز به نام موسسه استاندارد ایران افزوده شد.

شایان ذکر است که اولین استانداردها به امر ویژگی و درجه بندی کردن کالاهای صادراتی (عموماً محصولات کشاورزی) پرداخته و به صورت آزمایشی تدوین شده است. هدف از تدوین استاندارد



برای آشنایی بیشتر با مجموعه فعالیت های سازمان ملی استاندارد ایران، [اینجا](#) را کلیک کنید.

آزمایشی در واقع اجرای آزمایشی این استانداردها از طرف تهیه کنندگان و صادر کنندگان و مشخص شدن نقایص و معایب آن بود. تهیه و تدوین آزمایشی استانداردها تا سال ۱۳۴۳ با تهیه و تدوین ۱۷ استاندارد که عموماً مربوط به کالاهای سنتی و به منظور کمک به بهبود صادرات بود ادامه یافت. پس از آن در این سال روش کار تغییر کرد و تصمیم گرفته شد که در تمامی زمینه ها استانداردهای لازم تدوین شود. همچنین تهیه استانداردها از حالت آزمایشی به حالت قطعی تغییر کرد. جالب توجه این که برای نخستین بار در سال ۱۳۴۵ علامت استاندارد ایران روی کالاهای ایرانی استفاده شد.

پس از انقلاب ۱۳۵۷ و ضرورت دگرگونی در ساختار اقتصادی کشور، توجه بیشتری به امر کیفیت و تدوین استانداردهای ملی و انجام تحقیقات کاربردی شد که با تجمع مقررات مرتبط، قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۷۱ توسط مجلس شورای اسلامی ایران تصویب گردید.



در سال ۱۳۹۰ با تشکیل شورای عالی اداری به ریاست رئیس جمهور، سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از مجموعه وزارت صنعت، معدن و تجارت جدا و به صورت یک موسسه مستقل و با نام **سازمان ملی استاندارد ایران** زیر نظر ریاست جمهوری اداره می شود. در حال حاضر مشخصات سازمان ملی استاندارد ایران به شرح زیر است:

- سازمان ملی استاندارد ایران یک سازمان مستقل کشوری است.
- سازمان ملی استاندارد تنها سازمانی است که توسط مجلس شورای اسلامی به عنوان پژوهشگاه شناخته شده است.
- بالاترین رکن سازمان ملی استاندارد ایران، شورای عالی استاندارد است که ریاست آن بر عهده رئیس جمهور است.





تعریف استاندارد (از نظر سازمان ملی استاندارد ایران)

تعریف اول: واژهٔ استاندارد به معنی نظم، قاعده، قانون، معیار و شاخص است. یکاها و برسنج های اندازه گیری

تعریف دوم: استاندارد مدرکی است در برگیرنده قواعد، راهنمایی ها یا ویژگی هایی برای فعالیت ها یا نتایج آنها به منظور استفاده عمومی و مکرر که از طریق هم‌رایی فراهم و به وسیله سازمان شناخته شده‌ای تصویب شده باشد و هدف از آن دستیابی به میزان مطلوبی از نظم در یک زمینه خاص است.



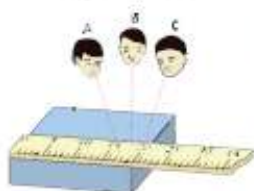
وظایف و مسئولیت ها

وظایف و مسئولیت های سازمان ملی استاندارد ایران بر اساس قانون به شرح زیر است:

- تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی
- ترویج استانداردهای ملی.
- نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری.
- نظارت و کنترل بر کیفیت محصولات تولید شده در کشور، خدمات و کالاهای صادراتی مشمول مقررات استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم نمودن امکان رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین المللی.
- کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول مقررات استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف کنندگان و تولید کنندگان داخلی و جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب خارجی.
- ترویج دستگاه بین المللی یکاها (SI) به عنوان دستگاه رسمی اوزان و مقیاس ها در کشور و کالیبره کردن وسایل سنجش.
- آزمایش و تطبیق نمونه کالاها با استاندارد مربوطه، اعلام مشخصات و اظهار نظر مقایسه ای و صدور گواهی نامه محصول.
- تعیین عیار مصنوعات فلزی گرانبها (طلا، نقره، پلاتین و ...) و انگ گذاری آنها بر حسب عیار.
- انجام تحقیقات کاربردی به منظور تدوین استانداردهای ملی، بالا بردن کیفیت تولیدات داخلی، کمک به بهبود روشهای تولید و کارایی صنایع.



استاندارد ملی کیلوگرم که نسخهٔ دقیقی از استاندارد بین المللی سیور فرانسه است. این نمونه، در مرکز اندازه شناسی در سازمان ملی استاندارد ایران نگهداری می شود.



شکل ۱-۱ خطای مشاهده ناشی از اختلاف منظر، در خواندن و گزارش نتیجه اندازه‌گیری تأثیر مهمی دارد.

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 ۱-۱ تأثیر اختلاف منظر در خواندن نتیجه اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. خواندن نتیجه اندازه‌گیری از منظرهای A و C خطا را افزایش می‌دهد در حالی که گزارش شخصی که از منظر B نتیجه اندازه‌گیری را می‌خواند دقت بیشتری دارد.

۳- تعداد دفعات اندازه‌گیری: برای کاهش خطا در اندازه‌گیری هر کمیت، معمولاً اندازه‌گیری آن را چند بار تکرار می‌کنند. میانگین عددهای حاصل از اندازه‌گیری به عنوان نتیجه اندازه‌گیری گزارش می‌شود. البته در میان عددهای متفاوت، اگر یک یا دو عدد اختلاف زیادی یا بقیه داشته باشند در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آیند (شکل ۱-۲).



رقم‌های با معنا و گزارش نتیجه اندازه‌گیری: رقم‌هایی را که بعد از اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می‌کنید رقم‌های با معنا می‌گویند. رقم آخر، که غیر قطعی و مشکوک است و آن را حدس می‌زنیم نیز جزو رقم‌های با معنا محسوب می‌شود. برای مثال، فرض کنید می‌خواهید طول جسمی را با دو خط‌کش با درجه‌بندی و دقت متفاوت اندازه‌گیری کنید (شکل ۱-۳).



خط‌کش شکل ۱-۳ الف، برحسب سانتی‌متر مدرج شده است و خطای اندازه‌گیری آن ± 0.5 سانتی‌متر است. به نظر شما خط‌کش الف چه طولی را نشان می‌دهد؟ $4/4$ یا $4/3$ سانتی‌متر؟ از آنجا که خط‌کش الف برحسب میلی‌متر مدرج نشده است، لذا عددهای ۲ و ۳ قطعی نیستند و آنها را حدس می‌زنیم. در این حالت نتیجه اندازه‌گیری شامل دو رقم با معناست و آخرین رقم سمت راست، حدسی یا غیرقطعی است. به این ترتیب، نتیجه اندازه‌گیری به صورت زیر ثبت و گزارش می‌شود:

رقم حدسی و غیرقطعی $4/3 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ یا خطای وسیله اندازه‌گیری $4/2 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ دو رقم با معنا

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

پیشوندهای بزرگتر یکای بنیادی اطلاعات به صورت کیلویت (kb)، مگابایت (Mb)، گیگابایت (Gb)، ترابایت (Tb) و غیره است. برخلاف پیشوندهای یکای SI که در آن هر کیلو برابر 10^3 است در مبنای دوتایی هر کیلو برابر 2^{10} است (جدول روی‌رو را ببینید).

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



۱-۲ اندازه‌گیری خطا و دقت

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

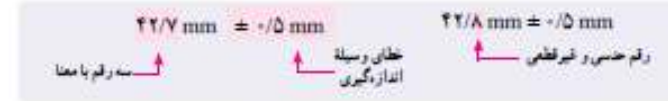
۱- دقت وسیله اندازه‌گیری: یکی از عوامل مهم در دقت اندازه‌گیری، دقت و حساسیت وسیله اندازه‌گیری است. برای مثال، دقت خط‌کشی که تا میلی‌متر مدرج شده، بیشتر از دقت خط‌کشی است که تا سانتی‌متر درجه‌بندی شده است. بنابر یک قاعده کلی، خطای اندازه‌گیری توسط خط‌کش و سایر وسیله‌های درجه‌بندی شده، $\pm \frac{1}{2}$ کمیت تقسیم‌بندی مقیاس آن وسیله است و برای وسیله‌های رقمی (دیجیتال) مثبت و منفی یک واحد از آخرین رقمی است که می‌خوانند. به این ترتیب، خطای اندازه‌گیری خط‌کشی که تا سانتی‌متر مدرج شده، برابر $0.5 \text{ cm} \pm$ (شکل ۱-۴ الف)، خط‌کشی که تا میلی‌متر درجه‌بندی شده برابر $0.5 \text{ mm} \pm$ (شکل ۱-۴ ب)، خطای دماسنج رقمی در شکل ۱-۴ ب، که 26.8°C را می‌خواند برابر $0.1^\circ\text{C} \pm$ و خطای دماسنج رقمی شکل ۱-۴ ت، که 32°C را می‌خواند برابر $1^\circ\text{C} \pm$ است.



شکل ۱-۴ خطای اندازه‌گیری (الف) با خط‌کش سانتی‌متری برابر $0.5 \text{ cm} \pm$ (ب) با خط‌کش میلی‌متری برابر $0.5 \text{ mm} \pm$ (ت) با دماسنج‌های رقمی به ترتیب برابر $1^\circ\text{C} \pm$ و $0.1^\circ\text{C} \pm$ است.



اندازه‌گیری طول جسم را با خط‌کش دیگری که تا میلی‌متر مدرج شده است انجام می‌دهیم. به نظر شما خط‌کش ب. چه طولی را نشان می‌دهد؟ $42/7$ یا $42/8$ میلی‌متر؟ از آنجا که خط‌کش شکل ۱-۱۱ ب. برحسب میلی‌متر مدرج شده است، لذا عددهای ۷ و ۸ قطعی نیستند و آنها را حدس می‌زنیم. در این حالت نتیجه اندازه‌گیری با سه رقم بامعنا بیان شده است و آخرین رقم سمت راست، حدسی یا غیرقطعی است. به این ترتیب، نتیجه اندازه‌گیری به صورت زیر ثبت و گزارش می‌شود:



باید توجه کنید که این موضوع در سایر وسیله‌های اندازه‌گیری درجه‌بندی شده نیز صدق می‌کند و آخرین رقم سمت راست حاصل از اندازه‌گیری، همواره حدسی و غیرقطعی است (شکل ۱-۱۲). در ابزارهای اندازه‌گیری با نمایشگر رقمی (دیجیتال) آخرین رقم سمت راست نتیجه اندازه‌گیری، اگرچه ما آن را حدس نمی‌زنیم و توسط دستگاه گزارش می‌شود، ولی غیرقطعی و مشکوک است. برای مثال، رقم ۸ در دمایی که دماسنج شکل ۱-۱۸ ب می‌خواند $(26/8 \pm 0/1)^{\circ}\text{C}$ ، غیرقطعی و مشکوک است.



شکل ۱-۱۸: اندازه‌گیری دما با دماسنج

مثال ۱-۲

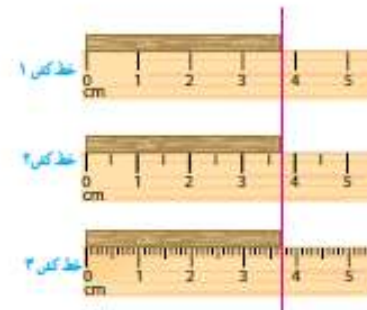
نتیجه اندازه‌گیری توسط هر خط‌کش را به همراه خطای آن بنویسید.

پاسخ:

خط‌کش ۱: کمیته درجه‌بندی این خط‌کش، برای ۱ cm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۱ cm است. مطابق قاعده‌ای که اشاره کردیم، خطای اندازه‌گیری توسط این خط‌کش به صورت $\pm 0/5\text{cm}$ بیان می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه اندازه‌گیری توسط این خط‌کش را $3/2\text{cm} \pm 0/5\text{cm}$ بیان کرد.

خط‌کش ۲: کمیته درجه‌بندی این خط‌کش، برای ۰/۵ cm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۰/۵ cm است. مطابق قاعده‌ای که اشاره کردیم، خطای اندازه‌گیری توسط این خط‌کش به صورت $\pm 0/25\text{cm}$ بیان می‌شود که باید به صورت $\pm 0/3\text{cm}$ گرد شود. بنابراین می‌توان نتیجه اندازه‌گیری توسط این خط‌کش را $3/2\text{cm} \pm 0/3\text{cm}$ بیان کرد. اگر نتیجه اندازه‌گیری را به صورت $3/2\text{cm} \pm 0/25\text{cm}$ بیان کنید هر چند از نظر ریاضیات مشکلی ندارد ولی از نظر محاسبه‌های فیزیکی نادرست است.

خط‌کش ۳: کمیته درجه‌بندی این خط‌کش، برای ۱ mm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۱ mm است. مطابق قاعده‌ای که اشاره کردیم، خطای اندازه‌گیری توسط این خط‌کش، $\pm 0/5\text{mm}$ یا $\pm 0/5\text{cm}$ است. بنابراین می‌توان نتیجه اندازه‌گیری توسط این خط‌کش را $3/68\text{cm} \pm 0/5\text{cm}$ یا $36/8\text{mm} \pm 0/5\text{mm}$ بیان کرد.



هر گاه لازم باشد مطابق آنچه در مثال ۱-۲ (خط‌کش ۲) دیده می‌شود، خطای ابزار اندازه‌گیری گرد شود بنا به قاعده، همواره خطا را به طرف عدد بالاتر گرد می‌کنند. برای مثال اگر دقت یک ابزار اندازه‌گیری مدرج 3mm باشد، بنا بر قاعده، خطای آن برابر $\pm 1.5\text{mm}$ می‌شود که باید به صورت $\pm 2\text{mm}$ گرد شود.

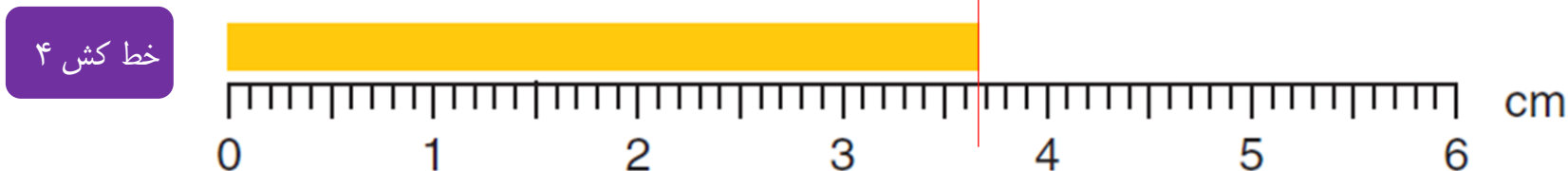
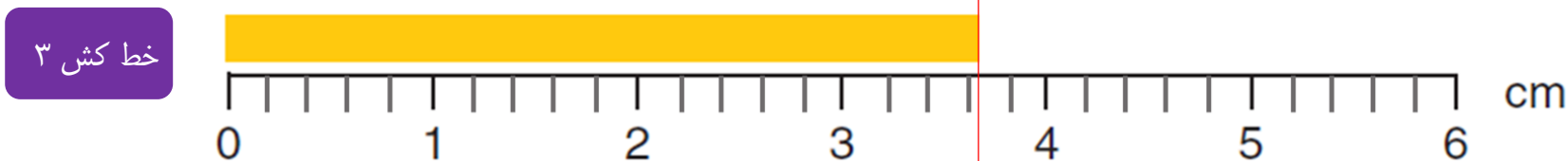
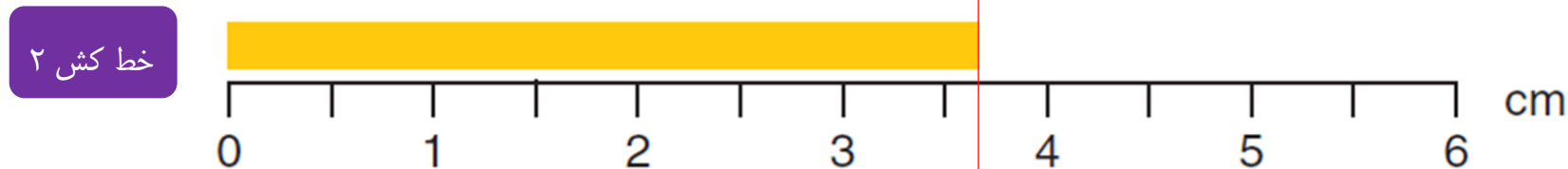
مطالب و قواعدی که در بخش اندازه‌گیری: خطا و دقت آمده است بر اساس آخرین استانداردهایی است که فراتر از یک دهه است در کتاب‌های درسی مرجع و در تمامی سطوح مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که در کتاب درسی مطالب و قواعد مربوط به اندازه‌گیری، دقت و خطا به اندازه کافی و به روشنی تبیین شده است، لذا برای آموزش موثرتر این بخش، توجه به مثال‌ها، تمرین‌ها و فعالیت‌های استاندارد، مطابق آنچه در کتاب درسی آمده و نمونه‌هایی نیز در ادامه آمده است توصیه می‌شود.

توجه مهم: طرح هرگونه پرسش و مسئله، که به طور انتزاعی و معماگونه به موضوع اندازه‌گیری، خطا و دقت می‌پردازد و در آنها **نوع، شکل و تصویر ابزار اندازه‌گیری برای دانش‌آموزان مشخص نیست** نه تنها کمکی به شناخت و درک بهتر دانش‌آموزان نمی‌کند بلکه آنها را از واقعیت اندازه‌گیری مبتنی بر ابزار دورتر می‌کند. به همین دلیل توجه و پرداختن به این گونه آموزش و ارزشیابی انتزاعی از بحث اندازه‌گیری، خارج از اهداف برنامه درسی این کتاب است.

تاکید می‌شود در هرگونه پرسش و مسئله، مطابق الگوی کتاب درسی، شکل یا تصویر وسیله اندازه‌گیری و ساختار آن به دانش‌آموزان نشان داده شود. آنگاه دانش‌آموزان بر اساس آن به ارائه گزارش اندازه‌گیری بپردازند.

هر گاه لازم باشد مطابق آنچه در مثال ۱-۲ (خط‌کش ۲) دیده می‌شود، خطای ابزار اندازه‌گیری گرد شود بنا به قاعده، همواره خطا را به طرف عدد بالاتر گرد می‌کنند. برای مثال اگر دقت یک ابزار اندازه‌گیری مدرج 3mm باشد، بنا بر قاعده، خطای آن برابر $\pm 1.5\text{mm}$ می‌شود که باید به صورت $\pm 2\text{mm}$ گرد شود.

خط کش های موجود در بازار معمولاً به یکی از صورت های زیر مدرج می شوند. نتیجه اندازه گیری توسط هر خط کش را به همراه خطای آن بنویسید.



خط کش ۱ $3.7\text{cm} \pm 0.5\text{cm} = 37\text{mm} \pm 5\text{mm}$

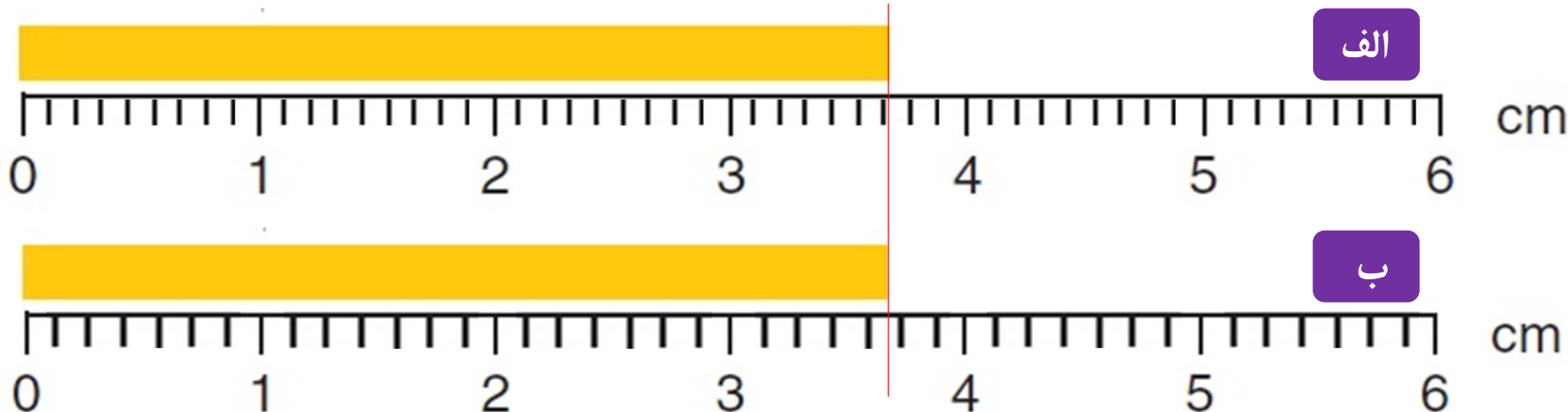
خط کش ۲ $3.7\text{cm} \pm 0.3\text{cm} = 37\text{mm} \pm 3\text{mm}$

خط کش ۳ $3.6\text{cm} \pm 0.1\text{cm} = 36\text{mm} \pm 1\text{mm}$

خط کش ۴ $3.68\text{cm} \pm 0.05\text{cm} = 36.8\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$

هرچند گستره خطای این خط کش $\pm 0.25\text{cm}$ است ولی باید به صورت $\pm 0.3\text{cm}$ گرد شود تا از نظر فیزیک، جمع و تفریق دو عدد درست باشد.

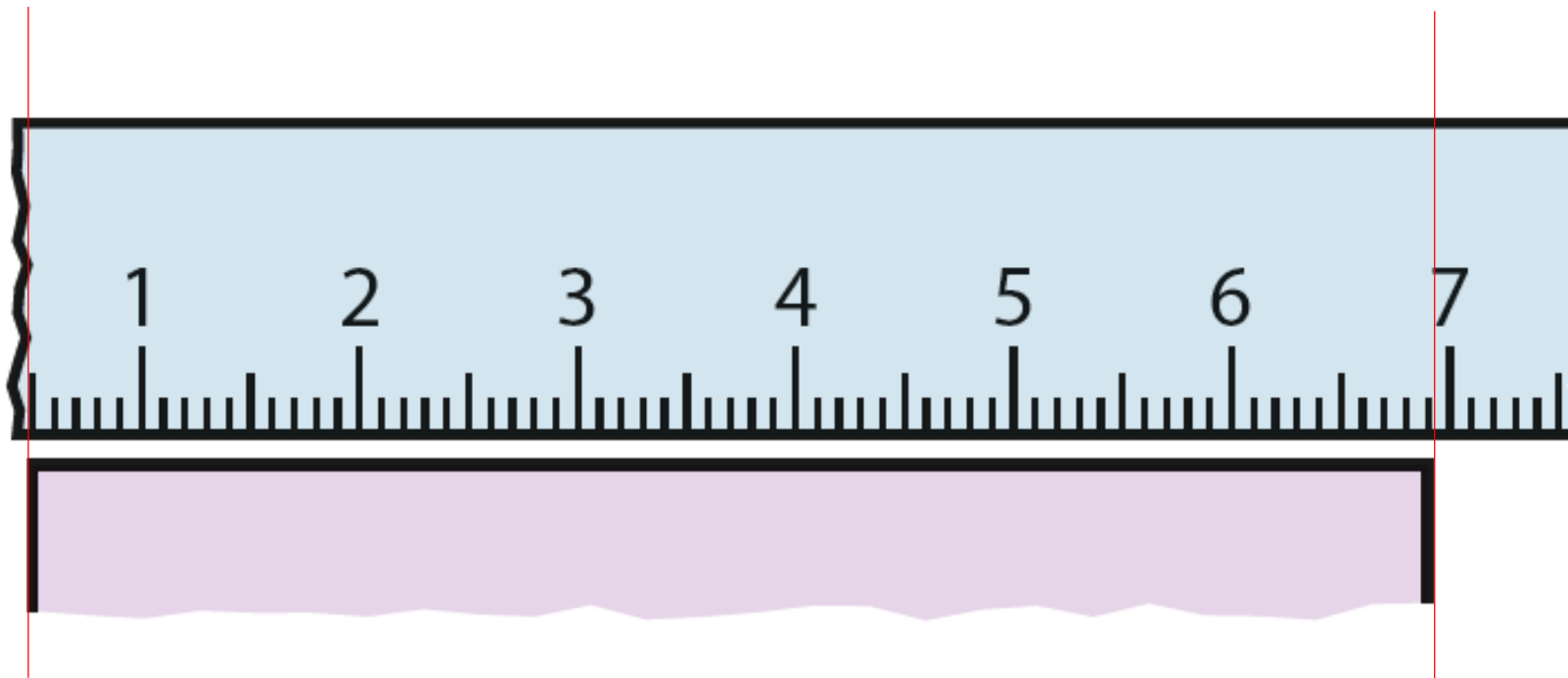
نتیجه اندازه گیری توسط خط کش های زیر را به همراه خطای آنها بنویسید.



پاسخ: در خط کش الف هر سانتیمتر به ۹ قسمت مساوی و در خط کش ب هر سانتیمتر به ۷ قسمت مساوی تقسیم شده است. این نوع تقسیم بندی یا مدرج کردن یک وسیله اندازه گیری غیر معمول و نامتعارف است و در عمل هم چنین وسیله ای به صورت خط کش و ابزارهای مدرج اندازه گیری دیگر وجود خارجی ندارد. **توجه کنید ابزارهای اندازه گیری را با این منطق مدرج می کنند که خواندن و گزارش نتیجه اندازه گیری تا حد ممکن ساده و سریع باشد.** همان طور که دیده می شود خواندن و گزارش نتیجه اندازه گیری با خط کش های الف و ب نیاز به صرف زمان زیادی دارد در حالی که با خط کش شکل پ که تا میلیمتر مدرج شده است و نسبت به خط کش های الف و ب دقت بیشتری هم دارد بسیار ساده تر و سریع تر انجام می شود. بنابراین **از همکاران گرامی تقاضا داریم که ذهن و وقت دانش آموزان را درگیر این نوع ابزارهای مدرج انتزاعی، خود ساخته و غیر واقعی نکنند.**



شکل زیر خط کشی را نشان می‌دهد که ابتدای آن از بین رفته است. نتیجه اندازه‌گیری توسط این خط‌کش را به همراه خطای آن بنویسید.



پاسخ:

$$\text{طول جسم} = (69.2\text{mm} - 5.0\text{mm}) \pm 0.5\text{mm} = 64.2\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$$

از آنجا که موقعیت جسم نسبت به ابزار اندازه‌گیری تغییری نکرده است، کافی است فقط یک بار خطا را گزارش کنیم.

نتیجه اندازه‌گیری توسط تندی سنج شکل زیر را به همراه خطای آن بنویسید.



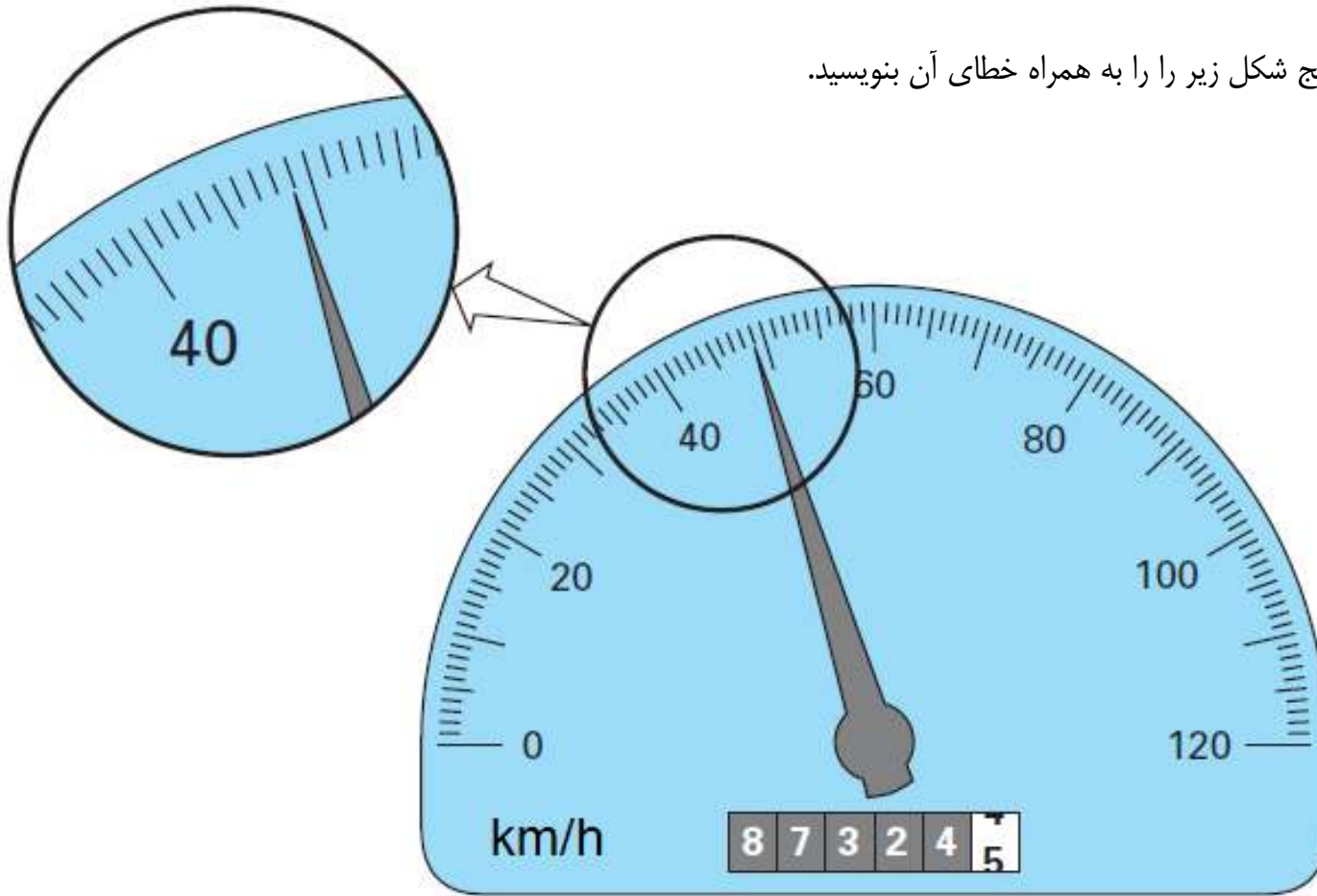
پاسخ: $70\text{km/h} \pm 5\text{km/h}$

خطای وسیله اندازه‌گیری

رقم حدسی (غیر قطعی)

مقدار واقعی تندی خودرو، بین 65 km/h و 75 km/h قرار دارد.

نتیجه اندازه‌گیری توسط تندی سنج شکل زیر را به همراه خطای آن بنویسید.



پاسخ: $48.9 \text{ km/h} \pm 0.5 \text{ km/h}$

خطای وسیله اندازه‌گیری

مقدار واقعی تندی خودرو، بین 48.4 km/h و 49.4 km/h قرار دارد.

رقم حدسی (غیر قطعی)

خطای وسیله اندازه گیری $\rightarrow 4.5 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ $\leftarrow$ دو رقم بامعنا
 (رقم حدسی (غیر قطعی) $\rightarrow$

خطای وسیله اندازه گیری $\rightarrow 4.58 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$ $\leftarrow$ سه رقم بامعنا
 (رقم حدسی $\rightarrow$

خطای وسیله اندازه گیری $\rightarrow 3.0 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ $\leftarrow$ دو رقم بامعنا
 (رقم حدسی $\rightarrow$

۲- خطای دماسنج برابر 1°C است. بنابراین عدد غیر قطعی در نمایشگر دمای خارج و داخل گلخانه به ترتیب عدد صفر و عدد ۸ است.
 ۳- $27^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$

در این فعالیت با توجه به امکانات آزمایشگاه مدرسه، فرصتی را در اختیار دانش آموزان قرار دهید تا با نحوه اندازه گیری کولیس و ریزسنگ آشنا شوند.
 کولیس‌های مدرج معمولاً با دقت 0.02 ، 0.05 و 0.1 میلی‌متر ساخته می‌شوند. در اینجا برای سادگی، تنها به کولیس های 0.1 میلی‌متر اشاره شده است.

- اگر دقت کولیس که در اختیار دارید 0.1mm باشد در این صورت گستره خطای آن $\pm 0.05\text{mm}$ است.
- اگر دقت کولیس که در اختیار دارید 0.05mm باشد در این صورت گستره خطای آن $\pm 0.025\text{mm}$ است که باید به صورت $\pm 0.03\text{mm}$ گرد شود. دلیل آن را در ادامه خواهید دید.
- اگر دقت کولیس که در اختیار دارید 0.02mm باشد در این صورت گستره خطای آن $\pm 0.01\text{mm}$ است.

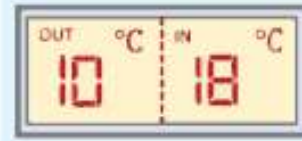
ریزسنگ‌های مدرج که معمولاً در آزمایشگاه مدارس وجود دارد دارای دقت 0.01mm هستند. در این صورت، همان طور که در کتاب نیز اشاره شده است گستره خطای آنها $\pm 0.005\text{mm}$ است.

تمرین ۱-۴

۱- در هر یک از شکل‌های (الف) تا (پ)، طول جسم را جقدر گزارش می‌کنید؟ در گزارش خود، هم عدد غیرقطعی و هم خطای وسیله را مشخص کنید.



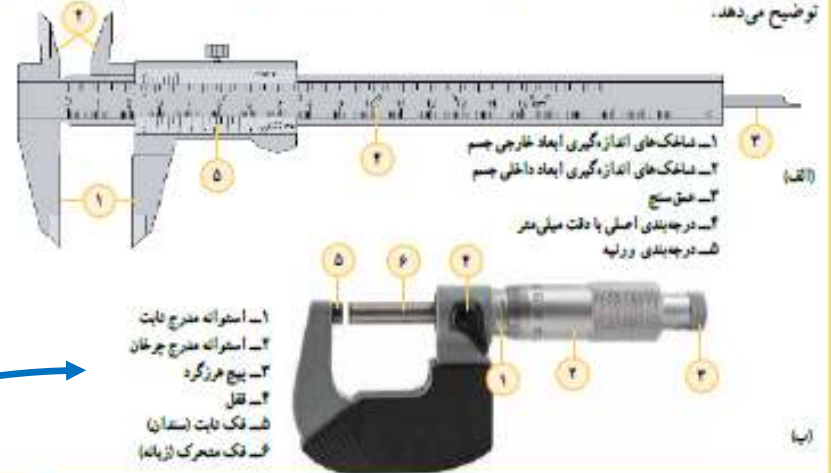
۲- شکل روبه‌رو یک دماسنج رقمی را نشان می‌دهد که دمای خارج و داخل گلخانه‌ای را به ترتیب 10°C و 18°C می‌خواند. عدد غیرقطعی و خطای دماسنج را مشخص کنید.



۳- نتیجه اندازه‌گیری توسط دماسنج شکل ۱-۲ را به همراه خطای آن بنویسید.

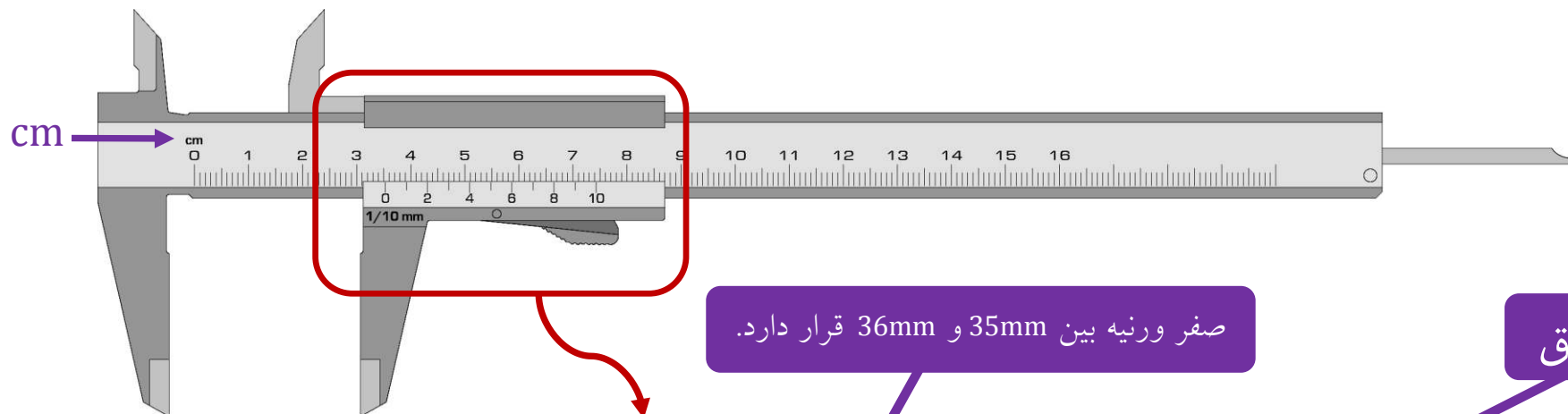
فعالیت ۱-۵

در بسیاری از کارگاه‌های صنعتی مانند تراشکاری‌ها، اندازه‌گیری طول با ابزارهای دقیق‌تر از خط‌کش میلی‌متری انجام می‌شود. این ابزارها، کولیس و ریزسنگ نام دارند که اجزای اصلی آنها در شکل‌های الف و ب نشان داده شده است. اگر کمینه تقسیم‌بندی یک کولیس 0.1mm باشد در این صورت نتیجه نهایی یک اندازه‌گیری نوعی با این کولیس، به‌صورت $5.60\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ بیان می‌شود. اگر کمینه تقسیم‌بندی کولیس 0.05mm باشد (شکل الف) در این صورت خطای اندازه‌گیری توسط این کولیس 0.025mm است که باید به‌صورت 0.03mm گرد شود. به این ترتیب نتیجه یک اندازه‌گیری نوعی با این کولیس، به‌صورت $5.63\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$ بیان می‌شود. همچنین کمینه تقسیم‌بندی ریزسنگ‌هایی که در اغلب آزمایشگاه‌ها وجود دارد 0.01mm است (شکل ب) و نتیجه نهایی یک اندازه‌گیری نوعی را می‌توان به‌صورت $1.634\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ ثبت و گزارش کرد. در گروه خود، چند جسم متفاوت انتخاب کنید. ابعاد مختلف این اجسام را به کمک کولیس و ریزسنگ اندازه‌گیری کنید. نحوه کار کردن با کولیس و ریزسنگ را معلم به شما توضیح می‌دهد.



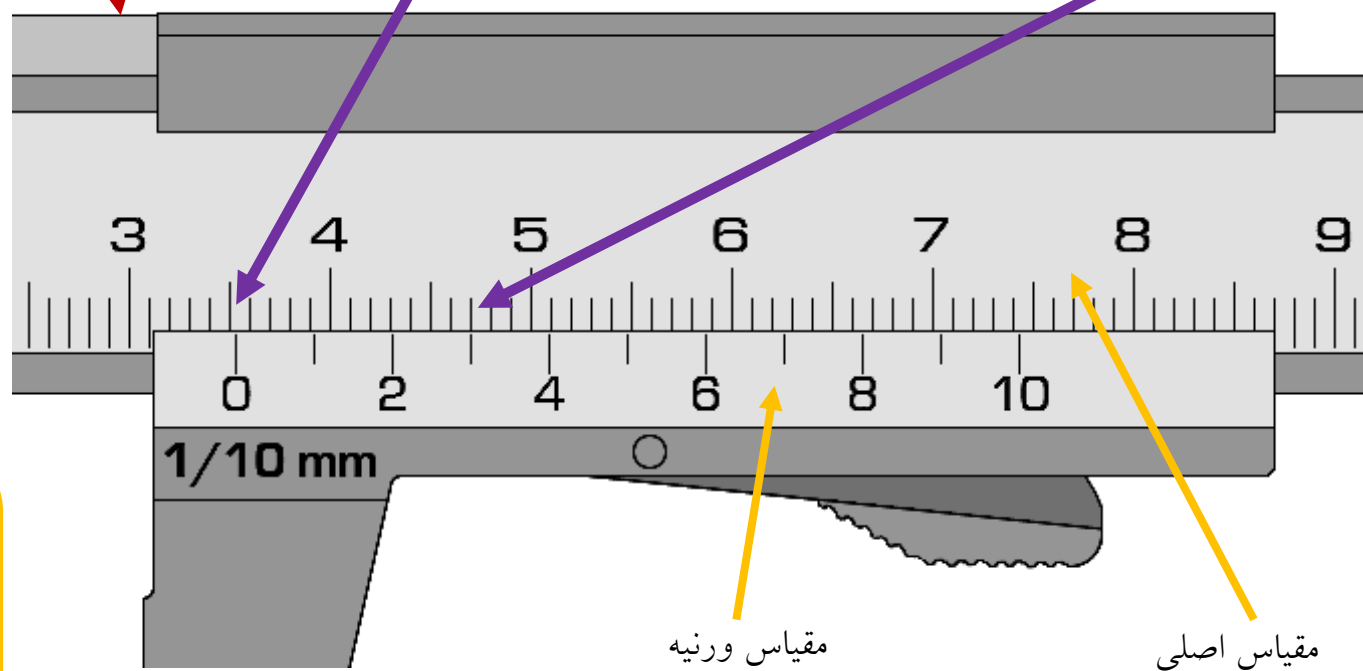


با توجه به امکانات آزمایشگاه مدرسه، فعالیت کار با
کولیس و ریزسنج باید به طور عملی و توسط دانش‌آموزان
(ترجیحاً گروه‌های سه تا پنج نفره) انجام شود.



صفر ورنیه بین 35mm و 36mm قرار دارد.

انطباق

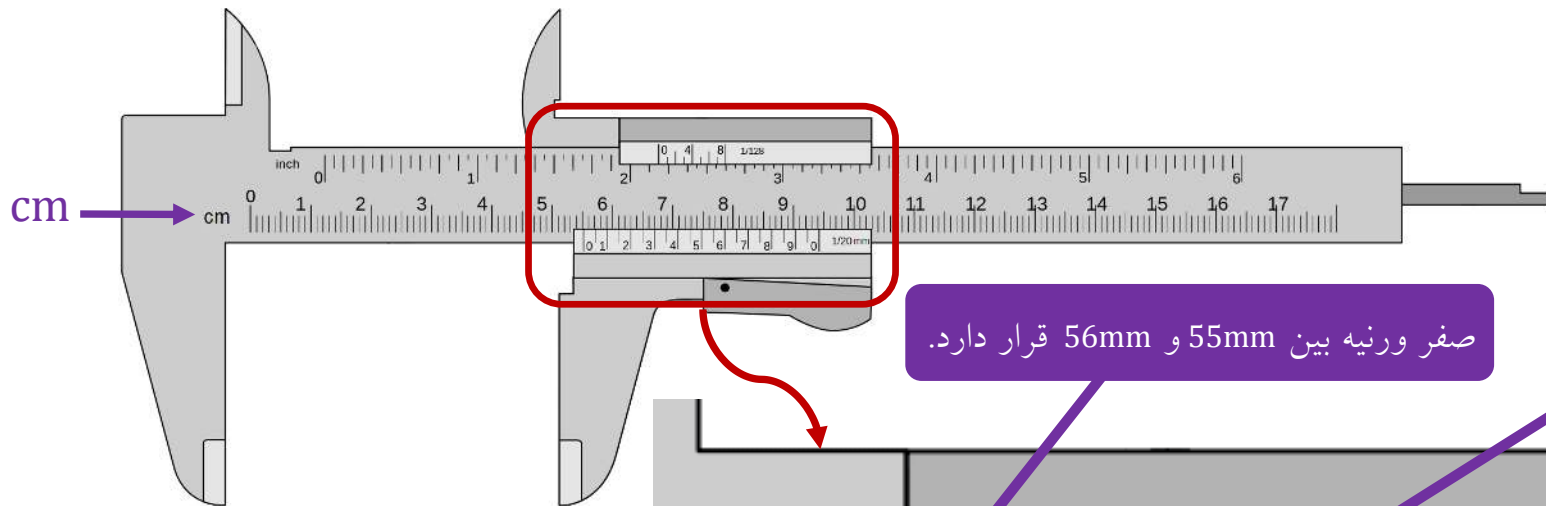


مقیاس ورنیه

مقیاس اصلی

35.30 mm ± 0.05 mm
خطای وسیله اندازه گیری
رقم غیر قطعی

توجه بسیار مهم: اگر نتیجه اندازه گیری را به صورت زیر بنویسید، از نظر فیزیک **نادرست** است هر چند از نظر ریاضیات ایرادی بر آن وارد نیست!
35.3 mm ± 0.05 mm



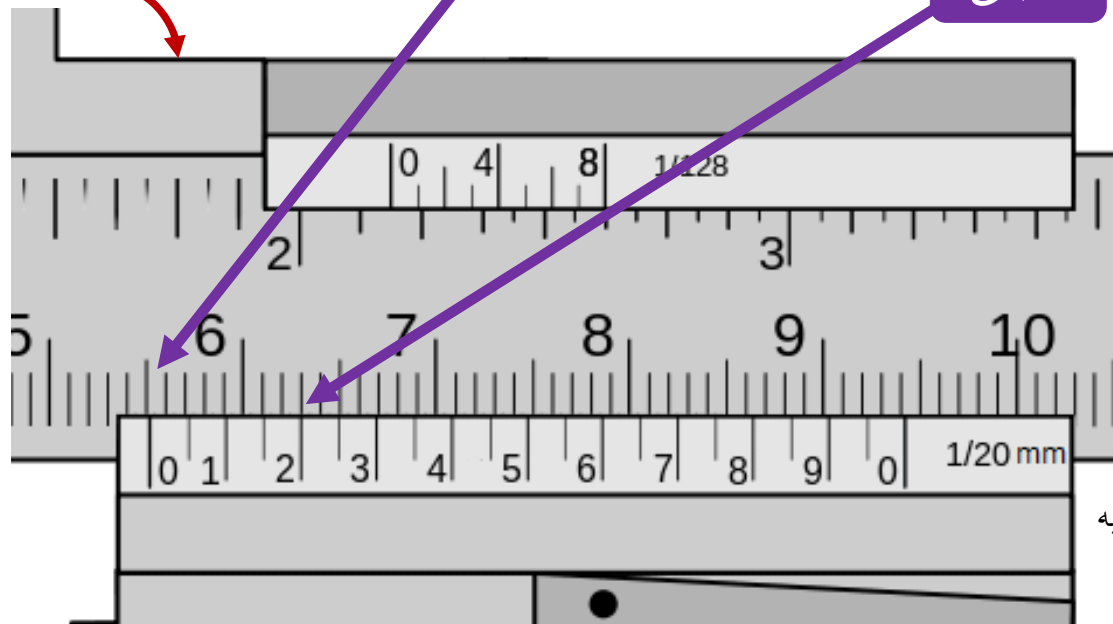
صفر ورنیه بین 55mm و 56mm قرار دارد.

انطباق

$55.20 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$

خطای وسیله اندازه گیری

رقم غیر قطعی



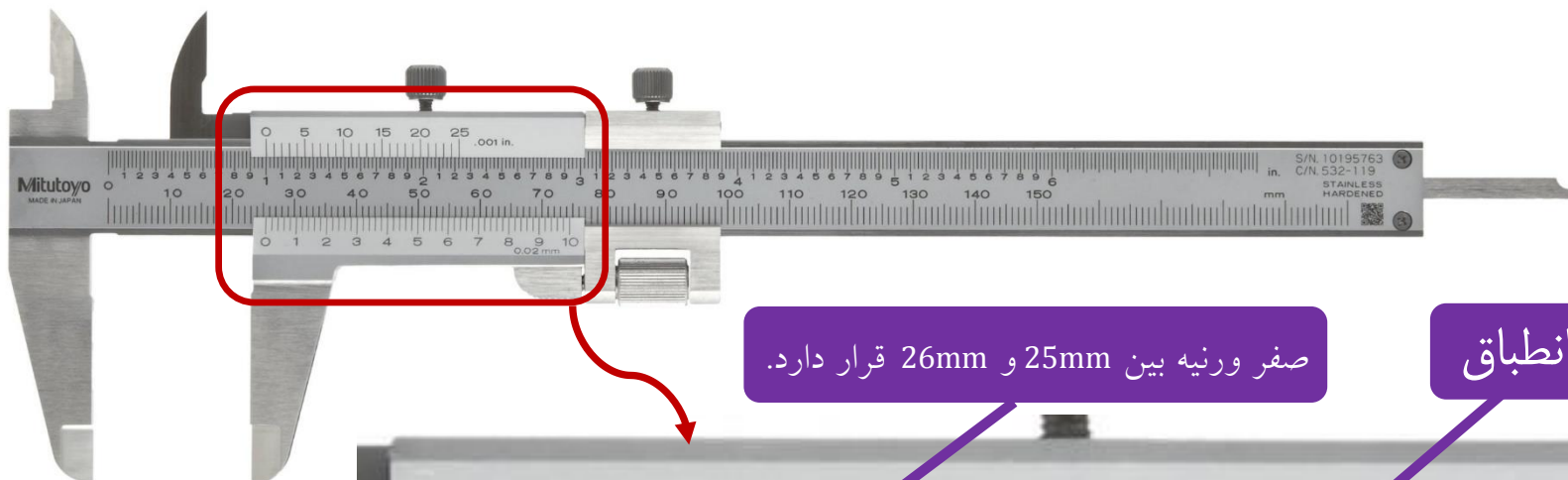
مقیاس اصلی

مقیاس ورنیه

توجه بسیار مهم: اگر نتیجه اندازه گیری را به صورت زیر بنویسید، از نظر فیزیک **نادرست** است هر چند از نظر ریاضیات ایرادی بر آن وارد نیست!

$55.20 \text{ mm} \pm 0.025 \text{ mm}$

هرچند گستره خطای این کولیس $\pm 0.025 \text{ mm}$ است ولی باید به صورت $\pm 0.03 \text{ mm}$ گرد شود تا از نظر فیزیک، جمع و تفریق دو عدد صحیح باشد.



صفر ورنیه بین 25mm و 26mm قرار دارد.

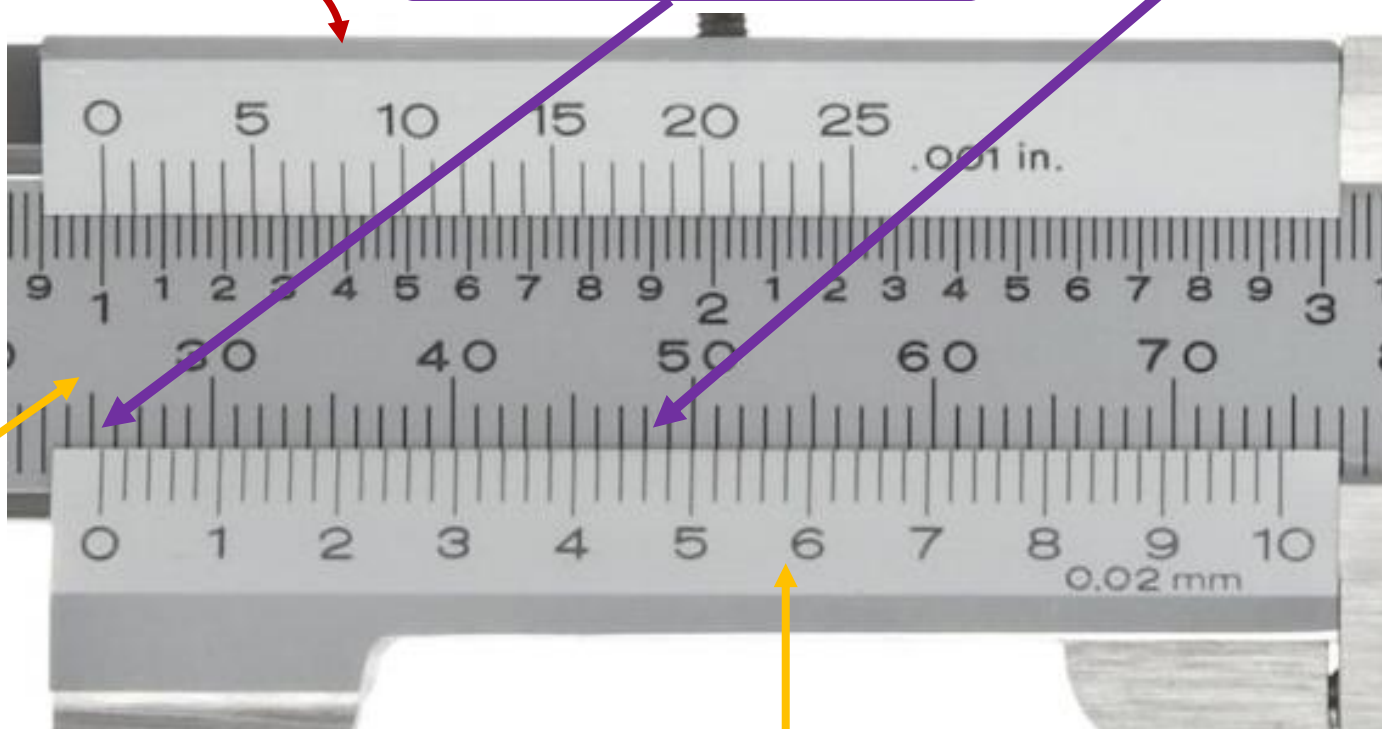
انطباق

$25.46 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$

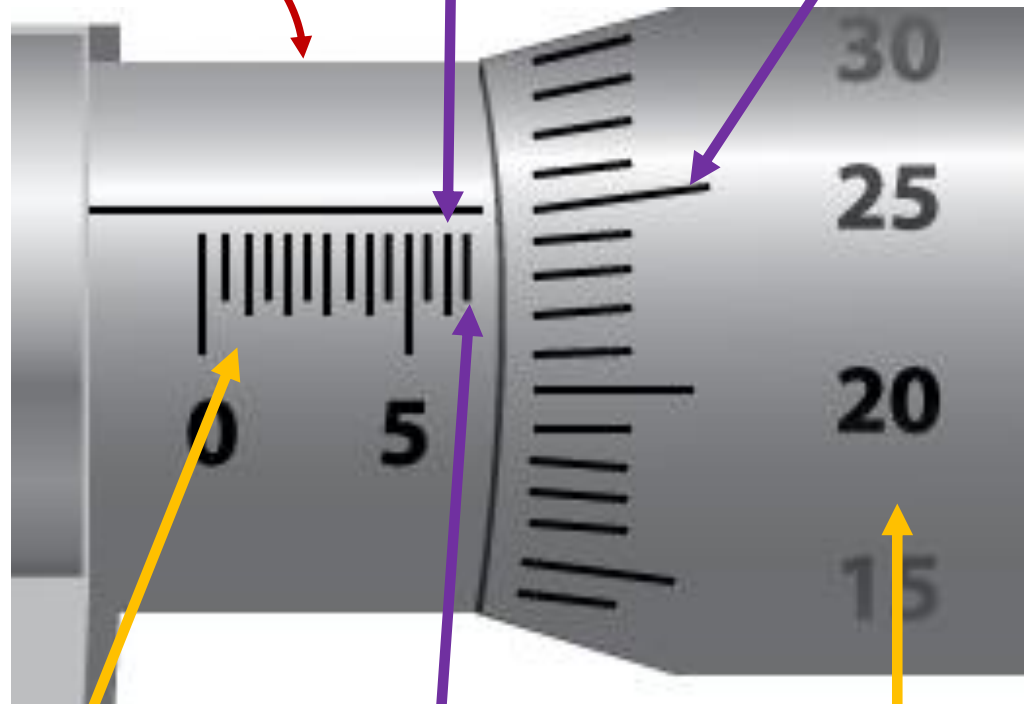
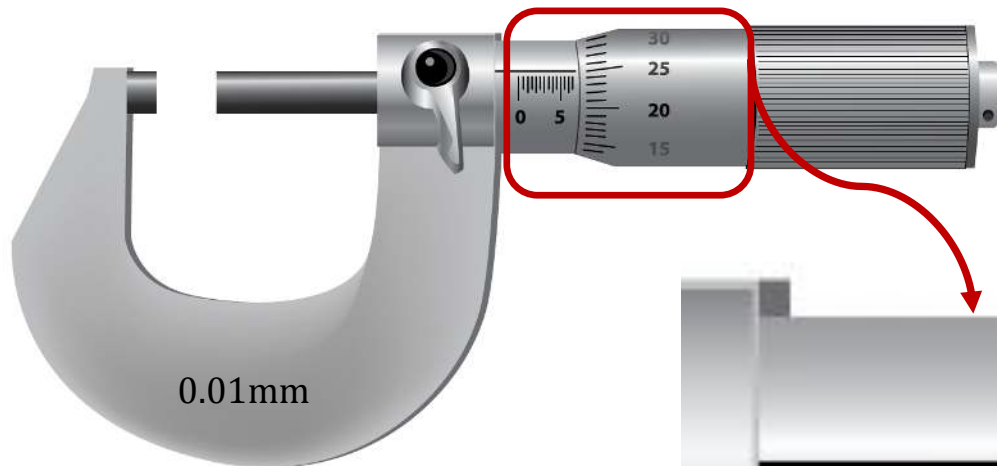
خطای وسیله اندازه گیری

رقم حدسی (غیر قطعی)

مقیاس اصلی



مقیاس ورنیه



6.750 mm $\pm$ 0.005mm

رقم غیر قطعی

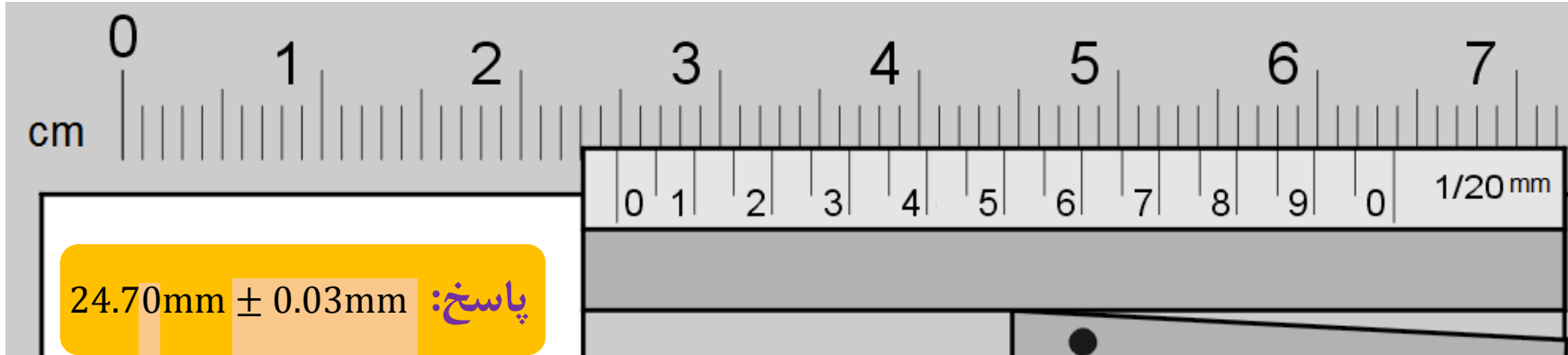
خطای وسیله اندازه گیری

فاصله هر دو درجه متوالی
روی استوانه مدرج ثابت
برابر 0.5mm است.

0.5mm

با هردور چرخش کامل استوانه مدرج چرخان،
فک متحرک 0.5mm نسبت به فک ثابت
(استوانه مدرج ثابت) جابه جا می شود.

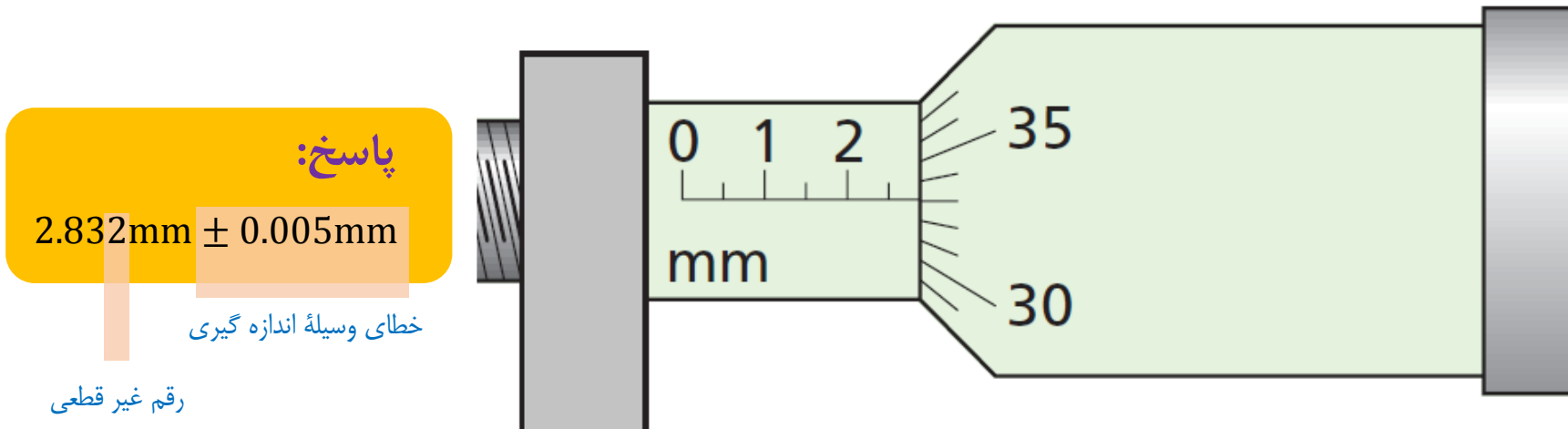
شکل زیر بخشی از یک کولیس 0.05mm را نشان می دهد. نتیجه اندازه گیری را با ذکر خطای سیله بنویسید.



خطای وسیله اندازه گیری

رقم غیر قطعی

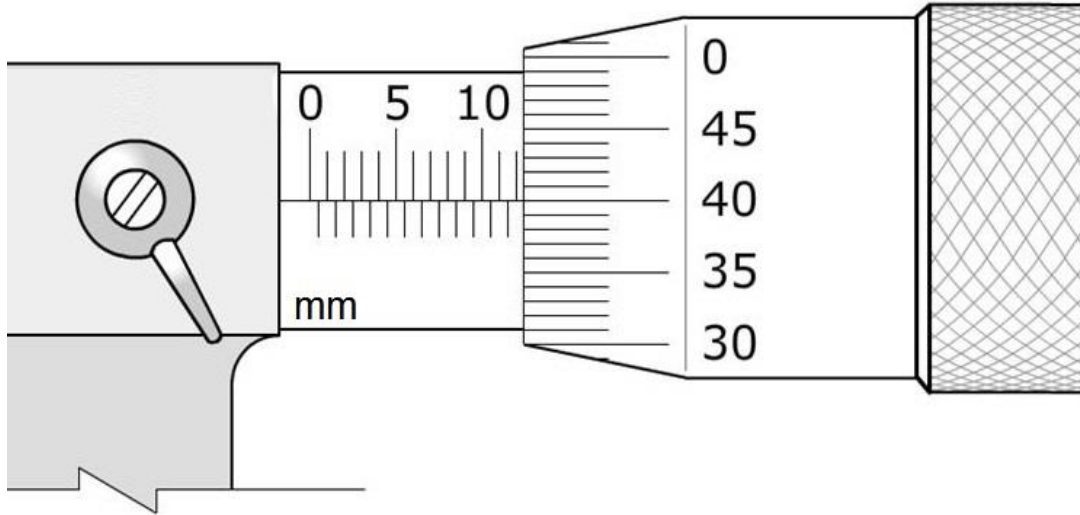
شکل زیر بخشی از یک ریزسنج 0.01mm را نشان می دهد. نتیجه اندازه گیری را با ذکر خطای وسیله بنویسید.



خطای وسیله اندازه گیری

رقم غیر قطعی

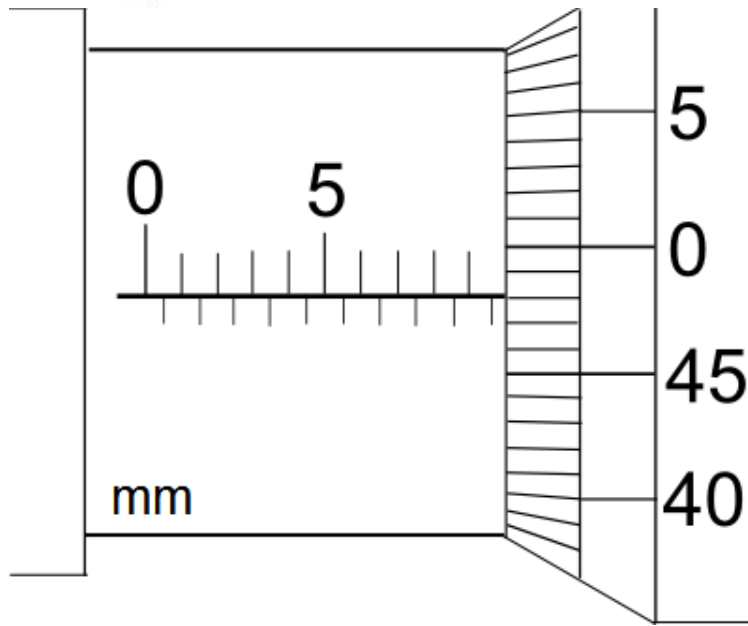
شکل های زیر بخشی از یک ریزسنج 0.01mm را نشان می دهد. نتیجه اندازه گیری را با ذکر خطای وسیله بنویسید.



پاسخ: $12.400\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$

خطای وسیله اندازه گیری

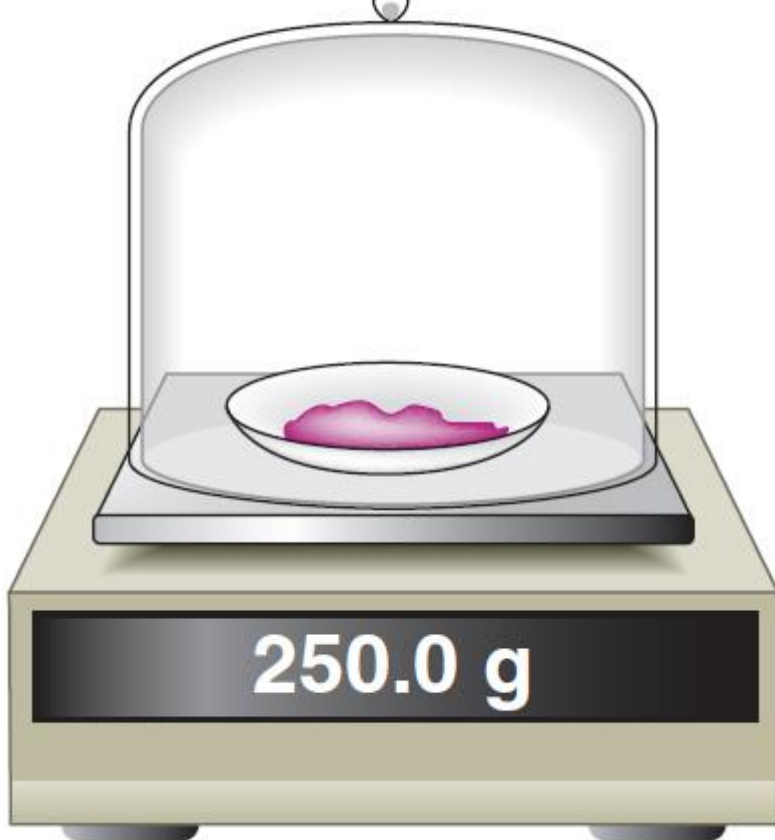
رقم حدسی (غیر قطعی)



پاسخ: $9.981\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$

خطای وسیله اندازه گیری

رقم حدسی (غیر قطعی)



پاسخ: $250.0\text{g} \pm 0.1\text{g}$

خطای وسیله اندازه گیری
رقم غیر قطعی

مقدار واقعی جرم، بین 250.1g و 249.9g قرار دارد.

ادامه تمرین های پیشنه های
ابزارهای رقمی (دیجیتال)



پاسخ: $36.5^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$

خطای وسیله اندازه گیری
رقم غیر قطعی

مقدار واقعی دما، بین 36.4°C و 36.6°C قرار دارد.

نتیجه اندازه‌گیری توسط کولیس رقمی را به همراه خطای آن بنویسید.



پاسخ: $23.33\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$

خطای وسیله اندازه‌گیری

رقم غیر قطعی

مقدار واقعی طول، بین 23.32mm و 23.34mm قرار دارد.

نتیجه اندازه‌گیری توسط ریزسنج رقمی را به همراه خطای آن بنویسید.



پاسخ: $19.977\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$

خطای وسیله اندازه‌گیری

رقم غیر قطعی

مقدار واقعی طول، بین 19.976mm و 19.978mm قرار دارد.

الف) آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان جرم و حجم یک قطره آب را اندازه‌گیری کرد.
ب) نکه‌ای سیم لاکه‌ای نازک یا نخ قرقره به طول تقریبی یک متر تهیه کنید. آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک یک خط‌کش میلی‌متری بتوان قطر این سیم یا نخ را اندازه‌گیری کرد.

خوب است بدانید

محاسبه‌های جبری با رقم‌های نامعنا: هنگامی که عددها در هم ضرب یا بر هم تقسیم می‌شوند تعداد رقم‌های نامعنا در نتیجه محاسبه نمی‌تواند بیشتر از تعداد رقم‌های نامعنا در عددهای نامعنا باشد که کمترین رقم نامعنا را دارد. مثلاً حاصل عبارت $2/1215 \times 2/923 \times 7/12$ هر چند برای $65/38 \times 14402$ می‌شود، ولی باید یا سه رقم نامعنا، یعنی $65/4$ بیان شود. در جمع یا تفریق عددها آنچه اهمیت دارد محل ممیز است و نه تعداد رقم‌های نامعنا. برای نمونه، حاصل عبارت $245/41 + 2/8$ باید به صورت $250/2$ بیان شود. اگر نتیجه به صورت $250/21$ بیان شود نادرست است. همچنین حاصل عبارت $12/0 + 41/344 - 21/2356$ باید به صورت $31/9$ بیان شود.

چگونگی تشخیص رقم‌های نامعنا: در جدول زیر و ادامه آن نحوه تعیین تعداد رقم‌های نامعنا به همراه مثال آمده است:

مثال	قاعده
تمام عددهای غیر صفر نامعنا هستند. $788/6$ چهار رقم نامعنا دارد.	
تمام صفرهایی که بین اعداد غیر صفر قرار دارند نامعنا هستند. 208 سه رقم نامعنا دارد.	
صفرهایی که در طرف چپ اعداد قرار دارند، نامعنا نیستند. $0/000907$ سه رقم نامعنا دارد.	

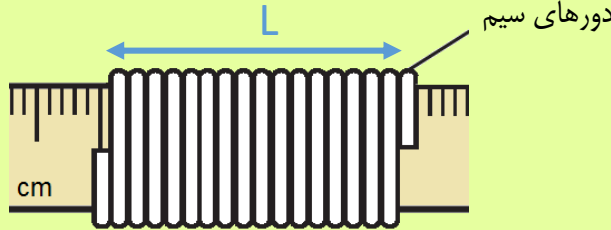
صفرهایی که در طرف راست اعداد قرار دارند می‌توانند نامعنا باشند یا نباشند. برای مثال، اگر طول میله‌ای 230 mm گزارش شده باشد، تعداد رقم‌های نامعنا ممکن است دو یا سه رقم باشد. اگر نتیجه اندازه‌گیری با نمادگذاری علمی، به صورت $230\text{ mm} = 2/3 \times 10^2\text{ mm}$ نوشته شود، دارای دو رقم نامعنا. و اگر به صورت $230\text{ mm} = 2/30 \times 10^2\text{ mm}$ نوشته شود دارای سه رقم نامعنا است.

تفاوت دقت و صحت: دقت همواره به معنای صحت و درستی نیست. برای مثال، یک ساعت رقمی (دیجیتال) معمولی که $17:35:10$ را نشان می‌دهد بسیار دقیق است (زمان را تا ثانیه اعلام می‌کند)، ولی اگر این ساعت چند دقیقه آهسته کار کند، دیگر مقداری که نشان می‌دهد درست نیست. از سوی دیگر، یک ساعت قدیمی دیواری ممکن است زمان صحیح را نشان دهد، ولی اگر این ساعت عقربه‌ای ثانیه‌شمار نداشته باشد دقت آن کم است. اندازه‌گیری‌های با کیفیت بالا نظیر اندازه‌گیری‌هایی که برای تعریف استانداردها صورت گرفته‌اند هم دقیق‌اند و هم صحت دارند. برای درک بهتر تفاوت دقت و صحت، به مثالی از بازی پرتاب دarts توجه کنید. در شکل (الف)، دقت و صحت، در شکل (ب) تنها دقت و در شکل (پ) نه دقت و نه صحت وجود دارد.



الف) روش‌های متفاوتی برای انجام این فعالیت وجود دارد. یک روش این است که به کمک قطره‌جکان تعداد ۵۰ یا ۱۰۰ قطره آب را داخل یک استوانه مدرج یا یک سرنگ ۱۰ سی‌سی بریزیم. آنگاه با تعیین جرم و حجم این تعداد قطره، جرم و حجم یک قطره را به دست آوریم.

ب) سیم را مطابق شکل زیر (که به مقیاس رسم نشده است) دور یک خط کش میلیمتری و کاملاً مجاور هم بپیچید. با تقسیم طول L بر تعداد دور سیم، قطر سیم به دست می‌آید. شرح بیشتری از این فعالیت، در صفحه بعد آمده است.



هر چند در تمامی کتاب و در محاسبه‌های انجام شده در مثال‌ها، در طراحی تمرین‌ها و مسائل پایان هر فصل، به مواردی که در این «خوب است بدانید» آمده، به عنوان استاندارد کتاب درسی، توجه شده است ولی رعایت آنها نه برای دبیران محترم، هنگام آموزش و ارزشیابی، و نه برای دانش‌آموزان عزیز، الزامی ندارد.

برای مطالعه بیشتر در خصوص صحت و دقت اینجا را کلیک کنید.

برای اندازه گیری ضخامت یک سیم مسی نازک می توان از روش مستقیم استفاده کرد. در این روش بهتر است که از یک ابزار با دقت بالا استفاده کنیم. مناسب ترین وسیله برای این کار استفاده از ریزسنج است. در صورتی که ریزسنج در اختیار نداشته باشیم چگونه ضخامت سیم مسی نازک را اندازه گیری کنیم؟ فرض کنید که یک خط کش معمولی در اختیار داریم و می خواهیم ضخامت این سیم را اندازه گیری کنیم. برای این کار باید سیم را در کنار درجه های خط کش قرار دهیم و ضخامت سیم را حدس بزنیم. برای مثال در شکل الف می توانیم مقدار خوانده شده را به صورت $0.6\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ گزارش کنیم. چون مقدار گزارش شده در این روش، خیلی به خطای ابزار اندازه گیری نزدیک است بنابراین این اندازه گیری چندان قابل اطمینان نیست. البته قابل اطمینان

بودن یک اندازه گیری بستگی به کاربرد ما دارد و گاهی همین قدر از دقت نیز می تواند برای ما کافی باشد. اگر بخواهیم دقت اندازه گیری را بالا ببریم یا باید از وسیله دقیق تری استفاده کنیم و یا باید روش کار را تغییر دهیم. روشی که به کار می بریم این است که به جای اندازه گیری یک درو سیم، ضخامت چند دور سیم را اندازه می گیریم (توجه داشته باشید که مطابق شکل ب در این روش باید سیم ها بدون فاصله و چسبیده به هم پیچیده شده باشند). سرانجام مقدار خوانده شده را به تعداد دور سیم ها تقسیم می کنیم مطابق شکل الف، تعداد ۲۹ دور سیم در $20/0$ میلیمتر پیچیده شده است. بنابراین قطر یک دور سیم برابر $0.6796551724/0$ میلیمتر می شود که باید به صورت 0.690 میلیمتر و با سه رقم بامعنا گرد شود. **توجه کنید که** در این روش دقت اندازه گیری بالا می رود و مقدار به دست آمده به مقدار واقعی ضخامت سیم نزدیک تر است. همچنین در این روش، خطا به کمک روابط آماری محاسبه می شود و نحوه بررسی آن خارج از بحث کتاب فیزیک ۱ است. در صورتی که طول سیمی را که در اختیار دارید کم باشد می توانید آن را دور مدادی بپیچید و

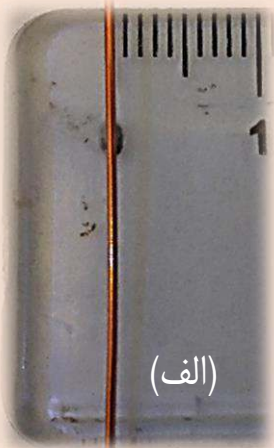
طول دور سیم ها را مطابق شکل پ با خط کش میلیمتری یا مطابق شکل ت با کولیس اندازه بگیرید سبب می شود.

نتیجه با خط کش

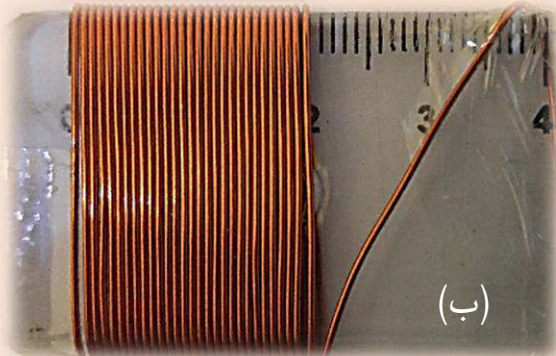
$$23.5\text{mm} \div 35 = 0.671\text{mm}$$

نتیجه با کولیس

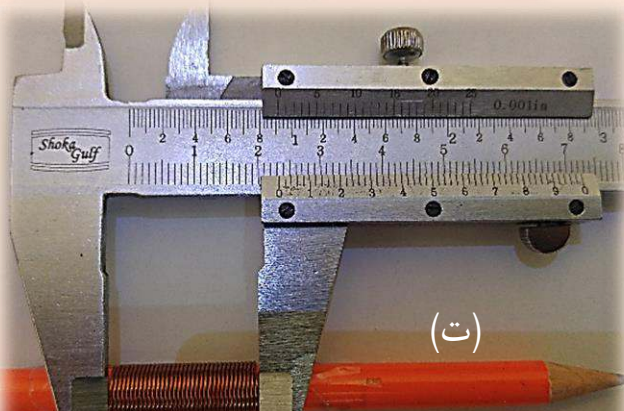
$$23.32\text{mm} \div 35 = 0.6662\text{mm}$$



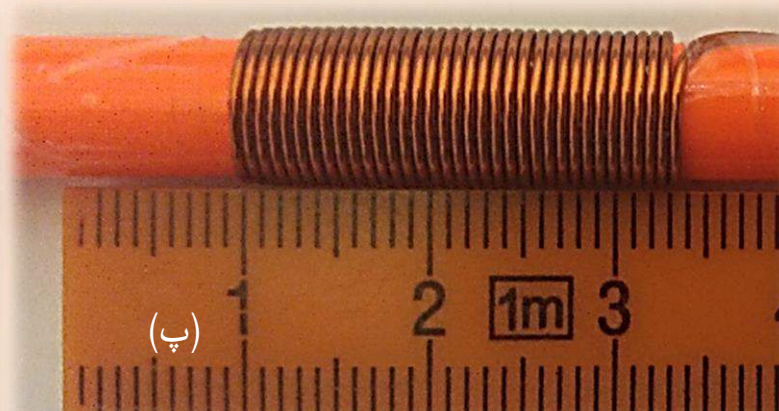
(الف)



(ب)



(ت)



(پ)

آیا تاکنون از خود پرسیده‌اید که چگونه می‌توان تعداد کهکشان‌ها و ستارگان کهان، جرم آب اقیانوس‌ها، جرم جو زمین، یا تعداد درختان روی زمین را برآورد کرد؟ یا چگونه می‌توان تعداد ضربان‌هایی را برآورد کرد که قلب یک شخص در طول عمرش می‌زند؟ یا تعداد موهای سر یک شخص را چگونه می‌توان تخمین زد؟ یا چگونه می‌توان تعداد اتم‌های اکسیژن در بدن یک فرد ۶۰ کیلوگرمی را برآورد کرد؟

برخی اوقات برای شناخت بهتر یک موضوع و کمیت‌های وابسته به آن، نیاز داریم اندازه‌ای هرچند غیر دقیق (تقریبی) را در علم یا حتی زندگی روزمره خود به کار ببریم. برای این کار از فرایند تخمین یا برآورد استفاده می‌کنیم. تخمین نه تنها در علم، بلکه در زندگی روزمره نیز روش مفیدی در حل برخی از مسائل است. معمولاً در موارد زیر از تخمین استفاده می‌کنیم:

• دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی نداشته باشد.

• زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم.

• همه یا بخشی از داده‌های مورد نیاز، در دسترس نباشد.

نوعی از تخمین که در فیزیک کاربرد زیادی دارد، تخمین مرتبه بزرگی نامیده می‌شود. عبارت مرتبه بزرگی، اغلب برای ارجاع به توان‌های 10 به کار می‌رود، زیرا نتیجه نیز به صورت توانی از 10 بیان می‌شود. لازم است توجه شود که در حل مسئله‌ها به روش تخمین مرتبه بزرگی، برخی اوقات ممکن است مرتبه بزرگی پاسخ، با پاسخ واقعی مسئله، یک یا دو مرتبه بزرگی متفاوت باشد. در تخمین مرتبه بزرگی، ابتدا همه اعداد به صورت نمادگذاری علمی ($a \times 10^b$) نوشته می‌شوند و آنگاه از قاعده زیر استفاده می‌کنیم:

اگر $a < 5$ باشد در این صورت: $a \sim 10^b$ اگر $a \geq 5$ باشد در این صورت: $a \sim 10^{b+1}$

برای گرد کردن اعداد در فرایند تخمین مرتبه بزرگی، با توجه به قاعده‌ای که گفته شد مطابق مثال‌های زیر عمل می‌کنیم:

$0.000499 = 4/99 \times 10^{-4} - 10^{-4}$ این عدد کوچکتر از ۵ است و به صورت 10^{-4} گرد می‌شود.	$92137 = 9/2137 \times 10^4 - 10^5$ این عدد بزرگتر از ۵ است و به صورت 10^5 گرد می‌شود.	$136 = 1/36 \times 10^2 - 10^2$ این عدد کوچکتر از ۵ است و به صورت 10^2 گرد می‌شود.
--	--	--

مثال ۱-۳

شهر رشت با مساحتی حدود 180 کیلومتر مربع در زمینی مسطح و هموار در شمال ایران واقع است. در یک روز طوفانی حدود $10/0$ میلی‌متر باران در این شهر باریده است. مرتبه بزرگی تعداد قطره‌های باران را در این روز طوفانی تخمین بزنید.

موضوع تخمین مرتبه بزرگی (order-of-magnitude estimate)

در فیزیک، نخستین باری است که در کتاب‌های درسی فیزیک به آن پرداخته می‌شود. پیش از این و در کتاب‌های درسی فیزیک، معمولاً لابه‌لای برخی از فعالیت‌های فصل اندازه‌گیری، از دانش آموزان خواسته می‌شد تا برای مثال، ابعاد کلاس خودشان را تخمین بزنند و نتیجه را گزارش کنند. این نوع تخمین، که مبتنی بر حواس و مهارت‌های اندازه‌گیری دانش آموزان به وجود می‌آید به طور کامل با تخمین مرتبه بزرگی که موضوع این بخش از کتاب فیزیک ۱ است تفاوت دارد.

همان طور که در این صفحه نیز تاکید شده است نوعی از تخمین در فیزیک، تخمین مرتبه بزرگی است که به کمک آن می‌توان درک و شناختی بهتر از مسئله مورد بررسی پیدا کرد. نتیجه محاسبات مبتنی بر این نوع تخمین، همواره باید به صورت مرتبه‌ای از 10 بیان شود. در برخی موارد نتیجه به دست آمده در مقایسه با مقدار واقعی، ممکن است یک یا دو مرتبه بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد که اهمیت چندانی ندارد.

در تخمین مرتبه بزرگی، بنا به قاعده‌ای که گفته شده است باید در حین فرایند حل مسئله یا در پایان آن، اعداد گرد شوند و نتیجه به صورت مرتبه‌ای از 10 بیان شود. در صورتی که در تخمین مبتنی بر حواس، وقتی برای مثال طول جسمی را تخمین می‌زنیم باید آن را بدون گرد کردن گزارش کنیم.

توجه: هنگام طراحی مسئله های مربوط به تخمین مرتبه بزرگی، برخی از داده ها و روابط مورد نیاز را باید در اختیار دانش آموزان بگذاریم. برای نمونه، در مثال ۱-۳، مساحت شهر رشت را به دانش آموزان داده ایم ولی نحوه محاسبه حجم یک لایه به ضخامت d یا رابطه مربوط به محاسبه حجم یک کره را انتظار می رود که دانش آموزان از سال های قبل بدانند و در صورت نیاز در حل مسئله از آنها استفاده کنند.

به این مثال می توانید قسمت های دیگری را نیز اضافه کنید و به عنوان تمرین از دانش آموزان بخواهید تا در کلاس یا خانه انجام دهند. مثلاً دانش آموزان مرتبه بزرگی تعداد قطره های یک لیتر آب را تخمین بزنند و بررسی کنند که این تعداد قطره باران معادل چند لیتر است. همچنین اگر مصرف میانگین روزانه هر فرد را ۱۲۰ لیتر در نظر بگیریم این مقدار باران، برای مصرف چند نفر می تواند کافی باشد.

هر چند نتیجه واقعی حدود ۱۵۰ میلیون لیتر می شود با وجود این، مرتبه بزرگی این حجم از خون که توسط قلب یک نفر در طول عمرش پمپ می شود حکایت از کارکرد شگفت انگیز قلب دارد. به همین دلیل توصیه می شود تا دانش آموزان روی نتیجه به دست آمده درنگی داشته باشند و به بزرگی این عدد و شگفتی های نهفته در خلقت انسان توجه کنند.



پاسخ: مساحت شهر را با A و ارتفاع باران باریده شده را با d نشان می دهیم. به این ترتیب داریم:

$$A = 180 \times 10^6 \text{ m}^2 = 1/8 \times 10^8 \text{ m}^2 \sim 10^8 \text{ m}^2$$

$$d = 10/0 \text{ mm} = 10^{-2} \text{ m}$$

به این ترتیب حجم باران باریده شده برابر است با:

$$V_1 = Ad = (10^8 \text{ m}^2)(10^{-2} \text{ m}) = 10^6 \text{ m}^3$$

اگر هر قطره باران را به صورت گویای به قطر $4/0 \text{ mm}$ فرض کنیم (شکل روبه رو)، در این صورت حجم هر قطره باران برابر است با:

$$V_2 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi (2/0 \times 10^{-3} \text{ m})^3 = 10^{-8} \text{ m}^3$$

به این ترتیب، مرتبه بزرگی تعداد قطره های باران برابر است با:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{10^6 \text{ m}^3}{10^{-8} \text{ m}^3} = 10^{14}$$

مثال ۱-۴

تخمین بزنید که قلب یک نفر در طول عمرش چند لیتر خون را به سرخرگ آئورت پمپ می کند. قلب در هر ضربان (beat) به طور میانگین 70 cm^3 خون به سرخرگ آئورت پمپ می کند.

پاسخ: برای حل این مثال لازم است اطلاعاتی را از قبل بدانید. این اطلاعات را ممکن است از کتاب های درسی سال های قبل یا از طریق رسانه های دیگر کسب کرده باشید.

• با توجه به جدول ۱-۵، قلب یک شخص سالم در هر $1/8 \text{ s}$ یک بار خون را به سرخرگ آئورت پمپ می کند که با توجه به تخمین مرتبه بزرگی، مقدار آن را بر حسب توانی از 10 به صورت 10^{-8} s گرد می کنیم.

• طول عمر میانگین انسان ها حدود ۷۵ سال (۷۵ year) است که به صورت 10^7 year گرد می کنیم.

• هر لیتر (L) برابر با 10^3 cm^3 است.

• از جدول ۱-۴ داریم هر سال تقریباً برابر 3×10^7 ثانیه است. با توجه به تخمین مرتبه بزرگی و بر حسب توانی از 10 ، یک سال را به صورت 10^7 ثانیه گرد می کنیم.

به این ترتیب، تعداد ضربان قلب (N) یک انسان در طول عمرش را می توان به صورت زیر تخمین زد:

$$N = (10^7 \text{ year}) \left(\frac{10^7 \text{ s}}{1 \text{ year}} \right) \left(\frac{10^3 \text{ beat}}{1 \text{ s}} \right) = 10^6 \text{ beat}$$

با توجه به فرض مسئله، مقدار خونی که در هر ضربان به سرخرگ آئورت پمپ می شود را به صورت 10^4 cm^3 گرد می کنیم. بنابراین، حجم خون پمپ شده (V) به سرخرگ آئورت برابر است با:

$$V = (10^6 \text{ beat}) \left(\frac{10^4 \text{ cm}^3}{\text{beat}} \right) \left(\frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} \right) = 10^4 \text{ L}$$

اطراف کره زمین، لایه‌ای از هوا وجود دارد. به این لایه که از گازهای متفاوتی تشکیل شده است، جو زمین گفته می‌شود (شکل رویه‌رو). مرتبه بزرگی جرم جو زمین را تخمین بزنید. فشار جو را در تمام نقاط سطح زمین فرض کنید.



جو زمین که هخات ان به مقیاس رسم شده است.

پاسخ: برای برآورد مرتبه بزرگی جرم جو زمین، از رابطه $P = F/A$ که در علوم سال نهم با آن آشنا شدید استفاده می‌کنیم. در این رابطه، به جای F ، وزن جو زمین (mg) و به جای A ، مساحت سطح زمین ($4\pi R^2$) را قرار می‌دهیم. همچنین از جدول ۲-۱ می‌دانیم شعاع تقریبی زمین $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ است. به این ترتیب داریم:

$$A = 4\pi R^2 = 4\pi (6.4 \times 10^6 \text{ m})^2 = 1.0 \times 10^{14} \text{ m}^2$$

(تخمین مرتبه بزرگی مساحت سطح زمین)

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \Rightarrow F = (1.0 \times 10^5 \text{ Pa})(1.0 \times 10^{14} \text{ m}^2) \Rightarrow F = 1.0 \times 10^{19} \text{ N}$$

(تخمین مرتبه بزرگی وزن کل جو زمین)

$$mg = 1.0 \times 10^{19} \text{ N} \Rightarrow m = 1.0 \times 10^{18} \text{ kg}$$

(تخمین مرتبه بزرگی جرم کل جو زمین)

تمرین ۱-۵

(الف) تخمین بزنید در هر شبانه روز چند لیتر بخار بنزین وارد هوای شهر تهران می‌شود.
(ب) تحقیق کنید در کشورهای دوستدار محیط زیست، چه تدابیری می‌انداختند تا این بخار، که برای محیط زیست و سلامتی انسان‌ها بسیار مضر است، وارد هوا نشود.
راهنمایی: برای به دست آوردن مقدار این تخمین، ابتدا باید راه‌هایی را مورد توجه قرار دهید که سبب تولید بخار بنزین و ورود آن به هوا می‌شود. یکی از راه‌های تولید بخار بنزین و ورود آن به هوا به صورت زیر است:
وقتی بنزین خودرویی به تدریج مصرف می‌شود بالای بنزین درون باک، بخار بنزین تشکیل می‌شود. وقتی خودرو برای سوخت‌گیری دوباره به جایگاه پمپ بنزین می‌رود، با ورود بنزین به باک، بخار بنزین از آن خارج و به هوای بیرون رانده می‌شود.

خوب است بدانید



اثریکو فرمی (۱۹۰۴-۱۹۵۴ م) فیزیک‌دان بزرگ ایتالیایی قرن بیستم بود که بیشتر فعالیت‌های علمی خود را در آمریکا دنبال کرد. فرمی نخستین دانشمندی بود که تبدیل عنصرهای سنگین به سبک‌تر را بر اثر بمباران نوترونی بررسی کرد و جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۳۸ میلادی را برای این کار دریافت کرد. وی همچنین برای توانایی و علاقه‌اش در طرح و حل مسئله‌های تخیلی (از مرتبه بزرگی) مشهور است. به همین جهت در برخی کتاب‌ها، به این گونه مسئله‌ها، مسئله‌های فرمی می‌گویند.

می‌توانید ابتدا شعاع زمین را گرد کرده و آنگاه در رابطه آن قرار دهید
($R = 6.4 \times 10^6 \text{ m} \sim 10^7 \text{ m}$).

مقداری که بر اساس روابط تحلیلی به دست آمده است و در منابع به آن اشاره می‌کنند حدود $1.52 \times 10^{18} \text{ kg}$ است که نشان می‌دهد روش تخمین مرتبه بزرگی، روشی ساده و عین حال قدرتمند برای حل مسائلی است که به ظاهر پیچیده به نظر می‌رسند!

یکی از اهداف این تمرین توجه به یک مسئله زیست محیطی شهری است که به سادگی از کنار آن گذشته و معمولاً توجهی هم به آن نمی‌شود. در ایران نیز با اجزای طرح ملی کهاب (برای بازیافت ۳۰۰ هزار لیتر بنزین در شبانه روز) توسط شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی، کوشش می‌شود تا با اقداماتی از جمله نصب تجهیزاتی در جایگاه‌های سوخت رسان، حجم بخار بنزین وارد شده به هوای شهری را کاهش دهند (**اطلاعات بیشتر**).

همان طور که در قسمت راهنمایی تمرین نیز اشاره شده است برای حل این مسئله باید توجه کنیم که به چه روش‌هایی بخار بنزین می‌تواند وارد هوا شود. افزون بر مقدار کمی بنزین که هنگام سوخت‌گیری هدر می‌رود، دست کم به سه روش بخار بنزین به طور مستقیم وارد هوا می‌شود. از آنجا که میانگین مصرف روزانه بنزین در تهران ۲۰ میلیون لیتر است لذا داریم:

$$\text{مرتبه بزرگی حجم بخار بنزینی که وارد هوای شهر تهران می‌شود} = 20\text{ML} + 20\text{ML} + 20\text{ML} \sim 10^8 \text{ L}$$

از باک یک خودرو هنگام سوخت‌گیری

از مخزن جایگاه پمپ بنزین هنگام دریافت سوخت از تانکر

از مخزن تانکر، هنگام دریافت سوخت از خطوط لوله

همانطور که در کتاب نیز اشاره شده است دانش آموزان در علوم سال هفتم با تعریف چگالی آشنا شده اند و فعالیت های ساده ای را هم در این خصوص انجام داده اند. لذا در این بخش و با توجه به ماهیت فصل اول، ضمن یادآوری این تعریف، دانش آموزان را از طریق حل مسئله با یکاهای چگالی و تبدیل آنها با یکدیگر آشنا کرده ایم.

به روش تبدیل زنجیره ای داریم:

$$1000 \text{ kg/m}^3 = (1000 \text{ kg/m}^3)(1)(1)$$

$$= (1000 \text{ kg/m}^3) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \right) = 1 \text{ g/cm}^3$$

با توجه به این که چگالی بنزین از چگالی آب کمتر است (با توجه به جدول ۸-۱) انتظار می رود دانش آموزان توضیحی قانع کننده برای پاسخ به پرسش ارائه دهند.

دانستنی برای معلم اُسمیم (Osmium) از عنصرهای جدول تناوبی و با نشانه Os است که نخستین بار در سال ۱۸۰۳ میلادی کشف شد. این عنصر یکی از کمیابترین فلزها در پوسته زمین است. نقطه ذوب اُسمیم کمی بیشتر از ۳۰۰۰ درجه سلسیوس است و به طور عمده به عنوان عنصر آلیاژی در آلیاژهای پلاتینیم کاربرد دارد و حضور آن در این دسته از آلیاژها، سبب سختی بسیار زیاد آنها می شود. آلیاژ ۹۰٪ پلاتین و ۱۰٪ اُسمیم در ایمپلنت های پزشکی مانند ضربان ساز قلب و تعویض دریچه قلب کاربرد دارد. همچنین اُسمیم ترا اکسید برای بررسی های میکروسکوپی جهت تحریک بافت چربی و کشف اثر انگشت کاربرد دارد.

جدول ۸-۱ چگالی برخی مواد متداول

ماده	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	ماده	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$
خ	0.917×10^3	آب	1.0×10^3
آلومینم	2.70×10^3	گلیسرین	1.26×10^3
آهن	7.86×10^3	اتیل الکل	0.806×10^3
مس	8.92×10^3	بنزن	0.879×10^3
نقره	10.5×10^3	جیوه	13.6×10^3
سرب	11.3×10^3	هوا	1.29
اورانیوم	19.1×10^3	طلسم	1.79×10^{-4}
طلا	19.3×10^3	اکسیژن	1.43
پلاتین	21.4×10^3	هیدروژن	8.99×10^{-5}

داده های این جدول در دمای صفر درجه ($^{\circ}\text{C}$) سلسیوس و فشار یک اتمسفر اندازه گیری و گزارش شده اند.

چگالی هر ماده یکی از ویژگی های مهم آن به شمار می رود که کاربردهای گوناگونی دارد. برای مثال با توجه به دستورالعمل موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، چگالی شیر خام تحویلی در کارخانه های شیر و لبنیات باید در دمای ۱۵ درجه سلسیوس بین 1.029 تا 1.032 کیلوگرم بر متر مکعب باشد.

در علوم سال هفتم دیدید که اگر ماده همگنی دارای جرم m و حجم V باشد، چگالی ρ آن به صورت زیر تعریف می شود:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

یکای چگالی در SI کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3) است. در جدول ۸-۱ چگالی برخی مواد داده شده است.

تمرین ۱-۶

یکی دیگر از یکاهای متداول چگالی، گرم بر سانتی متر مکعب (g/cm^3) است. به روش تبدیل زنجیره ای نشان دهید:

$$1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$$

پوشش ۱-۴

چگالی بنزین $6/80 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ است. توضیح دهید چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله ور نیست.

مثال ۱-۶

فلز اُسمیم ($\rho = 22.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) یکی از چگال ترین مواد یافت شده روی زمین است. جرم قطعه ای از این ماده به حجم $23/0 \text{ cm}^3$ چند کیلوگرم است؟

پاسخ: از رابطه ۱-۱ داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = (22.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) \times (23/0 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 0.518 \text{ kg}$$

این نتیجه نشان می دهد که اگر قطعه ای مکعبی، به اندازه یک فوتی کبریت، از این فلز داشته باشیم، در این صورت جرم آن کمی بیشتر از نیم کیلوگرم خواهد بود.

$$V = 4.70\text{L} = 4.70 \times 10^3 \text{cm}^3$$

$$m = \rho V = (1.05 \text{g/cm}^3)(4.70 \times 10^3 \text{cm}^3) = 493\text{g}$$

قبل از حل این تمرین، بهتر است از دانش آموزان بخواهید تا پیش بینی کنند که جرم هوای داخل کلاس تقریباً چقدر است. معمولاً نتیجه پیش بینی آنها خیلی کم تر از مقدار واقعی است!

برای تعیین حجم کلاس، ابتدا باید ابعاد کلاس توسط دانش آموزان تخمین زده شود. اگر ابعاد یک کلاس فرضی $4\text{m} \times 9\text{m} \times 3\text{m}$ برآورد شود، در این صورت داریم:

$$V = 108 \text{m}^3$$

$$m = \rho V = (1.29 \text{kg/m}^3)(108 \text{m}^3) = 139 \text{kg}$$

توصیه می شود فعالیت های ۷-۱ و ۸-۱ به طور گروهی توسط دانش آموزان انجام شوند.

با توجه به مفهوم چگالی دانش آموزان به سادگی می توانند به این پرسش پاسخ دهند.

تمرین ۱-۷

حجم خون در گردش یک فرد بالغ با توجه به جرمش، می تواند بین $4/7 \times \text{L}$ تا $5/5 \times \text{L}$ باشد. جرم $4/7 \times \text{L}$ خون چند کیلوگرم است؟ چگالی خون را $1/05 \text{g/cm}^3$ بگیرد.

تمرین ۱-۸

جرم و وزن تقریبی هوای درون کلاستان را پیدا کنید.

فعالیت ۱-۷



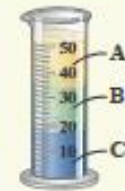
اگر برتقالی را درون ظرف محتوی آب پندازیم پیش بینی کنید چه اتفاقی می افتد؟ آزمایش را انجام دهید (شکل الف) و نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید.
اگر برتقال را بدون پوست درون ظرف محتوی آب پندازیم دوباره پیش بینی کنید چه اتفاقی می افتد؟ آزمایش را مطابق شکل (ب) انجام دهید و نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید.
در آزمایش (الف) برتقال جرم بیشتری دارد و اصطلاحاً سنگین تر است. آیا سنگین تر بودن یک جسم دلیلی بر فرو رفتن آن در آب است؟ توضیح دهید.

فعالیت ۱-۸



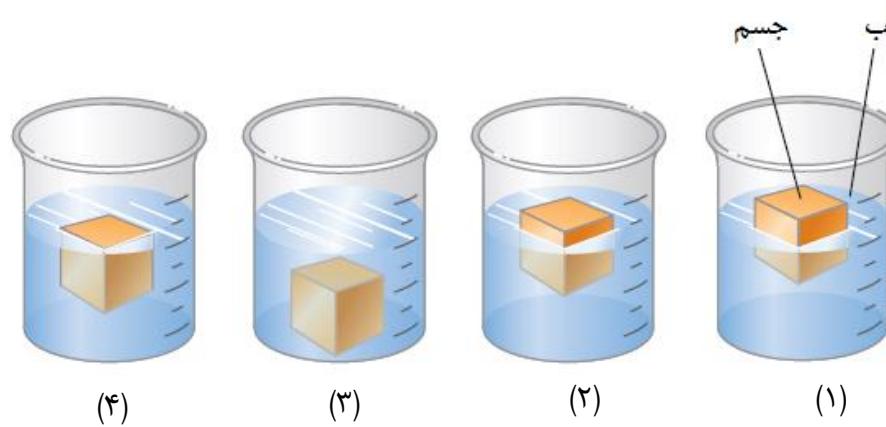
الف) جرم و حجم تعدادی جسم جامد را اندازه بگیرید. در صورتی که شکل جسم ها منظم باشد، ابعاد آنها را به کمک کولیس یا ریزسنج اندازه بگیرید. اگر جسم جامد شکل نامنظمی داشته باشد، از روشی که در شکل رویه رو نشان داده شده است حجم آن را اندازه بگیرید.
ب) با استفاده از سرنگ مدرج بزرگ و ترازوی با دقت مناسب، چگالی برخی از مایع های در دسترس مانند شیر، روغن، مایع ظرفشویی و ... را اندازه بگیرید.
قبل و بعد از برگردن سرنگ، جرم آن را اندازه بگیرید و به این روش جرم مایع را تعیین کنید.

پرسش ۱-۵



سه مایع مخلوط نشدنی A، B و C که چگالی های متفاوتی دارند درون استوانه ای شیشه ای ریخته شده اند. این سه مایع عبارتند از: گیوه (با چگالی $1/2 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)، روغن زیتون (با چگالی $9/2 \times 10^2 \text{kg/m}^3$) و آب (با چگالی $1/0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$) است. جنس هر یک از مایع های A، B و C درون استوانه را مشخص کنید.

با توجه به مفهوم چگالی، هر یک از شکل های ۱ تا ۴ را به یکی از گزینه های (الف) تا (ت) مرتبط کنید.



الف) چگالی جسم از چگالی آب بیشتر است.

ب) چگالی جسم بین 0.6 تا 0.8 گرم بر میلی لیتر است.

پ) چگالی آب و چگالی جسم مساوی اند.

ت) چگالی جسم حدود نصف چگالی آب است.

۱- دانش آموزان در پاسخ به این پرسش باید به موارد زیر توجه کنند:
هیچ نظریه‌ای در فیزیک به عنوان حقیقت پایانی در نظر گرفته نشده است.
این امکان همواره وجود دارد که مشاهد‌های جدید ایجاب کنند که نظریه‌ای بازنگری یا رد شود. این در ماهیت نظریه فیزیکی نهفته است که می‌توانیم یک نظریه را در صورت یافتن رفتاری که با آن ناسازگار است رد کنیم.
۲- در پاسخ به این پرسش توجه کنند که: در فیزیک، مدل صورت ساده شده‌ای از یک دستگاه فیزیکی است که تحلیل آن در شرایط واقعی و با جزئیات کامل، دارای پیچیدگی‌های فراوانی است. مدل آرمانی، ساده‌ترین شکل ممکن برای بررسی یک دستگاه یا پدیده فیزیکی است. برای ساختن یک مدل آرمانی، باید روی مهم‌ترین ویژگی‌های دستگاه تمرکز کنیم و اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم.

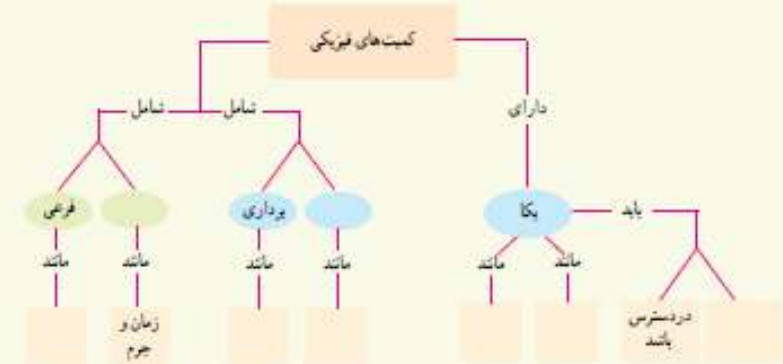
۳- به ترتیب از راست به چپ (قسمت بالا): نرده ای، اصلی به ترتیب از راست به چپ (قسمت پایین): تغییر نکنند، متر، ثانیه، تندی متوسط، سرعت متوسط، نیرو و شتاب.
۴- در این گونه تخمین یا برآورد طول اجسام اطرافمان، از چشم و ذهن خود کمک می‌گیریم. در این گونه تخمین ها، که به تخمین های مبتنی بر حواس نیز موسوم اند، مقدار برآورد شده را گزارش می‌کنیم.
۵- امروزه ترازوهای آشپزخانه عمدتاً به صورت رقمی (دیجیتال) ساخته می‌شوند و دقت خوبی دارند (مانند ترازوی شکل صفحه بعد که دقت آن یک گرم است). ترازوهای مدرج آشپزخانه، معمولاً دقت کمی دارند و برای انجام این فعالیت توصیه نمی‌شوند (مانند ترازوی شکل صفحه بعد که دقت آن ۲۰ گرم است). اگر جرم تعدادی سوزن (مثلاً ۵۰ عدد) را به کمک ترازوی رقمی به دست آوریم و مقدار حاصل را بر عدد ۵۰ تقسیم کنیم، مقدار به دست آمده به جرم واقعی یک سوزن ته گرد نزدیک است.

۱-۱ و ۲-۱ فیزیک: دانش بنیادی و مدل سازی در فیزیک

- ۱ در چه صورت یک مدل یا نظریه فیزیکی بازنگری می‌شود؟
- ۲ فرایند مدل سازی در فیزیک را با ذکر یک مثال توضیح دهید.

۳-۱ و ۴-۱ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی و اندازه گیری و دستگاه بین المللی یکاها

- ۲ نقشه مفهومی زیر را کامل کنید.



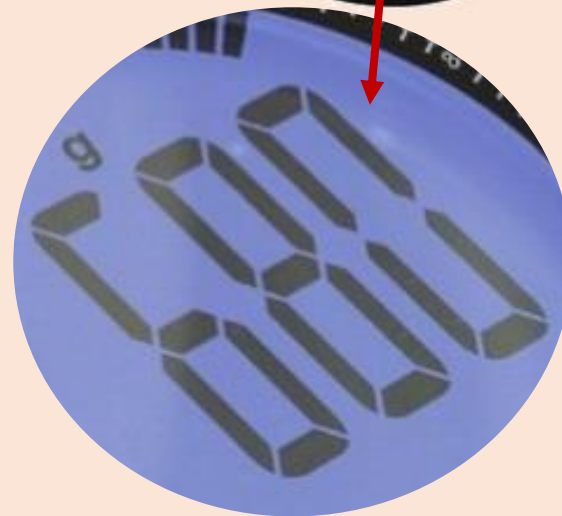
- ۱ سعی کنید با نگاه کردن، طول برخی از اجسامی را که در محیط اطرافتان هستند، برحسب سانتی متر یا متر برآورد کنید. سپس طول آنها را با خط کش یا متر اندازه بگیرید. برآوردهای شما تا چه حد درست بوده‌اند؟
- ۲ جرم یک سوزن ته گرد را چگونه می‌توان با یک ترازوی آشپزخانه اندازه گیری کرد؟
- ۳ گالیه در برخی از کارهایش از طریق بعض خود به عنوان زمان سنج استفاده کرد. شما نیز چند پدیده تکرار شونده در طبیعت را نام ببرید که می‌توانند به عنوان ابزار اندازه گیری زمان به کار روند.
- ۴ الف) هر میکرو قرن، تقریباً چند دقیقه است؟
ب) یک میلیارد ثانیه دیگر، تقریباً چند سال برتر می‌شوید؟
- ۵ الف) هر هکتار، از جمله یکاهای متداول مساحت است. هر هکتار برابر ۱۰ هزار متر مربع است.
الف) اگر زمین را کره ای بکنواخت به شعاع ۶۴۰۰ کیلومتر در نظر بگیریم (شکل رویه رو)، مساحت آن چند هکتار است؟
ب) تحقیق کنید مساحت کل سرزمین ایران، شامل خشکی و دریا، چند هکتار است؟ این مساحت چند درصد از مساحت کره زمین است؟



- ۶ الف) یکی از بزرگترین الماس های شناخته شده در ایران، دریای نور به جرم ۱۸۲ قیراط، است. این الماس به رنگ کیمیا صورتی شفاف بوده و در خزانه جواهرات ملی نگهداری می‌شود. کوه نور نیز یکی دیگر از الماس های مشهور جهان است که جرمی حدود ۱۰۸ قیراط دارد و هم اکنون در برج لندن نگهداری می‌شود. با توجه به اینکه هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی گرم است، جرم دریای نور و کوه نور بر حسب گرم چقدر است؟



ترازوی مدرج آشپزخانه با دقت ۲۰ گرم



ترازوی رقمی آشپزخانه با دقت یک گرم

۶- دانش آموزان می توانند به حرکت رفت و برگشتی یک آونگ، خروج قطره های آب از یک شیر آب که سفت بسته نشده است برای مقیاس های کوچک زمان اشاره کنند و برای مقیاس های بزرگ زمان نیز می توانند به شبانه روز، ماه، فصل و سال به عنوان پدیده های تکرار شونده طبیعی اشاره کنند.

۷- الف) با توجه به جدول ۱-۵، هر سال تقریباً $3.15 \times 10^7 s$ است. بنابراین یک قرن برابر $3.15 \times 10^9 s$ و یک میکرو قرن برابر $3.15 \times 10^3 s$ خواهد شد که برابر 52.5 min یا تقریباً 50 min می شود. (اشاره: امروزه در بیشتر نظام های آموزشی دنیا، هر جلسه مفید کلاس درس را ۵۰ دقیقه که تقریباً برابر با یک میکروقرن است در نظر می گیرند).

ب) به روش تبدیل زنجیره ای داریم:

$$10^9 s = (10^9 s)(1) = (10^9 s) \left(\frac{1 \text{ year}}{3.15 \times 10^7 s} \right) = 31.7 \text{ year}$$

۸- الف) با توجه به فرض های مسئله، ابتدا مساحت سطح زمین را پیدا می کنیم.

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times 3.14 (6.40 \times 10^6 m)^2 = 5.14 \times 10^{14} m^2$$

$$A = (5.14 \times 10^{14} m^2) \left(\frac{1 \text{ hektare}}{10^4 m^2} \right) = 5.14 \times 10^{10} \text{ hektare}$$

ب) مساحت کل کشوری که به دریا دسترسی دارد، شامل مساحت خشکی و مساحت بخشی از دریا (رودخانه های مرزی، جزایر و نوار ساحلی) است. برای محاسبه مساحت یک بخش از دریا و برای سادگی، منطقه مورد نظر را به صورت مستطیل در نظر می

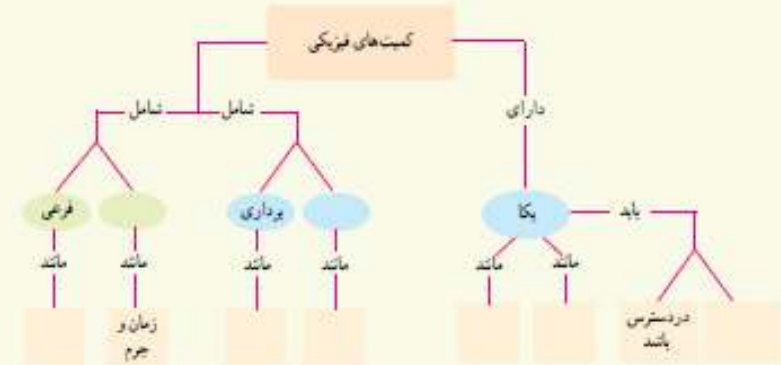
گیریم.

۱-۱ و ۲-۱ فیزیک: دانش بنیادی و مدل سازی در فیزیک

- در چه صورت یک مدل یا نظریه فیزیکی بازنگری می شود؟
- فرایند مدل سازی در فیزیک را با ذکر یک مثال توضیح دهید.

۳-۱ و ۴-۱ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی و اندازه گیری و دستگاه بین المللی یکاها

- تقنۀ مفهومی زیر را کامل کنید.



- سعی کنید با نگاه کردن، طول برخی از اجسامی را که در محیط اطرافتان هستند، برحسب سانتی متر یا متر برآورد کنید. سپس طول آنها را با خط کش یا متر اندازه بگیرید. برآوردهای شما تا چه حد درست بوده اند؟
- جرم یک سوزن ته گرد را چگونه می توان با یک ترازوی آنسیرخانه اندازه گیری کرد؟
- گالیه در برخی از کارهایش از طریبان نبض خود به عنوان زمان سنج استفاده کرد. شما نیز چند پدیده تکرار شونده در طبیعت را نام ببرید که می توانند به عنوان ابزار اندازه گیری زمان به کار روند.
- الف) هر میکرو قرن، تقریباً چند دقیقه است؟
ب) یک میلیارد ثانیه دیگر، تقریباً چند سال پیرتر می شوید؟
- هکتار، از جمله یکاهای متداول مساحت است. هر هکتار برابر ۱۰ هزار متر مربع است.
- الف) اگر زمین را کره ای بکنواخت به شعاع ۶۴۰۰ کیلومتر در نظر بگیریم (شکل رویه رو)، مساحت آن چند هکتار است؟
ب) تحقیق کنید مساحت کل سرزمین ایران، شامل خشکی و دریا، چند هکتار است؟ این مساحت چند درصد از مساحت کره زمین است؟



- یکی از بزرگترین الماس های شناخته شده در ایران، دریای نور به جرم ۱۸۲ قیراط، است. این الماس به رنگ کمیاب صورتی شفاف بوده و در خزانه جواهرات ملی نگهداری می شود. کوه نور نیز یکی دیگر از الماس های مشهور جهان است که جرمی حدود ۱۰۸ قیراط دارد و هم اکنون در برج لندن نگهداری می شود. با توجه به اینکه هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی گرم است، جرم دریای نور و کوه نور بر حسب گرم چقدر است؟

محاسبه مساحت محدوده آب‌های سرزمینی در شمال ایران:

طول خط ساحلی در شمال کشور (طول مستطیل موردنظر) با در نظر گرفتن مقیاس حدود ۹۰۰ کیلومتر است. از طرفی عرض آب‌های سرزمینی در این منطقه ۱۵ مایل دریایی است (با توجه به توافق سال ۱۳۹۴ شمسی بین رؤسای جمهور پنج کشور حاشیه دریای خزر). با در نظر گرفتن اینکه هر مایل دریایی معادل با ۱۸۵۲ متر است بنابراین عرض آب‌های سرزمینی در شمال کشور ۲۷۷۸۰ متر است. بنابراین مساحت آب‌های سرزمینی منطقه شمالی کشورمان حدود ۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع است.

محاسبه مساحت محدوده آب‌های سرزمینی در جنوب ایران:

طول خط ساحلی در جنوب کشور ۴۹۰۰ کیلومتر و عرض آب‌های سرزمینی در این منطقه به استناد یک کنوانسیون بین‌المللی، ۱۲ مایل دریایی یا معادل با ۲۲/۲۳۴ کیلومتر است. بنابراین مساحت آب‌های سرزمینی منطقه جنوبی کشورمان حدود ۱۰۹۰۰۰ کیلومتر مربع است.

محاسبه مساحت کل سرزمین ایران:

از آنجا که مساحت بخش خشکی ایران برابر ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع است، مساحت کل سرزمین ایران برابر ۱۷۸۲۱۹۵ کیلومتر مربع است که حدود ۷/۵ درصد آن مربوط به بخش دریاهاست. با توجه به نتیجه قسمت (الف)، مساحت کل سرزمین ایران، حدود ۳۵ صدم درصد از کل مساحت زمین است.



یکی از بزرگ‌ترین الماس‌های شناخته‌شده در ایران، دریای نور به جرم ۱۸۲ قیراط، است. این الماس به رنگ کمیاب صورتی شفاف بوده و در خزانه جواهرات ملی نگهداری می‌شود. کوه نور نیز یکی دیگر از الماس‌های مشهور جهان است که جرمی حدود ۱۰۸ قیراط دارد و هم اکنون در برج لندن نگهداری می‌شود. با توجه به اینکه هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است، جرم دریای نور و کوه نور بر حسب گرم چقدر است؟

۹- هدف این این مسئله، آشنا کردن دانش آموزان با یکای قیراط است که ممکن است در رسانه‌های مختلف در خصوص آن مطالبی بخوانند یا بشنوند.

۱۰- با توجه به داده های مسئله، آهنگ رشد این گیاه را برحسب میکرومتر بر ثانیه به

روش تبدیل زنجیره ای پیدا می کنیم:

$$\frac{3.7\text{m}}{14\text{day}} = \left(\frac{3.7\text{m}}{14\text{day}}\right)(1)(1) = \left(\frac{3.7\text{m}}{14\text{day}}\right)\left(\frac{1\text{day}}{86400\text{s}}\right)\left(\frac{10^6\mu\text{m}}{1\text{m}}\right) = 3.06 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$$

۱۱- با توجه به داده های مسئله داریم:

$$1\text{ft} = 12\text{in} = 12 \times 2.54\text{cm} = 30.48\text{cm} = 0.3048\text{m}$$

$$30000\text{ft} = 30000 \times 0.3048 = 9144\text{m} \approx 9\text{km}$$

۱۲- با توجه به جدول ۱-۵، هر سال تقریباً $3.15 \times 10^7\text{s}$ است. بنابراین داریم:

$$2550\text{year} = 2550 \times 3.15 \times 10^7\text{s} \approx 8 \times 10^{10}\text{s} \sim 10^{11}\text{s}$$

مرتبه بزرگی سن سنگ نوشته برحسب ثانیه

۱۰- هدف این مسئله، آشنا کردن دانش آموزان با برخی از یکاهای متداول در صنعت

حمل و نقل دریایی است.

الف) با توجه به داده های مسئله، داریم:

$$1\text{knot} = 0.5144 \text{ m/s}$$

$$14\text{knot} = (14\text{knot})\left(\frac{0.5144 \text{ m/s}}{1\text{knot}}\right) \approx 7.20 \text{ m/s} = 26 \text{ km/h}$$

$$7.20 \text{ m/s} = (7.20 \text{ m/s})(1)(1) \quad (\text{ب})$$

$$= (7.20 \text{ m/s})\left(\frac{1\text{mi}}{1609\text{m}}\right)\left(\frac{3600\text{s}}{1\text{h}}\right) \approx 14 \text{ mi/h}$$



۱۰ سریع ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به هسپروئیکا است که در مدت ۱۴ روز، ۳/۷ متر رشد می کند (شکل رویه رو). آهنگ رشد این گیاه برحسب میکرومتر بر ثانیه چقدر است؟

۱۱ دستگاه بریتانیایی یکاهای، دستگاهی است که در برخی از کشورهای مانند آمریکا و انگلستان همچنان استفاده می شود. یکای اصلی طول در این دستگاه پا (فوت) و یکای کوچک تر آن اینچ است به طوری که $1\text{ft} = 12\text{in}$ است. ارتفاع هواپیمایی را که در فاصله ۳۰۰۰۰ پا از سطح آزاد دریاها در حال پرواز است برحسب متر به دست آورید. هر اینچ ۲/۵۴ سانتی متر است.



۱۲ قدیمی ترین سنگ نوشته حقوق بشر که تاکنون یافت شده است به حدود ۲۵۵۰ سال پیش باز می گردد که به فرمان کوروش، پادشاه ایران در دوره هخامنشیان نوشته شده است. مرتبه بزرگی سن این سنگ نوشته برحسب ثانیه چقدر است؟

۱۳ تندی شناورها در دریا برحسب یکایی به نام گره بیان می شود. هر گره دریایی برابر ۰/۵۱۴۴ متر بر ثانیه است. تاریخچه گره دریایی به حدود ۴۰۰ سال پیش باز می گردد، زمانی که ملوانان تندی متوسط کشتی خود را با استفاده از وسیله ای به نام تندی سنج شناور اندازه می گرفتند. این وسیله، شامل طنابی بود که در فواصل مساوی، گره ای روی آن زده شده بود. در حین کشیده شدن طناب به دریا، تعداد گره های رد شده از دست ملوان در یک زمان معین شمرده می شد و تندی متوسط کشتی را به دست می آوردند. پس از آن، ملوان ها از واژه «گره» برای بیان تندی متوسط کشتی استفاده می کنند.

الف) اگر یک کشتی حمل کالا با تندی ۱۴ گره از بندر شهید رجایی به طرف جزیره لاون حرکت کند، تندی آن را برحسب کیلومتر بر ساعت به دست آورید.

ب) مایل، یکی دیگر از یکاهای متداول طول در دستگاه بریتانیایی است. یک مایل دریایی برابر ۱۸۵۲ متر است. تندی کشتی قسمت الف) را برحسب مایل بر ساعت به دست آورید.



$$\text{طول جسم} = (53.5\text{mm} - 11.0\text{mm}) \pm 0.5\text{mm} = 42.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$$

از آنجا که موقعیت جسم نسبت به ابزار اندازه گیری تغییری نکرده است،
کافی است فقط یک بار خطا را گزارش کنیم.

۱۵- با توجه به شکل، دقت تندی سنج 2 km/h و خطای آن $\pm 1 \text{ km/h}$ است.



$115 \text{ km/h} \pm 1 \text{ km/h}$

رقم غیرقطعی

۱۶- دانش آموزان باید توجه کنند که در ابزارهای رقمی، یک واحد از آخرین رقم نمایش داده شده در نمایشگر ابزار رقمی، برابر دقت آن است. مثبت و منفی دقت نیز، برای خطای ابزار رقمی است.

(الف)



$20.083\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$

(ب)



$16.67\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$

رقم غیرقطعی با رنگ آبی مشخص شده است.

خطای ابزار اندازه گیری

۱-۵ اندازه گیری: خطا و دقت

۱۱- دانش آموزی برای اندازه گیری طول میله ای به کمک یک خط کش میلی متری، مطابق شکل زیر عمل کرده است. طول میله را برحسب میلی متر، سانتی متر و متر گزارش کنید. در گزارش خود رقم حدسی (غیرقطعی) و خطای خط کش را مشخص کنید.



۱۲- شکل زیر، صفحه تندی سنج یک خودرو را نشان می دهد. تندی خودرو چند کیلومتر بر ساعت است؟ رقم غیرقطعی و خطای تندی سنج را در گزارش مشخص کنید.



۱۳- شکل های (الف) و (ب)، به ترتیب یک ریزسنج و یک کولیس رقمی را نشان می دهد. رقم غیرقطعی و خطای هر یک از این وسیله ها را مشخص کنید.



(ب)



(الف)

۱-۶ تعیین مرتبه بزرگی در فیزیک

۱۷- مرتبه بزرگی تعداد نفَس هایی را که یک شخص در طول عمرش می کشد، تخمین بزنید.

(ب) مرتبه بزرگی تعداد پلک هایی را که چشم یک شخص در طول عمرش می زند، تخمین بزنید.

۱۸- مرتبه بزرگی جرم آب اقیانوس ها را تخمین بزنید.

۱-۵ اندازه‌گیری: خطا و دقت

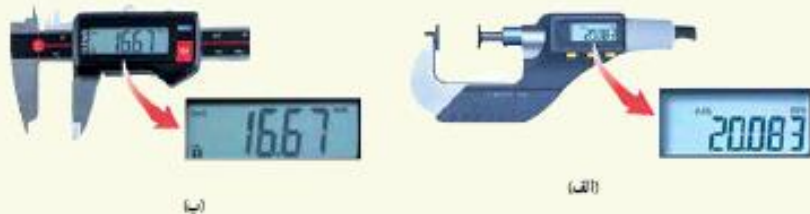
۱۱) دانش‌آموزی برای اندازه‌گیری طول میله‌ای به کمک یک خط‌کش میلی‌متری، مطابق شکل زیر عمل کرده است. طول میله را برحسب میلی‌متر، سانتی‌متر و متر گزارش کنید. در گزارش خود رقم حدسی (غیرقطعی) و خطای خط‌کش را مشخص کنید.



۱۵) شکل زیر، صفحه‌تندی‌سنج^۱ یک خودرو را نشان می‌دهد. تندی خودرو چند کیلومتر بر ساعت است؟ رقم غیرقطعی و خطای تندی‌سنج را در گزارش مشخص کنید.



۱۶) شکل‌های (الف) و (ب)، به ترتیب یک ریزسنج و یک کولیس رقمی را نشان می‌دهد. رقم غیرقطعی و خطای هر یک از این وسیله‌ها را مشخص کنید.



۱-۶ تخمین مرتبه بزرگی در فیزیک

۱۷) الف) مرتبه بزرگی تعداد نفس‌هایی را که یک شخص در طول عمرش می‌کشد، تخمین بزنید.

ب) مرتبه بزرگی تعداد پلک‌هایی را که چشم یک شخص در طول عمرش می‌زند، تخمین بزنید.

۱۸) مرتبه بزرگی جرم آب اقیانوس‌ها را تخمین بزنید.

۱۷- الف) یک فرد بزرگ سال به طور میانگین در هر ۲ ثانیه یک مرتبه نفس می‌کشد.

با توجه به جدول ۱-۵، هر سال تقریباً 3.15×10^7 s است. بنابراین مرتبه بزرگی نفس‌های یک شخص در مدت یک سال، از مرتبه 10^7 است. سن میانگین یک فرد نیز ۷۵ سال است که مرتبه بزرگی آن 10^2 سال است. به این ترتیب تعداد نفس‌هایی که یک شخص در طول عمر خود می‌کشد از مرتبه 10^9 تخمین زده می‌شود.

ب) چشم هر فرد معمولاً در هر ۱۰ ثانیه یک بار پلک می‌زند و یک سوم هر شبانه روز را هم در حال خواب است. به این ترتیب تعداد پلک‌هایی که چشم یک شخص در مدت یک سال می‌زند، از مرتبه 10^6 و در طول عمرش از مرتبه 10^8 تخمین زده می‌شود.

۱۸- ابتدا مساحت سطح زمین را پیدا می‌کنیم:

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times 3.14 (6.40 \times 10^6 \text{ m})^2 = 5.14 \times 10^{14} \text{ m}^2$$

از آنجا که حدود ۷۰ درصد سطح زمین را آب اقیانوس‌ها فراگرفته است و عمق اقیانوس‌ها از مرتبه 10^3 m است، مرتبه بزرگی حجم آب اقیانوس به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$V = Ah \sim 10^{14} \text{ m}^2 \times 10^3 \text{ m} = 10^{17} \text{ m}^3$$

با توجه به اینکه بزرگی چگالی آب اقیانوس از مرتبه 10^3 kg/m^3 است، می‌توان نوشت:

$$m = \rho V \sim 10^{20} \text{ kg}$$

خوب است بدانید نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر، مقدار $1.4 \times 10^{21} \text{ kg}$ را گزارش کرده‌اند.

- ۱۱ الف) قطعه‌ای فلزی به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلای خالص ساخته شده است. چگونه می‌توانید درستی این ادعا را بررسی کنید؟
 ب) بزرگ‌ترین شمش طلا با حجم $1.0573 \times 10^3 \text{ cm}^3$ و جرم 250.0 kg توسط یک شرکت ژاپنی ساخته شده است (شکل رویه‌رو). چگالی این شمش طلا را به دست آورید.
 پ) نتیجه به دست آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۸-۱ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید.



- ۱۲ برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده‌ایم. با توجه به داده‌های روی شکل، چگالی جسم را برحسب g/L و g/cm^3 حساب کنید.



- ۱۱ الف) ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آنها در SI حدود 10^9 میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهنده این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟ ابعاد و حجم قوطی کبریت را خودتان تخمین بزنید!
 ب) اگر جمعیت کره زمین ۷ میلیارد نفر، جرم میانگین هر نفر 60 کیلوگرم و ماده تشکیل دهنده انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله سفید فرض شود (فرضی ناممکن!)، ابعاد یک اتاقی چقدر باشند تا همه انسان‌ها در آن جای گیرند؟

حساب می‌کنیم. اگر مقدار به دست آمده با مقدار درج شده در جدول ۸-۱ منطبق باشد، می‌توان ادعای ساخته شدن قطعه از طلای خالص را پذیرفت.
 ب) با استفاده از داده‌های مسئله و رابطه ۸-۱ داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{250 \text{ kg}}{1.573 \times 10^{-2} \text{ m}^3} = 15893 \text{ kg/m}^3$$

پ) چگالی طلا در جدول ۸-۱ برابر 19300 kg/m^3 گزارش شده است. همان طور که می‌دانید طلای خالص، فلزی نرم و انعطاف‌پذیری است. برای استحکام قطعه‌هایی که از طلا ساخته می‌شوند مقداری از فلزهای مس، نقره، نیکل، پالادیوم و روی با آن مخلوط می‌کنند.

۲۰- با توجه به داده‌های روی شکل داریم:

$$m = 8.24 \text{ g} \quad V = (23.1 - 18.5) \text{ mL} = 4.6 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8.24 \text{ g}}{4.6 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1791 \text{ g/L}$$

از آنجا که $1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3$ است، داریم:

$$\rho = 1.791 \text{ g/cm}^3$$

۲۱- الف) اگر ابعاد یک قوطی کبریت را $5 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm}$ تخمین بزنیم در این صورت حجم آن حدود $V = 26 \text{ cm}^3 = 2.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ می‌شود. به این ترتیب داریم:

$$m = \rho V = (10^8 \text{ kg/m}^3)(2.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3) = 2600 \text{ kg}$$

ب) ابتدا جرم کل تقریبی جمعیت زمین را به دست می آوریم

$$m = 7 \times 10^9 \times 60 \text{ kg} = 4.2 \times 10^{11} \text{ kg}$$

به این ترتیب با توجه به فرض مسئله، که فرضی ناممکن است، داریم:

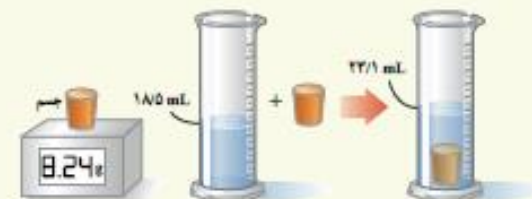
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{4.2 \times 10^{11} \text{ kg}}{10^8 \text{ kg/m}^3} = 4200 \text{ m}^3$$

بنابراین در فضایی به ابعاد $56 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ می توان کل جمعیت کرهٔ زمین را جای داد!



الف) قطعه‌ای فلزی به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلای خالص ساخته شده است. چگونه می‌توانید درستی این ادعا را بررسی کنید؟
 ب) بزرگ‌ترین شمش طلا با حجم $1.572 \times 10^4 \text{ cm}^3$ و جرم 250.70 kg توسط یک شرکت ژاپنی ساخته شده است (شکل رویه‌رو). چگالی این شمش طلا را به دست آورید.
 ب) نتیجه به دست آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۸-۱ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید.

الف) برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده‌ایم. با توجه به داده‌های روی شکل، چگالی جسم را برحسب g/L و g/cm^3 حساب کنید.



ترازوی رقمی

الف) ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آنها در SI حدود 10^9 میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهندهٔ این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟ ابعاد و حجم قوطی کبریت را خودتان تخمین بزنید!
 ب) اگر جمعیت کرهٔ زمین ۷ میلیارد نفر، جرم میانگین هر نفر 60 کیلوگرم و ماده تشکیل دهندهٔ انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله سفید فرض شود (فرضی ناممکن!)، ابعاد یک اتاقی چقدر باشند تا همهٔ انسان‌ها در آن جای گیرند؟