



فصل ۲

همیدی - دبیر علوم تجربی

اندازه‌گیری در علوم و ابزارهای آن



برای اینکه مشخص کنید در مدت یک‌سال چقدر رشد کرده‌اید، قد و وزن خود را اندازه می‌گیرید. برای به موقع رسیدن به مدرسه با اندازه‌گیری زمان سروکار داریم. پزشکی با اندازه‌گیری فشار خون، دمای بدن، ضربان قلب و استفاده از نتیجه آزمایش‌های انجام شده به سلامتی یا بیماری ما پی می‌برد. نجار با اندازه‌گیری طول، عرض، ارتفاع و زاویه‌ها به طراحی و سپس ساخت لوازم چوبی می‌پردازد.

این نمونه‌ها و ده‌ها نمونه دیگر نشان می‌دهد که زندگی ما به اندازه‌گیری و ابزارهای آن وابسته است. شما در این فصل با برخی اندازه‌گیری‌ها و ابزارهای آنها آشنا می‌شوید.

اندازه‌گیری

اندازه‌گیری، یک مرحله مهم برای جمع‌آوری اطلاعات است. اندازه‌گیری به ما کمک می‌کند تا اشیاء را از لحاظ اندازه، مقدار، بزرگی و کوچکی، بلندی و کوتاهی و... با هم مقایسه کنیم. اندازه هر چیز را با یک عدد و یکای آن گزارش می‌کنیم. به یکای اندازه‌گیری، واحد نیز می‌گویند؛ مثلاً طول حیاط مدرسه ۴۰ قدم پارساست. پارسا این طول را با قدم‌های خود اندازه‌گیری کرده است. بنابراین «قدم» یکای اندازه‌گیری اوست. اگر این اندازه‌گیری توسط رضا انجام شود، ممکن است «۴۲ قدم» رضا به‌دست آید و...

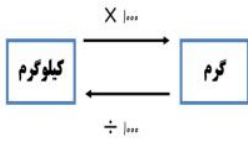
دانشمندان برای اینکه عددهای حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف یک چیز با هم مقایسه‌پذیر باشند در نشست‌های بین‌المللی توافق کردند که برای هر کمیت یکای معینی را تعریف کنند؛ مثلاً برای جرم یکای کیلوگرم، برای زمان یکای ثانیه، برای طول یکای متر و... را تعریف کردند.

هر چیزی که قابل اندازه‌گیری باشد و با عدد یا مقدار بیان شود
مثل پر، طول، زمان، حجم و...
رنگ کمیت نیست چون با عدد بیان نمی‌شود

آیا می‌دانید

استاندارد و اندازه‌گیری ممکن است تاکنون بارها کلمه استاندارد را شنیده باشید. آیا به معنا و اهمیت آن فکر کرده‌اید؟ آیا علامت آن را می‌شناسید؟ استاندارد در واقع میزان، معیار و شاخصی برای سنجش و اندازه‌گیری کیفیت فرآورده‌ها است. یکی از اولین استانداردهای پایه‌گذاری شده در جهان به یکسان شدن واحدهای اندازه‌گیری طول، جرم و زمان مربوط است.

هر یک کیلوگرم برابر هزارگرم است بنابراین برای تبدیل کیلوگرم به گرم، عدد مورد نظر را در ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم و بر عکس برای تبدیل گرم به کیلوگرم، عدد مورد نظر را تقسیم بر ۱۰۰۰ می‌کنیم مانند مقابل:



شکل ۱- با ترازو جرم جسم اندازه‌گیری می‌شود.

هر جسم از ماده تشکیل شده است

ماده جرم و حجم دارد. **جرم** یک جسم را با یکای کیلوگرم یا گرم اندازه می‌گیرند. جرم هر جسم مقدار ماده تشکیل دهنده آن جسم است. جرم اجسام را به وسیله ترازو اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۱).

سوال: ترازویی ۳ یک عدد زرد آلو را ۰/۰۷۵ کیلوگرم نشان می‌دهد؛ ۳ این زرد آلو بر حسب گرم چقدر است؟

پاسخ: برای تبدیل کیلوگرم به گرم عدد مورد نظر را در ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم زیرا هر کیلوگرم، هزارگرم است پس داریم:

$$۰/۰۷۵ \text{ کیلوگرم} \times ۱۰۰۰ = ۷۵ \text{ گرم}$$

فعالیت

شکل زیر، جرم چند چیز مختلف در اطراف ما را نشان می‌دهد. چرا جرم برخی با گرم و جرم بعضی با کیلوگرم ثبت شده است؟



۵۵ کیلوگرم



۳۵۰ گرم



۴ گرم



۱۵ گرم

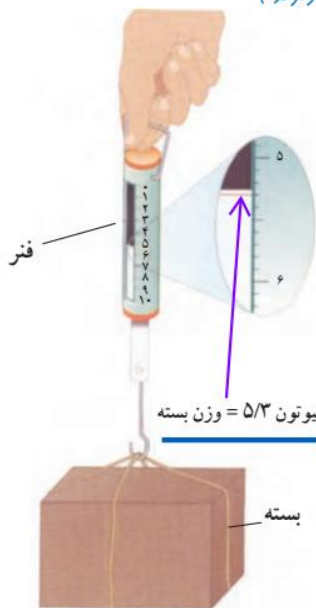


۲۰۰ گرم



۲ کیلوگرم

زیرا ۳ ایسام سبک (کمتر از یک کیلوگرم) را با یکای گرم و ۳ ایسام سنگین (بیشتر از یک کیلوگرم) را با یکای کیلوگرم بیان می‌کنند (به عبارت دیگر: ایسام با جرم کم در مرتبه گرم و ایسام با جرم زیاد در مرتبه کیلوگرم قرار دارند)

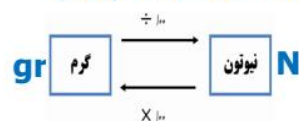


نیوتون ۵/۳ = وزن بسته

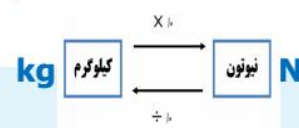
شکل ۲- با نیروسنج وزن یک جسم را اندازه‌گیری می‌کنیم.

در سال قبل دیدیم وزن جسم برابر با نیروی گرانشی (جاذبه‌ای) است که از طرف زمین بر جسم وارد می‌شود و جسم را به طرف زمین می‌کشد. وزن جسم را توسط نیروسنج اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۲). داخل نیروسنج یک فنر قرار دارد که می‌تواند کشیده شود. مقدار کشیدگی فنر داخل نیروسنج به اندازه نیروی بستگی دارد که به نیروسنج وارد می‌شود.

وزن یک جسم را با یکای نیوتون نشان می‌دهند. یک نیوتون، نیروی کوچکی محسوب می‌شود؛ مثلاً وزن یک سیب کوچک ۱۰۰ گرمی تقریباً ۱ نیوتون و وزن یک طالبی ۱ کیلوگرمی تقریباً ۱۰ نیوتون است. هر ۱۰۰ گرم برابر یک نیوتون است. پس برای تبدیل آنها به هم داریم:



هر کیلوگرم برابر ۱۰ نیوتون است. پس برای تبدیل آنها به هم داریم:



در سوال صفحه قبل : وزن زرد آلو چند نیوتون است ؟ $0.175 \text{ نیوتون} = 10 \times 0.0175 \text{ کیلوگرم}$

لدامیک از وزنه های زیر سنگین تر است ؟ **مساوی**
الف) ۳ کیلوگرمی ب) ۳۰ نیوتونی

ج) ۳۰۰۰ گرمی

۳۴ دوپرفه سواری به همراه دوپرفه اش ۶۰ کیلوگرم است . وزن آن چند نیوتون است ؟ $600 \text{ نیوتون} = 10 \times 60 \text{ کیلوگرم}$

فعالیت

اگر جسمی به فضا برود کدام کمیت آن تغییر می کند ؟ (جرم یا وزن) ؟ **وزن** چرا ؟ **زیرا مقدار نیروی بازیه تغییر می کند**

با استفاده از ترازو و نیروسنج، جرم و وزن هریک از مواد زیر را اندازه گیری کنید. قبل از اندازه گیری جرم تخمینی خودتان

را بنویسید.

ردیف	نام ماده	جرم تخمینی (کیلوگرم)	جرم اندازه گیری شده (کیلوگرم)	وزن اندازه گیری شده (نیوتون)
۱	گردو		۰/۲۵	۰/۲۵
۲	پرقال		۰/۱۳	۱/۲
۳	گوشی همراه		۰/۱۵	۱/۵
۴	کتاب علوم		۰/۲۵	۲/۵

هر کیلوگرم ۳ برابر با ۱۰ نیوتون می باشد

تکرار اندازه گیری و میانگین گرفتن از اعداد به دست آمده، دقت اندازه گیری شما را افزایش می دهد.

$$30000 \text{ متر} = 30 \times 1000 \text{ کیلومتر}$$

مسافت تهران تا کرج تقریباً ۴۰ کیلومتر است

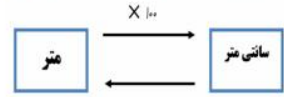
$$300000 \text{ سانتی متر} = 3 \times 100000 \text{ متر}$$

این مسافت بر حسب متر و سانتی متر چقدر است ؟

فاصله بین دو نقطه و مسافتی را که یک جسم طی می کند با یکای طول، اندازه می گیریم.

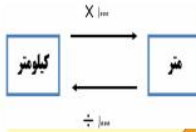
کیلومتر، متر، سانتی متر و میلی متر یکاهای متداول طول اند.

هر یک متر برابر ۱۰۰ سانتی متر است پس داریم :



فعالیت

هر یک کیلومتر برابر با ۱۰۰۰ متر است پس داریم :



شکل زیر چند اندازه گیری طول را نشان می دهد.

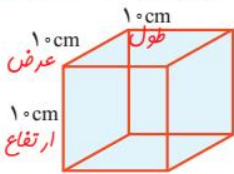


چرا طول مداد با سانتی متر، قطر نوک آن با میلی متر، طول حیاط با متر و فاصله تهران تا مشهد با کیلومتر بیان شده است؟
زیرا قطر نوک مداد در مرتبه میلی متر - طول حیاط مدرسه در مرتبه متر - مسافت تهران تا مشهد در مرتبه کیلومتر و طول مداد در مرتبه سانتی متر قرار دارد.

یکی از ابزارهای اندازه گیری طول اجسام کوچک، خطکش است. طول خطکش های

آزمایشگاهی بر حسب سانتی متر و میلی متر درجه بندی شده است (شکل ۳). به نظر شما، هنگام

۱- صفر خط کش، ابتدای جسم باشد
۲- زاویه دید خواندن عدد، مناسب باشد و کج نگاه نکنیم



شکل ۴- مکعبی به حجم یک لیتر یا ۱۰۰۰ سانتی متر مکعب

اندازه گیری طول یک جسم با خطکش باید به چه نکاتی توجه کنیم؟

حجم یک جسم برابر با مقدار فضایی است که جسم اشغال

می کند. حجم جسم را معمولاً بر حسب متر مکعب، یا سانتی متر مکعب

یا لیتر اندازه می گیرند. یک لیتر برابر با حجم ظرف مکعبی شکل به

طول، عرض و ارتفاع ۱۰ سانتی متر است (شکل ۴). بنابراین یک

لیتر معادل ۱۰۰۰ سانتی متر مکعب است.



شکل ۳- با خطکش طول جسم های نسبتاً کوچک را اندازه می گیریم.

برای اندازه گیری حجم اجسامی که شکل هندسی منظمی دارند مثلاً مکعبی هستند کافی است

طول، عرض و ارتفاع آن را در هم ضرب کنیم مثل شکل ۳

$$1000 \text{ سانتی متر مکعب} = 10 \text{ متر} \times 10 \text{ سانتی متر} \times 10 \text{ سانتی متر} = \text{حجم مکعب}$$

ارتفاع عرض طول

از ظرف‌های مدرج برای اندازه‌گیری حجم مقدارهای کم مایع استفاده می‌کنیم (شکل ۵).

آیا می‌دانید

یکای متداول اندازه‌گیری حجم مایع‌ها، لیتر (L) و میلی‌لیتر (mL) است. یک لیتر برابر با $\frac{1}{1000}$ مترمکعب است. به عبارت دیگر هر مترمکعب برابر با ۱۰۰۰ لیتر است. حجم ۱ سانتی‌متر مکعب (1 cm^3)، ۱ میلی‌لیتر (۱ mL) و ۱ سی‌سی (۱ cc) با هم برابرند.

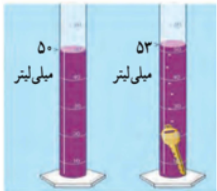


برای خواندن حجم اغلب مایعات به سطح زیر منحنی توجه می‌کنیم.

نکته مهم هنگام خواندن حجم مایع درون استوانه مدرج

شکل ۵- از استوانه مدرج برای اندازه‌گیری حجم مایع استفاده می‌شود. این ظرف برحسب سانتی‌متر مکعب مدرج شده است.

فعالیت



حجم اولیه - حجم ثانویه = حجم کلید
 سانتی‌متر مکعب $3 = 53\text{ ml} - 50\text{ ml} = 3\text{ ml}$ = حجم کلید

با استفاده از استوانه مدرج و آب، حجم یک سنگ کوچک را اندازه بگیرید و درباره روش اندازه‌گیری خود توضیح دهید.

برای پیدا کردن حجم اجسامی که شکل هندسی منظمی ندارند مثل یک سنگ کوچک و یا کلید، می‌توانیم از آب و استوانه مدرج استفاده کنیم که در شکل مقابل نحوه اندازه‌گیری را می‌بینید. به طوری که ابتدا مقداری آب در استوانه مدرج می‌ریزیم و حجم آب را می‌خوانیم، سپس جسم (همان سنگ کوچک یا کلید) را درون آب می‌اندازیم و دوباره حجم آب را می‌خوانیم - اختلاف حجم دوم آب با حجم اولی آب، می‌شود همان حجم جسم.

چگالی

اگر یک مکعب چوبی و یک مکعب فلزی توپر را که شبیه یکدیگرند، روی آب قرار دهید، چه اتفاقی می‌افتد؟ کدام یک روی آب شناور می‌ماند و کدام یک در آب فرو می‌رود؟

فعالیت

چند مکعب هم‌اندازه چوبی، فلزی و... بردارید و با اندازه‌گیری جرم و حجم آنها جدول را کامل کنید.

مکعب پلاستیکی	مکعب فلزی	مکعب چوبی	مکعب
۰/۷	۷	۰/۵	جرم (گرم)
۱	۱	۱	حجم (سانتی‌متر مکعب)
۰/۷	۷	۰/۵	جرم / حجم (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

الف) نسبت جرم به حجم کدام بیشتر است؟ مکعب فلزی

ب) چه رابطه‌ای بین این نسبت و فرو رفتن در آب وجود دارد؟ هر چه این نسبت بیشتر باشد، جسم بیشتر در آب فرو می‌رود و بر عکس

نکته: نسبت جرم به حجم آب (چگالی آب) برابر یک می‌باشد. اگر چگالی جسمی کمتر از یک باشد، روی آب شناور می‌ماند و اگر بیشتر از یک باشد در آب فرو می‌رود.

سوال : با توجه به نمودار مقابل که مربوط به چگالی پند ماده است مشخص کنید :
 الف (کد ۳ ماده در آب فرو می رود ؟ ماده A
 ب (چگالی کد ۳ ماده از آب بیشتر است ؟ A
 ج (برای سافت قایق کد ۳ ماده مناسب تر است ؟ B
 چون چگالی آن از آب کمتر است و شناور می ماند



اینکه یک جسم در آب فرو برود یا روی آب شناور بماند به کمیتی به نام چگالی بستگی دارد. در واقع چگالی، مقدار جرمی است که در حجم معینی از یک جسم وجود دارد؛ از این رو به صورت نسبت جرم جسم به حجم آن تعریف می شود.

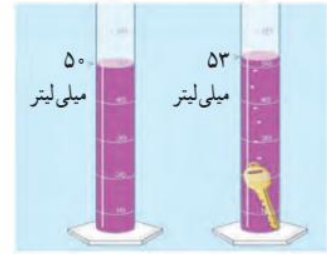
نفره ی مناسبه چگالی

$$\text{چگالی جسم} = \frac{\text{جرم جسم}}{\text{حجم جسم}}$$

معمولاً یکای چگالی بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب یا کیلوگرم بر متر مکعب بیان می شود.

خود را بیازمایید

دانش آموزی برای به دست آوردن چگالی یک کلید، نخست با ترازو، جرم آن را اندازه گیری کرد (۱۲g)؛ سپس حجم آن را با استفاده از یک استوانه مدرج و مقداری آب، اندازه گرفت. با توجه به اعداد روی شکل، چگالی کلید را حساب کنید.



حجم اولیه - حجم ثانویه = حجم کلید
 سانتی متر مکعب = ۵۳ ml - ۵۰ ml = ۳ ml = ۳ سانتی متر مکعب
 گرم بر سانتی متر مکعب = ۴ = $\frac{۱۲ \text{ گرم}}{۳ \text{ سانتی متر مکعب}}$ = چگالی کلید

دانش آموزی برای به دست آوردن چگالی یک سنگ کوچک، ابتدا جرم آن را با ترازو اندازه می گیرد و مقدار ۴۰۰ گرم را به دست می آورد، سپس آن را درون استوانه مدرجی که ۵۰۰ سانتی متر مکعب آب دارد، می اندازد. سطح آب روی ۶۰۰ سانتی متر مکعب قرار می گیرد. چگالی سنگ چقدر است؟

سانتی متر مکعب = ۱۰۰ = ۶۰۰ - ۵۰۰ = حجم سنگ
 گرم بر سانتی متر مکعب = ۴ = $\frac{۴۰۰ \text{ گرم}}{۱۰۰ \text{ سانتی متر مکعب}}$ = چگالی سنگ

زمان

آیا می توانیم بدون در نظر گرفتن زمان و مدت انجام دادن یک فعالیت، کارهای روزانه خود را تنظیم کنیم و به موقع انجام دهیم؟
 در بسیاری از موارد ترتیب و توالی یک پدیده مهم است؛ مثلاً ساعت ۷/۵ صبح کلاس درس مدرسه شروع می شود؛ ساعت ۹، زنگ تفریح است، ساعت ۱۲/۵ زمان نماز و ناهار است و ... در کارهای روزانه بیشتر با این نوع اندازه گیری زمان سروکار داریم؛ اما در بسیاری از موارد دیگر، مدت زمان هر فعالیت مهم است؛ مثلاً چقدر طول می کشد تا با اتوبوس از مدرسه به خانه برسیم؛ چقدر طول می کشد تا غذا روی اجاق بپزد؛ چقدر طول می کشد تا یک دانه گندم کاشته شده به یک خوشه رسیده قابل برداشت تبدیل شود و ...
 در مجموع می توان گفت زمان را اندازه می گیریم تا بتوانیم به سؤال «چه وقت» یا «چه مدت» پاسخ دهیم. برای اندازه گیری زمان معمولاً از ساعت یا زمانسنج استفاده می شود. یکای اندازه گیری زمان، ثانیه است؛ اما در زندگی روزمره از یکاهای دقیقه، ساعت، شبانه روز، سال و ... استفاده می شود.



شکل ۶ - ساعت مچی معمولی و زمانسنج

هر سال برابر ۳۶۵ شبانه روز و
 هر شبانه روز برابر ۲۴ ساعت و
 هر ساعت برابر ۶۰ دقیقه و
 هر دقیقه برابر ۶۰ ثانیه است

از لحظه ای که کشاورز دانه ی کدو را در خاک انداخته تا زمانی که کدو رشد کامل کرده ۱۵۶ روز طول کشیده است ؛
 این زمان بر حسب ساعت چقدر است ؟

$$۱۵۶ \text{ شبانه روز} \times ۲۴ = ۳۷۴۴ \text{ ساعت}$$

با استفاده از ساعت یا زمان‌سنج، زمان میانگین ضربان قلب هر یک از اعضای گروه خود را اندازه‌گیری کنید. برای این منظور تعداد ضربان‌ها را در یک دقیقه بشمارید. این کار را برای هر نفر، سه بار تکرار کنید و میانگین آن را به دست آورید و به صورت نمودار ستونی نشان دهید.

برای انجام این فعالیت زمان تعداد مشخصی از ضربان را توسط یک زمان‌سنج (کرونومتر) اندازه می‌گیریم و سپس زمان را بر تعداد ضربان‌ها تقسیم می‌کنیم. برای افزایش درستی اطلاعات مربوطه، بهتر است، آزمایش را چند بار تکرار کنیم و میانگین زمان به دست آمده را ملاک قرار دهیم.

دقت در اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها همواره با تقریب همراه‌اند و دقت اندازه‌گیری به دقت شخص و وسیله

دقت اندازه‌گیری: کمترین مقداری که یک وسیله می‌تواند اندازه‌گیری کند

اندازه‌گیری بستگی دارد. زمانی که طول یک جسم را با خط‌کش سانتی‌متری اندازه‌گیری می‌کنیم،

دقت ما حدود سانتی‌متر است. در نوشتن نتیجه اندازه‌گیری باید به میزان دقت وسیله اندازه‌گیری سوال: اگر جسمی را با خط‌کش سانتی‌متری زیر اندازه توجه شود. در شکل ۷- الف، طول مداد حدود ۱۶ سانتی‌متر و دقت خط‌کش نیز ۱ سانتی‌متر بگیریم کدام نتیجه اندازه‌گیری زیر می‌تواند مربوط به این خط‌کش باشد؟

- الف) ۱۵/۱ سانتی‌متر
ب) ۱۵
ج) ۱۵/۱۲
د) ۱۵/۰۱۲

است. اگر نوک مداد بین دو عدد باشد، باید ببینیم که نوک مداد به کدام عدد نزدیک‌تر است و آن را گزارش کنیم؛ مثلاً اگر نوک مداد بین ۱۲ سانتی‌متر و ۱۳ سانتی‌متر باشد و به عدد ۱۲ سانتی‌متر نزدیک‌تر باشد، طول مداد را ۱۲ سانتی‌متر گزارش می‌کنیم (شکل ۷- ب).



شکل ۷- الف - طول مداد ۱۶ سانتی‌متر گزارش می‌شود.



شکل ۷- ب - طول مداد ۱۲ سانتی‌متر گزارش می‌شود.

دقت اندازه‌گیری این خط‌کش ۱ سانتی‌متر است

دقت اندازه‌گیری این ترازو



شکل ۸ - جرم این سیب ۱۵۷/۸ گرم است.

شکل ۸ یک ترازوی رقمی (دیجیتال) را نشان می‌دهد که می‌تواند تا ۰/۱ گرم را اندازه‌گیری کند. جرم سیب روی این ترازو ۱۵۷/۸ گرم خوانده می‌شود.

فاصله بین دو درجه متوالی در یک ترازو ۵ گرم را نشان می‌دهد. کدام اندازه‌گیری زیر نمی‌تواند گزارش مربوط به اندازه‌گیری با این ترازو باشد؟

- الف) ۲۳۵g (ب) ۲۴۰g (پ) ۲۴۲g (ت) ۲۵۲/۵g

پاسخ: گزارش‌های ب و ت نمی‌توانند مربوط به اندازه‌گیری با این ترازو باشند؛ زیرا دقت آنها بیشتر از ترازوی مورد استفاده است.

سوال

۱- در این کتاب، خطای ابزار را هنگام گزارش نتیجه اندازه‌گیری در نظر نگرفته‌ایم. با نحوه کامل گزارش اندازه‌گیری، در سال‌های آینده آشنا خواهید شد.

کدام یک از اندازه‌گیری‌های زیر مربوط به ترازوی شکل هشت که دقت اندازه‌گیری آن ۰/۱ گرم است می‌باشد؟

- الف) ۲/۳۵۶ گرم (ب) ۶/۱۲ گرم (پ) ۵/۹ گرم (ت) ۵/۱۲ گرم