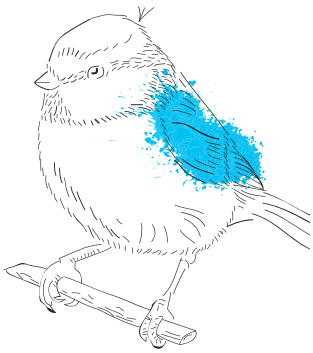
فصل اول

فیزیک و اندازه‌گیری



فیزیک دانش بنیادی

کافی است به اطراف خود نگاه کنید، هرکجا که اثری از علوم مهندسی دیده می‌شود، بنیاد و پایه‌ی آن علم فیزیک است. از طراحی یک قطعه‌ی بسیار کوچک صنعتی تا ساخت شاتل‌های فضایی ناسا.

پدیده‌های طبیعی فراوانی پیرامون ما هستند که فیزیک‌دانان در پی قانونمند کردن آن‌ها هستند. آن‌ها طبیعت را مشاهده می‌کنند و الگوها و نظم‌های خاص بین آن‌ها را کشف می‌کنند، نظریه‌های فیزیکی به بیان قوانین طبیعت می‌پردازد. البته این قوانین ثابت نبوده و در طی زمان اصلاح می‌شوند.

نکته آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی دو نقطه‌ی قوت دانش فیزیک است.

قانون فیزیکی

معمولاً رابطه‌ی بین برخی از کمیت‌های فیزیکی را توصیف می‌کند که در دامنه‌ی وسیعی از پدیده‌های گوناگون معتبر هستند. مانند قوانین نیوتون.

اصل

برای توصیف دامنه‌ی محدودتری از پدیده‌های فیزیکی که عمومیت کم‌تری دارند استفاده می‌شود، مانند اصل پاسکال.

مدل‌سازی در فیزیک

مدل‌سازی در فیزیک فرآیندی است که یک پدیده‌ی فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

به مثال‌های زیر توجه کنید:

۱ **پرتاب توپ**

در حین پرتاب توپ، عوامل زیر روی حرکت و مسیر آن تأثیر می‌گذارد:

۱- تغییر وزن توپ با تغییر ارتفاع آن از سطح زمین

۲- کروی نبودن شکل توپ و وجود برجستگی‌های روی آن

۳- حرکت توپ به دور خود

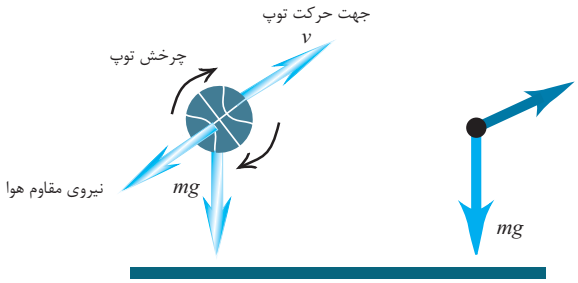
۴- مقاومت هوا در حرکت توپ

در مدل‌سازی حرکت توپ ساده‌سازی می‌شود. تنها فرض‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱ توپ به صورت یک نقطه در نظر گرفته می‌شود.

۲ نیروی گرانش تنها نیروی وارد بر توپ است که ثابت است.

۳ حرکت توپ در خلاء (برای صرف‌نظر کردن از مقاومت هوا)



اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

مفاهیم پیرامون را می‌توان به دو دسته قابل اندازه‌گیری و غیرقابل اندازه‌گیری تقسیم کرد. مفاهیمی چون تعداد دانش‌آموزان داخل کلاس، جرم یک اتومبیل، سرعت حرکت باد و ... قابل اندازه‌گیری و مفاهیمی چون پویایی دانش‌آموزان کلاس، زیبایی ظاهری یک اتومبیل، گوش‌نواز بودن صدای وزیدن باد، مفاهیمی غیرقابل اندازه‌گیری‌اند.

مفاهیم قابل اندازه‌گیری را کمیت و مفاهیم غیرقابل اندازه‌گیری را مفاهیم کیفی می‌نامیم. هر آنچه در فیزیک قابل اندازه‌گیری باشد کیمت نام دارد، مانند جرم یک جسم، زمان سقوط یک گلوله و ...

کمیت‌های نرده‌ای (اسکالر)

برای بیان برخی کمیت‌ها، تنها ذکر یک عدد که همان اندازه است و یکای مناسب آن کافی است، مانند جرم جسم، زمان، طول، قد یک شخص و ...

کمیت‌های برداری

برخی کمیت‌ها فقط با یک عدد و یکای مناسب قابل بیان نیستند. به کمیت‌هایی که علاوه بر اندازه دارای جهت هستند و از قانون جمع برداری پیروی می‌کنند کمیت‌های برداری می‌گوییم. مانند سرعت، شتاب، نیرو، جابه‌جایی، شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و ... .

به‌طور مثال اگر شخصی برای دادن آدرس به شما بگوید از جایی که هستید باید یک کیلومتر پیاده‌روی کنید تا به مکان موردنظر خود برسید، شما تمام اطلاعات مورد نیاز را برای رسیدن به مقصد به‌دست نیاورده و به مسیر و جهت حرکت نیز نیاز دارید. بنابراین جابه‌جایی یک کمیت برداری است. کمیت‌های برداری را با علامت پیکان روی نماد آن‌ها نمایش می‌دهند.

بردار شتاب:	$\vec{a}$	اندازه‌ی شتاب:	a
بردار نیرو:	$\vec{F}$	اندازه‌ی نیرو:	F
بردار جابه‌جایی:	$\overrightarrow{\Delta x}$	اندازه‌ی جابه‌جایی:	Δx
بردار سرعت:	$\vec{V}$	اندازه‌ی سرعت:	V

اندازه‌گیری و دستگاه‌های بین المللی

برای انجام اندازه‌گیری‌های درست و قابل اطمینان به یکاهایی نیاز داریم که دو خاصیت مهم داشته باشند:

اول: تغییر نکنند.

دوم: دارای قابلیت باز تولید در مکان‌های مختلف باشند.

به‌طور مثال اگر ملاک سنجش طول، اندازه‌ی وجب دست هر شخص باشد، اندازه دست افراد مختلف نسبی و قابل تغییر است و این نمی‌تواند ملاک صحیحی برای سنجش باشد.

تعریف دستگاه بین المللی (SI) یا متریک

دستگاه یکاهایی که بیش‌تر دانشمندان و مهندسان علوم در سراسر جهان به کار می‌برند در سال ۱۹۶۰ به‌طور رسمی دستگاه بین المللی (SI) نامیده شد. در سال ۱۹۷۱ مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، هفت کمیت را به عنوان کمیت اصلی انتخاب کرد. این کمیت‌ها به‌طور مستقل تعریف شدند و برای هر یک یکای اصلی نیز تعریف کردند.

جدول زیر که کمیت‌های اصلی و یکاهای آن هستند را به خاطر بسپارید.

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کَندِلا	cd

کمیت فرعی

کمیت‌هایی هستند که به‌طور مستقل بیان نمی‌شوند و توسط روابط فیزیکی به سایر کمیت‌ها وابسته‌اند.

مثال ۱ **وابستگی کمیت‌های فرعی به سایر کمیت‌ها چه مزیتی دارد؟**

پاسخ: کمک می‌کند تا لازم نباشد برای همه‌ی کمیت‌های فیزیکی، یکای مستقل تعریف کنیم.

در ادامه با یکاهای طول، جرم و زمان در سیستم SI آشنا می‌شویم.

انتشارات خوشخوان

طول

تا به حال یک متر سه تعریف جهانی داشته است:

۱ اواخر قرن هجدهم: یک ده میلیونیم فاصله‌ی استوا تا قطب شمال

۲ تا سال ۱۹۶۰: فاصله‌ی دو خط حک شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس پلاتین- ایریدیوم در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس

۳ ۱۹۸۳: مسافتی که نور در مدت زمان $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلاء طی می‌کند.

سایر واحدهای جایگزین متر

۱ **یکای نجومی:** برابر میانگین فاصله‌ی زمین تا خورشید است. نماد نمایش آن AU است. $۱AU \simeq ۱/۵\times۱۰^{۱۱}m$

۲ **ذرع و فرسنگ:** از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول است.

جرم

یکای جرم در SI کیلوگرم (kg) نامیده می‌شود و به صورت جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین- ایریدیوم تعریف می‌شود. این نمونه در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود.

سایر واحدهای جایگزین جرم:

۱ **یک خروار** $\simeq$ معادل kg ۲۹۴/۴ گرم = ۱۰۰ من تبریز

۲ **یک من تبریز** $\simeq$ معادل g ۲۹۴۴ گرم = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال

۳ **یک سیر** $\simeq$ معادل g ۷۳/۶

۴ **یک مثقال** $\simeq$ معادل ۴/۶ گرم = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم

۵ **یک نخود** $\simeq$ معادل ۰/۲۰ گرم

۶ **یک گندم** $\simeq$ معادل ۰/۰۵۰ گرم

زمان

تاکنون دو استاندارد برای واحد زمان (یک ثانیه) به کار رفته است.

۱ **از سال ۱۲۶۸ تا ۱۳۴۶ هجری شمسی:** معادل $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ میانگین روز خورشیدی.

۲ **از سال ۱۳۴۶ هجری شمسی تاکنون:** براساس پرش الکترون در ساعت‌های اتمی تعریف می‌شود، زیرا این ساعت‌ها پس از چندین میلیون سال تنها یک ثانیه عقب یا جلو می‌افتند.

تبدیل یکا

بسیاری از مواقع در بیان کمیت‌های فیزیکی برحسب واحدهای SI با اعداد بسیار بزرگ یا کوچکی مواجه می‌شویم که نوشتن آن‌ها به‌طور مداوم سخت است. به‌طور مثال بار الکتریکی روی صفحات خازن که در سال یازدهم با آن آشنا می‌شوید عموماً در حدود ۰/۰۰۰۰۰۱ کولن است و یا جرم گازها که در فصل چهارم با آن آشنا می‌شوید در حدود ۰/۰۰۱ کیلوگرم است. برای حل این مشکل از برخی پیشوندها استفاده می‌شود. این پیشوندها می‌توانند اعداد کوچک و بزرگ را به سهولت نمایش دهند.

در جدول زیر پیشوند یکاها که حفظ کردن آن الزامیست آورده شده است!

جدول پیشوندهای یکاهای SI

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
10^{24}	یوتا	Y	10^{-24}	یکتو	y
10^{21}	زِتا	Z	10^{-21}	زِپتو	z
10^{18}	اِگزا	E	10^{-18}	اَتو	a
10^{15}	پِتا	P	10^{-15}	فِمتو	f
10^{12}	تِرا	T	10^{-12}	پیکو	p
10^{9}	گیگا (جیگا)	G	10^{-9}	نانو	n
10^{6}	مِگا	M	10^{-6}	میکرو	μ
10^{3}	کیلو	k	10^{-3}	میلی	m
10^{2}	هِکتو	h	10^{-2}	سانتی	c
10^{1}	دِکا	da	10^{-1}	دِسی	d

پیشوندهایی که کاربرد بیش‌تری دارند و بهتر است آن‌ها را به خاطر بسپارید، رنگی نشان داده شده‌اند.

برای بیان اعداد با پیشوند به صورت زیر عمل می‌کنیم:

عدد + پیشوند + یکا

مثال ۲

دو میلی ثانیه $2\ ms$

۵ نانومتر $5\ nm$

۳/۱ کیلومتر مربع $3/1\ km^2$

۰/۷ دسی آمپر مربع $0/7\ dA^2$

برای تبدیل یکاها به یکدیگر به روش زیر عمل می‌کنیم:

۱ ابتدا دو طرف را به صورت معادله می‌نویسیم.

۲ سپس پیشوندها را با اعداد مربوط به آن‌ها جاگذاری می‌کنیم.

۳ اگر پیشوندها دارای توان بودند، توان آن‌ها را فقط برای اعدادشان قرار می‌دهیم.

۴ معادله را حل می‌کنیم.

به مثال زیر توجه کنید:

مثال ۳ **تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید.**

۱) $3000\ hs = ?\ s$

۲) $51\ fm = ?\ m$

۳) $0/03\ kg = ?\ \mu g$

۴) $750\ km^2 = ?\ m^2$

۵) $0/0008\ nm^2 = ?\ cm^2$

۶) $4/1\ zK^3 = ?\ K^3$

۷) $0/056\ da\,m^3 = ?\ pm^3$

پاسخ:

۱) $۳۰۰۰\ hs = ?\, s \Rightarrow ۳۰۰۰ \times ۱۰^{۲} = x \Rightarrow x = ۳ \times ۱۰^{۵}$

۲) $۵۱\ fm = ?\, m \Rightarrow ۵۱ \times ۱۰^{-۱۵} = x \Rightarrow x = ۵/۱ \times ۱۰^{-۱۴}$

۳) $۰/۰۳\ kg = ?\, \mu g \Rightarrow ۰/۰۳ \times ۱۰^{۳} = x \times ۱۰^{-۶} \Rightarrow x = ۳ \times ۱۰^{۷}$

۴) $۷۵۰\ km^{۲} = ?\, m^{۲} \Rightarrow ۷۵۰ \times (۱۰^{۳})^{۲} = x \Rightarrow x = ۷/۵ \times ۱۰^{۸}$

۵) $۰/۰۰۰۸\ nm^{۲} = ?\, cm^{۲} \Rightarrow ۰/۰۰۰۸ \times (۱۰^{-۹})^{۲} = x \times (۱۰^{-۲})^{۲} \Rightarrow x = \frac{۸ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^{-۱۸}}{۱۰^{-۴}} = ۸ \times ۱۰^{-۱۸}$

۶) $۴/۱zK^{۳} = ?\, K^{۳} \Rightarrow ۴/۱ \times (۱۰^{-۲۱})^{۳} = x \Rightarrow x = ۴/۱ \times ۱۰^{-۶۳}$

۷) $۰/۰۵۶\ da\, m^{۳} = ?\, pm^{۳} \Rightarrow ۰/۰۵۶(۱۰^{۱})^{۳} = x \times (۱۰^{-۱۲})^{۳} \Rightarrow x = \frac{۵/۶ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰^{۳}}{۱۰^{-۳۶}} = ۵/۶ \times ۱۰^{۳۷}$

تبدیل یکاهای خاص

برخی واحدها هستند که تنها برای یک کمیت خاص به کار می‌روند، مهم‌ترین آن‌ها را در زیر خواهیم دید. آن‌ها را به خاطر بسپارید:

۱) لیتر: برای بیان حجم ← نماد: L — تبدیل یکا: $۱\ L = ۱۰^{-۳}\ m^{۳}$

۲) ساعت: برای بیان زمان ← نماد: h — تبدیل یکا: $۱\ h = ۳/۶ \times ۱۰^{۳}\ s$

۳) دقیقه: برای بیان زمان ← نماد: min — تبدیل یکا: $۱\ min = ۶ \times ۱۰\ s$

۴) سی‌سی: برای بیان حجم ← نماد: cc — تبدیل یکا: $۱\ cc = ۱۰^{-۶}\ m^{۳}$

مثال ٤ هر لیتر معادل چند سانتی‌متر مکعب است؟

پاسخ: ابتدا معادله‌ی آن را می‌نویسیم: $۱\ L = ?\, cm^{۳}$

سپس واحد را جایگذاری می‌کنیم: $۱ \times ۱۰^{-۳}\ m^{۳} = x \times (۱۰^{-۲})^{۳}$

در آخر معادله را حل می‌کنیم: $x = \frac{۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۶}} = ۱۰۰۰$

تبدیل یکاهای کسری

برخی واحدهای کمیت‌های فیزیکی به صورت کسری (یعنی تقسیم واحدی بر واحد دیگر) بیان می‌شوند. تبدیل یکاهای آن‌ها به همان روش ذکر شده است. فقط جایگذاری پیشوندهای کسری به صورت کسری در معادله نوشته می‌شوند.

مثال ٥ تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید:

۱) $۷۲ \frac{km}{h} = ? \frac{m}{s}$ ۲) $۲۵۰ \frac{cm^{۳}}{s} = ? \frac{L}{min}$

پاسخ:

۱) $۷۲ \frac{km}{h} = ? \frac{m}{s} \Rightarrow ۷۲ \times \frac{(۱۰^{۳})}{(۳/۶ \times ۱۰^{۳})} = x \Rightarrow x = ۲۰$

۲) $۲۵۰ \frac{cm^{۳}}{s} = ? \frac{L}{min} \Rightarrow ۲۵۰ \times \frac{(۱۰^{-۲})^{۳}}{۱} = x \times \frac{۱۰^{-۳}}{۶ \times ۱۰} \Rightarrow x = ۱۵$

سازگاری یکاها

کمیت‌های فیزیکی با نمادهای خاصی مشخص می‌شوند. برای بیان ارتباط بین این کمیت‌ها از روابط و معادله‌هایی استفاده می‌شود. هنگام استفاده از این روابط باید دقت کنید که یکاهای کمیت‌ها در دو طرف رابطه سازگار باشد. برای این منظور واحدهای زیر را به ذهن بسپارید:

V : سرعت $\rightarrow \frac{m}{s}$

a : شتاب $\rightarrow \frac{m}{s^{۲}}$

F : نیرو $\rightarrow N = kg \frac{m}{s^{۲}}$

E, U, K, Q : انواع انرژی $\rightarrow J = kg\frac{m^2}{s^2}$

P : فشار $\rightarrow Pa = \frac{kg}{ms^2}$

مثال ۶ **در فصل ۴ خواهید آموخت گرمای مبادله شده‌ی یک جسم در تغییر حالت جامد به مایع از رابطه‌ی $Q = mL_f$ به‌دست می‌آید که m جرم جسم و Q انرژی گرمایی مبادله با جسم است. L_f گرمای نهان ذوب جسم است، واحد آن را بیابید؟**

پاسخ:

$$Q = mL_f$$

$$J = kg \times [L_f] \Rightarrow [L_f] = \frac{J}{kg}$$

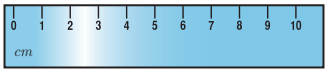
اندازه‌گیری با خطا و دقت

بسیاری از اندازه‌هایی که از کمیت‌های فیزیکی می‌شنوید قطعیت نداشته و دارای خطا هستند. وسایل اندازه‌گیری مختلف، دقت‌های متفاوتی دارند. باید توجه داشت گاهی دقت‌های بالا مورد نیاز نیست و گاهی در ساخت برخی وسایل باید دقت بسیار زیادی به‌کار برد. دقت اعداد اندازه‌گیری شده به سه عامل زیر بستگی دارد:

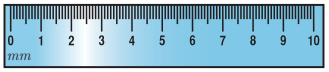
۱ دقت وسایل اندازه‌گیری

۱) برای خط‌کش و سایر وسایل مدرج: $\pm\frac{۱}{۲}$ کم‌ترین مقداری است که تقسیم‌بندی مقیاس آن نمایش می‌دهد.

مثال: خط‌کشی که فقط درجه‌بندی سانتی‌متر دارد: $\pm ۰/۵\,cm$



مثال: خط‌کشی که درجه‌بندی میلی‌متر دارد: $\pm ۰/۵\,mm$



۲) وسایل دیجیتالی رقمی): ± ۱ واحد از آخرین عددی که می‌خواند.

مثال: ثانیه شمار روبرو عدد ۴۳ را نمایش می‌دهد. دقت: ± ۱ ثانیه

مثال: ثانیه شمار روبه‌رو عدد ۴۳/۵ را نمایش می‌دهد. دقت: $\pm ۰/۱$

۲ مهارت شخصی آزمایشگر

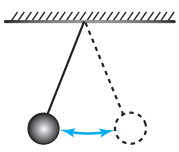
مهارت‌های مختلفی برای اندازه‌گیری و خواندن توسط شخص آزمایشگر باید به کار گرفته شود. به‌طور مثال زاویه‌ی دید مناسب برای خواندن اعداد.

۳ تعداد دفعات اندازه‌گیری

تعداد دفعات اندازه‌گیری و گرفتن میانگین باعث کاهش خطا می‌شود.

مثال ۷ **برای خواندن دقیق دوره‌های زمانی حرکت رفت و برگشت یک آونگ چه پیشنهادی می‌کنید؟**

پاسخ: تعداد دفعات رفت و برگشت را افزایش داده و با این کار زمان دقیق‌تری را به‌دست می‌آوریم.

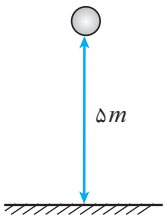


T (زمان یک دوره‌ی تناوب) $= \frac{t}{N}$ (تعداد دفعات رفت و برگشت)

انتشارات خوشخوان

نکته در میانگین‌گیری، اعدادی که از سایر اعداد فاصله‌ی زیادی دارند، در محاسبه شرکت داده نمی‌شوند.

مثال ۸ **می‌خواهیم زمان سقوط یک گلوله را از ارتفاع ۵ متری اندازه‌گیری کنیم. پس از ۸ بار آزمایش اندازه‌های زیر به‌دست می‌آید. زمان سقوط این گلوله چند ثانیه است؟**



نوبت آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
زمان آزمایش شده	۰/۹۰	۰/۹۴	۱/۰۵	۱/۵	۰/۷۰	۱/۱۰	۰/۹۸	۱

پاسخ: اعداد آزمایش شده در آزمایش نوبت ۴ و ۵ اختلاف زیادی با سایر اعداد دارند بنابراین از آزمایش حذف می‌شوند.

$$t=\frac{۰/۹۰+۰/۹۴+۱/۰۵+۱/۱۰+۰/۹۸+۱}{۶}=۰/۹۹۵(s)$$

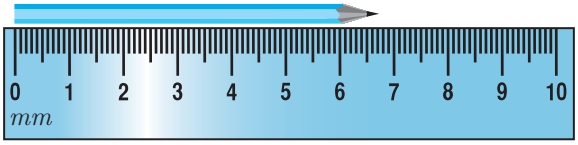
رقم‌های با معنا و گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری

رقم با معنا: پس از اندازه‌گیری رقم‌هایی که ثبت می‌شوند، رقم‌های با معنا نامیده می‌شوند.

نکته رقم‌های با معنا می‌توانند قطعی یا غیرقطعی باشند.

رقم غیرقطعی: رقمی که وسیله‌ی اندازه‌گیری دقیقاً آن را نشان نمی‌دهد و شخصی که اندازه‌گیری می‌کند آن را حدس می‌زند.

مثال ۹ **با یک خط‌کش اندازه‌گیری معمولی طول یک مداد را می‌خواهیم اندازه بگیریم انتهای نوک مداد به صورت زیر در کنار خط‌کش قرار گرفته است. بیان کنید که چه عددی را می‌خوانید عدد خوانده شده چند عدد با معنا و چند عدد غیرقطعی دارد؟**



پاسخ: طول مداد بین ۶/۷ و ۶/۸ سانتی‌متر خوانده می‌شود. بنابراین می‌نویسیم:

دو رقم بامعنا — ۶۷/۲ — رقم حدسی و غیرقطعی — $mm \pm ۰/۵\ mm$ یا دو رقم بامعنا — ۶۷/۳ — رقم حدسی و غیرقطعی — $mm \pm ۰/۵\ mm$

نکته در وسایل اندازه‌گیری با نمایشگر رقمی (دیجیتال) آخرین رقم سمت راست نتیجه‌ی اندازه‌گیری غیرقطعی و مشکوک است.

بیش‌تر بدانیم

کولیس و ریزسنج

از جمله ابزارهای اندازه‌گیری طول در کارگاه‌های صنعتی هستند.

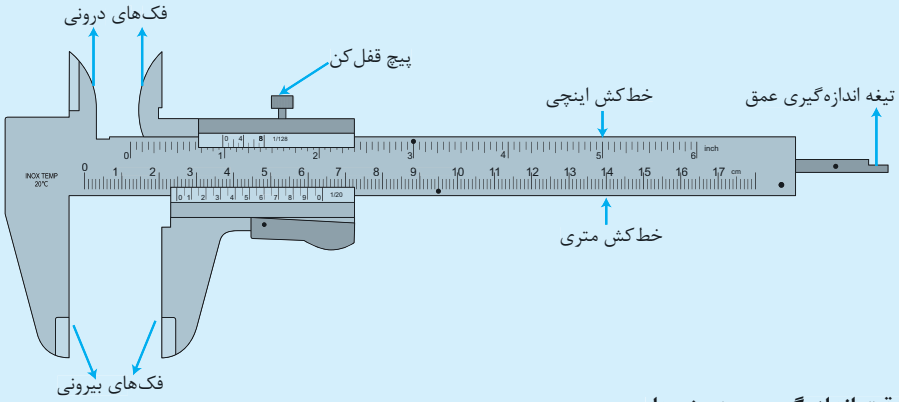
الف) دقت اندازه‌گیری کولیس‌ها

۱ اگر کمینه‌ی تقسیم‌بندی آن $۰/۱mm$ باشد، بنابراین عدد اندازه‌گیری شده به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

عدد اندازه‌گیری شده: $۶/۴۰mm \pm ۰/۰۵mm$

۲ اگر کمینه‌ی تقسیم‌بندی کولیس‌ها $0/05\,mm$ باشد:

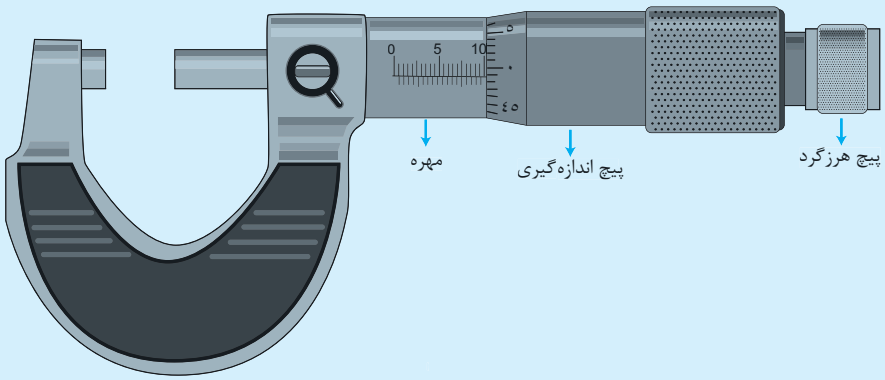
عدد اندازه‌گیری شده: $3/70\,mm \pm 0/03\,mm$



ب) دقت اندازه‌گیری ریزسنج‌ها

اگر کمینه‌ی تقسیم‌بندی ریزسنج‌ها $0/01\,mm$ باشد:

عدد اندازه‌گیری شده: $2/23\,mm \pm 0/005\,mm$



تخمین مرتبه‌ی بزرگی

تاکنون به اعدادی که از کمیت‌ها و یا گزارش‌های اطراف خود می‌شنوید دقت کرده‌اید؟ برخی مواقع بیان حدود این اعداد برای محاسبه و داشتن ذهنیت اولیه نسبت به آن کمیت یا گزارش کافی است. به‌طور مثال اگر از شما پرسیده شود جمعیت کشور ایران چند نفر است، گفتن عدد حدودی ۷۵ میلیون کافی است و کسی که سؤال می‌پرسد به اعداد ریزتر احتیاج نخواهد داشت. این سؤال را می‌توان در مورد بسیاری از پدیده‌ها به‌طور تقریبی پاسخ داد؛ به عنوان مثال می‌توان به جرم سیاره‌ی مشتری، تعداد مولکول‌های بدن انسان، تعداد ضربان‌های قلب انسان در عمر خود، تعداد موهای سر یک شخص، تعداد قدم‌هایی که یک انسان در یک سال برخواهد داشت، اشاره کرد.

به بیان حدودی اعداد، تخمین می‌گویند که در علم و زندگی روزمره کاربرد فراوانی دارد.

در موارد زیر تخمین مفید و مورد استفاده خواهد بود:

۱ دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی نداشته باشد. به‌طور مثال تعداد دقیق آبزیان یک دریاچه برای فعالیت‌های محیط زیستی کارایی نداشته باشد/

۲ زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم. گاهی گزارش‌های تحقیقاتی برای محاسبات دقیق هزینه و زمان زیادی نیاز دارند که صرفه اقتصادی نخواهد داشت.

۳ همه یا بخشی از داده‌های موردنیاز، در دسترس نباشد. بسیاری از تخمین‌های فضایی از این دست هستند.

نوعی از تخمین که در فیزیک کاربرد زیادی دارد، تخمین مرتبه‌ی بزرگی نام دارد. در تخمین مرتبه‌ی بزرگی، اعداد اغلب به صورت توان‌هایی از ۱۰ نمایش داده می‌شوند. دقت شود در تخمین ممکن است عدد به‌دست آمده با مرتبه‌ی واقعی، یک یا دو مرتبه تفاوت داشته باشد.

حال با روش تخمین آشنا می‌شویم:

۱ **تبدیل به نمادگذاری علمی:** تمامی اعداد در محاسبات به صورت نماد علمی نمایش داده می‌شوند. در نمایش علمی هر عدد به صورت زیر نمایش داده می‌شود.

$$x = a \times ۱۰^{n} \qquad n \in \mathbb{Z} \qquad ۰ < a < ۱۰$$

۲ **گرد کردن:** در این مرحله به صورت زیر a را تبدیل می‌کنیم.

$$\begin{cases} ۵ \le a < ۱۰ \Rightarrow a = ۱۰ \\ ۱ \le a < ۵ \Rightarrow a = ۱ \end{cases}$$

به مثال‌های زیر دقت کنید:

$$۱)\ x = ۰/۰۰۰۵۲۱ = ۵/۲۱ \times ۱۰^{-۴} \Rightarrow ۵/۲۱ > ۵ \Rightarrow ۵/۲۱ \to ۱۰ \Rightarrow x = ۱۰ \times ۱۰^{-۴} = ۱۰^{-۳}$$

$$۲)\ x = ۴۹۷۰۰ = ۴/۹۷۰۰ \times ۱۰^{۴} \Rightarrow ۴/۹۷ < ۵ \Rightarrow ۴/۹۷ \to ۱ \Rightarrow x = ۱ \times ۱۰^{۴} = ۱۰^{۴}$$

$$۳)\ x = ۲۳۴۱۷ = ۲/۳۴۱۷ \times ۱۰^{۴} \Rightarrow ۲/۳۴۱۷ < ۵ \Rightarrow ۲/۳۴۷ \to ۱ \Rightarrow x = ۱ \times ۱۰^{۴} = ۱۰^{۴}$$

حال به برخی مثال‌های واقعی در اطراف خود توجه می‌کنیم:

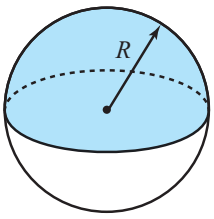
مثال ۱۰ **تعداد موهای سر یک انسان را تخمین بزنید.**

پاسخ: ابتدا باید ابعاد حدودی سر انسان را داشته باشیم. اگر سر انسان را یک کره به قطر ۲۰ سانتی‌متر در نظر بگیریم که نیمی از این کره را مو پوشانده باشد، مساحت آن $۲\pi R^{۲}$ خواهد بود.

$$D = ۲۰cm \Rightarrow R = ۱۰cm \Rightarrow S = ۲ \times \pi R^{۲} = ۲ \times ۳/۱۴ \times ۱۰^{۲} = ۶۲۸cm^{۲} = ۶۲۸۰۰\ mm^{۲}$$

اگر در هر میلی متر مربع ۱۰ مو وجود داشته باشد، با نسبت تناسب تعداد مول‌های سر انسان به‌دست می‌آید.

$$\frac{۱mm^{۲}}{۶۲۸۰۰mm^{۲}} = \frac{۱۰}{N} \Rightarrow N = ۶۲۸۰۰۰$$



حال تخمین می‌زنیم:

مرحله‌ی اول: **نماد علمی:**

$$N = ۶۲۸۰۰۰ = ۶/۲۸ \times ۱۰^{۵}$$

مرحله‌ی دوم: **گرد کردن:**

$$۶/۲۸ > ۵ \Rightarrow ۶/۲۸ \to ۱۰ \Rightarrow N = ۱۰ \times ۱۰^{۵} = ۱۰^{۶}$$

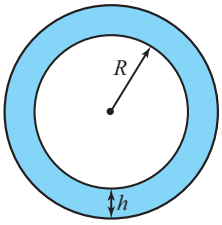
مثال ۱۱ **شعاع کره‌ی زمین در حدود ۶۴۰۰ کیلومتر است. فشار هوای روی کره‌ی زمین در سطح دریا حدود $۱۰^{۵}$ پاسکال است. مرتبه‌ی بزرگی جرم هوای کره‌ی زمین برحسب کیلوگرم را تخمین بزنید.**

پاسخ: با توجه به رابطه‌ی $P = \frac{F}{A}$ و اینکه $F = mg$ جرم هوای کره‌ی زمین را محاسبه می‌کنیم.

$$P_{۰} = \frac{mg}{A} \Rightarrow m = \frac{P_{۰}A}{g} = \frac{P_{۰} \times ۴\pi R^{۲}}{g} = \frac{۱۰^{۵} \times ۴ \times ۳/۱۴ \times (۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳})^{۲}}{۱۰} = \frac{۱۰^{۵} \times ۴ \times ۳/۱۴ \times (۶/۴ \times ۱۰^{۶})^{۲}}{۱۰} = \frac{۱۰^{۵} \times ۱۰ \times (۱۰ \times ۱۰^{۶})^{۲}}{۱۰} = ۱۰^{۱۹}kg$$

مثال ۱۲ **حجم آب‌های روی کره‌ی زمین را تخمین بزنید. شعاع زمین ۶۴۰۰ کیلومتر است.**

پاسخ: $\frac{۴}{۵}$ سطح کره‌ی زمین آب است. اگر عمق آب‌های روی کره‌ی زمین را به‌طور میانگین ۱۰۰۰ متر تخمین بزنیم. می‌توان فرض کرد که حجم آب‌های روی کره‌ی زمین برابر است با:



$$V = \frac{۴}{۵} \times ۴\pi R^{۲}h$$

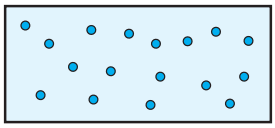
$$= ۰/۸ \times ۴ \times ۳/۱۴ \times (۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳})^{۲} \times ۱۰۰۰$$

$$\begin{cases} ۰/۸ \to ۸ \times ۱۰^{-۱} \to ۱۰ \times ۱۰^{-۱} = ۱ \\ ۴ \times ۳/۱۴ \to ۱۰ \\ ۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳} = ۶/۴ \times ۱۰^{۶} \to ۱۰ \times ۱۰^{۶} = ۱۰^{۷} \\ ۱۰۰۰ \to ۱۰^{۳} \end{cases} \Rightarrow V = ۱ \times ۱۰ \times (۱۰^{۷})^{۲} \times ۱۰^{۳} = ۱۰^{۱۸}m^{۳}$$

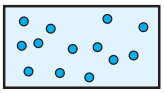
انتشارات خوشخوان

چگالی

تا به حال به مفهوم کلمه‌ی«تراکم» فکر کرده‌اید. گاهی گفته می‌شود تراکم جمعیت در یک شهر بسیار زیاد است یا تراکم جمعیت درب سینمای آزادی در جشنواره‌ی فجر بسیار زیاد است. آیا منظور تعداد آدم‌هایی است که آنجا قرار دارند؟
چرا اگر ۵ نفر در تاکسی باشند تراکم جمعیت زیاد ولی وقتی ۱۰۰ نفر بخواهند در یک ورزشگاه بزرگ جای بگیرند تراکم جمعیت کم می‌شود؟
مفهوم تراکم به نسبت تعداد یک شیء در یک حجم یا سطح مشخص گفته می‌شود. این مفهوم در مولکول‌های یک ماده نیز وجود دارد که اصطلاحاً به آن چگالی می‌گویند.



A: تعداد نقاط : ۱۷



B: تعداد نقاط : ۱۳

در شکل بالا تراکم نقاط در شکل A از شکل B کم‌تر است. با این‌که تعداد نقاط در B از A کم‌تر است. علت این واقعه همان اهمیت نسبت کمیت‌ها به یکدیگر است. باید نسبت را مورد ارزیابی قرار داد تعداد مولکول‌ها، نقاط، انسان‌ها و ... در یک فضای مشخص را باید مقایسه کرد.
بنابر تعریف به نسبت جرم ماده به حجمی که آن ماده اشغال می‌کند چگالی می‌گویند. چگالی هر ماده در یک دما و فشار مشخص مقدار ثابتی است و فقط به نوع آن ماده بستگی دارد.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ : چگالی ماده برحسب کیلوگرم بر متر مکعب

m : جرم جسم برحسب کیلوگرم

V : حجم جسم برحسب متر مکعب

دقت شود در رابطه‌ی بالا V، حجمی از جسم است که ماده در آن قرار دارد یعنی اگر جسمی توخالی بود برای محاسبه‌ی حجم باید حجم ظاهری جسم را از حجم توخالی کم کرد.

$$V = V_{\text{ظاهری}} - V_{\text{خالی}}$$

چگالی ماده اگر تغییر کند یعنی خواص آن ماده تغییر کرده است. تشخیص برخی بیماری‌ها در علم پزشکی بر این اساس است. چگالی خون را محاسبه می‌کنند اگر با مقدار حالت عادی آن اختلاف داشته باشد، یعنی مشکلی در ساختار آن به وجود آمده است.

نکته تبدیل واحدهای زیر را در محاسبه‌ی چگالی به خاطر بسپارید.

۱) $1\frac{g}{cm^3} = 1000\frac{kg}{m^3}$

۲) $1\frac{kg}{L} = 1\frac{g}{cm^3}$

۳) $1\frac{g}{L} = 1\frac{kg}{m^3}$

مثال ۱۳ داخل یک ظرف نیم لیتری، چند گرم روغن به چگالی $800\frac{kg}{m^3}$ جای می‌گیرد؟

پاسخ: حجم را برحسب متر مکعب باید جایگذاری کرد!

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$800 = \frac{m}{0/5\times10^{-3}} \Rightarrow m = 0/4\,kg = 400\,g$$

مسائل نمونه فصل (۱)

دستگاه بین‌المللی یکاها

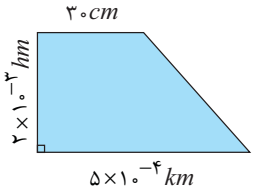
۱. در فصل ۴ خواهیم دید گرما از رابطه‌ی $Q = mc\Delta\theta$ به‌دست می‌آید که در آن (Q) گرما برحسب J و (m) جرم برحسب kg و $(\Delta\theta)$ تغییرات دما برحسب $^\circ C$ است. واحد ضریب c را برحسب واحدهای اصلی کمیت‌های اصلی به‌دست آورید.

۲. کمیت فشار حاصل تقسیم نیرو بر سطح است واحد آن را برحسب واحدهای اصلی کمیت‌های اصلی به‌دست آورید.

۳. فرمول ارتفاع اوج یک پرتابه از رابطه‌ی $H = \frac{V_0^{n} \sin^{2}\alpha}{2g}$ محاسبه می‌شود. که در آن H ارتفاع اوج پرتابه، g شتاب گرانش، V_0 سرعت اولیه و α زاویه‌ی پرتاب نسبت به سطح افق است. با توجه به واحدهای کمیت‌های موجود در رابطه، توان $(n)V_0$ را بیابید.

تبدیل واحد

۴. مساحت ذوزنقه‌ی شکل زیر را برحسب dm^2 به‌دست آورد.



۵. تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

الف) $2\frac{Mm^3}{ms} = ?\frac{lit}{ds}$ ب) $1/8\frac{km}{min^2} = ?\frac{m}{s^2}$

۶. جرم یک مقدار آجیل ۵۰ سیر بیان شده است. جرم آن چند گرم است؟ (هر مثقال ۴/۸۶ گرم و هر سیر معادل ۱۶ مثقال است.)

۷. یک تلویزیون به ابعاد ۷۲×۵۰ سانتی‌متر چند فوت مربع است؟ هر فوت برابر ۱۲ اینچ و هر اینچ تقریباً ۲/۵ سانتی‌متر است.

۸. یک ماه نوری تقریباً چند کیلومتر است؟

دقت اندازه‌گیری

دقت اندازه‌گیری هر یک از اعداد خوانده شده چند گرم است؟

۹. $2/5\times10^{-3}\,kg$

۱۰. $0/04\times10^{-2}\,dg$

۱۱. $0/780\times10^{6}\,hg$

۱۲. $3500\times10^{-1}\,kg$

۱۳. دقت اندازه‌گیری عدد خوانده شده را بیان کنید.

تخمین

۱۴. تعداد ضربان‌های قلب یک انسان را در طول عمرش تخمین بزنید.

۱۵. با تخمین مناسب مصرف سالیانه‌ی آب در کشور برای استحمام برحسب متر مکعب را حساب کنید. (مرحله اول المپیاد فیزیک ایران)

۱۶. مسافتی که یک انسان به‌طور متوسط در طول عمر خود می‌پیماید را برحسب متر تخمین بزنید. (مرحله اول المپیاد فیزیک ایران)

۱۷. بنابر یک نظریه‌ی موجود در مورد مبدأ عالم، جهان اولیه دارای چگالی $10^{15}\frac{g}{cm^3}$ و شعاع آن برابر فاصله‌ی کنونی زمین تا خورشید بوده است. اگر ماده‌ی موجود در عالم را متشکل از پروتون، نوترون و الکترون با تعداد مساوی در نظر بگیریم، مرتبه‌ی بزرگی جرم تشکیل دهنده‌ی جهان را تخمین بزنید. (مرحله اول المپیاد فیزیک ایران با کمی تغییر)

۱۸. نسبت مقدار بارش سالانه‌ی باران در زمین به آب اقیانوس‌ها را تخمین بزنید. شعاع کره‌ی زمین حدوداً ۶۴۰۰ کیلومتر است. (مرحله اول المپیاد فیزیک ایران)

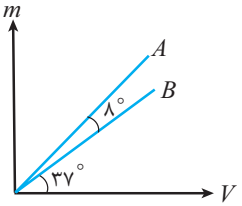
۱۹. اگر سطح کره‌ی زمین با اسکناس هزار تومانی پر شود، تقریباً چند تومان اسکناس لازم خواهد بود؟ (شعاع کره‌ی زمین حدوداً ۶۴۰۰ کیلومتر است.)

چگالی

۲۰. یک مکعب فلزی به جرم ۳/۲ کیلوگرم به ابعاد $10\times40\times2/5$ سانتی‌متر دارای حفره‌ی هوا است. اگر چگالی آن ۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد، حجم حفره را برحسب سانتی‌متر مکعب بیابید.

۲۱. یک لیوان پر از آب دارای جرم ۳۰۰ گرم است، آن را خالی کرده و سپس از مایعی پر کرده که جرم لیوان پر شده ۲۰۰ گرم می‌شود. جرم لیوان را بیابید. $(\rho_{\text{آب}} = 1\frac{g}{cm^3},\ \rho_{\text{مایع}} = 0/6\frac{g}{cm^3})$

۲۲. نمودار تغییرات جرم برحسب حجم برای دو جسم A و B به صورت زیر است، نسبت چگالی جسم B به جسم A چقدر است؟ $(\tan 37^\circ = \frac{3}{4})$



پاسخ مسائل نمونه فصل (۱)

۱.

$$Q=mc\Delta\theta \Rightarrow c=\frac{Q}{m\Delta\theta}\Rightarrow [c]=\frac{J}{kg^{\circ}C}$$

۲.

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow [P]=\frac{N}{m^2}=\frac{kg\frac{m}{s^2}}{m^2}=\frac{kg}{ms^2}$$

۳.

$$H=\frac{V_{\circ}^{n}\sin^2\alpha}{2g}\Rightarrow m=\frac{(\frac{m}{s})^n\times 1}{\frac{m}{s^2}}\Rightarrow \frac{m^2}{s^2}=(\frac{m}{s})^n$$

$$\Rightarrow n=2$$

۴. ابتدا مساحت را بر حسب m^2 به‌دست می‌آوریم:

$$S=(\frac{30cm+5\times10^{-4}km}{2})\times 2\times10^{-3}hm$$

$$=(\frac{30\times10^{-2}+5\times10^{-4}\times10^{3}}{2})\times 2\times10^{-3}\times10^{2}m^2$$

$$=8\times10^{-2}m^2$$

$$8\times10^{-2}m^2=?dm^2\Rightarrow 8\times10^{-2}m^2=x\times(10^{-1})^2$$

$$\Rightarrow x=8$$

۵.

الف) $2\frac{Mm^3}{ms}=?\frac{L}{ds}$

$$\frac{2\times(10^{6})^3}{10^{-3}}=x\times\frac{10^{-3}}{10^{-1}}\Rightarrow x=2\times10^{23}$$

ب) $1/8\frac{km}{min^2}=?\frac{m}{s^2}$

$$\Rightarrow 1/8\times\frac{10^{3}}{(60)^2}=x\Rightarrow x=0/5$$

۶.

$$50\text{ سیر}=?g \qquad 50\times(\text{مثقال }16)=?g$$

$$50\times16\times(4/86g)=xg\Rightarrow x=3888$$

۷.

$$50\times72cm^2=?\,ft^2$$

$$3600cm^2=x\times(12in)^2$$

$$3600cm^2=x\times(144)\times(2/5cm)^2\Rightarrow x=4$$

۸. یک سال نوری مسافتی است که نور در یک سال طی می‌کند.

$$\underset{m}{\downarrow}L=\underset{\frac{m}{s}}{\downarrow}V\,\underset{s}{\downarrow}t=3\times10^{8}\times(30\times24\times3600)$$

$$L=3\times10^{8}\times(3\times10\times2/4\times10\times3/6\times10^{3})$$

$$L=(3\times3\times2/4\times3/6)\times10^{13}$$

$$L\simeq 80\times10^{13}=8\times10^{14}m=8\times10^{11}km$$

۹.

$$2/5\times10^{-3}\,kg$$

$$\text{دقت}=10^{-1}\times10^{-3}\times10^{3}=10^{-1}$$

۱۰.

$$0/04\times10^{-2}\,dg$$

$$\text{دقت}=10^{-2}\times10^{-2}\times10^{-1}=10^{-5}$$

۱۱.

$$0/7800\times10^{6}\,hg$$

$$\text{دقت}=10^{-3}\times10^{6}\times10^{2}=10^{5}$$

۱۲.

$$3500\times10^{-1}\,kg$$

$$\text{دقت}=10^{0}\times10^{-1}\times10^{+3}=10^{2}$$

۱۳. تعداد عددهای بعد از ممیز $=n$

دقت وسیله‌ی دیجیتال $=10^{n}=10^{-3}$

۱۴. هر انسان به‌طور متوسط ۷۰ سال عمر می‌کند و قلبش در هر دقیقه حدوداً ۸۰ بار می‌زند.

$$N=70\times\underbrace{365}_{\text{تعداد روز}}\times\underbrace{24}_{\text{تعداد ساعت}}\times\underbrace{60}_{\text{تعداد دقیقه}}\times80$$

$$N=7\times10\times3/65\times10^{2}\times2/4\times10\times6\times10\times8\times10$$

$$N=(7\times3/65\times2/4\times6\times8)\times10^{6}$$

$$N\simeq3000\times10^{6}=3\times10^{9}\simeq10^{9}$$

۱۵. جمعیت ایران حدود ۸۰ میلیون نفر (8×10^{7}) تخمین زده می‌شود که در کل سال هر نفر حدود ۱۰۰ بار استحمام می‌کند و در هر استحمام ۱۰۰ لیتر آب مصرف می‌کند.

$$V=8\times10^{7}\times100\times100\times10^{-3}=8\times10^{8}\simeq10^{9}m^3$$

۱۶. اگر میانگین سرعت شخص $4\frac{km}{h}$ باشد و هر شخص به‌طور میانگین در طول روز ۲ ساعت راه برود و عمر آن ۵۰ سال در نظر گرفته شود.

$$L=vt=4\times2\times50\times365=4\times2\times5\times10\times3/6\times10^{2}$$

$$=4\times3/65\times10^{4}\simeq10\times10^{4}=10^{5}km=10^{8}m$$

۱۷. برای تخمین فاصله‌ی زمین تا خورشید می‌توان از این نکته استفاده کرد که حدوداً ۸ دقیقه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد.

$$t=8min$$

تمرین‌های فصل (۱)

۱. یک زیر دریایی با سرعت ۴۰ فاتوم بر دقیقه در زیر آب حرکت می‌کند، یک فاتوم به‌طور دقیق معادل ۶ فوت است. سرعت این زیر دریایی چند متر بر ثانیه است؟ $۳\ ft = ۱m$

۲. اضلاع مثلثی به ترتیب $۴\times۱۰^{-۲}\ dm$ ، $۳\times۱۰^{۳}\ \mu m$ و $۶mm$ است مساحت این مثلث تقریباً چند میلی‌متر مربع است؟ $(\sqrt{۲}=۱/۴)$

۳. عبارت زیر را کامل کنید. $۱۰^{۷}\ cm\times L=۱۰^{-۷}\ nm\times\ldots\ldots m^{۳}$

۴. شخصی وزنه‌ای حمل می‌کند و ۵۰ ژول کار انجام می‌دهد کار شخص چند $\frac{g.dm^{۲}}{s^{۲}}$ است؟ پاسخ را به نماد علمی بیان کنید.

۵. یکاهای فرعی را مشخص کنید.

کندلا- وات- متر- نیوتون- ثانیه- پاسکال- کلوین- ژول- آمپر

۶. اندازه‌ی نیروی وارد به ذره‌ای با یکای غیر SI داده شده است، اندازه‌ی این نیرو در یکای SI محاسبه کنید. $F=۷۲۰\frac{kg.cm}{min^{۲}}$

۷. در تساوی زیر جای خالی را با یکای مناسب پر کنید.

$$k=۱\frac{\mu g.cm^{۲}}{s^{۲}}=۱۰^{-۱۳}\frac{kg.\square}{s^{۲}}$$

۸. هر ذرع $۱۰۴\ cm$ و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است، اگر فاصله‌ی ۲ شهر ۱۲۴۸ کیلومتر باشد، این فاصله چند فرسنگ است؟

۹. فاصله‌ی دو ستاره از یکدیگر $۴/۵\times۱۰^{۱۶}\ m$ است، این فاصله برحسب یکای نجومی Au چقدر است؟ $(۱Au=۱/۵\times۱۰^{۱۱}m)$

۱۰. در اواخر قرن ۱۸ یکای طول m به صورت یک ده میلیونیم فاصله‌ی قطب شمال تا استوا تعریف شد. فاصله‌ی قطب شمال تا جنوب برحسب دسی‌متر چقدر است؟

انتشارات خوشخوان

۱۱. قطـر یک تار مو m $۰/۰۰۸۰۱\times۱۰^{-۳}$ اسـت. گـزارش این عـدد را به صورت نماد علمی برحسب میلی‌متر به‌دست آورید؟

۱۲. ابعـاد مکعب مسـتطیلی $۳dm\times۱۰^{۶}\mu m\times۵cm$ اسـت، حجم این مکعب مستطیل چند لیتر است؟

۱۳. جرم وزنه‌ای ۵/۲۵۰ کیلوگرم اندازه‌گیری شده است، دقت اندازه‌گیری چقدر است؟

۱۴. اگـر هر شـخص به‌طور متوسـط روزانه ۴ لیتـر هوا تنفـس کند به‌طور تخمینی تا ۷۵ سال دیگر چند لیتر هوا تنفس می‌کند؟

۱۵. یک زنبور عسـل به‌طور متوسـط حدود ۲ ماه زندگـی می‌کند و تقریباً نیمی از زندگی خود را در حال پرواز است اگر بسامد بال زدن زنبور عسل $۲۵۰Hz$ باشد تعداد دفعات بال زدن کامل زنبور عسل در طول زندگی‌اش چقدر است؟

۱۶. چـه تعداد اتـم را می‌توان به صـورت تقریبی در مکعبـی به حجم ۹۶ میلی‌متر مکعب جای داد؟ (حجم یک اتم $۵/۲\times۱۰^{-۳۱}m^{۳}$)

۱۷. یک اتاق خواب معمولی گنجایش حدوداً چند ذرت بو داده را دارد؟

۱۸. حجم آب‌هـای روی کره‌ی زمین به کدام یک از عددهای زیر نزدیک‌تر است؟

$۱۰^{۹}m^{۳}$ ، $۱۰^{۱۸}m^{۳}$ ، $۱۰^{۲۴}m^{۳}$ ، $۱۰^{۲۹}m^{۳}$ ، $۱۰^{۳۵}m^{۳}$

۱۹. توان متوسـط مفید یک کارگر کـه حداکثر می‌تواند ۸ سـاعت در روز کار کند ۱۵۰ وات اسـت، اگر قرار باشـد توربین‌های یک نیروگاه دو هزار مگاواتـی در تمام مدت شـبانه روز با نیروی انسـانی بگـردد کلاً چند نفر کارگر لازم است؟

۲۰. طی یک بارش شـدید باران پس از ۱۰۰ دقیقه ۶۰ میلی‌متر باران جمع شده است. فرض کنید سرعت سقوط قطره‌های باران ۱ متر بر ثانیه باشد، حجم قطره‌های باران چه کسری از هوا را تشکیل می‌دهند؟

۲۱. کره‌ای از فلزی به چگالی ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب داریم. این کره در آب غوطه‌ور است. اگر شعاع خارجی کره ۳ سانتی‌متر باشد، شعاع درونی آن چند سانتی‌متر خواهد بود؟

۲۲. در مدت ۱۰ دقیقه ۳ سانتی‌متر از طول یک شاخه عود می‌سوزد. آهنگ سوختن عود برحسب میکرومتر بر میلی ثانیه چقدر است؟

۲۳. اگر بخواهیم با ماده‌ای به چگالی ۶۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب کره‌ای تو پر به قطر ۲۰ سانتی‌متر بسازیم، به چند کیلوگرم از آن ماده احتیاج است؟ عدد π را ۳ فرض کنید.

۲۴. قطر یک گلوله‌ی تو پر آلومینیومی دو برابر قطر یک گلوله‌ی تو پر مسی است. اگر جرم گلوله‌ی آلومینیومی ۲/۴ برابر جرم گلوله‌ی مسی باشد، چگالی آلومینیوم چند برابر چگالی مس است؟

۲۵. چگالی آلیاژی از سرب و آهن ۱۰/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اگر چگالی آهن ۷/۸ و چگالی سرب ۱۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد چند درصد از حجم آلیاژ آهن است؟

۲۶. حجم ۱۲۰۰ گرم نفت با حجم ۹۰۰ گرم روغن برابر است اگر چگالی نفت ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد جرم ۱۵۰ لیتر روغن چند کیلوگرم است؟

۲۷. یک استوانه‌ی مدرج تا حجم ۴۸ سانتی‌متر مکعب محتوی آب است یک مکعب فلزی به آرامی درون استوانه انداخته می‌شود و آب تا حجم ۷۵ سانتی‌متر مکعب بالا می‌آید. ضلع مکعب چقدر است؟

۲۸. طول هر ضلع مکعبی فلزی ۱۰ سانتی‌متر است و جرم آن ۶ کیلوگرم اگر چگالی فلز ۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد اندازه‌ی حفره‌ی درون آن را بیابید.

۲۹. آلیاژی از ترکیب ۲ فلز ۱ و ۲ به چگالی‌های ρ_1 و $\rho_2 = 3\rho_1$ طوری ساخته شده است که ۸۰ درصد حجم آلیاژ از فلز یک و ۲۰ درصد آن از فلز ۲ است. چگالی این آلیاژ چند برابر ρ_1 است؟

انتشارات خوشخوان