جالب است بدانیم که

۱ اندازه‌گیری‌های دقیق مانند، جرم الکترون یا باکتری چگونه انجام می‌شود؟
۲ چگونه اندازه‌گیری زمان را انجام می‌دهند که واحد آن پس از چند میلیون سال یک ثانیه خطا دارد؟
۳ واحدهای فرعی ماند اُنس، پوند، فوت، اینچ چه واحدهایی هستند؟
۴ چگونه می‌توان خالص بودن قطعه‌ای از طلا را تعیین نمود؟
۵ سال نوری چیست؟

در این فصل با مفاهیم زیر آشنا می‌شویم

۱ فیزیک دانش بنیادی
۲ مدل‌سازی در فیزیک
۳ اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی
۴ دستگاه بین‌المللی یکاها
۵ دقت و خطای اندازه‌گیری
۶ تخمین مرتبه‌ی بزرگی
۷ چگالی (جرم حجمی)

مقدمه

در زبان یونانی دانش مربوط به طبیعت و خواص و پدیده‌های موجود در طبیعت علم فیزیک نامیده می‌شود. بنابراین هر علمی که در ارتباط با پدیده‌های موجود در طبیعت باشد به نوعی با فیزیک در ارتباط خواهد بود.

۱- ۱- فیزیک دانش بنیادی

دانش فیزیک نتیجه‌ی تلاش و پشتکار بزرگانی است که در گذشته و حال نسبت به طبیعت اطراف خود و رویدادهای آن با کنجکاوی برخورد کرده‌اند و با ذهن جستجوگر خود زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده‌اند.

علومی نظیر شیمی، زیست‌شناسی، پزشکی، داروسازی، مهندسی‌ها، هواشناسی، لیزرواپتیک و .... در اثر کنجکاوی‌ها و تجزیه و تحلیل‌هایی است که در گذشته توسط بزرگانی مانند ارشمیدس، ابوریحان، ابن هیثم، خواجه نصیر، ابن سینا، گالیله، نیوتون و .... صورت گرفته است.

شاید دوست داشته باشید که بدانید در هریک از موارد زیر فیزیک به چه سؤالاتی پاسخ می‌دهد.

۱- چشم پزشکی ۲- هواشناسی ۳- غواصی ۴- رباتیک ۵- حرکت هواپیما ۶- حرکت خودرو ۷- پردازشگر مرکزی (cpu) ۸- پرتودرمانی
۹- مخابرات ۱۰- لامپ‌های (LED) ۱۱- سامانه مکان‌یابی (GPS) ۱۲- ترابری مگ لِو ($Mag\ lev$)

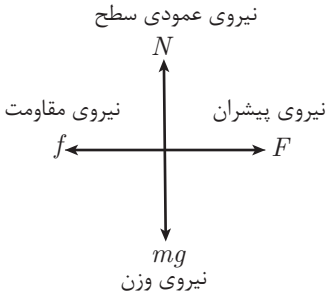
۱- ۲- مدل‌سازی در فیزیک

در گفتار روزانه مدل به نمونه‌های کوچک از یک جسم می‌گوییم فرضاً هواپیمای مدل نمونه‌ای از هواپیمای واقعی است که آن را مدل هواپیما می‌نامیم.

ولی وقتی می‌خواهیم در فیزیک یک دستگاه را بررسی کنیم بررسی دقیق و همه جانبه و جزء به جزء آن ممکن است با دشواری‌هایی همراه باشد بنابراین با حذف عواملی که کم‌تر اهمیت دارند و یا نسبت به موضوع اصلی قابل چشم‌پوشی هستند به بررسی شکل ساده‌تری از مسأله می‌پردازیم در این صورت می‌گوییم مسأله را مدل کرده‌ایم و به این شیوه حل مسائل مدل‌سازی می‌گوییم. (ساده‌سازی جهت بررسی یک مسأله)

فرضاً وقتی می‌خواهیم حرکت اتومبیلی را در جاده بررسی کنیم با مسأله دشواری مواجهیم که عوامل بسیاری در آن تأثیرگذار هستند. جنس لاستیک‌ها، جنس جاده، ابعاد و شکل خودرو، مقاومت هوا، مرکز ثقل خودرو، نحوه‌ی قرارگیری موتور، حجم موتور، جرم خودرو و .....

در مدل‌سازی خودرو می‌توانیم فقط ۴ عامل را به عنوان نیروی اصلی بررسی کنیم.



۱- ۳- اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

همان‌طور که دیدیم فیزیک علم بررسی پدیده‌های طبیعی است یکی از ابزار بررسی رویدادهای فیزیکی اندازه‌گیری و آزمایش است مثلاً وقتی می‌خواهیم آزمایش خون یک فرد را بررسی کنیم نیاز داریم که مواردی مانند قند خون، غلظت، چربی و ... اندازه‌گیری شود. در بررسی تغییرات آب و هوا به اندازه‌گیری دما، فشار، رطوبت و .... نیاز داریم.

کمیت فیزیکی: در فیزیک آنچه که قابل اندازه‌گیری باشد را کمیت فیزیکی می‌نامند. ضمناً جرم و سرعت اتومبیل کمیت فیزیکی است ولی خود اتومبیل کمیت نیست.

انواع کمیت‌های فیزیکی: کمیت‌های فیزیکی ممکن است نرده‌ای یا برداری باشند.

کمیت‌های نرده‌ای (اسکالر): کمیت‌هایی که فقط دارای مقدار هستند را کمیت نرده‌ای گویند. دقت کنید که کمیت‌های نرده‌ای از جمع بردارها تبعیت نمی‌کنند.

کمیت‌های برداری: کمیت‌های برداری علاوه بر داشتن مقدار و جهت از جمع بردارها تبعیت می‌کنند. فرضاً جابجایی کمیت برداری ولی جریان الکتریکی غیربرداری است.

توجه:

هر کمیت فیزیکی همواره دارای نماد و مقدار است و اغلب دارای واحد است. واحد و نماد کمیت‌های فیزیکی اغلب از حرف اول واژه لاتین آن‌ها اخذ می‌شود.

$F = ۸۰N$ ← نماد نیرو $(Force)$ ⟵ واحد نیرو نیوتون

↓ مقدار کمیت نیرو

$m = ۵۰kg$ ← نماد جرم $(mass)$ ⟵ واحد جرم (کیلوگرم)

↓ مقدار کمیت جرم

۱- ٤- اندازه‌گیری و دستگاه بین المللی یکاها

فرض کنیم می‌خواهیم طول یک جسم را اندازه‌گیری کنیم اگر برای این اندازه‌گیری از متر استفاده کنیم می‌گوییم مقیاس اندازه‌گیری متر است. استفاده از واحد (یکا) اندازه‌گیری مناسب بسیار مهم است. فرضاً اندازه پای یک انسان (گام زدن) نمی‌تواند واحد مناسبی برای طول باشد.

یکای اندازه‌گیری وقتی مناسب است که قابل تغییر نباشد و امکان ایجاد آن در همه نقاط وجود داشته باشد (قابلیت باز تولید).

جدول ۱-۱- کمیت‌های اصلی

کمیت	نماد کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	L	متر	m
جرم	m	کیلوگرم	kg
زمان	t	ثانیه	s
دما	T	کلوین	k
مقدار ماده	n	مول	mol
جریان الکتریکی	I	آمپر	A
شدت روشنایی	I	کندلا (شمع)	cd

جدول ۱-۲- کمیت‌های فرعی

کمیت	نماد کمیت	نام یکا	نماد یکا
سرعت	V	متر بر ثانیه	$\frac{m}{s}$
چگالی	ρ	کیلوگرم بر متر مکعب	$\frac{kg}{m^3}$
انرژی	E	ژول	J
توان	P	وات	W
نیرو	F	نیوتون	N
ظرفیت گرمایی ویژه	c	ژول بر کیلوگرم کلوین	$\frac{J}{kg.k}$
شتاب	a	متر بر مجذور ثانیه	$\frac{m}{s^2}$

انتشارات خوشخوان

سؤال ویژه‌ی علاقمندان

به نظر شما چه ضرورتی وجود دارد که جرم و مقدار ماده هر دو به عنوان کمیت اصلی تعریف شوند؟

از سال ۱۹۶۰ میلادی (۱۳۳۹ خورشیدی) کشورها به‌طور رسمی تصمیم به استفاده از یکاهای استاندارد گرفتند فرضاً برای اندازه‌گیری طول واحد متر و برای اندازه‌گیری جرم واحد کیلوگرم را انتخاب کردند.

در سال ۱۹۷۱ میلادی (۱۳۵۰ شمسی) مجمع عمومی هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی معرفی کرد. این کمیت‌ها پایه و اساس دستگاه بین المللی اوزان و مقادیر (SI) را تشکیل می‌دهند. سایر کمیت‌ها را که براساس این کمیت‌ها بیان می‌شوند کمیت‌های فرعی می‌نامیم.

مثال ۱ کدام دسته از کمیت‌های داده شده همگی فرعی هستند:

۱) چگالی، جرم، سرعت
۲) نیرو، شتاب، زمان
۳) انرژی، ظرفیت گرمایی ویژه، ضریب انبساط خطی
۴) جرم، جریان الکتریکی، فشار

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴

در سایر گزینه‌ها حداقل یک کمیت اصلی وجود دارد.

توجه ۱:

واحد اندازه‌گیری طول در SI متر است که به صورت زیر تعریف می‌شود.

«یک متر برابر با مسافتی است که نور در مدت $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلاء طی می‌کند.»

مثال ۲ فرض کنیم فاصله‌ی زمین تا ماه به‌طور میانگین ۴۰۰۰۰۰۰۰۰متر باشد.

الف) این اندازه را با نماد و واحد نشان دهید.

ب) به نظر شما برای این‌که با ارقامی به این بزرگی سر و کار نداشته باشیم چه راهی وجود دارد.

پاسخ:

الف) $d = ۴۰۰۰۰۰۰۰۰m$

ب) $d = ۴\times۱۰^{۵}km$

می‌توانیم از واحدهای بزرگ‌تر استفاده کنیم تا مقادیر کوچک‌تر و مناسب‌تری حاصل شود.

توجه ۲:

برای طول واحدهای فرعی زیر قابل استفاده است **(نیازی به حفظ کردن نیست).**

۱ فرسنگ: هر فرسنگ معادل ۶۲۴۰ متر است.

۲ فوت: هر فوت معادل ۳۰/۴۸ سانتی‌متر است. $(۱\ ft = ۳۰/۴۸cm)$

۳ اینچ: هر اینچ معادل ۲/۵۴ سانتی‌متر است. $(۱in = ۲/۵۴\,cm)$

۴ مایل: هر مایل معادل ۱۶۰۹ متر است. $(۱mile = ۱۶۰۹m)$

توجه ۳:

برای اندازه‌گیری فاصله‌ها در نجوم از واحد Au استفاده می‌شود.

Au معادل فاصله‌ی میانگین زمین تا خورشید یعنی $۱/۵\times۱۰^{۱۱}m$ است.

$$۱Au = ۱/۵\times۱۰^{۱۱}m$$

مثال ۳ یک ماهواره‌ی مخابراتی در فاصله‌ی $۴/۵\times۱۰^{۷}$ متر از زمین قرار دارد فاصله‌ی این ماهواره را برحسب یکای نجومی Au به‌دست آورید.

پاسخ:

فاصله بر حسب Au	فاصله بر حسب متر
۱	$۱/۵\times۱۰^{۱۱}$
?	$۴/۵\times۱۰^{۷}$

$$\Rightarrow \quad x = \frac{۴/۵\times۱۰^{۷}}{۱/۵\times۱۰^{۱۱}} = ۳\times۱۰^{-۴}\,Au$$

مثال ٤ یک سال نوری (L_y) مسافتی که نور با سرعت $۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ در مدت ۱ سال طی می‌کند یک سال نوری را برحسب متر به‌دست آورید.

پاسخ:

مسافت طی شده برحسب متر	زمان برحسب ثانیه
۳×۱۰^{۸}	۱
?	$۳۶۵\times۲۴\times۳۶۰۰$

$$d=۳\times۱۰^{۸}\times۳۶۵\times۲۴\times۳۶۰۰\simeq۹\times۱۰^{۱۵}m$$

مثال ٥ نزدیک‌ترین ستاره به زمین خورشید و پس از خورشید «پروکسیما» است که تقریباً ۴ سال نوری با زمین فاصله دارد. این فاصله چند پتامتر است؟

پاسخ:

۴ سال نوری $=۴\times۹\times۱۰^{۱۵}=۳/۶\times۱۰^{۱۶}m=۳۶Pm$

توجه ۴:

یکای جرم در SI کیلوگرم است یک کیلوگرم به صورت زیر تعریف می‌شود.

«یک کیلوگرم در SI جرم استوانه‌ای از جنس آلیاژ پلاتین- ایریدیوم است.»

مثال ٦ واحدهای فرعی مثقال (۴/۸۶ گرم) و پوند (۴۵۳/۵ گرم) برای جرم وجود دارد تعیین کنید ۱ تن چند مثقال و چند پوند است.

پاسخ:

مثقال	گرم
۱	۴/۸۶
x	$۱۰^{۶}$

$$۱\text{ تن}=۱۰۰۰kg=۱۰^{۶}g\Rightarrow \rightarrow x=\frac{۱۰^{۶}}{۴/۸۶}=۲/۰۵۷\times۱۰^{۵}\text{ مثقال}$$

پوند	گرم
۱	۴۵۳/۵
x	$۱۰^{۶}$

$$۱\text{ تن}=۱۰۰۰kg=۱۰^{۶}g\Rightarrow \rightarrow x=۲۲۰۵=۲/۲۰۵\times۱۰^{۳}\text{ پوند}$$

مثال ٧ جرم خورشید در حدود ۲×۱۰^{۳۰} کیلوگرم است. جرم خورشید برحسب تن چه‌قدر است؟

پاسخ: جرم خورشید برحسب تن $m=۲\times۱۰^{۲۷}ton$

تن	کیلوگرم
۱	۱۰۰۰
?	۲×۱۰^{۳۰}

توجه ۵:

یکای زمان در SI ثانیه است یک ثانیه به صورت زیر تعریف می‌شود.

یک ثانیه برابر است با $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ از یک روز خورشیدی (یک روز خورشیدی فاصله زمانی است که خورشید به صورت متوالی در بالاترین نقطه‌ی آسمان ظاهر می‌شود.)

خوب است بدانیم

از سال ۱۹۶۷ میلادی (۱۳۴۷ خورشیدی) تعریف دقیق‌تری برای یکای زمان ارائه شد که براساس تغییر تراز اتم سزیم است.

هر ثانیه برابر است با ۹/۱۹۲/۶۳۱/۷۷۰ برابر زمانی که لازم است یک میکرو موج بتواند در اتم سزیم تغییر تراز ایجاد کند.

انتشارات خوشخوان

مثال ۸ چند واحد فرعی برای زمان نام ببرید و آن‌ها را با واحد SI (ثانیه) مقایسه کنید.

پاسخ:

دقیقه: هر دقیقه برابر است با: ۶۰ ثانیه — $1min = 60s$

ساعت: هر ساعت برابر است با ۳۶۰۰ ثانیه — $1h = 3600s$

روز: هر روز برابر است با: ۸۶۴۰۰ ثانیه — $1day = 86400s$

سال: هر سال برابر است با: 3153×10^{7} ثانیه — $1year = 3153\times10^{7}$

مثال ۹ اگر سن یک دانش‌آموز سال دهم ۱۶ سال باشد سن او را برحسب روز و ساعت و دقیقه و ثانیه به‌دست آورید. (هر سال را ۳۶۵ روز فرض کنید)

پاسخ:

برحسب روز $16\times365 = 5840\ d$

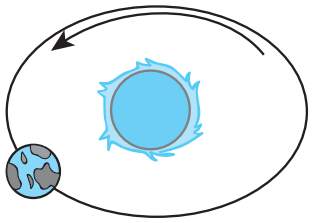
برحسب ساعت $16\times365\times24 = 140160\ h$

برحسب دقیقه $16\times365\times24\times60 = 8409600\ min$

برحسب ثانیه $16\times365\times24\times60\times60 = 504576000\ s$

مثال ۱۰ فاصله‌ی زمین تا ستاره‌ای $4\times10^{16}m$ است. این فاصله برحسب سال نوری چه‌قدر است؟

پاسخ: می‌دانیم که هر سال نوری معادل مسافت $9\times10^{15}m$ است. بنابراین خواهیم داشت:



برحسب سال نوری	فاصله
۱	$9\times10^{15}m$
?	$4\times10^{16}m$

یعنی فاصله‌ی زمین تا این ستاره تقریباً ۴/۴ سال نوری است.

مثال ۱۱ شعاع مدار زمین که به دور خورشید گردش می‌کند 2×10^{11} متر است این شعاع مدار برحسب Au چه‌قدر است؟

پاسخ: هر Au معادل فاصله‌ی میانگین زمین تا خورشید یعنی $1/5\times10^{11}$ متر است که در اندازه‌گیری‌های نجومی استفاده می‌شد.

برحسب Au	فاصله
۱	$1/5\times10^{11}$
?	2×10^{11}

بنابراین شعاع مدار زمین به دور خورشید $\frac{4}{3}Au$ است.

مثال ۱۲ در چند مورد واحد و نماد درست نوشته شده است؟

۱- $d = 59/9\ s$ ۲- $t = 58\ s$ ۳- $m = 624\ ton$

۴- $d = 1/2\ Au$ ۵- $I = 25\ A$ ۶- $T = 300\ s$

پاسخ: موارد ۲ و ۳ و ۴ و ۵ صحیح هستند.

تبدیل یکاها:

در حل مسأله‌های فیزیک برای اندازه‌گیری کمیت‌ها ممکن است با ارقام بسیار بزرگ یا ارقام بسیار کوچک سر و کار پیدا کنیم فرضاً اگر بخواهیم فاصله زمین تا خورشید را برحسب متر بیان کنیم (۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ متر) و یا جرم یک باکتری را برحسب کیلوگرم بیان کنیم. (۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۱ کیلوگرم) و یا تعداد نوسان‌های میدان مغناطیسی در اشعه ایکس را برحسب هرتز بیان کنیم (۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ هرتز) با مقادیر نامناسب مواجه خواهیم شد.

انتشارات خوشخوان

بهتر است در این موارد از تبدیل یکای موردنظر استفاده کنیم. در برخی موارد واحدهای جایگزین وجود دارد فرضاً برای ابعاد اتم که در حدود ۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰۱ متر است جایگزین m ۱۰$^{-۱۰}$ واحد آنگستروم (A°) است در برخی موارد در ازای هر مضربی نمادی خاص وجود دارد فرضاً به جای ۱۰$^{-۳}$ از میلی استفاده می‌کنیم $(۰/۰۰۲m = ۲mm)$ برای تبدیل یکاهای فیزیکی به جدول ضرایب و پیشوند یکاها مراجعه کنید.

جدول ضرایب و پیشوند یکاها		
ضریب	پیشوند	نماد
۱۰^{۲۴}	یوتا	Y
۱۰^{۲۱}	زِتا	Z
۱۰^{۱۸}	اگزا	E
۱۰^{۱۵}	پتا	P
۱۰^{۱۲}	ترا	T
۱۰^{۹}	گیگا(جیگا)	G
۱۰^{۶}	مگا	M
۱۰^{۳}	کیلو	k
۱۰^{۲}	هکتو	h
۱۰^{۱}	دکا	da
۱۰$^{-۱}$	دسی	d
۱۰$^{-۲}$	سانتی	c
۱۰$^{-۳}$	میلی	m
۱۰$^{-۶}$	میکرو	μ
۱۰$^{-۹}$	نانو	n
۱۰$^{-۱۲}$	پیکو	p
۱۰$^{-۱۵}$	فِمتو	f
۱۰$^{-۱۸}$	آتو	a
۱۰$^{-۲۱}$	زِپتو	z
۱۰$^{-۲۴}$	یوکتو	y

نمادگذاری علمی

در نوشتن اعداد بسیار بزرگ یا کوچک از نمادگذاری علمی استفاده می‌کنیم اندازه‌ی هر کمیت فیزیکی وقتی به صورت نماد علمی نوشته می‌شود باید ۳ بخش داشته باشد.

بخش اول عددی بین ۱ تا ۱۰

بخش دوم یک عدد توان دارد بر پایه ۱۰

بخش سوم واحد آن کمیت

انتشارات خوشخوان

مثال ۱۳ هر یک از موارد زیر را برحسب نماد علمی بنویسید.

الف) جرم کره زمین $5\,980\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,kg$

ب) قطر موی انسان $0/000000801\ m$

پاسخ: الف)

$$5\,980\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,kg = \underbrace{5/98}_{\text{بخش اول}} \times \underbrace{10^{24}}_{\text{بخش دوم}}\ \underbrace{m}_{\text{بخش سوم}}$$

ب)

$$0/000000801\ m = \underbrace{8/01}_{\text{بخش اول}} \times \underbrace{10^{-8}}_{\text{بخش دوم}}\ \underbrace{m}_{\text{بخش سوم}}$$

سازگاری یکاها و تبدیل واحد

در یک رابطه و تساوی فیزیکی واحدهای طرفین تساوی باید سازگار باشند.

مثال ۱۴ طبق رابطه‌ی توان $P=\frac{E}{t}$ واحد توان «وات» معادل چیست؟

پاسخ: ژول بر ثانیه است.

$$\underset{\text{وات}}{\downarrow P} = \frac{E \to J}{t \to s}$$

مثال ۱۵ طبق رابطه‌ی $F=ma$ واحد نیرو «نیوتون» است، نیوتون معادل چیست؟

پاسخ: کیلوگرم متر بر مجذور ثانیه است.

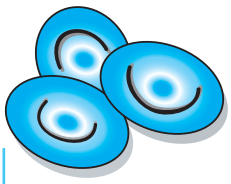
$$\underset{N}{\downarrow F} = \underset{kg}{\downarrow m}\ \underset{\frac{m}{s^2}}{\downarrow a}$$

مثال ۱۶ طبق رابطه‌ی $K=\frac{1}{2}m.v^2$ واحد انرژی جنبشی «ژول» معادل چیست؟

پاسخ: کیلوگرم مجذور متر بر مجذور ثانیه است.

$$\underset{\text{ژول}}{\downarrow K} = \frac{1}{2}\ \underset{kg}{\downarrow m}\ .\ \underset{(\frac{m^2}{s^2})}{\downarrow v^2}$$

مثال ۱۷ قطر گلبول(گویچه) قرمز $7/0\times10^{-6}$ متر است این مقدار را برحسب میلی‌متر و میکرومتر بنویسید.



پاسخ:

$$7\times10^{-6}\ m = \ldots\ldots\ldots\ldots mm$$

$$\frac{7\times10^{-6}\ \cancel{m}}{m\cancel{m}} = \frac{7\times10^{-6}}{10^{-3}} = 7\times10^{-3}$$

$$7\times10^{-6}\ m = \ldots\ldots\ldots\ldots \mu m$$

$$\frac{7\times10^{-6}\ \cancel{m}}{\mu\cancel{m}} = \frac{7\times10^{-6}}{10^{-6}} = 7$$

مثال ۱۸ تغییر هر کمیت نسبت به زمان را آهنگ کمیت می‌نامیم. اگر آهنگ میزان حجم آب عبوری آب یک رودخانه $30\frac{m^3}{min}$ باشد با روش زنجیره‌ای این آهنگ را در SI به‌دست آورید.

پاسخ:

$$30\frac{m^3}{min} = 30\frac{m^3}{(60s)} = \frac{30}{60}\frac{m^3}{s} = 5\times10^{-1}\frac{m^3}{s}$$

مثال ۱۹ با استفاده از روش زنجیره‌ای $۷۲\frac{km}{h}$ را به $\frac{m}{s}$ تبدیل کنید.

پاسخ:

$$۷۲\frac{km}{h}=۷۲\frac{۱۰^{۳}m}{۳۶۰۰s}=\frac{۷۲\times۱۰^{۳}}{۳۶۰۰}\frac{m}{s}=۲۰\frac{m}{s}=۲\times۱۰^{۱}\frac{m}{s}$$

مثال ۲۰ آهنگ عبور گرما از یک پنجره $۶۰\frac{kJ}{min}$ است. این مقدار در SI چه‌قدر است؟

پاسخ:

$$۶۰\frac{kJ}{min}=\ldots\ldots\ldots\ldots\frac{J}{s}$$

$$۶۰\frac{kJ}{min}=۶۰\frac{۱۰^{۳}J}{۶۰s}=\frac{۶۰\times۱۰^{۳}}{۶۰}\frac{J}{s}=۱۰^{۳}\frac{J}{s}$$

مثال ۲۱ در رابطه‌ی $y=\frac{g(A)^{۲}}{۲V_{۰}^{۲}}$ اگر y برحسب متر و g برحسب $\frac{m}{s^{۲}}$ و سرعت اولیه $(V_{۰})$ برحسب $\frac{m}{s}$ باشد. واحد A را به‌دست آورید.

پاسخ:

$$m=\frac{(\frac{m}{s^{۲}})(A)^{۲}}{(\frac{m}{s})^{۲}}\Rightarrow \text{واحد } A=m$$

مثال ۲۲ طول و عرض یک زمین فوتسال ۴۰ متر و ۲۵ متر است. مساحت زمین فوتسال برحسب واحدهای زیر تعیین کنید.

الف) سانتی‌متر مربع ب) هکتار

پاسخ:

الف) $۴۰\times۲۵=۱۰۰۰m^{۲}$

$$۱۰۰۰m^{۲}=\ldots\ldots cm^{۲}\Rightarrow\frac{۱۰۰۰m^{۲}}{cm^{۲}}=\frac{۱۰۰۰}{(۱۰^{-۲})^{۲}}=\frac{۱۰^{۳}}{۱۰^{-۴}}=۱۰^{۷}cm^{۲}$$

ب) $۱۰۰۰m^{۲}=\ldots\ldots(hm)^{۲}\Rightarrow\frac{۱۰۰۰m^{۲}}{۱۰۰^{۲}m^{۲}}=\frac{۱۰^{۳}}{۱۰^{۴}}=۱۰^{-۱}$ هکتار

مثال ۲۳ در نوعی شربت سرماخوردگی ۲۰ میلی‌گرم سیتریزین در ۵۰ میلی‌لیتر مایع شربت وجود دارد. چند گرم ماده سیتریزین در یک لیتر وجود دارد؟

پاسخ: ۵۰ میلی لیتر معادل $۵۰\times۱۰^{-۳}=\frac{۵}{۱۰۰}L$ است. بنابراین در $\frac{۵}{۱۰۰}$ لیتر شربت معادل ۲۰ میلی‌گرم سیتریزین وجود دارد.

بنابراین در هر لیتر $\frac{۴}{۱۰}$ گرم سیتریزین وجود دارد.

سیتریزین (mg)	کل مایع (L)
۲۰	$\frac{۵}{۱۰۰}$
?	۱

$\longrightarrow x=\frac{۲۰۰}{\frac{۵}{۱۰۰}}=۴۰۰$ میلی‌گرم

۱- ۵- دقت و خطای اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری‌ها ممکن است از دستگاه دارای **درجه‌بندی** (وسیله‌های غیررقمی) و یا دستگاه **دیجیتال** (وسیله‌های رقمی) استفاده کنیم، در هر دو صورت اعداد اندازه‌گیری شده دقیق نیستند و همواره در اندازه‌گیری‌ها خطا وجود دارد. اگرچه ممکن است به وسیله‌ی روش‌هایی دقت اندازه‌گیری را افزایش دهیم.

فرض کنید وقتی چشم پزشک، نمره عینک شخصی را تعیین می‌کند دقت اندازه‌گیری خیلی اهمیت دارد. برای افزایش دقت اندازه‌گیری ۳ روش متداول وجود دارد.

۱ افزایش دقت وسیله اندازه‌گیری

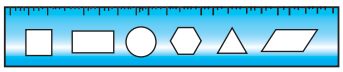
۲ مهارت شخص آزمایشگر

۳ تعداد دفعات اندازه‌گیری

دقت اندازه‌گیری: کم‌ترین مقداری که توسط یک دستگاه قابل اندازه‌گیری است را دقت اندازه‌گیری آن دستگاه می‌نامیم فرضاً خط‌کشی که برحسب میلی‌متر مدرج شده عدد $۵۴/۶\,cm$ را نشان می‌دهد می‌گوییم دقت این دستگاه $\frac{۱}{۱۰}$ سانتی‌متر است و یا دماسنجی که عدد $۲۵/۸^{\circ}C$ را نشان می‌دهد دقتی معادل $\frac{۱}{۱۰}$ دارد. ولی نمی‌توانیم معلوم کنیم که ۲۵/۸ به طور دقیق کدام یک از اعداد ۲۵/۸۱ یا ۲۵/۸۳ یا ۲۵/۸۹ بوده است.

خطای اندازه‌گیری: بنابر قرارداد خطای اندازه‌گیری با توجه به نوع هر دستگاه تعریف خاصی دارد.

الف) دستگاه غیررقمی (وسیله‌ی غیردیجیتال که دارای درجه‌بندی است) در این دستگاه $\pm\frac{۱}{۲}$ برابر کم‌ترین مقدار اندازه‌گیری شده (دقت اندازه‌گیری) را خطا می‌نامیم.



$$\text{خطای دستگاه دارای درجه بندی} = \pm\frac{\text{(دقت اندازه گیری)}}{۲}$$

ب) دستگاه رقمی (دیجیتال) در این دستگاه ±۱ برابر دقت اندازه‌گیری آن وسیله را خطا می‌نامیم.

$$\text{خطای دستگاه دیجیتال} = \pm\text{ (دقت اندازه گیری)}$$

فرضاً وقتی با یک خط‌کش که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است عدد ۲۳ سانتی‌متر خوانده شود می‌گوییم دقت آن $۱\,cm$ و خطای اندازه‌گیری در این دستگاه مدرج (غیردیجیتال) $\pm\frac{۱}{۲}$است. و اگر دمای بدن یک بیمار با دماسنج رقمی (دیجیتال) $۳۷/۸^{\circ}C$ گزارش شود می‌گوییم دقت آن $\frac{۱}{۱۰}{}^{\circ}C$ است. و خطای اندازه‌گیری $\pm\frac{۱}{۱۰}$ است. یعنی عدد واقعی ممکن است ۳۷/۷ درجه تا ۳۷/۹ باشد.

رقم‌های با معنا و گزارش اندازه‌گیری

در هر اندازه‌گیری رقم‌های ثبت شده برای اندازه‌ی موردنظر را رقم‌های با معنی می‌گوییم.

توجه:

در هر اندازه‌گیری ممکن است رقمی را حدس بزنیم که غیرقطعی است. که این رقم را نیز جزء ارقام با معنا محاسبه می‌کنیم. فرضاً وقتی با خط‌کشی که برحسب cm مدرج شده است طول جسمی را اندازه می‌گیریم عدد $۱۵\,cm$ قطعی ولی در عدد $۱۵/۳\,cm$عدد ۳ رقم غیرقطعی است. در واقع $۱۵/۳\,cm$دارای ۳ رقم با معنی است و خطای اندازه‌گیری $\pm\frac{۵}{۱۰}cm = \pm\frac{۱}{۲}$ است بنابراین در گزارش خود باید عدد را $۱۵/۳\pm\frac{۵}{۱۰}$ اعلام کنیم! (طبق بیان کتاب) و تعداد ارقام با معنی ۳ رقم است.

مثال ۲۴ با هر یک از خط‌کش‌های داده شده چند رقم با معنا را می‌توان اندازه‌گیری کرد؟

الف) خط‌کشی که فقط اعداد ۱، ۲، ۳ و ... و ۹ را برحسب سانتی‌متر دارد.

ب) خط‌کشی که فاصله‌ی بین دو عدد صحیح متوالی آن (برحسب سانتی‌متر) به ده قسمت تقسیم شده است.

پاسخ: الف) عدد خوانده شده می‌تواند ۷/۸ باشد که رقم راست آن قطعی نیست پس دو رقم با معنا دارد.

ب) عدد خوانده شده می‌تواند ۱۲/۵ میلی‌متر باشد که رقم سمت راست آن قطعی نیست پس ۳ رقم با معنا دارد.

ویژه‌ی علاقمندان

مثال ۲۵ در کارگاه‌های صنعتی مانند تراشکاری از کولیس و ریزسنج استفاده می‌شود کم‌ترین تقسیم‌بندی کولیس $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر و ریزسنج $\frac{۱}{۱۰۰}$ میلی‌متر است خطای اندازه‌گیری آن‌ها چه‌قدر است؟ ارقام با معنی در هر ابزار چند رقم است؟

پاسخ: برای کولیس عدد خوانده شده فرضاً ۵/۸۲ میلی‌متر که رقم سمت راست قطعی نیست پس تعداد ارقام با معنای آن ۳ است. خطای اندازه‌گیری $\pm\left(\frac{\frac{۱}{۱۰}}{۲}\right)mm=(\pm\frac{۵}{۱۰۰})mm$ است.

برای ریزسنج عدد خوانده شده فرضاً ۵/۸۲۶ میلی‌متر است که رقم سمت راست آن قطعی نیست، پس ۴ رقم با معنی دارد و خطای آن $\left(\pm\frac{\frac{۱}{۱۰۰}}{۲}\right)mm=\frac{۵}{۱۰۰۰}\ mm$ است.

توجه:

اگر دقت ریزسنج $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ باشد خواهیم داشت:

برای ریزسنج عدد خوانده شده فرضاً ۵/۶۲۴۵ میلی لیتر است که رقم سمت راست آن قطعی نیست پس ۵ رقم با معنی دارد و خطای آن $\left(\frac{\frac{۱}{۱۰۰۰}}{۲}\right)=\frac{۵}{۱۰۰۰۰}$ است.

ویژه‌ی علاقمندان

مثال ۲۶ با توجه به شکل نشان داده شده نحوه‌ی کار کولیس را به‌طور کامل توضیح دهید.

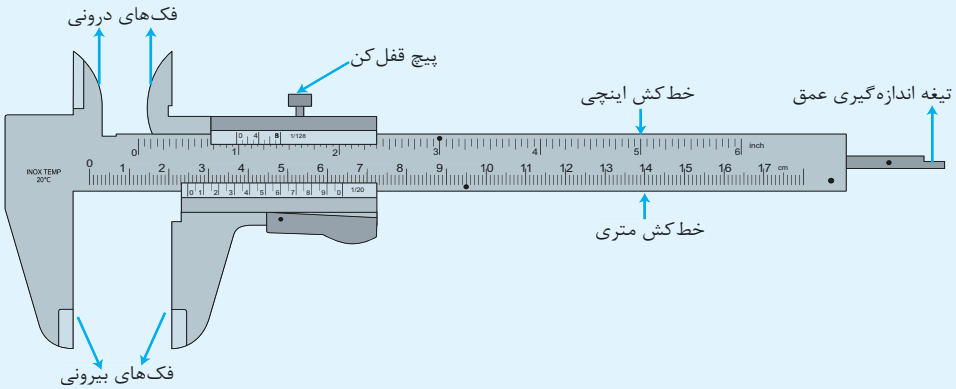
پاسخ: مطابق شکل به قسمت متحرک کولیس، ورنیه (نام مخترع فرانسوی دستگاه) گفته می‌شود خط‌کش فولادی برحسب میلی‌متر مدرج شده است.

توجه مهم:

برروی ورنیه درجه‌بندی کوچکی وجود دارد که ۱۰ قسمت است این ده قسمت به اندازه‌ی ۹ میلی‌متر طول دارد بنابراین هر یک واحد روی ورنیه برابر است با $\frac{۹}{۱۰}$ میلی‌متر به عبارتی می‌توان گفت:

«هر درجه ورنیه به اندازه‌ی $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر از هر درجه روی خط‌کش کوچک‌تر است»

بنابراین در این‌جا عدد ۲۴/۹ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود.

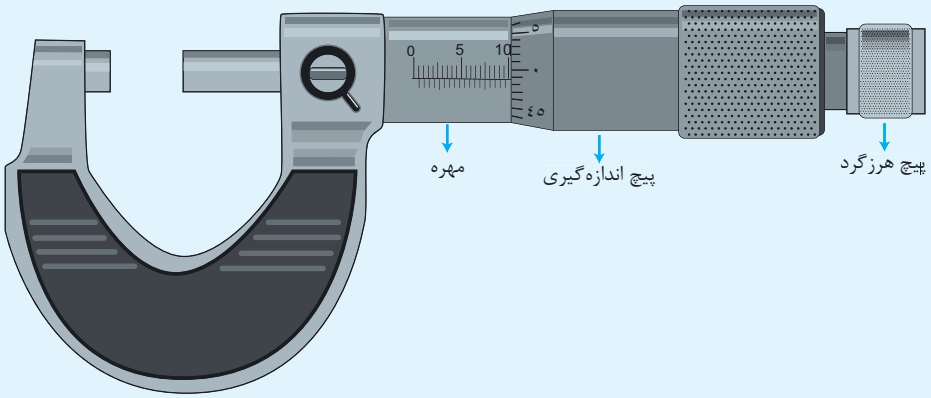


انتشارات خوشخوان

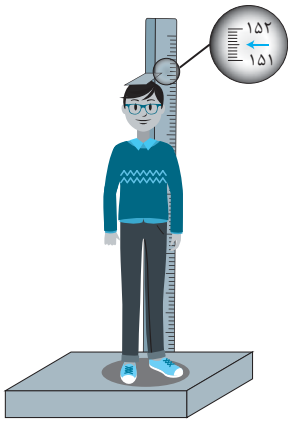
ویژه‌ی علاقمندان

مثال ۲۷ با توجه به شکل نشان داده شده نحوه‌ی کار ریزسنج را به‌طور کامل توضیح دهید.

پاسخ: ریزسنج از دو بخش پیچ (استوانه ثابت) و مهره (استونه متحرک) تشکیل شده است. با استفاده از قسمت پیچ اندازه برحسب میلی‌متر به‌دست می‌آید. سپس با استفاده از قسمت مهره مقداری با دقت $\frac{۱}{۱۰۰}$ میلی‌متر خوانده می‌شود.



مثال ۲۸ در شکل نشان داده شده قد شخص را با خط‌کش میلی متری اندازه‌گیری کرده‌ایم نتیجه‌ی اندازه‌گیری این خط‌کش برحسب سانتی‌متر و با رقم با معنی کدام است؟



پاسخ: با توجه به شکل داده شده قد شخص بزرگ‌تر از ۱۵۱ سانتی‌متر و کوچک‌تر از ۱۵۲ سانتی‌متر است. بنابراین عدد بین $۱۵۱/۵cm$ و $۱۵۱/۶cm$ است. در واقع عدد واقعی بین $۱۵۱/۵۱cm$ تا $۱۵۱/۵۹cm$ می‌تواند باشد.

و چون دستگاه غیر دیجیتال است دقت اندازه‌گیری $\pm\frac{۱}{۲}mm$ است. یعنی فرضاً عددی مانند $۱۵۱/۵۲\pm\frac{۵}{۱۰۰}cm$ گزارش می‌شود.

که دقت اندازه‌گیری $\frac{۵}{۱۰۰}$ سانتی‌متر و ارقام با معنی ۵ است.

مثال ۲۹ ضخامت جسمی $۲/۴\times۱۰^{-۳}$ متر اندازه‌گیری شده است. دقت این اندازه‌گیری را تعیین کنید.

پاسخ: کم‌ترین مقدار $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر گزارش شده است پس دستگاه اندازه‌گیری کننده کم‌ترین تقسیم بندی‌اش میلی‌متر بوده است.

مثال ۳۰ نتیجه‌ی اندازه‌گیری یک دستگاه دیجیتال به صورت $n\times۱۰^{m}$ بر حسب متر است (فرضاً $۲۵\times۱۰^{-۳}m$) نشان دهید خطای اندازه‌گیری ۱۰^{m} یعنی $۱۰^{-۳}$ است؟

پاسخ: چون کم‌ترین مقدار $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ متر است $۰/۰۲۵m=۲۵\times۱۰^{-۳}m$ همین دقت اندازه‌گیری $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ متر است پس خطای اندازه‌گیری $\pm\frac{۱}{۱۰۰۰}$ است به عبارتی $۱۰^{-۳}$ که در حالت کلی ۱۰^{m} است.

۱-۶- تخمین مرتبه‌ی بزرگی در فیزیک

در برخی موارد لازم است برای تجزیه و تحلیل یک موضوع به‌طور غیردقیق (تقریبی) کمیتی را محاسبه کنیم. این تخمین معمولاً در مسائلی کاربرد دارد که:

۱ دقت بالا در آن‌ها مهم نیست.

۲ زمان کافی برای محاسبه‌ی دقیق وجود ندارد.

۳ اطلاعات کافی در دسترس نیست.

به عنوان مثال مقدار تبخیر بنزین سالانه در یک کشور و یا مقدار مصرف برنج سالانه یک کشور را می‌توان با تخمین به‌دست آورد.

ترجمه:

نوعی از تخمین که در فیزیک کاربرد زیادی دارد، تخمین مرتبه‌ی بزرگی است. در این تخمین ابتدا همه‌ی اعداد به صورت نماد علمی $x\times10^{n}$ نوشته می‌شود. اگر $5 \le x < 10$ باشد آن را به صورت 10^{1} قرار می‌دهیم اگر $1 \le x < 5$ باشد آن‌را به صورت 10^{0}قرار می‌دهیم به عنوان مثال عدد $5/91\times10^{5}$ را به صورت 10^{6}تقریب می‌زنیم.

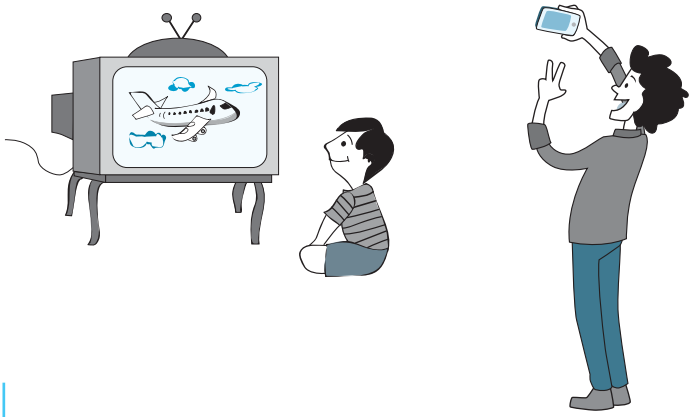
مثال ۳۱ اگر مساحت کشورمان ایران $1/600/000\,km^2$ باشد و متوسط بارش باران در کل کشور $20\,mm$ و قطر هر قطره باران $4\,mm$ فرض شود تعداد قطره‌های باران را در کل کشور تخمین بزنید.

پاسخ: ابتدا مساحت کشور را برحسب m^2 سپس حجم بارش را تخمین می‌زنیم

$$1/6\times10^{6}\,km^2 = A = 1/6\times10^{6}\times10^{6}\,m^2 \sim 10^{12}\,m^2$$

با توجه به این‌که حجم هر قطره که به صورت کره فرض می‌شود معادل $V=\frac{4}{3}\times3\times(2\times10^{-3})^3$ است با تقریب $10^{-8}\,m^3$ خواهد بود بنابراین در نهایت $\frac{10^{10}}{10^{-8}}=10^{18}$ تعداد قطره‌های باران است.

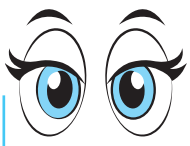
مثال ۳۲ تخمین بزنید که یک فرد در طول عمر خود چند ساعت را صرف موبایل و تماشای تلویزیون می‌کند.



پاسخ: فرض کنیم به‌طور متوسط یک شخص در مدت ۶۰ سال روزانه ۳ ساعت از موبایل و تلویزیون استفاده کند، بنابراین:

$$60\times365\times3 \sim 10^{2}\times10^{2} \sim 10^{4}$$

مثال ۳۳ تخمین بزنید یک انسان در طول زندگی‌اش چند بار پلک می‌زند.



پاسخ: اگر سن یک فرد را تقریباً ۷۵ سال و تعداد پلک زدن در هر ۵ ثانیه یکبار باشد خواهیم داشت:

تعداد ثانیه‌های عمر $= 75\times365\times24\times3600$

$$(7/5\times10^{1})(3/65\times10^{2})(2/4\times10^{1})(3/6\times10^{3}) \simeq 10^{2}\times10^{2}\times10^{1}\times10^{3} \simeq 10^{8}\,s$$

تعداد پلک زدن‌ها $\frac{10^{8}}{5}=\frac{10}{5}\times10^{7}=2\times10^{7}$

مثال ۳۴ تعداد خودروهای در حال تردد در کشور حدود ۱۵ میلیون است. توان متوسط چراغ‌های هر خودرو ۱۰۰ وات است با سوزاندن هر لیتر سوخت $۴\times۱۰^{۷}\,j$ انرژی تولید می‌شود و بازده آن ۲۰ درصد است اگر در هر شبانه روز چراغ خودرو ۱ ساعت روشن باشد مصرف سوخت به دلیل روشن بودن چراغ‌ها را تخمین بزنید.

پاسخ: ابتدا انرژی مورد نیاز برای چراغ‌ها را تخمین می‌زنیم:

$$P=\frac{W}{t}\Rightarrow W=(۱۰۰)(۳۶۰۰)$$

$$(۱۵\times۱۰^{۶})(۱۰۰\times۳۶۰۰)J=۱/۵\times۱۰^{۷}\times۱۰^{۲}\times۳/۶\times۱۰^{۳}\sim۱۰^{۷}\times۱۰^{۲}\times۱۰^{۳}=۱۰^{۱۲}J$$

انرژی مفید	انرژی مصرفی
۲۰	۱۰۰
$۱۰^{۱۲}$	?

$\Rightarrow$ انرژی کل مصرفی باید $۵\times۱۰^{۱۲}J$ باشد

بنابراین معادل $\frac{۵\times۱۰^{۱۲}}{۴\times۱۰^{۷}}$ لیتر سوخت یعنی ۱۲۵ هزار لیتر مصرف می‌شود.

مثال ۳۵ تفاوت دقت و صحت اندازه‌گیری را با ذکر مثالی توضیح دهید.

پاسخ: یک ساعت دیواری ممکن است اعداد را درست نشان دهد ولی دقت بالایی نداشته باشد ولی یک ساعت دیجیتال ممکن است تا $\frac{۱}{۱۰۰}$ ثانیه را نشان دهد اگرچه دقیق است ولی ساعت را درست نشان ندهد.

توجه:
در یک اندازه‌گیری مناسب باید دقت و صحت هر دو وجود داشته باشد.

۱-۷- چگالی (جرم حجمی)

فرض کنید یک سطل پر از آب باشد و بار دیگر همان سطل پر از پیچ و مهره آهنی باشد کدام یک سنگین‌تر است. با وجود آنکه حجم‌های مساوی وجود دارد ولی در حجم یکسان جرم آهن بیش‌تر از آب است. این خاصیت که اجسام در حجم‌های یکسان جرم متفاوت و یا برای جرم‌های یکسان حجم متفاوت دارند مربوط به چگالی است. فرضاً ممکن است تراکم استخوان یک فرد در اثر بیماری یا کهولت سن کاهش یابد با این‌که همان حجم سابق را دارد ولی چگالی آن کم‌تر می‌شود و یا در کارهای مهندسی عمران چگالی بُتن با توجه به کاربرد متفاوت است.

تعریف: یک متر مکعب از یک ماده همگن جرمی دارد که به آن چگالی گویند.

رابطه و واحد چگالی

حجم $(m^{۳})$	جرم (kg)
V	m
۱	?

$$\text{چگالی}\ \rho=\frac{\text{جرم}\ m}{\text{حجم}\ V}\Rightarrow \text{واحد چگالی}=\frac{kg}{m^{۳}}$$

مثال ۳۶ چگالی طلا تقریباً $۱۹۳۰۰\frac{kg}{m^{۳}}$ است چگالی طلا را برحسب $\frac{g}{cm^{۳}}$ بیابید.

پاسخ:

$$۱۹۳۰۰\frac{kg}{m^{۳}}=۱۹۳۰۰\frac{۱۰^{۳}g}{۱۰^{۶}cm^{۳}}=۱۹۳۰۰\times\frac{۱}{۱۰^{۳}}=۱۹/۳\frac{g}{cm^{۳}}$$

مثال ۳۷ چرا یخ روی آب شناور می‌شود؟

پاسخ: وقتی آب یخ می‌زند حجم آن افزایش می‌یابد در حالی‌که جرم ثابت است بنابراین چگالی آب پس از یخ زدن کم‌تر از آب می‌شود.

مثال ۳۸ چگالی فلز اُسمیم $22/5 \frac{g}{cm^3}$ است، تعیین کنید یک متر مکعب از آن چه جرمی دارد. این جرم را با جرم یک متر مکعب آب مقایسه کنید.

پاسخ:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 22/5 \times 10^3 = \frac{m}{1} \Rightarrow m = 22/5 \times 10^3 \, kg$$

یعنی این مکعب ۲۲/۵ تن جرم دارد. در حالی‌که برای ۱ متر مکعب آب با توجه به این‌که چگالی آب $1 \frac{g}{cm^3}$ است، خواهیم داشت:

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1 \frac{10^{-3} kg}{10^{-6} m^3} = 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 10^3 = \frac{m}{1} \Rightarrow m = 1000 kg$$

مثال ۳۹ جرم یک پرتقال با پوست ۲۰۰ گرم است وقتی آن را درون استوانه مدرج محتوی آب قرار می‌دهیم حجم آب ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب افزایش می‌یابد همان پرتقال بدون پوست جرمی معادل ۱۵۰ گرم دارد و حجم آب را ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب تغییر می‌دهد.

الف) چگالی پرتقال بدون پوست، پرتقال و پوست پرتقال را بیابید.

ب) پرتقال بدون پوست سبک‌تر است آیا چگالی کم‌تری هم دارد.

پاسخ: الف)

پرتقال با پوست $\rho = \frac{m}{V} = \frac{200}{250} = 0/8 = 8 \times 10^{-1} \frac{g}{cm^3}$

پرتقال بدون پوست $\rho = \frac{m}{V} = \frac{150}{100} = 1/5 \frac{g}{cm^3} = \frac{3}{2} \frac{g}{cm^3}$

پوست پرتقال $\rho = \frac{m}{V} = \frac{50}{150} = \frac{1}{3} \frac{g}{cm^3}$

ب) خیر

مثال ۴۰ خون در گردش بدن یک فرد بالغ حدود ۵/۱ لیتر است. اگر چگالی خون $1/05 \frac{g}{cm^3}$ باشد، جرم خون در گردش این فرد چند کیلوگرم است. (هر لیتر معادل $1000 cm^3$ است)

پاسخ: با استفاده از رابطه و چگالی $\rho = \frac{m}{V}$ خواهیم داشت:

$$1/05 = \frac{m}{(5/1)(10^3)} \Rightarrow m = 5355 \, g = 5/355 kg$$

مثال ۴۱ جرم یک ظرف توخالی ۴۰۰ گرم است وقتی این ظرف را از مایعی به چگالی $0/8 \frac{g}{cm^3}$ پر می‌کنیم جرم مجموعه ۵۶۰ گرم و هنگامی که همین ظرف را از مایع دیگری پر می‌کنیم جرم مجموعه به ۶۴۰ گرم می‌رسد چگالی مایع دوم چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟

پاسخ: جرم مایع اول و جرم مایع دوم به ترتیب ۱۶۰ گرم و ۲۴۰ گرم است. حجم مایع اول طبق $\rho = \frac{m}{V}$ برابر است با: $0/8 = \frac{160}{V} \Rightarrow V = 200 cm^3$

بنابراین حجم مایع دوم هم $200 cm^3$ و در نتیجه چگالی آن $\frac{240}{200}$ یعنی ۱/۲ است.

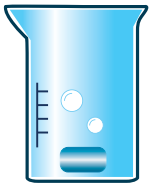
انتشارات خوشخوان

مثال ۴۲ ۲۰۰ گرم از مایعی به چگالی $0/8 \frac{g}{cm^3}$ را با ۶۰۰گرم از مایعی به چگالی $1/2 \frac{g}{cm^3}$ مخلوط می‌کنیم چگالی مخلوط را به‌دست آورید.

پاسخ:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{200 + 600}{(\frac{200}{0/8}) + (\frac{600}{1/2})} = \frac{800}{250 + 500} = \frac{16}{15} \frac{g}{cm^3}$$

مثال ۴۳ در یک ظرف پر از آب قطعه‌ای طلا به جرم ۴۰ گرم قرار می‌دهیم در نتیجه $4cm^3$ مایع بیرون می‌ریزد در این صورت چگالی قطعه طلا را تعیین کنید. آیا این قطعه از طلای خالص است؟ $(\rho_{\text{طلا}} = 19/3 \frac{g}{cm^3})$



پاسخ: با توجه به حجم مایع خارج شده حجم قطعه طلا ۴ سانتی‌متر مکعب است، بنابراین چون جرم آن ۴۰ گرم است چگالی این قطعه طبق رابطه‌ی $\rho = \frac{m}{V}$ برابر است با:

$$\rho = \frac{40}{4} = 10 \frac{g}{cm^3}$$

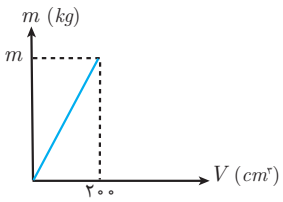
از آنجا که چگالی طلا $19/3 \frac{g}{cm^3}$ است، پس این قطعه طلای خالص نیست.

مثال ۴۴ چگالی آلومینیوم $2/7 \frac{g}{cm^3}$ و چگالی مس $8/9 \frac{g}{cm^3}$ دو ظرف غذا با حجم $100cm^3$ یکی از آلومینیوم و ظرف دیگر از مس است جرم ظرف مسی چند گرم بیش‌تر است؟

پاسخ:

$$m_{Al} = (\rho V)_{Al} \Rightarrow m_{Al} = (2/7)(100) = 270g$$
$$m_{Cu} = (\rho V)_{Cu} \Rightarrow m_{Cu} = (8/9)(100) = 890g$$
$$\Rightarrow \Delta m = 620g$$

مثال ۴۵ با توجه به نمودار مقابل اگر چگالی جسم $3 \frac{g}{cm^3}$ باشد، m را بیابید.



پاسخ:

$$3 \frac{g}{cm^3} = 3000 \frac{kg}{m^3} \Rightarrow 3000 = \frac{m}{200 \times 10^{-6}} \Rightarrow m = 0/6 kg$$

مثال ۴۶ چگالی کره ماه تقریباً ۳۳۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. اگر شعاع ماه تقریباً ۱۷۵۰ کیلومتر باشد

الف) جرم ماه را بر حسب کیلوگرم تعیین کنید. $(\pi \simeq 3)$

ب) اگر شعاع زمین را ۶۴۰۰ کیلومتر فرض کنیم حجم زمین چند برابر ماه است؟

پاسخ: الف)

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 3340 = \frac{m}{\frac{4}{3} \times 3 \times (1750 \times 10^3)^3} \Rightarrow m = 7/16 \times 10^{22} kg$$

ب)

$$\frac{V_{e\text{زمین}}}{V_{m\text{ماه}}} = \frac{\frac{4}{3}\pi R_e^3}{\frac{4}{3}\pi R_m^3} = (\frac{R_e}{R_m})^3 = (\frac{6400}{1750})^3 \sim 50$$

انتشارات خوشخوان

مسائل نمونه فصل (۱)

۱. فیزیک‌دانان برای توصیف پدیده‌های فیزیکی اغلب از چه مواردی استفاده می‌کنند.(۳ مورد نام ببرید.)

۲. برای رفتار اتم (تا سال ۱۹۲۶) ۵ مدلی را که ارائه شده نام ببرید.

۳. در چه صورت یک مدل با نظریه‌ی فیزیکی بازنگری می‌شود.

٤. مدل‌سازی در فیزیک چگونه فرآیندی است، مثالی بزنید.

۵. به نظر شما وقتی می‌خواهیم حرکت یک هواپیما را مدل‌سازی کنیم آیا می‌توانیم از وجود هوا صرف‌نظر کنیم.

۶. اگر ترازویی داشته باشیم که دقت آن $\frac{۱}{۱۰}$ کیلوگرم باشد. چگونه می‌توانیم جرم یک دانه لوبیا را با این ترازو اندازه بگیریم؟

۷. با خط‌کشی که دقت آن سانتی‌متر است، چگونه می‌توانیم ضخامت یک برگه کاغذ را اندازه‌گیری کنیم؟

۸. حاصل‌ضرب جرم در سرعت یک جسم را اندازه حرکت آن جسم می‌گویند و آن را با P نشان می‌دهند واحد اندازه حرکت در SI چیست؟

۹. در مجموعه‌ی زیر کدام کمیت‌ها فرعی هستند.

آهنگ رسانش گرما- دما- زمان- شتاب- فشار- مقاومت الکتریکی

۱۰. یک قرن تقریباً چند میلیارد ثانیه است؟

۱۱. هواپیمایی در فاصله‌ی ۳۰۰۰۰ پا از سطح دریا حرکت می‌کند، این ارتفاع را برحسب متر و اینچ به‌دست آورید.

۱۲. مساحت خلیج فارس حدود ۲۴۰ هزار کیلومتر مربع است، این مساحت چند هکتار است؟

۱۳. وقتی می‌گوییم مصرف روزانه‌ی بنزین در کشور نسبت به سال قبل ۲درصد رشد دارد، مفهوم آن چیست؟

در سال ۹۴ مصرف روزانه ۶۸ میلیون لیتر بوده است. در سال ۹۶ مصرف بنزین تقریباً چند لیتر است؟

۱٤. مصرف سالانه‌ی برنج در کشور را تخمین بزنید.

۱۵. آهنگ خروج از یک لوله انتقال آب شیرین ۳۶۰۰ لیتر بر ساعت است آهنگ خروج آب از این لوله چند میلی‌گرم بر ثانیه است؟

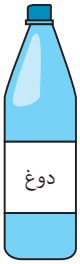
۱۶. وقتی می‌گوییم کولر گازی ۳۰۰۰۰ منظورمان مقدار سرمادهی آن در ساعت است (۳۰۰۰۰$\frac{BTU}{h}$) اگر $۱BTU = ۱۰۵۵\,J$ باشد سرمادهی این کولر برحسب $\frac{J}{s}$ چه‌قدر است؟

۱۷. واحد انرژی ژول و رابطه‌ی انرژی پتانسیل $U = mgh$ است. واحد g را معلوم کنید؟

۱۸. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب ۴۲۰۰$\frac{J}{kg\,^{\circ}C}$ است، این ظرفیت چند $\frac{cal}{g\,^{\circ}C}$ است. (هر کالری تقریباً ۴/۲ ژول است.)

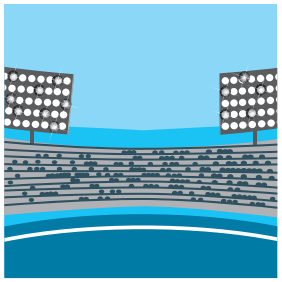
۱۹. فشار هوا در سطح دریا معادل ۱۰۰ کیلو پاسکال است (هر پاسکال معادل یک نیوتون بر متر مربع است) فشار هوا چند نیوتون بر سانتی‌متر مربع است؟

۲۰. حجم یک بطری دوغ ۲۵۰ میلی‌لیتر است هر لیتر ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است حجم این بطری چند سانتی‌متر مکعب است؟



۲۱. در رابطه‌ی $V^{۲} = Ax^{۲} + Bx$ ، x مکان و واحد آن متر، V سرعت و واحد آن $\frac{m}{s}$ است در این صورت واحد A و B را به‌دست آورید.

۲۲. در بازی‌های جام جهانی فوتبال ۳۲ تیم در ۸ گروه چهار تیمی شرکت می‌کنند اگر به‌طور متوسط هر بازی ۵۰۰۰۰ تماشاچی با بلیط ۶۰ دلار داشته باشد تخمین بزنید که درآمد حاصل از بلیط فروشی چند دلار است؟ اگر این بازی‌ها در ایران انجام شود درآمد بلیط فروشی تقریباً چند تومان خواهد بود؟



۲۳. اگر هر خانوار ایرانی به‌طور متوسط در شبانه‌روز معادل ۵ ساعت به اندازه‌ی یک لامپ ۱۰۰ واتی کمتر انرژی مصرف کنند صرفه‌جویی سالانه را تخمین بزنید.

۲٤. شعاع کره‌ی زمین ۶۴۰۰ کیلومتر است. اگر بخواهیم از کنار هم قرار دادن انسان‌ها به دور کره‌ی زمین کمربند انسانی ایجاد کنیم چه تعداد انسان نیاز است؟

۲۵. جرم جسمی توسط یک دستگاه اندازه‌گیری به صورت $۰/۰۱۵۴\,kg \pm ۰/۰۰۵\,kg$ گزارش شده است. تعیین کنید در این اندازه‌گیری:

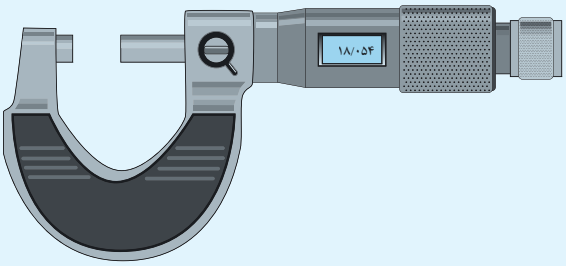
الف) چند رقم با معنی وجود دارد؟ ب) رقم غیر قطعی آن کدام است؟

انتشارات خوشخوان

۲۶. دو ریزسنج A و B در نظر بگیرید A رقمی (دیجیتال) و دارای دقت $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلی‌متر و B غیررقمی (غیر دیجیتال) و دارای دقت $\frac{۱}{۱۰۰}$ میلی‌متر هستند. خطای هر کدام از ریزسنج‌ها را به‌دست آورید.

ویژه‌ی علاقمندان

۲۷. یک ریزسنج رقمی (دیجیتال) مطابق شکل طول قطعه‌ای را ۱۸/۰۵۴ میلی‌متر نشان می‌دهد، خطای دستگاه و رقم غیرقطعی را تعیین کنید.



۲۸. در یک کولیس قسمت خط‌کش (بخش ثابت) روی عدد $۱۸/۴\,cm$ تنظیم شده است. اگر از ورنیه (بخش متحرک) عدد ۹ برروی یکی از خط‌های خط‌کش منطبق شود. دقت اندازه‌گیری و خطای اندازه‌گیری و رقم غیرقطعی را معلوم کنید.

۲۹. یک مکعب همگن که هر ضلع آن ۲۰ سانتی‌متر و چگالی آن $۱۰\frac{g}{cm^۳}$ است، چند نیوتون وزن دارد؟

۳۰. وقتی آب یخ می‌زند تقریباً حجم آن ۱۰درصد افزایش می‌یابد چگالی یخ چند برابر آب است؟

۳۱. در یک بطری با گنجایش ۴ لیتر چند کیلوگرم از هر مایع زیر را می‌توان جای داد؟

الف) آب $\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}$

ب) بنزین $\rho_{بنزین}=۰/۹\frac{g}{cm^۳}$

ج) جیوه $\rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$

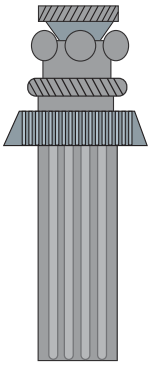
۳۲. مکعبی به ضلع ۱۰ سانتی‌متر و چگالی $۸\frac{g}{cm^۳}$ جرمی معادل ۷ کیلوگرم دارد.

الف) آیا این مکعب توپر است؟

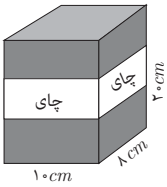
ب) حجم حفره درون آن را بیابید.

۳۳. یکی از ستون‌های سنگی تخت جمشید که به شکل استوانه است دارای قطر یک متر و ارتفاع ۳ متر است جرم این ستون چند تن است؟

(چگالی سنگ $۶\frac{g}{cm^۳}$ فرض شود.)



۳۴. مطابق شکل ابعاد یک پاکت چای گلستان به ابعاد $۲۰cm\times۱۰cm\times۸cm$ دارای جرم خالص ۵۰۰ گرم است. چگالی چای خشک چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟



۳۵. سه مایع A، B و C که باهم مخلوط نمی‌شوند. را درون یک استوانه‌ی شیشه‌ای می‌ریزیم پس از جدا شدن مایع‌ها ترتیب قرار گرفتن آن‌ها از بالا به پایین چگونه است؟

(فرض کنید $\rho_A=۱۴\frac{g}{cm^۳}$, $\rho_B=۱۲۰۰\frac{kg}{m^۳}$, $\rho_C=۶۰۰\frac{g}{L}$)

۳۶. در بدن یک انسان بالغ حدود ۵/۲ لیتر خون وجود دارد اگر چگالی خون $۱/۰۶\frac{g}{cm^۳}$ باشد تعیین کنید چند درصد از وزن یک شخص ۸۰ کیلوگرمی را خون آن شخص تشکیل می‌دهد. $(g\sim۱۰\frac{N}{kg})$

۳۷. آب در محدوده‌ی صفر تا ۴ درجه‌ی سلسیوس انبساط غیرعادی دارد، یعنی به‌جای افزایش حجم کاهش حجم می‌دهد با توجه به این مفهوم وقتی سطح دریاچه‌ای یخ می‌زند دمای لایه‌های آب در زیر آن چگونه است؟

۳۸. با مخلوط کردن ۲۰۰ گرم مایع A و ۹۰۰ گرم مایع B مخلوطی ایجاد کرده‌ایم. اگر $\rho_A=۲\frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_B=۳\frac{g}{cm^۳}$ تعیین کنید:

الف) چگالی مخلوط؟

ب) چند درصد از حجم مخلوط را مایع B تشکیل می‌دهد؟

پاسخ مسائل نمونه فصل (۱)

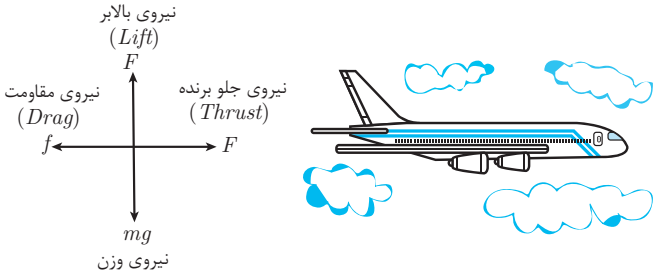
۱. فیزیک‌دانان برای توصیف پدیده‌ها اغلب از
۱- قانون ۲- مدل ۳- نظریه استفاده می‌کنند.

۲.

سال	مدل	دانشمندان ارائه کننده
۱۸۰۷	توپ بیلیارد	دالتون
۱۹۰۳	کیک کشمشی	تامسون
۱۹۱۱	هسته‌ای	رادرفورد
۱۹۱۳	سیاره‌ای	بور
۱۹۲۶	ابر الکترونی	شرودینگر

۳. وقتی نتایج آزمایش‌های جدید باعث می‌شود که مدل قبلی را با مدل جدید جایگزین کنیم و حتی مدل را تغییر دهیم و از نظریه جدید استفاده کنیم.

٤. مدل‌سازی فرآیندی است که در آن یک پدیده‌ی فیزیکی آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود. به عنوان مثال وقتی می‌خواهیم حرکت یک هواپیما را بررسی کنیم برای ساده‌سازی، نیروهای مهم وارد بر آن را به شکل زیر بررسی می‌کنیم.



۵. خیر - در مدل‌سازی فقط می‌توانیم از عواملی صرف‌نظر کنیم که تأثیر چندانی در بررسی مسأله نداشته باشند. در حرکت هواپیما هوا عامل بسیار مهمی است.

۶. تعدادی لوبیای هم‌اندازه را جدا می‌کنیم تا جرم آن‌ها ۱۰۰ گرم یا ۲۰۰ گرم یا ۳۰۰ گرم باشد با توجه به تعداد به‌دست آمده می‌توانیم جرم یک عدد لوبیا را به‌دست آوریم.

۷. می‌توانیم ضخامت تعدادی از برگه‌ها را برحسب سانتی‌متر معلوم کنیم و سپس با تقسیم عدد به‌دست آمده به تعداد کاغذها ضخامت هر یک از برگه‌ها را به‌دست آوریم.

۸. $P = mV$

واحد اندازه حرکت $= kg\dfrac{m}{s}$

۹. آهنگ رسانش گرما- شتاب- فشار- مقاومت الکتریکی

۱۰. $۱\ \text{قرن} = ۱۰۰\ \text{سال} = ۱۰۰(۳۶۵)_{\text{روز}}$

$= (۳۶۵۰۰)_{\text{روز}} = (۳۶۵۰۰)(۲۴)_{\text{ساعت}} = (۳۶۵۰۰)(۲۴)(۶۰)_{\text{دقیقه}}$

$= (۳۶۵۰۰)(۲۴)(۶۰)(۶۰) = ۳۱۵۳۶۰۰۰۰۰_{\text{ثانیه}}$

که اگر آن را تقریب بزنیم حدود $۱۰^{۹}$ ثانیه می‌شود توجه کنیم که سه میلیارد و یکصد و پنجاه و سه میلیون و ششصد هزار ثانیه معادل یک قرن است. (جواب سؤال : یک میلیارد ثانیه)

۱۱. هر فوت معادل ۳۰/۴۸ سانتی‌متر است و هر اینچ ۲/۵۴ سانتی‌متر است.

$۳۰۰۰۰\ ft = ۳۰۰۰۰(۳۰/۴۸)cm = ۹۱۴۴۰۰\ cm = ۹۱۴۴m$

$۱\ ft = ۱۲in \Rightarrow ۳۰۰۰۰\ ft = ۳۰۰۰۰\times ۱۲in = ۳۶۰۰۰۰in$

۱۲. هر هکتار $(۱۰^{۴})$ = ۱۰۰۰۰ متر مربع است.

$$۲۴۰۰۰۰km^{۲} = ۲۴\times ۱۰^{۴}\times ۱۰^{۶}m^{۲} = \frac{۲۴\times ۱۰^{۱۰}m^{۲}}{۱۰^{۴}} = ۲۴\times ۱۰^{۶}$$

۱۳. در هر سال مصرف روزانه معادل ۲ درصد افزایش می‌یابد فرضاً اگر در سال ۹۴ مصرف روزانه کشورمان ۶۸ میلیون لیتر باشد

مصرف در سال ۹۵ $= ۶۸ + \dfrac{۲}{۱۰۰}(۶۸) = ۶۹/۳۶$

مصرف در سال ۹۶ $= ۶۹/۳۶ + \dfrac{۲}{۱۰۰}(۶۹/۳۶) = ۷۰/۷۴$

۱٤. با مراجعه به سایت و آمار وزارت جهاد کشاورزی مصرف سرانه‌ی برنج ۴۰ کیلوگرم است بنابراین با توجه به جمعیت ۷۸۴۷۵۰۰۰ (در سال ۹۴) خواهیم داشت $۷۸۴۷۸۰۰۰\times ۴۰ = ۳۱۳۹۰۰۰۰۰۰$ یعنی معادل سه میلیارد و صد و سی و نه میلیون کیلوگرم و برحسب تن خواهیم داشت $۳۱۳۹۰۰۰ton$ تخمین این عدد حدود $۱۰^{۹}kg = ۱۰^{۶}ton$ خواهد بود.

۱۵. می‌دانیم هر لیتر آب خالص معادل یک کیلوگرم است

$$۳۶۰۰\frac{L}{h} = ۳۶۰۰\frac{kg}{h} = ۳۶۰۰\frac{kg}{۳۶۰۰s} = \frac{۳۶۰۰}{۳۶۰۰}\times\frac{۱۰^{۳}}{۱}\times\frac{g}{s}$$

$$= ۱۰۰۰\frac{g}{s} = ۱۰^{۶}\frac{mg}{s}$$

۱۶.

$$۳۰۰۰۰\frac{BTU}{h} = ۳۰۰۰۰\frac{۱۰۵۵\,J}{۳۶۰۰s} = ۸۷۹۱/۶ = ۸/۷۹۱۶\times ۱۰^{۳}\frac{J}{s}$$

۱۷.

$$u = \underset{J}{\downarrow}\ \underset{kg}{\downarrow}\ g\ \underset{m}{\downarrow}\ h$$

واحد g معادل $\dfrac{J}{kgm}$ خواهد بود.

۱۸.

$$۴۲۰۰\frac{J}{kg^{\circ}C} = ۴۲۰۰\frac{\frac{۱}{۴/۲}cal}{۱۰^{۳}g^{\circ}C} = \frac{۴۲۰۰}{۴۲۰۰}\frac{cal}{g^{\circ}C} = ۱\frac{cal}{g^{\circ}C}$$

۱۹.

$$۱۰۰kPa = ۱۰^{۵}Pa = ۱۰^{۵}\frac{N}{m^{۲}} = ۱۰^{۵}\frac{N}{۱۰^{۴}cm^{۲}} = ۱۰\frac{N}{cm^{۲}}$$

۲۰.

$$۲۵۰mL = ۲۵۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۳} cm^{۳} = ۲۵۰cm^{۳}$$

۲۱. واحد طرفین رابطه باید برابر باشد.

$$V^{۲} = Ax^{۲} + Bx \Rightarrow (\frac{m}{s})^{۲} = A(m)^{۲} + B(m)$$

$$\begin{cases} A(m^{۲}) = (\frac{m}{s})^{۲} \\ B(m) = (\frac{m}{s})^{۲} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Rightarrow \frac{۱}{۲s^{۲}} \\ \Rightarrow \frac{m}{۲s^{۲}} \end{cases}$$

۲۲. برای مشخص شدن قهرمان در کل ۶۴ بازی انجام می‌شود.

(۴ بازی حذفی) ← (۸ بازی مرحله حذفی) ← (۴۸ بازی مرحله گروهی)

← (۱ بازی فینال) ← (۲ بازی رده‌بندی)

$$۶۴ \times ۵۰۰۰۰ \times ۶۰ = (۶/۴ \times ۱۰^{۱})(۵ \times ۱۰^{۴}) \times (۶ \times ۱۰^{۱})$$

$$\simeq ۱۰^{۲} \times ۱۰^{۵} \times ۱۰^{۲} \simeq ۱۰^{۹}$$

تقریباً یک میلیارد دلار درآمد بلیط فروشی خواهد بود با فرض هر دلار ۳۵۰۰ تومان خواهیم داشت:

$(۱۰^{۹} \times ۳/۵ \times ۱۰^{۳}) = ۱۰^{۱۲}$ هزار میلیارد تومان=

۲۳. اگر به‌طور میانگین هر خانواده را ۵ نفر در نظر بگیریم و جمعیت کشور را حدود ۸۰ میلیون فرض کنیم ۱۶ میلیون خانواده وجود دارد.

(۱۶×۱۰^{۶}) (تعداد خانواده‌ها) $(۱۰۰ \times ۵ \times ۳۶۰۰)$ ($P=\frac{E}{t} \Rightarrow E=P.t$ صرفه جویی در یک روز) (۳۶۵) (صرفه جویی در یک سال)

صرفه‌جویی شده $E \sim ۱۰^{۷} \times ۱۰^{۶} \times ۱۰^{۲} = ۱۰^{۱۵} J = ۱PJ$

۲۴. محیط کره‌ی زمین را با استفاده از $۲\pi R$ به‌دست می‌آوریم $۲ \times ۳ \times ۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳}$ اگر پهنای بدن هر شخص را نیم متر در نظر بگیریم خواهیم داشت.

$$\frac{۲ \times ۳ \times ۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳}}{۰/۵} = ۴ \times ۳ \times ۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳} =$$

$$۱۲ \times ۶۴۰۰ \times ۱۰^{۳} \sim ۱۰^{۸}$$

۲۵. الف) صفرهای سمت راست به عنوان رقم قطعی محاسبه می‌شوند ولی صفرهای سمت چپ را در نظر نمی‌گیریم بنابراین ۳ رقم با معنی وجود دارد.

ب) رقم آخر سمت راست یعنی عدد ۴ رقم غیرقطعی است.

۲۶. خطای ریزسنج A به دلیل این‌که دستگاه رقمی است معادل (دقت) $\pm$ است و خطای ریزسنج B به دلیل این‌که دستگاه غیررقمی است معادل (دقت) $\pm\frac{۱}{۲}$ است. بنابراین خطای ریزسنج A $(\pm ۰/۰۰۱mm)$ خطا دارد. و خطای ریزسنج B $\pm\frac{۱}{۲}(\frac{۱}{۱۰۰})$ یعنی $(\pm\frac{۵}{۱۰۰۰})$ است.

۲۷. دقت دستگاه اندازه‌گیری $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلی‌متر است. چون دستگاه رقمی است، بنابراین خطای اندازه‌گیری معادل $\pm\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلی‌متر خواهد بود. عدد ۴ رقم غیرقطعی خواهد بود.

۲۸. با توجه به اطلاعات سؤال عددی که خوانده می‌شود ۱۸/۴۹ سانتی‌متر خواهد بود. بنابراین دقت اندازه‌گیری $\frac{۱}{۱۰۰}$ سانتی‌متر است. چون دستگاه غیررقمی است بنابراین خطای اندازه‌گیری معادل (دقت اندازه‌گیری) $\pm\frac{۱}{۲}$ خواهد بود یعنی خطای دستگاه $\pm\frac{۱}{۲}(\frac{۱}{۱۰۰}) = \pm\frac{۵}{۱۰۰۰}$ است. رقم غیرقطعی عدد ۹ است.

۲۹.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۱۰ = \frac{m}{۲۰^{۳}} \Rightarrow m = ۸ \times ۱۰^{۴} g = ۸۰kg$$

$$\Rightarrow w = mg = ۸۰۰N$$

۳۰.

$$\rho_{\text{یخ}} = (\frac{m}{V})_{\text{یخ}}$$

$$\rho_{\text{یخ}} = \frac{m_{\text{آب}}}{V_{\text{آب}} + \frac{۱۰}{۱۰۰}V_{\text{آب}}} = \frac{m_{\text{آب}}}{\frac{۱۱}{۱۰}V_{\text{آب}}}$$

$$\rho_{\text{یخ}} = \frac{۱۰}{۱۱}(\frac{m}{V})_{\text{آب}} = \frac{۱۰}{۱۱}\rho_{\text{آب}}$$

۳۱. چون حجم بطری ثابت و برای هر ۳ مایع ۴ لیتر خواهد بود، بنابراین $۴L = ۴(۱۰۰۰cm^{۳}) = ۴ \times ۱۰^{۳} cm^{۳}$ طبق رابطه‌ی $\rho = \frac{m}{V}$ خواهیم داشت:

الف) برای آب

$$۱ = \frac{m}{۴ \times ۱۰^{۳}} \Rightarrow m_{\text{آب}} = ۴ \times ۱۰^{۳} g = ۴kg$$

ب) برای بنزین

$$۰/۹ = \frac{m}{۴ \times ۱۰^{۳}} \Rightarrow m_{\text{بنزین}} = ۳/۶ \times ۱۰^{۳} g = ۳/۶kg$$

ج) برای جیوه

$$۱۳/۶ = \frac{m}{۴ \times ۱۰^{۳}} m_{\text{جیوه}} = ۵۴/۴ \times ۱۰^{۳} g = ۵۴/۴kg$$

۳۲.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۸ = \frac{m}{(۱۰)^{۳}} \Rightarrow m = ۸kg$$

این جرم مورد انتظار برای یک مکعب توپر است، بنابراین چون جرم مکعب $۷kg$ است پس دارای حفره است و یک کیلوگرم از آن مربوط به حفره است.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۸ = \frac{۱۰۰۰}{V} \quad \Rightarrow V = ۱۲۵cm^{۳}$$

انتشارات خوشخوان

۳۳. ابتدا حجم استوانه سنگی را با رابطه‌ی $V=\pi R^2.h$ به‌دست می‌آوریم.

$$V=(۳)(\frac{۱}{۲})^۲(۳)=۲/۲۵m^۳$$

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow ۶۰۰۰=\frac{m}{۲/۲۵}$$

$$m=۱۳۵۰۰kg=۱۳/۵ton$$

۳۴. طبق رابطه‌ی $\rho=\frac{m}{V}$ خواهیم داشت:

$$\begin{cases} m=۵۰۰g \\ V=abc=۲۰\times۱۰\times۸=۱۶۰۰cm^۳ \end{cases}\Rightarrow$$

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{۵}{۱۶}\frac{g}{cm^۳}$$

۳۵. چگالی هر ۳ مایع را برحسب $\frac{kg}{m^۳}$ مقایسه می‌کنیم.

$$\rho_A=۱۴\frac{g}{cm^۳}=۱۴\frac{۱۰^{-۳}kg}{۱۰^{-۶}m^۳}=۱۴۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

$$\rho_B=۱۲۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

$$\rho_C=۶۰۰\frac{g}{L}=۶۰۰\frac{۱۰^{-۳}kg}{۱۰^{-۳}m^۳}=۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

بنابراین مایع A که چگالی بیش‌تری دارد در پایین‌ترین قسمت ظرف و بعد مایع B و بالاتر از همه مایع C قرار می‌گیرد.

۳۶.

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow ۱/۰۶=\frac{m}{۵/۲\times۱۰^۳}\Rightarrow$$

$$۱/۰۶\frac{g}{cm^۳}=\frac{m}{۵/۲\times۱۰^۳cm^۳}$$

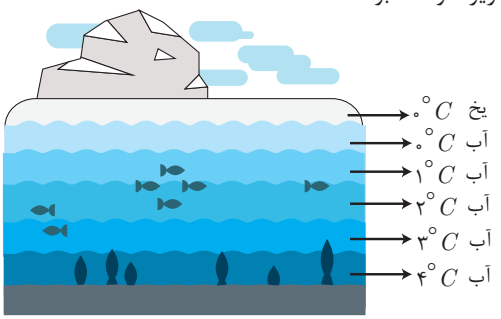
$$m=۱/۰۶\times۵/۲\times۱۰^۳=۵/۵kg\xrightarrow{W=mg}W=۵۵N$$

وزن یک شخص ۸۰ کیلوگرمی $۸۰\times۱۰=۸۰۰N$

خون این شخص در حدود ۶/۸ درصد از وزن را شامل می‌شود.

$$\frac{۵۵}{۸۰۰}\sim\%۶/۸$$

۳۷. وقتی دمای آب از صفر به ۴ می‌رسد حجم آن کاهش در نتیجه چگالی افزایش می‌یابد بنابراین چگالی آب ۴ درجه بیش‌تر از چگالی آب ۳ درجه و آب ۳ درجه نیز بیش‌تر از ۲ درجه است. بنابراین لایه‌های آب در سطح دریاچه به صورت زیر خواهند بود.



۳۸.

$$\rho_{\text{مخلوط}}=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}=\frac{m_{\text{کل}}}{V_V}\Rightarrow$$

$$\rho=\frac{۲۰۰+۹۰۰}{(\frac{۹۰۰}{۳})+(\frac{۲۰۰}{۲})}=\frac{۱۱۰۰}{۴۰۰}=\frac{۱۱}{۴}\frac{g}{cm^۳}$$

با توجه به این‌که ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب از مخلوط را مایع A و ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب را مایع B تشکیل می‌دهد، بنابراین معادل $\frac{۳}{۴}$ از حجم یعنی ۷۵ درصد از حجم مخلوط را مایع B تشکیل می‌دهد.

انتشارات خوشخوان