



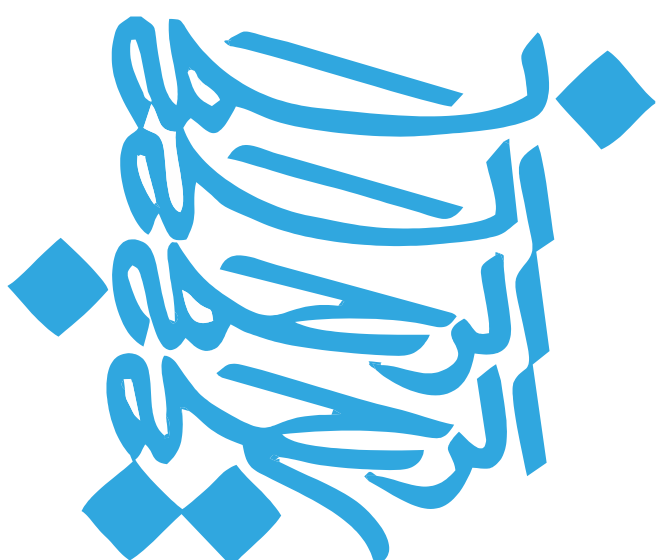
# فیزیک جامع دهم و یازدهم

کیمیا  
از مجموعه مرشد

رشته ریاضی فیزیک

حسین ایروانی ■ کیوان طه‌وری  
احسان نوروزی







## مقدمه:

برنام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برکنگزد

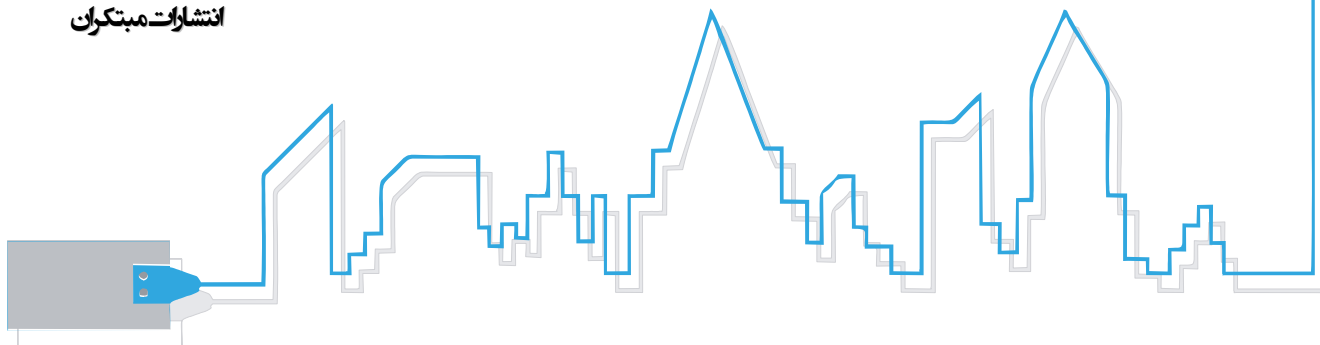
سال ۱۳۹۸ اولین دوره کنکور نظام جدید خواهد بود. تغییرات کتاب‌های فیزیک آن‌چنان فاحش است که عملاً کتاب‌هایی که کنکورهای ده سال و بیست سال اخیر را گردآوری و تحلیل کرده‌اند نه کاملاً ولی تا حدود زیادی بی‌فایده خواهند شد؛ در نتیجه لزوم کتابی که انطباق کاملی بر مباحث کتاب‌های جدید داشته باشد بیش از گذشته احساس می‌شود. کتابی که پیش رو دارید «**کتاب فیزیک جامع دهم و یازدهم از مجموعه مرشد**» از لحظه شکل گرفتن آن با همین ذهنیت نوشته شده است. کتاب‌های نظام جدید با کتاب‌های نظام قدیمی خط به خط مطابقت داده شده و مفاهیمی که حذف و اضافه شده‌اند با دقت فراوان استخراج شده‌اند. این حذف و اضافه‌ها نشان می‌دهند که نظام جدید از روی چه نکاتی تأکید خود را برداشته و بر چه نکاتی تأکید بیشتری می‌کند و نگرش طراحان سؤالات کنکور در آینده چگونه خواهد بود.

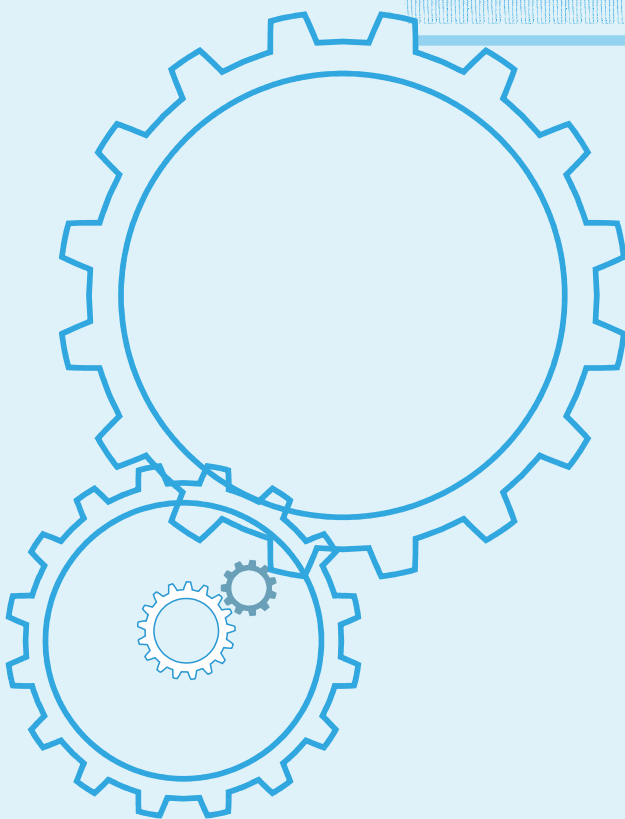
در این کتاب تجربه چندین ساله مؤلفان و دقت نظر آنها را در تشخیص تغییر نگرش طراحان نظام آموزشی، در انتخاب تست از کنکورهای قدیمی و تألیف تست‌های جدید مشاهده خواهید کرد. مؤلفان کتاب معتقدند که در کنکورهای آینده تست‌هایی که حاصل ترکیب مباحث مختلف دروس است بیشتر خواهند شد؛ در نتیجه تست‌های زیادی از این جنس تألیف در این کتاب گنجانده شده است. اگر مایل هستید حل ویدیویی سؤالات کنکوری موجود در این کتاب را ببینید می‌توانید @PhysicsMorshed در کانال تلگرام عضو شوید. مؤلفان سؤالات پُر تقاضا را حل کرده و ویدیوی آن را در این کانال بارگذاری می‌کنند.

در پایان بر خود واجب می‌دانیم از مؤلفان محترم کتاب آقایان: احسان نوروزی، حسین ایروانی و کیوان طهوری و حمایت‌های همه‌جانبه دبیر محترم مجموعه آقای مهندس هادی عزیززاده سپاسگزاری کنیم. همچنین از عزیزانی که در انتشارات مبتکران با زحمات بی‌شائبه در به ثمر رساندن این کتاب نقش داشته‌اند، قدردانی می‌کنیم. به طور خاص قدردانی خود را از خانم‌ها سپیده خداوردی، مینا عباسی (حروفچین و صفحه‌آرا) و خانم‌ها سارا لطفی مقدم، نسرين صفري، بهاره خدامی و مینا هرمزی (گرافیک‌ها) ابراز می‌کنیم.

امید است که این کتاب بتواند یاری‌رسان دانش‌آموزان عزیز در راه موفقیت در کنکور باشد.

انتشارات مبتکران





## فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری

درسنامه	۸
سؤالات (۷۵ تست)	۲۱
آزمون فصل	۲۹
پاسخ سؤالات	۳۲
پاسخ آزمون فصل	۴۵

## فصل دوم: کار، انرژی و توان

درسنامه	۵۲
سؤالات (۷۲ تست)	۶۳
آزمون فصل	۷۲
پاسخ سؤالات	۷۵
پاسخ آزمون فصل	۸۷

## فصل پنجم: ترمودینامیک

درسنامه	۲۱۴
سؤالات (۸۸ تست)	۲۳۴
آزمون فصل	۲۴۶
پاسخ سؤالات	۲۵۰
پاسخ آزمون فصل	۲۶۷

## فصل سوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد

درسنامه	۹۴
سؤالات (۱۰۰ تست)	۱۱۱
آزمون فصل	۱۲۴
پاسخ سؤالات	۱۲۸
پاسخ آزمون فصل	۱۴۴

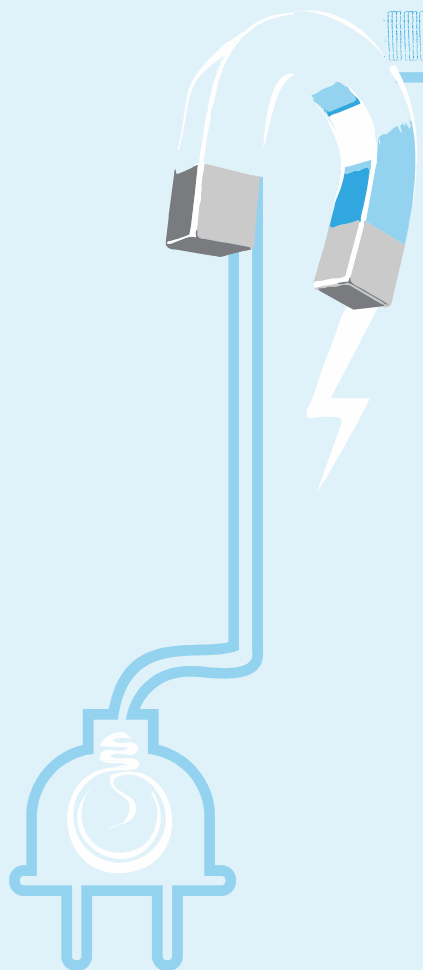
## پیوست:

### سؤالات کنکور سراسری ۹۵ و ۹۶

سؤالات کنکور ریاضی ۹۵ و ۹۶ داخل و خارج از کشور	۲۷۴
پاسخ کنکور ریاضی ۹۵ و ۹۶ داخل و خارج از کشور	۲۷۹

## فصل چهارم: دما و گرما

درسنامه	۱۵۰
سؤالات (۱۳۰ تست)	۱۷۲
آزمون فصل	۱۸۶
پاسخ سؤالات	۱۸۹
پاسخ آزمون فصل	۲۰۹



## فصل اول: الکتریسته ساکن

درسنامه	۲۸۶
سؤالات (۱۷۴ تست)	۳۲۰
آزمون فصل	۳۴۳
پاسخ سؤالات	۳۴۷
پاسخ آزمون فصل	۳۸۱

## فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

درسنامه	۳۸۸
سؤالات (۲۹۹ تست)	۴۲۹
آزمون فصل	۴۷۱
پاسخ سؤالات	۴۷۵
پاسخ آزمون فصل	۵۴۲

## فصل سوم: مغناطیس

درسنامه	۵۵۰
سؤالات (۱۱۳ تست)	۵۶۸
آزمون فصل	۵۸۵
پاسخ سؤالات	۵۸۹
پاسخ آزمون فصل	۶۲۵

## فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان

درسنامه	۶۳۲
سؤالات (۱۱۱ تست)	۶۴۸
آزمون فصل	۶۶۴
پاسخ سؤالات	۶۶۸
پاسخ آزمون فصل	۶۹۰

## پیوست:

سؤالات کنکور سراسری ۹۶	
سؤالات کنکور ریاضی ۹۶	۶۹۸
پاسخ کنکور ریاضی ۹۶	۷۰۲



# فصل اول

فیزیک و اندازه گیری

### مدل‌سازی در فیزیک

فرایندی است که طی آن پدیده فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود؛ به عبارت دیگر پیچیدگی‌های موجود در مسئله را، با در نظر گرفتن فرض‌هایی تا حد امکان ساده می‌کنیم.

#### نکته

در مدل‌سازی یک پدیده باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم، نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را.

### اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

**کمیت:** هر آنچه قابل اندازه‌گیری باشد.  
**یکا (واحد):** مقدار ثابتی از یک کمیت که مبنای مقایسه بزرگی آن کمیت است.

#### نکته

یکای هر کمیت باید ثابت (اندازه آن)، دقیق و از جنس همان کمیت باشد و دارای قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشد.

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

\* جدول کمیت‌های اصلی، یکاها و نمادهای آن‌ها در SI

مجموعه یکاهای مورد توافق بین‌المللی را به اختصار یکاهای SI می‌نامند.

کمیت‌ها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند:

#### کمیت‌های اصلی

هفت کمیت که مستقل بوده به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده‌اند و یکاهای آن‌ها را یکای اصلی می‌نامند.

#### کمیت‌های فرعی

کمیت‌هایی که مستقل نبوده و برحسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند.

**نمونه:** مساحت، حجم، سرعت، شتاب، نیرو، کار، توان، انرژی، چگالی، فشار، گشتاور و ...

#### نکته

**سازگاری یکاها:** یکای هر کمیت فرعی را می‌توان از روی روابط فیزیکی وابسته به آن به دست آورد و برحسب یکاهای اصلی نوشت. به این صورت که:

۱ فرمول فیزیکی مناسب را که کمیت مورد نظر در آن وجود دارد، می‌نویسیم.

۲ نماد کمیت مورد نظر (مجهول) را در یک طرف تساوی نگه داشته و بقیه نمادها را به طرف دیگر تساوی منتقل می‌کنیم.

۳ به جای کمیت‌های معلوم، یکای آن‌ها را برحسب کمیت‌های اصلی جایگذاری می‌کنیم.

**تست ۱** یکای نیرو (نیوتون) برحسب یکاهای اصلی با کدام گزینه سازگار است؟

(۱)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$  (۲)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$  (۳)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$  (۴)  $\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}}$

**پاسخ** رابطه‌ای که برای نیرو داریم،  $F = ma$  (قانون دوم نیوتون) است. در این فرمول کمیت موردنظر نیرو است که نماد آن در یک طرف

تساوی قرار دارد. یکای جرم کیلوگرم (kg) است که جزء یکاهای اصلی است و یکای شتاب (a) برحسب یکاهای اصلی  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  است.

$$F = m \cdot a \Rightarrow N \equiv \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

بنابراین گزینه «۳» صحیح است.

## کمیت‌های فیزیکی

به دو دسته کمیت‌های فیزیکی **نرده‌ای** یا **اسکالر** و کمیت‌های **برداری** تقسیم می‌شوند:

**۱ کمیت‌های نرده‌ای (عددی، اسکالر):** فقط دارای **اندازه** هستند و با یک عدد به همراه یکای مناسب بیان می‌شوند:

مثال: جرم  $\rightarrow 60 \text{ kg}$   
یکای عدد

**نمونه** جرم، حجم، چگالی، فشار، دما، جریان الکتریکی، توان، مسافت، **تندی** (اندازه سرعت) و ...

عملیات جمع، تفریق، ضرب و تقسیم کمیت‌های نرده‌ای به صورت جبری (یعنی همون روش معمولی که بلدیم) انجام می‌شود. به عنوان مثال جمع ۱۰۰ آمپر با ۲۰۰ آمپر می‌شود ۳۰۰ آمپر.

**نکته** هر کمیتی از جنس انرژی (که واحد ژول دارند)، اسکالر می‌باشد. مانند: کار، گرما، انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل و ...

**۲ کمیت‌های برداری:** دارای **اندازه** و **جهت** هستند و برای بیان آن‌ها، افزون بر عدد و یکا، باید جهت آن را مشخص کنیم.

مثال: سرعت  $\rightarrow 60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  (به طرف جنوب)  
جهت یکا عدد

**نمونه** جابجایی، سرعت، شتاب، گشتاور، نیرو، وزن، انواع میدان (مغناطیسی، الکتریکی، گرانشی و ...)

**توجه** سرعت و جابه‌جایی کمیت‌های برداری هستند ولی تندی و مسافت طی شده کمیت‌های نرده‌ایند.

**نکته** برای جمع، تفریق و ضرب کمیت‌های برداری باید از قوانین بردارها استفاده کرد؛ در واقع جمع، تفریق و ضرب این کمیت‌ها جبری نیست. به عنوان مثال جمع دو سرعت به بزرگی ۱۰ و ۳۰ متر بر ثانیه به جهت آن‌ها می‌تواند عددی بین ۲۰ تا ۴۰ متر بر ثانیه شود.

**نکته** در جمع و تفریق کمیت‌ها باید توجه داشت که جنس و یکای یکسانی داشته باشند. به عنوان مثال جرم را نمی‌توانیم با جابه‌جایی جمع کنیم. یا برای جمع جرم دو جسم که یکی برحسب کیلوگرم و دیگری برحسب گرم است باید ابتدا یکای هر دو را یکی کرده (مثلاً هر دو را برحسب گرم بنویسیم) و سپس عملیات جمع را انجام دهیم.



**تست ۲** معادله سرعت جسمی (V) بر حسب مکان آن (x) به صورت  $V = \frac{fa}{x^2} - bx$  است. یکای a و b در دستگاه SI به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (راهنمایی: مکان جسم بر حسب m بیان می‌شود).

(۱)  $m \cdot s, \frac{m^3}{s}$  (۲)  $s^{-1}, m^3 \cdot s$  (۳)  $\frac{s}{m}, \frac{s}{m^2}$  (۴)  $s^{-1}, \frac{m^3}{s}$

**پاسخ:** دقت شود چون واحد v در سمت چپ تساوی،  $\frac{m}{s}$  (متر بر ثانیه) است، پس واحد عبارات سمت راست تساوی نیز باید بر حسب  $\frac{m}{s}$  باشد. هم‌چنین چون بین عبارات سمت راست تساوی علامت تفریق (-) وجود دارد، پس هر دو کمیت از یک جنس بوده و

یکایشان  $\frac{m}{s}$  است. بنابراین داریم:  
بنابراین گزینه «۴» صحیح است.

$$V = \frac{fa}{x^2} - bx \Rightarrow \begin{cases} \frac{m}{s} = \frac{a}{m^2} \rightarrow a = \frac{m^3}{s} \\ \frac{m}{s} = b \cdot m \rightarrow b = \frac{1}{s} = s^{-1} \end{cases}$$

### پیشوندهای افزاینده و کاهنده در SI

در مواردی که اندازه یک کمیت از یکای انتخاب شده برای آن بسیار بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد، از پیشوندها استفاده می‌کنیم. هر پیشوند، توان معینی از  $10$  می‌باشد و هنگامی که به ابتدای یکایی اضافه می‌شود، آن را بزرگ‌تر یا کوچک‌تر می‌کند.

پیشوند	نماد	ضریب
دکا	da	$10^1$
هکتو	h	$10^2$
کیلو	k	$10^3$
مگا	M	$10^6$
گیگا	G	$10^9$
ترا	T	$10^{12}$

\* پیشوندهای افزاینده

پیشوند	نماد	ضریب
دسی	d	$10^{-1}$
سانتی	c	$10^{-2}$
میلی	m	$10^{-3}$
میکرو	$\mu$	$10^{-6}$
نانو	n	$10^{-9}$
پیکو	p	$10^{-12}$

\* پیشوندهای کاهنده

**توجه:** هیچ‌گاه دو پیشوند با هم پشت یک یکا نمی‌آیند. مثلاً  $kg\mu g$  نادرست است.

### نمادگذاری علمی

در این روش هر عدد را به صورت  $x \times 10^n$  می‌نویسیم که در آن:  $\left. \begin{matrix} 1 \leq |x| < 10 \\ n \text{ عددی صحیح است.} \end{matrix} \right\}$

**توجه:** در واقع در این روش وقتی عدد را به صورت  $x \times 10^n$  می‌نویسیم، n برابر تعداد ارقامی است که ممیز را جابه‌جا می‌کنیم؛ هر وقت ممیز را جلو بکشیم (به سمت راست)،  $n < 0$  و هر وقت آن را عقب ببریم (به سمت چپ)،  $n > 0$  است.

**تست ۳** در یک اندازه‌گیری، دو عدد  $109830$  و  $722 \times 10^{-6}$  به دست آمده است. کدام گزینه نمایش این اعداد به صورت نمادگذاری علمی را درست نشان می‌دهد؟

(۱)  $7/22 \times 10^{-8}, 109830 \times 10^4$  (۲)  $72/2 \times 10^{-7}, 109830 \times 10^4$   
(۳)  $7/22 \times 10^{-4}, 109830 \times 10^4$  (۴)  $7/22 \times 10^{-8}, 109830 \times 10^5$

**پاسخ:** (ممیز را ۵ رقم عقب کشیدیم  $\leftarrow n=5$ )  $109830 = 109830 \times 10^5 \Rightarrow$   
(ممیز را ۲ رقم جلو کشیدیم  $\leftarrow n=-2$ )  $722 \times 10^{-6} = 7/22 \times 10^{-8} \Rightarrow$   
بنابراین گزینه «۴» صحیح است.

در اندازه‌گیری‌های فیزیکی و محاسبه‌های عددی گاهی اوقات نیاز به تبدیل یکاها به یکدیگر داریم.



برای بیان برخی از کمیت‌ها، از یکاهای خاصی استفاده می‌شود که باید آن‌ها را به‌خاطر داشته باشید.

کمیت	نام یکای خاص	نماد یکا	رابطه یکاها
طول	میکرون	$\mu\text{m}$	$1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ یا $1\text{میکرون}$
طول	آنگستروم	$\text{\AA}$	$1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$
مساحت	هکتار	HA	$1\text{HA} = 1(\text{hm})^2 = 10^4\text{m}^2$
حجم	سانتی‌متر مکعب (سی‌سی)	$(\text{cc})\text{cm}^3$	$1\text{cm}^3 = 1\text{cc} = 10^{-6}\text{m}^3$
حجم	لیتر	L	$1\text{L} = 10^{-3}\text{m}^3 = 1000\text{cm}^3$
جرم	تن	ton	$1\text{ton} = 10^3\text{kg} = 10^6\text{g}$

برای طول یکاهایی مانند ذرع، فرسنگ، یکای نجومی (AU)، سال نوری (ly)، فوت، اینچ، مایل و ... و برای جرم نیز یکاهایی مانند خروار، من تبریز، سیر، مثقال، قیراط، اونس و .... وجود دارد که نیازی به حفظ کردن روابط آن‌ها با یکدیگر نیست و در مسائل داده می‌شوند.

$$1\text{AU} \approx 1.5 \times 10^{11}\text{m}$$

یکای نجومی (AU): برابر فاصله میانگین زمین تا خورشید است.

$$c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

سرعت نور در خلا

سال نوری (ly): مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید.

### تبدیل یکا به روش زنجیره‌ای

مراحل این روش را با یک مثال بیان می‌کنیم. به عنوان مثال می‌خواهیم بدانیم ۲۵ تن چند کیلوگرم است؟

۱. ابتدا ضریب تبدیل مناسب را به‌دست می‌آوریم؛ ضریب تبدیل عبارتی کسری است که از تساوی بین دو یکا به‌دست خواهد آمد و مقدار آن

$$1\text{ton} = 1000\text{kg} \xrightarrow{\text{ضریب تبدیل}} \frac{1\text{ton}}{1000\text{kg}} = 1 \quad \text{یا} \quad \frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} = 1$$

برابر ۱ است:

۲. بر اساس این که کدام کمیت را می‌خواهیم به کدام کمیت تبدیل کنیم، ضریب تبدیل را انتخاب می‌کنیم. مثلاً چون در این مثال می‌خواهیم تن را به کیلوگرم تبدیل کنیم، پس باید تن در مخرج و کیلوگرم در صورت کسر آورده شود. (یکایی که در مخرج قرار می‌گیرد در مرحله بعد ساده می‌شود).

$$\text{ضریب تبدیل مناسب: } \frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} = 1$$

۳. مقدار داده شده را در ضریب تبدیل انتخاب شده ضرب می‌کنیم تا تبدیل یکا صورت گیرد:

$$25\text{ton} = (25\text{ton})(1) = (25\text{ton})\left(\frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}}\right) = 25000\text{kg} = 2.5 \times 10^4\text{kg}$$

به‌طورکلی یکایی را که می‌خواهیم از صورت حذف کنیم، در ضریب تبدیل باید در مخرج باشد و یکایی را که می‌خواهیم از مخرج حذف کنیم، در ضریب تبدیل باید در صورت باشد.



تست ۴ ۵ فرسنگ معادل چند متر است؟ (هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع و هر ذرع ۱۰۴ cm است.)

$$3/12 \times 10^6 \quad (2)$$

$$3/12 \times 10^4 \quad (1)$$

$$1/248 \times 10^5 \quad (4)$$

$$1/248 \times 10^3 \quad (3)$$

**پاسخ:** در این سؤال باید فرسنگ را به ذرع و ذرع را به متر تبدیل کنیم. (به مرحله رو فاکتور می‌گیریم چون باید ذرع رو به cm و سپس cm رو به m تبدیل می‌کردیم). پس ضریب تبدیل‌های مناسب را انتخاب می‌کنیم:

$$\begin{cases} \frac{۶۰۰۰ \text{ ذرع}}{۱ \text{ فرسنگ}} = ۱ \rightarrow \frac{۶۰۰۰ \text{ ذرع}}{۱ \text{ فرسنگ}} \\ \frac{۱۰۴ \text{ cm}}{۱ \text{ اذرع}} = ۱ \rightarrow \frac{۱۰۴ \text{ cm}}{۱ \text{ اذرع}} \end{cases}$$

حالا به صورت زنجیره‌ای ۵ فرسنگ را به متر تبدیل می‌کنیم:

$$۵ \text{ فرسنگ} = ۵ \times \frac{۶۰۰۰ \text{ ذرع}}{۱ \text{ فرسنگ}} \times \frac{۱۰۴ \text{ cm}}{۱ \text{ اذرع}} = ۵ \times ۶۰۰۰ \times ۱۰۴ \text{ cm} = ۳۱۲۰۰۰ \text{ cm} = ۳/۱۲ \times ۱۰^۴ \text{ m}$$

## تبدیل یکا با استفاده از پیشوندها:

**روش X:** در تبدیل یکاهای پیچیده‌تر که در یکاها از پیشوندها استفاده شده است می‌توان مثل حل یک معادله ساده یک مجهولی عمل کرد؛ به این صورت که معادله تبدیل یکا را می‌نویسیم، سپس معادل هریک از پیشوندها را در معادله قرار می‌دهیم. مثلاً به جای  $\mu$  مقدار  $۱۰^{-۶}$  را می‌گذاریم و مانند یک معادله ساده حل می‌کنیم. به ۲ تست زیر توجه کنید:

**تست ۵:** ۱۵ میکروگرم چند کیلوگرم است؟

$$\begin{matrix} (۴) & ۱۵ \times ۱۰^{-۶} & (۳) & ۱/۵ \times ۱۰^{-۸} & (۲) & ۱/۵ \times ۱۰^{-۹} & (۱) & ۱۵ \times ۱۰^{-۸} \end{matrix}$$

**پاسخ:** **روش اول:** تبدیل زنجیره‌ای) ابتدا ضریب تبدیل مناسب را به دست می‌آوریم. باید  $\mu\text{g}$  را به g و g را به kg تبدیل کنیم، بنابراین:

$$\begin{cases} ۱ \mu\text{g} = ۱۰^{-۶} \text{ g} \rightarrow \frac{۱۰^{-۶} \text{ g}}{۱ \mu\text{g}} = ۱ \\ ۱ \text{ g} = ۱۰^{-۳} \text{ kg} \rightarrow \frac{۱۰^{-۳} \text{ kg}}{۱ \text{ g}} = ۱ \end{cases} \Rightarrow ۱۵ \mu\text{g} = ۱۵ \mu\text{g} \times \frac{۱۰^{-۶} \text{ g}}{۱ \mu\text{g}} \times \frac{۱۰^{-۳} \text{ kg}}{۱ \text{ g}} = ۱۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۳} \text{ kg} = ۱۵ \times ۱۰^{-۹} \text{ kg} = ۱/۵ \times ۱۰^{-۸} \text{ kg}$$

$$۱۵ \mu\text{g} = \underline{X} \text{ kg}$$

**روش دوم:** روش X: ابتدا معادله تبدیل یکا را می‌نویسیم:

حال معادل هریک از پیشوندها را در معادله قرار می‌دهیم. یک میکرو،  $۱۰^{-۶}$  و یک کیلو  $۱۰^۳$  است:

$$\underline{X} = \frac{۱۵ \mu\text{g}}{\text{kg}} = \frac{۱۵ \times ۱۰^{-۶} \text{ g}}{۱۰^۳ \text{ g}} = ۱۵ \times ۱۰^{-۹} = ۱/۵ \times ۱۰^{-۸}$$

بنابراین گزینه «۳» صحیح است.

**نکته:** روش X بسیار سریع‌تر از تبدیل زنجیره‌ای است و همچنین در تمامی تبدیل یکاها (چه ساده، چه سخت) کارگشا است.

**تست ۶:** در کدام گزینه معادله درست نوشته شده است؟

$$\begin{matrix} (۲) & ۶۷۰ \text{ mm}^۲ = ۶/۷ \times ۱۰^{-۱۰} \text{ km}^۲ & (۱) & ۰/۰۳۵ \text{ cm}^۳ = ۳/۵ \times ۱۰^{-۶} \text{ L} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (۴) & ۲۶ \text{ ton} = ۲/۶ \times ۱۰^{۱۲} \text{ ng} & (۳) & ۴۲ \frac{\text{ms}}{\text{g.km}} = ۴/۲ \times ۱۰^{-۳} \frac{\text{s}}{\text{kg.m}} \end{matrix}$$

**پاسخ:** با توجه به جدول پیشوندها، گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

$$(۱) \quad ۰/۰۳۵ \text{ cm}^۳ = \underline{X} \text{ L} \rightarrow \underline{X} = \frac{۰/۰۳۵ (\text{cm})^۳}{\text{L}} = \frac{۰/۰۳۵ \times (۱۰^{-۲})^۳ \text{ m}^۳}{۱۰^{-۳} \text{ m}^۳} = ۰/۰۳۵ \times ۱۰^{-۳} = ۳/۵ \times ۱۰^{-۵} \quad \times$$

$$(۲) \quad ۶۷۰ \text{ mm}^۲ = \underline{X} \text{ km}^۲ \rightarrow \underline{X} = \frac{۶۷۰ (\text{mm})^۲}{(\text{km})^۲} = \frac{۶۷۰ \times (۱۰^{-۳})^۲ \text{ m}^۲}{(۱۰^۳)^۲ \text{ m}^۲} = ۶۷۰ \times ۱۰^{-۱۲} = ۶/۷ \times ۱۰^{-۱۰} \quad \checkmark$$

$$(۳) \quad ۴۲ \frac{\text{ms}}{\text{g.km}} = ۴۲ \frac{(۱۰^{-۳}) \text{ s}}{(۱۰^{-۳}) \text{ kg} \times (۱۰^۳) \text{ m}} = ۴۲ \times ۱۰^{-۳} \frac{\text{s}}{\text{kg.m}} \quad \times$$

$$(۴) \text{ گزینه } ۲۶ \text{ ton} = \underline{X} \text{ ng} \rightarrow \underline{X} = \frac{۲۶ \times ۱۰^۶ \text{ g}}{۱۰^{-۹} \text{ g}} = ۲۶ \times ۱۰^{۱۵} = ۲/۶ \times ۱۰^{۱۶}$$

بنابراین گزینه «۲» صحیح است.

همان‌طور که در گزینه‌های (۱) و (۲) مشاهده می‌کنیم، اگر واحد یک کمیت توان‌دار باشد، توان باید برای پیشوند هم در نظر گرفته شود. در تبدیل یکاهایی که یکاها به صورت کسری است (مانند گزینه «۳») از جایگذاری مستقیم پیشوندها برای تبدیل یکا استفاده می‌کنیم.

## آهنگ یک کمیت

در فیزیک، تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، آهنگ آن کمیت می‌نامند. به عنوان مثال آهنگ کمیت  $x$  برابر است با:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$\Delta$  در فیزیک به معنای تغییر است، به عنوان مثال:

## اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی قطعیت وجود ندارد و همواره مقداری خطا وجود دارد. (اصل عدم قطعیت در اندازه‌گیری)  
با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری، تنها می‌توان خطای اندازه‌گیری را کاهش داد ولی هیچ‌گاه نمی‌توان آن را به صفر رساند.

دقیق بودن یک اندازه‌گیری به سه عامل زیر بستگی دارد:

### ۱. دقت وسیله اندازه‌گیری

وسایل اندازه‌گیری اغلب به دو صورت مدرج (درجه‌بندی شده) و یا رقمی (دیجیتال) ساخته می‌شوند. در ادامه با تعیین دقت و خطای این دو نوع ابزار اندازه‌گیری آشنا می‌شویم.

### الف. دقت و خطای وسایل اندازه‌گیری مدرج (آنالوگ)

خط‌کش، متر نواری، کولیس، ریزسنج، دماسنج جیوه‌ای و ... مثال‌هایی از ابزارهای اندازه‌گیری مدرجند.  
در این وسایل، دقت اندازه‌گیری برابر کمینه درجه‌بندی آن وسیله است. همچنین خطای ابزارهای مدرج برابر  $\pm \frac{1}{2}$  کمینه تقسیم‌بندی آن وسیله (دقت آن) است:

$$\text{کمینه تقسیم‌بندی وسیله} = \pm \frac{d}{2} = \pm \frac{\Delta}{2} \text{ (خطای اندازه‌گیری)}$$

$$\text{کمینه تقسیم‌بندی وسیله} = d = \text{(دقت اندازه‌گیری وسیله)}$$

دقت خط‌کشی که مطابق شکل مقابل کمینه تقسیم‌بندی آن تا میلی‌متر است

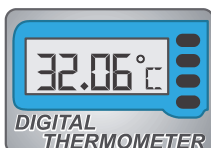
$$\Delta = \pm \frac{1 \text{ mm}}{2} = \pm 0.5 \text{ mm} \text{ برابر } 1 \text{ mm} \text{ و خطای آن } \pm 0.5 \text{ mm} \text{ است.}$$

### ب. دقت و خطای وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال)

دقت اندازه‌گیری در این ابزارها برابر یک واحد از آخرین رقمی است که آن ابزار نمایش می‌دهد؛ در واقع مرتبه اولین رقم سمت راست نتیجه اندازه‌گیری، بیانگر دقت اندازه‌گیری است. همچنین خطای اندازه‌گیری در این ابزارها برابر مثبت و منفی دقت آن‌ها است.

$$\text{دقت } (\Delta) = \pm d \text{ (خطای اندازه‌گیری)}$$

$$\text{مرتبه (ارزش مکانی) اولین رقم سمت راست} = d = \text{(دقت اندازه‌گیری)}$$



در دماسنج دیجیتال شکل مقابل، که عدد  $32.06^\circ\text{C}$  را می‌خواند، دقت دماسنج برابر  $0.01^\circ\text{C}$  و خطای آن برابر  $\pm 0.01^\circ\text{C}$  است.

$$32.06^\circ\text{C} \rightarrow d = 0.01^\circ\text{C}$$

در وسایل اندازه گیری (چه مدرج، چه دیجیتال)، وسیله ای دقیق تر است که خطای آن کوچک تر باشد. به عنوان مثال خط کشی که بر حسب میلی متر (۰/۰۰۱m) مدرج شده از خط کشی که بر حسب سانتی متر (۰/۰۱m) مدرج شده، دقیق تر است.

نتیجه اندازه گیری باید مضرب صحیحی از دقت اندازه گیری باشد. مثلاً اگر کوچک ترین وزنه ترازویی ۱۰۰g باشد، این ترازو می تواند جرم جسمی را ۲۵۰۰g گزارش کند ولی ۲۴۵۰g را نمی تواند.

## تست ۲

جرم جسمی را توسط وزنه های ۵۰ گرمی اندازه می گیریم. کدام گزینه بیان درستی از این اندازه گیری است؟

۴/۹۰ kg (۴)

۳/۲ kg (۳)

۴/۱×۱۰<sup>۲</sup> kg (۲)

۵۱۰g (۱)

**پاسخ:** نتیجه اندازه گیری باید مضرب صحیح ۵۰ گرم باشد، بنابراین گزینه (۱) نادرست است ولی سایر گزینه ها می توانند پاسخ باشد. چون

وزنه ها ۵۰ گرمی است، داریم:

$$m = 50g = 5 \times 10^{-2} kg = 0.05 kg \Rightarrow (d = 0.01 kg) \text{ (دقت اندازه گیری)}$$

$$0.1 / 0.01$$

پس باید دقت اندازه گیری ۰/۰۱kg باشد،

بنابراین گزینه «۴» درست است.

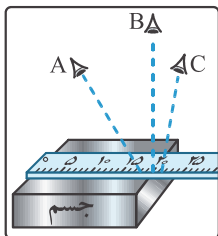
## ۲ مهارت شفص آزمایشگر

یکی از این مهارت ها نحوه خواندن نتیجه اندازه گیری است. مثلاً در شکل مقابل خواندن نتیجه اندازه گیری از منظرهای A و C خطا را افزایش می دهد. در حالی که اگر شخص از B که خط دیدش عمود بر خط کش است، نتیجه اندازه گیری را بخواند این اندازه گیری دقیق تر خواهد بود.

## ۳ تعداد دفعات اندازه گیری

برای کاهش خطا در اندازه گیری، معمولاً اندازه گیری را چندبار تکرار می کنیم و در نهایت میانگین داده های به دست آمده را به عنوان نتیجه اندازه گیری گزارش می کنیم. در میانگین گیری باید به دو نکته زیر توجه شود:

۱. اگر یک یا دو عدد اختلاف زیادی با بقیه داده ها داشته باشند، در میانگین گیری به حساب نمی آیند.
۲. اگر تعداد رقم های میانگین بیشتر از تعداد رقم های هر یک از عددهای گزارش شده باشد، آن را طوری گرد می کنیم که تعداد رقم هایش با اعداد گزارش یکی شود.



## تست ۸

با تکرار اندازه گیری طول یک مداد، داده های ۱۰/۵۴، ۱۰/۴۱، ۱۰/۳۵، ۱۰/۴۰، ۱۰/۳۸، ۱۰/۲۷ و ۱۰/۳۷ بر حسب سانتی متر گزارش شده است. نتیجه اندازه گیری قابل قبول کدام است؟

۱۰/۳۸۸cm (۴)

۱۰/۳۹cm (۳)

۱۰/۳۸cm (۲)

۱۰/۳۸۲cm (۱)

**پاسخ:** با مقایسه داده ها مشاهده می شود اختلاف دو داده ۱۰/۵۴ و ۱۰/۲۷ از سایر عددها بیشتر است، بنابراین در میانگین گیری به حساب نمی آیند. داریم:

$$\text{میانگین} = \frac{10/35 + 10/37 + 10/38 + 10/40 + 10/41}{5} = 10/35 + \frac{(10/35 \text{ از } 10/35)}{5} = 10/35 + 0/032 = 10/382$$

چون گزارش ها همگی با ۲ رقم اعشار بیان شده است، بنابراین میانگین به دست آمده را تا ۲ رقم اعشار گرد می کنیم. یعنی خواهیم داشت:

بنابراین گزینه «۱» صحیح است.

بنابراین گزینه «۱» صحیح است.

## ارقام با معنا

رقم‌هایی را که بعد از اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می‌کنیم، رقم‌های با معنا گوئیم.

**نمونه** فرض کنید یک ترازوی دیجیتال جرم جسمی را  $10/3\text{g}$  و ترازوی دیجیتال دیگری جرم آن را  $10/30\text{g}$  نشان دهد. در این صورت این دو اندازه‌گیری با یکدیگر فرق می‌کنند، زیرا اولی با ۳ رقم با معنا و دومی با ۴ رقم با معنا بیان شده است. در واقع دقت ترازوی اول برابر  $0/1\text{g}$  و دقت ترازوی دوم  $0/01\text{g}$  است.

تمام رقم‌های غیرصفر در یک عدد با معنا هستند؛ مثلاً  $87/6$  سه رقم با معنا دارد.

## نکته

در مورد رقم صفر به موارد زیر توجه کنید:

- تمام صفرهایی که بین اعداد غیرصفر قرار دارند با معنا هستند؛ به عنوان مثال  $2006$  چهار رقم با معنا دارد.
- صفرهایی که در طرف چپ اولین عدد غیرصفر قرار دارند، با معنا نیستند؛ به عنوان مثال  $000308$  سه رقم با معنا دارد.
- صفرهای سمت راست اعداد با معنا که در سمت راست ممیز قرار دارند، با معنا هستند؛ به عنوان مثال  $10/30$  چهار رقم با معنا دارد.

**توجه** صفرهایی که در سمت راست اعداد غیراعشاری قرار دارند می‌توانند با معنا باشند یا نباشند. مثلاً اگر طول جسمی  $130\text{cm}$  گزارش شده باشد، تعداد رقم‌های با معنا ممکن است ۲ یا ۳ رقم باشد. اگر نتیجه اندازه‌گیری با نمادگذاری علمی، به صورت  $130\text{cm} = 1/3 \times 10^2\text{cm}$  نوشته شود، دارای دو رقم با معنا و اگر به صورت  $130\text{cm} = 1/30 \times 10^2\text{cm}$  نوشته شود دارای سه رقم با معنا می‌باشد.

## رقم غیرقطعی و رقم مدسی

چون هیچ اندازه‌گیری‌ای قطعی و بدون خطا نیست بنابراین همواره در رقم سمت راست یک گزارش اندازه‌گیری، احتمال خطا وجود دارد. به همین دلیل به رقم سمت راست گزارش رقم غیرقطعی یا مشکوک می‌گوئیم.

در ابزارهای مدرج مانند خط‌کش، دماسنج و ... می‌توانیم با توجه به مشاهده خود رقم سمت راست گزارش را حدس بزنیم. مثلاً با خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده مجازیم طول یک جسم را تا دهم سانتی‌متر حدس بزنیم.



**نمونه** همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید طول جسم بین ۵ و ۶ سانتی‌متر می‌باشد و ما می‌توانیم حدس بزنیم که طول آن حدود  $5/2\text{cm}$  یا  $5/3\text{cm}$  است. در این صورت رقم ۲ یا ۳ حدسی (و غیرقطعی) است و در گزارش ۲ رقم با معنا داریم.

**مجمع‌بندی:** ۱ در اندازه‌گیری با ابزارهای مدرج ← رقم سمت راست **حدسی** و **غیرقطعی** است.

۲ در اندازه‌گیری با ابزارهای دیجیتال ← رقم سمت راست **غیرقطعی** است ولی حدسی نیست چون ما آن را حدس نمی‌زنیم و توسط دستگاه گزارش می‌شود.

## نکته

رقم غیرقطعی (و حدسی) جزء ارقام با معنا هستند.



**تست ۹** یک کولیس دیجیتال قطر یک ساچمه ریز را  $0/9230\text{mm}$  نشان داده است.

به ترتیب از راست به چپ تعداد ارقام با معنا و رقم غیرقطعی کدام است؟

- (۱) ۳ و ۴ (۲) ۵ و ۰ (۳) ۴ و ۰ (۴) ۵ و ۳

**پاسخ** صفرهای سمت چپ عدد ۹ با معنا نیستند، بنابراین گزارش با ۴ رقم با معنا (یعنی ۰، ۳، ۲ و ۹) بیان شده است و آخرین رقم سمت راست (یعنی صفر) غیرقطعی است. بنابراین گزینه «۳» صحیح است.

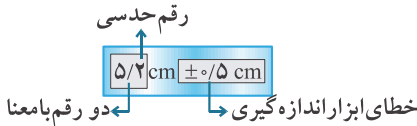
## گزارش نتیجه اندازه‌گیری

وقتی می‌خواهیم گزارش یک اندازه‌گیری را بیان کنیم، این گزارش باید شامل ۲ قسمت باشد:

- ۱ مقدار اندازه‌گیری شده
- ۲ میزان خطای ابزار اندازه‌گیری

نمونه

در قسمت قبل طول جسم را  $5/2 \text{ cm}$  اندازه گرفتیم. چون کمینه تقسیم‌بندی خط‌کش  $1 \text{ cm}$  است، بنابراین خطای آن  $\pm 0/5 \text{ cm}$  می‌باشد. پس نتیجه اندازه‌گیری به صورت مقابل گزارش می‌شود:

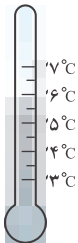


در گزارش نتیجه یک اندازه‌گیری، باید تعداد اعشار خطای دستگاه و مقدار اندازه‌گیری شده، یکسان باشد. مثلاً اگر کمینه تقسیم‌بندی یک ترازو  $1 \text{ kg}$  باشد، خطای آن برابر نصف این مقدار یعنی  $\pm 0/5 \text{ kg}$  می‌شود و ما نیز باید گزارش خود را تا صدم کیلوگرم گزارش کنیم:

$$25/4 \text{ kg} \pm 0/5 \text{ kg} \quad \checkmark \quad 25/4 \text{ kg} \pm 0/05 \text{ kg} \quad \times$$

نکته

تست ۱۰ دماسنج جیوه‌ای شکل مقابل دمای هوای اتاقی را نشان می‌دهد. کدام گزارش دقیق‌تر و قابل قبول است؟



$$(1) (25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$$

$$(2) (25/75 \pm 0/25)^{\circ}\text{C}$$

$$(3) (25/7 \pm 0/5)^{\circ}\text{C}$$

$$(4) (25/7 \pm 0/3)^{\circ}\text{C}$$

پاسخ:

با توجه به شکل، کمینه تقسیم‌بندی این دماسنج برابر  $0/5^{\circ}\text{C}$  است، بنابراین خطای آن برابر  $\pm 0/25^{\circ}\text{C}$  بیان می‌شود که باید به صورت  $\pm 0/3^{\circ}\text{C}$  گرد شود چون در غیراین صورت باید ۲ رقم را حدس می‌زدیم (به گزینه ۲ توجه کن). هم‌چنین سطح جیوه بین  $25/5^{\circ}\text{C}$  تا  $26^{\circ}\text{C}$  قرار دارد، پس می‌شود حدس زد دمای اتاق حدوداً  $25/7^{\circ}\text{C}$  است. گزارش نتیجه اندازه‌گیری: بنابراین گزینه «۴» صحیح است.

$$(25/7 \pm 0/3)^{\circ}\text{C}$$

## تفمین مرتبه بزرگی در فیزیک

معمولاً در موارد زیر از تخمین استفاده می‌کنیم:

- ۱ دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی برای ما نداشته باشد.
- ۲ زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم.
- ۳ همه یا بخشی از داده‌های مورد نیاز، در دسترسی ما نباشد.

برای به دست آوردن مرتبه بزرگی یک عدد (a) باید:

۱ ابتدا عدد موردنظر را به شکل نماد علمی یعنی  $a = x \times 10^n$  بنویسیم ( $1 \leq x < 10$ ).

۲ اگر x کمتر از ۵ باشد به جای آن ۱ ( $x \sim 1$ ) و اگر بزرگ‌تر یا مساوی ۵ باشد، به جای آن ۱۰ ( $x \sim 10$ ) قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} 1 \leq x < 5 : a = x \times 10^n \sim 1 \times 10^n = 10^n \\ 5 \leq x < 10 : a = x \times 10^n \sim 10 \times 10^n = 10^{n+1} \end{cases}$$

$$1 \quad 7 = 7 \times 10^0 \sim 10 \times 10^0 = 10^1$$

$$3 \quad 138 = 1/38 \times 10^2 \sim 1 \times 10^2 = 10^2$$

$$5 \quad 85360 = 8/536 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 = 10^5$$

$$2 \quad 0/3 = 3 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-1} = 10^{-1}$$

$$4 \quad 0/05 = 5 \times 10^{-2} \sim 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}$$

$$6 \quad 0/000499 = 4/99 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-4} = 10^{-4}$$

نمونه





**پاسخ:** حجم مایعی که از ظرف بیرون می‌ریزد، برابر با حجم سنگ است. پس ابتدا این حجم را به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{مایع}} = \frac{m_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}}} = \frac{27g}{0.9 \frac{g}{cm^3}} = 30 cm^3 \rightarrow V_{\text{سنگ}} = 30 cm^3$$

$$\rho_{\text{سنگ}} = \frac{m}{V} = \frac{450g}{30 cm^3} = 15 \frac{g}{cm^3} = 15000 \frac{kg}{m^3}$$

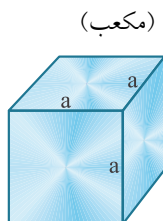
**نکته**

برای اندازه‌گیری حجم یک جسم نامتقارن به دو صورت عمل می‌شود:

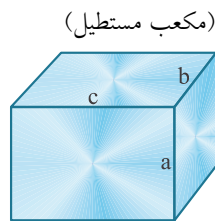
۱. جسم را درون ظرف پر از مایعی می‌اندازیم و مایع به حجم  $V$  از ظرف بیرون می‌ریزد. در این صورت حجم جسم نیز  $V$  است.

۲. جسم را درون استوانه‌ای مدرجی که مقداری مایع درون آن است، می‌اندازیم. در این صورت حجم مایع به اندازه حجم جسم زیاد می‌شود.

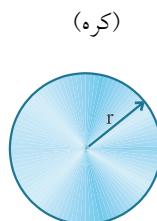
**یادآوری:** فرمول حجم تعدادی از پرکاربردترین اشکال هندسی



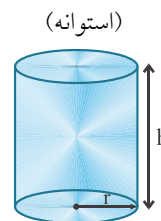
$$V = a^3$$



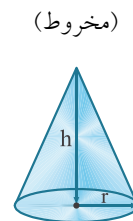
$$V = abc$$



$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$



$$V = \pi r^2 h$$



$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

**نکته**

برای مقایسه چگالی دو ماده از رابطه مقابل استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\frac{m_2}{V_2}}{\frac{m_1}{V_1}} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{V_1}{V_2}$$

**تست ۱۳** جرم کره فلزی A چهار برابر جرم کره فلزی B و شعاع آن دو برابر شعاع B است. چگالی فلز A چند برابر چگالی فلز B است؟

۳۲ (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

**پاسخ:** با توجه به نکته بالا داریم:

بنابراین گزینه «۳» صحیح است.

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{\frac{4}{3} \pi r_B^3}{\frac{4}{3} \pi r_A^3} \rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^3 = 4 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$$

**مسئله مفهومی (توفالی):** در این گونه مسائل چگالی ماده، جرم و حجم ظاهری جسم دارای حفره را می‌دهند و از ما می‌خواهند حجم حفره را

به دست آوریم. برای حل، ابتدا به کمک چگالی فلز و جرم جسم، حجم قسمت توپر ( $V'$ ) را پیدا می‌کنیم ( $V' = \frac{m}{\rho}$ ). اختلاف حجم ظاهری جسم ( $V$ ) و حجم قسمت توپر ( $V'$ )، حجم حفره را به ما می‌دهد.

**تست ۱۴** جسمی مکعب شکل از جنس مس به چگالی  $9 \frac{g}{cm^3}$  به ضلع  $5cm$  و جرم  $945g$  حفره‌ای وجود دارد. حجم حفره چند سانتی متر مکعب است؟

۲۵ (۴)

۲۰ (۳)

۱۵ (۲)

۱۰ (۱)

$$V' = \frac{m}{\rho} = \frac{945g}{9 \frac{g}{cm^3}} = 105 cm^3$$

**پاسخ:** ابتدا حجم قسمت توپر را به دست می‌آوریم:

حجم ظاهری مکعب  $V = 5^3 = 125 cm^3$  است، بنابراین حجم حفره برابر است با:  $\Delta V = V - V' = 125 - 105 = 20 cm^3$  (حجم حفره) بنابراین گزینه «۳» صحیح است.

**توجه:** حجم ظاهری یک جسم در واقع حجم شکل کلی آن است که ما می‌بینیم. در این سؤال چون جسم مکعب شکل بود از رابطه  $V = a^3$  حجم ظاهری آن را به دست آوردیم.

### چگالی مخلوط

$$\rho_T = \frac{m_T}{V_T}$$

گاهی اوقات چند ماده با چگالی‌های متفاوت را با هم مخلوط می‌کنیم. در این صورت چگالی مخلوط برابر است با:

$$\rho_T = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

۱ اگر در حین اختلاط تغییر حجم ناچیز باشد:

در استفاده از این فرمول دو حالت پیش می‌آید:

$$\rho_T = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_T}$$

۲ اگر در حین اختلاط تغییر حجم داشته باشیم:

**توجه:** در فرمول ۲،  $V_T$  حجم مخلوط پس از اختلاط است.

**نکته** اگر حجم مواد مخلوط‌شونده با هم برابر باشد و تغییر حجم نداشته باشیم، چگالی مخلوط، میانگین چگالی مواد مخلوط‌شونده خواهد بود:

$$\rho_T = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n}{n}, \quad n = \text{تعداد مواد}$$

**تست ۱۵**  $400 cm^3$  از مایعی به چگالی  $\rho_1 = 1/5 \frac{g}{cm^3}$  را با چند لیتر از مایعی با چگالی  $4/5 \frac{g}{cm^3}$  مخلوط کنیم تا چگالی محلول  $2/5 \frac{g}{cm^3}$  شود؟ (در حین اختلاط تغییر حجم نداریم).

۰/۲ (۴)

۰/۱ (۳)

۱۰۰ (۲)

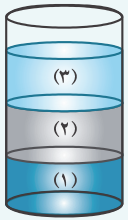
۲۰۰ (۱)

**پاسخ:** چگالی محلول از رابطه  $\rho_T = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$  به دست می‌آید. چون جرم‌ها را نداریم، بنابراین:

$$2/5 = \frac{1/5 \times 400 + 4/5 V_2}{400 + V_2} \rightarrow 1000 + 2/5 V_2 = 600 + 4/5 V_2 \rightarrow 2V_2 = 400 \rightarrow V_2 = 200 cm^3 = 0/2 L$$

بنابراین گزینه «۴» صحیح است.

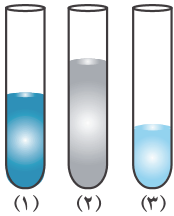
**توجه:** در فرمول چگالی مخلوط کافیست که واحدهای  $\rho$ ،  $V$  و  $m$  یکسان باشد و نیازی به تبدیل واحد نیست، به همین خاطر در این سؤال حجم‌ها را برحسب  $cm^3$  و چگالی‌ها را برحسب  $\frac{g}{cm^3}$  جایگذاری کرده‌ایم.



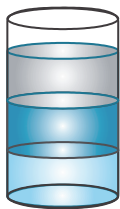
اگر چند مایع مخلوط نشدنی را درون ظرفی بریزیم، هر مایعی که چگالی آن بیشتر باشد پایین‌تر قرار می‌گیرد؛ بنابراین چگال‌ترین مایع (مایعی که پهنایش از همه بیشتره) در کف ظرف قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در شکل مقابل داریم:

$$\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$$

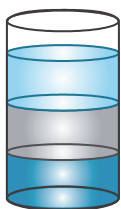
چون چگالی بنزین و نفت از چگالی آب کمتر است، به همین دلیل بر روی آب قرار می‌گیرند. پس برای خاموش کردن آن‌ها، آب مایع مناسبی نیست.



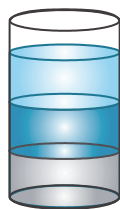
در سه لوله مشابه مطابق شکل مقابل، جرم‌های برابر از سه مایع را ریخته‌ایم. اگر حجم برابر از سه مایع را درون ظرفی بریزیم، کدام گزینه شکل درست قرارگیری مایعات را روی هم نشان می‌دهد؟ (مایعات مخلوط نشدنی‌اند).



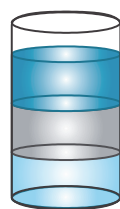
(۴)



(۳)



(۲)



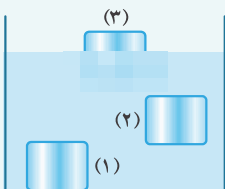
(۱)

**پاسخ:** با توجه به شکل سؤال، چون به ازای جرم برابر ۳ مایع، حجم مایع ۲ از همه بیشتر و حجم مایع ۳ از همه کمتر است، بنابراین داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \begin{matrix} V_2 > V_1 > V_3 \\ m_1 = m_2 = m_3 \end{matrix} \rightarrow \rho_2 < \rho_1 < \rho_3$$

بنابراین چون چگالی مایع ۳ از همه بیشتر است، باید در کف ظرف قرار گیرد و روی آن نیز با توجه به این‌که  $\rho_2 < \rho_1$  می‌باشد، باید مایع ۱ قرار گیرد.

بنابراین گزینه «۴» صحیح است.



وضعیت اجسام درون مایعات:

- ۱ اگر جسم  $\rho < \rho_{\text{مایع}}$  ← جسم در مایع ته‌نشین می‌شود.
- ۲ اگر جسم  $\rho = \rho_{\text{مایع}}$  ← جسم در مایع غوطه‌ور است.
- ۳ اگر جسم  $\rho > \rho_{\text{مایع}}$  ← جسم در سطح مایع شناور است.

## فصل ۱: فیزیک و اندازه گیری

### فیزیک دانش بنیادی، مدل سازی در فیزیک

۱. فرض کنید اتوبوسی در حال حرکت است. راننده اتوبوس با دیدن ایستگاه ترمز می کند و پس از طی مسافتی می ایستد. در مدل سازی این پدیده از کدام یک از عوامل زیر نمی توان صرف نظر کرد؟



- (الف) اصطکاک اتوبوس با زمین و مقاومت هوا  
(ب) ابعاد و شکل اتوبوس  
(پ) جرم اتوبوس و مسافران آن  
(ت) چرخش چرخ ها در حین ترمز

(۱) الف و پ (۲) پ و ت (۳) ب و ت (۴) الف و ب

### کمیت ها و یکاهای فیزیکی، سازگاری یکاها

۲. کدام مورد هم درباره کمیت های برداری و هم درباره کمیت های نرده ای درست است؟

(۱) دارای جهت اند. (۲) قابل اندازه گیری اند.

(۳) عمل جمع برای هر دو به یک صورت تعریف شده است. (۴) عمل تفریق برای هر دو به یک صورت تعریف شده است.

۳. کدام دسته از کمیت های زیر همگی اسکالر هستند؟

- (۱) زمان، سرعت متوسط، جرم  
(۲) دما، طول، جابه جایی  
(۳) مقدار ماده، دما، جریان الکتریکی  
(۴) نیرو، زمان، شدت روشنایی

۴. کدام گروه همگی جزو یکاهای اصلی هستند؟

- (۱) جرم، زمان، دما (۲) کیلوگرم، آمپر، طول (۳) مول، ثانیه، کلین (۴) نیرو، مساحت، انرژی

۵. یکای فشار در SI پاسکال (Pa) است. پاسکال برحسب یکاهای اصلی با کدام گزینه سازگار است؟

- (۱)  $\frac{\text{kg.m}^3}{\text{s}^2}$  (۲)  $\frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$  (۳)  $\frac{\text{kg}}{\text{ms}^2}$  (۴)  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$

۶. یکای گشتاور در SI برحسب یکاهای اصلی سازگار با کدام یک از گزینه های زیر است؟

- (۱)  $\frac{\text{kg.m}}{\text{s}}$  (۲)  $\frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}}$  (۳)  $\frac{\text{kg}^2 \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$  (۴)  $\frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2}$

۷. بنا به قانون گرانشی نیوتون، نیروی جاذبه میان دو جسم با جرم های  $m_1$  و  $m_2$  که در فاصله  $r$  از هم قرار دارند، از رابطه  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

به دست می آید. یکای  $G$  برحسب یکاهای اصلی به کدام شکل بیان می شود؟

- (۱)  $\frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}}$  (۲)  $\frac{\text{kg}^3 \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$  (۳)  $\frac{\text{m}^3}{\text{kgs}^2}$  (۴)  $\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}$

### پیشوندها، نمادگذاری علمی و تبدیل یکا

۸. زمان شلیک یک گلوله تا لحظه برخورد به هدف ۶۳ میلی ثانیه اندازه گیری شده است. این زمان مطابق شیوه نمادگذاری علمی، چند پیکوثانیه است؟

- (۱)  $6/3 \times 10^9$  (۲)  $6/3 \times 10^{10}$  (۳)  $0/63 \times 10^{10}$  (۴)  $63 \times 10^9$

۹.  $39 \text{ mm}^3$  چند لیتر است؟

- (۱)  $3/9 \times 10^{-6}$  (۲)  $39 \times 10^{-6}$  (۳)  $3/9 \times 10^{-8}$  (۴)  $39 \times 10^{-3}$

۱۰. چگالی یک جسم  $8/5 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$  است. چگالی این جسم چند  $\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$  است؟

- (۱) ۸۵۰۰ (۲)  $8/5 \times 10^{-3}$  (۳)  $8/5 \times 10^{-6}$  (۴)  $8/5 \times 10^6$