

فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری

| | |
|----|----------------|
| ۸ | درس‌نامه |
| ۲۴ | سؤالات |
| ۴۰ | آزمون فصل |
| ۴۳ | پاسخ سؤالات |
| ۸۲ | پاسخ آزمون فصل |

فصل دوم: کار، انرژی و توان

| | |
|-----|----------------|
| ۹۰ | درس‌نامه |
| ۱۰۵ | سؤالات |
| ۱۳۱ | آزمون فصل |
| ۱۳۵ | پاسخ سؤالات |
| ۱۸۸ | پاسخ آزمون فصل |

فصل سوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد

| | |
|-----|----------------|
| ۱۹۸ | درس‌نامه |
| ۲۱۸ | سؤالات |
| ۲۵۰ | آزمون فصل |
| ۲۵۴ | پاسخ سؤالات |
| ۳۱۲ | پاسخ آزمون فصل |

فصل چهارم: دما و گرما

| | |
|-----|----------------|
| ۳۲۰ | درس‌نامه |
| ۳۴۹ | سؤالات |
| ۳۸۵ | آزمون فصل |
| ۳۸۹ | پاسخ سؤالات |
| ۴۵۹ | پاسخ آزمون فصل |

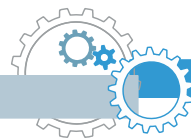


- ۴۶۸ کنکور تجربی ۹۵ داخل و خارج از کشور
- ۴۷۰ پاسخ کنکور تجربی ۹۵
- ۴۷۳ کنکور ریاضی ۹۵ داخل و خارج از کشور
- ۴۷۶ پاسخ کنکور ریاضی ۹۵



فصل اول

فیزیک و اندازه گیری



درس نامه

فیزیک و اندازه‌گیری



مدلسازی در فیزیک



فرآیندی است که طی آن پدیده فیزیکی، آن قدر 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 ۱ در مدلسازی یک پدیده، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم، نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را.

نمونه در مدلسازی پرتاب رو به بالای یک توپ، اگر به جای مقاومت هوا، وزن جسم را نادیده بگیریم، توپ پس از پرتاب به بالا در یک خط مستقیم بالا می‌رود و دیگر بر نمی‌گردد!!!

مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی



برای توصیف پدیده‌ها در فیزیک، از آن‌ها استفاده می‌شود.

باید توسط آزمایش مورد آزمون قرار گیرند.

در طول زمان همواره معتبر نیستند، بلکه می‌توانند دستخوش تغییر شوند.

اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی



کمیت: هر آن‌چه قابل اندازه‌گیری باشد.

یکا (واحد): مقدار ثابتی از یک کمیت که مبنای مقایسه بزرگی آن کمیت است.

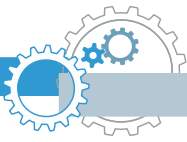
نکته ۲ یکای هر کمیت باید ثابت (اندازه آن)، دقیق و از جنس همان کمیت باشد و دارای قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشد.

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.



| 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 | | |

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 ۳ 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:

- فرمول فیزیکی مناسب را که کمیت مورد نظر در آن وجود دارد، می‌نویسیم.
- نماد کمیت مورد نظر (مجهول) را در یک طرف تساوی نگه داشته و بقیه نمادها را به طرف دیگر تساوی منتقل می‌کنیم.
- 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؟

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}} \quad (۴)$$

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \quad (۳)$$

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \quad (۲)$$

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \quad (۱)$$

پاسخ رابطه‌ای که برای نیرو داریم، $F = ma$ (قانون دوم نیوتون) است. در این فرمول کمیت مورد نظر نیرو است که نماد آن در یک طرف تساوی قرار دارد. یکای جرم (kg) است که جزء یکاهای اصلی است و یکای شتاب (a) برحسب یکاهای اصلی

$$F = m \cdot a \rightarrow N \equiv \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{است. بنابراین:}$$

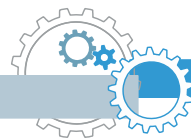
بنابراین گزینه «۳» درست است.

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 $\rightarrow ۶۰ \text{ kg}$
 بیان یک کمیت نرده‌ای
 یکا 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 ۴ 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.

(به طرف جنوب) $10 \frac{m}{s}$ **مثال** سرعت \rightarrow بیان یک کمیت برداری
 ↓ جهت
 ↓ یکا
 ↓ عدد

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

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

نکته ۵ 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 با توجه به جهت آن‌ها می‌تواند عددی بین ۲۰ تا ۴۰ متر بر ثانیه شود (دلیل این موضوع را سال بعد بهتر می‌فهمیم).

نکته ۶ 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) برحسب مکان آن (x) به صورت $v = \frac{4a}{x^2} - bx$ است. یکای a و b در دستگاه SI به

ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (راهنمایی: مکان جسم برحسب m بیان می‌شود).

- (۱) $m \cdot s$, $\frac{m^3}{s}$ (۲) $m^3 \cdot s$, s^{-1} (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 سمت راست تساوی نیز باید

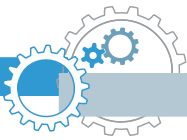
برحسب $\frac{m}{s}$ باشد. هم‌چنین چون بین عبارات سمت راست تساوی علامت تفریق (-) وجود دارد، پس هر دو کمیت از یک

جنس بوده و یکایشان $\frac{m}{s}$ است. بنابراین داریم:

$$v = \frac{4a}{x^2} - bx \Rightarrow \begin{cases} \frac{m}{s} = \frac{a}{m^2} \rightarrow a = \frac{m^3}{s} \\ \frac{m}{s} = b \cdot m \rightarrow b = \frac{1}{s} = s^{-1} \end{cases}$$

بنابراین گزینه «۴» درست است.





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 10^0 می‌باشد و هنگامی که به ابتدای یکایی اضافه می‌شود، آنرا بزرگتر یا کوچکتر می‌کند.

| پیشوند | نماد | ضریب |
|--------------------|------|-----------|
| دِکا | 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 | μ | 10^{-6} |
| نانو | n | 10^{-9} |
| پیکو | p | 10^{-12} |
| پیشوندهای کاهنده | | |

هیچ‌گاه دو پیشوند با هم پشت یک یکا نمی‌آیند. نمونه $k\mu g$ نادرست است.

نمادگذاری علمی

در این روش هر عدد را به صورت $x \times 10^n$ می‌نویسیم که در آن: $1 \leq x < 10$ } n عددی صحیح است.

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 0.0722×10^{-6} به دست آمده است. کدام گزینه نمایش این اعداد به صورت

نمادگذاری علمی را درست نشان می‌دهد؟

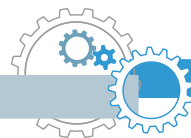
(۱) 109830×10^5 , $7/22 \times 10^{-8}$ (۲) 109830×10^4 , $72/2 \times 10^{-7}$

(۳) 10983×10^4 , $7/22 \times 10^{-4}$ (۴) 109830×10^5 , $7/22 \times 10^{-8}$

پاسخ گزینه «۴» درست است. زیرا:

(ممیز را ۵ رقم عقب کشیدیم $\leftarrow n = 5$) $\Rightarrow 109830 = 109830 \times 10^5$

(ممیز را ۲ رقم جلو کشیدیم $\leftarrow n = -2$) $\Rightarrow 0.0722 \times 10^{-6} = 7/22 \times 10^{-2} \times 10^{-6} = 7/22 \times 10^{-8}$



تبدیل یگاها

در اندازه گیری های فیزیکی و محاسبه های عددی گاهی اوقات نیاز به تبدیل یگاها به یکدیگر داریم.

نکته ۷ برای بیان برخی از کمیت ها، از یگاها خاصی استفاده می شود که باید آن ها را به خاطر داشته باشید:

| رابطه یگاها | نماد یگا | نام یگای خاص | کمیت |
|--|---------------------------|------------------------|-------|
| $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$ | μm | میکرون | طول |
| $1^\circ = 10^{-1} \text{m}$ | $^\circ$ | آنگستروم | طول |
| $1 \text{HA} = 1(\text{hm})^2 = 10^4 \text{m}^2$ | HA | هکتار | مساحت |
| $1 \text{cm}^3 = 1 \text{cc} = 10^{-6} \text{m}^3$ | $(\text{cc}) \text{cm}^3$ | سانتی متر مکعب (سی سی) | حجم |
| $1 \text{L} = 10^{-3} \text{m}^3 = 1000 \text{cm}^3$ | L | لیتر | حجم |
| $1 \text{ton} = 10^3 \text{kg} = 10^6 \text{g}$ | ton | تن | جرم |

⚠ برای طول یگاهایی مانند ذرع، فرسنگ، یگای نجومی (AU)، سال نوری (ly)، فوت، اینچ، مایل و ... و برای برم نیز یگاهایی مانند فروار، من تبریز، سیر، مثقال، قیراط، اونس و ... وجود دارد که نیازی به حفظ کردن روابط آن ها با یکدیگر نیست و در مسائل داده می شوند.

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

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

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

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

سرعت نور در خلأ

① تبدیل یگا به روش زنجیره ای

مراحل این روش را با یک مثال بیان می کنیم. به عنوان مثال می خواهیم بدانیم ۲۵ تن چند کیلوگرم است؟

۱. ابتدا ضریب تبدیل مناسب را به دست می آوریم؛ ضریب تبدیل عبارتی کسری است که از تساوی بین دو یگا به دست خواهد آمد و مقدار آن برابر ۱ است:

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

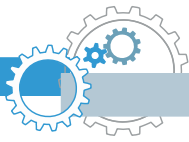
۲. بر اساس این که کدام کمیت را می خواهیم به کدام کمیت تبدیل کنیم، ضریب تبدیل را انتخاب می کنیم. مثلاً چون در این مثال می خواهیم تن را به کیلوگرم تبدیل کنیم، پس باید تن در مخرج و کیلوگرم در صورت کسر آورده شود. (یکایی که در مخرج قرار می گیرد در مرحله بعد ساده می شود):

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

۳. مقدار داده شده را در ضریب تبدیل انتخاب شده ضرب می کنیم تا تبدیل یگا صورت گیرد:

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

⚠ به طور کلی یکایی را که می خواهیم از صورت حذف کنیم، در ضریب تبدیل باید در مخرج باشد و یکایی را که می خواهیم 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.)

- (۱) $3/12 \times 10^4$ (۲) $3/12 \times 10^6$ (۳) $1/248 \times 10^3$ (۴) $1/248 \times 10^5$

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:

$$\begin{cases} 1 \text{ فرسنگ} = 1 \text{ ذرع} = 6000 \text{ ذرع} \rightarrow \frac{6000 \text{ ذرع}}{1 \text{ فرسنگ}} = 1 \\ 1 \text{ ذرع} = 104 \text{ cm} = 1/04 \text{ m} \rightarrow \frac{1/04 \text{ m}}{1 \text{ ذرع}} = 1 \end{cases}$$

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

$$5 \text{ فرسنگ} = 5 \times \frac{6000 \text{ ذرع}}{1 \text{ فرسنگ}} \times \frac{1/04 \text{ m}}{1 \text{ ذرع}} = 5 \times 6000 \times 1/04 \text{ m} = 31200 \text{ m} = 3/12 \times 10^4 \text{ m}$$

بنابراین گزینه «۱» درست است.



۲ 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 μ مقدار 10^{-6} را می‌گذاریم و مانند یک معادله ساده حل می‌کنیم. به ۲ تست زیر توجه کنید:



تست ۵ ۱۵ میکروگرم چند کیلوگرم است؟

- (۱) 15×10^{-8} (۲) $1/5 \times 10^{-9}$ (۳) $1/5 \times 10^{-8}$ (۴) 15×10^{-6}

پاسخ (روش اول: تبدیل زنجیره‌ای) ابتدا ضریب تبدیل مناسب را به دست می‌آوریم. باید μg را به g و g را به kg تبدیل کنیم، بنابراین:

$$\begin{cases} 1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g} \rightarrow \frac{10^{-6} \text{ g}}{1 \mu\text{g}} = 1 \\ 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg} \rightarrow \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} = 1 \end{cases} \Rightarrow 15 \mu\text{g} = 15 \mu\text{g} \times \frac{10^{-6} \text{ g}}{1 \mu\text{g}} \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} = 15 \times 10^{-6} \times 10^{-3} \text{ kg} = 15 \times 10^{-9} \text{ kg} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ kg}$$

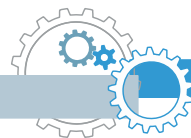
(روش دوم: روش X) ابتدا معادله تبدیل یکا را می‌نویسیم:

حال معادل هریک از پیشوندها را در معادله قرار می‌دهیم. یک میکرو، 10^{-6} و یک کیلو 10^3 است:

$$\underline{X} = \frac{15 \mu\text{g}}{\text{kg}} = \frac{15 \times 10^{-6} \text{ g}}{10^3 \text{ g}} = 15 \times 10^{-9} = 1/5 \times 10^{-8}$$



روش X بسیار سریع‌تر از تبدیل زنجیره‌ای است و همچنین در تمامی تبدیل یکاها (به ساده، به سفت) کارگشا است.



تست ۴ در کدام گزینه معادله‌ها درست نوشته شده است؟

(۲) $670 \text{ mm}^2 = 6/7 \times 10^{-10} \text{ km}^2$

(۱) $0/035 \text{ cm}^3 = 3/5 \times 10^{-6} \text{ L}$

(۴) $26 \text{ ton} = 2/6 \times 10^{12} \text{ ng}$

(۳) $42 \frac{\text{ms}}{\text{g.km}} = 4/2 \times 10^{-3} \frac{\text{s}}{\text{kg.m}}$

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

(۱) گزینه (۱): $0/035 \text{ cm}^3 = \underline{X} \text{ L} \rightarrow \underline{X} = \frac{0/035 (\text{cm})^3}{\text{L}} = \frac{0/035 \times (10^{-2})^3 \text{ m}^3}{10^{-3} \text{ m}^3} = 0/035 \times 10^{-3} = 3/5 \times 10^{-5}$ ✗

(۲) گزینه (۲): $670 \text{ mm}^2 = \underline{X} \text{ km}^2 \rightarrow \underline{X} = \frac{670 (\text{mm})^2}{(\text{km})^2} = \frac{670 \times (10^{-3})^2 \text{ m}^2}{(10^3)^2 \text{ m}^2} = 670 \times 10^{-12} = 6/7 \times 10^{-10}$ ✓

(۳) گزینه (۳): $42 \frac{\text{ms}}{\text{g.km}} = 42 \frac{(10^{-3})\text{s}}{(10^{-3})\text{kg} \times (10^3)\text{m}} = 42 \times 10^{-3} \frac{\text{s}}{\text{kg.m}}$ ✗

(۴) گزینه (۴): $26 \text{ ton} = \underline{X} \text{ ng} \rightarrow \underline{X} = \frac{26 \times 10^6 \text{ g}}{10^{-9} \text{ g}} = 26 \times 10^{15} = 2/6 \times 10^{16}$ ✗

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 یکهایی که یگها به صورت کسری است (مانند گزینه «۳») از **بایگزاری مستقیم پیشوندها** برای تبدیل یکه استفاده می‌کنیم.

بنابراین گزینه «۲» درست است.



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:

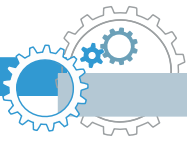
۱ دقت وسیله اندازه‌گیری

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)

خط کش، متر نواری، کولیس، ریزسنج، دماسنج جیوه‌ای و ... مثال‌هایی از ابزارهای اندازه‌گیری مدرجند.

کولیس و ریزسنج دیجیتال هم وجود دارد.



در این وسایل، دقت اندازه‌گیری برابر کمینه درجه‌بندی آن وسیله است. هم‌چنین خطای اندازه‌گیری ابزارهای مدرج برابر $\pm \frac{1}{2}$ کمینه تقسیم‌بندی آن وسیله (دقت آن) است:

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

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



نمونه دقت خط‌کشی که مطابق شکل مقابل، کمینه تقسیم‌بندی آن تا میلی‌متر است برابر 1 mm و خطای آن $\pm 0.5 \text{ mm}$ است.

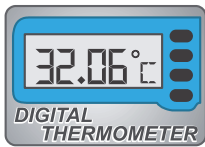
$$\Delta = \pm \frac{1 \text{ mm}}{2} = \pm 0.5 \text{ mm}$$

ب. دقت و فضای 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.

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

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



نمونه در دماسنج دیجیتال شکل مقابل، که عدد 32.06°C را می‌خواند، دقت دماسنج برابر 0.1°C و خطای آن برابر $\pm 0.1^\circ\text{C}$ است.

$$32.06^\circ\text{C} \rightarrow d = 0.1^\circ\text{C} \quad \text{و} \quad \Delta = \pm d = \pm 0.1^\circ\text{C}$$

نکته ۸ در وسایل اندازه‌گیری (چه مدرج، چه دیجیتال)، وسیله‌ای دقیق‌تر است که دقت و یا خطای آن کوچک‌تر باشد. به عنوان مثال خط‌کشی که برحسب میلی‌متر (0.1 m) مدرج شده از خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر (1 m) مدرج شده، دقیق‌تر است.

نکته ۹ نتیجه اندازه‌گیری باید مضرب صحیحی از دقت اندازه‌گیری باشد. مثلاً اگر کوچک‌ترین وزنه ترازویی 100 g باشد، این ترازو می‌تواند جرم جسمی را 2500 g گزارش کند ولی 2450 g را نمی‌تواند.

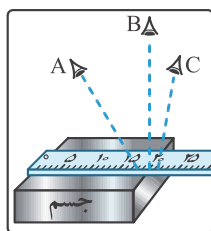
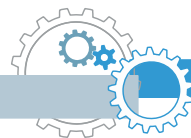
تست ۷ جرم جسمی را توسط وزنه‌های 50 g گرمی اندازه می‌گیریم. کدام گزینه بیان درستی از این اندازه‌گیری است؟
 (۱) 510 g (۲) $4/1 \times 10^2 \text{ kg}$ (۳) $3/2 \text{ kg}$ (۴) $4/90 \text{ kg}$

پاسخ نتیجه اندازه‌گیری باید مضرب صحیح 50 g گرم باشد، بنابراین گزینه (۱) نادرست است ولی سایر گزینه‌ها می‌تواند پاسخ باشد. چون وزنه‌ها 50 g گرمی است، داریم:

$$m = 50 \text{ g} = 5 \times 10^1 \text{ g} = 5 \times 10^{-2} \text{ kg} = 0.05 \text{ kg} \rightarrow (\text{دقت اندازه‌گیری}) \quad d = 0.1 \text{ kg}$$

پس باید دقت اندازه‌گیری 0.1 kg باشد، بنابراین گزینه «۴» درست است.





۲ مهارت شصت‌هفتم آزمایشگر

یکی از این مهارت‌ها نحوه خواندن نتیجه اندازه‌گیری است. مثلاً در شکل مقابل خواندن نتیجه اندازه‌گیری از منظرهای A و C خطا را افزایش می‌دهد. در حالی که اگر شخص از B که خط دیدش عمود بر خط کش است، نتیجه اندازه‌گیری را بخواند این اندازه‌گیری دقیق‌تر خواهد بود.

۳ تعداد دفعات اندازه‌گیری

برای کاهش خطا در اندازه‌گیری، معمولاً اندازه‌گیری را چندبار تکرار می‌کنیم و در نهایت میانگین داده‌های به‌دست آمده را به عنوان نتیجه اندازه‌گیری گزارش می‌کنیم. در میانگین‌گیری باید به دو نکته زیر توجه شود:

- ۱ اگر یک یا دو عدد اختلاف زیادی با بقیه داده‌ها داشته باشند، در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آیند.
- ۲ اگر تعداد رقم‌های میانگین بیشتر از تعداد رقم‌های هر یک از عددهای گزارش شده باشد، آن را طوری گرد می‌کنیم که تعداد رقم‌هایش با اعداد گزارش یکی شود.



تست ۸ با تکرار اندازه‌گیری طول یک مداد، داده‌های $۱۰/۳۷$ ، $۱۰/۲۷$ ، $۱۰/۳۸$ ، $۱۰/۴۰$ ، $۱۰/۳۵$ ، $۱۰/۴۱$ ، $۱۰/۵۴$ برحسب

سانتی‌متر گزارش شده است. نتیجه اندازه‌گیری قابل قبول کدام است؟

- (۱) $۱۰/۳۸۲\text{cm}$ (۲) $۱۰/۳۸\text{cm}$ (۳) $۱۰/۳۹\text{cm}$ (۴) $۱۰/۳۸۸\text{cm}$

پاسخ با مقایسه داده‌ها مشاهده می‌شود اختلاف دو داده $۱۰/۲۷$ و $۱۰/۵۴$ از سایر عددها بیشتر است، بنابراین در میانگین‌گیری

به حساب نمی‌آیند. داریم:

$$\text{میانگین} = \frac{۱۰/۳۵ + ۱۰/۳۷ + ۱۰/۳۸ + ۱۰/۴۰ + ۱۰/۴۱}{۵} = ۱۰/۳۵ + \frac{۰/۰۰۲ + ۰/۰۰۳ + ۰/۰۰۵ + ۰/۰۰۶}{۵} = ۱۰/۳۵ + ۰/۰۰۳۲ = ۱۰/۳۸۲$$

(اختلاف از $۱۰/۳۵$)

چون گزارش‌ها با ۴ عدد با معنا (در قسمت بعدی می‌فهمیم) بیان شده است، بنابراین میانگین به‌دست آمده را تا ۴ رقم با معنا گرد می‌کنیم. یعنی خواهیم داشت:

$$۱۰/۳۸ = \text{نتیجه اندازه‌گیری}$$

بنابراین گزینه «۲» درست 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 $۱۰/۳\text{g}$ و ترازوی دیجیتال دیگری جرم آن را $۱۰/۳۰\text{g}$ 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 $۰/۱\text{g}$ و دقت ترازوی دوم $۰/۰۱\text{g}$ است.

تمام رقم‌های غیرصفر در یک عدد با معنا هستند؛ مثلاً $۸۷/۶$ سه رقم با معنا دارد.

نکته ۱۰

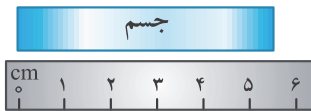
در مورد رقم صفر به موارد زیر توجه کنید:

۱. تمام صفرهایی که بین اعداد غیرصفر قرار دارند با معنا هستند: به عنوان مثال ۲۰۰۶ چهار رقم با معنا دارد.
۲. صفرهایی که در طرف چپ اولین عدد غیرصفر قرار دارند، با معنا نیستند: به عنوان مثال ۰/۰۰۳۰۸ سه رقم با معنا دارد.
۳. صفرهای سمت راست اعداد با معنا که در سمت راست ممیز قرار دارند، با معنا هستند: به عنوان مثال ۱۰/۳۰ چهار رقم با معنا دارد.

صفرهایی که در سمت راست اعداد غیراعشاری قرار دارند می‌توانند با معنا باشند یا نباشند. مثلاً اگر طول جسمی 130 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 $130\text{ cm} = 1/30 \times 10^3\text{ cm}$ 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 گزارش رقم غیرقطعی یا مشکوک می‌گوییم. 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.



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.

جمع‌بندی: ① در اندازه‌گیری با ابزارهای مدرج ← رقم سمت راست **حدسی و غیرقطعی** است.

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

تست ۹

یک کولیس دیجیتال قطر یک ساچمه ریز را $0/09230\text{ m}$ نشان داده است. به

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

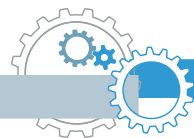


۱) ۴ و ۳ ۲) ۵ و ۰

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» درست است.

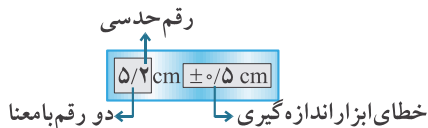


گزارش نتیجه اندازه‌گیری

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

۱ مقدار اندازه‌گیری شده

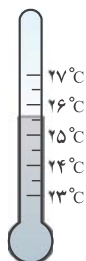
۲ میزان خطای ابزار اندازه‌گیری



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

نکته ۱۲ در گزارش نتیجه یک اندازه‌گیری، باید تعداد اعشار خطای دستگاه و مقدار اندازه‌گیری شده، یکسان باشد. مثلاً اگر کمینه تقسیم‌بندی یک ترازو 1 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:

✓ درست: $25/40 \text{ kg} \pm 0/05 \text{ kg}$ ✗ نادرست: $25/4 \text{ kg} \pm 0/05 \text{ kg}$



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

- (۱) $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ (۲) $(25/75 \pm 0/025)^\circ\text{C}$
 (۳) $(25/7 \pm 0/5)^\circ\text{C}$ (۴) $(25/7 \pm 0/3)^\circ\text{C}$

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°C قرار دارد، پس می‌شود حدس زد دمای اتاق حدوداً $25/7^\circ\text{C}$ است. گزارش نتیجه اندازه‌گیری: $(25/7 \pm 0/3)^\circ\text{C}$ بنابراین گزینه «۴» درست است.

تخمین مرتبه بزرگی در فیزیک

معمولاً در موارد زیر از تخمین استفاده می‌کنیم:

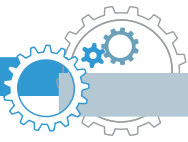
۱ دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی برای ما نداشته باشد.

۲ زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم.

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

برای به‌دست 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 $(x-1)$ و اگر بزرگتر یا مساوی ۵ باشد، به جای آن $(x+1)$ قرار می‌دهیم.

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

۱) $7 = 7 \times 10^0 \sim 10 \times 10^0 = 10^1$

۲) $0.3 = 3 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-1} = 10^{-1}$

۳) $138 = 1/38 \times 10^2 \sim 1 \times 10^2 = 10^2$

۴) $0.05 = 5 \times 10^{-2} \sim 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}$

۵) $85360 = 8/536 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 = 10^5$

۶) $0.000499 = 4/99 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-4} = 10^{-4}$



نکته ۱۳ اگر بخواهیم بهترین تخمین (با دقت زیاد) را بزنیم، دیگر به جای x ، 1 یا 10 قرار نمی‌دهیم بلکه x را به

نزدیک‌ترین عدد صحیحش گرد می‌کنیم. به عنوان مثال:

$$73650 = 7/365 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4 \quad \text{و} \quad 0.00283 = 2/83 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-3}$$

حل مسائل با استفاده از تخمین مرتبه بزرگی:

- ابتدا رابطه مورد استفاده برای رسیدن به پاسخ نهایی (کمیت مجهول) را مشخص می‌کنیم. (راه حل مسئله)
- مرتبه بزرگی هریک از کمیت‌های معلوم موجود در رابطه را محاسبه می‌کنیم. در این مرحله شاید مجبور باشیم مقدار کمی را خودمان به‌طور منطقی حدس بزنیم (البته وسواس زیادی برای حدس زدن نداریم).
- با جایگذاری تخمین مرتبه بزرگی کمیت‌های معلوم و حدسی در رابطه حل مسئله، تخمین مرتبه بزرگی کمیت مجهول به دست می‌آید.



تست ۱۱ مرتبه بزرگی تعداد پلک‌هایی که یک فرد در طول عمر خود می‌زند، به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

- ۱) 10^6 ۲) 10^8 ۳) 10^{10} ۴) 10^{12}

پاسخ ابتدا باید تعداد پلک‌هایی را که به‌طور متوسط در هر دقیقه می‌زنیم حدس بزنیم. اگر فرض کنیم هر ۴ ثانیه یک بار پلک بزنیم، پس در هر دقیقه حدود ۱۵ بار پلک می‌زنیم. (اگر در یک دقیقه تعداد پلک‌هایمان را بشماریم همین حدود می‌شود). بنابراین تخمین مرتبه بزرگی تعداد پلک‌ها در هر دقیقه برابر است با:

$$10^1 = 1 \times 10^1 \sim 1/5 \times 10^1 = 15 = \text{تعداد پلک‌ها در هر دقیقه}$$

حال باید تعداد دقیق عمر فرد را تخمین بزنیم. عمر فرد را ۷۰ سال و تعداد روزهای سال را ۳۶۵ روز در نظر می‌گیریم. پس تخمین مرتبه بزرگی تعداد دقیقه‌های عمر فرد برابر است با:

$$10^7 = 100 \times 100 \times 100 \times 100 \sim 70 \times 365 \times 24 \times 60 = 70 \times 365 \times \left(\frac{24}{1 \text{ ساعت}}\right) \times \left(\frac{60}{1 \text{ دقیقه}}\right) = 70 \times 365 \times \left(\frac{365}{1 \text{ سال}}\right) \times \left(\frac{70}{1 \text{ سال}}\right) = \text{تعداد دقیقه‌های عمر فرد}$$

بنابراین:

$$10^8 = 10 \times 10^7 = \text{تعداد دقیق عمر فرد} \times \text{تعداد پلک‌ها در هر دقیقه} = \text{تعداد پلک‌های فرد در کل عمرش}$$

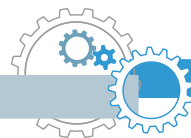
◀ عدد دقیق‌تر مناسبات تعداد پلک‌ها $5/5 \times 10^8$ می‌شود که با توجه به گزینه‌ها به 10^8 (گزینه ۲) نزدیک‌تر است، پس نیاز به

مناسبات دقیق‌تر نداریم. معمولاً در تست‌های تخمین، حاصله گزینه‌ها از یکدیگر زیاد است و به همین دلیل زیاد در حدس زدن

وسواس به فرج نمی‌دهیم.

بنابراین گزینه «۲» صحیح است.





چگالی

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V \text{ و } V = \frac{m}{\rho}$$

جرم واحد حجم جسم است و واحد آن در SI، $\frac{kg}{m^3}$ است:

یکاهای فرعی چگالی عبارتند از: $\frac{g}{cm^3}$ ، $\frac{g}{L}$ ، $\frac{kg}{L}$ و ...

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3} = 1000 \frac{g}{L} = 1 \frac{kg}{L} \Rightarrow \rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) \begin{matrix} \times 1000 \\ \div 1000 \end{matrix} \rho \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

تبدیل واحد:

چگالی یک جسم به جنس آن و هم‌چنین دمایش بستگی دارد.

تست ۱۲ در ظرفی که از مایعی به چگالی $\frac{9}{10} \frac{g}{cm^3}$ لبریز است، سنگی به جرم ۴۵۰ گرم را به آرامی غوطه‌ور می‌کنیم. اگر با این کار

۲۷ گرم مایع از ظرف بیرون بریزد، چگالی سنگ چند واحد SI است؟

- ۱) ۷/۵ ۲) ۷۵۰۰ ۳) ۱۵۰۰۰ ۴) ۱۵

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

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

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

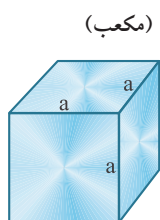
بنابراین گزینه «۳» درست است.



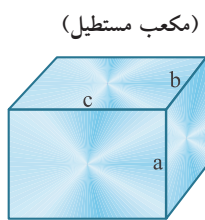
نکته ۱۴ برای اندازه‌گیری حجم یک جسم نامنتقارن به دو صورت عمل می‌شود:

- 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.

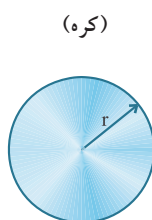
یادآوری: فرمول حجم تعدادی از پرکاربردترین اشکال هندسی



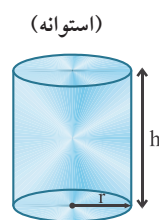
$$V = a^3$$



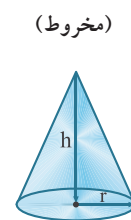
$$V = abc$$



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



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



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