



## فصل ۶

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۱۳۷



## فصل ۷

مغناطیس و القای الکترومغناطیسی ۱۷۰



## فصل ۱

فیزیک و اندازه‌گیری ۷



## فصل ۸

حرکت بر خط راست ۲۰۸



## فصل ۲

کار، انرژی و توان ۲۳



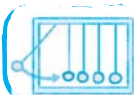
## فصل ۹

دینامیک ۲۳۴



## فصل ۳

ویژگی فیزیکی مواد ۴۲



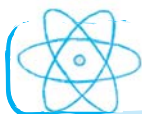
## فصل ۱۰

نوسان و موج ۲۵۶



## فصل ۴

دما و گرما ۷۵



## فصل ۱۱

آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای ۳۰۲



## فصل ۵

الکتریسیته ساکن ۱۰۶

# فیزیک و اندازه‌گیری

## مبانی فیزیک



«علامه جعفری»

ارزش هر انسانی به اندازه چیزی است که دوستش دارد.

### روش علم

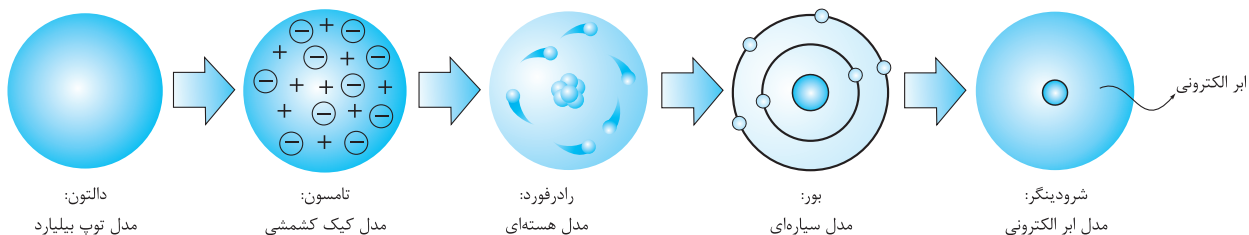
نظریه‌پردازان فیزیک برای خلق یک نظریه یا قانون کارهای زیر را انجام می‌دهند:

**(الف)** پدیده‌های طبیعی را مشاهده می‌کنند (منظور از مشاهده، بررسی دقیق یک پدیده و عوامل تأثیرگذار بر آن پدیده است). **(ب)** پدیده‌های طبیعی، بی‌حساب و کتاب و بی‌ارتباط به هم نیستند. آن‌ها در این مرحله سعی می‌کنند نظم موجود در پدیده‌ها و ارتباط بین آن‌ها را مشخص کنند. **(پ)** نتیجه تحقیق خود را به شکل قانون، مدل یا نظریه فیزیکی بیان می‌کنند. **(ت)** قانون‌ها، مدل‌ها یا نظریه‌های ارائه‌شده زمانی معتبرند که درستی آن‌ها توسط مشاهدات و آزمایش‌های جدید تأیید شوند، در غیر این صورت، باید آن‌ها را کنار بگذاریم.

### اصلاح نظریه‌های فیزیکی

با رشد تکنولوژی و افزایش دقت وسایل اندازه‌گیری، مشاهده و آزمایش‌های دقیق‌تری را می‌توان انجام داد که این آزمایش‌های جدید ممکن است باعث ابطال یا تصحیح یک مدل یا نظریه فیزیکی شوند. بنابراین نظریه‌های فیزیکی آزمون‌پذیرند و می‌توانند اصلاح شوند؛ این ویژگی اصلاً چیز بدی نیست! خیلی هم خوب است و به قول کتاب درسی «نقطه قوت دانش فیزیک است».

**نمونه** نظریه اتمی یکی از معروف‌ترین نظریه‌هایی است که بارها تغییر کرده، طوری که هر نظریه نسبت به نظریه قبلی کامل‌تر شده و شناخت ما را نسبت به دنیای اتم‌ها بیشتر کرده است. شکل زیر مراحل دگرذیسی این نظریه را نشان می‌دهد:



### قانون

قانون‌ها معمولاً به شکل گزاره‌هایی کلی و در عین حال واضح و مختصر بیان می‌شوند و نشان می‌دهند پدیده‌ها چگونه اتفاق می‌افتند. قوانین فیزیک معمولاً روابط ریاضی بین کمیت‌های فیزیکی را بیان و دامنه وسیعی از پدیده‌های طبیعی را توصیف می‌کنند.

**نمونه** قانون دوم نیوتون ( $F = ma$ ) ارتباط ریاضی سه کمیت نیرو، جرم و شتاب را بیان می‌کند و در تمام شاخه‌های فیزیک کاربرد دارد.

### اصل

معمولاً برای توصیف پدیده‌هایی که عمومیت کم‌تری دارند و دامنه محدودتری از پدیده‌های طبیعی را شامل می‌شوند به جای قانون از اصطلاح «اصل» استفاده می‌کنیم.

**نمونه** طبق اصل پاسکال اگر به بخشی از شاره ساکن و محصور، فشار وارد کنیم، فشار در همه نقاط شاره به یک اندازه تغییر می‌کند. محدودیتی که برای ویژگی‌های شاره قائل شده‌ایم، باعث شده از اصطلاح اصل استفاده کنیم.

### مدل‌سازی در فیزیک

اکثر پدیده‌های فیزیکی آن‌قدر پیچیده هستند که بررسی همه جانبه آن‌ها خیلی سخت و گاهی نشدنی است. به طور مثال تحلیل حرکت یک برگ اصلاً کار ساده‌ای نیست. برگ با حرکت‌های انتقالی، پیچشی و چرخشی به سمت پایین سقوط می‌کند؛ تازه مقاومت هوا و وزش باد هم روی حرکت برگ اثر می‌گذارد و همه این عوامل باعث می‌شوند نتوانیم تحلیل دقیقی از حرکت برگ ارائه دهیم. به همین خاطر باید یک سری عواملی را که در حرکت برگ چندان اثرگذار نیستند، نادیده بگیریم. به این کار، یعنی ساده کردن یک پدیده فیزیکی تا حدی که امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود، می‌گوییم «مدل‌سازی».

**نمونه** وقتی توپی را مطابق شکل (الف) پرتاب می‌کنیم، عوامل جزئی زیادی حرکت

توپ را پیچیده می‌کنند که در مدل‌سازی حرکت توپ از آن‌ها چشم می‌پوشیم:

۱ توپ را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم؛ با این ساده‌سازی، از چرخش توپ به دور خود و اندازه و شکل آن صرف‌نظر می‌کنیم (شکل ب).

۲ مقاومت هوا و باد به توپ نیرو وارد می‌کنند، وجود آن‌ها را نادیده می‌گیریم و فرض می‌کنیم توپ در خلأ حرکت می‌کند (شکل ب).

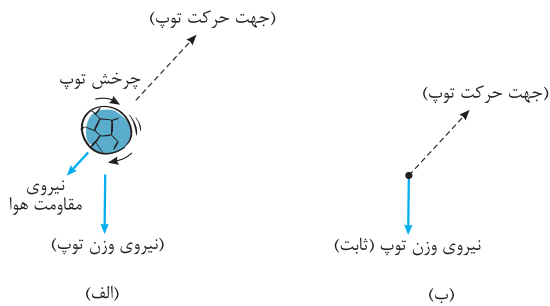
۳ وقتی توپ بالا می‌رود، وزن آن به طور جزئی کاهش می‌یابد، فرض می‌کنیم وزن توپ در ارتفاع‌های مختلف یکسان است (شکل ب).

**پرسش** آیا در مدل‌سازی حرکت توپ می‌توانیم از وزن توپ صرف‌نظر کنیم؟

**پاسخ** اصلاً اگر نیروی جاذبه زمین نباشد، توپ از مدار زمین خارج و حرکت توپ کاملاً متفاوت با حرکت واقعی آن می‌شود.

در مدل‌سازی باید اثرهای جزئی را حذف کنیم، نه عوامل مهم و تعیین‌کننده در آن پدیده را.

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای



(برگرفته از متن کتاب درسی)

۱- کدام یک از عبارات‌های زیر درست است؟

(۱) مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره ثابت و معتبر هستند.

(۲) یک اصل در دامنه وسیعی از پدیده‌ها معتبر است، اما یک قانون فیزیکی برای توصیف دامنه محدودتری از پدیده‌های فیزیکی استفاده می‌شود.

(۳) آزمایش و مشاهده بیشترین نقش را در پیشبرد و تکامل علم فیزیک ایفا کرده است.

(۴) ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است.

۲- در شکل مقابل، شخصی در حال هل دادن یک جسم بزرگ است. برای مدل‌سازی این پدیده، کدام فرض مناسب است؟

(۱) نیروی وزن وارد بر شخص و جسم را نادیده می‌گیریم.

(۲) جسم را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم.

(۳) از نیروی اصطکاک وارد بر شخص و جسم صرف‌نظر می‌کنیم.

(۴) فرض می‌کنیم جسم همواره ساکن باقی می‌ماند.



۳- خودرویی که در حال حرکت است، ترمز کرده و پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. برای مدل‌سازی این پدیده کدام یک از ساده‌سازی‌های زیر نامناسب است؟

(۱) با صرف‌نظر از اندازه و شکل خودرو آن را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم.

(۲) از چرخش چرخ‌ها صرف‌نظر کرده و خودرو را همانند یک جسم صلب در نظر می‌گیریم.

(۳) فرض می‌کنیم خودرو در خلأ حرکت می‌کند و از مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌کنیم.

(۴) از اصطکاک بین خودرو و زمین صرف‌نظر می‌کنیم.



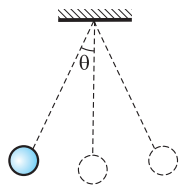
۴- شکل زیر، گلوله کوچکی را نشان می‌دهد که به وسیله نخ از سقف آویزان شده است. گلوله را اندکی از وضع تعادل جابه‌جا کرده و رها می‌کنیم تا حرکت رفت و برگشتی انجام دهد. برای مدل‌سازی این پدیده کدام ساده‌سازی مناسب نیست؟

(۱) از نیروی وزن نخ در مقابل نیروی وزن گلوله صرف‌نظر می‌کنیم.

(۲) از مقاومت هوا و اصطکاک چشم‌پوشی می‌کنیم.

(۳) فرض می‌کنیم زاویه انحراف گلوله از وضع تعادل ( $\theta$ ) خیلی کوچک باشد.

(۴) مسیر حرکت گلوله را به صورت قسمتی از یک دایره در نظر می‌گیریم.



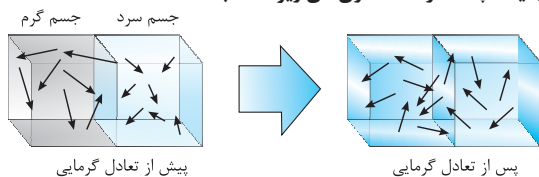
۵- شکل زیر، تعادل گرمایی بین دو جسم با دمای متفاوت را نشان می‌دهد. برای مدل‌سازی این پدیده، چندتا از ساده‌سازی‌های زیر مناسب است؟

(الف) دو جسم را به صورت دو ذره در نظر می‌گیریم که در حال مبادله گرما هستند.

(ب) فرض می‌کنیم دو جسم هیچ گرمایی با محیط مبادله نمی‌کنند.

(پ) گرمای ویژه دو جسم را یکسان در نظر می‌گیریم.

(ت) فرض می‌کنیم در هر لحظه، دمای قسمت‌های مختلف هر یک از جسم‌ها یکسان است.



۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۶- شکل مقابل، چگونگی تشکیل تصویر را در یک دوربین عکاسی نشان می‌دهد. درباره

مدل‌سازی این پدیده، کدام فرض نادرست است؟

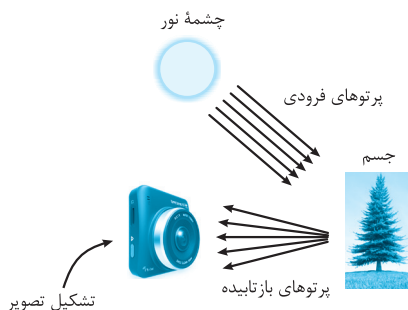
(۱) از مدل پرتوی نور برای مدل‌سازی انتشار نور استفاده می‌کنیم.

(۲) باریکه نور را به صورت پرتوهای موازی نور مدل‌سازی می‌کنیم.

(۳) فرض می‌کنیم پرتوهایی که از یک چشمه نور خیلی دور می‌آیند، با هم موازی‌اند.

(۴) فرض می‌کنیم پرتوهایی که از یک جسم حقیقی بازتاب می‌شوند، همگرا هستند و یک

تصویر تشکیل می‌دهند.





# کمیت‌های فیزیکی و دستگاه بین‌المللی یکاها

## طبقه‌بندی کمیت‌ها

در فیزیک به هر چیزی که قابل اندازه‌گیری باشد، «کمیت» می‌گوییم؛ مثل دما، سرعت و ... . کمیت‌ها را از یک لحاظ کلی می‌توان به دو دسته «نرده‌ای» و «بردار» تقسیم کرد:

### کمیت نرده‌ای

کمیت‌هایی که صرفاً با یک عدد و یکای مناسب شناسایی می‌شوند، «کمیت نرده‌ای» می‌گوییم. این کمیت‌ها از قواعد جمع جبری (همانی که در دوره دبستان خوانده‌اید) پیروی می‌کنند.

### نمونه

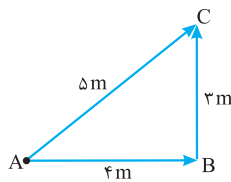
جرم، یک کمیت نرده‌ای است که با یک عدد و یکای مناسب (مثل  $65 \text{ kg}$ ) بیان می‌شود. ضمن این‌که جرم از قواعد جمع معمولی پیروی می‌کند (مثلاً همیشه  $3 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 7 \text{ kg}$  است).

### کمیت برداری

این کمیت‌ها یک چیز اضافه‌تر از کمیت‌های نرده‌ای دارند: جهت، بنابراین از قواعد جمع برداری پیروی می‌کنند.

### نمونه

اگر از شخصی آدرس محلی را بپرسید و او جواب بدهد  $2 \text{ km}$ ، آن محل را نمی‌توانید پیدا کنید! جهت رسیدن به آن مکان نیز باید مشخص شود؛ پس جابه‌جایی و مکان، کمیت‌هایی برداری هستند. فرض کنید شخصی مطابق شکل روبه‌رو، ابتدا فاصله  $AB = 4 \text{ m}$  و سپس  $BC = 3 \text{ m}$  را طی می‌کند. شخص در این حرکت  $5 \text{ m}$  جابه‌جا می‌شود:  $AC = 5 \text{ m}$



همان‌طور که می‌بینید جابه‌جایی را نمی‌توانیم با استفاده از جمع معمولی حساب کنیم.

کمیت‌های برداری را به کمک پیکانی بالای نماد آن کمیت نشان می‌دهیم؛ مثل  $\vec{F}$  که نماد نیرو و  $\vec{v}$  که نماد سرعت است. حذف پیکان از روی نماد یک کمیت برداری به معنی بیان اندازه آن کمیت است. مثلاً اگر نیروی وارد بر جسمی  $2 \text{ N}$  است، این موضوع باید به شکل  $F = 2 \text{ N}$  مطرح شود (  $\vec{F} = 2 \text{ N}$  اشتباه است).

### تست در کدام یک از گزینه‌های زیر، همه کمیت‌ها برداری هستند؟

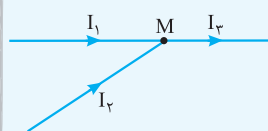
- (۱) گرما، انرژی جنبشی، فشار (۲) جریان الکتریکی، جرم، نیرو (۳) تندی، جابه‌جایی، مسافت (۴) وزن، شتاب، سرعت

### پاسخ گزینه ۴

به سه‌تا نکته توجه کنید. یکی این‌که وقتی کمیتی از جنس نرده‌ای یا برداری است، تمام اعضای خانواده آن کمیت از همان جنس‌اند. مثلاً همه انرژی‌ها نرده‌ای‌اند؛ انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، انرژی گرمایی و خلاصه همه انرژی‌ها. با این حساب «وزن» هم

که از جنس نیرو است، برداری است. نکته دوم در مورد «جریان الکتریکی» است. با این‌که برای جریان جهت قائل می‌شویم، اما این کمیت برداری نیست! چون تابع قاعده جمع برداری نیست. به طور مثال در شکل روبه‌رو، جریان‌های  $I_1$  و  $I_2$  به گره M وارد و  $I_3$  از آن خارج می‌شود. سیم‌های حامل جریان‌های  $I_1$  و  $I_2$  هر زاویه‌ای با هم بسازند، تساوی  $I_1 + I_2 = I_3$  برقرار است؛ یک کمیت برداری چنین خاصیتی ندارد.

و اما نکته سوم: از تقسیم یک کمیت برداری به یک کمیت نرده‌ای، یک کمیت برداری ایجاد می‌شود. مثلاً شتاب، حاصل تقسیم کمیت برداری نیرو بر کمیت نرده‌ای جرم است:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$



جابه‌جایی برداری است؛ مسافت نرده‌ای. سرعت برداری است؛ تندی نرده‌ای.

### یکا (واحد)

به مقدار مشخصی از یک کمیت «یکا (یا واحد)» آن کمیت می‌گویند. اندازه‌گیری یک کمیت به معنی مقایسه آن کمیت با یکای آن است (به طور مثال وقتی می‌گوییم «طول جسمی  $3 \text{ m}$  است»، یعنی طول جسم  $3$  برابر یکای اندازه‌گیری طول است).

ویژگی‌های یکای استاندارد اندازه‌گیری

- تغییرناپذیر باشد.
- قابل بازتولید در مکان‌های مختلف باشد.

### نمونه

یکای «یارد» به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده هنری اول (پادشاه انگلستان) تعریف شد و هنوز هم در بعضی کشورها برای اندازه‌گیری طول به کار می‌رود. بدترین یکای ممکن! نه ویژگی اول را دارد، نه ویژگی دوم را! (هنری اول حدود ۹۰۰ ساله مرده!)

## کمیت‌های اصلی و فرعی

مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، طبقه‌بندی جدیدی از کمیت‌ها ارائه داد و آن‌ها را به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم کرد.

### کمیت‌های اصلی

کمیت‌هایی هستند که یکای آن‌ها به طور مستقل تعریف می‌شود. به مجموعه یکاهای این کمیت‌ها «یکاهای اصلی» می‌گویند. تعداد این کمیت‌ها ۷ تا است که همراه با یکای آن‌ها در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) در جدول زیر فهرست شده‌اند.

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

### کمیت‌های فرعی

کمیت‌هایی هستند که یکاهای آن‌ها حاصل ضرب یا تقسیم دو یا چند یکای اصلی است. به یکاهای این کمیت‌ها «یکاهای فرعی» می‌گویند. به طور مثال، سرعت یک کمیت فرعی است که یکای آن حاصل تقسیم دو یکای اصلی (m/s) است.

بعضی یکاهای فرعی را با نام به‌خصوصی بیان می‌کنیم؛ مثل نیوتون، ژول و ...؛ بعضی هم اسم ندارند (مثل m/s).

برای تشخیص رابطه یکای فرعی با یکاهای اصلی باید رابطه ریاضی که کمیت‌های مربوط به یکاها را به هم ربط می‌دهد پیدا کنیم و سپس جای کمیت‌های به کار رفته در رابطه را به یکای آن‌ها بدهیم.

**نمونه** می‌خواهیم رابطه یکای نیرو در SI (یعنی نیوتون) را با یکاهای اصلی مشخص کنیم. با توجه به قانون دوم نیوتون می‌نویسیم:

$$F = ma \rightarrow (F \text{ یکای}) = (m \text{ یکای}) \cdot (a \text{ یکای}) \rightarrow N = \text{kg} \times \text{m} / \text{s}^2$$

**تست** یکاهای ژول و پاسکال کدام رابطه را با یکدیگر دارند؟

$$\text{Pa} = J / \text{m}^2 \quad (2)$$

$$\text{Pa} = J \cdot \text{m} \quad (1)$$

$$\text{Pa} = J \cdot \text{m}^3 \quad (3)$$

$$\text{Pa} = J / \text{m} \quad (4)$$

**پاسخ گزینه ۲** با توجه به رابطه فشار و نیرو:

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow P \text{ یکای} = \frac{F \text{ یکای}}{A \text{ یکای}} \rightarrow \text{Pa} = \frac{N}{\text{m}^2} \rightarrow N = \text{Pa} \cdot \text{m}^2 \quad (I)$$

$$W = Fd \rightarrow W \text{ یکای} = (F \text{ یکای}) \cdot (d \text{ یکای}) \rightarrow J = N \cdot \text{m} \quad (II)$$

$$J = (\text{Pa} \cdot \text{m}^2) \times \text{m} \rightarrow \text{Pa} = J / \text{m}^3$$

و با توجه به رابطه کار و جابه‌جایی:

از مقایسه (I) و (II) نتیجه می‌گیریم:

### سازگاری یکاها

دو طرف یک رابطه فیزیکی قطعاً از جنس یک کمیت فیزیکی‌اند (مثلاً نمی‌شود یک طرف رابطه از جنس نیرو باشد و طرف دیگر از جنس انرژی)، بنابراین یکای دو طرف یک تساوی فیزیکی برابر است.

**تست** شتاب (a)، فاصله (x) و زمان (t) یک متحرک با رابطه  $a = 2xt^P$  به یکدیگر مربوط هستند (۲ عددی بدون یکا است). P چه عددی باشد تا معادله

این متحرک درست باشد؟

$$\frac{1}{2} \quad (1)$$

$$-\frac{1}{2} \quad (2)$$

$$2 \quad (3)$$

$$-2 \quad (4)$$

**پاسخ گزینه ۴** با توجه به سازگاری یکاهای دو طرف رابطه، می‌نویسیم:

$$(a \text{ یکای}) = (x \text{ یکای}) (t \text{ یکای})^P$$

$$\text{m} / \text{s}^2 = \text{m} \times \text{s}^P \rightarrow \text{s}^{-2} = \text{s}^P \rightarrow P = -2$$

## بررسی سه یکای اصلی (متر-کیلوگرم-ثانیه)

### طول

مطالب زیر سیر تکامل یکای طول (متر) را در گذر زمان نشان می‌دهد:

**(الف)** یک دهم‌میلیونیم ( $\frac{1}{10^7}$ ) فاصله استوا تا قطب شمال. **(ب)** فاصله میان دو خراش ظریف در نزدیکی دو انتهای میله‌ای از جنس پلاتین- ایریدیم در دمای صفر درجه سلسیوس. **(پ)** مسافتی که نور در مدت  $\frac{1}{299792458}$  s در خلأ طی می‌کند.

یکای متر برای مقاصد نجومی یکای کوچکی است و در این زمینه از یکاهای بزرگتری مثل «یکای نجومی» و «سال نوری» استفاده می‌شود.

### یکای نجومی (AU)

برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است. با توجه به این که نور با تندی تقریبی  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  فاصله خورشید تا زمین را در مدت تقریبی ۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه طی می‌کند، یکای نجومی برابر است با:

$$x = vt \rightarrow 1 \text{ AU} \approx 3 \times 10^8 \times (8 \times 60 + 20) = 3 \times 10^8 \times 500 \rightarrow 1 \text{ AU} \approx 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

### سال نوری (ly)

مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ طی می‌کند. برای محاسبه این فاصله به روش زیر عمل می‌کنیم:

$$1 \text{ year} = 365 \text{ day} = 365 \times 24 \text{ h} = 365 \times 24 \times 3600 \text{ s} = 31536000 \text{ s}$$

$$x = vt \rightarrow 1 \text{ ly} \approx 3 \times 10^8 \times 31536000 = 94608 \times 10^{11} \text{ m} \rightarrow 1 \text{ ly} \approx 9.5 \times 10^{15} \text{ m}$$

**تست** تقریباً ۸ دقیقه طول می‌کشد تا نور از سطح خورشید به زمین برسد. با این فرض، یک سال نوری چند برابر یکای نجومی است؟

$$\frac{1 \text{ ly}}{1 \text{ AU}} = \frac{9.5 \times 10^{15} \text{ m}}{1.5 \times 10^{11} \text{ m}} = 63000$$

**پاسخ** گزینه ۳

### جرم

یکای جرم در SI کیلوگرم است. یک کیلوگرم جرم استوانه‌ای از جنس آلایژ پلاتین-ایریدیم است که در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود و نمونه‌های مشابهی از آن برای هر کشور ارسال شده است.

### زمان

در هر رویدادی که به طور منظم و در بازه‌های زمانی یکسان اتفاق می‌افتد، می‌توان برای تعریف یکای زمان استفاده کرد. طبق یک تعریف قدیمی «یک ثانیه  $\frac{1}{86400}$  میانگین روز خورشیدی است». چون زمان یک شبانه‌روز ثابت نیست، این تعریف منسوخ شده و در حال حاضر ثانیه براساس ساعت‌های اتمی تعریف می‌شود.

## تبدیل یکاها

### ضریب تبدیل

اگر یکای  $y$  به یکای  $x$  رابطه  $y = ax$  را داشته باشند، به نسبت  $(\frac{y}{ax})$  یا  $(\frac{ax}{y})$  «ضریب تبدیل» یکاهای  $y$  و  $x$  می‌گوییم. در واقع ضریب تبدیل، نسبتی از یکاها است که برابر ۱ است.

**نمونه** هر ساعت ۳۶۰۰ ثانیه است؛ پس  $(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}})$  یا  $(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}})$  ضریب تبدیل این دو یکا به یکدیگر هستند.

با فرض  $y = ax$ ، برای تبدیل عددی برحسب یکای  $y$  به یکای  $x$  کافی است عدد موردنظر را در ضریب تبدیل  $(\frac{ax}{y})$  ضرب کنیم. به این روش در تبدیل یکاها به یکدیگر می‌گوییم «تبدیل زنجیره‌ای».

**نمونه** فرض کنیم با استفاده از ضریب تبدیل مناسب می‌خواهیم ببینیم  $24 \text{ h}$  چند ثانیه است. با توجه به این که هر ساعت  $3600 \text{ s}$  است، می‌نویسیم:

$$24 \text{ h} = (24 \text{ h})(1) = (24 \text{ h})(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}) = 24 \times 3600 \text{ s} = 86400 \text{ s}$$

توجه کنید که اگر در نمونه بالا از ضریب تبدیل  $(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}})$  استفاده می‌کردیم، یکاهای  $h$  با هم ساده نمی‌شدند. همیشه باید از ضریب تبدیلی استفاده کنید که صورت آن برحسب یکایی باشد که می‌خواهیم به دست آوریم و مخرج آن شامل یکایی باشد که می‌خواهیم آن را حذف کنیم.

**تست** طول زمینی  $100$  یارد است. طول این زمین تقریباً چند سانتی‌متر است؟ (۱ یارد برابر ۳ فوت و هر فوت برابر ۱۲ اینچ و هر اینچ تقریباً  $2.5$  سانتی‌متر است).

$$\frac{100 \text{ yd}}{1 \text{ yd}} = \frac{3 \text{ ft}}{1 \text{ ft}} = \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ in}} = \frac{2.5 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 9000 \text{ cm}$$

**پاسخ** گزینه ۲

رابطه مستقیم یکاهای یارد و سانتی‌متر مطرح نشده است. باید سه‌تا ضریب تبدیل به کار ببریم. یکی از آن‌ها یارد (yd) را به فوت

(ft)، دیگری فوت را به اینچ (in) و آخری اینچ را به سانتی‌متر (cm) تبدیل کند:

$$1 = (100 \text{ yd})(\frac{3 \text{ ft}}{1 \text{ yd}})(\frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}})(\frac{2.5 \text{ cm}}{1 \text{ in}}) = 100 \times 3 \times 12 \times 2.5 \text{ cm} = 9000 \text{ cm}$$

**تست** سه اتومبیل A، B و C به ترتیب با تندی های ۳۰ متر بر ثانیه، ۷۲ کیلومتر بر ساعت و ۳ مایل بر دقیقه حرکت می کنند. کدام مقایسه بین تندی سه اتومبیل درست است؟ (هر مایل ۱۶۰۹ m است.)

$$v_C > v_A > v_B \quad (۴) \quad v_A > v_C > v_B \quad (۳) \quad v_C > v_B > v_A \quad (۲) \quad v_A > v_B > v_C \quad (۱)$$

پاسخ گزینه ۲: تندی اتومبیل های B و C را بر حسب متر بر ثانیه به دست می آوریم تا بتوانیم به راحتی آن ها را مقایسه کنیم:

$$v_B = 72 \text{ km/h} = (72 \frac{\text{km}}{\text{h}})(1)(1) = (72 \frac{\text{km}}{\text{h}})(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}})(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}) = \frac{72}{3.6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_C = 3 \frac{\text{mi}}{\text{min}} = (3 \frac{\text{mi}}{\text{min}})(1)(1) = (3 \frac{\text{mi}}{\text{min}})(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}})(\frac{1609 \text{ m}}{1 \text{ mi}}) = \frac{1609}{20} \text{ m/s} \approx 80 \text{ m/s} \Rightarrow v_C > v_A > v_B$$

### پیشوندهای یکاها

یکی از خوبی های دستگاه SI این است که می توانید با اضافه کردن پیشوندهایی به یکاهای اصلی، آن یکاها را به اندازه کافی کوچک یا بزرگ کنید. این پیشوندها در جدول روبهرو فهرست شده اند. (پیشوندهایی که کاربرد بیشتری دارند با رنگ مشخص شده اند.)

پیشوندهای کاهنده			پیشوندهای افزاینده		
نام پیشوند	نماد	ضریب	نام پیشوند	نماد	ضریب
دسی	d	$10^{-1}$	دکا	da	$10^1$
سانتی	c	$10^{-2}$	هکتو	h	$10^2$
میلی	m	$10^{-3}$	کیلو	k	$10^3$
میکرو	$\mu$	$10^{-6}$	مگا	M	$10^6$
نانو	n	$10^{-9}$	گیگا (جیگا)	G	$10^9$
پیکو	p	$10^{-12}$	ترا	T	$10^{12}$
فمتو	f	$10^{-15}$	پتا	P	$10^{15}$

**نمونه** اضافه کردن پیشوند میکرو در کنار یکای اصلی، آن یکا را یک میلیون بار کوچک تر و اضافه کردن پیشوند مگا در کنار یکای اصلی، آن یکا را یک میلیون بار بزرگ تر می کند:

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}, \quad 1 \text{ Mm} = 10^6 \text{ m}$$

۱ μm را یک «میکرون» می نامند.

**تست** جرم یک گیره کاغذ ۱۰<sup>-۴</sup> kg است. جرم این گیره چند میلی گرم است؟

$$10^{-7} \quad (۴) \quad 10^{-3} \quad (۳) \quad 10^{-1} \quad (۲) \quad 10^2 \quad (۱)$$

پاسخ گزینه ۲: راه اول با استفاده از تبدیل زنجیره ای داریم:

$$10^{-4} \text{ kg} = (10^{-4} \text{ kg})(1)(1) = (10^{-4} \text{ kg})(\frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}})(\frac{1 \text{ mg}}{10^{-3} \text{ g}}) = 10^{-4} \times 10^6 \text{ mg} = 10^2 \text{ mg}$$

$$\frac{10^{-4} \text{ kg}}{1 \text{ mg}} = \frac{10^{-4} \times 10^3 \text{ g}}{1 \times 10^{-3} \text{ g}} = 10^2$$

راه دوم در واقع می خواهیم بدانیم  $\frac{10^{-4} \text{ kg}}{1 \text{ mg}}$  چه مقدار است. می نویسیم:

هنگام تبدیل یکاهای توان دار به یکدیگر، مضرب معادل پیشوند را هم باید به توان برسانید.

$$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$$

**نمونه** به روش تبدیل یکاهای  $\text{m}^2$  به  $\text{cm}^2$  و  $\text{m}^3$  به  $\text{cm}^3$  توجه کنید:

$$(1 \text{ m})^2 = (10^2 \text{ cm})^2 \rightarrow 1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$$

$$(1 \text{ m})^3 = (10^2 \text{ cm})^3 \rightarrow 1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

یک هکتومتر مربع را یک «هکتار» می نامیم. طبق محاسبات زیر هر هکتار ۱۰ هزار متر مربع است:

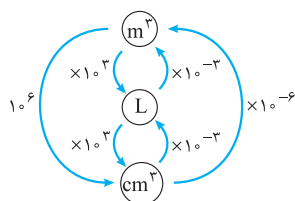
$$1 \text{ hm} = 10^2 \text{ m} \rightarrow (1 \text{ hm})^2 = (10^2 \text{ m})^2 \rightarrow 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2 \rightarrow 1 \text{ هکتار} = 10000 \text{ m}^2$$

هر لیتر (L) معادل  $1000 \text{ cm}^3$  است؛ بنابراین برای تبدیل یکاهای  $\text{m}^3$  و L، به یکدیگر می توانید

از شکل روبهرو استفاده کنید.

تغییرات یک کمیت در واحد زمان را **آهنگ تغییر** آن کمیت می نامند.

**نمونه** وقتی می گوئیم آهنگ رشد گیاهی  $10 \mu\text{m/s}$  است، یعنی این گیاه در هر ثانیه  $10 \mu\text{m}$  رشد می کند.



**نکته** از یک شلنگ آب با آهنگ ۵۰ لیتر بر دقیقه خارج می‌شود. چند ساعت طول می‌کشد تا توسط این شلنگ، استخری به ابعاد  $5\text{ m} \times 6\text{ m} \times 2\text{ m}$  از آب پر شود؟

پاسخ گزینه ۳ حجم استخر برابر است با:

$$V = 5 \times 6 \times 2 = 60\text{ m}^3$$

آهنگ خروج آب از شلنگ را بر حسب متر مکعب بر دقیقه حساب می‌کنیم:

$$50 \frac{\text{L}}{\text{min}} = 50 \times \frac{10^{-3}\text{ m}^3}{\text{min}} = 5 \times 10^{-2}\text{ m}^3 / \text{min}$$

پس هر دقیقه  $5 \times 10^{-2}\text{ m}^3$  آب به آب استخر اضافه می‌شود و زمان پر شدن استخر (t) را می‌توان به صورت زیر حساب کرد:

$$V = \text{زمان} \times \text{آهنگ خروج آب} \rightarrow (60\text{ m}^3) = (5 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}) \times t \rightarrow t = 1200\text{ min} = 20 \times 60\text{ min} = 20\text{ h}$$

## نمادگذاری علمی

نمادگذاری علمی روش مناسبی برای نوشتن اعداد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک است. در این روش هر عدد را به شکل حاصل ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از  $10^0$  می‌نویسند. بنابراین، عدد X با استفاده از نمادگذاری علمی به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$x = a \times 10^n \quad (1 \leq a < 10, n \in \mathbb{Z})$$

**نمونه** سرعت نور در خلأ  $299792458\text{ m/s}$  است. این عدد به کمک نمادگذاری علمی به شکل  $2.99792458 \times 10^8\text{ m/s}$  نوشته می‌شود. (توان ۸ برابر تعداد رقم‌هایی است که بعد از ممیز قرار داده‌ایم). قطر میانگین یک گلبول قرمز  $7.1 \times 10^{-6}\text{ m}$  است. این عدد با استفاده از نمادگذاری علمی به شکل  $7.1 \times 10^{-6}\text{ m}$  نوشته می‌شود (عدد ۶ بیانگر تعداد رقم‌هایی است که ممیز به سمت راست رفته است).

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۷- کدام عبارت دربارهٔ یک کمیت فیزیکی نادرست است؟

(۱) به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، کمیت فیزیکی می‌گوییم.

(۲) یکای هر کمیت، مقدار معینی از همان کمیت است.

(۳) همهٔ کمیت‌های فیزیکی دارای یکا هستند.

(۴) کمیت‌هایی که یکای آن‌ها به طور مستقل تعریف شده است را کمیت‌های اصلی می‌نامیم.

۸- آیا لازم است برای هر یک از کمیت‌های فیزیکی یکای مستقلی تعریف شود؟ چرا؟

(۱) بله، چون تعداد کمیت‌های فیزیکی محدود است.

(۲) بله چون هر کمیتی یکای مخصوص به خود را دارد.

(۳) خیر، چون در عمل با تمام کمیت‌های فیزیکی سروکار نداریم.

(۴) خیر، چون رابطه‌ها و تعریف‌های فیزیکی کمیت‌ها را به هم مربوط می‌کند.

۹- در دستگاه SI ..... از کمیت‌های اصلی و ..... از کمیت‌های فرعی می‌باشند.

(۱) حجم و جرم - زمان و انرژی

(۲) جرم و زمان - طول و نیرو

(۳) طول و جرم - مساحت و نیرو

(۴) آمپر (۱) مول (۲) گرم (۳) کندلا (۴)

۱۰- کدام یک از گزینه‌های زیر از یکاهای اصلی در SI نمی‌باشد؟

نیرو، فشار، مقدار ماده، انرژی، شدت روشنایی و توان

(۱) نیوتون، ژول (۲) پاسکال، وات (۳) کیلوگرم، کندلا (۴) مول، شمع

۱۲- می‌دانیم نیوتون (N) یکای نیرو، پاسکال (Pa) یکای فشار، ژول (J) یکای انرژی و وات (W) یکای توان در SI هستند. کدام کمیت بر حسب یکاهای اصلی به درستی بیان نشده است؟

$$N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \quad (1) \quad Pa = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \quad (2) \quad J = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \quad (3) \quad W = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \quad (4)$$

۱۳- چندتا از کمیت‌های زیر نرده‌ای هستند؟

مسافت، جابه‌جایی، سرعت، تندی، جرم و وزن

(۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

۱۴- کدام گروه از کمیت‌های زیر همگی برداری هستند؟

- (۱) توان، اندازه حرکت، سرعت  
(۳) شتاب، انرژی، نیرو

- (۲) سرعت، نیرو، شتاب  
(۴) مکان، اندازه حرکت، کار

۱۵- کدام یک از عبارتهای زیر درباره کمیت‌های برداری کامل‌تر است؟

- (۱) هر کمیتی که قابل اندازه‌گیری باشد، برداری است.  
(۳) کمیتی است که علاوه بر بزرگی، جهت هم دارد.

- (۲) کمیتی است که تنها بزرگی دارد.  
(۴) کمیتی است که از قاعده جمع برداری پیروی می‌کند.

۱۶- می‌توان برای زمان جهت قائل شد (از گذشته به حال مثبت)، هم‌چنین جریان الکتریکی در یک سیم دارای جهت است. با این وصف کمیت‌های زمان و جریان الکتریکی به ترتیب از چه نوع‌اند؟

(تمرین فیزیک دانشگاهی ▲)

- (۱) برداری، برداری  
(۳) برداری، عددی

- (۲) عددی، برداری  
(۴) عددی، عددی

۱۷- مکان یک ذره (x) نسبت به زمان (t) با تابع  $x = At - t^2$  بیان شده است. A چه کمیتی است؟

- (۱) مکان (۲) سرعت (۳) شتاب (۴) زمان

۱۸- شعاع اتم هیدروژن برابر  $53^\circ / \text{Å}$  آنگستروم است. شعاع این اتم با نمادگذاری علمی چند متر است؟

- (۱)  $53 \times 10^{-9}^\circ$   
(۳)  $53 \times 10^{-11}^\circ$

- (۲)  $53 \times 10^{-10}^\circ$   
(۴)  $53 \times 10^{-11}^\circ$

۱۹- با توجه به پیشوندهای یکاها، کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) هر دقیقه معادل  $6 \times 10^{10}$  نانوثانیه است.  
(۳) هر لیتر معادل یک دسی‌متر مکعب است.

- (۲) هر متر مربع معادل  $10^4$  سانتی‌متر مربع است.  
(۴) هر کیلومتر مربع معادل  $10^3$  هکتار است.

۲۰- در کدام گزینه، تبدیل یکاها نادرست است؟

- (۱)  $1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$   
(۳)  $1 \text{ cm}^3/\text{s} = 0.6 \text{ L/min}$

- (۲)  $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$   
(۴)  $1 \text{ g/L} = 1 \text{ kg/m}^3$

۲۱- حداکثر سرعت مجاز در یک جاده کوهستانی، ۴۵ مایل بر ساعت است. اگر هر مایل برابر ۱۶۰۰ متر باشد، این سرعت چند متر بر ثانیه است؟ (تمرین فیزیک پایه ■)

- (۱) ۷/۸ (۲) ۱۲/۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۸/۱

۲۲- از شلنگی آب با آهنگ  $75 \text{ cm}^3/\text{s}$  خارج می‌شود. آهنگ خروج آب از این شلنگ چند لیتر بر دقیقه است؟ (تمرین کتاب درسی ▲)

- (۱) ۳ (۲) ۴/۵ (۳) ۱۵ (۴) ۲۵

۲۳- هواپیمایی در فاصله ۳۰۰۰۰ پا (فوت) از سطح آزاد دریاها در حال پرواز است. ارتفاع پرواز این هواپیما چند کیلومتر است؟ ( $1 \text{ in} \approx 2.5 \text{ cm}$ ,  $1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$ )

- (۱) ۳ (۲) ۵ (۳) ۹ (۴) ۳۰

۲۴- ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول هستند. هر ذرع  $104$  سانتی‌متر و هر فرسنگ  $6000$  ذرع است. یک فرسنگ مربع تقریباً چند هکتار است؟

- (۱) ۶/۲۴ (۲) ۳۹ (۳) ۳۹۰۰ (۴) ۶۲۴۰

۲۵- جرم الماس کوه نور ۱۸۲ قیراط است. اگر هر قیراط ۲۰۰ میلی‌گرم و هر مثقال معادل  $4/68$  گرم باشد، جرم این الماس تقریباً چند مثقال است؟

- (۱) ۷/۷۸ (۲) ۸/۳۱ (۳) ۳۶/۴ (۴) ۳۸/۹

۲۶- خروار، از جمله یکاهای قدیمی ایران برای اندازه‌گیری جرم است. هر خروار تقریباً معادل چند کیلوگرم است؟

(۱ خروار =  $100$  من تبریز، ۱ من تبریز =  $640$  مثقال و ۱ مثقال =  $4/68$  گرم)

- (۱) ۳ (۲) ۱۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۳۰۰

۲۷- گیاهی در مدت ۵ روز،  $21/6$  سانتی‌متر رشد می‌کند. آهنگ رشد این گیاه چند میکرومتر بر ثانیه است؟

- (۱) ۵/۰ (۲) ۱ (۳) ۲/۵ (۴) ۵

۲۸- سال نوری (ly) واحد اندازه‌گیری چه کمیتی است و اگر  $500$  ثانیه طول بکشد تا نور از خورشید به زمین برسد، یک یکای نجومی (AU) معادل چند متر است؟ ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

- (۱) طول،  $6 \times 10^5$  (۲) طول،  $1/5 \times 10^{11}$  (۳) زمان،  $6 \times 10^5$  (۴) زمان،  $1/5 \times 10^{11}$

۲۹- اتومبیلی برای پیمودن  $100$  مایل،  $\frac{1}{3}$  گالن بنزین مصرف می‌کند. این اتومبیل با مصرف هر لیتر سوخت چند کیلومتر را طی می‌کند؟ (هر گالن برابر با  $3.785$  لیتر و هر مایل معادل  $1.609$  کیلومتر است.)

- (۱) ۵ (۲) ۸ (۳) ۱۰ (۴) ۱۶

۳۰- کالایی برای رسیدن به مقصد باید  $50$  مایل را با قطاری با تندی  $40 \text{ km/h}$  و  $45$  مایل را با یک کشتی با تندی  $15$  گره دریایی طی کند. کل زمانی که برای حمل کالا صرف می‌شود، چند ساعت است؟ (هر مایل در خشکی تقریباً  $1600$  متر و در دریا تقریباً  $1800$  متر است و هر گره دریایی تقریباً معادل  $1.852 \text{ m/s}$  است.)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

(برگرفته از تمرین کتاب درسی ▲)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

(آزمون پیش‌دانشگاهی ریاضی ■ ۷۷)

# اندازه‌گیری

درس ۳

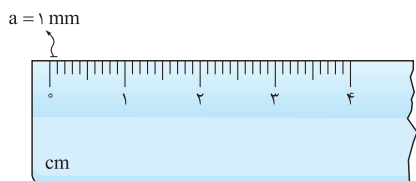
هیچ اندازه‌گیری‌ای نمی‌تواند بی‌نقص باشد و به دلیل محدودیت در ساخت ابزارهای اندازه‌گیری و خطاهای انسانی، همه اندازه‌گیری‌ها با خطا و عدم قطعیت همراه هستند؛ اما با اتخاذ تدابیری می‌توان این خطاها را تا حد امکان کاهش داد.

- عوامل مؤثر در افزایش دقت اندازه‌گیری
- ۱ استفاده از وسیله‌ای با دقت اندازه‌گیری بالاتر
  - ۲ کاهش خطاهای انسانی (مهارت شخصی آزمایشگر)
  - ۳ افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری

## دقت اندازه‌گیری

### دقت وسیله اندازه‌گیری

به کم‌ترین مقداری که با یک وسیله اندازه‌گیری می‌توان اندازه گرفت «دقت اندازه‌گیری» آن وسیله می‌گویند و در این کتاب آن را با  $a$  نشان می‌دهیم.



(الف)



(ب)

**نمونه** کوچک‌ترین طولی که توسط خط‌کش شکل (الف) می‌توان اندازه گرفت ۱ mm است. پس دقت اندازه‌گیری این خط‌کش ۱ mm است:

$$a = 1 \text{ mm}$$

در واقع، دقت اندازه‌گیری وسایل مدرج، برابر کمینه درجه‌بندی آن وسیله است. فرض کنید دماسنج رقمی (دیجیتال) شکل (ب) در محیطی با دمای  $^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. به تدریج محیط را گرم می‌کنیم. همراه با افزایش دمای محیط، عددی که دماسنج نشان می‌دهد بالا و بالاتر می‌رود. اولین عددی که نشان می‌دهد چه قدر است؟  $^{\circ}\text{C}/1$ ، عدد بعدی:  $^{\circ}\text{C}/2$ ،  $^{\circ}\text{C}/3$ ،  $^{\circ}\text{C}/4$  و ...؛ پس فاصله بین عددهای متوالی که با دماسنج نشان می‌دهد  $^{\circ}\text{C}/1$  است و دقت اندازه‌گیری با این دماسنج همین مقدار است.

$$a = ^{\circ}\text{C}/1$$

در واقع، دقت اندازه‌گیری در وسایل رقمی، برابر یک واحد از آخرین رقمی است که وسیله نشان می‌دهد.

### خطای اندازه‌گیری

اگر شخصی اصول اندازه‌گیری با وسایل مدرج را بلد باشد، حداکثر اشتباهی که در اندازه‌گیری با آن وسیله ممکن است مرتکب شود برابر نصف کمینه درجه‌بندی آن وسیله است. اصطلاحاً می‌گوییم **خطای اندازه‌گیری با وسایل مدرج (e) برابر مثبت یا منفی نصف دقت اندازه‌گیری با آن وسیله است:**

$$e = \pm \frac{a}{2}$$

$$e = \pm a$$

به همین ترتیب می‌توانیم استدلال کنیم **خطای اندازه‌گیری در وسایل رقمی برابر مثبت یا منفی دقت آن وسیله است:**

$$e = \pm \frac{a}{2} = \pm \frac{1}{2} \text{ mm}$$

$$e = \pm a = \pm ^{\circ}\text{C}/1$$

**نمونه** در نمونه قبلی، دقت اندازه‌گیری با خط‌کش برابر است با:

و خطای اندازه‌گیری با دماسنج:

### رقم‌های بامعنا

به رقم‌های حاصل از اندازه‌گیری، «رقم‌های بامعنا» می‌گویند.

**نمونه** فرض کنید نتیجه اندازه‌گیری طول میله‌ای با یک خط‌کش  $3/4 \text{ m}$  و با خط‌کش دیگری  $3/40 \text{ m}$  باشد. تعداد رقم‌های بامعنا در اندازه‌گیری اول ۲ و در اندازه‌گیری دوم ۳ است (یعنی ۰ را هم به حساب می‌آوریم). واضح است که هر چه تعداد ارقام بامعنا در یک اندازه‌گیری بیشتر باشد، دقت آن اندازه‌گیری بالاتر است. در هنگام تبدیل یکاها به یکدیگر نباید تعداد ارقام بامعنا تغییر کند.

**نمونه** فرض کنید طول جسمی  $42 \text{ mm}$  گزارش شده است. طول این جسم  $42 \text{ m}$  است. هر دوی این اعداد ( $42 \text{ mm}$ ،  $42 \text{ m}$ ) دو رقم بامعنا دارند، به این معنی که در عدد  $42 \text{ m}$  صفرهای سمت چپ عدد ۴ جزو ارقام بامعنا حساب نمی‌شوند.

صفرهایی که سمت چپ اولین عدد غیرصفر هستند، بامعنا نیستند (قبول دارید این صفرها، با صفری که از اندازه‌گیری به دست می‌آید، فرق می‌کنند؟)

**نمونه** فرض کنید طول جسمی  $42 \text{ m}$  گزارش شده است. طول این جسم چند میلی‌متر است؟ اگر جوابتان  $42000 \text{ mm}$  است، سخت در اشتباهید!  $42 \text{ m}$  دو رقم بامعنا دارد و  $42000 \text{ mm}$  پنج رقم بامعنا! در ضمن، دقت این دو عدد با هم خیلی فرق دارند! درستش این است که بنویسیم:  $42 \text{ m} = 42 \times 10^3 \text{ mm}$  و در شمارش ارقام بامعنا (در عدد  $42 \times 10^3 \text{ mm}$ ) فقط به عدد ۴۲ توجه کنیم.

اگر عدد ثبت‌شده در یک اندازه‌گیری به شکل  $ab \dots \times 10^x$  مطرح شود ( $x \in \mathbb{Z}$ )، این عدد دارای  $n$  رقم بامعنا است و عدد صحیح  $x$  تأثیری در تعداد ارقام بامعنا ندارد.

## رقم حدسی

به آخرین رقم سمت راست حاصل از یک اندازه‌گیری که آن را حدس می‌زنیم، «رقم حدسی» یا «رقم غیرقطعی» می‌گوییم. این رقم‌ها هم جزو ارقام بامعنا به حساب می‌آیند.

در وسایل اندازه‌گیری رقمی هم آخرین رقم سمت راست، مشکوک و غیرقطعی است (یعنی امکان دارد اشتباه باشد).

## گزارش نتیجه اندازه‌گیری

نتیجه حاصل از یک اندازه‌گیری به صورت «خطای وسیله  $\pm$  عدد حاصل از اندازه‌گیری» نوشته می‌شود.

عدد حاصل از اندازه‌گیری در ابزارهای مدرج شامل عدد حدسی شخص آزمایشگر نیز می‌باشد.

تعداد رقم‌های اعشاری خطا باید با تعداد رقم‌های اعشاری عدد حاصل از اندازه‌گیری برابر باشد.

## نمونه

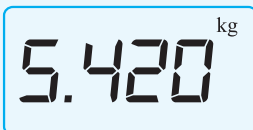
از نظر فیزیکی نتیجه یک اندازه‌گیری را اجازه نداریم به شکل مقابل بنویسیم:

$$4/2 \pm 0/25$$

$$4/2 \pm 0/3$$

**تست** صفحه نمایشگر یک ترازوی دیجیتالی مطابق شکل روبه‌رو است. کدام یک از اعداد زیر، گزارش

درست‌تری از این اندازه‌گیری است؟



$$(5/42 \pm 0/01) \text{ kg} \quad (2)$$

$$(5420 \pm 0/5) \text{ g} \quad (4)$$

$$5/420 \text{ kg} \quad (1)$$

$$(5420 \pm 1) \text{ g} \quad (3)$$

## پاسخ گزینه ۳

ترازو  $5420 \text{ g}$  را نشان می‌دهد. نزدیک‌ترین اعداد به این عدد که ممکن است ترازو نشان دهد، اعداد  $5419 \text{ g}$  و  $5421 \text{ g}$  است؛

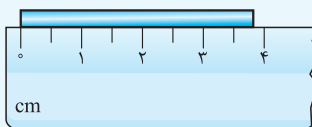
پس فاصله بین مقادیر متوالی که ترازو نشان می‌دهد  $1 \text{ g}$  است:

$$e = a = 1 \text{ g} \Rightarrow \text{گزارش نمایشگر ترازو} = 5420 \pm 1 \text{ g}$$

(توجه بفرمایید که عدد صفر در خوانده ترازو جزو ارقام بامعنا است و حق نداریم آن را نادیده بگیریم و گزارشی مانند ۲ را ارائه دهیم.)

**تست** در شکل روبه‌رو، طول چوبی را توسط یک خط‌کش اندازه گرفته‌ایم. نتیجه این اندازه‌گیری (برحسب

سانتی‌متر) به کدام صورت باید بیان شود؟



$$3/84 \pm 0/02 \text{ cm} \quad (2)$$

$$3/8 \pm 0/3 \text{ cm} \quad (4)$$

$$3/84 \pm 0/25 \text{ cm} \quad (1)$$

$$3/8 \pm 0/25 \text{ cm} \quad (3)$$

## پاسخ گزینه ۲

شاید شخصی طول چوب را نزدیک به  $3/7$  و شخص دیگری نزدیک به  $3/8$  بیان کند. هر دوی این اعداد محترم‌اند! رقم ۳ قطعی

و رقم‌های ۷ و ۸ غیرقطعی‌اند. ما مجاز نیستیم از دو رقم غیرقطعی برای گزارش نتیجه یک اندازه‌گیری استفاده کنیم. پس ۱ و ۲ قابل قبول نیستند. از

طرفی فاصله درجه‌های متوالی خط‌کش و در نتیجه دقت اندازه‌گیری توسط آن  $0/5 \text{ cm}$  است:

$$a = 0/5 \text{ cm}$$

$$e = \pm \frac{a}{2} = \pm 0/25 \text{ cm}$$

خطای اندازه‌گیری توسط این خط‌کش برابر است با:

عدد گزارش‌شده ( $3/8$ ) یک رقم اعشار دارد؛ خطای اندازه‌گیری هم باید یک رقم اعشار داشته باشد. پس  $e$  را گرد می‌کنیم ( $e = \pm 0/3 \text{ cm}$ ) و طول

چوب را  $(3/8 \pm 0/3) \text{ cm}$  بیان می‌کنیم.

## مهارت شخص آزمایشگر

مهارت شخص آزمایشگر در به کارگیری ابزار اندازه‌گیری روی دقت اندازه‌گیری تأثیرگذار است. یکی از این مهارت‌ها نحوه خواندن نتیجه اندازه‌گیری با ابزارهای اندازه‌گیری مدرج است که با یک نمونه توضیح داده می‌شود.

## نمونه

در شکل روبه‌رو سه شخص A، B و C از سه منظر مختلف، دمای نشان داده شده توسط یک دماسنج را می‌خوانند. شخص B که در یک تراز افقی با سطح مایع دماسنج قرار دارد، عدد دماسنج را  $20^\circ \text{C}$  و اشخاص A و C که به طور مایل به سطح مایع نگاه می‌کنند، عدد دماسنج را به ترتیب  $22^\circ \text{C}$  و  $18^\circ \text{C}$  تشخیص می‌دهند. واضح است که شخص B در موضعی قرار گرفته که گزارش دقیق‌تری از دما را بیان می‌کند.

## تعداد دفعات اندازه‌گیری

برای اطمینان از نتیجه یک اندازه‌گیری آن اندازه‌گیری را معمولاً چند بار تکرار می‌کنند. نتایجی را که اختلاف زیادی با بقیه دارند، حذف و میانگین بقیه اعداد را به عنوان نتیجه نهایی گزارش می‌دهند.

## تست

طول میله‌ای را ۵ بار اندازه گرفته‌ایم و مقادیر ۲۳، ۲۲، ۳۱، ۲۴ و ۱۷ (همگی بر حسب سانتی‌متر) به دست آمده است. کدام عدد زیر را (برحسب

سانتی‌متر) باید به عنوان نتیجه اندازه‌گیری طول این میله بیان کنیم؟

$$25 \text{ (4)}$$

$$23/4 \text{ (3)}$$

$$23 \text{ (2)}$$

$$21/5 \text{ (1)}$$

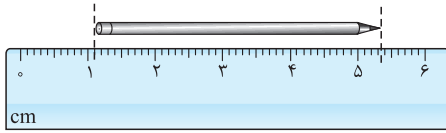
## پاسخ گزینه ۲

اعداد ۳۱ و ۱۷ فاصله زیادی با سه عدد دیگر دارند و آن‌ها را به حساب نمی‌آوریم. میانگین سه عدد باقی‌مانده برابر است با:

$$\frac{24 + 22 + 23}{3} = 23 \text{ cm}$$

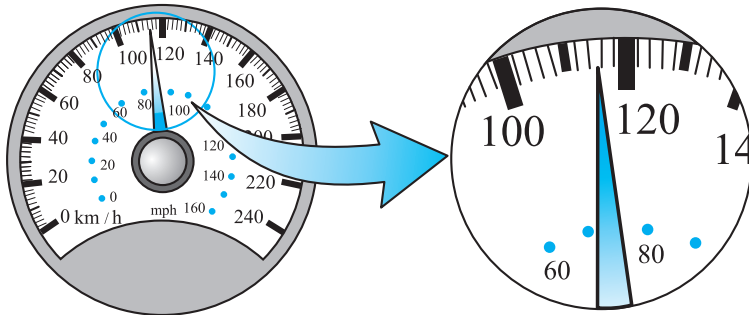
## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۳۱- دانش‌آموزی برای اندازه‌گیری طول مدادی مطابق شکل روبه‌رو عمل کرده است. کدام گزینه گزارش درست‌تری از این اندازه‌گیری است؟



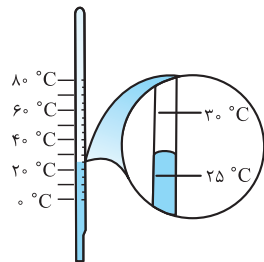
- (۱)  $5.32 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$
- (۲)  $5.32 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$
- (۳)  $4.22 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$
- (۴)  $4.22 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$

۳۲- شکل روبه‌رو، صفحه‌تندی سنج یک خودرو را نشان می‌دهد. کدام گزینه تندی این اتومبیل را درست‌تر نشان می‌دهد؟  
(تمرین کتاب درسی)



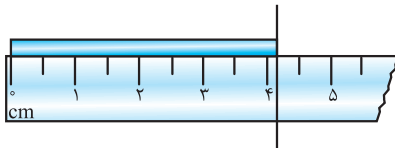
- (۱)  $115 \text{ km} \pm 2 \text{ km}$
- (۲)  $115 \text{ km} \pm 1 \text{ km}$
- (۳)  $110 \text{ km} \pm 5 \text{ km}$
- (۴)  $110 \text{ km} \pm 10 \text{ km}$

۳۳- کدام گزینه نتیجه اندازه‌گیری توسط دماسنج شکل مقابل را درست‌تر نشان می‌دهد؟  
(تمرین کتاب درسی)



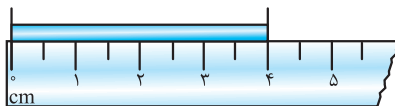
- (۱)  $27^\circ \text{C} \pm 3^\circ \text{C}$
- (۲)  $27^\circ \text{C} \pm 2.5^\circ \text{C}$
- (۳)  $25^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$
- (۴)  $25^\circ \text{C} \pm 2.5^\circ \text{C}$

۳۴- در شکل روبه‌رو، نتیجه اندازه‌گیری طول جسم مطابق کدام گزینه است؟



- (۱)  $4.2 \text{ cm} \pm 0.25 \text{ cm}$
- (۲)  $4.2 \text{ cm} \pm 0.3 \text{ cm}$
- (۳)  $4 \text{ cm} \pm 0.25 \text{ cm}$
- (۴)  $4 \text{ cm} \pm 0.3 \text{ cm}$

۳۵- در شکل زیر، به وسیله یک خط‌کش، طول جسمی را اندازه گرفته‌ایم. خطای اندازه‌گیری با این خط‌کش و تعداد ارقام با معنای حاصل از این اندازه‌گیری مطابق کدام گزینه است؟  
(تمرین کتاب درسی)



- (۱)  $1.25 \pm 0.25 \text{ cm}$
- (۲)  $2.25 \pm 0.25 \text{ cm}$
- (۳)  $1.25 \pm 0.3 \text{ cm}$
- (۴)  $2.25 \pm 0.3 \text{ cm}$

۳۶- مقداری مایع در یک استوانه مدرج وجود دارد. اگر نتیجه اندازه‌گیری حجم مایع با این استوانه مدرج به صورت  $3.7 \text{ cm}^3 \pm 0.3 \text{ cm}^3$  باشد، شکل استوانه مدرج مطابق کدام گزینه است؟



۳۷- با یک خط‌کش میلی‌متری طولی را اندازه گرفته‌ایم. کدام گزینه می‌تواند نتیجه این اندازه‌گیری بر حسب سانتی‌متر باشد؟  
(سرآرایی ریاضی ۷۷)

- (۱)  $7.3 \pm 0.1 \text{ cm}$
- (۲)  $7.3 \pm 0.05 \text{ cm}$
- (۳)  $7.29 \pm 0.1 \text{ cm}$
- (۴)  $7.29 \pm 0.05 \text{ cm}$

۳۸- ضخامت جسمی به صورت  $2.40 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$  اندازه‌گیری شده است. وسیله این اندازه‌گیری کدام است؟ (دقت اندازه‌گیری متر نواری، خط‌کش، کولیس و ریزسنج به ترتیب یک سانتی‌متر، یک میلی‌متر، ۰/۱ میلی‌متر و ۰/۰۱ میلی‌متر فرض شود).  
(سرآرایی ریاضی ۹۴)

- (۱) ریزسنج
- (۲) کولیس
- (۳) خط‌کش
- (۴) متر نواری

۳۹- با یک ریزسنج مدرج، طولی را اندازه گرفته‌ایم. نتیجه این اندازه‌گیری به صورت  $0.0005 \text{ m} \pm 0.00005 \text{ m}$  گزارش شده است. کمینه تقسیم‌بندی این ریزسنج و تعداد ارقام با معنای نتیجه این اندازه‌گیری مطابق کدام گزینه است؟

- (۱)  $0.0001 \text{ mm}$
- (۲)  $0.0001 \text{ mm}$
- (۳)  $0.0005 \text{ mm}$
- (۴)  $0.0005 \text{ mm}$

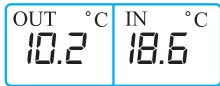
۴۰- شکل زیر، یک آمپرسنج رقمی (دیجیتال) را نشان می‌دهد. دقت اندازه‌گیری و تعداد ارقام بامعنای این اندازه‌گیری مطابق کدام گزینه است؟



- (۱) ۳،۰۱ mA  
(۲) ۴،۰۱ mA  
(۳) ۳،۰/۵ mA  
(۴) ۴،۰/۵ mA

۴۱- شکل زیر یک دماسنج دیجیتال را نشان می‌دهد که دمای داخل و خارج گلخانه‌ای را می‌خواند. کدام عبارت دربارهٔ این اندازه‌گیری نادرست است؟

(تمرین کتاب درسی ۵)



(۱) خطای اندازه‌گیری برابر  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  است.

(۲) دقت اندازه‌گیری برابر  $0.2^\circ\text{C}$  است.

(۳) حداقل اختلاف دمای داخل و خارج گلخانه برابر  $8.2^\circ\text{C}$  است.

(۴) حداکثر اختلاف دمای داخل و خارج گلخانه برابر  $8.6^\circ\text{C}$  است.

۴۲- به وسیلهٔ یک ترازوی آشپزخانه، جرم توپ فوتبالی را ده بار اندازه گرفته‌ایم. نتایج این اندازه‌گیری در جدول زیر آورده شده است. کدام گزینه (برحسب گرم) را باید به عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری جرم این توپ بیان کنیم؟

۴۲۵ g	۴۱۸ g	۴۲۳ g	۴۶۴ g	۴۱۶ g
۴۲۰ g	۴۷۶ g	۴۱۴ g	۴۲۰ g	۴۲۴ g

- (۱) ۴۱۸  
(۲) ۴۲۰  
(۳) ۴۲۵  
(۴) ۴۳۰

۴۳- با یک خط‌کش سانتی‌متری، دو ضلع عمود بر هم یک ورق فلزی مربع‌شکل را اندازه‌گیری کرده‌ایم. اگر نتیجهٔ هر دو اندازه‌گیری  $10.0\text{ cm}$  باشد، حداکثر مساحت ممکن برای این ورق فلزی چند سانتی‌متر مربع بیشتر از حداقل مساحت ممکن آن است؟

- (۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۲۰ (۴) ۴۰



## تخمین مرتبهٔ بزرگی در فیزیک

درس ۴

### تخمین

منظور از تخمین، بیان اندازهٔ یک کمیت به طور تقریبی است.

- موارد استفاده از تخمین
- اطلاعات لازم برای تعیین مقدار دقیق کمیت را نداشته باشیم.
  - نخواهیم زمان زیادی را برای محاسبات خود صرف کنیم.
  - دنبال دقت بالایی از اندازهٔ کمیت موردنظر نباشیم.

### تخمین مرتبهٔ بزرگی

نوعی از تخمین است که در آن جواب نهایی به شکل توانی از  $10$  بیان می‌شود. برای انجام این نوع تخمین، عدد موردنظر را با استفاده از نمادگذاری علمی به شکل  $a \times 10^n$  می‌نویسیم ( $1 \leq a < 10, n \in \mathbb{Z}$ ) و سپس  $a$  را مطابق روش زیر گرد می‌کنیم:

اگر  $1 \leq a < 5$  باشد:  $a \sim (10^0 = 1)$   
اگر  $5 \leq a < 10$  باشد:  $a \sim (10^1 = 10)$

نمونه به نحوهٔ تخمین مرتبهٔ بزرگی دو عدد در زیر توجه فرمایید:

$$x = 6340 \text{ m} \rightarrow x = 6/340 \times 10^3 \text{ m} \xrightarrow{(6/340 > 5)} x \sim 10^1 \times 10^3 \text{ m} \rightarrow x \sim 10^4 \text{ m}$$

$$x = 0.00491 \text{ m} \rightarrow x = 4/91 \times 10^{-3} \text{ m} \xrightarrow{(4/91 < 5)} x \sim 1 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow x \sim 10^{-3} \text{ m}$$

تست جرم کرهٔ زمین  $5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$  و جرم الکترون  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  است. مرتبهٔ بزرگی جرم زمین چند برابر مرتبهٔ بزرگی جرم الکترون است؟

- (۱)  $10^{53}$  (۲)  $10^{54}$  (۳)  $10^{55}$  (۴)  $10^{56}$

پاسخ گزینهٔ ۳

$$\begin{cases} M_E = 5.98 \times 10^{24} \sim 10 \times 10^{24} = 10^{25} \text{ kg} \\ m_e = 9.11 \times 10^{-31} \sim 10 \times 10^{-31} = 10^{-30} \text{ kg} \end{cases} \rightarrow \frac{M_E}{m_e} = \frac{10^{25}}{10^{-30}} = 10^{55}$$



**تست** جرم آب اقیانوس‌های کره زمین چند کیلوگرم تخمین زده می‌شود؟ (شعاع کره زمین را  $6400 \text{ km}$  و عمق متوسط اقیانوس‌ها را  $4 \text{ km}$  در نظر بگیرید.)

$$10^{27} \text{ (4)}$$

$$10^{24} \text{ (3)}$$

$$10^{21} \text{ (2)}$$

$$10^{18} \text{ (1)}$$

**پاسخ گزینه ۲** گاهی برای تخمین لازم می‌شود از اطلاعات عمومی خود اندکی استفاده کنیم! مثلاً برای حل این تست باید بدانیم که حدود  $70\%$  مساحت سطح زمین را اقیانوس‌ها فرا گرفته‌اند. بنابراین:

$$A_{\text{زمین}} = 0.7 A_{\text{اقیانوس}}$$

$$A_{\text{اقیانوس}} = 0.7 (\pi R^2) = 0.7 \times (\pi \times (6400)^2) \approx 0.7 \times \pi \times (4 \times 10^6) \text{ m}^2$$

بهتر است تا رسیدن به بخش محاسباتی نهایی از تقریب‌هایی با فاصله زیاد از اعداد اصلی (مانند تخمین مرتبه بزرگی) پرهیز کنیم.

$$A_{\text{اقیانوس}} = 10 \times 12 \times 5 = 4 \times 10^{14} \text{ m}^2 \quad \text{را می‌توانیم با عدد } 10 \text{ و } (6/4) \text{ را با عدد } 40 \text{ تقریب بزنیم. در این صورت:}$$

$$V = Ah = (4 \times 10^{14}) \times (4 \times 10^3) = 1/6 \times 10^{18} \text{ m}^3 \quad \text{حجم آب اقیانوس را از حاصل ضرب مساحت در عمق آن حساب می‌کنیم:}$$

چگالی آب  $1000 \text{ kg/m}^3$  است؛ یعنی هر متر مکعب آب  $1000 \text{ kg}$  جرم دارد. پس:

$$m = \rho V = 1000 \times 1/6 \times 10^{18} = 1/6 \times 10^{21} \text{ kg} \sim 1 \times 10^{21} \text{ kg} \rightarrow m \sim 10^{21} \text{ kg}$$

اگر در محاسبات خود اندکی اشتباه کنید (!) ممکن است به پاسخ‌های  $10^{20} \text{ kg}$  یا  $10^{22} \text{ kg}$  برسید که با توجه به اختلاف قابل توجه گزینه‌ها باید نزدیک‌ترین گزینه به این اعداد یعنی ۲ را انتخاب کنید. این نوع طراحی گزینه‌ها باعث می‌شود اشتباهات جزئی با جریمه همراه نباشند!

**تست** در یک روز بارانی، ظرف استوانه‌شکلی به شعاع قاعده  $20 \text{ cm}$  و ارتفاع  $50 \text{ cm}$  را در هوای آزاد قرار می‌دهیم. تعداد قطره‌های بارانی که این ظرف

را از آب پر می‌کند، به کدام یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

$$10^8 \text{ (4)}$$

$$10^6 \text{ (3)}$$

$$10^4 \text{ (2)}$$

$$10^2 \text{ (1)}$$

**پاسخ گزینه ۳** ابتدا حجم استوانه را حساب می‌کنیم:

$$V = Ah = (\pi R^2)h = \pi \times (20 \times 10^{-2})^2 \times 50 = 6 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

هر قطره باران را به شکل کره‌ای به قطر  $4 \text{ mm}$  در نظر می‌گیریم. در این صورت حجم تقریبی هر قطره برابر است با:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^3 = 32 \times 10^{-9} = 3/2 \times 10^{-8} \approx 3 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

برای تشخیص تعداد قطره‌هایی که در سطل جای می‌گیرند، کافی است حجم سطل را به حجم هر قطره تقسیم کنیم:

$$n = \frac{V}{V_1} = \frac{6 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-8}} = 2 \times 10^6 \sim 10^6$$

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

(کتاب درسی قریبی)

۴۴- مرتبه فشاری که یک شخص بالغ بر یک سطح افقی وارد می‌کند، چند پاسکال است؟

$$10^8 \text{ (4)}$$

$$10^6 \text{ (3)}$$

$$10^4 \text{ (2)}$$

$$10^2 \text{ (1)}$$

۴۵- مرتبه حجم خونی که قلب یک انسان در طول عمرش پمپ می‌کند، چند لیتر است؟ (قلب در هر ضربه به طور میانگین  $70 \text{ cm}^3$  خون به سرخرگ آئورت پمپ می‌کند.)

$$10^{14} \text{ (4)}$$

$$10^{11} \text{ (3)}$$

$$10^8 \text{ (2)}$$

$$10^5 \text{ (1)}$$

(تمرین کتاب درسی)

۴۶- مرتبه بزرگی تعداد نفس‌هایی که یک شخص در طول عمرش می‌کشد، به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

$$10^{18} \text{ (4)}$$

$$10^{15} \text{ (3)}$$

$$10^{12} \text{ (2)}$$

$$10^9 \text{ (1)}$$

۴۷- اگر کل کشور ایران را به صورت مسطح در نظر بگیریم، مرتبه تعداد اسکناس‌های  $10$  هزار تومانی لازم برای فرش کردن کل ایران به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

(تمرین فیزیک دانشگاهی)

$$10^{23} \text{ (4)}$$

$$10^{20} \text{ (3)}$$

$$10^{17} \text{ (2)}$$

$$10^{14} \text{ (1)}$$

۴۸- شهر رشت با مساحتی حدود  $180 \text{ km}^2$  در زمینی مسطح و هموار در شمال ایران واقع است. در یک روز طوفانی حدود  $10 \text{ mm}$  باران در این شهر باریده است. مرتبه تعداد قطره‌های بارانی که در این روز روی شهر رشت باریده است، مطابق کدام گزینه است؟

(مثال کتاب درسی)

$$10^{22} \text{ (4)}$$

$$10^{18} \text{ (3)}$$

$$10^{14} \text{ (2)}$$

$$10^{10} \text{ (1)}$$

۴۹- اطراف کره زمین لایه‌ای از هوا وجود دارد. به این لایه که از گازهای مختلفی تشکیل شده است، جو زمین گفته می‌شود. اگر شعاع زمین  $6400 \text{ km}$  و فشار جو در تمام نقاط سطح زمین  $10^5 \text{ Pa}$  باشد، مرتبه بزرگی جرم جو زمین چند کیلوگرم است؟

(مثال کتاب درسی)

$$10^{25} \text{ (4)}$$

$$10^{22} \text{ (3)}$$

$$10^{19} \text{ (2)}$$

$$10^{16} \text{ (1)}$$

۵۰- مرتبه بزرگی حجم بنزینی که کل خودروهای ایران در یک سال مصرف می‌کنند، چند لیتر است؟

$$10^{16} \text{ (4)}$$

$$10^{13} \text{ (3)}$$

$$10^{10} \text{ (2)}$$

$$10^7 \text{ (1)}$$

۵۱- تخمین بزنید در هر شبانه‌روز چند لیتر بنزین، به صورت بخار وارد هوای شهر تهران می‌شود؟ (جرم مولی بنزین حدود  $80$  گرم بر مول است و چگالی بنزین  $680$  گرم بر لیتر است.)

(تمرین کتاب درسی)

$$10^9 \text{ (4)}$$

$$10^7 \text{ (3)}$$

$$10^5 \text{ (2)}$$

$$10^3 \text{ (1)}$$

۵۲- قطر متوسط سلول‌های بدن انسان در حدود  $10 \mu\text{m}$  است. مرتبهٔ تعداد سلول‌های بدن یک انسان بالغ به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

- (۱)  $10^{13}$  (۲)  $10^{17}$  (۳)  $10^{21}$  (۴)  $10^{25}$  (مثال کتاب گیاهپا تپستا ■)

۵۳- تخمین بزنید در یک سکهٔ ۵۰۰ تومانی چند اتم وجود دارد؟ (جرم اتمی نیکل  $58/71$  گرم بر مول است.)

- (۱)  $10^{11}$  (۲)  $10^{15}$  (۳)  $10^{19}$  (۴)  $10^{23}$  (مثال فیزیک اوهانپان ■)

۵۴- تخمین بزنید در اتاقی به ابعاد  $3 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  چند مولکول هوا وجود دارد؟ (مولکول  $6 \times 10^{23} =$  عدد آووگادرو)

- (۱)  $10^{18}$  (۲)  $10^{21}$  (۳)  $10^{24}$  (۴)  $10^{27}$  (تمرین کتاب درسی ■)

۵۵- یکای مورد استفاده برای جرم در فیزیک هسته‌ای، یکای جرم اتمی (u) است که تقریباً برابر با جرم یک پروتون است. مرتبهٔ بزرگی یکای جرم اتمی

بر حسب کیلوگرم به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟ (اتم  $6 \times 10^{23}$  مول = عدد آووگادرو)

- (۱)  $10^{-15}$  (۲)  $10^{-19}$  (۳)  $10^{-23}$  (۴)  $10^{-27}$

۵۶- چگالی یک فلز فرضی  $8 \text{ g/cm}^3$  و جرم اتمی آن  $60 \text{ g/mol}$  است. مرتبهٔ فاصلهٔ متوسط بین اتم‌های مجاور این فلز بر حسب متر، به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

- (۱)  $10^{-7}$  (۲)  $10^{-10}$  (۳)  $10^{-13}$  (۴)  $10^{-16}$

## درس ۵ چگالی

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

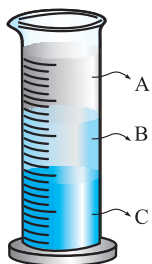
جرم موجود در واحد حجم یک ماده را چگالی می‌نامند و با  $\rho$  نشان می‌دهند.

یکای چگالی در SI «کیلوگرم بر متر مکعب» ( $\text{kg/m}^3$ ) است. از یکای «گرم بر سانتی‌متر مکعب» ( $\text{g/cm}^3$ ) نیز برای بیان چگالی استفاده می‌شود. هر گرم

بر سانتی‌متر مکعب،  $1000$  کیلوگرم بر متر مکعب است.

(چگالی آب  $1 \text{ g/cm}^3$  است؛ حفظ کنید!)

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



اگر چند مایع مخلوط‌نشده را در یک ظرف بریزیم، مایعی که چگالی آن از بقیه بیشتر است در کف و مایعی که چگالی آن از بقیه کمتر است در سطح قرار می‌گیرد. بنابراین، در شکل روبه‌رو داریم:

$$\rho_C > \rho_B > \rho_A$$

**تست** سه مایع مخلوط‌نشده A، B و C با چگالی‌های  $\rho_A = 4 \text{ g/cm}^3$ ،  $\rho_B = 600 \text{ kg/m}^3$  و  $\rho_C = 1200 \text{ g/L}$  را در یک لولهٔ آزمایش می‌ریزیم و پس از تعادل، مایع ..... پایین‌تر و مایع ..... بالاتر از بقیهٔ مایع‌ها قرار می‌گیرند.

- (۱) B و A (۲) C و A (۳) A و C (۴) B و C

**پاسخ گزینهٔ ۱**

$$1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \rho_A = 4000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_C = 1200 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 1200 \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 1200 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \rho_A > \rho_C > \rho_B$$

با توجه به چگالی مایع‌ها، A در صدر و B در قعر قرار می‌گیرند!

برای محاسبهٔ حجم حفرهٔ داخل یک جسم توخالی می‌توانیم با در اختیار داشتن جرم و چگالی جسم، حجم واقعی جسم را حساب و آن را از حجم ظاهری جسم کم کنیم.

**تست** درون یک قطعه طلا به حجم ظاهری  $12 \text{ cm}^3$  و جرم  $199/5 \text{ g}$  حفره‌ای وجود دارد. اگر چگالی طلا  $19000 \text{ kg/m}^3$  باشد، حجم حفرهٔ خالی چند سانتی‌متر مکعب است؟

- (۱)  $0/75$  (۲)  $1/5$  (۳)  $2/5$  (۴)  $3/4$  (سراسری ریاضی ۸۷ ■)

**پاسخ گزینهٔ ۲**

چگالی طلا برابر است با:

$$\rho = 19000 \text{ kg/m}^3 = 19 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{199/5 \text{ (g)}}{19 \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)} = 10/5 \text{ cm}^3$$

حالا حجم واقعی طلا را حساب می‌کنیم:

$$V' = 12 - 10/5 = 1/5 \text{ cm}^3$$

حجم حفره ( $V'$ ) از تفاضل حجم واقعی طلا از حجم ظاهری آن به دست می‌آید:



اگر چند ماده با جرم‌های  $m_1, m_2, \dots$  و حجم‌های  $V_1, V_2, \dots$  و ... را با یکدیگر مخلوط کنیم، چگالی مخلوط را می‌توان از رابطه زیر حساب کرد:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_{\text{مخلوط}}}$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

اگر حجم مواد در اثر اختلاط تغییر نکند، می‌توان گفت:

**تست** جواهر فروشی در ساختن یک قطعه جواهر به جای طلای خالص، مقداری نقره نیز به کار برده است. اگر حجم قطعه ساخته شده ۵ سانتی‌متر مکعب و چگالی آن  $13/6 \text{ g/cm}^3$  باشد، جرم نقره به کار رفته چند گرم است؟ (چگالی نقره و طلا به ترتیب  $10 \text{ g/cm}^3$  و  $19 \text{ g/cm}^3$  فرض شود).

(سراسری ریاضی ۹۵ قاج)

۳۸ (۴)

۳۴ (۳)

۳۰ (۲)

۸ (۱)

ویژگی‌های طلا و نقره را به ترتیب با زیرنویس‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهیم و می‌نویسیم:

**پاسخ گزینه ۲**

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V} \Rightarrow 13/6 = \frac{19V_1 + 10V_2}{5} \Rightarrow 19V_1 + 10V_2 = 68$$

$$\text{فرض تست } V_1 + V_2 = 5 \Rightarrow V_1 = 5 - V_2 \Rightarrow 19(5 - V_2) + 10V_2 = 68 \Rightarrow 95 - 9V_2 = 68$$

$$\Rightarrow V_2 = 27 \Rightarrow V_2 = 3 \text{ cm}^3$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = 10 \times 3 = 30 \text{ g}$$

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

(سراسری تهرنی ۷۵)

۵۷- کره توپری به شعاع ۱۰ سانتی‌متر، ۸ کیلوگرم جرم دارد. چگالی ماده سازنده این کره چند واحد SI است؟ ( $\pi = 3$ )

۱۰۰۰۰ (۴)

۲۰۰۰ (۳)

۱۰ (۲)

۲ (۱)

(سراسری ریاضی ۹۶)

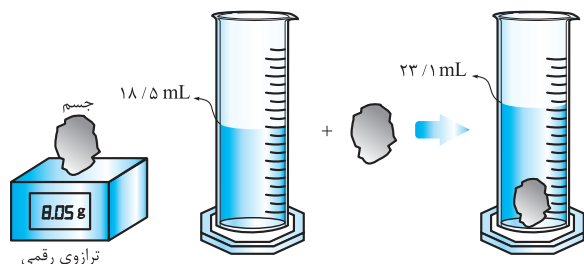
۵۸- می‌خواهیم از فلزی به چگالی  $6 \text{ g/cm}^3$ ، کره توپری به شعاع ۵ cm بسازیم. جرم این کره چند کیلوگرم می‌شود؟

۴/۷۱ (۴)

۳/۱۴ (۳)

۲/۳۶ (۲)

۱/۵۷ (۱)



۵۹- برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق

شکل مقابل پیدا کرده‌ایم. چگالی این جسم چند واحد SI است؟

(تمرین کتاب درسی ▲)

۱/۷۵ (۱)

$1/75 \times 10^3$  (۲)

۱/۶۰ (۳)

$1/60 \times 10^3$  (۴)

۶۰- یک قطعه فلز به جرم ۹۰ g را درون استوانه مدرجی می‌اندازیم. با این عمل فلز کاملاً در آب فرو می‌رود و سطح آب درون استوانه به اندازه ۱/۵ cm بالا

(سراسری ریاضی ۸۲ ▲)

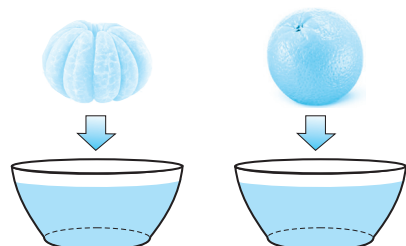
می‌آید. اگر سطح مقطع استوانه  $12 \text{ cm}^2$  باشد، چگالی فلز چند واحد SI است؟

۶۰۰۰ (۴)

۵۰۰۰ (۳)

۶ (۲)

۵ (۱)



۶۱- مطابق شکل یک پرتقال با پوست و یک پرتقال بدون پوست را به درون ظرف محتوی آب

(فعالیت کتاب درسی ■)

می‌اندازیم. کدام یک به درون آب فرو می‌روند؟ چرا؟

(۱) پرتقال بدون پوست، زیرا جرم بیشتری دارد.

(۲) پرتقال بدون پوست، زیرا چگالی بیشتری دارد.

(۳) پرتقال با پوست، زیرا جرم بیشتری دارد.

(۴) پرتقال با پوست، زیرا چگالی بیشتری دارد.

۶۲- کره توپری به شعاع R از ماده A داریم که جرمش ۲ برابر استوانه‌ای به شعاع داخلی  $\frac{R}{4}$  و شعاع خارجی R از ماده B است. اگر ارتفاع استوانه برابر  $\frac{2}{3}R$

باشد، چگالی ماده A چند برابر چگالی ماده B است؟

$\frac{3}{4}$  (۴)

$\frac{2}{3}$  (۳)

$\frac{4}{3}$  (۲)

$\frac{3}{4}$  (۱)

۶۳- چگالی مایع A،  $\frac{4}{5}$  برابر چگالی مایع B است. اگر حجم ۸ کیلوگرم از مایع A برابر ۱۰ لیتر باشد، حجم ۵ کیلوگرم از مایع B چند لیتر است؟

(سراسری تهرنی ۸۴)

۶/۴ (۴)

۵ (۳)

۴ (۲)

۳/۲ (۱)

۶۴- جرم یک ظرف فلزی توخالی ۳۰۰ گرم است. اگر این ظرف را پر از مایعی به چگالی  $1/2 \text{ g/cm}^3$  نماییم، جرم مجموعه ۵۴۰ گرم و در صورتی که پر از نوعی

(سراسری ریاضی ۹۵)

روغن نماییم، جرم مجموعه ۴۶۰ گرم می‌شود. چگالی این روغن چند گرم بر لیتر است؟

۸۰۰ (۴)

۸۵۰ (۳)

۹۰۰ (۲)

۹۵۰ (۱)

(تمرین فیزیک دانشگاهی ▲)

۶۵- چگالی متوسط زمین  $5 \text{ g/cm}^3$  و شعاع آن حدود  $6400 \text{ km}$  است. جرم زمین تقریباً چند کیلوگرم است؟

- (۱)  $6 \times 10^{21}$  (۲)  $6 \times 10^{24}$  (۳)  $6 \times 10^{27}$  (۴)  $6 \times 10^{30}$

۶۶- ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آن‌ها در SI حدود  $10^9$  میلیون است. تخمین بزنید اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهنده این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟

- (۱) ۲۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۲۰۰۰ (۴) ۲۰۰۰۰

۶۷- در یک روز بارانی،  $40$  میلی‌متر باران روی سطحی به مساحت  $2500$  کیلومتر مربع باریده است. اگر چگالی آب باران  $1000 \text{ kg/m}^3$  باشد، جرم این مقدار باران چند کیلوگرم است؟

- (۱)  $10^8$  (۲)  $10^9$  (۳)  $10^{10}$  (۴)  $10^{11}$

۶۸- جرم یک گلوله آهنی  $3900$  گرم و چگالی آن  $7800 \text{ kg/m}^3$  است. اگر گلوله آهنی را به آرامی در ظرف پر از الکل فرو ببریم و چگالی الکل  $800$  گرم بر لیتر باشد، چند گرم الکل از ظرف خارج می‌شود؟

- (۱) ۴۰۰ (۲) ۵۰۰ (۳) ۴۰۰۰ (۴) ۵۰۰۰

۶۹- یک گلوله فلزی که  $800$  گرم جرم دارد را به آرامی داخل ظرفی پر از روغن مایع می‌اندازیم و  $160$  گرم روغن از ظرف بیرون می‌ریزد. اگر چگالی روغن  $8 \text{ g/cm}^3$  باشد، چگالی فلز چند واحد SI است؟

- (۱) ۴ (۲) ۴۰۰۰ (۳) ۵ (۴) ۵۰۰۰

۷۰- یک مکعب چوبی به ضلع  $4 \text{ cm}$  را به آرامی داخل ظرفی پر از آبی می‌اندازیم. اگر  $40$  سانتی‌متر مکعب آب از ظرف بیرون بریزد، چگالی چوب چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ )

- (۱) ۴۰۰ (۲) ۶۲۵ (۳) ۶۴۰ (۴) ۱۶۰۰

۷۱- با  $3$  لیتر مایع A به چگالی  $3 \text{ g/cm}^3$  و  $3$  لیتر مایع B به چگالی  $1 \text{ g/cm}^3$  محلولی می‌سازیم. اگر تغییر حجم ناچیز باشد، چگالی محلول چند واحد SI است؟

- (۱) ۲ (۲)  $1/5$  (۳) ۲۰۰۰ (۴) ۱۵۰۰

۷۲- با  $3$  کیلوگرم مایع A به چگالی  $3 \text{ g/cm}^3$  و  $3$  کیلوگرم مایع B به چگالی  $1 \text{ g/cm}^3$  محلولی می‌سازیم. اگر تغییر حجم ناچیز باشد، چگالی محلول چند واحد SI است؟

- (۱) ۲ (۲)  $1/5$  (۳) ۲۰۰۰ (۴) ۱۵۰۰

۷۳- مخلوطی از دو نوع مایع با چگالی‌های  $\rho_1$  و  $\rho_2$  درست شده است. اگر  $1/3$  حجم آن از مایعی با چگالی  $\rho_1$  بوده و  $2/3$  باقی‌مانده از مایعی با چگالی  $\rho_2$  باشد، چگالی مخلوط برابر با کدام است؟

(سراسری ریاضی ۹۱)

- (۱)  $\frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3}$  (۲)  $\frac{\rho_2 + 2\rho_1}{3}$  (۳)  $\frac{3\rho_1\rho_2}{\rho_2 + 2\rho_1}$  (۴)  $\frac{3\rho_1\rho_2}{\rho_1 + 2\rho_2}$

۷۴- چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیه  $V_A$  و  $V_B$ ، برابر  $75$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اگر چگالی مایع A برابر  $600 \text{ g/L}$  و چگالی مایع B برابر  $800 \text{ g/L}$  باشد،  $V_A$  چند برابر  $V_B$  است؟

(سراسری ریاضی ۹۲ فارح)

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳)  $1/3$  (۴)  $1/4$

۷۵- طول هر ضلع یک مکعب فلزی  $10 \text{ cm}$  و جرم آن  $6 \text{ kg}$  است. اگر چگالی فلز  $8 \text{ g/cm}^3$  باشد، مکعب:

(سراسری ریاضی ۸۸)

- (۱) توپر و حجم آن  $750 \text{ cm}^3$  است. (۲) توپر و حجم آن  $1000 \text{ cm}^3$  است. (۳) حفره‌ای خالی دارد و حجم حفره  $750 \text{ cm}^3$  است. (۴) حفره‌ای خالی دارد و حجم حفره  $250 \text{ cm}^3$  است.

۷۶- مکعبی به ضلع  $10 \text{ cm}$  داریم که جرم آن  $1800 \text{ g}$  است. اگر چگالی ماده سازنده این مکعب  $2000 \text{ kg/m}^3$  باشد، در حفره داخل این مکعب چند گرم آب جای می‌گیرد؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ )

- (۱) ۵۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۴۰۰

۷۷- شعاع یک کره فلزی  $5$  سانتی‌متر و جرم آن  $1080$  گرم و چگالی آن  $2/7 \text{ g/cm}^3$  است. درون این کره یک حفره وجود دارد. حجم این حفره چند درصد حجم کره را تشکیل می‌دهد؟ ( $\pi = 3$ )

(سراسری ریاضی ۹۳ فارح)

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵

۷۸- یک قطعه طلا که  $199/5$  گرم جرم دارد را درون ظرفی پر از روغن مایع می‌اندازیم و  $12$  گرم روغن از ظرف بیرون می‌ریزد. اگر چگالی روغن و طلا به ترتیب  $8 \text{ g/cm}^3$  و  $19 \text{ g/cm}^3$  باشد، حجم حفره خالی درون قطعه طلا چند سانتی‌متر مکعب است؟

(سراسری ریاضی ۸۷)

- (۱)  $1/5$  (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)  $4/5$

۷۹- قطعه فلزی آلیاژی از طلا و مس است. این قطعه فلز  $30 \text{ cm}^3$  حجم و  $470$  گرم جرم دارد. اگر چگالی طلا و مس به ترتیب  $19 \text{ g/cm}^3$  و  $9 \text{ g/cm}^3$  باشد، این قطعه فلز چند گرم طلا دارد؟

- (۱) ۱۹۰ (۲) ۲۳۵ (۳) ۲۸۵ (۴) ۳۸۰

۱- گزینه ۴: مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند و همواره این امکان وجود دارد که نتایج آزمایش‌های جدید منجر به بازنگری مدل یا نظریه‌ای شود. در حقیقت همین ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است. در (۲) جای قانون و اصل برعکس بیان شده است. از طرف دیگر، هر چند آزمایش و مشاهده در فیزیک، اهمیت زیادی دارد، اما آن‌چه بیش از همه در پیشبرد و تکامل علم فیزیک نقش ایفا کرده و می‌کند، تفکر نقادانه و اندیشه‌ورزی فعال فیزیک‌دانان نسبت به پدیده‌هایی است که با آن‌ها مواجه می‌شوند.

۲- گزینه ۲: برای مدل‌سازی در مکانیک، معمولاً با چشم‌پوشی از اندازه و شکل جسم، آن را به صورت یک جسم نقطه‌ای یا ذره در نظر می‌گیریم. اگر نیروی اصطکاک را نادیده بگیریم، شخص نمی‌تواند جعبه را هل بدهد. صرف‌نظر کردن از نیروی وزن هم موجب نادیده‌گرفتن نیروی اصطکاک می‌شود. هم‌چنین برای به دست آوردن شتاب و سرعت جسم نمی‌توان فرض کرد که همواره ساکن باقی می‌ماند.

۳- گزینه ۴: برای مدل‌سازی ترمز کردن خودرو، ابتدا از چرخش چرخ‌ها صرف‌نظر کرده و خودرو را مانند جسمی صلب (جسمی که اجزایش نسبت به هم حرکت ندارند) در نظر می‌گیریم که روی زمین می‌لغزند. برای ساده‌سازی همین جسم صلب را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم و از مقاومت هوا که سبب پیچیده‌شدن مسئله می‌شود، صرف‌نظر می‌کنیم. همان‌طور که گفتیم در مدل‌سازی نمی‌توان اثرهای مهم و تعیین‌کننده را نادیده گرفت. اگر اصطکاک بین خودرو و زمین را نادیده بگیریم، مدل ما پیش‌بینی می‌کند که خودرو اصلاً متوقف نمی‌شود که نشان می‌دهد (۴) نادرست است.

۴- گزینه ۴: برای مدل‌سازی نوسانات آونگ ساده، آن را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم که به وسیله نخ سبکی به یک نقطه آویخته شده است؛ به عبارت دیگر از نیروی وزن نخ در مقابل نیروی وزن گلوله صرف‌نظر می‌کنیم. هم‌چنین نیروی مقاومت هوا و اصطکاک که سبب پیچیده‌شدن مسئله می‌شوند را نادیده می‌گیریم. به منظور ساده‌سازی تحلیل حرکت گلوله آونگ، زاویه انحراف گلوله از وضع تعادل ( $\theta$ ) را به اندازه کافی کوچک در نظر می‌گیریم که در این صورت مسیر حرکت گلوله تقریباً یک پاره‌خط افقی است. اگر مسیر حرکت گلوله را قسمتی از یک دایره در نظر بگیریم، مسئله پیچیده و دشوار می‌شود که نشان می‌دهد این فرض برای ساده‌سازی این پدیده مناسب نیست.

۵- گزینه ۲: برای مدل‌سازی تعادل گرمایی بین دو جسم، فرض می‌کنیم دو جسم هیچ گرمایی با محیط مبادله نمی‌کنند؛ به عبارت دیگر تمام گرمایی که جسم گرم از دست می‌دهد، جذب جسم سرد می‌شود. به هنگام مبادله گرما، ابتدا دمای نقاطی از جسم سرد که در تماس با جسم داغ قرار دارند، افزایش می‌یابند، سپس با گذشت زمان و انتقال گرما، دمای سایر نقاط آن بالا می‌رود، اما برای ساده‌سازی می‌توان دمای قسمت‌های مختلف جسم‌ها را یکسان در نظر گرفت و برای هر جسم در هر لحظه یک دما فرض کرد. لزومی ندارد گرمای ویژه دو جسم یکسان باشد یا هر یک از آن‌ها را به صورت یک ذره در نظر گرفت.

۶- گزینه ۴: همان‌طور که در علوم هشتم خواندیم، برای بررسی انتشار نور، از مدل پرتوی نور استفاده می‌کنیم. در این مدل هر باریکه نور به صورت پرتوهای موازی نور در نظر گرفته می‌شود، هم‌چنین پرتوهایی که از یک چشمه نور خیلی دور مانند خورشید می‌آیند، با هم موازی هستند. این پرتوها پس از بازتاب از یک جسم حقیقی (مانند درخت) واگرا می‌شوند و پس از شکست در عدسی دوربین عکاسی، به صورت پرتوهای همگرا درآمده و یک تصویر حقیقی تشکیل می‌دهند.

۷- گزینه ۳: کمیت‌هایی مانند مزیت مکانیکی و ضریب اصطکاک وجود دارند که از نسبت دو کمیت هم‌جنس به دست می‌آیند. این کمیت‌ها بدون یکا (بی‌بعد) هستند. (۱)، (۲) و (۴) تعریف‌های درستی از کمیت فیزیکی، یکای یک کمیت و کمیت‌های اصلی هستند.

**تمرین الف)** یکای هر کمیت باید دارای چه ویژگی‌هایی باشد؟ تغییر نکند و دارای قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشد. (ب) اگر یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده بگیریم، چه مزیت و چه عیبی دارد؟ مزیت: قابلیت بازتولید دارد. عیب: تغییرپذیری بین اشخاص مختلف.

۸- گزینه ۴: در عمل نیاز نیست برای همه کمیت‌های فیزیکی، یکای مستقلی تعریف شود و به کمک رابطه‌ها و تعریف‌های فیزیکی و کمیت‌های اصلی، برای کمیت‌های فرعی یکاهایی را در نظر می‌گیریم.

۹- گزینه ۳: در (۱) حجم کمیتی فرعی و زمان کمیتی اصلی است. در (۲) طول کمیتی اصلی است. در (۳) همه چیز مرتب است، اما در (۴) نیرو کمیتی فرعی و شدت جریان کمیتی اصلی است.

۱۰- گزینه ۳: آمپر یکای جریان الکتریکی، مُول یکای مقدار ماده و کُنَدلا (شمع) یکای شدت روشنایی می‌باشند که همگی از یکاهای اصلی در SI هستند. اما باید توجه کرد که یکای جرم در SI، کیلوگرم است نه گرم.

۱۱- گزینه ۴: از میان کمیت‌های داده‌شده، دو کمیت مقدار ماده و شدت روشنایی جزو کمیت‌های اصلی هستند که یکای آن‌ها در SI به ترتیب مُول و کُنَدلا (شمع) می‌باشند.

۱۲- گزینه ۳: برای به دست آوردن یکای هر کمیت، از یک رابطه فیزیکی استفاده می‌کنیم:

$$F = ma \rightarrow N = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}, \quad P = \frac{F}{A} \rightarrow Pa = \frac{N}{\text{m}^2} \rightarrow Pa = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} \rightarrow Pa = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$W = Fd \rightarrow J = N \cdot \text{m} \rightarrow J = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \rightarrow J = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}, \quad P = \frac{W}{t} \rightarrow W = \frac{J}{s} \rightarrow W = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot s} \rightarrow W = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

۱۳- گزینه ۲: مسافت پیموده‌شده کمیتی نرده‌ای است؛ پس تندى، یعنی نسبت مسافت به زمان هم کمیتی نرده‌ای است. هم‌چنین جابه‌جایی کمیتی برداری است، پس سرعت یعنی نسبت جابه‌جایی به زمان هم کمیتی برداری است. از طرف دیگر جرم کمیتی نرده‌ای است، در حالی که نیروی گرانشی زمین بر یک جرم، یعنی نیروی وزن، کمیتی برداری است.

۱۴- گزینه ۲: بسیاری از کمیت‌های حرکت‌شناسی مانند مکان، جابه‌جایی، سرعت، اندازه حرکت، شتاب و نیرو ماهیت برداری دارند. هم‌چنین کار، انرژی و توان کمیت‌های نرده‌ای هستند.

باید از قاعده جمع برداری پیروی کند. در مورد زمان باید گفت که ممکن نیست مجموع دو زمان با تفاضل آن دو زمان یکسان باشد در حالی که اگر دو بردار بر هم عمود باشند، بزرگی برابری و تفاضل بردارها یکسان است. این به آن معنا است که زمان از قاعده جمع برداری پیروی نمی‌کند و بنابراین زمان کمیتی عددی است. در مورد جریان الکتریکی، گرۀ  $M$  در شکل مقابل را در نظر بگیرید.

۱۷- گزینه ۲ با توجه به سازگاری یکپا، یکای جمله‌های مختلف یک رابطه فیزیکی یکسان است، بنابراین یکای جمله  $At$  با یکای جمله  $x$  یعنی طول یکسان است. چون  $t$  معرف زمان است. می‌توان نتیجه گرفت که یکای کمیت  $A$  طول بر زمان بوده است و می‌دانیم طول بر زمان معرف سرعت می‌باشد.

$$\text{شعاع اتم هیدروژن} = 0.53 \text{ \AA} = 0.53 (\text{\AA}) \left( \frac{10^{-10} \text{ m}}{1 \text{ \AA}} \right) = 0.53 \times 10^{-10} \text{ m} = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

**تمرین** یک میکرون چند آنگستروم است؟  $1 \mu\text{m} = 10^4 \text{ \AA}$

۲۰- گزینه ۳ در هر مورد، برای تبدیل یکاها، از روش زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$1 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 1 \left( \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right) \left( \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} \right) \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 0.6 \text{ L/min} \quad , \quad 1 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 1 \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \left( \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) \left( \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = 1 \text{ kg/m}^3$$

۲۲- گزینه ۲ با توجه به تساوی‌های  $1\text{ L} = 1000\text{ cm}^3$  و  $1\text{ min} = 60\text{ s}$ ، از روش زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$3 \dots \text{ft} = 3 \dots (\text{ft}) \left( \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} \right) \left( \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \right) \left( \frac{1 \text{ km}}{10^5 \text{ cm}} \right) = 9 \text{ km}$$

از طرف دیگر هر هکتار (هکتومتر مربع) معادل  $10^4$  متر مربع است؛ پس هر فرسنگ مربع تقریباً معادل  $\frac{39 \times 10^6}{10^4} = 3900$  هکتار می‌شود.

۲۵- گزینه ۱

۲۶- گزینه ۴: به کمک تساوی‌های داده‌شده، ضریب تبدیل‌های مناسب را نوشته و از روش تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$\frac{21/6}{\Delta} \left( \frac{\text{cm}}{\text{day}} \right) = \frac{21/6}{\Delta} \frac{\text{cm}}{\text{day}} \left( \frac{10^6 \mu\text{m}}{1 \text{ cm}} \right) \left( \frac{1 \text{ day}}{86400 \text{ s}} \right) = 0.24 \mu\text{m/s}$$

۲۸- گزینه ۲ همان طور که گفتیم یکای نجومی (AU) و سال نوری (ly)، هر دو واحد اندازه گیری طول هستند که توسط اخترشناسان به کار می روند. یکای نجومی میانگین فاصله زمین تا خورشید است، پس با توجه به سرعت نور و زمان داده شده داریم:

$$x = vt \xrightarrow{x=AU} 1 AU = 3 \times 10^8 \times 500 \rightarrow AU = 1.5 \times 10^{11} m$$

تمرین الف) یک دقیقه نوری چند متر است؟  $1 m = 1/8 \times 10^8 m$  (ب) یک سال نوری چند برابر یکای نجومی است؟  $1 ly = 63000 AU$  (پ) سرعت انتشار نور چند  $AU/s$  است؟  $c = 0.002 AU/s$

۲۹- گزینه ۲ به کمک روش زنجیره ای، مقدار مصرف سوخت اتومبیل را از گالن بر مایل به لیتر بر کیلومتر تبدیل می کنیم:

$$\frac{1}{3} \frac{gal}{mi} = \frac{1}{300} \left( \frac{gal}{mi} \right) \left( \frac{375 L}{1 gal} \right) \left( \frac{1 mi}{1.6 km} \right) = \frac{1}{16} L/km$$

این اتومبیل برای پیمودن هر کیلومتر  $\frac{1}{16}$  لیتر سوخت مصرف می کند، پس با مصرف ۱ لیتر سوخت، می تواند ۱۶ کیلومتر را طی کند.

۳۰- گزینه ۲ مایل در خشکی با مایل در دریا اندازه متفاوتی دارد، پس مسافت پیموده شده در دریا و خشکی را جداگانه حساب می کنیم:

$$50 mi = 50 \left( \frac{mi}{1} \right) \left( \frac{1600 m}{1 mi} \right) \left( \frac{1 km}{1000 m} \right) = 80 km \quad \text{دریا: } 45 mi = 45 \left( \frac{mi}{1} \right) \left( \frac{1800 m}{1 mi} \right) \left( \frac{1 km}{1000 m} \right) = 81000 m$$

حالا به کمک رابطه حرکت یکنواخت، زمان کل حمل کالا در خشکی و دریا را حساب می کنیم:

$$\left. \begin{aligned} \text{خشکی: } \Delta x_1 = v_1 t_1 \rightarrow 80 km = 40 \frac{km}{h} \times t_1 \rightarrow t_1 = 2 h \\ \text{دریا: } \Delta x_2 = v_2 t_2 \rightarrow 81000 m = (15 \times 10^3 \frac{m}{s}) \times t_2 \rightarrow t_2 = 10800 s = 3 h \end{aligned} \right\} \rightarrow t = t_1 + t_2 = 5 h$$

تمرین نشان دهید هر گره دریایی تقریباً معادل یک مایل دریایی بر ساعت است.

۳۱- گزینه ۳ انتهای چپ خط کش دقیقاً روی  $1/10 cm$  قرار دارد و انتهای راست آن بین  $5/3 cm$  و  $5/4 cm$  قرار گرفته، پس می توان مکان انتهای راست خط کش را  $5/32 cm$  حدس زد. از طرف دیگر کمیته درجه بندی این خط کش برابر  $1 mm$  است، بنابراین دقت آن نیز برابر  $a = 1 mm$  است و

خطای اندازه گیری برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 0.5 mm = \pm 0.5 cm$  می باشد. از آن جا که موقعیت جسم نسبت به ابزار اندازه گیری تغییر نکرده است، کافی است فقط یک بار این خطا را گزارش کنیم. حالا می توان طول مداد را چنین اعلام کرد:  $(5/32 - 1/10) cm \pm 0.5 cm = 4/32 cm \pm 0.5 cm$

۳۲- گزینه ۲ عددی که تندی سنج نشان می دهد، بین  $114 km$  و  $116 km$  است که می توان آن را  $115 km$  حدس زد. کمیته درجه بندی سرعت سنج

$a = 2 km$  است، بنابراین خطای اندازه گیری تندی سنج برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 1 km$  است و نتیجه اندازه گیری را می توان به صورت  $115 km \pm 1 km$  گزارش کرد.

۳۳- گزینه ۱ عددی که دماسنج نشان می دهد، بین  $25^\circ C$  و  $30^\circ C$  است که آن را  $27^\circ C$  حدس می زنیم. کمیته درجه بندی دماسنج برابر

$5^\circ C$  است، در نتیجه دقت اندازه گیری هم برابر  $5^\circ C$  است و خطای اندازه گیری برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 2.5^\circ C$  می شود. برای این که تعداد ارقام اعشاری

خطای اندازه گیری بیشتر از تعداد ارقام اعشاری عدد حاصل از اندازه گیری نشود، آن را به صورت  $e = \pm 3^\circ C$  گرد کرده و دمای دماسنج را به صورت  $27^\circ C \pm 3^\circ C$  گزارش می کنیم.

۳۴- گزینه ۲ طول جسم بین  $4 cm$  و  $4/5 cm$  است، پس می توان آن را به صورت  $4/2 cm$  حدس زد. کمیته درجه بندی خط کش برابر

$0.5 cm$  است، پس دقت اندازه گیری آن هم برابر  $a = 0.5 cm$  است و خطای اندازه گیری توسط این خط کش به صورت  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 0.25 cm$  بیان

می شود. برای این که تعداد ارقام اعشاری خطا بیشتر از تعداد ارقام اعشاری حاصل از اندازه گیری نباشد، آن را به صورت  $e = \pm 0.3 cm$  گرد کرده و نتیجه اندازه گیری را چنین اعلام می کنیم:  $4/2 cm \pm 0.3 cm$

۳۵- گزینه ۲ کمیته درجه بندی خط کش برابر  $a = 0.5 cm$  است، پس خطای اندازه گیری برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 0.25 cm$  می شود که باید به

صورت  $e = \pm 0.3 cm$  گرد شود تا تعداد ارقام بامعناى خطا و نتیجه اندازه گیری یکسان شود. در نهایت نتیجه اندازه گیری به صورت  $4/0 cm \pm 0.3 cm$  بیان می شود که دارای دو رقم با معنای ۰ و ۴ است که رقم حدسی و غیرقطعی است.

۳۶- گزینه ۲ خطای اندازه گیری برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 0.3 cm$  است، بنابراین دقت اندازه گیری برابر  $a = 0.6 cm^3$  است و کمیته درجه بندی

استوانه باید برابر  $0.6 cm^3$  باشد که در هیچ کدام از گزینه ها این گونه نیست. از این جا معلوم می شود که خطای اندازه گیری گرد شده است و در حقیقت برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 0.25 cm^3$  بوده است، پس داریم  $a = 0.5 cm^3$  و کمیته درجه بندی استوانه باید برابر  $0.5 cm^3$  باشد که نشان می دهد (۲) درست است.

تمرین نتیجه اندازه گیری را برای سایر گزینه ها بنویسید. ①  $3/68 cm^3 \pm 0.5 cm^3$  ②  $3/7 cm^3 \pm 0.5 cm^3$  ③  $3 cm^3 \pm 1 cm^3$  ④

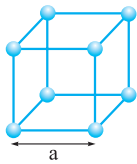
۳۷- گزینه ۲ کمیته درجه بندی خط کش میلی متری برابر  $1 mm$  و در نتیجه دقت اندازه گیری آن نیز برابر  $a = 1 mm$  است. بنابراین خطای

اندازه گیری با خط کش میلی متری برابر  $e = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} = \pm 0.5 mm$  است. از طرف دیگر به کمک خط کش میلی متری عدد  $72 mm$  را می خوانیم و رقم

$0.9 mm$  را حدس می زنیم، یعنی در مجموع عددی که گزارش می کنیم به صورت  $72/9 mm \pm 0.5 mm$  یا  $72/29 cm \pm 0.5 cm$  است.

$$\text{تعداد اسکناس ها} = \frac{\text{مساحت ایران}}{\text{مساحت یک اسکناس}} = \frac{1648195 \text{ km}^2}{8 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}} \sim \frac{1/6 \times 10^6 \times 10^6 \text{ m}^2}{8/10 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 8 \times 10^{13} \sim 10^{14} \text{ اسکناس}$$





**۵۶- گزینه ۲** ما ساختار اتمی این فلز را نمی دانیم، بنابراین ساده ترین ساختار ممکن را در نظر می گیریم. فرض کنید مانند شکل مقابل، اتم های فلز دارای یک ساختار مکعبی باشند. فاصله متوسط بین اتم های مجاور در حقیقت طول ضلع این مربع است. حجم این ساختار برابر  $V_1 = a^3$  است. هر یک از اتم هایی که در گوشه مکعب قرار دارند، به ۸ مکعب که در کنار هم چیده شده باشند، تعلق دارند؛ بنابراین تعداد اتم های موجود در هر شبکه برابر  $8 \times \frac{1}{8} = 1$  اتم است.

اکنون مکعبی به ضلع ۱ متر در نظر بگیرید. جرم این مکعب برابر  $m = \rho V = 8 \times 10^6 \text{ g}$  است. با توجه به تعریف عدد آووگادرو، تعداد مول های این مکعب برابر  $n = \frac{8 \times 10^6}{60} = \frac{4}{3} \times 10^5$  مول می شود و بنابراین تعداد اتم های موجود در این مکعب برابر است با:

$$n = \frac{N}{N_A} \rightarrow N = n \times N_A \rightarrow N = \frac{4}{3} \times 10^5 \times 6 \times 10^{23} = 8 \times 10^{28} \text{ اتم}$$

حجم مکعب برابر  $V_1 = 1 \text{ m}^3$  است و چون هر ساختار مکعبی حاوی یک اتم است، می توان نوشت:

$$V_1 = NV_1 \rightarrow 1 = 8 \times 10^{28} \times a^3 \rightarrow a^3 = \frac{1}{8} \times 10^{-28} \sim 10^{-29} \rightarrow a \sim 10^{-10} \text{ m}$$

**تمرین** از حل این سؤال چه نتیجه ای می گیرید؟ چگالی یک ماده، معیاری از فاصله متوسط بین مولکول های آن ماده است.

**۵۷- گزینه ۲** با استفاده از روابط هندسی، حجم کره را به دست می آوریم، سپس از رابطه چگالی استفاده می کنیم:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \xrightarrow{\pi=3} V = \frac{4}{3} \times 3 \times 10^3 = 4000 \text{ cm}^3, \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \frac{8000}{4000} \Rightarrow \rho = 2 \text{ g/cm}^3 \rightarrow \rho = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \times 5^3 = \frac{500}{3} \pi \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 6 \times \frac{500}{3} \pi = 1000 \pi (\text{g}) = \pi (\text{kg}) \approx 3.14 \text{ kg}$$

$$V = 23/1 - 18/5 = 4/6 \text{ mL} = 4/6 \text{ cm}^3$$

حجم جسم، اختلاف حجم مایع در دو حالت است، پس داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8/0.5}{4/6} = 1/75 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \xrightarrow{1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3} \rho = 1/75 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

**تمرین** آیا درست بود که چگالی جسم را  $1750 \text{ kg/m}^3$  گزارش می کردیم؟ خیر، زیرا در این حالت تعداد ارقام بامعنا چگالی بیشتر از تعداد ارقام بامعنا جرم و حجم جسم می شد.

**۶۰- گزینه ۳** حجم آب درون استوانه مدرج به اندازه حجم قطعه فلز افزایش می یابد، بنابراین می توان نوشت:

$$V = Ah \rightarrow V = 12 \times 1/5 = 18 \text{ cm}^3, \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \frac{90}{18} \rightarrow \rho = 5 \text{ g/cm}^3 \xrightarrow{1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3} \rho = 5000 \text{ kg/m}^3$$

**۶۱- گزینه ۲** شرط فرورفتن جسم در آب، بیشتر بودن چگالی جسم از چگالی آب است. پرتقال با پوست جرم بیشتری از پرتقال بدون پوست دارد، اما چگالی پرتقال بدون پوست بیشتر از چگالی آب و چگالی پرتقال با پوست کمتر از چگالی آب است، بنابراین پرتقال بدون پوست به درون آب فرو می رود، اما پرتقال با پوست در سطح آب شناور باقی می ماند.

**تمرین** چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله ور نیست؟ چون چگالی بنزین کمتر از چگالی آب است و بر سطح آب شناور مانده و هم چنان شعله ور باقی می ماند.

**۶۲- گزینه ۱** ابتدا با استفاده از رابطه های هندسی، نسبت حجم دو ماده را پیدا می کنیم، سپس از رابطه چگالی استفاده می کنیم:

$$V_A = \frac{4}{3} \pi R^3, V_B = h \times (\pi R^2 - \pi (\frac{R}{2})^2) \xrightarrow{h=\frac{2}{3}R} V_B = \frac{1}{3} \pi R^3$$

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{\frac{1}{3} \pi R^3}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{1}{4}, \rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \left(\frac{m_A}{m_B}\right) \times \left(\frac{V_B}{V_A}\right) \rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \left(\frac{m_A}{m_B}\right) \times \left(\frac{V_B}{V_A}\right) \rightarrow \frac{4}{5} = \left(\frac{1}{1}\right) \times \left(\frac{V_B}{5}\right) \rightarrow V_B = 5 \text{ L}$$

از فرم مقایسه ای رابطه چگالی استفاده می کنیم:

**۶۴- گزینه ۴** در هر دو حالت حجم مایع و روغن برابر با حجم ظرف و مساوی است. از طرف دیگر در حالت اول جرم مایع برابر  $m_1 = 540 - 300 = 240 \text{ g}$  و در حالت دوم جرم روغن برابر  $m_2 = 460 - 300 = 160 \text{ g}$  است، پس با استفاده از رابطه چگالی داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} \xrightarrow{V_1=V_2} \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{m_1}{\rho_1} \rightarrow \frac{160}{\rho_2} = \frac{240}{1/2} \rightarrow \rho_2 = 0.8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi (6400 \times 10^3)^3 \sim 10^{21} \text{ m}^3$$

زمین کروی شکل است، پس حجمش برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 5500 \times 10^{21} \rightarrow m \sim 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$

حالا با استفاده از رابطه چگالی می توان نوشت:

**۶۶- گزینه ۳** قوطی کبریت را به صورت مکعب مستطیلی به ابعاد  $5 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$  در نظر می گیریم. با توجه به رابطه چگالی داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 10^4 \times (0.05 \times 0.04 \times 0.1) = 10^4 \times 5 \times 4 \times 10^{-6} = 2000 \text{ kg}$$

۶۷- گزینه ۴ حجم آب باریده برابر است با:

$$V = Ah = (2500 \text{ km}^2)(40 \text{ mm}) = (2500 \times 10^6 \text{ m}^2)(40 \times 10^{-3} \text{ m}) = 10^8 \text{ m}^3$$

اکنون از رابطه چگالی استفاده می‌کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V \rightarrow m = (1000 \text{ kg/m}^3)(10^8 \text{ m}^3) \rightarrow m = 10^{11} \text{ kg}$$

۶۸- گزینه ۱ چون ظرف پر از الکل است، حجم الکلی که از ظرف بیرون می‌ریزد، با حجم گلوله برابر است. توجه می‌کنیم که گرم بر لیتر و کیلوگرم بر متر مکعب واحدهای یکسانی هستند. حالا از فرم مقایسه‌ای رابطه چگالی داریم: (آهن: ۲ و الکل: ۱)

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \xrightarrow{V_2=V_1} \frac{7800}{8000} = \left(\frac{3900}{m_1}\right) \times 1 \Rightarrow m_1 = 400 \text{ g}$$

تمرین حجم الکلی که از ظرف بیرون ریخته است، چند سانتی‌متر مکعب است؟  $V_2 = V_1 = 500 \text{ cm}^3$

۶۹- گزینه ۲ دقیقاً مانند سؤال قبل، حجم گلوله با حجم روغنی که از ظرف بیرون می‌ریزد، برابر است و داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{\rho_{\text{فلز}}}{\rho_{\text{روغن}}} = \left(\frac{m_{\text{فلز}}}{m_{\text{روغن}}}\right) \times \left(\frac{V_{\text{روغن}}}{V_{\text{فلز}}}\right) \rightarrow \frac{\rho_{\text{فلز}}}{\rho_{\text{روغن}}} = \left(\frac{8000}{1600}\right) \times 1 \rightarrow \rho_{\text{فلز}} = 4 \text{ g/cm}^3 = 4000 \text{ kg/m}^3$$

۷۰- گزینه ۲ چون حجم مکعب چوبی  $(V = a^3 = 4^3 = 64 \text{ cm}^3)$  بیش از حجم آبی است که از ظرف بیرون ریخته است، چگالی چوب کم‌تر از چگالی آب است و مکعب بر سطح آب شناور می‌ماند. در این حالت جرم آب بیرون‌ریخته از ظرف با جرم مکعب چوبی برابر است:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{\rho_{\text{چوب}}}{\rho_{\text{آب}}} = \left(\frac{m_{\text{چوب}}}{m_{\text{آب}}}\right) \times \left(\frac{V_{\text{آب}}}{V_{\text{چوب}}}\right) \rightarrow \frac{\rho_{\text{چوب}}}{1} = 1 \times \frac{40}{64} \rightarrow \rho_{\text{چوب}} = 0.625 \text{ g/cm}^3 = 625 \text{ kg/m}^3$$

۷۱- گزینه ۳ برای محاسبه چگالی محلول، مجموع جرم اجزای محلول را بر مجموع حجم آن‌ها تقسیم می‌کنیم:

$$\rho_{\text{محلول}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \rightarrow \rho_{\text{محلول}} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B} \rightarrow \rho_{\text{محلول}} = \frac{3 \times 3 + 1 \times 3}{3 + 3} = 2 \text{ g/cm}^3 \rightarrow \rho_{\text{محلول}} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

تمرین نشان دهید اگر حجم اجزای تشکیل دهنده یک مخلوط مساوی باشد، چگالی مخلوط میانگین چگالی اجزای تشکیل دهنده آن است.

۷۲- گزینه ۲ این بار جرم اجزا داده شده است، پس از رابطه چگالی مخلوط می‌توان نوشت:

$$\rho_{\text{محلول}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \rightarrow \rho_{\text{محلول}} = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B}} \rightarrow \rho_{\text{محلول}} = \frac{3000 + 3000}{\frac{3000}{3} + \frac{3000}{1}} = \frac{6000}{4000} = 1.5 \text{ g/cm}^3 = 1500 \text{ kg/m}^3$$

۷۳- گزینه ۱ اگر حجم کل مخلوط را  $V$  در نظر بگیریم، داریم:  $V_1 = \frac{1}{3}V$  و  $V_2 = \frac{2}{3}V$ ، پس از رابطه چگالی مخلوط داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \xrightarrow{m=\rho V} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \xrightarrow{V_1=\frac{1}{3}V, V_2=\frac{2}{3}V} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\frac{1}{3}\rho_1 V + \frac{2}{3}\rho_2 V}{\frac{1}{3}V + \frac{2}{3}V} = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3}$$

تمرین اگر  $\frac{1}{3}$  جرم مخلوط از مایع  $\rho_1$  و  $\frac{2}{3}$  جرم باقی‌مانده از مایع  $\rho_2$  باشد، چگالی مخلوط چه قدر است؟  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 + 2\rho_1}$

۷۴- گزینه ۲ چگالی مخلوط برابر  $75^\circ$  گرم بر سانتی‌متر یا  $75^\circ$  گرم بر لیتر است. پس برای محاسبه چگالی مخلوط داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \xrightarrow{m=\rho V} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B} \rightarrow 750 = \frac{600 V_A + 800 V_B}{V_A + V_B}$$

$$\rightarrow 750(V_A + V_B) = 600 V_A + 800 V_B \rightarrow 150 V_A + 150 V_B = 120 V_A + 160 V_B \rightarrow 30 V_A = 10 V_B \rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3}$$

۷۵- گزینه ۴ حجم ظاهری را به کمک هندسه و حجم واقعی را از رابطه چگالی به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{ظاهری}} = a^3 = 10^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

بنابراین این مکعب دارای حفره‌ای به حجم  $250 \text{ cm}^3 = V_{\text{واقعی}} - V_{\text{ظاهری}} = V_{\text{حفره}}$  است.

$$V_{\text{ظاهری}} = a^3 = 10^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

۷۶- گزینه ۲ حجم ظاهری جسم را با استفاده از رابطه‌های هندسی به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{واقعی}} = \frac{m}{\rho} = \frac{1800}{2} = 900 \text{ cm}^3$$

حجم واقعی جسم با استفاده از رابطه چگالی برابر است با:

بنابراین حجم حفره برابر  $100 \text{ cm}^3 = 1000 - 900 = 1000 - 900 = 100 \text{ cm}^3 = V_{\text{حفره}} = V_{\text{ظاهری}} - V_{\text{واقعی}}$  است و درونش  $100$  گرم آب جای می‌گیرد.

$$V_{\text{ظاهری}} = \frac{4}{3}\pi r^3 \xrightarrow{r=5 \text{ cm}} V_{\text{ظاهری}} = 4 \times 5^3 \rightarrow V_{\text{ظاهری}} = 500 \text{ cm}^3$$

۷۷- گزینه ۳

$$V_{\text{واقعی}} = \frac{m}{\rho} \rightarrow V_{\text{واقعی}} = \frac{1080}{2/7} = 400 \text{ cm}^3, V_{\text{حفره}} = V_{\text{ظاهری}} - V_{\text{واقعی}} = 100 \text{ cm}^3$$

$$\frac{V_{\text{حفره}}}{V_{\text{ظاهری}}} = \frac{100}{500} = \frac{20}{100}$$

بنابراین حفره  $20$  درصد از حجم کره را تشکیل می‌دهد.

۷۸- گزینه ۴

ابتدا با استفاده از رابطه چگالی حجم واقعی را به دست می آوریم:

$$V_{\text{واقعی}} = \frac{m}{\rho} = \frac{199/5}{19} = 10/5 \text{ cm}^3$$

اکنون با جرم روغن بیرون ریخته، حجم ظاهری قطعه طلا را حساب می کنیم:

$$V_{\text{ظاهری}} = \frac{m'}{\rho'} = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ cm}^3$$

حجم حفره، تفریق حجم ظاهری از حجم واقعی است:

$$V_{\text{حفره}} = V_{\text{ظاهری}} - V_{\text{واقعی}} = 1.5 - 10/5 = 4/5 \text{ cm}^3$$

۷۹- گزینه ۴

حجم قطعه ۳۰ سانتی متر مکعب است، پس داریم: (طلا: ۱ و مس: ۲)

$$V_1 + V_2 = 30 \rightarrow V_2 = 30 - V_1$$

هم چنین جرم قطعه ۴۷۰ گرم است، پس با توجه به رابطه چگالی می توان نوشت:

$$470 = m_1 + m_2 \xrightarrow{m=\rho V} 470 = 19V_1 + 9V_2 \xrightarrow{V_2=30-V_1} 470 = 19V_1 + 9(30 - V_1)$$

$$\rightarrow 200 = 10V_1 \rightarrow V_1 = 20 \text{ cm}^3 \rightarrow m_1 = \rho_1 V_1 \rightarrow m_1 = 19 \times 20 = 380 \text{ g}$$