

# مقدمه مؤلفان

این کتاب در برگزیده درسینامه‌های کاملاً کاربردی، همراه با پاسخ‌های تشریحی مفهومی و حرفه‌ای، برای همه سؤالات موجود در کتاب فیزیک پایه می‌باشد.

## ★ در نوشتن درسینامه‌های کاربردی این کتاب کوشیده‌ایم:

★ تمام مفاهیم موجود در کتاب‌های درسی را با بیانی ساده و کاربردی شرح دهیم.  
★ از تصاویر دقیق و مثال‌های آموزشی، برای درک بهتر مطالب کتاب درسی استفاده کنیم.  
★ با یک طبقه‌بندی مناسب در قالب ایستگاه‌های نکات، همراه با تمرین‌های کافی چندبعدی هدف‌دار که هر یک از آن‌ها چندین نکته را پوشش می‌دهند، ذهن دانش‌آموزان عزیز را مرتب و ساختارمند کنیم.  
دقت شود که از نظر ما مفید بودن و کاربردی بودن این درسینامه‌ها، اصلی‌ترین ویژگی مربوط به آن‌ها می‌باشد و دوره آن‌ها در مدت زمان کمی برای دانش‌آموزان ممکن بوده و در کنار جزوات معلمین عزیز، باعث پیشرفت اعجاب‌انگیز شما در فیزیک می‌شود.

## ★ در پاسخ تشریحی سؤالات کوشیده‌ایم:

★ به همه سؤالات با دقت علمی بالا و به صورت ساده و روان، پاسخ‌های حرفه‌ای و درست بدهیم.  
★ در صورت نیاز، از چند روش برای پاسخ‌گویی به سؤالات استفاده کنیم.  
★ تکنیک‌های سرعتی را در قالب کادرهای خلاقیت حرفه‌ای‌ها، در دل پاسخ‌ها گنجانده‌ایم.  
★ در سؤالات دشوار، مراحل پاسخ‌گویی را به صورت گام‌به‌گام ارائه کنیم.  
★ برای درک بهتر و هم‌چنین ایجاد علاقه در دانش‌آموزان، از تصاویر دقیق و گویا استفاده کنیم.  
به دانش‌آموزان عزیز شدیداً توصیه می‌کنیم حتی اگر به سؤالی پاسخ صحیح دادید، پاسخ تشریحی آن را نیز با دقت مطالعه کنید. به شما قول می‌دهیم که با این کار، پیشرفت در فیزیک را خودتان احساس می‌کنید.

«باحق»




محمد آهنگر - سعید احمدی - سجاد صادقی‌زاده - بهروز نادری‌نژاد

# فهرست مطالب

## دهم

- فصل ۱ فیزیک و اندازه گیری 
- فصل ۲ ویژگی های فیزیکی مواد 
- فصل ۳ کار، انرژی و توان 
- فصل ۴ دما و گرما 

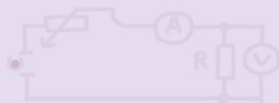
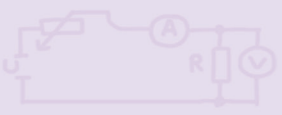
## یازدهم

- فصل ۱ الکتریسیته ساکن 
- فصل ۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم 
- فصل ۳ مغناطیس و القای الکترومغناطیسی 

فصل  
اول

پایه دهم

# فیزیک و اندازه گیری



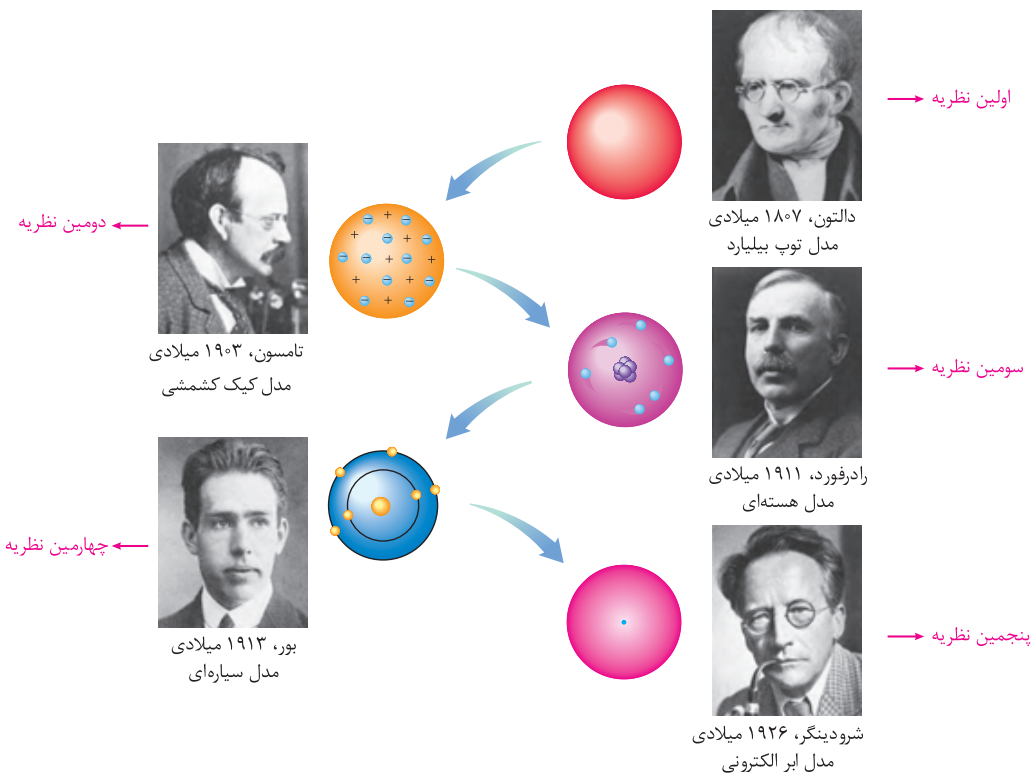
# ایستگاه ۱ دانش فیزیک و مدل سازی پدیده‌ها در آن

## شناخت دانش فیزیک

فیزیک از بنیادی ترین دانش‌ها و شالوده تمام مهندسی‌ها و فناوری‌هاست که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در زندگی روزمره ما نقش دارد. در رابطه با دانش فیزیک، به موارد زیر توجه کنید:

### نکات مهم و کاربردی

- ۱) از آنجایی که فیزیک علمی تجربی است، لازم است درستی قوانین، مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی توسط آزمایش بررسی شوند.
- ۲) نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نبوده و دچار تغییر می‌شوند. این موضوع باعث پیشرفت علم فیزیک در طول زمان می‌شود. نظریه‌های اتمی و تکامل و تغییر آن‌ها در طول زمان، نمونه‌ای از این پیشرفت است. (حواستون به ترتیب نظریه‌ها باشه ...)



۱۳) ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، از نقاط قوت دانش فیزیک محسوب می‌شود.

۱۴) تفکر نقادانه و اندیشه‌ورزی فعال فیزیک‌دانان نسبت به پدیده‌ها، بیشترین نقش را در پیشبرد و تکامل علم فیزیک ایفا کرده است.

## مدل سازی در فیزیک

پدیده‌های فیزیکی که در اطراف ما رخ می‌دهند، پیچیدگی‌های بسیاری را به همراه دارند. از این رو برای تحلیل آن‌ها، باید بتوانیم کمی آن‌ها را ساده‌تر کنیم. **مدل سازی در فیزیک**، فرآیندی است که در طی آن یک پدیده فیزیکی، آن قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم گردد. البته در عین حال نباید به اصل مسئله خدشه‌ای وارد شود. در واقع فقط عوامل اصلی و تعیین‌کننده را لحاظ کرده و از اثرهای جزئی صرف‌نظر می‌کنیم. برای درک بهتر مدل سازی در فیزیک به مثال‌های زیر توجه کنید.

### مثال مفهومی ۱

حرکت توپ بسکتبال در هوا را در نظر بگیرید. در حرکت این توپ عوامل بسیار زیادی تأثیرگذار هستند. از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:



توپ کاملاً به شکل کروی نیست، مقاومت هوا در مسیر توپ وجود دارد، توپ در طی حرکتش به دور خود نیز می‌چرخد، وزن توپ با تغییر فاصله از مرکز زمین تغییر می‌کند و ...

اگر ما بخواهیم اثر تمام این عوامل را لحاظ کنیم، تحلیل ما بسیار پیچیده و مشکل می‌شود. از این رو با یک مدل‌سازی ساده‌تر می‌توان موارد زیر را در نظر گرفت:

۱) توپ را همانند یک جسم نقطه‌ای یا ذره در خلأ در نظر گرفته که اثر عوامل ذکر شده (مانند مقاومت هوا و اثر وزش باد) را دیگر لحاظ نمی‌کنیم.

۲) هم‌چنین از تغییر وزن آن در اثر تغییر ارتفاع نیز صرف‌نظر می‌کنیم. (این موضوع را در فیزیک دوازدهم بررسی خواهید کرد).

با انجام این فرضیات، می‌توانیم به راحتی به تحلیل حرکت توپ بسکتبال بپردازیم.

**مثال مفهومی ۲** شخصی را در نظر بگیرید که جسم بزرگ و سنگینی را روی سطح افقی هل می‌دهد.



در حرکت این جسم عوامل متعددی مثل نیروی شخص، نیروی اصطکاک، شکل و ابعاد جسم، محل وارد شدن نیروی شخص، مقاومت هوا و ... موثرند ولی در مدل‌سازی آرمانی و ساده، فقط عوامل تعیین‌کننده و تأثیرگذارتر، یعنی نیروی شخص و نیروی اصطکاک را در نظر می‌گیریم و با در نظر گرفتن جسم به صورت یک ذره، از ابعاد و شکل آن صرف‌نظر می‌کنیم. با این مدل‌سازی می‌توانیم به راحتی حرکت جسم را بررسی کنیم.

خب حالا که ۲ تا مثال مفهومی از مدل‌سازی دیدین، تمرین بعدی رو خودتون حل کنین ...



**تمرین ۱** در مدل‌سازی حرکت یک کودک بر روی سرسره، چه تعداد از موارد زیر را نمی‌توان نادیده گرفت؟

(ب) نیروی اصطکاک

(ت) مقاومت هوا

(۲) ۳ مورد

(۴) یک مورد

(الف) وزن کودک

(پ) شیب سرسره

(ث) تغییر وزن کودک با تغییر ارتفاع

(۱) ۴ مورد

(۳) ۲ مورد

**پاسخ** در مدل‌سازی این حرکت، نیروی وزن کودک و مقدار شیب سرسره عوامل اصلی و تأثیرگذار هستند و باید حتماً در نظر گرفته شوند. سایر عوامل جزئی‌تر بوده و می‌توانیم آن‌ها را نادیده بگیریم و گزینه (۳) صحیح است.

حالا وقتشه به سری به تستای ۱ تا ۱۳ بزنیم ...



## کمیت‌ها و یکاها در فیزیک

## ایستگاه ۲

### کمیت و یکا

ابتدا شما را با دو تعریف مهم کمیت و یکا در این فصل آشنا می‌کنیم:

**کمیت:** هر پدیده فیزیکی که قابلیت افزایش یا کاهش داشته باشد و بتوان مقدار آن را اندازه‌گیری کرد، کمیت نام دارد.

**مثال** دمای هوا، فاصله دو جسم، سرعت یک جسم و ...، از مواردی هستند که می‌توانند افزایش یا کاهش یابند و می‌توان به آن‌ها مقدار اختصاص داد و در نتیجه کمیت محسوب می‌شوند.

**یکای:** هر کمیت، مقدار ثابتی از همان کمیت است که واحد اندازه‌گیری آن کمیت محسوب می‌شود. به‌طور مثال یکای کمیت فاصله دو جسم، متر است و یکای اندازه‌گیری

سرعت یک جسم،  $\frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}$  است.

**ذکر** یکای انتخاب‌شده برای یک کمیت، باید مقداری ثابت بوده و در شرایط فیزیکی مختلف تغییر نکند. هم‌چنین باید قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف را داشته باشد.

### کمیت و یکاهای اصلی و فرعی

همان‌طور که می‌دانیم بین کمیت‌های مختلف توسط قوانین فیزیک، روابط ریاضی برقرار می‌شود. این روابط به ما اجازه می‌دهند بعضی از کمیت‌ها را برحسب کمیت‌های دیگر بیان کنیم و نیازی به تعریف تعداد زیادی کمیت و یکای اصلی نداشته باشیم. از این رو کمیت‌ها را به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می‌کنیم:

۱) کمیت‌هایی که یکای آن‌ها به‌طور مستقل تعریف شده‌اند و می‌توانیم تمام کمیت‌های دیگر را برحسب آن‌ها تعریف کنیم، کمیت‌های اصلی نام دارند و به یکای آن‌ها یکای اصلی می‌گوییم.

در فیزیک دبیرستان، معمولاً از سیستم بین‌المللی (SI) برای اندازه‌گیری کمیت‌ها استفاده می‌شود. کمیت‌های اصلی تعریف شده در این سیستم، به همراه یکای (واحد) آن کمیت‌ها در جدول زیر آورده شده است:

کمیت اصلی	جرم (m)	طول (L)	زمان (t)	دما (T)	مقدار ماده (M)	جریان الکتریکی (I)	شدت روشنایی ( $I_v$ )
یکای اصلی مرتبط	کیلوگرم (kg)	متر (m)	ثانیه (s)	کلوین (K)	مول (mol)	آمپر (A)	کندلا (cd)

**تذکره** بهتر است به جای طول، به‌طور دقیق‌تر فاصله را یک کمیت اصلی بدانیم. با توجه به این موضوع پارامترهایی مانند عمق یک ظرف و ... نیز جزء کمیت‌های اصلی محسوب می‌شوند. سایر کمیت‌های فیزیک، کمیت‌هایی هستند که یکای (واحد) آن‌ها مستقل نبوده و یکای آن‌ها که به یکای فرعی معروف هستند، برحسب یکای کمیت‌های اصلی بیان می‌شود. این کمیت‌ها، کمیت‌های فرعی نام دارند و در جدول زیر، برخی از کمیت‌های فرعی به همراه یکاهای آن‌ها آورده شده است. به وابستگی یکای این کمیت‌ها به یکاهای اصلی دقت کنید:

چند کمیت فرعی	سرعت	شتاب	فشار	حجم	سطح
یکای فرعی مرتبط	متر بر ثانیه (m/s)	متر بر مجذور ثانیه ( $m/s^2$ )	پاسکال یا کیلوگرم بر متر مجذور ثانیه ( $kg/m.s^2$ یا Pa)	مترمکعب ( $m^3$ )	مترمربع ( $m^2$ )

کتاب درسی، یکاهای طول، جرم و زمان رو یکم مفصل‌تر بررسی کرده، پس بیاین با هم اونا رو دقیق‌تر بخونیم ...

### طول و یکاهای آن

یکای استاندارد طول در دستگاه SI، متر (m) است که امروزه معادل مسافتی تعریف می‌شود که نور در  $\frac{1}{299792458}$  ثانیه طی می‌کند.

به وقت عدد بالارو حفظ نکنی!

یکای متر در گذشته تعریف‌های دیگری هم داشته است. این تعریف‌ها بر مبنای فاصله استوا تا قطب شمال، طول میله‌ای از جنس پلاتین - ایریدیوم در دمای صفر درجه سلسیوس و ... بودند که امروزه کنار گذاشته شده‌اند.

علاوه بر متر، یکاهای غیراستانداردی هم برای طول استفاده می‌شود. یکاهایی مانند اینچ، فوت، ذرع و ... از این یکاها هستند.

نیازی به حفظ کردن مقادیر یکاهای غیراستاندارد نیست.

در مطالعه نجوم، از یکاهای سال نوری (ly) و یکای نجومی (AU) برای بیان فاصله‌ها استفاده می‌شود.

**الف) سال نوری (ly):** مسافتی است که نور در مدت زمان یک سال در خلأ طی می‌کند.

**ب) یکای نجومی (AU):** متوسط فاصله بین زمین و خورشید است و در حدود  $1.5 \times 10^8$  میلیون کیلومتر است.

**تمرین ۲)** هر سال نوری چند کیلومتر است؟ (تندی نور در خلأ برابر  $3 \times 10^8$  m/s است.)

**پاسخ** مسافتی که نور در مدت زمان یک سال در خلأ طی می‌کند، برابر است با:

$$L = v\Delta t = 3 \times 10^8 \times (365 \times 24 \times 3600) = 9.46 \times 10^{15} \text{ m} = 9.46 \times 10^{12} \text{ km}$$

زمان برحسب ثانیه

### زمان و یکاهای آن

یکای استاندارد زمان در دستگاه SI، ثانیه (s) است که امروزه براساس دقت بسیار زیاد ساعت‌های اتمی تعریف می‌شود.

گاهی ثانیه در گذشته تعریف‌های دیگری هم داشته است. به عنوان مثال در گذشته ثانیه را به صورت  $\frac{1}{86400}$  میانگین روز خورشیدی تعریف می‌کردند.

### جرم و یکاهای آن

یکای استاندارد جرم در دستگاه (SI)، کیلوگرم (kg) است و به صورت جرم استوانه‌ای از آلیاژ پلاتین - ایریدیوم تعریف شده است.

گاهی یکاهای غیراستانداردی مثل پوند، من، خروار و ... هم برای بیان جرم به کار می‌رود که نیازی به حفظ کردن آن‌ها نیست.

### محاسبه یکاهای فرعی برحسب یکاهای اصلی

در برخی از مواقع در سؤالات خواسته می‌شود که یکای فرعی یک کمیت را برحسب یکاهای اصلی دیگر بیان کنیم، به‌عنوان یک روش ساده برای پاسخ به این‌گونه سؤالات، ابتدا با توجه به گزینه‌ها، یک رابطه فیزیکی مناسب را بین آن‌ها به‌خاطر آورده و پارامتری که واحد آن موردنظر ماست را در یک طرف تساوی نگه داشته و سایر پارامترها را به‌طرف دیگر تساوی منتقل می‌کنیم. در ادامه و به جای کمیت‌های رابطه، یکای آن‌ها را می‌گذاریم تا یکای (واحد) کمیت موردنظرمان را به‌دست آوریم.

**تمرین ۳** یکای فرعی هر یک از کمیت‌های زیر کدام است؟

الف) شتاب

ب) نیرو

پ) فشار

**پاسخ** الف) شتاب برابر تغییرات سرعت در واحد زمان است، بنابراین داریم:

ب) طبق رابطه  $F = ma$  می‌توان نوشت:

پ) فشار برابر نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است و داریم:

از طرفی از قسمت (ب) می‌دانیم  $N \equiv \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  است، بنابراین:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \text{یکای شتاب} \equiv \frac{\Delta v \text{ یکای}}{\Delta t \text{ یکای}} \equiv \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} \equiv \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = ma \Rightarrow \text{یکای شتاب} \times \text{یکای جرم} \equiv \text{یکای نیرو (نیوتون)} \Rightarrow N \equiv \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow \text{یکای فشار} \equiv \frac{F \text{ یکای}}{A \text{ یکای}} \equiv \frac{N}{\text{m}^2}$$

$$\text{یکای فشار} \equiv \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{m}^2} \equiv \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

**تمرین ۴** یکای فرعی کدام یک از کمیت‌های زیر  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$  است؟

۱) سرعت

۲) شتاب

۳) انرژی

۴) توان

**پاسخ** یکای فرعی هر یک از گزینه‌ها را به‌دست می‌آوریم.

سرعت:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v \text{ یکای} \equiv \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a \text{ یکای} \equiv \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} \equiv \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

شتاب:

انرژی:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow \text{یکای انرژی (J)} \equiv (m \text{ یکای}) \times (v \text{ یکای})^2 \Rightarrow J \equiv \text{kg} \times \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \equiv \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

توان: توان معادل انرژی بر واحد زمان است و داریم:

$$P = \frac{\text{انرژی}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{یکای توان} \equiv \frac{\text{یکای انرژی}}{\text{یکای زمان}} \equiv \frac{J}{s} \equiv \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{s} \Rightarrow \text{یکای توان} \equiv \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

بنابراین گزینه (۳) پاسخ صحیح است.

### کمیت‌های نرده‌ای و برداری

در فیزیک کمیت‌ها از یک دیدگاه دیگر به دو دسته نرده‌ای (اسکالر) و برداری تقسیم می‌شوند. در ادامه می‌خواهیم با این کمیت‌ها آشنا شویم:

### کمیت‌های نرده‌ای (اسکالر)

کمیت‌هایی که برای نشان دادن آن‌ها از یک عدد و یکای مناسب آن کمیت استفاده می‌کنیم و جمع، تفریق و ضرب آن‌ها از قوانین جبری پیروی می‌کند، کمیت‌های نرده‌ای محسوب می‌شوند.

یکای عدد  
کمیت نرده‌ای طول:  $165 \text{ cm}$

**تذکر** برخی از کمیت‌های نرده‌ای مهم در فیزیک دبیرستان عبارت‌اند از:

کمیت‌های نرده‌ای مهم: زمان، جرم، طول، تند، دما، فشار، حجم، مساحت، چگالی، مقاومت، ولتاژ، شدت جریان، بار الکتریکی، انرژی، کار، توان و ...

### کمیت‌های برداری

کمیت‌هایی که برای نشان دادن آن‌ها علاوه بر عدد و یکای مناسب آن کمیت، از جهت نیز استفاده می‌شود و این کمیت‌ها از قاعده جمع برداری نیز پیروی می‌کنند، کمیت‌های برداری نام دارند.

(به طرف شرق)  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   
یکای جهت

**تذکر** برخی از کمیت‌های برداری مهم در فیزیک دبیرستان عبارت‌اند از:

کمیت‌های برداری مهم: جابه‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و ...

**نکته** جهت دار بودن یک کمیت الزاماً به معنی برداری بودن آن نیست. مثلاً جریان الکتریکی با آن که جهت دارد ولی برداری نیست، زیرا از قوانین جمع برداری پیروی نمی‌کند.  
**تذکره** از حاصل ضرب یک کمیت نرده‌ای در یک کمیت برداری، یک کمیت برداری جدید به دست می‌آید. به طور مثال کمیت برداری نیرو، از حاصل ضرب جرم که یک کمیت نرده‌ای است در کمیت برداری شتاب به دست می‌آید. در مورد جهت بردارها نیز داریم:

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \begin{array}{l} \text{جرم، عددی} \\ \text{مثبت است.} \end{array}$$

و  $\vec{a}$  ، همواره در جهت یکدیگر هستند.

$$\vec{A} = K\vec{M} \rightarrow \begin{array}{l} \text{اگر K} \\ \text{منفی باشد.} \end{array}$$

$\vec{M}$  و  $\vec{A}$  ، همواره در خلاف جهت یکدیگر هستند.

**سازگاری یکاها در یک رابطه فیزیکی**

به طور کلی در یک رابطه فیزیکی، یکاهای طرفین رابطه باید با یکدیگر معادل باشند. برای این منظور، اگر بخواهیم طرفین یک رابطه برحسب یکاهای SI باشد، باید یکای کمیت‌های داده شده در رابطه را به یکاهای SI تبدیل کنیم. به عنوان مثال اگر جرم یک جسم برابر ۱۰۰ گرم و شتاب آن برابر ۲ متر بر مربع ثانیه باشد، به منظور سازگاری یکاها در دو طرف رابطه  $F = ma$  ، باید یکای جرم را برحسب کیلوگرم بنویسیم. در این صورت یکای نیرو را می‌توان برحسب یکای نیوتون بیان کرد:

$$F = ma = \begin{array}{l} \text{یکای SI نیرو} \\ \text{یکای SI جرم} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{اگر} \\ \text{منفی باشد.} \end{array} = 0.2 \text{ N}$$

جرم برحسب کیلوگرم      شتاب SI

تمرین زیر رو حل کنین تا بفهمین سازگاری یکاها دقیقاً یعنی چی؟!

**تمرین ۵** اگر در معادله  $x = at^2 + bt + c$  ، نماد  $x$  معرف طول و نماد  $t$  معرف زمان باشد، یکاهای مربوط به  $a$  ،  $b$  و  $c$  را به دست آورید.

**پاسخ** موضوع بسیار مهمی که باید به آن توجه داشته باشیم این است که اگر چند عبارت را بتوان با هم جمع یا تفریق کرد، لزوماً یکاهای هر کدام از آن‌ها باید با یکدیگر برابر باشد. با توجه به این موضوع، یکای هر کدام از عبارت‌های  $at^2$  ،  $bt$  و  $c$  اولاً باید با هم یکسان باشد تا این عبارات با هم جمع پذیر باشند، ثانیاً با توجه به این که عبارت سمت چپ رابطه، معرف طول ( $x$ ) می‌باشد، یکای هر کدام از عبارت‌های سمت راست نیز باید برحسب متر ( $m$ ) باشد و در نهایت می‌توان گفت:

$$x = at^2 + bt + c \Rightarrow \begin{cases} x \text{ یکای } \equiv at^2 \Rightarrow m \equiv (a \text{ یکای}) \times (s)^2 \Rightarrow a \text{ یکای } \equiv \frac{m}{s^2} \\ x \text{ یکای } \equiv bt \Rightarrow m \equiv (b \text{ یکای}) \times (s) \Rightarrow b \text{ یکای } \equiv \frac{m}{s} \\ x \text{ یکای } \equiv c \Rightarrow c \text{ یکای } \equiv m \end{cases}$$

جرم برحسب متر (m)

حالا وقتشه یه سری به تستای ۱۴ تا ۳۴ بزنینم ...

## آشنایی با پیشوندها و نمادگذاری علمی **ایستگاه ۳**

تو این قسمت می‌خوایم سه تا مهارت پرکاربرد رو یاد بگیریم، بریم ببینیم چی هستن ...

**مهارت اول: استفاده از پیشوندها**

در فیزیک گاهی اوقات که کمیت اندازه‌گیری شده خیلی کوچک و یا خیلی بزرگ است، اگر بخواهیم از یکای استاندارد آن استفاده کنیم، باید از اعداد با رقم‌های زیاد استفاده کنیم. برای جلوگیری از این موضوع از پیشوندها استفاده می‌کنیم، این پیشوندها همگی به صورت  $10^n$  هستند و کار ما را در نوشتن اعداد ساده‌تر می‌سازند. به عنوان مثال به جای این که بگوییم ۱۰۰۰ متر، می‌گوییم یک کیلومتر یا به جای ۰/۰۱ متر از یک سانتی‌متر استفاده می‌کنیم.

**تذکره** پیشوندهای مورد استفاده در فیزیک می‌توانند پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد (برای مقادیر بزرگ) و یا کوچک‌تر از واحد (برای مقادیر کوچک) باشند. در جدول زیر پیشوندهای مهم را آورده‌ایم:

نام	دکا	هکتو	کیلو	مگا	گیگا	ترا	پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد
نماد	da	h	k	M	G	T	
معنا	$\times 10^1$	$\times 10^2$	$\times 10^3$	$\times 10^6$	$\times 10^9$	$\times 10^{12}$	
نام	دسی	سانتی	میلی	میکرو	نانو	پیکو	پیشوندهای کوچک‌تر از واحد
نماد	d	c	m	$\mu$	n	p	
معنا	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-9}$	$\times 10^{-12}$	



پیشوندهای دیگه‌ای هم هست که نسبت به پیشوندهایی که گفتیم کاربردش کم‌تره و حفظی نیست، چندتاشو ببینید:

نام	پتا	اِگزا	زتا	یوتا	پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد
نماد	P	E	Z	Y	
معنا	$\times 10^{15}$	$\times 10^{18}$	$\times 10^{21}$	$\times 10^{24}$	
نام	فِمتو	اَتو	زپتو	یوکتو	پیشوندهای کوچک‌تر از واحد
نماد	f	a	z	y	
معنا	$\times 10^{-15}$	$\times 10^{-18}$	$\times 10^{-21}$	$\times 10^{-24}$	

**مهارت دوم: نمایش عددها به کمک نمادگذاری علمی**

یک روش دیگر جهت نمایش اعداد خیلی بزرگ یا خیلی کوچک، استفاده از نمادگذاری علمی است. در این روش مقدار یک پارامتر را به صورت  $A = a \times 10^{\pm n}$  نمایش داده که  $a$  یک عدد حقیقی ( $1 \leq a < 10$ ) و  $n$  یک عدد طبیعی است. برای درک بهتر به مثال‌های زیر توجه کنید:

$12000 = 12 \times 10^4$ رقم ۴	①	$0.000012 = 12 \times 10^{-6}$ رقم ۶	②
$1034800 = 1.034800 \times 10^6$ رقم ۷	④	$0.0040801 = 4.0801 \times 10^{-3}$ رقم ۳	③

ممیز را به سمت راست (جلو) جابه‌جا کنیم  $\leftarrow (n < 0) 10^n$  مثال‌های (۱) و (۳)  
ممیز را به سمت چپ (عقب) جابه‌جا کنیم  $\leftarrow (n > 0) 10^n$  مثال‌های (۲) و (۴)

**مهارت سوم: استراتژی تبدیل یکا در فیزیک**

در بسیاری از اوقات در حل مسائل فیزیکی، باید یک کمیت را از یک مقیاس به مقیاس دیگر تبدیل کنیم. به طور مثال فرض کنید می‌خواهیم ۱۲ سانتی‌متر را برحسب متر بازنویسی کنیم. در این مواقع، از دو استراتژی زیر می‌توانیم استفاده کنیم:

**استراتژی ۱**

همان‌طور که می‌دانیم هر سانتی‌متر،  $10^{-2}$  متر است. بنابراین خیلی سریع به کمک شیوه زیر عمل می‌کنیم:

یعنی  $10^{-2}$

$$12 \text{ cm} \equiv 12 \times 10^{-2} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$x = 12 \text{ cm} \xrightarrow[\text{به متر}]{\text{تبدیل سانتی‌متر}} x = 12 \times 10^{-2} \text{ m} = 0.12 \text{ m}$$

**استراتژی ۲**

در این روش که در کتاب درسی به آن اشاره شده است، از یک تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم. برای این منظور، اندازه کمیت موردنظر را در یک عامل تبدیل (یعنی نسبتی از یکاها که برابر یک است) ضرب می‌کنیم. برای مثال، چون ۱ م برابر ۱۰۰ cm است، داریم:

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1, \quad \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 1$$

بنابراین، هر دو کسر بالا که برابر یک هستند را می‌توان به عنوان عامل تبدیل به کار برد (دقت کنید که ذکر یکاها در صورت و مخرج کسر الزامی است). از آنجا که ضرب کردن هر کمیت در عدد یک، اندازه آن کمیت را تغییر نمی‌دهد، هرگاه عامل تبدیلی را مناسب بدانیم، می‌توانیم از آن برای تبدیل یکا استفاده کنیم. برای مثال، یکای cm را در عدد ۱۲ cm، به صورت زیر به m تبدیل می‌کنیم:

$$12 \text{ cm} = (12 \text{ cm})(1) = (12 \text{ cm}) \left( \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.12 \text{ m}$$

عامل تبدیل

برای تسلط بیشتر بر روی مفاهیم فوق، به تمرین‌های زیر توجه کنید:

**تمرین ۶**

تندی ۲۱۶ کیلومتر بر ساعت، معادل چند مایل بر دقیقه است؟ (یک مایل را ۱۸۰۰ متر فرض کنید.)

۳/۶ (۴)

۳ (۳)

۲/۵ (۲)

۲ (۱)

**پاسخ** با هر یک از دو استراتژی مطرح شده در فوق، به این سؤال پاسخ می‌دهیم:

**استراتژی ۱:** نحوه حل به شکل زیر است:

$$v = 216 \frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow[\text{تبدیل ساعت به دقیقه در مخرج}]{\text{تبدیل کیلومتر به مایل در صورت}} v = 216 \times \frac{1}{1.8} \frac{\text{mile}}{60 \text{ min}} = 216 \times \frac{1}{1.8 \times 60} \frac{\text{mile}}{\text{min}} = 2 \frac{\text{mile}}{\text{min}}$$

**استراتژی ۲:** با کمک دو عامل تبدیل، می‌توان  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  را به  $\frac{\text{mile}}{\text{min}}$  تبدیل کرد:

$$v = 216 \frac{\text{km}}{\text{h}} = (216 \frac{\text{km}}{\text{h}}) \times (1) \times (1) = (216 \frac{\text{km}}{\text{h}}) \times \left( \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ mile}}{1.8 \text{ km}} \right) = 2 \frac{\text{mile}}{\text{min}} \quad (\text{گزینه ۱})$$

عامل تبدیل برای تبدیل km به mile

عامل تبدیل برای تبدیل h به min

**تذکره** در تمرین ارائه شده، از شیوه تبدیل یکای  $\frac{km}{h}$  به  $\frac{mile}{min}$  در استراتژی دوم که مدنظر کتاب پایه دهم است، موارد بسیار مهم زیر برداشت می‌شود:

① با توجه به این‌که یکای  $km$  به  $mile$  و یکای  $h$  به  $min$  باید تبدیل شود، عملاً به دو عامل تبدیل نیاز داریم.

② در نوشتن عامل تبدیل مرتبط با  $h$  به  $min$ ، چون  $h$  در مخرج یکای  $\frac{km}{h}$  است، در عامل تبدیل برای ساده شدن،  $h$  باید در صورت و  $min$  در مخرج باشد.

همین تفکر برای  $km$  نیز حاکم است. به ساده شدن‌ها در رابطه زیر توجه کنید:

$$216 \frac{km}{h} = 216 \frac{km}{h} \times \frac{1h}{60min} \times \frac{1mile}{1.8km} = 2 \frac{mile}{min}$$

مایل می‌ماند  
دقیقه می‌ماند

**تمرین ۷** شهری با مساحت  $180 km^2$  در زمینی مسطح واقع است. در یک روز  $5000$  میکرومتر باران در این شهر باریده است. اگر هر قطره باران، کره‌ای به قطر  $2 mm$

فرض شود، تعداد قطره‌های باران به صورت نمادگذاری علمی چه قدر است؟ ( $\pi \approx 3$ )

مساحت:  $A = 180 km^2 = 180 \times (10^3 m)^2 = 180 \times 10^6 m^2$

ارتفاع:  $h = 5000 \mu m = 5000 \times 10^{-6} m = 5 \times 10^{-3} m$

شعاع قطره باران:  $R = 1 mm = 1 \times 10^{-3} m$

**گام دوم:** با تقسیم حجم کل آب باران به حجم یک قطره، تعداد قطره‌ها به دست می‌آید.

$$n = \frac{\text{حجم کل}}{\text{حجم قطره}} = \frac{Ah}{\frac{4}{3}\pi R^3} \Rightarrow n \approx \frac{180 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-3}}{\frac{4}{3} \times 3 \times (10^{-3})^3} = 225 \times 10^{12}$$

$$n = 225 \times 10^{12} = 2/25 \times 10^2 \times 10^{12} = 2/25 \times 10^{14}$$

$1 \leq a < 10$

**گام سوم:** عدد به دست آمده را به شیوه نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

**تمرین ۸** زمان انجام یک واکنش بسیار سریع،  $40$  میکروثانیه است. زمان انجام این واکنش مطابق شیوه نمادگذاری علمی، چند پیکوثانیه است؟

$4 \times 10^4 (4)$

$40 \times 10^3 (3)$

$4 \times 10^7 (2)$

$40 \times 10^6 (1)$

**پاسخ** برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا روند تبدیل واحد را انجام می‌دهیم. به همین منظور میکروثانیه را به ثانیه و سپس ثانیه را به پیکوثانیه تبدیل می‌کنیم:

$$t = 40 \mu s \xrightarrow[\text{به ثانیه}]{\text{تبدیل میکروثانیه}} t = 40 \times (10^{-6} s) \xrightarrow[\text{به پیکوثانیه}]{\text{تبدیل ثانیه}} t = 40 \times 10^{-6} \times (10^{12} ps) = 40 \times 10^6 ps$$

حال مقدار به دست آمده را به روش نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$t = 40 \times 10^6 ps = 4 \times 10^1 \times 10^6 ps = 4 \times 10^7 ps \text{ (گزینه ۲)}$$

یک رقم

$$1 ps = 10^{-12} s \xrightarrow{\text{یا}} 1 s = 10^{+12} ps \text{ **دقت**}$$

حالا وقتشه یه سری به تستای ۳۵ تا ۵۴ بزنیم ...

## دقت اندازه‌گیری

## ایستگاه ۴

همان‌طور که می‌دانید، اندازه‌گیری همیشه با خطا همراه است. به‌طور کلی برای افزایش دقت اندازه‌گیری، عوامل زیر تأثیرگذار است:

① دقت شخص آزمایشگر

② تعداد دفعات اندازه‌گیری

③ کیفیت و دقت وسیله اندازه‌گیری مورد استفاده

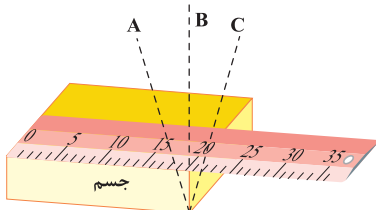
در رابطه با موارد ① و ②، به نکات کاربردی زیر توجه کنید:

### نکات مهم کاربردی

① مهارت شخص آزمایشگر در قرائت عدد اندازه‌گیری شده، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر روی دقت اندازه‌گیری داشته باشد.

به‌طور مثال در شکل مقابل که تفاوت زاویه دید افراد مختلف را در اندازه‌گیری نشان می‌دهد، شخص B که به‌صورت عمود

بر جسم نتیجه اندازه‌گیری را قرائت می‌کند، عملاً بیشترین دقت را در اندازه‌گیری داشته و خطای آن از سایرین کم‌تر است.



۱۲) برای کاهش خطای ناشی از اندازه‌گیری، می‌توان کمیت موردنظر را چندین بار اندازه‌گیری کرد و در نهایت میانگین آن‌ها را به‌عنوان نتیجه اندازه‌گیری آن کمیت در نظر گرفت. البته دقت کنید که اگر در نتایج مختلف اندازه‌گیری، یک یا دو عدد اختلاف زیادی با دیگر اعداد داشته باشند (داده‌های پرت) آن‌ها را حذف کرده و در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آوریم. به‌طور مثال در شکل زیر که هر یک از خطوط آبی رنگ نتیجه یک اندازه‌گیری می‌باشد، داده به‌دست آمده در سمت چپ که اختلاف زیادی با بقیه اعداد دارد را حذف کرده و در میانگین‌گیری وارد نمی‌کنیم.



در رابطه با دقت وسایل اندازه‌گیری به ادامه بحث توجه کنید. دقت کنید که برای تعیین دقت اندازه‌گیری، باید به نوع آن دستگاه (یعنی مدرج یا دیجیتالی بودن آن) توجه کنیم. به همین منظور ابتدا به تحلیل دستگاه‌های مدرج و سپس دیجیتال می‌پردازیم:

### دقت اندازه‌گیری در وسایل درجه‌بندی شده

در وسایل درجه‌بندی شده (مانند خطکش فلزی) که در نهایت عدد اندازه‌گیری شده را با چشم تخمین می‌زنیم، دقت اندازه‌گیری یک خطکش و یا یک وسیله درجه‌بندی شده، برابر کوچک‌ترین مقدار درجه‌بندی آن می‌باشد. به‌عنوان مثال در یک خطکش مدرج برحسب سانتی‌متر، دقت اندازه‌گیری ۱ cm است.

**تمرین ۹** در شکل مقابل، یک ترازو نشان داده شده است. دقت این ترازو چند میکروگرم است؟

**پاسخ** همان‌گونه که در صفحه ترازو می‌بینیم، فاصله بین صفر تا عدد ۲۰۰ گرم، به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است. بنابراین هر قسمت برابر ۲۰ gr است و در نتیجه دقت اندازه‌گیری این ترازو برابر ۲۰ gr یا  $2 \times 10^4 \mu\text{g}$  است.

**تمرین ۱۰** در شکل مقابل دقت وسیله اندازه‌گیری چند میلی‌متر است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰، با تغییر)

**پاسخ** کمینه درجه‌بندی خطکش نشان داده‌شده برابر  $1\text{mm} = 0.1\text{cm}$  است، بنابراین دقت اندازه‌گیری آن ۱ mm است.

### دقت اندازه‌گیری در وسایل رقمی (دیجیتال)

با پیشرفت علم، در بسیاری از موارد عملاً اندازه‌گیری با وسایل دیجیتالی (رقمی) انجام می‌شود و دیگر به کمک چشم مقدار کمیت موردنظر تخمین زده نمی‌شود. دقت اندازه‌گیری برای وسایل دیجیتالی با وسایل درجه‌بندی شده که تاکنون بررسی کردیم، تفاوت دارد و در مورد آن نکات زیر حائز اهمیت است:

۱) در این دستگاه‌ها، یک واحد از کوچک‌ترین (آخرین) رقمی که توسط دستگاه اندازه‌گیری می‌شود معادل با دقت دستگاه است. به‌عنوان مثال دماسنج‌های دیجیتالی مقابل را در نظر بگیرید. در این شکل‌ها، دقت دماسنج شکل (۱) که عدد  $26.8^\circ\text{C}$  را می‌خواند برابر  $0.1^\circ\text{C}$  و دقت دماسنج شکل (۲) که عدد  $32^\circ\text{C}$  را می‌خواند برابر  $1^\circ\text{C}$  است.

۲) در شکل‌های نشان داده شده در فوق، دماسنج (۱) دقت بیشتری نسبت به دماسنج (۲) دارد و اگر بخواهیم اعداد اندازه‌گیری شده توسط آن‌ها را دقیق‌تر نشان دهیم، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

(۱)  $26.8^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$  : عدد دماسنج (۲) آخرین رقمی که دماسنج نشان می‌دهد.

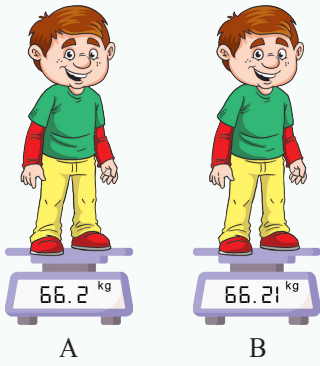
(۲)  $32^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  : عدد دماسنج (۱) آخرین رقمی که دماسنج نشان می‌دهد.

۳) در دماسنج (۱)، عملاً عدد واقعی اندازه‌گیری شده برای دما، در محدوده زیر قرار می‌گیرد:

$$26.7^\circ\text{C} \leq \text{عدد واقعی دما در دماسنج (۱)} \leq 26.9^\circ\text{C}$$

۴) در اندازه‌گیری با دستگاه‌های دیجیتالی، برای محاسبه دقت اندازه‌گیری، می‌توان به‌جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به‌جای بقیه رقم‌ها عدد صفر گذاشت و ممیز در سر جای خود باقی می‌ماند. با این روش، دقت اندازه‌گیری برحسب واحد داده شده به‌دست می‌آید. به‌طور مثال اگر عدد گزارش شده توسط یک دستگاه دیجیتال به صورت  $18.063\text{mm}$  گزارش شود، برای محاسبه دقت اندازه‌گیری این دستگاه می‌توان نوشت:

$$18.063 \xrightarrow{\text{محاسبه دقت اندازه‌گیری}} 0.001\text{mm} \text{ یا } 0.001\text{mm}$$



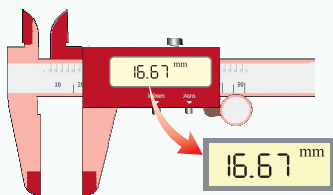
**تمرین ۱۱** در شکل‌های مقابل، دو ترازوی دیجیتالی A و B، جرم شخصی را اندازه گرفته‌اند. دقت اندازه‌گیری این دو ترازو را با هم مقایسه کنید.

**پاسخ** برای هر یک از اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، آخرین رقمی را که ترازو نشان می‌دهد، مدنظر قرار می‌دهیم:

اندازه‌گیری توسط B:  $66.21$  آخرین رقم  $0.01$  و مرتبه آن  $0.01$  است.  
 اندازه‌گیری توسط A:  $66.2$  آخرین رقم  $0.1$  و مرتبه آن  $0.1$  است.

با توجه به این‌که مرتبه آخرین رقم در اندازه‌گیری توسط ترازوی B کوچک‌تر است، بنابراین اندازه‌گیری توسط ترازوی B دقیق‌تر بوده و دقت اندازه‌گیری ترازوی B بیشتر از A است.

**تمرین ۱۲** کولیس دیجیتالی، یکی از وسایلی است که به کمک آن با دقت زیادی می‌توان طول یک جسم را اندازه گرفت. شکل زیر نمایشی از یک اندازه‌گیری با کولیس دیجیتالی است. در رابطه با این کولیس، به موارد زیر پاسخ دهید:



الف) آخرین رقمی که کولیس در این اندازه‌گیری نشان می‌دهد، کدام است؟  
 ب) دقت اندازه‌گیری کولیس دیجیتالی چند میلی‌متر است؟  
 ج) طول واقعی این جسم در چه محدوده‌ای قرار می‌گیرد؟

$16.67 \text{ mm}$   
 آخرین رقم سمت راست

**پاسخ** الف) آخرین رقم سمت راست اندازه‌گیری عبارت است از:

ب) با توجه به مرتبه آخرین رقم سمت راست، دقت اندازه‌گیری برابر  $0.01 \text{ mm}$  است.

ج) با توجه به دقت اندازه‌گیری دستگاه، نمایش واقعی این عدد به صورت مقابل می‌باشد:  
 این موضوع یعنی طول واقعی این جسم در محدوده زیر قرار می‌گیرد:

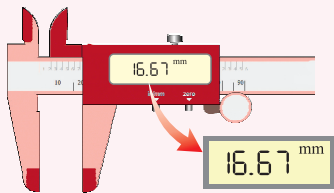
$16.67 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$

$$16.67 \text{ mm} - 0.01 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 16.67 \text{ mm} + 0.01 \text{ mm} \Rightarrow 16.66 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 16.68 \text{ mm}$$

### بررسی یک موضوع کاربردی

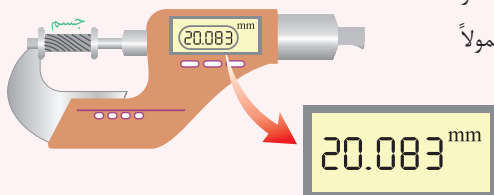
وسایل اندازه‌گیری طول: برخی از وسایل اندازه‌گیری طول عبارت‌اند از:

الف) خطکش معمولی (میلی‌متری): با این وسیله طول‌های نه چندان بزرگ و نه چندان کوچک را می‌توان اندازه گرفت. کمینه تقسیم‌بندی خطکش معمولی برابر  $1 \text{ mm}$  است، بنابراین به کمک این خطکش طول‌هایی مانند  $41.82 \text{ mm}$  یا  $42.12 \text{ mm}$  را نمی‌توان اندازه گرفت.



ب) کولیس دیجیتال: برخی اوقات لازم است طول‌هایی با دقت بیشتر از خطکش میلی‌متری (معمولی) اندازه‌گیری شود. در این موقع می‌توان از کولیس دیجیتال که کمینه تقسیم‌بندی در آن معمولاً برابر  $0.01 \text{ mm}$  می‌باشد، استفاده کرد.

ج) ریزسنج دیجیتال: این وسیله نیز از جمله وسایل اندازه‌گیری طول می‌باشد که دقت اندازه‌گیری آن بیشتر از خطکش معمولی و کولیس و معمولاً  $0.001 \text{ mm}$  می‌باشد. کمینه تقسیم‌بندی در ریزسنج دیجیتال معمولاً برابر  $0.001 \text{ mm}$  است. در واقع با ریزسنج می‌توان مقادیر کوچک‌تری را اندازه گرفت.





## چگالی (جرم حجمی)



به نسبت جرم (m) به حجم (V) یک ماده، چگالی آن ماده می‌گویند. به عبارتی، «جرم واحد حجم هر ماده، برابر با چگالی آن ماده است» و می‌توان نوشت:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \text{یکای چگالی در SI} \equiv \text{kg} / \text{m}^3$$

m: جرم ماده (برحسب kg)، V: حجم ماده (برحسب  $\text{m}^3$ )

**نکته** چگالی یک جسم به جنس ماده سازنده و دمای آن بستگی دارد. مثلاً اگر در دمای ثابت، جرم جسمی را تغییر دهیم، حجم آن جسم نیز به همان نسبت تغییر می‌کند تا چگالی ثابت بماند.

### تبدیل واحدهای مهم در مسائل چگالی

معمولاً سؤالاتی که از مبحث چگالی در کنکور مطرح می‌شوند، نیاز به تبدیل واحد دارند. در اکثر این سؤالات، تبدیل یکاهای زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین توصیه می‌شود آن‌ها را به خاطر بسپارید:

$$\text{لیتر} \xrightarrow[\times 1000]{\div 1000} \text{مترمکعب}$$

① تبدیل لیتر به مترمکعب و برعکس: هر مترمکعب برابر با  $1000$  لیتر است، بنابراین:

② برای تبدیل مترمکعب به لیتر، حجم داده شده را در  $1000$  (یا  $10^3$ ) ضرب می‌کنیم.

③ برای تبدیل لیتر به مترمکعب، حجم داده شده را بر  $1000$  (یا  $10^3$ ) تقسیم می‌کنیم.

④ تبدیل سانتی‌مترمکعب به لیتر و برعکس: می‌دانیم هر لیتر برابر با  $1000$  سانتی‌مترمکعب است، بنابراین:

$$\text{cm}^3 \xrightarrow[\times 1000]{\div 1000} \text{Lit}$$

⑤ برای تبدیل لیتر به سانتی‌مترمکعب، حجم داده شده را در  $1000$  (یا  $10^3$ ) ضرب می‌کنیم.

⑥ برای تبدیل سانتی‌مترمکعب به لیتر، حجم داده شده را بر  $1000$  (یا  $10^3$ ) تقسیم می‌کنیم.

⑦ تبدیل گرم بر سانتی‌مترمکعب ( $\text{gr} / \text{cm}^3$ ) به کیلوگرم بر مترمکعب ( $\text{kg} / \text{m}^3$ ) و برعکس: یک گرم بر سانتی‌مترمکعب برابر با  $1000$  کیلوگرم بر مترمکعب است، بنابراین:

⑧ برای تبدیل  $\text{gr} / \text{cm}^3$  به  $\text{kg} / \text{m}^3$ ، چگالی داده شده را در  $1000$  ضرب می‌کنیم.

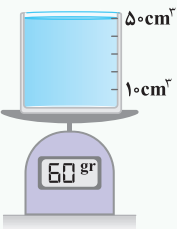
$$\text{kg} / \text{m}^3 \xrightarrow[\times 1000]{\div 1000} \text{gr} / \text{cm}^3$$

⑨ برای تبدیل  $\text{kg} / \text{m}^3$  به  $\text{gr} / \text{cm}^3$ ، چگالی داده شده را بر  $1000$  تقسیم می‌کنیم.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A}$$

**تذکر** برای مقایسه چگالی دو ماده، به صورت مقابل عمل می‌کنیم:

👉 خوب حالا وقتشه تمرین زیر رو حل کنین تا ببینیم تا این‌جا چقدر خوب درس رو یاد گرفتین ...



**تمرین ۱۳** در شکل مقابل، جرم حجمی محلول درون ظرف برحسب  $\text{gr} / \text{Lit}$  و  $\text{kg} / \text{m}^3$ ، از راست به چپ کدام است؟ (جرم ظرف ناچیز است.)

۱)  $12,12$

۲)  $12,12$

۳)  $120,12$

۴)  $1200,1200$

**پاسخ** مطابق شکل، حجم و جرم آب به ترتیب برابر  $50 \text{ cm}^3$  و  $60 \text{ gr}$  است. در ادامه برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

**گام اول:** (محاسبه چگالی محلول برحسب  $\text{kg} / \text{m}^3$ ):

$$\begin{cases} m = 60 \text{ gr} \\ V = 50 \text{ cm}^3 \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{60}{50} = 12 \text{ gr} / \text{cm}^3 \xrightarrow[\text{تبدیل } \text{kg} / \text{m}^3 \text{ به } \text{gr} / \text{cm}^3]{\times 1000} \rho = 12000 \text{ kg} / \text{m}^3$$

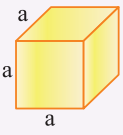
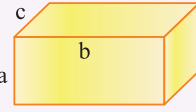
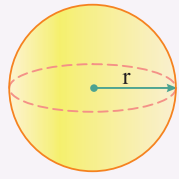
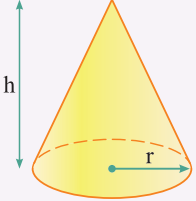
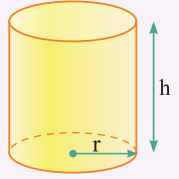
**گام دوم:** (محاسبه چگالی محلول برحسب  $\text{gr} / \text{Lit}$ ):

$$\begin{cases} m = 60 \text{ gr} \\ V = 50 \text{ cm}^3 \end{cases} \xrightarrow[\text{تبدیل } \text{cm}^3 \text{ به Lit}]{\div 1000} V = 0,05 \text{ Lit} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{60}{0,05} = 1200 \text{ gr} / \text{Lit}$$

👉 خوبه همین‌جا به عنوان یه موضوع مهم یاد بگیرین که  $\frac{\text{gr}}{\text{Lit}}$  و  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  عملاً معادل همدیگه هستن ...

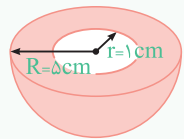
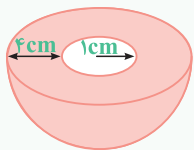
ترکیب چگالی با حجم‌ها در هندسه

در بسیاری از سوالات مربوط به چگالی، باید بتوانیم حجم اجسام هندسی را محاسبه کنیم. در جدول زیر، اجسامی که باید بتوانید حجم آن‌ها را محاسبه کنید، آورده‌ایم:

نام	مکعب	مکعب مستطیل	کره	مخروط	استوانه
شکل					
حجم	$V = a^3$	$V = abc$	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$	$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$	$V = \pi r^2 h$

تمرین ۱۴

شکل روبه‌رو نیم‌کره‌ای از جنس یک فلز با چگالی  $6 \text{ gr/cm}^3$  را نشان می‌دهد که حفره‌ای به شکل نیم‌کره در آن ایجاد شده است. وزن این جسم چند نیوتون است؟ ( $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $\pi \approx 3$ )



- ۱) ۷/۴۴      ۲) ۱۴/۸۸      ۳) ۱/۵      ۴) ۲۹/۷۶

پاسخ ابتدا با کمک رابطه حجم یک کره ( $\frac{4}{3}\pi R^3$ )، حجم فلز به‌کار رفته در ساخت این جسم را از تفاضل حجم نیم‌کره‌های خارجی و داخلی به دست می‌آوریم که برابر است با:

$$V = \frac{1}{3} \left( \frac{4}{3} \pi R^3 \right) - \frac{1}{3} \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \right) = \frac{2}{3} \pi (R^3 - r^3) \Rightarrow V \approx \frac{2}{3} \times 3 \times (5^3 - 1^3) = 248 \text{ cm}^3$$

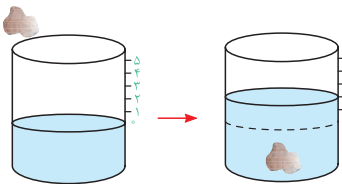
در ادامه جرم این جسم به‌سادگی به‌دست می‌آید:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 6 \times 248 = 1488 \text{ gr} = 1/488 \text{ kg}$$

حال وزن این جسم برابر است با:

$$W = mg = 1/488 \times 10 = 14/88 \text{ N} \quad (\text{گزینه ۲})$$

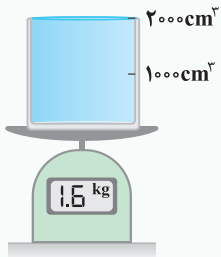
محاسبه چگالی اجسام با شکل کلی



معمولاً برای اندازه‌گیری حجم اجسامی که شکل مشخصی ندارند از استوانه مدرج استفاده می‌کنند، یعنی جسم موردنظر را درون یک استوانه مدرج می‌اندازند، حجم مایع (آب) جابه‌جا شده (با فرض آن که آب در ماده نفوذ نکند که البته برای این منظور ماده را آغشته به پارافین می‌کنند)، برابر با حجم جسم است.

تمرین ۱۵

در شکل مقابل، استوانه مدرج با جرم ناچیز، پر از الکل است. اگر گلوله‌ای آهنی به جرم ۳۹۰۰ گرم و چگالی  $7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  را به آرامی درون الکل فرو ببریم، چند گرم الکل از ظرف خارج می‌شود؟



- ۱) ۴۰۰      ۲) ۳۹۰      ۳) ۵۰۰      ۴) ۴۰۰۰

پاسخ در این‌گونه مسائل ابتدا باید توجه شود که با توجه به پر بودن ظرف، حجم الکل سرریز شده برابر حجم گلوله آهنی است. در ادامه برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: (محاسبه حجم گلوله آهنی):  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3 = 7/8 \text{ gr/cm}^3$ ، چگالی آهن،  $m = 3900 \text{ gr}$ : جرم گلوله آهنی

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \text{حجم گلوله} : V = \frac{m}{\rho} = \frac{3900}{7/8} = 500 \text{ cm}^3$$

گام دوم: (محاسبه جرم الکل سرریز شده): حجم الکل سرریز شده برابر حجم گلوله بوده و می توان نوشت:

$$\text{حجم الکل سرریز شده} : V_{\text{الکل}} = 500 \text{ cm}^3, \quad \text{چگالی الکل} : \rho_{\text{الکل}} = \frac{1600}{4000} = 0.4 \text{ gr / cm}^3$$

$$\text{گزینه ۱) جرم الکل سرریز شده} : m_{\text{الکل}} = \rho_{\text{الکل}} \times V_{\text{الکل}} = 0.4 \times 500 = 200 \text{ gr}$$

دقت کنید برای محاسبه چگالی الکل از شکل سوال استفاده کردیم. مطابق شکل، جرم  $200 \text{ cm}^3$  الکل، برابر  $1/6 \text{ kg}$  است.

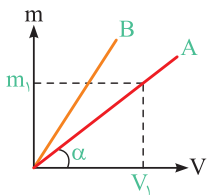
با توجه به تساوی حجم گلوله و حجم الکل سرریز شده، به عنوان یک تکنیک سرعتی تر می توان نوشت:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow V_{\text{آهن}} = V_{\text{الکل}} \Rightarrow \frac{m_{\text{آهن}}}{\rho_{\text{آهن}}} = \frac{m_{\text{الکل}}}{\rho_{\text{الکل}}} \Rightarrow \frac{3900}{7800} = \frac{m_{\text{الکل}}}{0.4} \Rightarrow m_{\text{الکل}} = 200 \text{ gr}$$

خلاصت  
حرفه ای

نمودارهای مربوط به چگالی

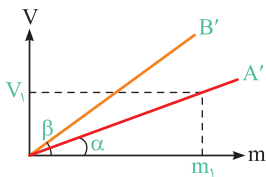
در صورت رسم نمودار جرم یک جسم برحسب حجم آن، می توان به موارد زیر اشاره کرد:



① شیب نمودار برابر با چگالی جسم است  $(\rho_A = \tan \alpha = \frac{m_1}{V_1})$ .

② هرچه شیب نمودار بیشتر باشد، چگالی آن جسم بیشتر است  $(\rho_B > \rho_A)$ .

تذکره در صورت رسم نمودار حجم یک جسم برحسب جرم آن که در برخی تستها انجام می شود، به موارد زیر توجه کنید:



① شیب نمودار برابر با عکس چگالی جسم است  $(\tan \alpha = \frac{V_1}{m_1} = \frac{1}{\rho_{A'}})$ .

② این موضوع یعنی در شکل مقابل هرچه شیب نمودار کم تر باشد، چگالی جسم بیشتر است  $(\rho_{A'} > \rho_{B'})$ .

چگالی مخلوط چند ماده (آلیاژ)

در صورتی که دو یا چند ماده را با هم مخلوط کنیم (به طوری که تغییر حجم صورت نگیرد)، چگالی ماده مخلوط با توجه به تعریف چگالی، به سادگی از رابطه زیر به دست می آید:

$$\rho_{\text{کل}} = \frac{\text{مجموع جرم مواد}}{\text{مجموع حجم مواد}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots} \begin{cases} m_1 : \text{جرم ماده اول}, & V_1 : \text{حجم ماده اول} \\ m_2 : \text{جرم ماده دوم}, & V_2 : \text{حجم ماده دوم} \\ \vdots & \vdots \end{cases}$$

تذکره در بعضی موارد، حجم یا جرم ماده ها به طور مستقیم در صورت سؤال داده نمی شود، در این مواقع از روابط زیر استفاده می کنیم:

① در صورتی که چگالی و حجم مواد به کار رفته در صورت سؤال داده شود:

$$\rho_{\text{کل}} = \frac{\overbrace{(\rho_1 V_1)}^{(m_1)} + \overbrace{(\rho_2 V_2)}^{(m_2)} + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

② در صورتی که چگالی و جرم مواد به کار رفته در صورت سؤال داده شود:

$$\rho_{\text{کل}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{\left(\frac{m_1}{\rho_1}\right) + \left(\frac{m_2}{\rho_2}\right) + \dots}$$

دقت شود که نیازی به حفظ کردن این روابط نبوده و کافی است آن ها را کمی درک کنید.

**تمرین ۱۶** چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیه  $V_A$  و  $V_B$  برابر  $۰/۷۵$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اگر چگالی مایع A برابر  $۶۰۰ \text{ gr/lit}$  و چگالی مایع B برابر  $۸۰۰ \text{ gr/lit}$  باشد،  $V_A$  چند برابر  $V_B$  است؟

(ریاضی خارج ۹۲)

$$\frac{1}{4} \quad \frac{1}{3} \quad 4 \quad 3$$

**پاسخ** برای حل این تمرین خوب، ابتدا جرم تک‌تک مایع‌های A و B را با توجه به رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{مایع A: } \rho_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow m_A = \rho_A V_A = 600 V_A \\ \text{مایع B: } \rho_B = \frac{m_B}{V_B} \Rightarrow m_B = \rho_B V_B = 800 V_B \end{cases}$$

پس از مخلوط کردن دو مایع A و B، داریم:

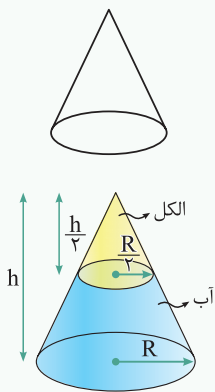
$$\rho_{\text{مخلوط}} = 0/75 \text{ gr/cm}^3 = 750 \text{ gr/Lit}$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \Rightarrow 750 = \frac{600 V_A + 800 V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow 750 V_A + 750 V_B = 600 V_A + 800 V_B$$

$$\Rightarrow 150 V_A = 50 V_B \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3} \quad (\text{گزینه ۳})$$

**تمرین ۱۷** درون ظرف مخروطی شکل مقابل، تا نصف ارتفاع ظرف آب ریخته‌ایم. اگر باقی‌مانده حجم ظرف را با الکل پر

کنیم تا مخلوط آب و الکل به دست آید، چگالی مخلوط چند گرم بر لیتر می‌شود؟ ( $\rho_{\text{الکل}} = 0/8 \rho_{\text{آب}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )



**پاسخ** با توجه به شکل مقابل، حجم آب و الکل را به دست می‌آوریم.

$$V_{\text{الکل}} = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 \times \frac{h}{2} = \frac{\pi R^2 h}{24}$$

$$V_{\text{آب}} = V_{\text{کل}} - V_{\text{الکل}} = \frac{1}{3} \pi R^2 h - \frac{1}{3} \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 \times \frac{h}{2} \Rightarrow V_{\text{آب}} = \frac{7 \pi R^2 h}{24}$$

حجم آب ۷ برابر حجم الکل است، بنابراین اگر حجم الکل برابر  $V$  باشد، حجم آب برابر  $7V$  است و داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} + \rho_{\text{الکل}} V_{\text{الکل}}}{V_{\text{آب}} + V_{\text{الکل}}} = \frac{1000 \times 7V + 800 V}{7V + V} = 975 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

دقت کنید یک‌گانه‌های  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  و  $\frac{\text{gr}}{\text{Lit}}$  با هم برابرند، بنابراین چگالی مخلوط برابر  $975 \frac{\text{gr}}{\text{Lit}}$  است.

**نکته** برای محاسبه چگالی مخلوط چند مایع، باید جرم کل مایعات را بر حجم کل آن‌ها تقسیم کنیم. بنابراین اگر در اثر مخلوط کردن دو مایع، حجم کل به اندازه  $V'$  کاهش

یابد، برای محاسبه چگالی مخلوط آن‌ها می‌توان نوشت:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2 - V'}$$

حجم کاهش یافته بر اثر مخلوط کردن

**حالا وقتشه به سری به تستای ۷۱ تا ۱۱۸ بزنیم ...**

**پادداشت:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



۸ ۴ با توجه به علوم پایه هشتم، لیزر یک منبع نور گسترده است که آن را به دلیل کوچک بودن، منبع نقطه‌ای در نظر می‌گیریم. از سوی دیگر، پرتوها به صورت واگرا می‌باشند که چون در لیزر واگرایی زیاد نیست، برای سادگی آن‌ها را موازی در نظر می‌گیریم، پس گزینه (۴) صحیح است.

۹ ۱ در مدل‌سازی‌های فیزیکی، برای سادگی بررسی پدیده‌های مختلف، اثرهای جزئی نادیده گرفته می‌شوند و فقط اثرهای اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در بررسی نور خورشید می‌توانیم از واگرایی پرتوها صرف‌نظر کنیم و به جهت سادگی آن‌ها را موازی در نظر بگیریم. هم‌چنین منبع نور خورشید گسترده است ولی به جهت سادگی، مشابه با لیزر، پرتوهای آن موازی فرض می‌شوند. از طرفی نمی‌توان از وجود پرتوهای نور خورشید در تشکیل تصویر صرف‌نظر کرد، زیرا این پرتوها باعث ایجاد تصویر می‌شوند. مطابق توضیحات داده‌شده، عبارت «الف» و «ج» درست هستند.

۱۰ ۲ موارد (۱)، (۳) و (۴)، از اصلی‌ترین مواردی است که در مدل‌سازی‌های حرکت جسم بر روی سطح افقی لحاظ می‌شود، اما کم شدن جرم بر اثر ساییدگی بسیار ناچیز است و لزومی ندارد در مدل‌سازی لحاظ شود.

۱۱ ۴ برای مدل‌سازی بهتر حرکت جسم، باید از اثرهای جزئی صرف‌نظر کرده و اثرهای مهم و تعیین‌کننده را لحاظ کنیم. با توجه به این‌که جسم به سمت راست و با تندی ثابت (شتاب صفر است) حرکت می‌کند، بنابراین اندازه نیروی دست شخص باید برابر اندازه نیروی اصطکاک باشد، پس گزینه (۴) صحیح است (دقت شود برای مدل‌سازی حرکت این جسم، آن را به صورت نقطه‌ای در نظر می‌گیریم).

۱۲ ۳ در مدل‌سازی حرکت آونگ، اثرهای مهم و تعیین‌کننده مثل وجود نیروی گرانش وارد بر گلوله و نیروی کشش نخ حتماً باید لحاظ شوند، در حالی‌که برای سادگی تحلیل مسأله، می‌توانیم از اثرهای جزئی تر مثل مقاومت هوا، جرم نخ و ابعاد و شکل گلوله آونگ صرف‌نظر کنیم.

راستی بجهت‌ها، آونگ ساده به آونگی گفته میشه که زاویه انحرافش از راستای قائم کم‌تر از ۶ درجه باشه.

۱۳ ۳ نیروی وزن شخص و شیب کوه از عوامل مهم و تأثیرگذار در بررسی حرکت اسکی‌باز هستند و باید حتماً در مدل‌سازی لحاظ شوند. در مقابل، عواملی مثل نیروی اصطکاک، مقاومت هوا، شکل و ابعاد اسکی‌باز و تغییرات وزن در اثر تغییر ارتفاع جزئی هستند و می‌توانیم برای سادگی فرایند مدل‌سازی، آن‌ها را در نظر نگیریم.

۱۴ ۳ یکای اندازه‌گیری یک کمیت باید در شرایط فیزیکی تعیین شده برای آن تغییر نکند و قابلیت تولید در مکان‌های مختلف را داشته باشد. هم‌چنین اصلی‌ترین ویژگی کمیت‌های اصلی، تعریف شدن یکای مستقل برای آن‌ها می‌باشد، بنابراین عبارت (پ) نادرست است. از طرفی جرم کمیت اصلی و ثانیه یکای اصلی مرتبط با کمیت زمان محسوب می‌شود و هم‌چنین مساحت کمیت فرعی و مترمربع یکای فرعی آن محسوب می‌شود و عبارت‌های (ث) و (ج) نیز نادرست است. در نهایت دقت کنید که به دلیل وجود روابط فیزیکی بین کمیت‌ها، نیازی به تعریف یکای مستقل برای همه کمیت‌ها نیست و می‌توان یکای کمیت‌های فرعی را بر اساس یکاهای اصلی به دست آورد. مطابق این توضیحات، سه گزاره نادرست وجود دارد.

۱۵ ۲ اگر یکای زمان براساس تعداد مشخص ضربان قلب شخص تعریف شود، مشکل اصلی این انتخاب، آن است که این یکا کاملاً تغییرپذیر است. از این‌رو این مورد را نباید یکای کمیت زمان در نظر گرفت.

۱۶ ۴ با توجه به توضیحات کتاب درسی در مورد یکاهای، تمامی عبارت‌های مطرح‌شده در این سؤال صحیح می‌باشند. دقت شود که عبارت (ث)، به نوعی بر روی متغیر نبودن یکای اندازه‌گیری در فیزیک تأکید دارد.

۱۷ ۲ کمیت‌های زمان، جریان الکتریکی، شدت روشنایی و مقدار ماده از کمیت‌هایی اصلی هستند، بنابراین گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) نادرست بوده و گزینه (۲) پاسخ این سؤال است.

۱ ۴ ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است و نقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش و تکامل شناخت ما از طبیعت پیرامون داشته است، بنابراین فقط گزاره (ت) نادرست است. سایر گزاره‌ها با توجه به متن کتاب درسی صحیح هستند.

۲ ۴

نکته

نام مدل‌های اتمی مطرح شده در ابتدای فیزیک دهم به همراه نام دانشمند مربوطه به ترتیب روند تکامل به صورت زیر است:

- ۱ مدل توپ بیلیارد (دالتون)
- ۲ مدل کیک کشمشی (تامسون)
- ۳ مدل هسته‌ای (رادرفورد)
- ۴ مدل سیاره‌ای (بور)
- ۵ مدل ابر الکترونی (شرودینگر)

تصاویر (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب از راست به چپ مربوط به مدل کیک کشمشی تامسون، مدل سیاره‌ای بور، و مدل هسته‌ای رادرفورد است.

همان‌طور که می‌دانید، مدل سیاره‌ای بور (تصویر ۲) بعد از مدل هسته‌ای رادرفورد (تصویر ۳) مطرح شده است. بنابراین فقط عبارت (ت) درست است.

۳ ۳ مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که در آن اثرهای مهم و تعیین‌کننده برای یک پدیده فیزیکی در نظر گرفته می‌شود و پدیده‌ها تا حد امکان ساده‌سازی می‌شوند نه جزئی‌سازی. بنابراین گزینه (۳) نادرست است. هنگام مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را. برای مثال، اگر به جای مقاومت هوا، نیروی جاذبه زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن‌گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کرد که وقتی توپی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود! این توضیحات یعنی نمی‌توان از اثر نیروی گرانش صرف‌نظر کرد.

در جدول زیر عوامل تعیین‌کننده و عوامل جزئی در مدل‌سازی حرکت توپ آورده شده است.

عامل تعیین‌کننده و مهم	عوامل جزئی
وجود نیروی گرانش	شکل، ابعاد، ناهمواری‌ها و چرخش توپ
	مقاومت هوا
	تغییر نیروی گرانش با تغییر ارتفاع

۴ ۲ در هنگام حرکت چترباز، به دلیل ابعاد بزرگ چتر آن، مقاومت هوا چشمگیری بوده و نمی‌توان از مقاومت هوا صرف‌نظر کرد. در این حالت از بین موارد مطرح شده، تنها می‌توان از تغییرات وزن چترباز در حین حرکت صرف‌نظر کرد. دقت شود که ابعاد چتر، در میزان مقاومت هوا تأثیر بسیار زیادی دارد و باید در مدل‌سازی در نظر گرفته شود.

۵ ۳ در سقوط کردن کاغذ معمولی، سطح تماس کاغذ با هوا قابل توجه بوده و در این حالت، نیروی مقاومت هوا چشمگیر است. با توجه به این موضوع در مدل‌سازی حرکت کاغذ معمولی، نمی‌توان از مقاومت هوا صرف‌نظر کرد.

۶ ۲ در هنگام سقوط کاغذ، دو نیروی وزن و مقاومت هوا به آن وارد می‌شوند که جهت نیروی وزن به سمت پایین و جهت نیروی مقاومت هوا، در خلاف جهت حرکت کاغذ، یعنی به سمت بالا است. با توجه به آن‌که کاغذ با شتاب به سمت پایین می‌آید، نیروی وزن وارد بر آن از نیروی مقاومت هوا بزرگ‌تر است و می‌توانیم حرکت کاغذ را به شکل مقابل مدل‌سازی کنیم (طول هر یک از بردارها متناسب با بزرگی آن رسم شده است).

۷ ۳ نیرویی که باعث می‌شود ماهواره به دور زمین بچرخد، نیروی گرانش بین ماهواره و زمین است و در نتیجه در مدل‌سازی حرکت ماهواره به دور زمین، نمی‌توانیم از این عامل چشم‌پوشی کنیم. بنابراین گزینه (۳) صحیح است.



۲۸ با توجه به رابطه  $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، می توان نوشت:

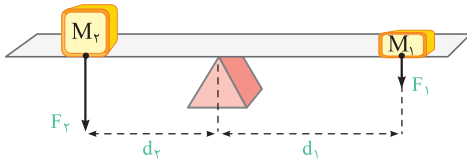
$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow J \equiv \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \Rightarrow J = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

۲۹ با توجه به مطالب فصل ۳ کتاب فیزیک دهم، یکای فرعی  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ ، مربوط به توان است.

$$\text{یکای انرژی} = \frac{\text{یکای زمان}}{\text{یکای زمان}} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{s}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

دقت کنید که یکای فرعی کمیت‌های تندی، فشار و نیرو به ترتیب برابر  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$ ،  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  و  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$  است.

۳۰ گشتاور نیرو عاملی است که باعث چرخش می شود. مثلاً در شکل زیر، نیروی وزن وارد بر هر یک از وزنه‌ها سعی در چرخاندن اهرم روی تکیه‌گاه دارد.



گشتاور نیرو کمیتی برداری است و همان‌گونه که در علوم پایه نهم خوانده‌اید، بزرگی آن از رابطه زیر به دست می آید:

اندازه نیرو  $\times$  فاصله نقطه اثر نیرو تا محور چرخش = اندازه گشتاور نیرو

یکای نیرو  $\times$  یکای فاصله  $\equiv$  یکای گشتاور نیرو  $\Rightarrow$

$$F = ma \Rightarrow \text{یکای نیرو} \equiv \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Rightarrow \text{یکای گشتاور نیرو} \equiv m \times \left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

۳۱ ابتدا با توجه به فیزیک یازدهم، یکای میدان مغناطیسی (تسلا) را برحسب یکاهای اصلی می نویسیم:

$$F = BIL \sin \alpha \Rightarrow N \equiv T \cdot A \cdot m$$

از طرفی طبق رابطه  $F = ma$ ، یکای نیوتون (N) معادل  $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$  است، پس می توان نوشت:

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \equiv T \cdot A \cdot m \Rightarrow T \equiv \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$$

بنابراین یکای فرعی کمیت میدان مغناطیسی برابر  $\text{kg} / \text{A} \cdot \text{s}^2$  است و گزینه (۱) صحیح است. برای تمرین یکای سایر کمیت‌ها را برحسب یکاهای اصلی به دست آورید.

۳۲ برای حل این سؤال، گام‌های زیر را طی می کنیم:

گام اول: یکای انرژی برابر است با:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \text{یکای انرژی} \equiv \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \equiv \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

گام دوم: یکای فرعی پارامتر  $k$  برابر است با (یکای مکان متحرک (X) در SI، متر است):

$$U = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow k = \frac{2U}{x^2} \Rightarrow \text{یکای } k \equiv \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^2} \equiv \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

این موضوع یعنی یکای  $k$ ، معادل با کیلوگرم بر مربع ثانیه است.

۱۸ دما، جریان الکتریکی و جرم از کمیت‌های اصلی هستند، بنابراین گزینه (۴) صحیح است. دقت کنید که کمیت‌های نیرو، فشار و سرعت از کمیت‌های فرعی می باشند، بنابراین گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳) نادرست است.

۱۹ کمیت‌های انرژی جنبشی، شار مغناطیسی و فشار که در گزینه (۴) مطرح شده‌اند، همگی از کمیت‌های فرعی و نرده‌ای محسوب می شوند. دقت کنید که جرم از کمیت‌های اصلی و نیرو، میدان مغناطیسی و شتاب از کمیت‌های برداری هستند. بنابراین گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳) نادرست هستند.

۲۰ یکاهای کیلوگرم، آمپر و مول به ترتیب مربوط به یکاهای جرم، شدت جریان الکتریکی و مقدار ماده است که همگی از کمیت‌های اصلی می باشند.

۲۱ از بین کمیت‌های داده شده، کمیت‌های سرعت و نیرو کمیتی برداری و سایر کمیت‌ها نرده‌ای هستند (بنابراین ۲ کمیت برداری است).

همچنین از بین کمیت‌های داده شده، کمیت‌های دما، زمان و طول کمیتی اصلی و سایر کمیت‌ها فرعی هستند (بنابراین ۳ کمیت اصلی است).

۲۲ سال نوری (ly) و یکای نجومی (AU)، هر دو از یکاهای فرعی مورد استفاده برای طول محسوب می شوند و کندلا (cd)، یکای کمیت شدت روشنایی محسوب می شود.

۲۳ فشار کمیتی فرعی و شدت روشنایی کمیتی اصلی است، بنابراین موارد A و B به ترتیب «فرعی» و «اصلی» هستند.

همچنین سرعت کمیتی برداری است در حالی که تندی کمیتی نرده‌ای می باشد، پس مورد C می تواند سرعت باشد.

۲۴ طراح سؤال، یکای کمیت فرعی فشار را برحسب یکاهای اصلی می خواهد. به کمک رابطه  $P = \rho gh$  داریم:

$$P = \rho gh \Rightarrow \text{یکای فشار (پاسکال)} \equiv \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

۲۵

### نکته

منظور از یکای فرعی یک کمیت فرعی، یکای آن برحسب کمیت‌های اصلی است. برای پاسخ دادن به این سبک از سؤالات، ابتدا باید یکی از روابطی را که کمیت مورد نظر در آن قرار دارد، انتخاب کنید و سعی کنید یکای کمیت مورد نظر را برحسب یکاهای اصلی بنویسید.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow c = \frac{Q}{m\Delta\theta} \Rightarrow \text{یکای گرمای ویژه} \equiv \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

یکاهای  $\text{kg}$  و  $\text{K}$  یکای اصلی هستند. در ادامه می خواهیم به کمک رابطه انرژی جنبشی، یکای (J) را که فرعی است برحسب یکاهای اصلی بنویسیم.

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \text{یکای انرژی (J)} \equiv \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{یکای گرمای ویژه} \equiv \frac{\text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\text{kg} \cdot \text{K}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{روابط (۱) و (۲)}$$

۲۶ آهنگ شارش جریان معادل با میزان حجم عبوری در واحد زمان بوده و یکای فرعی آن  $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$  است.

۲۷ با توجه به مطالب فصل ۴ کتاب فیزیک دهم می توان نوشت:

$$Q = mL_F \Rightarrow L_F = \frac{Q}{m} \Rightarrow \text{یکای گرمای نهان ذوب} \equiv \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$J \equiv \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \times \text{m} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{یکای گرمای نهان ذوب} \equiv \frac{\text{J}}{\text{kg}} \equiv \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \text{روابط (۱) و (۲)}$$

برای پیدا کردن رابطه بین دسی متر مکعب و لیتر داریم (  $1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$  ) (دسی متر) می توان نوشت:

$$V = 1 \text{ dm}^3 \xrightarrow[\text{به متر مکعب}]{\text{تبدیل دسی متر مکعب}} V = 1 \times (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\xrightarrow[\text{به لیتر}]{\text{تبدیل متر مکعب}} V = 10^{-3} \times 10^3 \text{ Lit} = 1 \text{ Lit}$$

$$V_B = 2200 \text{ dm}^3 = 2200 \text{ Lit} = 2/2 \times 10^3 \text{ Lit}$$

**تذکر**

یکاهای میلی لیتر و سانتی متر مکعب با هم برابرند و همچنین یکاهای لیتر و دسی متر مکعب یکسان می باشند.

۳۲۷ ابتدا اختلاف پتانسیل را بر حسب پیکوولت (pV) به دست می آوریم و سپس آن را به صورت نمادگذاری علمی می نویسیم:

$$42 \times (10^3 \text{ V}) \xrightarrow[\text{تبدیل kV به V}]{\text{تبدیل}} 42 \text{ kV} = 42 \times 10^3 \text{ V}$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل V به pV}]{\text{تبدیل}} 42 \times 10^3 \times (10^{12} \text{ pV}) = 42 \times 10^{15} \text{ pV}$$

$42 \times 10^{15} \text{ pV} \Rightarrow n = 16$  اختلاف پتانسیل به صورت نمادگذاری علمی  $\Rightarrow$  برای حل این سؤال، دو گام زیر را طی می کنیم.

**۳۲۸**

$$\text{تبدیل یکای } \frac{\mu\text{g}\cdot\text{mm}}{\text{s}^2} \text{ به } \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$10^{13} \frac{\mu\text{g}\cdot\text{mm}}{\text{s}^2} \xrightarrow[\text{تبدیل } \mu\text{g به kg}]{\text{تبدیل}} 10^{13} \times (10^{-6} \text{ gr}\cdot\text{mm}/\text{s}^2)$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل gr به kg}]{\text{تبدیل}} 10^{13} \times 10^{-6} \times (10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{mm}/\text{s}^2)$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل mm به m}]{\text{تبدیل}} 10^{13} \times 10^{-6} \times 10^{-3} \times (10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2)$$

$$= 10 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$$

**گام دوم:** معادل قرار دادن دو عدد:

$$10 \cdot \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2} = 10^{-8} \frac{\text{kg}\cdot\text{X}}{\text{s}^2} \rightarrow \text{X} = 10^9 \text{ m} = 1 \text{ Gm}$$

۳۲۹ برای حل این سؤال، اعداد داده شده در هر یک از گزینه ها را بر حسب کیلوگرم محاسبه می کنیم:

**بررسی گزینه ها**

$$1/25 \times 10^{11} \mu\text{g} \xrightarrow[\text{تبدیل } \mu\text{g به gr}]{\text{تبدیل}} 1/25 \times 10^{11} \times (10^{-6} \text{ gr}) \quad (1)$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل gr به kg}]{\text{تبدیل}} 1/25 \times 10^{11} \times 10^{-6} \times (10^{-3} \text{ kg}) = 125 \text{ kg}$$

$$5 \times 10^7 \text{ mg} \xrightarrow[\text{تبدیل mg به gr}]{\text{تبدیل}} 5 \times 10^7 \times (10^{-3} \text{ gr}) \quad (2)$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل gr به kg}]{\text{تبدیل}} 5 \times 10^7 \times 10^{-3} \times (10^{-3} \text{ kg}) = 50 \text{ kg}$$

$$7/5 \times 10^{12} \text{ ng} \xrightarrow[\text{تبدیل ng به gr}]{\text{تبدیل}} 7/5 \times 10^{12} \times (10^{-9} \text{ gr}) \quad (3)$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل gr به kg}]{\text{تبدیل}} 7/5 \times 10^{12} \times 10^{-9} \times (10^{-3} \text{ kg}) = 7/5 \text{ kg}$$

$$4/5 \times 10^{-4} \text{ Gg} \xrightarrow[\text{تبدیل Gg به gr}]{\text{تبدیل}} 4/5 \times 10^{-4} \times (10^9 \text{ gr}) \quad (4)$$

$$\xrightarrow[\text{تبدیل gr به kg}]{\text{تبدیل}} 4/5 \times 10^{-4} \times 10^9 \times (10^{-3} \text{ kg}) = 450 \text{ kg}$$

طبق صورت سؤال، حداکثر جرمی که می توان بر روی میز شیشه ای قرار داد برابر 25kg است. فقط در گزینه (3)، جرم جسم از 25kg کم تر است و در نتیجه شیشه میز نمی شکند.

۳۳۳ فرض کنیم تندی انتشار امواج به صورت  $v = A^\alpha B^\beta$  باشد، بنابراین می توان نوشت:

$$v = A^\alpha B^\beta \rightarrow \text{یکای تندی} \equiv (\text{یکای } A)^\alpha \times (\text{یکای } B)^\beta \rightarrow \text{m/s} \equiv (\text{N})^\alpha \times (\text{kg/m})^\beta$$

با توجه به رابطه  $F = ma$ ، می دانیم که نیوتون (N) معادل  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$  است، بنابراین می توان نوشت:

$$\text{m/s} \equiv (\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2)^\alpha \times (\text{kg/m})^\beta = (\text{kg})^{\alpha+\beta} \times (\text{m})^{\alpha-\beta} \times \frac{1}{\text{s}^{2\alpha}}$$

برای آن که یکاها در دو طرف یکسان باشند، باید داشته باشیم:

$$\begin{cases} 2\alpha = 1 \\ \alpha - \beta = 1 \end{cases} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2}, \beta = \frac{-1}{2} \rightarrow v = A^\alpha B^\beta = A^{\frac{1}{2}} B^{-\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{A}{B}}$$

**دقت**

با قرار دادن مقادیر به دست آمده برای  $\alpha$  و  $\beta$ ، مقدار  $(\alpha + \beta)$  برابر صفر شده و توان kg برابر صفر می شود که قابل قبول است.

**۳۳۴**

می دانیم وقتی کمیته برابر حاصل جمع چند کمیت دیگر است، یکای هر یک از جملات جمع شونده باید با یکای این کمیت برابر باشد، بنابراین می توان نوشت:

$$A = \frac{B^2}{C} + CDE \Rightarrow \text{یکای } A \equiv \left(\frac{B^2}{C}\right) \text{ یکای } \Rightarrow J \equiv \frac{B^2 \text{ یکای}}{\text{kg}}$$

با توجه به رابطه  $W = Fd$ ، می دانیم که یکای ژول معادل  $\text{kg}\cdot\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$  است، بنابراین داریم:

$$\text{kg}\cdot\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \equiv \frac{B^2 \text{ یکای}}{\text{kg}} \Rightarrow B^2 \text{ یکای} \equiv \text{kg}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

از طرفی یکای A با یکای CDE نیز باید برابر باشد، پس می توان نوشت:

$$A \text{ یکای} \equiv (CDE \text{ یکای}) \Rightarrow J \equiv \text{kg} \times (DE \text{ یکای})$$

$$\Rightarrow \text{kg}\cdot\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \equiv \text{kg} \times (DE \text{ یکای}) \Rightarrow DE \text{ یکای} \equiv \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{B^2}{DE}\right) \text{ یکای} \equiv \frac{B^2 \text{ یکای}}{DE \text{ یکای}} = \frac{\text{kg}^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \text{kg}^2$$

**۳۳۵**

برای به دست آوردن مساحت بر حسب مترمربع ( $\text{m}^2$ )، کافی است طول و عرض آن را بر حسب متر (m) بنویسیم و داریم:

$$\begin{cases} \text{عرض} = 9 \text{ nm} = 9 \times 10^{-9} \text{ m} \\ \text{طول} = 0.2 \mu\text{m} = 0.2 \times 10^{-6} \text{ m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{عرض} \times \text{طول} = A : \text{مساحت صفحه مستطیلی}$$

$$\Rightarrow A = 0.2 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-9} \text{ m}^2 = 1/5 \times 10^{-15} \text{ m}^2$$

دقت کنید که مقدار به دست آمده برای مساحت با توجه به شیوه نمادگذاری علمی صحیح است و نیاز به اصلاح ندارد.

**۳۳۶**

می دانیم که هر لیتر معادل با 1000 سانتی متر مکعب است و داریم:

$$V = 1 \text{ m Lit} \xrightarrow[\text{به لیتر}]{\text{تبدیل میلی لیتر}} V = 10^{-3} \text{ Lit}$$

$$\xrightarrow[\text{سانتی متر مکعب}]{\text{تبدیل لیتر به}} V = 10^{-3} \times (10^3 \text{ cm}^3) = 1 \text{ cm}^3$$

$$V_A = 8700 \text{ m Lit} = 8700 \text{ cm}^3 = 8/7 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

۴۵ با استفاده از تبدیل واحد زنجیره‌ای می‌توان نوشت:

$$1500 \frac{\text{Lit}}{\text{min}} = (1500 \frac{\text{Lit}}{\text{min}}) \times (\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lit}}) \times (\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) = 0.025 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

۴۶ برای محاسبه شتاب برحسب فوت بر مجذور ثانیه، با انتخاب عامل تبدیل‌های مناسب، از روش تبدیل زنجیره‌ای به صورت زیر کمک می‌گیریم:

$$152/4 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = 152/4 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \times \frac{1 \text{ inch}}{2.54 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ inch}} = 5 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

۴۷ برای پاسخ دادن به این سؤال، به صورت زیر از روش تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$312 \text{ km} = 312 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ ذرع}}{104 \text{ cm}} = 3 \times 10^5 \text{ ذرع}$$

از طرفی برای نمایش عدد برحسب فرسنگ، در ادامه روند تبدیل زنجیره‌ای، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$312 \text{ km} = 312 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ ذرع}}{104 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ فرسنگ}}{6000 \text{ ذرع}} \\ \Rightarrow 312 \text{ km} = 5 \times 10^1 \text{ فرسنگ}$$

۴۸ برای پاسخ دادن به این سؤال، از روش تبدیل زنجیره‌ای به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$182 \text{ قیراط} = 182 \text{ قیراط} \times \frac{200 \text{ mgr}}{1 \text{ قیراط}} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mgr}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} = 3.64 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

۴۹ برای حل، از روش تبدیل زنجیره‌ای به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$62208 \text{ kg} = 62208 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ مئقال}}{4.86 \text{ gr}} \times \frac{1 \text{ من تبریز}}{640 \text{ مئقال}} \times \frac{1 \text{ خروار}}{100 \text{ من تبریز}} \\ \Rightarrow 62208 \text{ kg} = 200 \text{ خروار} = 2 \times 10^2 \text{ خروار}$$

۵۰ یکای نجومی، معادل میانگین فاصله زمین تا خورشید است و این یعنی فاصله متوسط زمین تا خورشید، برابر ۱ AU می‌باشد.

۵۱ ابتدا جرم کهکشان را بر حسب گرم به دست می‌آوریم و سپس آن را به صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم.

$$m = 1200 GM_{\odot} \xrightarrow{\text{تبدیل } GM_{\odot} \text{ به } M_{\odot}} 1200 \times (10^9 M_{\odot}) \\ \xrightarrow{\text{تبدیل } M_{\odot} \text{ به } \text{kg}} 1200 \times 10^9 \times (2 \times 10^{30} \text{ kg}) \\ \xrightarrow{\text{تبدیل } \text{kg} \text{ به } \text{gr}} 1200 \times 10^9 \times 2 \times 10^{30} \times (10^3 \text{ gr})$$

$$\Rightarrow \text{جرم کهکشان} = 2400 \times 10^{42} \text{ gr} = 2/4 \times 10^{45} \text{ gr}$$

۵۲ همان‌طور که می‌دانیم، یکای نجومی (AU)، برابر میانگین فاصله خورشید تا زمین است که طبق صورت سؤال، نور آن را در مدت ۸ دقیقه طی می‌کند. حال باید به دست بیاوریم در مدت زمان یک سال، نور چند یکای نجومی را طی می‌کند. بنابراین ابتدا یک سال را بر حسب دقیقه محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{array}{l} \text{دقیقه} \quad \text{ساعت} \quad \text{روز} \\ \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \\ \text{دقیقه} = 365 \times 24 \times 60 = 525600 \end{array}$$

در ادامه با یک تناسب، مسافتی که نور در یک سال طی می‌کند (یعنی یک سال نوری) را به دست می‌آوریم:

$$\begin{array}{c|c|c} \text{مسافت (یکای نجومی)} & \text{زمان (دقیقه)} & \\ \hline 1 & 8 & \\ \hline x & 525600 & \end{array} \rightarrow x = \frac{525600 \times 1}{8} = 65700 \text{ AU}$$

۴۰ برای تبدیل یکای انرژی به پیکوژول به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$60 \mu\text{J} = (60 \mu\text{J}) \times (\frac{10^{-6} \text{ J}}{1 \mu\text{J}}) \times (\frac{1 \text{ pJ}}{10^{-12} \text{ J}}) = 6 \times 10^7 \text{ pJ}$$

به صورت نمادگذاری علمی

۴۱ ابتدا مساحت جانبی کره زمین را برحسب متر مربع به دست می‌آوریم:

$$A = 4\pi r^2 = 4(3)(6400 \times 10^3)^2 = 49152 \times 10^{10} \text{ m}^2$$

همان‌طور که می‌دانید، هر هکتار معادل ۱۰ هزار متر مربع است، بنابراین داریم:

$$A = \frac{49152 \times 10^{10}}{10000} = 49152 \times 10^6 = 49152 \times 10^1 \text{ هکتار}$$

۴۲ درستی هر یک از نامعادله‌ها را بررسی می‌کنیم:

۱ ابتدا باید  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  به  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  تبدیل شود. در این صورت داریم:

$$12 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 12 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m}}{3/6 \text{ s}} = 3/33 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow 5/6 \frac{\text{m}}{\text{s}} > 3/33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۲ را به  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  تبدیل می‌کنیم:

$$4 \frac{\text{gr}}{\text{Lit}} = 4 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow 4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} < 72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۳ پاسکال (Pa)، یکای کمیت فشار است که معادل  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  می‌باشد. برای بررسی

درستی این نامعادله، واحد  $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$  را به  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  تبدیل می‌کنیم:

$$6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 6 \frac{\text{N}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 6 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \Rightarrow 6 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} > 200 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

بنابراین نامعادله مطرح‌شده در گزینه (۳) نادرست است.

۴ زول (J)، یکای کمیت انرژی است که معادل  $\frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2}$  می‌باشد. برای بررسی

درستی این نامعادله، واحد  $\frac{\text{gr.cm}^2}{\text{s}^2}$  را به  $\frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2}$  تبدیل می‌کنیم:

$$6 \frac{\text{gr.cm}^2}{\text{s}^2} = \frac{6 \times 10^{-3} \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2}{1 \text{ s}^2} = 6 \times 10^{-7} \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\Rightarrow 1/2 \times 10^{-3} \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2} > 6 \times 10^{-7} \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2}$$

۴۳ ابتدا حجم و طول باکتری را به ترتیب برحسب  $\text{m}^3$  و  $\text{m}$  محاسبه می‌کنیم:

$$V = 10^9 \text{ nm}^3 = 10^9 \times (10^{-9} \text{ m})^3 = 10^{-18} \text{ m}^3$$

$$\text{طول} : h = 2/5 \mu\text{m} = 2/5 \times (10^{-6} \text{ m}) = 2/5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$V = A.h \Rightarrow 10^{-18} = A \times 2/5 \times 10^{-6} \Rightarrow A = \frac{10^{-18}}{2/5 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{-13} \text{ m}^2$$

با توجه به خواسته سؤال، سطح مقطع را برحسب میلی‌متر مربع محاسبه می‌کنیم:

$$A = 4 \times 10^{-13} \text{ m}^2 \xrightarrow{\text{تبدیل } \text{m}^2 \text{ به } \text{mm}^2} 4 \times 10^{-13} \times (10^3 \text{ mm})^2$$

$$\Rightarrow A = 4 \times 10^{-7} \text{ mm}^2$$

۴۴ طبق صورت سؤال در هر ثانیه، ۲۰۰ cm<sup>۳</sup> نفت هدر می‌رود، پس در

هر ساعت، مقدار ۳۶۰۰ × ۲۰۰ cm<sup>۳</sup> نفت هدر می‌رود. در نتیجه در مدت زمان ۱۰ ساعت، مقدار ۱۰ × ۳۶۰۰ × ۲۰۰ cm<sup>۳</sup> نفت به هدر خواهد رفت.

$$\text{حجم نفت هدر رفته} : V = 10 \times 3600 \times 200 \text{ cm}^3$$

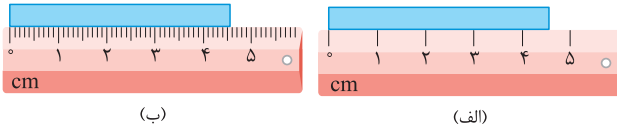
$$\xrightarrow{\text{تبدیل } \text{cm}^3 \text{ به } \text{Lit}} 10 \times 3600 \times 200 \times (10^{-3} \text{ Lit}) = 7200 \text{ Lit}$$

دقت شود که دسی‌متر مکعب و Lit با یکدیگر معادل هستند (چرا؟).

در ادامه کافی است این دقت را برحسب  $\frac{\text{mile}}{\text{min}}$  بیان کنیم.

$$2 \frac{\text{km}}{\text{h}} = (2 \frac{\text{km}}{\text{h}}) \times (\frac{1 \text{h}}{60 \text{min}}) \times (\frac{1 \text{mile}}{1.6 \text{km}}) = \frac{1}{48} \frac{\text{mile}}{\text{min}}$$

۱۶۱ همان‌طور که می‌دانیم، دقت اندازه‌گیری در وسایل مدرج، برابر کمینه درجه‌بندی آن وسیله است. بنابراین در شکل‌های (الف) و (ب)، دقت اندازه‌گیری به ترتیب برابر ۱ cm و ۱ mm = ۰.۱ cm است.



از طرفی کوچک‌ترین درجه‌بندی خطکش (ج) برابر ۰.۵ cm است، بنابراین دقت اندازه‌گیری این خطکش برابر ۵ mm = ۰.۵ cm است.

۱۶۲ با توجه به شکل داده‌شده در صورت سؤال، کوچک‌ترین مقیاس دماسنج نشان داده شده برابر ۵ °C می‌باشد. بنابراین دقت اندازه‌گیری این وسیله، برابر ۵ °C است.

۱۶۳ برای محاسبه دقت اندازه‌گیری در وسایل دیجیتالی، می‌توان به جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به جای بقیه رقم‌ها عدد صفر گذاشت و ممیز در سر جای خود باقی بماند. با این روش، دقت اندازه‌گیری برحسب واحد داده شده به دست می‌آید. در این سؤال، عدد گزارش شده توسط آمپرسنج دیجیتال برابر ۲۰۰۴ mA است، بنابراین دقت اندازه‌گیری آن برحسب میکروآمپر برابر است با:

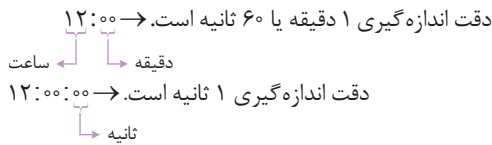
$$1 \mu\text{A} = 10^{-3} \text{mA} = 10^{-3} \times 10^{-3} \text{A} = 10^{-6} \text{A} = 1 \text{mA}$$

**تذکره**

دقت شود هر میلی‌آمپر برابر ۱۰³ میکروآمپر است.

$$1 \text{mA} = 10^{-3} \text{A} = 10^{-3} \times 10^6 \mu\text{A} = 10^3 \mu\text{A} \Rightarrow 1 \text{mA} = 10^3 \mu\text{A}$$

۱۶۴ کم‌ترین مقداری که ساعت اول می‌تواند اندازه‌گیری کند، ۱ دقیقه می‌باشد و در نتیجه دقت اندازه‌گیری این ساعت برابر ۱ دقیقه یا همان ۶۰ ثانیه است. از سوی دیگر دقت اندازه‌گیری ساعت دوم، برابر یک ثانیه است (چون کم‌ترین مقداری که می‌تواند اندازه‌گیری کند، برابر یک ثانیه است).



۱۶۵ دقت اندازه‌گیری توسط دستگاه دیجیتالی در هر یک از گزینه‌ها را برحسب gr به دست می‌آوریم.

**بررسی گزینه‌ها**

۱)  $35/43 \text{ gr} \Rightarrow$  دقت اندازه‌گیری =  $0.01 \text{ gr}$   
معادل با  $dgr$  (دسی‌گرم) دقت:  $0.01 \text{ gr}$

۲)  $78/5 \text{ dgr} \Rightarrow$  دقت اندازه‌گیری =  $0.1 \text{ dgr} = 0.1 \times (10^{-1} \text{ gr}) = 0.01 \text{ gr}$   
معادل با  $dgr$  دقت:  $0.01 \text{ dgr}$

۳)  $4/74 \times 10^{-3} \text{ kg} \Rightarrow$  دقت اندازه‌گیری =  $0.01 \times 10^{-3} \text{ kg}$   
معادل با  $kg$  دقت:  $0.01 \times 10^{-3} \text{ kg}$

$\Rightarrow$  دقت اندازه‌گیری =  $0.01 \times 10^{-3} \times (10^3 \text{ gr}) = 0.01 \text{ gr}$

۲۵۲ ابتدا حجم بنزین و سطح مقطع ظرف را به ترتیب برحسب  $m^3$  و  $m^2$  محاسبه می‌کنیم.

$$V = 6 \text{ گالن} \times \frac{4/4 \text{ Lit}}{1 \text{ گالن}} = 26/4 \text{ Lit} = 26/4 \times 10^{-3} m^3$$

$$A = \pi R^2 = 3 \times (0.2 m)^2 = 0.12 m^2$$

$$\Rightarrow V = Ah \Rightarrow 26/4 \times 10^{-3} = 0.12 \times h$$

$$\Rightarrow h = \frac{26/4 \times 10^{-3}}{0.12} = 0.22 m = 220 \text{ mm}$$

۲۵۴ **گام اول:** ابتدا تندی ناوشکن را بر حسب متر بر ثانیه بازنویسی می‌کنیم:

$$200 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 400 \text{ گره} \times \frac{0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ گره}} = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**گام دوم:** در ادامه، مسافت طی شده را بر حسب متر به دست می‌آوریم:

$$3700 \text{ m} = 2 \text{ مایل} \times \frac{1850 \text{ m}}{1 \text{ مایل}} = 3700 \text{ m}$$

**گام سوم:** زمان موردنظر برابر است با:

$$\frac{\text{مسافت طی شده}}{\text{تندی}} = \frac{3700}{200} \Rightarrow 200 = \frac{\text{زمان}}{\text{زمان}}$$

$$\Rightarrow \text{زمان} = 18/5 \times 10^7 \mu\text{s} \xrightarrow{\text{نمادگذاری علمی}} \text{زمان} = 18/5 \times 10^6 \mu\text{s}$$

۲۵۵ برای وسایل درجه‌بندی شده، کم‌ترین تقسیم‌بندی آن وسیله و برای وسایل دیجیتالی، یک واحد از آخرین رقمی که خوانده می‌شود، برابر دقت اندازه‌گیری آن وسیله می‌باشد.

۱۵۶ مطابق تمرین‌های انتهای فصل یک کتاب فیزیک دهم، شکل نشان داده شده یک ریزسنج را نشان می‌دهد که به صورت دیجیتالی (رقمی) کار می‌کند. از طرفی با توجه به این‌که عدد خوانده شده تا سه رقم اعشار نوشته شده است، دقت اندازه‌گیری این ریزسنج برابر ۰.۰۰۱ mm است.

۲۵۷ این وسیله اندازه‌گیری، کولیس نام دارد. دقت این وسیله اندازه‌گیری دیجیتال، یک واحد از مرتبه آخرین رقم سمت راست بوده و برابر با ۰.۰۱ mm است.

۲۵۸ به موارد زیر توجه کنید:

۱) با توجه به این‌که دستگاه موردنظر به صورت دیجیتالی است، بنابراین دقت اندازه‌گیری آن از مرتبه آخرین رقم قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه، یعنی برابر ۰.۰۰۱ mm است.

۲) بنابراین نمایش واقعی این عدد به صورت زیر می‌باشد:

$$20/083 \text{ mm} \pm 0/001 \text{ mm}$$

۳) طول واقعی این جسم در محدوده زیر قرار می‌گیرد:

$$20/083 \text{ mm} - 0/001 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 20/083 \text{ mm} + 0/001 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 20/082 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 20/084 \text{ mm}$$

۲۵۹ در اغلب آزمایشگاه‌ها، کوچک‌ترین مقیاس‌بندی کولیس برابر ۰.۰۱ mm و ریزسنج برابر ۰.۰۰۱ mm است. بنابراین اگر بخواهیم طول این جسم را که بین ۱۸۰ mm تا ۱۹۰ mm است، به کمک این دو وسیله اندازه‌گیری کنیم، توسط ریزسنج می‌توان طول جسم را با دقت بیشتری اندازه گرفته و در نتیجه مرتبه آخرین رقم سمت راست در آن کوچک‌تر است.

۲۶۰ با توجه به تصویر نشان داده شده، کوچک‌ترین درجه‌بندی تندی‌سنج برابر  $2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  است، بنابراین دقت اندازه‌گیری تندی‌سنج برابر  $2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  است.

و با توجه به دقت اندازه‌گیری آن می‌توان نوشت:

$$\text{محدوده واقعی جرم جسم} \rightarrow 8/3 - 0/1 \leq m \leq 8/3 + 0/1$$

$$\Rightarrow 8/2 \text{ kg} \leq m \leq 8/4 \text{ kg}$$

۷۰ اگر مقداری که می‌خواهیم اندازه بگیریم، بر کوچک‌ترین مقدار درجه‌بندی وسیله اندازه‌گیری بخش‌پذیر باشد، می‌توانیم این مقدار را دقیق‌تر اندازه بگیریم. کوچک‌ترین درجه‌بندی پیمانه‌های مدرج (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب برابر  $2 \text{ cm}^3$ ،  $3 \text{ cm}^3$  و  $4 \text{ cm}^3$  است که مقدار  $46 \text{ cm}^3$  فقط بر  $2 \text{ cm}^3$  بخش‌پذیر است و در نتیجه توسط پیمانه (۱)، حجم مایع دقیق‌تر اندازه‌گیری می‌شود.

۷۱ با توجه به داده‌های مسأله و کمک گرفتن از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  داریم:

$$\rho_A = 1/5 \rho_B, (V_B = 500 \text{ cm}^3 \Rightarrow m_B = 200 \text{ gr})$$

$$(V_A = 200 \text{ cm}^3 \Rightarrow m_A = ?)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{200}{500} = 0/4 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

$$\rho_A = 1/5 \rho_B \rightarrow \rho_A = 1/5 \times 0/4 = 0/08 \text{ gr} / \text{cm}^3$$

$$\rho_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow m_A = \rho_A V_A = 0/08 \times 200 = 120 \text{ gr}$$

### نکته دیگر

برای مقایسه چگالی دو ماده با توجه به رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  می‌توان نوشت:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow 1/5 = \frac{m_A}{200} \times \frac{500}{200}$$

$$\Rightarrow m_A = 120 \text{ gr}$$

۷۲ گام اول: ابتدا جرم جسم را از رابطه زیر برحسب گرم به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 4 \times (2 \times 2 \times 2) = 32 \text{ gr}$$

حجم مکعب برحسب  $\text{cm}^3$   
واحد  $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

گام دوم: در ادامه با توجه به استراتژی تبدیل واحد به صورت زنجیره‌ای داریم:

$$m = 32 \text{ gr} = 32 \text{ gr} \times \frac{1 \text{ قیراط}}{200 \times 10^{-3} \text{ gr}} = 160 \text{ قیراط}$$

۷۳ ابتدا باید دقت شود که دسی‌متر یعنی  $10^{-1} \text{ m}$  و دسی‌متر مکعب، معادل

$$1 (\text{dm})^3 = 1 \times (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ است.}$$

در SI، یکاهای کمیت‌های جرم، چگالی و حجم به ترتیب  $\text{kg}$ ،  $\text{kg} / \text{m}^3$  و  $\text{m}^3$  است. بنابراین ابتدا باید داده‌های سؤال را به یکای آن‌ها در SI تبدیل کنیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{جرم: } m = 5 \text{ gr} = 5 \times (10^{-3} \text{ kg}) = 5 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ \text{حجم: } V = 0/002 \text{ dm}^3 = 0/002 \times (10^{-1} \text{ m})^3 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{5 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}} = 2/5 \times 10^3 \text{ kg} / \text{m}^3$$

۷۴ دو لیتر خون معادل با  $2000 \text{ cm}^3$  بوده و جرم آن برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 1/05 = \frac{m}{2000} \Rightarrow m = 2100 \text{ gr} = 210 \text{ dagr}$$

### تذکره

برای تبدیل گرم به دکاگرم، آن را در  $10^{-1}$  ضرب کرده‌ایم:

$$1 \text{ dagr} = 10^1 \text{ gr} \rightarrow 1 \text{ gr} = 10^{-1} \text{ dagr}$$

۴)  $456 \text{ mgr}$  دقت اندازه‌گیری  $\rightarrow$  به صورت یک عدد تنها و بدون ممیز

معادل با mgr  $\Rightarrow 1 \times (10^{-3} \text{ gr}) = 0/001 \text{ gr}$

دقت اندازه‌گیری در هر سه گزینه (۱)، (۲) و (۳) برابر  $0/01 \text{ gr}$  و در گزینه (۴) برابر  $0/001 \text{ gr}$  است.

۶۶ ابتدا مرتبه آخرین رقم سمت راست در هر چهار مورد را برحسب یک واحد یکسان (مثلاً متر) به دست می‌آوریم تا متوجه شویم که کدام اندازه‌گیری با دقت بیشتری انجام شده است.

### بررسی موارد

الف)  $2/420 \times 10^6 \text{ mm} \Rightarrow$  مرتبه آخرین رقم سمت راست  $0/001 \times 10^6 \text{ mm}$   
مرتبه آخرین رقم سمت راست  $0/001 \times 10^6 \text{ mm}$

$$\Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = 0/001 \times 10^6 \times (10^{-3} \text{ m}) = 1 \text{ m}$$

ب)  $2/4200 \times 10^3 \text{ m} \Rightarrow$  مرتبه آخرین رقم سمت راست  $0/0001 \times 10^3 \text{ m}$   
مرتبه آخرین رقم سمت راست  $0/0001 \times 10^3 \text{ m}$

$$\Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = 0/1 \text{ m}$$

ج)  $2/42 \text{ km} \Rightarrow$  مرتبه آخرین رقم سمت راست  $0/01 \text{ km}$   
مرتبه آخرین رقم سمت راست  $0/01 \text{ km}$

$$\Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = 0/01 \times (10^3 \text{ m}) = 10 \text{ m}$$

د)  $242000 \text{ cm} \Rightarrow$  مرتبه آخرین رقم سمت راست  $1 \text{ cm}$   
مرتبه آخرین رقم سمت راست  $1 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = 1 \times (10^{-2} \text{ m}) = 0/01 \text{ m}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با به دست آوردن مرتبه آخرین رقم سمت راست برای هر یک از اعداد داده شده، در حالت (د) بیشترین دقت اندازه‌گیری و در حالت (ج) کم‌ترین دقت اندازه‌گیری را داریم.

۶۷ با توجه به متن کتاب درسی، دقت وسیله اندازه‌گیری، مهارت شخص آزمایشگر و تعداد دفعات انجام آزمایش، از عواملی هستند که بر خطای آزمایش و دقت اندازه‌گیری در آن مؤثر هستند (۳ مورد). از طرفی یکای مورد استفاده برای گزارش مقدار کمیت‌های اندازه‌گیری شده و همین‌طور دیجیتالی بودن یا نبودن وسیله اندازه‌گیری، ارتباطی با مقدار دقت و خطای آزمایش ندارند.

۶۸ برای پاسخ دادن به این سوال، به نکات زیر توجه کنید:

۱) مهارت شخص آزمایشگر در انجام آزمایش و خواندن نتیجه آن از عوامل مؤثر بر دقت و خطای نتایج به دست آمده است که این شکل نشان‌دهنده همین موضوع است.

۲) برای آن‌که عدد خوانده شده دقیق‌تر باشد، شخص باید به‌طور عمود به خط‌کش نگاه کند، بنابراین عدد خوانده شده از مکان B دقیق‌تر خواهد بود.

۳) محل تقاطع خط‌چین با خط‌کش، معادل عددی است که شخص می‌خواند، بنابراین عدد خوانده شده از مکان C بزرگ‌تر از B و عدد خوانده شده از مکان B بزرگ‌تر از A خواهد بود.

۶۹ اختلاف بین اندازه‌گیری‌های اول و ششم با سایرین خیلی زیاد است (داده‌های پرت) و از آن‌ها صرف‌نظر کرده و به صورت زیر میانگین‌گیری می‌کنیم:

$$\text{جرم جسم} = \frac{8/2 + 8/3 + 8/4 + 8/3}{4} = 8/3 \text{ kg}$$

از طرفی این اندازه‌گیری با یک ترازوی دیجیتالی با دقت  $100 \text{ gr}$  یا  $0/1 \text{ kg}$  انجام شده