

۱ ۲ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

(تست های ۱ تا ۱۳)

### دانش فیزیک و مدل سازی پدیده ها در آن

خلاصه نکات

#### شناخت دانش فیزیک

فیزیک از بنیادی ترین دانش ها و شالوده تمام مهندسی ها و فناوری هاست 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، مدل ها و نظریه های فیزیکی توسط آزمایش بررسی شوند.
  - ۲ نظریه های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نبوده و دچار تغییر می شوند.
  - ۳ ویژگی آزمون پذیری و اصلاح نظریه های فیزیکی، از نقاط قوت دانش فیزیک محسوب می شود.
  - ۴ تفکر نقادانه و اندیشه ورزی فعال فیزیک دانان نسبت به پدیده ها، بیشترین نقش را در پیشبرد و تکامل علم فیزیک ایفا کرده است.
  - ۵ مفهوم قانون و اصل در فیزیک:
- قانون:** گزاره کلی و در عین حال مختصر است که برای دامنه وسیعی از پدیده های گوناگون طبیعت معتبر می باشد (مانند قوانین نیوتون).
- اصل:** برای توصیف دامنه محدودتری از پدیده های فیزیکی که عمومیت کمتری دارند، از اصل استفاده می کنیم (مانند اصل پاسکال).

#### مدل سازی در فیزیک

پدیده های فیزیکی که در اطراف ما رخ می دهند، پیچیدگی های بسیاری را به همراه دارند. از این رو برای تحلیل آن ها، باید بتوانیم کمی آن ها را ساده تر کنیم. **مدل سازی در فیزیک**، فرایندی است که در طی آن یک پدیده فیزیکی، آن قدر ساده و آرمانی می شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم گردد. البته در عین حال نباید به اصل مسأله خدش های وارد شود. در واقع فقط عوامل اصلی و تعیین کننده را لحاظ کرده و از اثرهای جزئی صرف نظر می کنیم. برای درک بهتر مدل سازی در فیزیک به مثال زیر توجه کنید:

#### مثال مدل سازی حرکت توپ بسکتبال در هوا:

یک توپ بسکتبال پرتاب شده در هوا را در نظر بگیرید. در حرکت این توپ عوامل بسیار زیادی تأثیرگذار هستند. از جمله می توان 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 می چرخد، وزن توپ با تغییر فاصله از مرکز زمین تغییر می کند و ...

اگر ما بخواهیم اثر تمام این عوامل را لحاظ کنیم، تحلیل ما بسیار پیچیده و مشکل می شود. از این رو با یک مدل سازی ساده تر می توان موارد زیر را در نظر گرفت:

توپ را همانند یک جسم نقطه ای یا ذره در خلأ در نظر گرفته که اثر عوامل ذکر شده (مانند مقاومت هوا و اثر وزش باد) را دیگر لحاظ نمی کنیم. هم چنین از تغییر وزن آن در اثر تغییر ارتفاع نیز صرف نظر می کنیم. از این رو می توانیم به راحتی به تحلیل حرکت آن بپردازیم.



نمونه های کامل تر از مدل سازی رو تو تست های این قسمت براتون آوریم تا رو این بحث کاملاً مسلط بشید...

با توجه به توضیحات کتاب درسی، گزینه (۲) صحیح است.

۲ ۴ ویژگی آزمون پذیری و اصلاح نظریه های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است و نقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش و تکامل شناخت ما از طبیعت پیرامون داشته است، بنابراین گزینه (۴) نادرست است.

۳ ۳ دانشمندان برای بیان قانون های فیزیکی از گزاره های کلی و در عین حال مختصر استفاده می کنند، بنابراین گزینه (۳) نادرست است. سایر گزینه ها در رابطه با مفاهیم قانون و اصل در علم فیزیک صحیح هستند.

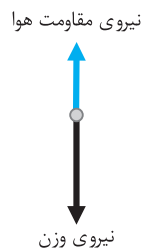
**۳۴** مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که در آن اثرهای مهم و تعیین‌کننده برای یک پدیده فیزیکی در نظر گرفته می‌شود و پدیده‌ها تا حد امکان ساده‌سازی می‌شوند نه جزئی‌سازی. بنابراین گزینه (۳) نادرست است.

**۳۵** 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 می‌گیریم، آن‌گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کند که وقتی توپی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود! این توضیحات یعنی نمی‌توان از اثر نیروی گرانش صرف‌نظر کرد.

**۳۶** برای مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی، اثرهای جزئی‌تر را نادیده می‌گیریم. هنگامی که یک گلوله سنگین و کوچک را از بالای ساختمانی رها می‌کنیم، عامل اصلی حرکت آن، نیروی وزن است و از نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت آن می‌توانیم صرف‌نظر کنیم، بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

**تذکر** اگر مقاومت هوا در برابر سقوط قطره باران وجود نداشته باشد، تندی حرکت قطره بر روی سطح زمین بسیار زیاد می‌شود، به طوری که با برخورد آن به زمین صدمه‌های بسیاری ایجاد می‌شود. هم‌چنین عاملی که باعث می‌شود تندی چترباز کاهش یابد تا در اثر سقوط به شخص صدمه وارد نشود، نیروی مقاومت هوا است. بنابراین مقاومت هوا عاملی مهم در نحوه حرکت چترباز بوده و نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

**۳۷** هنگام مدل‌سازی پدیده‌های فیزیکی، فقط می‌توانیم آثار جزئی را نادیده بگیریم. با توجه به این‌که ارتفاع درخت کم است، تغییرات شتاب جاذبه ( $g$ ) و در نتیجه تغییرات وزن برگ ( $mg$ )، هنگام پایین آمدن قابل صرف‌نظر کردن است. دقت کنید که با توجه به این‌که سطح مقطع برگ، بزرگ و جرم آن کم است، بنابراین در مورد حرکت برگ نمی‌توانیم از اثر مقاومت هوا چشم‌پوشی کنیم، چون عاملی مهم و تعیین‌کننده در نحوه حرکت برگ است.



**۳۸** در هنگام سقوط برگ، 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 برگ، یعنی به سمت بالا است. با توجه به آن‌که برگ با شتاب به سمت پایین می‌آید، نیروی وزن وارد بر آن از نیروی مقاومت هوا بزرگ‌تر است و می‌توانیم حرکت برگ را به شکل مقابل مدل‌سازی کنیم (طول هر یک از بردارها متناسب با بزرگی آن رسم شده است).

**۳۹** 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 این موضوع در مدل‌سازی لحاظ شود.

**۳۱۰** 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 حرکت می‌کند، بنابراین نیروی دست شخص باید بیشتر از نیروی اصطکاک باشد، پس گزینه (۳) صحیح است (دقت شود برای مدل‌سازی حرکت این جسم، آن را به صورت نقطه‌ای در نظر می‌گیریم).

**۳۱۱** در مدل‌سازی حرکت کمد بر روی سطح شیبدار، نیروی وزن کمد، نیرویی که شخص به کمد وارد می‌کند و زاویه سطح شیبدار ( $\theta$ )، عوامل اصلی مؤثر بر حرکت کمد هستند. سایر عوامل مانند شکل کمد، مقاومت هوا و تغییرات وزن کمد هنگام بالا رفتن، جزئی هستند و می‌توانیم از آن‌ها صرف‌نظر کنیم.

**۳۱۲** 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.

**۴۱۳** 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.

**۴۱۴** برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

(تست‌های ۱۳ تا ۲۸)

### کمیت‌ها و یکاهای مختلف فیزیکی

### خلاصه نکات

تو این قسمت، اول مفاهیم کمیت و یگا رو می‌شناسیم و بعدش میریم سراغ دسته‌بندی‌های مختلف اون‌ا. آفر کاری هم، رو مفهوم سازگاری یگاها تو به معادله دلفواه کار می‌کنیم ...

### کمیت و یگا

ابتدا شما را با دو تعریف مهم کمیت و یگا 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.

**تذکر** پدیده‌هایی مانند خوشحالی یک نفر، شور و اشتیاق افراد برای انجام یک کار و ... که مقدار آن‌ها را نمی‌توان اندازه‌گیری کرد، کیفیت نامیده می‌شود.

**یکای:** 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 یا یکای اندازه‌گیری سرعت یک جسم،  $\frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}$  است.

**دقت:** اگر برای هر کمیت یکای تعریف شده و معینی نداشته باشیم، ارقام حاصل از اندازه‌گیری آن برای ما بی‌معنا خواهد بود. مثلاً ما یک متر را می‌شناسیم و به همین دلیل ارتفاع ۲۰ متری برای یک درخت را می‌توانیم تجسم کنیم.

**تذکر:** یکای انتخاب شده 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 تعریف‌شده 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)

۲) سایر کمیت‌های فیزیک، کمیت‌هایی هستند که یکای (واحد) آن‌ها مستقل نبوده و یکای آن‌ها 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 مرتبط	متر بر ثانیه m / s	متر بر مجذور ثانیه m / s <sup>2</sup>	پاسکال یا کیلوگرم بر متر مجذور ثانیه Pa یا kg / m.s <sup>2</sup>	مترمکعب m <sup>3</sup>	مترمربع m <sup>2</sup>

**نکته:** در برخی از مواقع در سؤالات خواسته می‌شود که یکای یک کمیت فرعی را برحسب یکاهای فرعی و 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 ۱) واحد کمیت سرعت را چگونه می‌توان به واحد کمیت‌های اصلی مرتبط کرد؟**

**پاسخ:** رابطه‌ای از سرعت را به‌خاطر می‌آوریم، بنابراین می‌توان نوشت:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \text{واحد سرعت} \equiv \frac{\text{واحد } \Delta x \text{ (جابه‌جایی)}}{\text{واحد } \Delta t \text{ (زمان)}} \equiv \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}} \text{ (m / s)}$$

**تمرین ۲) واحد کمیت نیرو (یعنی نیوتون) را چگونه می‌توان به واحد کمیت‌های اصلی مرتبط کرد؟**

**پاسخ:** با توجه به رابطه  $F = ma$ ، می‌توان نوشت:

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

### 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  
 ۱۶۵ cm : کمیت نرده‌ای طول

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

زمان، جرم، طول، تندی، 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.

۱۰  $\frac{m}{s^2}$  : کمیت برداری شتاب  
 (به طرف شرق) جهت

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

جاب‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و ...

**تذکر** از حاصل ضرب یک کمیت نرده‌ای در یک کمیت برداری، یک کمیت برداری جدید به دست می‌آید. به‌طور 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:

$\vec{F} = m\vec{a}$  جرم، عددی مثبت است.  $\vec{a}$  و  $\vec{F}$  همواره در جهت یکدیگر هستند.

$\vec{A} = K\vec{M}$  اگر  $K$  منفی باشد.  $\vec{M}$  و  $\vec{A}$  همواره در خلاف جهت یکدیگر هستند.

### سازگاری یکاها در یک رابطه فیزیکی

به‌طور 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 داده‌شده در رابطه را به یکاهای SI تبدیل کنیم. به‌عنوان 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:

$$F = ma = (0.1 \text{ kg}) \times (2 \frac{m}{s^2}) = 0.2 \text{ N}$$

یکای SI جرم ← ۰/۱ کیلوگرم  
 یکای SI نیرو ← ۰/۲ نیوتون  
 یکای شتاب ←  $\frac{m}{s^2}$

برای درک بهتر سازگاری یکاها تو به معارله، به مثال زیر توجه کنید:

**مثال** 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.

موضوع بسیار مهمی که باید به آن توجه داشته باشیم این است که اگر چند عبارت را بتوان با هم جمع 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 جمع‌پذیر باشند، ثانیاً با توجه به این‌که 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:

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

برحسب متر (m)

مجموعه یکاهای مورد توافق بین‌المللی را به اختصار یکاهای SI می‌نامند که معمولاً یکاهایی هستند که در مجامع علمی دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکای کمیت‌های اصلی به صورت مستقل تعریف می‌شود و یکای کمیت‌های فرعی را می‌توان برحسب یکاهای اصلی تعیین کرد، بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۳ ۱۵ قوانین فیزیک با کمک روابط ریاضی، کمیت‌های مختلف فیزیکی را به یکدیگر مرتبط می‌سازند. با توجه به این موضوع، یکای کمیت‌های فرعی برحسب یکای کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند و نیازی به تعریف تعداد زیادی یکا (واحد) برای کمیت‌های مختلف نمی‌باشد.

۳ ۱۶ 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 گزینه (۳) نادرست است.

۲ ۱۷ اگر یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان و یکای زمان را تعداد ضربان قلب شخص در نظر بگیریم، مشکل اصلی این انتخاب، آن است که این یکاها کاملاً تغییرپذیر است. از این رو این موارد را نباید یکای کمیت‌های طول و زمان در نظر گرفت.

۲ ۱۸ 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.

۴ ۱۹ 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 می‌باشند، بنابراین گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳) نادرست است.

۳ ۲۰ طول و جرم از کمیت‌های اصلی هستند، در حالی که مساحت یک کمیت فرعی است، زیرا یکای آن (مترمربع) وابسته به یکای طول یعنی متر (m) است.

**تذکر**

در مورد نیرو نیز همین موضوع برقرار است و یکای آن برحسب کمیت‌های فرعی بیان می‌شود:

$$F = ma \Rightarrow \text{واحد نیرو} \equiv \frac{\text{متر}}{\text{مجدور ثانیه}} \times \text{کیلوگرم} \Rightarrow 1N \equiv 1kg \cdot m / s^2$$

۳ ۲۱ با توجه به تعریف کمیت و یکا که در خلاصه نکات (۲) به آن اشاره کردیم و همچنین با در نظر گرفتن جدول زیر، گزینه (۳) صحیح است.

کمیت اصلی	جرم	طول	زمان	دما	مقدار ماده	شدت جریان	شدت روشنایی
یکای اصلی	کیلوگرم	متر	ثانیه	کلوین	مول	آمپر	کندلا

۴ ۲۲ کمیت‌های انرژی جنبشی، شار مغناطیسی و فشار که در گزینه (۴) مطرح شده‌اند، همگی از کمیت‌های فرعی و نرده‌ای محسوب می‌شوند. 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.

۳ ۲۳ 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).

۲ ۲۴ کمیت تندی یک کمیت فرعی و نرده‌ای است، بنابراین گزینه (۲) صحیح است. سایر گزینه‌ها با توجه به متن کتاب درسی نادرست هستند.

۲ ۲۵ برای حل این سؤال، هر یک از گزینه‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم:

(۱)

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

$$W = Fd \Rightarrow \text{یکای کار یا انرژی} \equiv \text{یکای جابجایی} \times \text{یکای نیرو} \equiv kg \cdot \frac{m}{s^2} \times m = kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$$

(۲)

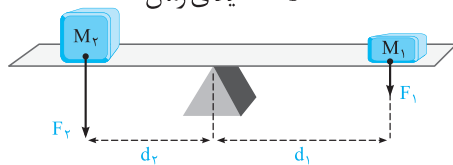
$$\text{یکای نیرو} \equiv kg \cdot \frac{m}{s^2} \quad \text{یکای مساحت} \equiv m^2$$

$$\text{بنابراین گزینه (۲) نادرست است.} \quad \frac{kg \cdot \frac{m}{s^2}}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2} \quad \text{یکای فشار} \equiv \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای مساحت}} = \frac{kg \cdot \frac{m}{s^2}}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

(۳) شدت روشنایی کمیتی اصلی است و یکای آن کندلا (شمع) است.

(۴) تندی یک جسم برابر مسافت طی شده توسط آن در واحد زمان است و یکای آن m/s می‌باشد.

$$\text{یکای تندی} \equiv \frac{\text{یکای مسافت}}{\text{یکای زمان}} = \frac{m}{s}$$



۲ ۲۶ گشتاور نیرو عاملی است که باعث چرخش می‌شود. مثلاً در شکل مقابل، 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 می‌آید:

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

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

۳۲۷ برای حل این سؤال، یکاهای انرژی و نیرو را برحسب یکاهای اصلی محاسبه می‌کنیم:  
محاسبهٔ یکای نیرو:

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

محاسبهٔ یکای انرژی:  $\text{یکای انرژی} \equiv \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$   $\Rightarrow$  یکای جابه‌جایی  $\times$  یکای نیرو  $\equiv$  یکای انرژی (یا کار)  $\Rightarrow$  جابه‌جایی  $\times$  نیرو = کار

همان‌طور که مشاهده می‌کنیم، برای تعریف یکای کمیت‌های نیرو و انرژی، از ۳ یکای اصلی kg, m, s استفاده می‌کنیم، بنابراین  $\alpha = \beta = 3$  است.  $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{3}{3} = 1$

۳۲۸ برای حل این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: یکای نیرو در SI برابر است با:  
 $F = ma \Rightarrow F \text{ یکای} \equiv \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

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

$$k = -\frac{F}{x} \Rightarrow k \text{ یکای} \equiv \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{m}} \equiv \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

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

۳۲۹ برای حل این سؤال، یکای نیرو را برحسب یکاهای kg, m, s به دست می‌آوریم.

$$F = ma \Rightarrow \text{یکای نیرو} \equiv \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underbrace{\text{kg}}_b \times \underbrace{\text{m}}_c \times \underbrace{\left(\frac{1}{\text{s}}\right)^2}_d \Rightarrow \alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 2$$

۳۳۰ از آنجایی که عبارت سمت چپ رابطهٔ فرضی، یعنی x بیانگر کمیت طول در دستگاه SI است، بنابراین یکای هر یک از جمله‌های سمت راست رابطهٔ فرضی داده‌شده نیز باید بر حسب متر باشد:

$$[\alpha t^\gamma] = m \Rightarrow [\alpha] \cdot \text{s}^\gamma = m \Rightarrow [\alpha] = \frac{m}{\text{s}^\gamma}$$

$$\left[\frac{\beta}{t}\right] = m \Rightarrow m = \frac{[\beta]}{\text{s}} \Rightarrow [\beta] = m \cdot \text{s}$$

در ادامه با توجه به یکسان بودن یکای حجم و پارامتر فرضی  $\alpha^p \beta^q$ ، داریم:

$$[V] = [\alpha^p \beta^q] \Rightarrow m^3 = [\alpha]^p \times [\beta]^q \Rightarrow \left(\frac{m}{\text{s}^\gamma}\right)^p \times (m \cdot \text{s})^q = m^3$$

$$\Rightarrow \frac{m^p}{\text{s}^{\gamma p}} \times (m^q \cdot \text{s}^q) = m^3$$

$$\Rightarrow m^{(p+q)} \text{s}^{(q-\gamma p)} = m^3 \Rightarrow \begin{cases} q - \gamma p = 0 \Rightarrow q = \gamma p \Rightarrow \frac{p}{q} = \frac{1}{\gamma} \\ p + q = 3 \end{cases}$$

۳۳۱ می‌دانیم وقتی کمیتی برابر حاصل جمع چند کمیت دیگر است، یکای هر یک از جملات جمع‌شونده باید با یکای این کمیت برابر باشد، بنابراین

می‌توان نوشت:

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

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

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

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

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

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

۱۳۲ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

(تست‌های ۳۲ تا ۴۹)

### آشنایی با پیشوندها و نمادگذاری علمی

خلاصه نکات

در این خلاصه نکات می‌خواهیم سه مهارت پرکاربرد زیر را به‌دست آوریم:

#### 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 به‌صورت  $10^n$  هستند و کار ما را در نوشتن اعداد ساده‌تر می‌سازند. به‌عنوان مثال به جای این‌که بگوییم  $1000$  متر، می‌گوییم یک کیلومتر یا به جای  $0.1\%$  متر از یک سانتی‌متر استفاده می‌کنیم.

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

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

پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد  $\Leftarrow$

نام	دسی	سانتی	میلی	میکرو	نانو	پیکو
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 کوچک‌تر از واحد  $\Leftarrow$

پیشوندهای ریزه‌ای هم هست که نسبت به پیشوندهایی که گفتیم کاربردش کم‌تره و مفقی نیست، پندرتاشو ببینید:

نام	پتا	اِگزا	زِتا	یوتا
نماد	P	E	Z	Y
معنا	$\times 10^{15}$	$\times 10^{18}$	$\times 10^{21}$	$\times 10^{24}$
نام	فِمتو	آتو	زِپتو	یوکتو
نماد	f	a	z	y
معنا	$\times 10^{-15}$	$\times 10^{-18}$	$\times 10^{-21}$	$\times 10^{-24}$

پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد  $\Leftarrow$

پیشوندهای کوچک‌تر از واحد  $\Leftarrow$

#### 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 به‌صورت  $A = a \times 10^{\pm n}$  نمایش داده که  $a$  یک عدد حقیقی ( $1 < a < 10$ ) و  $n$  یک عدد طبیعی است. برای درک بهتر به مثال‌های زیر توجه کنید:

(۲) $12000 = 1.2 \times 10^4$ رقم ۴	(۱) $0.0000012 = 1.2 \times 10^{-6}$ رقم ۶
(۴) $1034800 = 1.034800 \times 10^6$ رقم ۷	(۳) $0.0040801 = 4.0801 \times 10^{-3}$ رقم ۳

توجه

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

**مهارت سوم (استراتژی تبدیل یگا 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 بر حسب 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:

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

یعنی  $10^{-2}$

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

**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 مورد نظر را در یک **عامل تبدیل** (یعنی نسبتی از یکاها که برابر یک است) ضرب می‌کنیم. برای مثال، چون  $1 \text{ m}$  برابر  $100 \text{ cm}$  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  $\text{cm}$  را در عدد  $12 \text{ cm}$ ، به صورت زیر به  $\text{m}$  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 ۱** ۷۲ کیلومتر بر ساعت چند متر بر ثانیه است؟

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

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

$$v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \xrightarrow[\text{تبدیل ساعت به ثانیه در مخرج}]{\text{تبدیل کیلومتر به متر در صورت}} v = 72 \times \frac{1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 72 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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

$$v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = (72 \frac{\text{km}}{\text{h}}) \times (1) \times (1) = (72 \frac{\text{km}}{\text{h}}) \times \left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) \times \left( \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

عامل تبدیل برای  $\text{m}$  به  $\text{km}$       عامل تبدیل برای  $\text{s}$  به  $\text{h}$

**تذکر** در تمرین ۱، از شیوه تبدیل یکای  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  به  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  در استراتژی دوم که مدنظر کتاب پایه دهم است، موارد بسیار مهم زیر برداشت می‌شود:

۱ با توجه به این‌که یکای  $\text{km}$  به  $\text{m}$  و یکای  $\text{h}$  به  $\text{s}$  باید تبدیل شود، عملاً به دو عامل تبدیل نیاز داریم.

۲ در نوشتن عامل تبدیل مرتبط با تبدیل واحد  $\text{h}$  به  $\text{s}$ ، چون  $\text{h}$  در مخرج یکای  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  است، در عامل تبدیل برای ساده شدن،  $\text{h}$  باید در صورت و  $\text{s}$  در مخرج باشد. همین تفکر برای  $\text{km}$  نیز حاکم است. به ساده شدن‌ها در رابطه زیر توجه کنید:

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \times 60 \text{ s}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

متر می‌ماند      ثانیه می‌ماند

**تمرین ۲** جرم جسمی  $0.05$  میلی‌گرم اندازه‌گیری شده است. جرم این جسم به صورت نمادگذاری علمی چند مگاگرم است؟

**پاسخ** برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

**گام اول:** ابتدا میلی‌گرم را به گرم و سپس گرم را به مگاگرم تبدیل می‌کنیم:

$$m = 0.05 \text{ mgr} = 0.05 \times 10^{-3} \text{ gr} \xrightarrow[\text{مگاگرم}]{\text{تبدیل گرم به}} m = 0.05 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \text{ Mgr} = 0.05 \times 10^{-9} \text{ Mgr}$$



**تذکر** به طور کلی این گونه به خاطر بسپاریم که برای تبدیل واحد بزرگ مگاگرم به واحد کوچک گرم (قطعه‌های کوچک‌تر) باید تعداد آن‌ها افزایش یابد، یعنی باید در  $10^6$  ضرب کنیم. از طرفی برای تبدیل واحد کوچک گرم به واحد بزرگ مگاگرم (قطعه‌های بزرگ‌تر) باید تعداد آن‌ها کاهش یابد، یعنی در  $10^6$  ضرب کنیم.

$$1 \text{ Mgr} = 10^6 \text{ gr} \Rightarrow 1 \text{ gr} = 10^{-6} \text{ Mgr}$$

واحد بزرگ واحد کوچک واحد کوچک واحد بزرگ

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

$$m = 0.005 \times 10^{-9} \text{ Mgr} = 5 \times 10^{-3} \times 10^{-9} \text{ Mgr} = 5 \times 10^{-12} \text{ Mgr}$$

عدد صحیح  $1 \leq a < 10$       رقم ۳

**تمرین ۳** زمان انجام یک واکنش بسیار سریع،  $40$  میکروثانیه است. زمان انجام این واکنش مطابق شیوه نمادگذاری علمی، چند پیکوثانیه است؟ (تألیفی)

(۱)  $40 \times 10^6$       (۲)  $4 \times 10^7$       (۳)  $40 \times 10^3$       (۴)  $4 \times 10^4$

**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:

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

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

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

یک رقم

**دقت:**

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

می‌دانیم که هر لیتر (معادل با)  $1000$  سانتی متر مکعب است و داریم:

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

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

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

**۳ ۳۳** ابتدا جرم هسته را بر حسب نانوگرم به دست می‌آوریم و سپس آن را به صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$\text{جرم هسته} = 1677 \times 10^{-30} \text{ kg} \xrightarrow[\text{یکای SI جرم}]{\text{تبدیل kg به gr}} 1677 \times 10^{-30} \times (10^3 \text{ gr}) \xrightarrow[\text{تبدیل gr به ng}]{\text{تبدیل gr به ng}} 1677 \times 10^{-30} \times 10^3 \times (10^9 \text{ ng}) = 1677 \times 10^{-18} \text{ ng}$$

$$\Rightarrow \text{جرم هسته به صورت نمادگذاری علمی} = 1677 \times 10^{-18} \text{ ng}$$

**۳ ۳۴** ابتدا فاصله بین دو شهر را بر حسب پیکومتر (pm) به دست می‌آوریم و سپس آن را به صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$\text{فاصله} = 78 \text{ km} \xrightarrow[\text{به m}]{\text{تبدیل km به m}} 78 \times (10^3 \text{ m}) \xrightarrow[\text{به pm}]{\text{تبدیل m به pm}} 78 \times 10^3 \times (10^{12} \text{ pm}) = 78 \times 10^{15} \text{ pm}$$

$$\Rightarrow \text{فاصله به صورت نمادگذاری علمی} = 78 \times 10^{15} \text{ pm} \Rightarrow n = 16$$

**۳ ۳۵** برای حل این سؤال، اعداد داده شده در هر یک از گزینه‌ها را بر حسب کیلوگرم محاسبه می‌کنیم:

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

$$2) \quad 5 \times 10^7 \text{ mg} \xrightarrow[\text{تبدیل mg به gr}]{\text{تبدیل mg به gr}} 5 \times 10^7 \times (10^{-3} \text{ gr}) \xrightarrow[\text{تبدیل gr به kg}]{\text{تبدیل gr به kg}} 5 \times 10^7 \times 10^{-3} \times (10^{-3} \text{ kg}) = 50 \text{ kg}$$

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

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

طبق صورت سؤال، حداکثر جرمی که می‌توان بر روی میز شیشه‌ای قرار داد برابر  $25 \text{ kg}$  است. فقط در گزینه (۳)، جرم جسم از  $25 \text{ kg}$  کم‌تر است و در نتیجه شیشه میز نمی‌شکند.

با توجه به تمرین (۳) در خلاصه نکات (۳)، گزینه (۲) صحیح است. ۲ ۳۶

برای مقایسه دو مقدار، باید هر دو برحسب یک واحد یکسان بیان شوند؛ بنابراین در هر یک گزینه‌ها، باید کمیت‌ها را با واحد یکسان محاسبه کنیم. ۲ ۳۷

$$3/8 \times 10^{-4} \text{ km} \xrightarrow{\text{تبدیل km به m}} 3/8 \times 10^{-4} \times (10^3 \text{ m}) \xrightarrow{\text{تبدیل m به dm}} 3/8 \times 10^{-4} \times 10^3 \times (10 \text{ dm}) = 3/8 \text{ dm} < 54 \text{ dm} \quad (1)$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

$$9/8 \times 10^6 \text{ Mm} \xrightarrow{\text{تبدیل Mm به m}} 9/8 \times 10^6 \times (10^6 \text{ m}) \xrightarrow{\text{تبدیل m به pm}} 9/8 \times 10^6 \times 10^6 \times (10^{12} \text{ pm}) = 9/8 \times 10^{24} \text{ pm} < 2/7 \times 10^{25} \text{ pm} \quad (2)$$

بنابراین گزینه (۲) نادرست است.

$$100 \text{ hm}^2 \xrightarrow{\text{تبدیل هکتار (hm}^2\text{) به m}^2} 100 \times (100 \text{ m})^2 \xrightarrow{\text{تبدیل m}^2 \text{ به dam}^2} 100 \times 10^4 \times (10^{-1} \text{ dam})^2 = 10000 \text{ dam}^2 \quad (3)$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

$$1 \text{ Gm}^2 \xrightarrow{\text{تبدیل Gm}^2 \text{ به m}^2} 1 \times (10^9 \text{ m})^2 \xrightarrow{\text{تبدیل m}^2 \text{ به km}^2} 10^{18} \times (10^{-3} \text{ km})^2 = 10^{12} \text{ km}^2 > 1000 \text{ km}^2 \quad (4)$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

ابتدا حجم و ضخامت گلوله قرمز را به ترتیب برحسب  $m^3$  و  $m$  محاسبه می‌کنیم: ۱ ۳۸

$$\text{حجم} : V = 10^{11} \text{ nm}^3 = 10^{11} \times (10^{-9} \text{ m})^3 = 10^{-16} \text{ m}^3$$

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

$$V = A \cdot h \Rightarrow 10^{-16} = A \times 2/5 \times 10^{-6} \Rightarrow A = \frac{10^{-16}}{2/5 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{-11} \text{ m}^2$$

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

$$A = 4 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \xrightarrow{\text{تبدیل m}^2 \text{ به mm}^2} 4 \times 10^{-11} \times (10^3 \text{ mm})^2 = 4 \times 10^{-5} \text{ mm}^2$$

برای به‌دست آوردن مساحت برحسب مترمربع ( $m^2$ )، کافی است طول و عرض آن را برحسب متر (m) بنویسیم و داریم: ۳ ۳۹

$$\begin{cases} \text{عرض صفحه} = 9 \text{ nm} = 9 \times 10^{-9} \text{ m} \\ \text{طول صفحه} = 0.2 \mu\text{m} = 0.2 \times 10^{-6} \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \text{مساحت صفحه مستطیلی} = \text{عرض} \times \text{طول} = 0.2 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-9} \text{ m}^2 = 1/8 \times 10^{-15} \text{ m}^2$$

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

طبق صورت سؤال در هر ثانیه،  $200 \text{ cm}^3$  آب هدر می‌رود، پس در هر ساعت، مقدار  $3600 \times 200 \text{ cm}^3$  آب هدر می‌رود. در نتیجه در مدت ۴ ۴۰

زمان ۱۰ ساعت، مقدار  $10 \times 3600 \times 200 \text{ cm}^3$  آب به هدر خواهد رفت.

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

به صورت زیر عمل می‌کنیم: ۳ ۴۱

$$1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g} = 10^9 \text{ kg}$$

$$F = ma \Rightarrow F = \boxed{10^9 \text{ kg}} \times \left( \frac{10^{-6} \text{ m}}{\text{s}^2} \right) = 10^3 \boxed{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}} = 1 \text{ kN}$$

برای محاسبه قد کودک برحسب فوت، با انتخاب عامل تبدیل‌های مناسب، از روش تبدیل زنجیره‌ای به‌صورت زیر کمک می‌گیریم: ۱ ۴۲

$$152/4 \text{ cm} = 152/4 \text{ cm} \times (1) \times (1) = 152/4 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ inch}}{2.54 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ inch}} = 5 \text{ ft}$$

برای پاسخ دادن به این سؤال، به‌صورت زیر از روش تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم: ۳ ۴۳

$$312 \text{ km} = 312 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ ذرع}}{1.4 \text{ cm}} = 3 \times 10^5 \text{ ذرع}$$

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

$$312 \text{ km} = 312 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ فرسنگ}}{1.4 \text{ ذرع}} \times \frac{1 \text{ فرسنگ}}{6000 \text{ ذرع}} = 5 \times 10^1 \text{ فرسنگ}$$

۳ ۴۴ برای پاسخ دادن به این سؤال، از روش تبدیل زنجیره‌ای به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$200 \text{ قیراط} = 200 \text{ قیراط} \times \frac{200 \text{ mgr}}{1 \text{ قیراط}} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mgr}} = 40 \text{ gr}$$

۲ ۴۵ برای حل، از روش تبدیل زنجیره‌ای به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$62208 \text{ kg} = 62208 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ متقال}}{4186 \text{ gr}} \times \frac{1 \text{ من تبریز}}{640 \text{ متقال}} \times \frac{1 \text{ خروار}}{100 \text{ من تبریز}} = 200 \text{ خروار} = 2 \times 10^2 \text{ خروار}$$

۲ ۴۶ یکای نجومی، معادل میانگین فاصله زمین تا خورشید است و این یعنی فاصله متوسط زمین تا خورشید، برابر ۱ AU می‌باشد.

۳ ۴۷ مسافتی که نور در یک سال طی می‌کند، برابر یک سال نوری می‌باشد، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta x = 1/5 \times 10^6 \text{ (سال نوری)} = 1/5 \times 10^6 \times c \Delta t \Rightarrow \Delta x = 1/5 \times 10^6 \times 3 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ m}$$

حال با تبدیل واحد، عدد به دست آمده را بر حسب یکای نجومی به دست می‌آوریم:

$$\Delta x = \frac{1/5 \times 10^6 \times 3 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ m}}{150 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m}}$$

$$\Rightarrow \Delta x = 9/4608 \times 10^1 \text{ AU}$$

۴ ۴۸ 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:

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

گام سوم: زمان مورد نظر برابر است با:

$$\text{زمان} = 1/185 \times 10^6 \mu\text{s} \xrightarrow{\text{نمادگذاری علمی}} \text{زمان} = 1/185 \times 10^6 \mu\text{s} = 18/5 \text{ s} = 3700 \text{ s} \Rightarrow 200 = \frac{\text{مسافت طی شده}}{\text{زمان}}$$

۲ ۴۹ ابتدا حجم آب و سطح مقطع ظرف را به ترتیب بر حسب  $\text{m}^3$  و  $\text{m}^2$  محاسبه می‌کنیم.

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

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

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

۲ ۵۰ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

(تست‌های ۵۰ تا ۶۷)

### دقت اندازه‌گیری

### خلاصه نکات

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

۱ دقت شخص آزمایشگر

۲ تعداد دفعات اندازه‌گیری

۳ کیفیت و دقت وسیله اندازه‌گیری مورد استفاده

در رابطه با موارد (۱) و (۲)، به نکات کاربردی زیر توجه کنید:

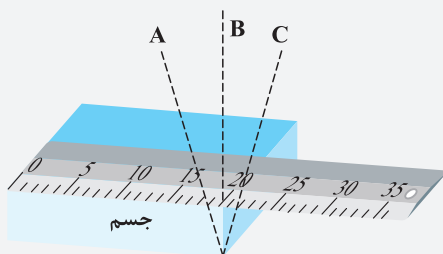
### نکات مهم و کاربردی

۱ 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.



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:

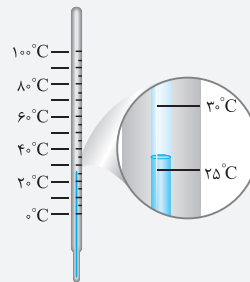
### دقت اندازه‌گیری در وسایل درجه‌بندی شده

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 ۱cm است.

**تمرین ۱** در شکل (۱)، دقت اندازه‌گیری توسط تندی‌سنج چند کیلومتر بر ساعت و در شکل (۲)، دقت اندازه‌گیری توسط دماسنج، چند درجه سلسیوس است؟

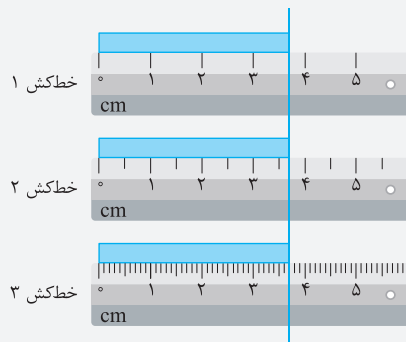


شکل (۱)



شکل (۲)

**پاسخ** با توجه به این‌که کوچک‌ترین تقسیم‌بندی تندی‌سنج برابر  $\frac{2}{h} \text{ km}$  است، دقت اندازه‌گیری این تندی‌سنج برابر  $\frac{2}{h} \text{ km}$  است. از سوی دیگر کوچک‌ترین تقسیم‌بندی دماسنج برابر  $5^\circ\text{C}$  بوده و دقت اندازه‌گیری آن نیز  $5^\circ\text{C}$  است.



**تمرین ۲** در سه تصویر نشان داده‌شده، دقت اندازه‌گیری توسط هر خطکش را با هم مقایسه کنید.

**پاسخ** خطکش ۱: کمینه درجه‌بندی این خطکش، برابر ۱cm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۱cm است.  
**خطکش ۲:** کمینه درجه‌بندی این خطکش، برابر ۰/۵cm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۰/۵cm است.  
**خطکش ۳:** کمینه درجه‌بندی این خطکش، برابر ۱mm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۱mm است.  
 با توجه به تقسیم‌بندی‌های ریزتر خطکش (۳)، با کمک آن می‌توان طول‌ها را دقیق‌تر اندازه‌گیری کرد.

### 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:



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، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

(۱)  $26/8^{\circ}\text{C} \pm 0/1^{\circ}\text{C}$   
 آخرین رقمی که دماسنج نشان می‌دهد

(۲)  $3/2^{\circ}\text{C} \pm 0/1^{\circ}\text{C}$   
 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 به جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به جای بقیه رقم‌ها عدد صفر گذاشت و ممیز در سر جای خود باقی می‌ماند. با این روش، دقت اندازه‌گیری برحسب واحد داده شده به دست می‌آید. به طور 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:

$$18/063 \xrightarrow{\text{محاسبه دقت اندازه‌گیری}} 0/0001 \text{ mm} \text{ یا } 0/0001 \text{ mm}$$

تمرین ۳ دو تندیس سنج دیجیتالی A و B، تندی اتومبیلی را به ترتیب  $25/2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  و  $25/20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  اندازه‌گیری کرده‌اند. دقت اندازه‌گیری کدام یک از این دو تندیس سنج بیشتر است؟

پاسخ برای هر یک از اندازه‌گیری‌های انجام شده، آخرین رقمی را که تندی سنج نشان می‌دهد، مدنظر قرار می‌دهیم:

A : اندازه‌گیری توسط A :  $25/2$  ، آخرین رقم  $0/2$  و دقت آن  $0/1$  است.  
 B : اندازه‌گیری توسط B :  $25/20$  ، آخرین رقم  $0/0$  و مرتبه آن  $0/01$  است.

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

### بررسی یک موضوع کاربردی



شکل ۱: کولیس



شکل ۲: ریزسنج

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. کمیته 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 کمیته 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. کمیته تقسیم‌بندی در ریزسنج دیجیتال برابر  $0/001 \text{ mm}$  است. در واقع با ریزسنج می‌توان مقادیر کوچک‌تری را اندازه گرفت.

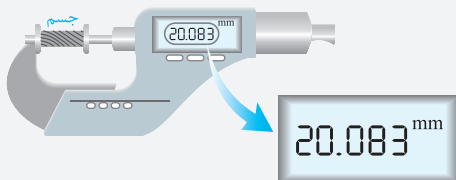
تمرین ۴ ریزسنج دیجیتالی، یکی از وسایلی است که به کمک آن با دقت بسیار زیادی می‌توان طول یک جسم را اندازه گرفت. شکل زیر نمایشی از یک اندازه‌گیری با ریزسنج دیجیتالی است. در رابطه با این ریزسنج، به موارد زیر پاسخ دهید:

الف) آخرین رقمی که ریزسنج در این اندازه‌گیری نشان می‌دهد، کدام است؟

ب) دقت اندازه‌گیری ریزسنج دیجیتالی چند میلی‌متر است؟

ج) طول واقعی این جسم در چه محدوده‌ای قرار می‌گیرد؟

پاسخ



$2/082 \text{ mm}$

آخرین رقم سمت راست

$2/082 \text{ mm} \pm 0/001 \text{ mm}$

الف) آخرین رقم سمت راست اندازه‌گیری عبارت است از:

ب) با توجه به مرتبه آخرین رقم سمت راست، دقت اندازه‌گیری برابر  $0/001 \text{ mm}$  است.

ج) با توجه به دقت اندازه‌گیری دستگاه، نمایش واقعی این عدد به صورت مقابل می‌باشد:

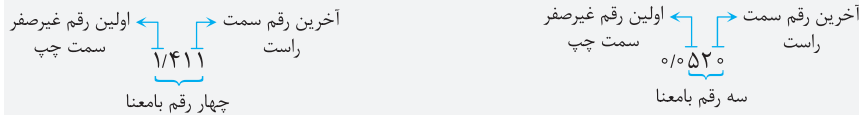
این موضوع یعنی طول واقعی این جسم در محدوده زیر قرار می‌گیرد:

$$2/084 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 2/082 \text{ mm} + 0/001 \text{ mm} \Rightarrow 2/082 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 2/083 \text{ mm} - 0/001 \text{ mm}$$

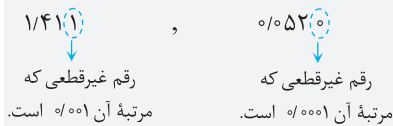
بیشتر بدانید: ارقام بامعنا و رقم غیرقطعی

رقم‌هایی را که بعد از اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می‌کنند، **رقم‌های بامعنا** می‌گویند. در رابطه با این موضوع به موارد زیر توجه کنید:

۱ برای شمارش ارقام معنادار از اولین عدد (غیرصفر) سمت چپ شروع می‌کنیم و تا آخرین رقم سمت راست (حتی صفرها) پیش می‌رویم. به‌عنوان مثال عدد ۱/۴۱۱ دارای چهار رقم بامعنا و عدد ۰/۰۵۲ دارای سه رقم بامعنا می‌باشد.



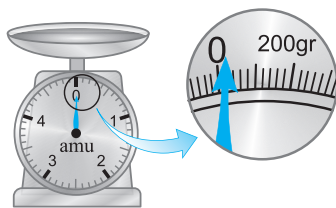
۲ آخرین رقم معنادار سمت راست را رقم غیرقطعی (حدسی) می‌گویند. به‌عنوان مثال در اعداد ۱/۴۱۱ و ۰/۰۵۲ داریم:



۳ در مقایسهٔ دو اندازه‌گیری، بدیهی است که هرچه مرتبهٔ رقم غیرقطعی کوچک‌تر باشد، یعنی حدس کم‌تری در اندازه‌گیری داشته‌ایم و اندازه‌گیری با وسیلهٔ دقیق‌تری انجام شده است.

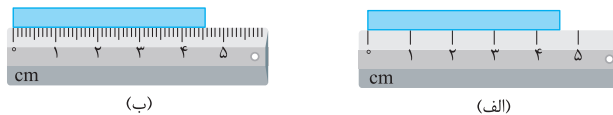
دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری، مهارت شخص آزمایشگر و تعداد دفعات انجام آزمایش، از عواملی هستند که بر خطای آزمایش و دقت اندازه‌گیری در آن مؤثر هستند (۳ مورد). از طرفی یکای مورد استفاده برای گزارش مقدار کمیت‌های اندازه‌گیری شده و همین‌طور دیجیتالی بودن یا نبودن وسیلهٔ اندازه‌گیری، ارتباطی با مقدار دقت و خطای آزمایش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

۳۵۱ 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.



۱۵۲ همان‌گونه که در صفحهٔ ترازو می‌بینیم، فاصلهٔ 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  $2 \times 10^1 \mu\text{g}$  است.

۱۵۳ همان‌طور که می‌دانیم، دقت اندازه‌گیری در وسایل مدرج، برابر کمینهٔ درجه‌بندی آن وسیله است. بنابراین در شکل‌های (الف) و (ب)، دقت اندازه‌گیری به ترتیب برابر ۱ cm و  $0.1 \text{ cm}$  است.



۳۵۴ کوچک‌ترین درجه‌بندی این خطکش برابر ۵ cm است. بنابراین دقت اندازه‌گیری این خطکش برابر  $5 \text{ cm}$  است.

۱۵۵ با توجه به شکل داده شده در صورت سؤال، کوچک‌ترین مقیاس دماسنج نشان داده شده برابر  $5^\circ\text{C}$  می‌باشد. بنابراین دقت اندازه‌گیری این وسیله، برابر  $5^\circ\text{C}$  است.

۳۵۶ ابتدا باید دقت شود، آن اندازه‌گیری دقیق‌تر است که مقادیر کوچک‌تری را بتواند اندازه بگیرد. برای بررسی راحت‌تر، مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست در گزینه‌ها را برحسب متر به دست می‌آوریم:

$$8/79 \text{ km} = 8/79 \times 10^3 \text{ m} \Rightarrow 0.01 \text{ km} = 0.01 \times 10^3 \text{ m} = 10 \text{ m} \quad (1)$$

↓

مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست

$$8/790 \times 10^6 \text{ mm} = 8/790 \times 10^6 \text{ mm} \Rightarrow 0.001 \times 10^6 \text{ mm} = 0.001 \times 10^6 \times 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ m} \quad (2)$$

↓

مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست

۳)  $1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$  مرتبه آخرین رقم سمت راست  $\Rightarrow 879000 \text{ cm}$

۴)  $10^{-1} \text{ m}$  مرتبه آخرین رقم سمت راست  $\Rightarrow 8/7900 \times 10^3 \text{ m}$

$\downarrow$   
مرتبه آخرین رقم سمت راست  $10^3 \times 0/0001$

بنابراین مرتبه آخرین رقم سمت راست در گزینه (۳) از همه کوچک تر است و در نتیجه دقت اندازه گیری در آن بیشتر می باشد.

دقت اندازه گیری برای وسایل دیجیتالی، یک واحد از آخرین رقمی است که خوانده می شود. بنابراین می توان نوشت:

دقت اندازه گیری  $0/01 \text{ A}$   $\rightarrow 3/25 \text{ A}$

۲۵۸) برای محاسبه دقت اندازه گیری در وسایل دیجیتالی، می توان به جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به جای بقیه رقم ها عدد صفر گذاشت و

ممیز در سر جای خود باقی بماند. با این روش، دقت اندازه گیری برحسب واحد داده شده به دست می آید. در این سؤال، عدد گزارش شده توسط آمپرسنج

دیجیتال برابر  $2/004 \text{ mA}$  است، بنابراین دقت اندازه گیری آن برحسب میکروآمپر برابر است با:  $1 \mu\text{A} = 0/001 \times 10^3 \mu\text{A} = 0/001 \text{ mA}$  : دقت اندازه گیری

**تذکر**

دقت شود هر میلی آمپر برابر  $10^3$  میکروآمپر است.  
 $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} = 10^{-3} \times 10^6 \mu\text{A} = 10^3 \mu\text{A} \Rightarrow 1 \text{ mA} = 10^3 \mu\text{A}$

۳۵۹) برای محاسبه دقت اندازه گیری ترازوی دیجیتالی A برحسب کیلوگرم، با توجه به این که عدد گزارش شده شامل سه رقم اعشار است، دقت

اندازه گیری آن به اندازه  $0/001$  واحد نوشته شده در جلوی عدد است:

$2/400 \text{ kg}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/001 \text{ kg}$

دقت :  $0/001 \text{ kg}$

از طرفی برای محاسبه دقت اندازه گیری ترازوی دیجیتالی B برحسب گرم (gr)، ابتدا دقت اندازه گیری آن را برحسب واحد نوشته شده در جلوی عدد، یعنی kg، به دست می آوریم و سپس دقت اندازه گیری آن را برحسب گرم محاسبه می کنیم:

$4/901 \text{ kg}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/0001 \text{ kg} = 0/0001 \times (10^3 \text{ gr}) = 0/1 \text{ gr}$

دقت :  $0/0001 \text{ kg}$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

**سؤال** به نظر شما دقت اندازه گیری ترازوی دیجیتالی A برحسب گرم چه قدر است؟

۱۶۰) با توجه به آخرین رقم اعشار در وسایل دیجیتالی می توان دقت اندازه گیری آن ها را تعیین کرد.

$2/006 \text{ mm}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/001 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$

ترازوی  $0/21 \text{ gr}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/01 \text{ gr} = 10^{-2} \text{ gr} = 10^{-5} \text{ kg}$

۱۶۱) کم ترین مقداری که ساعت اول می تواند اندازه گیری کند، ۱ دقیقه می باشد و در نتیجه دقت اندازه گیری این ساعت برابر ۱ دقیقه یا همان  $60$  ثانیه است.

از سوی دیگر دقت اندازه گیری ساعت دوم، برابر یک ثانیه است (چون کم ترین مقداری که می تواند اندازه گیری کند، برابر یک ثانیه است).

دقت اندازه گیری ۱ ثانیه است.  $12:00:00 \rightarrow$  ثانیه  
دقت اندازه گیری ۱ دقیقه یا  $60$  ثانیه است.  $12:00 \rightarrow$  دقیقه ساعت

۴۶۲) دقت اندازه گیری توسط دستگاه دیجیتالی در هر یک از گزینه ها را برحسب gr به دست می آوریم:

۱)  $35/43 \text{ gr}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/01 \text{ gr}$

دقت :  $0/01 \text{ gr}$

معادل با  $dgr$  (دسی گرم)

۲)  $78/5 \text{ dgr}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/1 \text{ dgr} = 0/1 \times (10^{-1} \text{ gr}) = 0/01 \text{ gr}$

دقت :  $0/1 \text{ dgr}$

معادل با  $\text{kg}$

۳)  $4/74 \times 10^{-3} \text{ kg}$  : دقت اندازه گیری  $\Rightarrow 0/01 \times 10^{-3} \text{ kg} = 0/01 \times 10^{-3} \times (10^3 \text{ gr}) = 0/01 \text{ gr}$

دقت :  $0/01 \times 10^{-3} \text{ kg}$

معادل با  $mgr$

۴)  $456 \text{ mgr}$  : دقت اندازه گیری  $\rightarrow$  به صورت یک عدد تنها و بدون ممیز  $1 \text{ mgr} = 1 \times (10^{-3} \text{ gr}) = 0/001 \text{ gr}$

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

۳۶۳) وسیله اندازه گیری مورد نظر در این سؤال، کولیس نام دارد. دقت این وسیله اندازه گیری دیجیتالی، یک واحد از مرتبه آخرین رقم سمت راست،

یعنی برابر با  $0/01 \text{ mm}$  است.

۱۶۴) مطابق تمرینات انتهایی فصل یک کتاب فیزیک دهم، شکل نشان داده شده یک ریزسنج را نشان می دهد که به صورت دیجیتالی (رقمی) کار

می کند. از طرفی با توجه به این که عدد خوانده شده تا سه رقم اعشار نوشته شده است، دقت اندازه گیری این ریزسنج برابر  $0/001 \text{ mm}$  است.

$2/0083 \text{ mm}$  : عدد خوانده شده  $\Rightarrow 0/001 \text{ mm}$  = دقت اندازه گیری

۳ رقم اعشار

۳۶۵ برای پاسخ دادن به این سؤال، هر یک از عبارتها را به صورت جداگانه بررسی می‌کنیم:

(الف) با توجه به این‌که دستگاه موردنظر به صورت دیجیتالی است، بنابراین دقت اندازه‌گیری آن از مرتبهٔ آخرین رقم قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه، یعنی برابر  $0.01 \text{ mm}$  است.

$$2.083 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$$

(ب) بنابراین نمایش واقعی این عدد به صورت مقابل می‌باشد:

(پ) طول واقعی این جسم در محدودهٔ زیر قرار می‌گیرد:

$$2.083 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 2.083 \text{ mm} + 0.01 \text{ mm} \rightarrow 2.082 \text{ mm} \leq \text{طول واقعی} \leq 2.084 \text{ mm}$$

بنابراین دو عبارت (الف) و (ب) صحیح هستند.

۳۶۶ هنگامی که فرد در مکان B قرار دارد، به صورت عمود بر جسم، عدد نشان داده شده توسط خطکش را می‌بیند. از این رو عدد خوانده شده در این

حالت به طول واقعی جسم نزدیک‌تر است.

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

$$\text{جرم جسم} = \frac{1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/3}{4} = 1/3 \text{ kg}$$

از طرفی این اندازه‌گیری با یک ترازوی دیجیتالی با دقت  $100 \text{ gr}$  یا  $0.1 \text{ kg}$  انجام شده و با توجه به دقت اندازه‌گیری آن می‌توان نوشت:

$$\text{جرم جسم} = 1/3 \pm 0.1 \text{ kg} \xrightarrow{\text{محدوده واقعی جرم جسم}} 1/3 - 0.1 \leq m \leq 1/3 + 0.1 \Rightarrow 0.2 \text{ kg} \leq m \leq 0.4 \text{ kg}$$

۳۶۸ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

(تست‌های ۶۸ تا ۱۰۷)

### چگالی (جرم حجمی)

### خلاصه نکات

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:

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

جرم ماده ↑  
↓ حجم ماده

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

۳ 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:

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

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

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

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

**تذکره** برای مقایسهٔ چگالی دو ماده، به صورت مقابل عمل می‌کنیم:

در ادامه با حل سه تمرین خوب و آموزشی، مفاهیم این بخش را بهتر درک می‌کنیم.



**تمرین ۱** جرم ۵۰ سانتی متر مکعب محلول یک اسید ۶۰ گرم است. جرم حجمی این محلول بر حسب  $gr / Lit$  و  $kg / m^3$ ، از راست به چپ کدام است؟  
 ۱) ۱۲، ۱۲۰ (۱)      ۲) ۱۲، ۱۲ (۲)      ۳) ۱۲۰، ۱۲ (۳)      ۴) ۱۲۰۰، ۱۲۰۰ (۴)

**پاسخ** برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

**گام اول:** (محاسبه چگالی محلول بر حسب  $kg / m^3$ )  

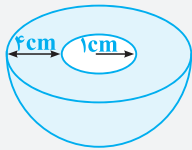
$$\left\{ \begin{array}{l} m = 60 \text{ gr} \\ V = 50 \text{ cm}^3 \end{array} \right. \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{60}{50} = 12 \text{ gr / cm}^3 \xrightarrow{\times 1000} \rho = 1200 \text{ kg / m}^3$$

**گام دوم:** (محاسبه چگالی محلول بر حسب  $gr / Lit$ )  
 تبدیل  $kg / m^3$  به  $gr / cm^3$

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 60 \text{ gr} \\ V = 50 \text{ cm}^3 \end{array} \right. \xrightarrow{\div 1000} V = 0.05 \text{ Lit} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{60}{0.05} = 1200 \text{ gr / Lit}$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

**تمرین ۲** 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؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}, \pi \approx 3$ )



۱) ۷/۴۴ (۱)      ۲) ۱۴/۸۸ (۲)      ۳) ۱۵ (۳)      ۴) ۲۹/۷۶ (۴)

**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:

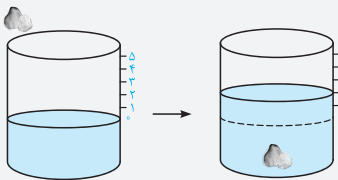
حجم فلز:  $V = \frac{1}{3}(\frac{4}{3}\pi R^3) - \frac{1}{3}(\frac{4}{3}\pi r^3) = \frac{2}{3}\pi(R^3 - r^3) \Rightarrow V \approx \frac{2}{3} \times 3 \times (4^3 - 1^3) = 248 \text{ cm}^3$

در ادامه جرم این جسم به‌سادگی به‌دست می‌آید:

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

حال وزن این جسم برابر است با:

$$W = mg = 1488 \times 10 = 14880 \text{ N} \quad (\text{گزینه ۲})$$



**نکات مهم و کاربردی** 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 ۳** جرم یک گلوله آهنی ۳۹۰۰ گرم و چگالی آن  $7800 \text{ kg / m}^3$  است. اگر گلوله آهنی را به آرامی در ظرف پر از الکل فرو بریم و چگالی الکل ۸۰۰ گرم بر لیتر باشد، چند گرم الکل از ظرف خارج می‌شود؟ (تجربی ۹۰)

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

**پاسخ** در این‌گونه مسائل ابتدا باید توجه شود که 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):  
 جرم گلوله آهنی:  $m = 3900 \text{ gr}$  ، چگالی آهن:  $\rho = 7800 \text{ kg / m}^3 = 7.8 \text{ gr / cm}^3$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \text{حجم گلوله آهنی: } V = \frac{m}{\rho} = \frac{3900}{7.8} = 500 \text{ cm}^3$$

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

$$\rho_{\text{الکل}} = 800 \text{ gr / Lit} = 0.8 \text{ gr / cm}^3$$
 ،  $V_{\text{الکل}} = 500 \text{ cm}^3$  : حجم الکل

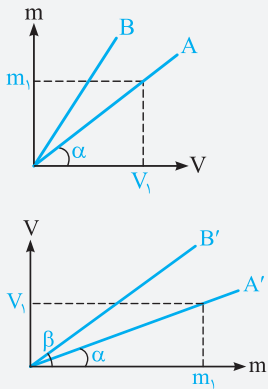
گزینه ۱)  $m_{\text{الکل}} = \rho_{\text{الکل}} \times V_{\text{الکل}} = 0.8 \times 500 = 400 \text{ gr}$

با توجه به تساوی حجم گلوله و حجم الکل سرریز شده می‌توان نوشت:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow V_{\text{آهن}} = V_{\text{الکل}} \Rightarrow \frac{m_{\text{آهن}}}{\rho_{\text{آهن}}} = \frac{m_{\text{الکل}}}{\rho_{\text{الکل}}} \Rightarrow \frac{3900}{7800} = \frac{m_{\text{الکل}}}{800} \Rightarrow m_{\text{الکل}} = 400 \text{ gr}$$

دقت شود که  $gr / Lit$  و  $kg / m^3$  با یکدیگر معادل هستند (چرا؟).

نمودارهای مربوط به چگالی



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

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

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

**تذکر** در صورت رسم نمودار حجم یک جسم برحسب جرم آن که در برخی تست‌ها انجام می‌شود، به موارد زیر توجه کنید:

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

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

با توجه به تعریف چگالی می‌توان نوشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{چگالی: } \rho = \frac{m}{V} \\ \text{جرم: } m = 405 \text{ gr} = 405 \times (10^{-3} \text{ kg}) = 405 \times 10^{-3} \text{ kg} \Rightarrow \rho = \frac{405 \times 10^{-3} \text{ kg}}{150 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 2700 \text{ kg/m}^3 \\ \text{حجم: } V = 150 \text{ cm}^3 = 150 \times (10^{-2} \text{ m})^3 = 150 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{array} \right.$$

۱۶۹ ابتدا باید دقت شود که دسی‌متر یعنی  $10^{-1} \text{ m}$  و دسی‌متر مکعب، معادل  $10^{-3} \text{ m}^3$  است.

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{جرم: } m = 5 \text{ gr} = 5 \times (10^{-3} \text{ kg}) = 5 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ \text{حجم: } V = 0.002 \text{ dm}^3 = 0.002 \times (10^{-1} \text{ m})^3 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{array} \right. \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{5 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 1050 = \frac{m}{2000} \Rightarrow m = 2100 \text{ gr} = 210 \text{ dagr}$$

تذکر

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

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

۳۷۱ برای تبدیل  $\text{gr/mm}^3$  به  $\text{kg/cm}^3$  به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\rho = 0.01 \frac{\text{gr}}{(\text{mm})^3} = 0.01 \times \frac{(10^{-3} \text{ kg})}{(10^{-1} \text{ cm})^3} = 0.01 \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-3} \text{ cm}^3} = 0.01 \text{ kg/cm}^3$$

**توجه** هر میلی‌متر برابر با  $0.1$  یا  $10^{-1}$  سانتی‌متر است.

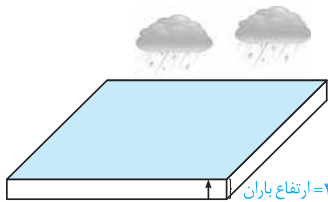
۴۷۲ گام اول: (محاسبه حجم باران):

ارتفاع آب باران  $\times$  مساحت زمین = حجم باران باریده شده روی زمین

$$\text{ارتفاع باران} = 40 \text{ mm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{سطح زمین} = 2500 \text{ km}^2 = 2500 \times (10^3 \text{ m})^2 = 25 \times 10^9 \text{ m}^2$$

$$\text{حجم باران: } V = 25 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-2} = 10^8 \text{ m}^3$$



گام دوم: (محاسبه جرم باران): طبق رابطه چگالی داریم:  $m = \rho V = 10^3 \times 10^8 = 10^{11} \text{ kg}$

۲۷۳ حجم نفت داخل مخزن برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 800 = \frac{1200}{V} \Rightarrow V = 1500 \text{ Lit}$$

برای خارج شدن نیمی از نفت داخل مخزن، باید ۷۵۰ لیتر نفت از مخزن خارج شود، بنابراین می‌توان نوشت:

$$750 = 30 \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 25 \text{ min}$$

۱۷۴ گام اول: برای محاسبه تعداد پیمانانه‌های لازم، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\text{حجم ظرف} = 10 \text{ dm}^3 = 10 \times (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\text{حجم پیمانانه} = 200 \text{ mL} = 200 \times 10^{-3} \times (10^{-3} \text{ m}^3) = 200 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{تعداد پیمانانه‌ها: } n = \frac{10^{-2}}{200 \times 10^{-6}} = 50$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 1000 = \frac{m}{10^{-2}} \Rightarrow m = 10 \text{ kg} = 10000 \text{ gr}$$

گام دوم: در ادامه برای محاسبه جرم آب موردنیاز برای پر کردن ظرف نیز داریم:

**گام اول: ۴ ۷۵** (محاسبه جرم ظرف و جرم مایع): اگر ظرف به طور کامل از مایع پر شود، جرم مایع درون ظرف را برابر مایع  $m$  در نظر می‌گیریم. حال اگر ظرف

تا نیمه از مایع پر شود، جرم مایع داخل ظرف برابر  $\frac{m_{\text{مایع}}}{۲}$  خواهد بود. حال می‌توان نوشت:

$$\left\{ \begin{aligned} \text{جرم کل} &= m_{\text{ظرف}} + \frac{m_{\text{مایع}}}{۲} = ۲۴۰ \text{ gr} \\ \text{جرم کل} &= m_{\text{ظرف}} + m_{\text{مایع}} = ۳۰۰ \text{ gr} \end{aligned} \right.$$

با توجه به دو معادله به دست آمده در فوق، جرم ظرف و جرم مایع به دست می‌آید.

**گام دوم:** (محاسبه چگالی مایع): حال با توجه به حجم کل ظرف که برابر حجم کل مایع است، می‌توان چگالی مایع را به دست آورد:

$$\rho_{\text{مایع}} = \frac{m_{\text{مایع}}}{V_{\text{مایع}}} = \frac{۱۲۰}{۸۰} = ۱.۵ \text{ gr/cm}^3$$

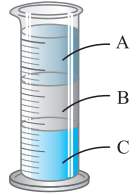
**۴ ۷۶** برای حل این سؤال می‌توان گفت، جرم مایع پرکننده ظرف برابر  $۲۴۰ \text{ gr} - ۳۰۰ \text{ gr} = ۵۴۰ \text{ gr}$  و جرم روغن پرکننده ظرف برابر  $۱۶۰ \text{ gr} - ۳۰۰ \text{ gr} = ۴۶۰ \text{ gr}$  است. از طرفی حجم مایع و حجم روغن داخل ظرف با هم برابر است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$V_{\text{مایع}} = V_{\text{روغن}} \Rightarrow \frac{m_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}}} = \frac{m_{\text{روغن}}}{\rho_{\text{روغن}}} \Rightarrow \frac{۲۴۰}{۱.۲} = \frac{۱۶۰}{\rho_{\text{روغن}}} \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} = ۰.۸ \text{ gr/cm}^3 = ۰.۸ \text{ kg/Lit}$$

**۲ ۷۷** دقت شود که سنگین بودن یک جسم نسبت به جسم دیگر، دلیل بر فرورفتن آن جسم در آب نمی‌شود. به طور مثال فرض کنید  $۵ \text{ kg}$  و  $۵ \text{ kg}$  چوب را بر روی سطح آب قرار دهیم. گرچه جرم این چوب بیشتر از آهن است (سنگین‌تر است)، ولی چون چگالی آن کم‌تر از چگالی آب است، در آب فرو نمی‌رود ولی از آن جایی که چگالی آهن بیشتر از چگالی آب است، آهن در آب فرو می‌رود.

در گزینه (۲) نیز چون چگالی پرتقال با پوست، کم‌تر از آب است بر روی سطح آب شناور می‌ماند ولی چون چگالی پرتقال بدون پوست، بیشتر از آب است، در آب فرو می‌رود.

**۴ ۷۸** در داخل استوانه شیشه‌ای، مایعی که چگالی آن بیشتر است، پایین‌تر قرار می‌گیرد. بنابراین جیوه که چگالی آن بیشتر از دو مایع دیگر است در کف ظرف قرار می‌گیرد.



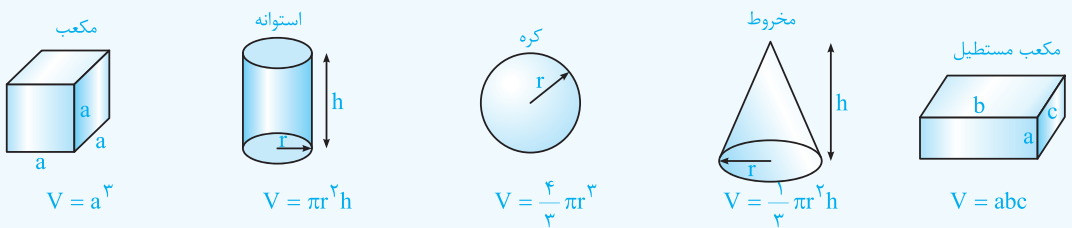
روغن زیتون: A  
آب: B  
جیوه: C

$$\rho_{\text{روغن زیتون}} > \rho_{\text{آب}} > \rho_{\text{جیوه}}$$

**۳ ۷۹**

**یادآوری**

حجم برخی از اجسام که شکل هندسی مشخصی دارند به صورت زیر است، آن‌ها را به خاطر بسپارید:



در مسائلی که شکل هندسی یک جسم تغییر می‌کند، جرم آن ثابت می‌ماند.

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \times \pi \times ۵^3 \text{ cm}^3, \rho = \frac{۶ \text{ gr}}{\text{cm}^3}, m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = ۶ \times \frac{4}{3} \times \pi \times ۲۵ \times ۵ = ۱۰۰۰ \pi \text{ gr} \Rightarrow m = \pi \text{ kg} = ۳.۱۴ \text{ kg}$$

**۲ ۸۰** باتوجه به تمرین (۲) در خلاصه نکات (۵)، گزینه (۲) صحیح است.

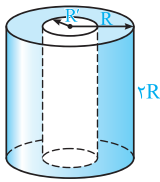
**گام اول: ۴ ۸۱** ابتدا جرم جسم را از رابطه زیر برحسب گرم به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = ۴ \times (۲ \times ۲ \times ۲) = ۳۲ \text{ gr}$$

واحد  $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

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

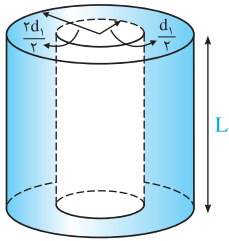
$$m = ۳۲ \text{ gr} = ۳۲ \text{ gr} \times \frac{۱ \text{ قیراط}}{۲۰۰ \times ۱۰^{-۳} \text{ gr}} = ۱۶۰ \text{ قیراط}$$



۲۸۲ در طول فرایند تغییر شکل، جرم جسم ثابت می ماند. از طرفی چگالی ماده نیز ثابت است، در نتیجه با توجه به رابطه  $m = \rho V$ ، حجم ماده نیز در طول فرایند ثابت می ماند و داریم:

$$\begin{cases} \text{حجم کره (در حالت اول)}: V_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 \\ \text{حجم استوانه (در حالت دوم)}: V_2 = (\pi R^2 - \pi R'^2) \times 2R = 2\pi R^3 - 2\pi R'^2 \times R \end{cases}$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{4}{3} \pi R^3 = 2\pi R^3 - 2\pi R'^2 R \Rightarrow 2\pi R R'^2 = \frac{2}{3} \pi R^3 \Rightarrow R'^2 = \frac{1}{3} R^2 \Rightarrow \frac{R'}{R} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



۴۸۳ با توجه به رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$ ، به راحتی می توان نوشت:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow m = \rho \left( \pi \frac{d_2^2}{4} - \pi \frac{d_1^2}{4} \right) L = \frac{1}{4} \pi \rho L (d_2^2 - d_1^2)$$

$$\frac{d_2 = 2d_1}{\rho} \rightarrow m = \frac{1}{4} \pi \rho L ((2d_1)^2 - d_1^2) = \frac{3}{4} \pi \rho L d_1^2$$

۴۸۴ برای دو حالت، چگالی جسم ثابت می ماند، بنابراین می توان نوشت:

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

$$\begin{cases} \text{حجم در حالت اول}: V_1 = L \times (\pi R_2^2 - \pi R_1^2) \\ \text{حجم در حالت دوم}: V_2 = 2L \times (\pi (2R_2)^2 - \pi (2R_1)^2) = 12L(\pi R_2^2 - \pi R_1^2) = 12V_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{V_2}{V_1} = 12$$

$$\Rightarrow m_2 = 12m_1 \Rightarrow m_2 = 12M$$

۱۸۵ جرم جسم برابر ۱۱/۵gr و حجم آن برابر ۴/۶mL است. بنابراین چگالی این جسم برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{11/5 \times 10^{-3}}{4/6 \times 10^{-6}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

۳۸۶ برای محاسبه چگالی فلز، ابتدا حجم آب جابه جا شده را (که برابر با حجم قطعه فلز است) به دست می آوریم:

$$V = 10 \times 1/2 = 12 \text{ cm}^3 \Rightarrow \text{حجم فلز} = \text{حجم آب جابه جا شده}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{9 \text{ gr}}{12 \text{ cm}^3} = 7/5 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 0/8 = \frac{m}{V} \Rightarrow V = 100 \text{ cm}^3$$

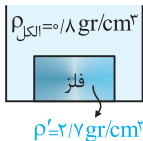
در ابتدا  $4 \times 60 = 240 \text{ cm}^3$  از بالای ظرف خالی است و با انداختن گلوله در مایع،  $100 \text{ cm}^3$  الکل بیرون ریخته است، بنابراین حجم گلوله برابر است با:

$$V_{\text{گلوله}} = 240 + 100 = 340 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{گلوله}} = \rho_{\text{گلوله}} V_{\text{گلوله}} = 8 \times 340 = 2720 \text{ gr}$$

در نهایت جرم گلوله برابر است با:

۱۸۸ در این مسأله باید دقت شود که حجم الکل سرریز شده از ظرف با حجم قطعه فلز برابر است. بنابراین می توان نوشت:



$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 0/8 = \frac{160}{V} \Rightarrow V = \frac{160}{0/8} = 200 \text{ cm}^3$$

$$\rho' = \frac{m'}{V'} \Rightarrow 2/7 = \frac{m'}{200} \Rightarrow m' = 540 \text{ gr}$$

حل این تست پر تکرار، به صورت زیر سریع تر انجام می پذیرد:

$$V_{\text{فلز}} = V_{\text{مایع}} \Rightarrow \frac{m_{\text{فلز}}}{\rho_{\text{فلز}}} = \frac{m_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}}} \Rightarrow \frac{m_{\text{فلز}}}{2/7} = \frac{160}{0/8} \Rightarrow m_{\text{فلز}} = 540 \text{ gr}$$

۲۸۹ جرم آبی که با انداختن کره A از ظرف سرریز شده است، ۲ برابر کره B است، بنابراین حجم کره A، ۲ برابر حجم کره B است و می توان نوشت:

$$\begin{cases} m_A = m_B \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \\ V_A = 2V_B \end{cases}$$

۲۹۰ با قرار دادن هر گوی در داخل ظرف، حجم مایع بالا آمده در ظرف، برابر حجم گوی می‌شود. حال فرض کنید با قرار دادن  $N$  عدد گوی در داخل ظرف، مایع به اندازه  $2\text{ cm}$  بالا می‌آید. بنابراین می‌توان نوشت:

$$N \times V_{\text{گوی}} = V_{\text{مایع بالا آمده}} \Rightarrow N \times V_{\text{گوی}} = Ah \xrightarrow{V_{\text{گوی}} = \frac{m_{\text{گوی}}}{\rho_{\text{گوی}}}} N \times \frac{m_{\text{گوی}}}{\rho_{\text{گوی}}} = Ah \Rightarrow N \times \frac{120}{8} = 60 \times 2 \Rightarrow N = 8$$

بنابراین با قرار دادن ۸ گوی در داخل ظرف، مایع تا لبه ظرف بالا می‌آید.

۴۹۱ ابتدا حجم واقعی فلز به‌کار رفته در ساخت کره را محاسبه می‌کنیم که برابر است با:

$$\text{حجم فلز: } V = \text{حجم حفره} - \text{حجم کره} = \frac{4}{3} \pi \times (1)^3 - \frac{4}{3} \pi \times (0.5)^3 = 3/5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

در ادامه جرم کره به سادگی از رابطه  $m = \rho V$  به‌دست می‌آید:

$$\rho = 8 \frac{\text{kg}}{\text{Lit}} = 8 \times \frac{1\text{kg}}{(10^{-3} \text{ m}^3)} = 8000 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \text{جرم کره: } m = \frac{8000 \times 3/5 \times 10^{-3}}{8} = 28 \text{ kg}$$

۴۹۲ گام اول: ابتدا محاسبه می‌کنیم که اگر یک مکعب با طول ضلع  $10\text{ cm}$  و بدون حفره داشته باشیم، جرم آن چه قدر است؟

$$\text{جرم مکعب بدون حفره: } m = \rho V = 8 \times (10 \times 10 \times 10) = 8000 \text{ gr} = 8 \text{ kg}$$

گام دوم: جرم مکعب در سؤال برابر با  $6 \text{ kg}$  داده شده است، بنابراین به اندازه حجم  $2$  کیلوگرم از فلز، در آن حفره وجود دارد.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2000 \text{ gr}}{8 \text{ gr/cm}^3} = 250 \text{ cm}^3$$

بنابراین، گزینه (۴) صحیح است.

۳۹۳ گام اول: با توجه به جرم کره فلزی و چگالی آن، حجم واقعی فلز مورد استفاده را به‌دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}} \Rightarrow 2/7 = \frac{1080}{V_{\text{فلز}}} \Rightarrow V_{\text{فلز}} = 400 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حال با توجه به اختلاف حجم واقعی فلز و حجم ظاهری کره، می‌توان نوشت:

$$\text{حجم کره: } V_{\text{کره}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times 5^3 = 500 \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم حفره: } V_{\text{حفره}} = V_{\text{کره}} - V_{\text{فلز}} = 500 - 400 = 100 \text{ cm}^3$$

$$\frac{\text{حجم حفره}}{\text{حجم کره}} \times 100 = \frac{100}{500} \times 100 = 20\%$$

۱۹۴ مشابه با سؤالات قبل داریم:

$$\begin{cases} \text{حجم حفره} = 200 \text{ cm}^3 \\ \text{حجم حفره موجود} + \text{حجم واقعی مکعب فلزی} = \text{حجم ظاهری مکعب} \end{cases}$$

هم‌چنین با استفاده از اطلاعات سؤال داریم:

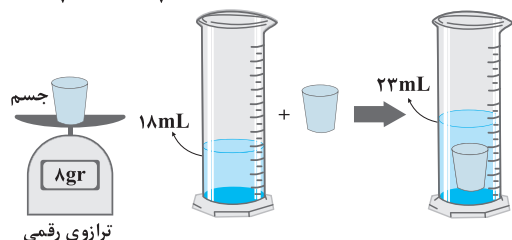
$$\begin{cases} \text{جرم مکعب} = 1400 \text{ gr} \\ \text{چگالی فلز} = 8 \text{ gr/cm}^3 \end{cases} \xrightarrow{V = \frac{m}{\rho}} \text{حجم واقعی مکعب} = \frac{1400}{8} = 175 \text{ cm}^3$$

در نتیجه حجم حفره موجود در مکعب برابر است با:

$$\text{حجم حفره موجود} = \text{حجم واقعی} - \text{حجم ظاهری} = 200 - 175 = 25 \text{ cm}^3$$

۴۹۵ با توجه به اطلاعات شکل داده‌شده در سؤال، جرم قطعه  $8 \text{ gr}$  و چگالی آن  $2 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$  است، بنابراین حجم واقعی آن برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 2 = \frac{8}{V} \Rightarrow V = 4 \text{ cm}^3$$



این در حالی است که تغییر حجم مایع داخل استوانه  $5 \text{ mL} = (23 - 18) \text{ mL}$  می‌باشد که معادل  $5 \text{ cm}^3$  است و این یعنی حفره‌ای با حجم  $1 \text{ cm}^3$  در جسم وجود دارد.

۱۹۶ گام اول: حجم خالص برنز استفاده شده در مجسمه، با توجه به جرم و چگالی آن برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 8000 = \frac{40}{V} \Rightarrow V = 0.005 \text{ m}^3$$

گام دوم: در ادامه به‌صورت زیر، حجم فضای خالی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{حجم فضای خالی} = \text{حجم خالص برنز} - \text{حجم ظاهری مجسمه} = 0.05 - 0.005 = 0.045 \text{ m}^3$$

گام سوم: جرم نفت مورد نیاز برای پرکردن فضای خالی داخل مجسمه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_{\text{نفت}} = \frac{m_{\text{نفت}}}{V_{\text{نفت}}} \Rightarrow m_{\text{نفت}} = \rho_{\text{نفت}} \times V_{\text{نفت}} = 800 \times \frac{45}{1000} = 36 \text{ kg}$$

حجم فضای خالی

۴۹۷ برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا حجم واقعی فلز توپر و فلز توخالی را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{حجم مکعب توپر} : V_1 = \frac{m_1}{\rho} = \frac{800}{10} = 80 \text{ cm}^3 \\ \text{حجم واقعی مکعب توخالی} : V_2 = \frac{m_2}{\rho} = \frac{400}{10} = 40 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

وزن مکعب توپر =  $m_1 g \Rightarrow 1 \cdot m_1 = 8 \Rightarrow m_1 = 0.8 \text{ kg} = 800 \text{ gr}$   
 وزن مکعب توخالی =  $m_2 g \Rightarrow 1 \cdot m_2 = 4 \Rightarrow m_2 = 0.4 \text{ kg} = 400 \text{ gr}$   
 $\Rightarrow$  حجم حفره =  $80 - 40 = 40 \text{ cm}^3$

۱۹۸ گام اول: ابتدا حجم فلز به کار رفته در استوانه (حجم واقعی استوانه) را محاسبه می‌کنیم:

$$V = \pi R^2 h - \pi r^2 h = \pi(R^2 - r^2)h = 3 \times (10^2 - 8^2) \times 10 \Rightarrow V = 3 \times 260 \text{ cm}^3$$

گام دوم: جرم فلز به کار رفته در استوانه برابر است با:

$$m = \rho V = 10 \times 3 \times 260 = 10800 \text{ gr} = 10.8 \text{ kg}$$

گام سوم: با توجه به این‌که وزن ظرف استوانه‌ای برابر  $10.8 \text{ N}$  است، برای این‌که نیروسنج ۱۱۶ را نشان دهد، باید  $0.8 \text{ kg}$  یا  $800 \text{ gr}$  مایع درون حفره ریخته شود. این مایع  $\frac{1}{3}$  حجم حفره داخل ظرف را پر می‌کند، بنابراین حجم آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$m_{\text{مایع}} = 0.8 \text{ kg} = 800 \text{ gr}$$

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{1}{3} \times 3 \times 8^2 \times 10 = 640 \text{ cm}^3$$

بنابراین چگالی مایع برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{800}{640} = \frac{5}{4} = 1.25 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

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

$$\rho_A = 1.5 \rho_B, (V_B = 500 \text{ cm}^3 \Rightarrow m_B = 200 \text{ gr}), (V_A = 200 \text{ cm}^3 \Rightarrow m_A = ?)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{200}{500} = 0.4 \text{ gr/cm}^3 \xrightarrow{\rho_A = 1.5 \rho_B} \rho_A = 1.5 \times 0.4 = 0.6 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow m_A = \rho_A V_A = 0.6 \times 200 = 120 \text{ gr}$$

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

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow 1.5 = \frac{m_A}{200} \times \frac{500}{200} \Rightarrow m_A = 120 \text{ gr}$$

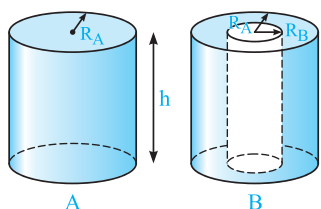
۲۰۰ اطلاعات سؤال به صورت زیر است:

$$\rho_{\text{آسمیم}} = 22/5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{مس}} = 9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \xrightarrow{\text{تبدیل } \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \text{ به } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \rho_{\text{مس}} = 9 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, V_{\text{آسمیم}} = V_{\text{مس}}$$

حال با مقایسه رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  برای دو فلز داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{V_{\text{آسمیم}} = V_{\text{مس}}} \frac{\rho_{\text{آسمیم}}}{\rho_{\text{مس}}} = \frac{m_{\text{آسمیم}}}{m_{\text{مس}}} \Rightarrow \frac{m_{\text{آسمیم}}}{m_{\text{مس}}} = \frac{22/5 \times 10^3}{9 \times 10^3} = \frac{5}{2} = 2.5$$

۴۱۰۱ در مقایسه چگالی استوانه‌های A و B، کافی است حجم آن‌ها را مقایسه کنیم:

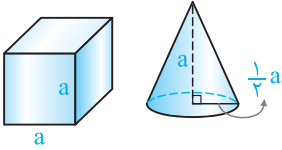


$$\begin{cases} m_A = m_B \\ V_A = \pi R_A^2 h \\ V_B = \pi(R_A^2 - R_B^2)h = \frac{3}{4} \pi R_A^2 h \end{cases} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = 1 \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$

$(\frac{1}{2} R_A)^2$

۳۱۰۲ با توجه به اطلاعات سؤال می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{1}{6} \\ r_A = 3 \text{ cm}, r_B = 6 \text{ cm} \end{cases} \xrightarrow{V = \frac{4}{3}\pi r^3} \frac{V_B}{V_A} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^3 = \left(\frac{6}{3}\right)^3 = 8 \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{m_A}{m_B} \times 8 \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{5}$$

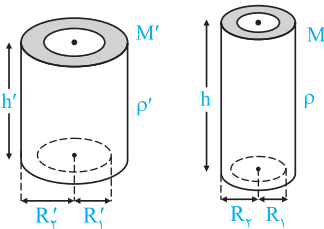


۳۱۰۳ با توجه به اطلاعات سؤال، به کمک رابطه  $m = \rho V$  به این سؤال پاسخ می‌دهیم:

$$V_{\text{مخروط}} = \frac{1}{3} \times (\text{مساحت قاعده}) \times (\text{ارتفاع}) = \frac{1}{3} \left[ \pi \times \frac{1}{4} a^2 \right] \times a = \frac{1}{12} \pi a^3 = \frac{1}{4} a^3$$

$$V_{\text{مکعب}} = a^3$$

$$m = \rho V \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 1 = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{\frac{1}{4} a^3}{a^3} \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = 4$$



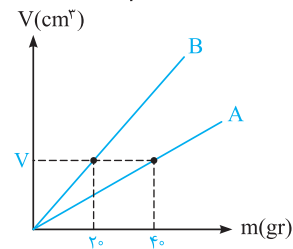
$$\begin{cases} M = 3M' \\ \rho = 2\rho' \\ R_2 = 3R_1 \\ R_2' = 3R_1' \end{cases}$$

۳۱۰۴ ابتدا حجم دو استوانه و نسبت آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} V' = \pi R_2'^2 h' - \pi R_1'^2 h' = \pi h' (R_2'^2 - R_1'^2) = \pi h' ((3R_1')^2 - (R_1')^2) = 9\pi h' (R_1'^2 - R_1'^2) \\ V = \pi R_2^2 h - \pi R_1^2 h = \pi h (R_2^2 - R_1^2) \end{cases} \Rightarrow \frac{V}{V'} = \frac{\pi h (R_2^2 - R_1^2)}{9\pi h' (R_1'^2 - R_1'^2)} = \frac{h}{9h'}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho'}{\rho} = \frac{M'}{M} \times \frac{V}{V'} \Rightarrow \frac{\rho'}{\rho} = \frac{M'}{3M'} \times \frac{h}{9h'} \Rightarrow \frac{h}{h'} = \frac{27}{2} = 13.5$$

در ادامه با کمک رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  می‌توان نوشت:



۴۱۰۵ در حجم یکسان  $V$ ، جرم  $A$  برابر  $40 \text{ gr}$  و جرم  $B$  برابر  $20 \text{ gr}$  است و می‌توان نوشت:

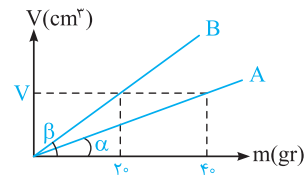
$$V_A = V_B = V$$

$$m_B = 20 \text{ gr}, m_A = 40 \text{ gr}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = \frac{40}{20} \times \frac{V}{V} = 2$$

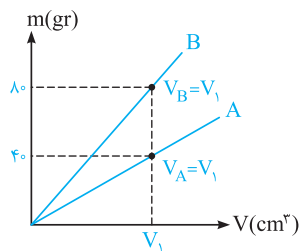
به جور دیگری فکر کنیم: با توجه به این‌که نمودار حجم بر حسب جرم برای دو ماده رسم شده است، شیب نمودار

برابر عکس چگالی است و داریم:



$$\tan \theta = \frac{1}{\rho} \Rightarrow \rho = \frac{1}{\tan \theta} \Rightarrow \begin{cases} \rho_A = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{\frac{1}{40}} = \frac{40}{V} \\ \rho_B = \frac{1}{\tan \beta} = \frac{1}{\frac{1}{20}} = \frac{20}{V} \end{cases} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = 2$$

۳۱۰۶ با توجه به نمودار داده شده، می‌توان نوشت:



$$\rho_A = \frac{m_A}{V_A} = \frac{40 \text{ kg/m}^3}{10 \text{ m}^3} = 4 \text{ gr/cm}^3 \Rightarrow 4 = \frac{40}{V_A} \Rightarrow V_A = V_1 = 10 \text{ cm}^3$$

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{20}{10} = 2 \text{ gr/cm}^3 \Rightarrow \begin{cases} m_B' = 40 \text{ gr} \\ \rho_B = 2 \text{ gr/cm}^3 \end{cases} \Rightarrow V_B' = \frac{m_B'}{\rho_B} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}^3 = 20 \text{ mL}$$

برای  $V_1$  است

به جور دیگه فکر کنیم: با توجه به شکل، شیب نمودار مربوط به B (چگالی فلز B) دو برابر شیب نمودار مربوط به A (چگالی فلز A) است. بنابراین می‌توان نوشت:

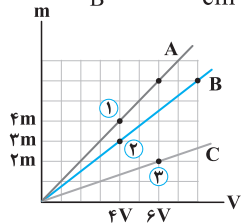
$$\rho_B = 2\rho_A = 2 \times 4000 = 8000 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ gr/cm}^3$$

$$m'_B = 400 \text{ gr} \Rightarrow V'_B = \frac{m'_B}{\rho_B} = \frac{400}{8} = 50 \text{ cm}^3 = 50 \text{ mL}$$

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{18}{2} = 9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

گام اول: چگالی ماده B برابر است با: **۱۱۰۷**

گام دوم: مقایسه چگالی مواد A و C با ماده B، با توجه به نمودار داده‌شده، به صورت زیر است:



$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \begin{cases} \text{بررسی نقاط ۱ و ۲: } \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = \frac{4m}{3m} \times \frac{4V}{4V} = \frac{4}{3} \xrightarrow{\rho_B = 9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} \rho_A = 12 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \\ \text{بررسی نقاط ۲ و ۳: } \frac{\rho_C}{\rho_B} = \frac{m_C}{m_B} \times \frac{V_B}{V_C} = \frac{2m}{3m} \times \frac{4V}{6V} = \frac{4}{9} \xrightarrow{\rho_B = 9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} \rho_C = 4 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \end{cases}$$

گام سوم: حال حجم ۳۶ گرم از مواد A و C را به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow \begin{cases} V_A = \frac{36}{12} = 3 \text{ cm}^3 \\ V_C = \frac{36}{4} = 9 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید: **۳۱۰۸**

(تست‌های ۱۰۸ تا ۱۱۶)

### چگالی مخلوط چند ماده (آلیاژ)

خلاصه نکات

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 می‌آید:

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

**نکته** در بعضی موارد، حجم یا جرم ماده‌ها به‌طور مستقیم در صورت سؤال داده نمی‌شود، در این مواقع از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

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

در صورتی که چگالی و حجم مواد به‌کار رفته در صورت سؤال داده شود:

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

در صورتی که چگالی و جرم مواد به‌کار رفته در صورت سؤال داده شود:

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

**تمرین** 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  $600 \text{ gr/lit}$  و چگالی مایع B برابر  $800 \text{ gr/lit}$  باشد،  $V_A$  چند برابر  $V_B$  است؟ (ریاضی فاجه ۹۲)

$$\frac{1}{4} \quad (4) \qquad \frac{1}{3} \quad (3) \qquad 4 \quad (2) \qquad 3 \quad (1)$$

**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:

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

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

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



با توجه به خلاصه نکات فوق، چگالی مخلوط همگن دو ماده از رابطه  $\rho_{\text{کل}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$  بدست می‌آید و داریم:

$$\begin{cases} \rho_{\text{کل}} = 1400 \text{ kg/m}^3 = 14 \text{ gr/cm}^3 \\ \rho_1 = 1300 \text{ kg/m}^3 = 13 \text{ gr/cm}^3, V_1 = 300 \text{ cm}^3 \\ \rho_2 = 1500 \text{ kg/m}^3 = 15 \text{ gr/cm}^3, V_2 = ? \end{cases}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$14 = \frac{(13 \times 300) + (15 \times V_2)}{300 + V_2} \Rightarrow 4200 + 14V_2 = 3900 + 15V_2 \Rightarrow \text{حجم مایع دوم: } V_2 = 300 \text{ cm}^3$$

با توجه به تمرین (۱) در خلاصه نکات (۶)، گزینه (۳) صحیح است. **۳۱۰۹**

$$\begin{cases} \rho_{\text{کل}} = \frac{m_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} & \text{برای محاسبه چگالی مخلوط به صورت زیر عمل می‌کنیم: } \mathbf{3110} \\ V_1 = \frac{1}{3} V \rightarrow m_1 = \rho_1 V_1 = \frac{1}{3} V \rho_1 \Rightarrow \rho_{\text{کل}} = \frac{\frac{1}{3} V \rho_1 + \frac{2}{3} V \rho_2}{\frac{1}{3} V + \frac{2}{3} V} = \frac{1}{3} \rho_1 + \frac{2}{3} \rho_2 = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3} \\ V_2 = \frac{2}{3} V \rightarrow m_2 = \rho_2 V_2 = \frac{2}{3} V \rho_2 \end{cases}$$

اگر جرم مخلوط را برابر  $m$  در نظر بگیریم، داریم: **۴۱۱۱**

$$\begin{cases} m_1 = \frac{25}{100} m = \frac{1}{4} m \Rightarrow V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{\frac{1}{4} m}{\rho_1} = \frac{m}{4\rho_1} \\ m_2 = m - \frac{25}{100} m = \frac{75}{100} m = \frac{3}{4} m \Rightarrow V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{\frac{3}{4} m}{\rho_2} = \frac{3m}{4\rho_2} \end{cases}$$

$$\rho_{\text{کل}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\frac{1}{4} m + \frac{3}{4} m}{\frac{m}{4\rho_1} + \frac{3m}{4\rho_2}} = \frac{1}{\frac{\rho_2 + 3\rho_1}{4\rho_1\rho_2}} = \frac{4\rho_1\rho_2}{\rho_2 + 3\rho_1}$$

هر یک از حالت‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم: **۲۱۱۲**

(۱) اگر حجم برابری از مایع‌ها مخلوط شوند: در این حالت فرض می‌کنیم حجم هر دو مایع برابر  $V$  باشد. در این صورت می‌توان نوشت (دو مایع اولیه را با  $A$  و  $B$  نمایش می‌دهیم):

$$\rho_1 = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B} = \frac{600V + 900V}{V + V} = \frac{600 + 900}{2} = 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

(۲) اگر جرم برابری از مایع‌ها مخلوط شوند: در این حالت فرض می‌کنیم جرم هر کدام از مایع‌ها  $m$  باشد. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\rho_2 = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B}} = \frac{m + m}{\frac{m}{600} + \frac{m}{900}} = \frac{2}{\frac{1}{600} + \frac{1}{900}} = \frac{2}{\frac{3+2}{1800}} = 720 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

بنابراین خواسته سؤال برابر است با:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{720}{750} = \frac{24}{25}$$

برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم: **۱۱۱۳**

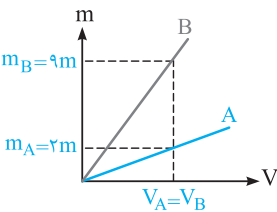
گام اول: ابتدا با توجه به نمودار داده شده، چگالی ماده  $B$  را به دست می‌آوریم:

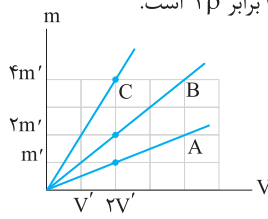
$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{V \text{ یکسان}} \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{m_B}{m_A} \Rightarrow \frac{\rho_B}{2} = \frac{9m}{2m} \Rightarrow \rho_B = 9 \text{ gr/cm}^3$$

گام دوم: برای محاسبه چگالی مخلوط از رابطه  $\rho_{\text{کل}} = \frac{m_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}}$  استفاده می‌کنیم:

$$\rho_A = 2 \text{ gr/cm}^3, \rho_B = 9 \text{ gr/cm}^3, m_B = 3m_A$$

$$\rho_{\text{کل}} = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B}} = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{2} + \frac{3m_A}{9}} = \frac{4m_A}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{4}{\frac{5}{6}} = 4.8 \text{ gr/cm}^3 = 4800 \text{ kg/m}^3$$





با توجه به شیب خطوط، اگر چگالی ماده A را برابر  $\rho$  در نظر بگیریم، چگالی ماده B برابر  $2\rho$  و چگالی ماده C برابر  $4\rho$  است. ۳۱۱۴

$$\Rightarrow \begin{cases} \rho_A = \frac{m'}{V'} = \rho \\ \rho_B = \frac{2m'}{2V'} = 2\rho \\ \rho_C = \frac{4m'}{2V'} = 4\rho \end{cases}$$

در ادامه اگر جرم کل مخلوط  $m$  باشد و جرم ماده A را  $xm$  و جرم ماده C را  $(1-x)m$  در نظر بگیریم، داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_C}{V_A + V_C} \Rightarrow \rho_B = \frac{m}{\frac{xm}{\rho} + \frac{(1-x)m}{4\rho}} \xrightarrow{\text{ساده کردن و حل}} x = \frac{1}{3} \approx 33\%$$

بنابراین تقریباً ۳۳ درصد جرم مخلوط را ماده A تشکیل داده است.

با توجه به رابطه مربوط به چگالی مخلوط دو ماده می‌توان نوشت: (ماده ۱ طلا و ماده ۲ نقره است): ۳۱۱۵

$$\begin{cases} \rho_{\text{کل}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 13/6 = \frac{19V_1 + 10V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 19V_1 + 10V_2 = 68cm^3 & \text{رابطه (I)} \\ V_1 + V_2 = 5cm^3 & \text{رابطه (II)} \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{روابط I, II}} \begin{cases} 19V_1 + 10V_2 = 68 \\ V_1 + V_2 = 5 \end{cases} \xrightarrow{\text{حل دستگاه}} V_1 = 2cm^3, V_2 = 3cm^3$$

$$m_{\text{نقره}} = \rho_{\text{نقره}} V_{\text{نقره}} \xrightarrow{V_{\text{نقره}} = 3cm^3} m_{\text{نقره}} = 10 \times 3 = 30gr$$

با توجه به رابطه مربوط به چگالی مخلوط چند ماده، از تقسیم کردن جرم کل مایعات بر حجم کل مایعات، چگالی مخلوط به دست می‌آید (البته اگر کاهش حجم صورت نگیرد). بنابراین می‌توان نوشت: ۳۱۱۶

$$V_1 = \frac{25}{100} V, V_2 = \frac{30}{100} V, V_3 = \left(1 - \frac{25}{100} - \frac{30}{100}\right) V = \frac{45}{100} V$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 \left(\frac{25}{100} V\right) + \rho_2 \left(\frac{30}{100} V\right) + \rho_3 \left(\frac{45}{100} V\right)}{V} = \left(\frac{25}{100} + \frac{60}{100} + \frac{135}{100}\right) \rho_1 = \frac{220}{100} \rho_1 \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = 2/2 \rho_1$$

برای حل این سؤال، دو گام زیر را طی می‌کنیم. ۳۱۱۷

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

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

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

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

$$10 \frac{kg \cdot m}{s^2} = 10^{-8} \frac{kg \cdot m}{s^2} \rightarrow [x] = 10^9 m = 1Gm$$

گام دوم: معادل قرار دادن دو عدد:

با توجه به این‌که  $a$  برابر حاصل جمع دو عبارت است، باید یکای آن با یکای هر یک از این عبارتها برابر باشد، بنابراین می‌توان نوشت: ۱۱۱۸

$$a = \alpha x + \beta x^3 \rightarrow a \text{ یکای } \equiv (\alpha x) = (\alpha \text{ یکای}) \times (x \text{ یکای})$$

گام اول: (به دست آوردن یکای  $\alpha$ ):

$$\rightarrow \frac{mm}{\mu s^2} \equiv (\alpha \text{ یکای}) \times cm$$

$$\rightarrow \frac{10^{-3} m}{(10^{-6} s)^2} \equiv (\alpha \text{ یکای}) \times (10^{-2} m)$$

$$\rightarrow \alpha \text{ یکای} \equiv \frac{10^{-3} m}{(10^{-12} s^2) \times (10^{-2} m)} = 10^{11} s^{-2}$$