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

خلاصه نکات ۱ — دانش فیزیک و مدل‌سازی پدیده‌ها در آن (تست‌های ۱ تا ۱۳)

شناخت دانش فیزیک

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

نکات مهم و کاربردی

۱ از آنجایی که فیزیک علمی تجربی است، لازم است درستی قوانین، مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی توسط آزمایش بررسی شوند.

۲ نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نبوده و دچار تغییر می‌شوند.

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

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

۵ مفهوم قانون و اصل در فیزیک:

قانون: گزارهٔ کلی و در عین حال مختصر است که برای دامنهٔ وسیعی از پدیده‌های گوناگون طبیعت معتبر می‌باشد (مانند قوانین نیوتون).

اصل: برای توصیف دامنهٔ محدودتری از پدیده‌های فیزیکی که عمومیت کم‌تری دارند، از اصل استفاده می‌کنیم (مانند اصل پاسکال).

مدل‌سازی در فیزیک

پدیده‌های فیزیکی که در اطراف ما رخ می‌دهند، پیچیدگی‌های بسیاری را به همراه دارند. از این‌رو برای تحلیل آن‌ها، باید بتوانیم کمی آن‌ها را ساده‌تر کنیم. مدل‌سازی در فیزیک، فرایندی است که در طی آن یک پدیدهٔ فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم گردد. البته در عین حال نباید به اصل مسأله خدشه‌ای وارد شود. در واقع فقط عوامل اصلی و تعیین‌کننده را لحاظ کرده و از اثرهای جزئی صرف‌نظر می‌کنیم.

برای درک بهتر مدل‌سازی در فیزیک به مثال زیر توجه کنید:

مثال **مدل‌سازی حرکت توپ بسکتبال در هوا:**

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

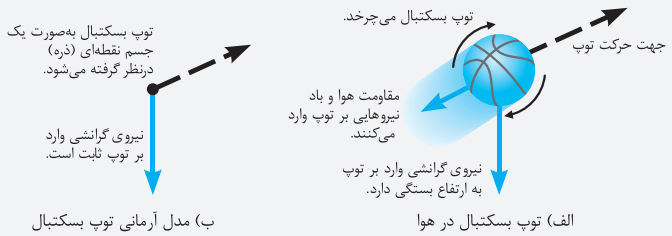
توپ کاملاً به شکل کروی نیست، مقاومت هوا در مسیر توپ وجود دارد، توپ در طی حرکتش به دور خود نیز می‌چرخد، وزن توپ با تغییر فاصله از مرکز زمین تغییر می‌کند و ...

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

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

هم‌چنین از تغییر وزن آن در اثر تغییر ارتفاع نیز صرف‌نظر می‌کنیم.

از این‌رو می‌توانیم به راحتی به تحلیل حرکت آن بپردازیم.



نمونه‌های کامل‌تر از مدل‌سازی رو تو تستای این قسمت براتون آوردیم تا رو این بحث کاملاً مسلط بشید...

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

۲ ۴ ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است و نقش مهمی در فرایند پیشرفت دانش و تکامل شناخت ما از طبیعت پیرامون داشته است، بنابراین گزینهٔ (۴) نادرست است.

۳ ۳ دانشمندان برای بیان قانون‌های فیزیکی از گزاره‌های کلی و در عین حال مختصر استفاده می‌کنند، بنابراین گزینهٔ (۳) نادرست است. سایر گزینه‌ها در رابطه با مفاهیم قانون و اصل در علم فیزیک صحیح هستند.

gajmarket.com

۴ ۳ مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که در آن اثرهای مهم و تعیین‌کننده برای یک پدیدهٔ فیزیکی در نظر گرفته می‌شود و پدیده‌ها تا حد امکان ساده‌سازی می‌شوند نه جزئی‌سازی. بنابراین گزینهٔ (۳) نادرست است.

۴ ۵ هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را. برای مثال، اگر به‌جای مقاومت هوا، نیروی جاذبهٔ زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن‌گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کرد که وقتی توپی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود! این توضیحات یعنی نمی‌توان از اثر نیروی گرانش صرف‌نظر کرد.

۲ ۶ برای مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی، اثرهای جزئی‌تر را نادیده می‌گیریم. هنگامی که یک گلولهٔ 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 گزینهٔ (۲) صحیح است.

تذکر اگر مقاومت هوا در برابر سقوط قطرهٔ 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 نحوهٔ حرکت چترباز بوده و نمی‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

۲ ۷ 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 نحوهٔ حرکت برگ است.

۲ ۸ 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).

۲ ۹ 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.

۳ ۱۰ 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 گزینهٔ (۳) صحیح است (دقت شود برای مدل‌سازی حرکت این جسم، آن را به صورت نقطه‌ای در نظر می‌گیریم).

۳ ۱۱ در مدل‌سازی حرکت کمد بر روی سطح شیبدار، نیروی وزنِ کمد، نیرویی که شخص به کمد وارد می‌کند و زاویهٔ سطح شیبدار (θ)، عوامل اصلی مؤثر بر حرکت کمد هستند. سایر عوامل مانند شکل کمد، مقاومت هوا و تغییرات وزنِ کمد هنگام بالا رفتن، جزئی هستند و می‌توانیم از آن‌ها صرف‌نظر کنیم.

۳ ۱۲ 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 گزینهٔ (۳) صحیح است.

۴ ۱۳ با توجه به علوم پایهٔ هشتم، لیزر یک منبع نور گسترده است که آن را به‌دلیل کوچک بودن، منبع نقطه‌ای در نظر می‌گیریم. از سوی دیگر، پرتوها به‌صورت واگرا می‌باشند که چون در لیزر واگرایی زیاد نیست، برای سادگی آن‌ها را موازی درنظر می‌گیریم، پس گزینهٔ (۴) صحیح است.

۴ ۱۴ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

خلاصه نکات ۲ — کمیت‌ها و یکاهای مختلف فیزیکی — (تست‌های ۱۳ تا ۲۸)

تو این قسمت، اول مفاهیم کمیت و یکا رو می‌شناسیم و بعدش میریم سراغ دسته‌بندی‌های مختلف اونا. آخر کاری هم، رو مفهوم سازگاری یکاها تو یه معادلهٔ دلخواه کار می‌کنیم ...

کمیت و یکا

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

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

مثال دمای هوا، فاصلهٔ 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.

یکا: یکای هر کمیت، مقدار ثابتی از همان کمیت است که واحد اندازه‌گیری آن کمیت محسوب می‌شود. به‌طور مثال یکای کمیت فاصلهٔ 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 دستهٔ 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^2	پاسکال یا کیلوگرم بر متر مجذور ثانیه Pa یا $kg/m.s^2$	مترمکعب m^3	مترمربع m^2

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 رابطهٔ 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.

تمرین۱ واحد کمیت سرعت را چگونه می‌توان به واحد کمیت‌های اصلی مرتبط کرد؟

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

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

تمرین۲ واحد کمیت نیرو (یعنی نیوتون) را چگونه می‌توان به واحد کمیت‌های اصلی مرتبط کرد؟

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

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

gajmarket.com

کمیت‌های نرده‌ای و برداری

در فیزیک کمیت‌ها از یک دیدگاه دیگر به دو دستهٔ 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.

کمیت نرده‌ای طول: ۱۶۵ (عدد) cm (یکا)

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 قاعدهٔ جمع برداری نیز پیروی می‌کنند، **کمیت‌های برداری** نام دارند.

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

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

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

تذکر از حاصل‌ضرب یک کمیت نرده‌ای در یک کمیت برداری، یک کمیت برداری جدید به‌دست می‌آید. به‌طور مثال کمیت برداری نیرو، از حاصل‌ضرب جرم که یک کمیت نرده‌ای است در کمیت برداری شتاب به‌دست می‌آید. در مورد جهت بردارها نیز داریم:

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

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

سازگاری یکاها در یک رابطهٔ فیزیکی

به‌طور کلی در یک رابطهٔ 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 رابطهٔ $F=ma$، باید یکای جرم را برحسب کیلوگرم بنویسیم. در این صورت یکای نیرو را می‌توان برحسب یکای نیوتون بیان کرد:

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

(یکای SI جرم: kg، جرم برحسب کیلوگرم؛ یکای SI شتاب: $\frac{m}{s^2}$؛ یکای SI نیرو: N)

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

مثال **اگر در معادلهٔ $x=at^2+bt+c$، 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:

$x=at^2+bt+c \Rightarrow$ (x برحسب متر (m)؛ at^2: m؛ bt: m؛ c: m)

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

مجموعهٔ 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 گزینهٔ (۴) صحیح است.

۱۵ ۳ 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.

۱۶ ۳ یکای اندازه‌گیری یک کمیت باید در شرایط فیزیکی تعیین‌شده برای آن تغییر نکند و قابلیت تولید در مکان‌های مختلف را داشته باشد. هم‌چنین اصلی‌ترین ویژگی کمیت‌های اصلی، تعریف‌شدن یکای مستقل برای آن‌ها می‌باشد، بنابراین گزینهٔ (۳) نادرست است.

۱۷ ۲ اگر یکای طول را به صورت فاصلهٔ 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 این‌رو این موارد را نباید یکای کمیت‌های طول و زمان در نظر گرفت.

۱۸ ۲ کمیت‌های زمان، جریان الکتریکی، شدت روشنایی و مقدار ماده از کمیت‌هایی اصلی هستند، بنابراین گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) نادرست بوده و گزینهٔ (۲) پاسخ این سؤال است.

۱۹ ۴ دما، جریان الکتریکی و جرم از کمیت‌های اصلی هستند، بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است. دقت کنید که کمیت‌های نیرو، فشار و سرعت از کمیت‌های فرعی می‌باشند، بنابراین گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳) نادرست است.

۲۰ ۳ 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:

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

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

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

۲۲ ۴ کمیت‌های انرژی جنبشی، شار مغناطیسی و فشار که در گزینهٔ (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.

۲۳ ۳ از بین کمیت‌های داده‌شده، 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).

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

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

(۱)

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

(۲)

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

$$\text{یکای مساحت} \equiv m^2 \qquad \text{یکای نیرو} \equiv kg.\frac{m}{s^2}$$

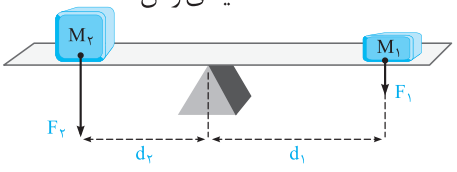
بنابراین گزینهٔ (۲) نادرست است. طبق علوم پایهٔ نهم: $P = \frac{F}{A} \Rightarrow \text{یکای فشار} \equiv \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای مساحت}} = \frac{kg.\frac{m}{s^2}}{m^2} = \frac{kg}{m.s^2}$

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

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

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

۲۶ ۲ 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 پایهٔ نهم خوانده‌اید، بزرگی آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

یکای نیرو × یکای فاصله ≡ یکای گشتاور نیرو ⇒ اندازهٔ نیرو × فاصلهٔ نقطه اثر نیرو تا محور چرخش = اندازهٔ گشتاور نیرو

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

gajmarket.com

۲۷ ۳ برای حل این سؤال، یکاهای انرژی و نیرو را برحسب یکاهای اصلی محاسبه می‌کنیم:

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

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

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

۲۸ ۳ برای حل این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

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

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

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

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

۲۹ ۳ برای حل این سؤال، یکای نیرو را برحسب یکاهای kg، m و s به‌دست می‌آوریم.

$$F = ma \Rightarrow \text{یکای نیرو} \equiv kg.\frac{m}{s^2} = \underset{b}{kg^1} \times \underset{c}{m^1} \times \underset{d}{\left(\frac{1}{s}\right)^2} \Rightarrow \alpha = 1\ ,\ \beta = 1\ ,\ \gamma = 2$$

۳۰ ۲ 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:

$$[\alpha t^4] = m \Rightarrow [\alpha].s^4 = m \Rightarrow [\alpha] = \frac{m}{s^4}$$

$$[\frac{\beta}{t}] = m \Rightarrow m = \frac{[\beta]}{s} \Rightarrow [\beta] = m.s$$

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

$$[V] = [\alpha^p\beta^q] \Rightarrow m^3 = [\alpha]^p \times [\beta]^q \Rightarrow (\frac{m}{s^4})^p \times (m.s)^q = m^3$$

$$\Rightarrow \frac{m^p}{s^{4p}} \times (m^q.s^q) = m^3$$

$$\Rightarrow m^{(p+q)}s^{(q-4p)} = m^3 \Rightarrow \begin{cases} q - 4p = 0 \Rightarrow q = 4p \Rightarrow \frac{p}{q} = \frac{1}{4} \\ p + q = 3 \end{cases}$$

۳۱ ۴ 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:

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow (\frac{B^2}{DE})\text{یکای کمیت} \equiv \frac{\text{یکای } B^2}{\text{یکای } DE} = \frac{kg^2.\frac{m^2}{s^2}}{\frac{m^2}{s^2}} = kg^2$$

۳۲ ۱ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

خلاصه نکات ۳ — آشنایی با پیشوندها و نمادگذاری علمی (تست‌های ۳۲ تا ۴۹)

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

مهارت اول (استفاده از پیشوندها)

در فیزیک گاهی اوقات که کمیت اندازه‌گیری‌شده 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 ۱۰۰۰ متر، می‌گوییم یک کیلومتر یا به جای ۰/۰۱ 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:

پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد ⇐

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

پیشوندهای کوچک‌تر از واحد ⇐

نام	پیکو	نانو	میکرو	میلی	سانتی	دسی
نماد	p	n	μ	m	c	d
معنا	$\times 10^{-12}$	$\times 10^{-9}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-1}$

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

پیشوندهای بزرگ‌تر از واحد ⇐

نام	یوتا	زِتا	اِگزا	پِتا
نماد	Y	Z	E	P
معنا	$\times 10^{24}$	$\times 10^{21}$	$\times 10^{18}$	$\times 10^{15}$

پیشوندهای کوچک‌تر از واحد ⇐

نام	یوکتو	زِپتو	اَتو	فِمتو
نماد	y	z	a	f
معنا	$\times 10^{-24}$	$\times 10^{-21}$	$\times 10^{-18}$	$\times 10^{-15}$

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 $(1 \le a < 10)$ و n یک عدد طبیعی است. برای درک بهتر به مثال‌های زیر توجه کنید:

توجه

(۱) $0/000012 = 1/2 \times 10^{-6}$ (۶ رقم)

(۲) $12000 = 1/2 \times 10^{4}$ (۴ رقم)

(۳) $0/0040801 = 4/0801 \times 10^{-3}$ (۳ رقم)

(۴) $10348001 = 1/0348001 \times 10^{7}$ (۷ رقم)

ممیز را به سمت راست (جلو) جابه‌جا کنیم ⇐ $10^{n}\ (n < 0)$ ⇐ مثال‌های (۱) و (۳)

ممیز را به سمت چپ (عقب) جابه‌جا کنیم ⇐ $10^{n}\ (n > 0)$ ⇐ مثال‌های (۲) و (۴)

gajmarket.com

مهارت سوم (استراتژی تبدیل یکا در فیزیک)

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

استراتژی ۱: همان‌طور که می‌دانیم هر سانتی‌متر، 10^{-2} متر است. بنابراین خیلی سریع به کمک شیوهٔ زیر عمل می‌کنیم:

$$1\,cm \equiv 1\times10^{-2}\,m = 10^{-2}\,m \quad (\text{یعنی } 10^{-2})$$

$$x = 12\,cm \xrightarrow[\text{به متر}]{\text{تبدیل سانتی‌متر}} x = 12\times10^{-2}\,m = 0/12\,m$$

استراتژی ۲: در این روش که در کتاب درسی به آن اشاره شده است، از یک **تبدیل زنجیره‌ای** استفاده می‌کنیم. برای این منظور، اندازهٔ کمیت موردنظر را در یک **عامل تبدیل** (یعنی نسبتی از یکاها که برابر **یک** است) ضرب می‌کنیم. برای مثال، چون $1\,m$ برابر $100\,cm$ است، داریم:

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

بنابراین، هر دو کسر بالا که برابر یک هستند را می‌توان به عنوان عامل تبدیل به‌کار برد (دقت کنید که ذکر یکاها در صورت و مخرج کسر الزامی است). از آنجا که ضرب کردن هر کمیت در عدد یک، اندازهٔ آن کمیت را تغییر نمی‌دهد، هرگاه عامل تبدیلی را مناسب بدانیم، می‌توانیم از آن برای تبدیل یکا استفاده کنیم. برای مثال، یکای cm را در عدد $12\,cm$، به‌صورت زیر به m تبدیل می‌کنیم:

$$12\,cm = (12\,cm)(1) = (12\,cm)\underbrace{\left(\frac{1\,m}{100\,cm}\right)}_{\text{عامل تبدیل}} = 0/12\,m$$

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: نحوهٔ حل به شکل زیر است:

$$\text{تندی}: v = 72\frac{km}{h} \xrightarrow[\text{تبدیل ساعت به ثانیه در مخرج}]{\text{تبدیل کیلومتر به متر در صورت}} v = 72\times\frac{1000\,m}{60\times60\,s} = 72\times\frac{1000}{3600}\frac{m}{s} = 20\frac{m}{s}$$

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

$$v = 72\frac{km}{h} = \left(72\frac{km}{h}\right)\times(1)\times(1) = \left(72\frac{km}{h}\right)\times\underbrace{\left(\frac{1\,h}{3600\,s}\right)}_{\substack{\text{عامل تبدیل برای}\\ \text{تبدیل h به s}}}\times\underbrace{\left(\frac{1000\,m}{1\,km}\right)}_{\substack{\text{عامل تبدیل برای}\\ \text{تبدیل km به m}}} = 20\frac{m}{s}$$

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

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

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

$$72\frac{km}{h} = 72\frac{km}{h}\times\frac{1\,h}{60\times60\,s}\times\frac{1000\,m}{1\,km} = 20\frac{m}{s}$$

(m: متر می‌ماند؛ s: ثانیه می‌ماند)

تمرین ۲ **جرم جسمی ۰/۰۰۵ میلی‌گرم اندازه‌گیری شده است. جرم این جسم به‌صورت 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:

$$m = 0/005\,mgr = 0/005\times10^{-3}\,gr \xrightarrow[\text{مگاگرم}]{\text{تبدیل گرم به}} m = 0/005\times10^{-3}\times10^{-6}\,Mgr = 0/005\times10^{-9}\,Mgr$$

تذکر به‌طور کلی این‌گونه به‌خاطر بسپاریم که برای تبدیل واحد بزرگ مگاگرم به واحد کوچک گرم (قطعه‌های کوچک‌تر) باید تعداد آن‌ها افزایش یابد، یعنی باید در $10^{\text{عدد مثبت}}$ ضرب کنیم. از طرفی برای تبدیل واحد کوچک گرم به واحد بزرگ مگاگرم (قطعه‌های بزرگ‌تر) باید تعداد آن‌ها کاهش یابد، یعنی در $10^{\text{عدد منفی}}$ ضرب کنیم.

$$\underbrace{1\,Mgr}_{\text{واحد بزرگ}} = 10^{6}\underbrace{gr}_{\text{واحد کوچک}} \Rightarrow \underbrace{1\,gr}_{\text{واحد کوچک}} = 10^{-6}\underbrace{Mgr}_{\text{واحد بزرگ}}$$

گام دوم: عدد به‌دست آمده را به شیوهٔ نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$m = \underbrace{0/005}_{\text{۳ رقم}} \times 10^{-9}Mgr = 5\times10^{-3}\times10^{-9}Mgr = \underbrace{5}_{1\le a<10}\times10^{(-12)}\ Mgr$$

عدد صحیح

تمرین ۳ **زمان انجام یک واکنش بسیار سریع، ۴۰ میکروثانیه است. زمان انجام این واکنش مطابق شیوهٔ نمادگذاری علمی، چند پیکوثانیه است؟** (تألیفی)

۱) 40×10^{6} ۲) 4×10^{7} ۳) 40×10^{3} ۴) 4×10^{4}

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

$$t = 40\mu s \xrightarrow[\text{به ثانیه}]{\text{تبدیل میکروثانیه}} t = 40\times(10^{-6}\,s) \xrightarrow[\text{به پیکوثانیه}]{\text{تبدیل ثانیه}} t = 40\times10^{-6}\times(10^{12}\,ps) = 40\times10^{6}\,ps$$

حال مقدار به‌دست آمده را به روش نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$t = \underbrace{40}_{\text{یک رقم}}\times10^{6}\,ps = 4\times\underbrace{10}_{1}\times10^{6}\,ps = 4\times10^{7}\,ps$$ (گزینهٔ ۲)

دقت:

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

می‌دانیم که هر لیتر (معادل با) ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است و داریم:

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

برای پیدا کردن رابطهٔ بین دسی‌متر مکعب و لیتر داریم ($1dm = 10^{-1}m$ (دسی‌متر) یا $1m = 10\,dm$):

$$V = 1dm^{3} \xrightarrow[\text{به مترمکعب}]{\text{تبدیل دسی‌مترمکعب}} V = 1\times(10^{-1}m)^{3} = 10^{-3}m^{3} \xrightarrow[\text{به لیتر}]{\text{تبدیل مترمکعب}} V = 10^{-3}\times10^{3}\,Lit = 1Lit$$

۳ ۳۳ ابتدا جرم هسته را برحسب نانوگرم به‌دست می‌آوریم و سپس آن را به صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$\text{جرم هسته} = 1677\times10^{-30}\underbrace{kg}_{\text{یکای SI جرم}} \xrightarrow{\text{تبدیل gr به kg}} 1677\times10^{-30}\times(10^{3}\,gr) \xrightarrow{\text{تبدیل n g به gr}} 1677\times10^{-30}\times10^{3}\times(10^{9}\,ng) = 1677\times10^{-18}\,ng$$

$$\Rightarrow \text{جرم هسته به صورت نمادگذاری علمی} = 1/677\times10^{-15}\,ng$$

۳ ۳۴ ابتدا فاصلهٔ بین دو شهر را برحسب پیکومتر (pm) به‌دست می‌آوریم و سپس آن را به صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

$$\text{فاصله} = 78\,km \xrightarrow{\text{تبدیل m به km}} 78\times(10^{3}\,m) \xrightarrow{\text{تبدیل pm به m}} 78\times10^{3}\times(10^{12}\,pm) = 78\times10^{15}\,pm$$

$$\Rightarrow \text{فاصله به صورت نمادگذاری علمی} = 7/8\times10^{16}\,pm \Rightarrow n = 16$$

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

(۱) $1/25\times10^{11}\mu g \xrightarrow{\text{تبدیل gr به μg}} 1/25\times10^{11}\times(10^{-6}\,gr) \xrightarrow{\text{تبدیل kg به gr}} 1/25\times10^{11}\times10^{-6}\times(10^{-3}\,kg) = 125\,kg$

(۲) $5\times10^{7}\,mg \xrightarrow{\text{تبدیل gr به mg}} 5\times10^{7}\times(10^{-3}\,gr) \xrightarrow{\text{تبدیل kg به gr}} 5\times10^{7}\times10^{-3}\times(10^{-3}\,kg) = 50\,kg$

(۳) $7/5\times10^{12}\,ng \xrightarrow{\text{تبدیل gr به ng}} 7/5\times10^{12}\times(10^{-9}\,gr) \xrightarrow{\text{تبدیل kg به gr}} 7/5\times10^{12}\times10^{-9}\times(10^{-3}\,kg) = 7/5kg$

(۴) $4/5\times10^{-4}\,Gg \xrightarrow{\text{تبدیل gr به Gg}} 4/5\times10^{-4}\times(10^{9}\,gr) \xrightarrow{\text{تبدیل kg به gr}} 4/5\times10^{-4}\times10^{9}\times(10^{-3}\,kg) = 450\,kg$

طبق صورت سؤال، حداکثر جرمی که می‌توان بر روی میز شیشه‌ای قرار داد برابر ۲۵kg است. فقط در گزینهٔ (۳)، جرم جسم از ۲۵kg کم‌تر است و در نتیجه شیشهٔ میز نمی‌شکند.

gajmarket.com

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

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

(۱)
$$۳/۸\times۱۰^{-۴}\,km \xrightarrow{\text{تبدیل m به km}} ۳/۸\times۱۰^{-۴}\times(۱۰^{۳}\,m) \xrightarrow{\text{تبدیل dm به m}} ۳/۸\times۱۰^{-۴}\times۱۰^{۳}\times(۱۰\,dm)=۳/۸\,dm<۵۴۰\,dm$$

بنابراین گزینهٔ (۱) صحیح است.

(۲)
$$۹/۸\times۱۰^{۶}\,Mm \xrightarrow{\text{تبدیل m به Mm}} ۹/۸\times۱۰^{۶}\times(۱۰^{۶}\,m) \xrightarrow{\text{تبدیل pm به m}} ۹/۸\times۱۰^{۶}\times۱۰^{۶}\times(۱۰^{۱۲}\,pm)=۹/۸\times۱۰^{۲۴}\,pm<۲/۷\times۱۰^{۲۵}\,pm$$

بنابراین گزینهٔ (۲) نادرست است.

(۳)
$$۱۰۰\,\text{هکتار} \xrightarrow{\text{تبدیل هکتار } (hm^{۲}) \text{ به } m^{۲}} ۱۰۰\times(۱۰۰\,m)^{۲} \xrightarrow{\text{تبدیل } m^{۲} \text{ به دکامتر مربع } (dam^{۲})} ۱۰۰\times۱۰^{۴}\times(۱۰^{-۱}\,dam)^{۲}=۱۰۰۰۰\,dam^{۲}$$

بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.

(۴)
$$۱\,Gm^{۲} \xrightarrow{\text{تبدیل } m^{۲} \text{ به } Gm^{۲}} ۱\times(۱۰^{۹}\,m)^{۲} \xrightarrow{\text{تبدیل } km^{۲} \text{ به } m^{۲}} ۱۰^{۱۸}\times(۱۰^{-۳}\,km)^{۲}=۱۰^{۱۲}\,km^{۲}>۱۰۰۰\,km^{۲}$$

بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است.

۳۸ ۱ ابتدا حجم و ضخامت گلبول قرمز را به ترتیب برحسب $m^{۳}$ و m محاسبه می‌کنیم:

حجم : $V=۱۰^{۱۱}\,nm^{۳}=۱۰^{۱۱}\times(۱۰^{-۹}\,m)^{۳}=۱۰^{-۱۶}\,m^{۳}$

ضخامت : $h=۲/۵\,\mu m=۲/۵\times(۱۰^{-۶}\,m)=۲/۵\times۱۰^{-۶}\,m$

$$V=A.h\Rightarrow ۱۰^{-۱۶}=A\times۲/۵\times۱۰^{-۶}\Rightarrow A=\frac{۱۰^{-۱۶}}{۲/۵\times۱۰^{-۶}}=۴\times۱۰^{-۱۱}\,m^{۲}$$

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

$$A=۴\times۱۰^{-۱۱}\,m^{۲} \xrightarrow{\text{تبدیل } mm^{۲} \text{ به } m^{۲}} ۴\times۱۰^{-۱۱}\times(۱۰^{۳}\,mm)^{۲}=۴\times۱۰^{-۵}\,mm^{۲}$$

۳۹ ۳ برای به‌دست آوردن مساحت برحسب مترمربع $(m^{۲})$، کافی است طول و عرض آن را برحسب متر (m) بنویسیم و داریم:

$$\begin{cases}\text{عرض صفحه}=۹\,nm=۹\times۱۰^{-۹}\,m\\ \text{طول صفحه}=۰/۲\,\mu m=۰/۲\times۱۰^{-۶}\,m\end{cases}\Rightarrow \text{مساحت صفحهٔ مستطیلی}=\text{طول}\times\text{عرض}=۰/۲\times۱۰^{-۶}\times۹\times۱۰^{-۹}\,m^{۲}=۱/۸\times۱۰^{-۱۵}\,m^{۲}$$

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

۴۰ ۴ طبق صورت سؤال در هر ثانیه، $۲۰۰\,cm^{۳}$ آب هدر می‌رود، پس در هر ساعت، مقدار $۳۶۰۰\times۲۰۰\,cm^{۳}$ آب هدر می‌رود. در نتیجه در مدت زمان ۱۰ ساعت، مقدار $۱۰\times۳۶۰۰\times۲۰۰\,cm^{۳}$ آب به هدر خواهد رفت.

حجم آب هدر رفته : $V=۱۰\times۳۶۰۰\times۲۰۰\,cm^{۳} \xrightarrow{\text{تبدیل } cm^{۳} \text{ به lit}} ۱۰\times۳۶۰۰\times۲۰۰\times(۱۰^{-۳}\,lit)=۷۲۰۰\,lit$

۴۱ ۳ به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$۱\,Tg=۱۰^{۱۲}\,g=۱۰^{۹}\,kg$$

$$F=ma\Rightarrow F=\underbrace{Tg}_{۱۰^{۹}\,kg}\times\Big(\frac{\overbrace{\mu m}^{۱۰^{-۶}}}{s^{۲}}\Big)=۱۰^{۳}\underbrace{\Big[kg\frac{m}{s^{۲}}\Big]}_{N}=۱\,kN$$

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

$$۱۵۲/۴\,cm=۱۵۲/۴\,cm\times(۱)\times(۱)=\overset{۶۰}{\cancel{۱۵۲/۴}}\,\cancel{cm}\times\frac{۱\,\cancel{inch}}{\underset{۱}{\cancel{۲/۵۴}}\,\cancel{cm}}\times\frac{۱\,ft}{۱۲\,\cancel{inch}}=۵\,ft$$

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

$$۳۱۲\,km=\overset{۳}{\cancel{۳۱۲}}\,\cancel{km}\times\frac{۱۰۰۰\,\cancel{m}}{۱\,\cancel{km}}\times\frac{۱۰۰\,\cancel{cm}}{۱\,\cancel{m}}\times\frac{\text{ذرع }۱}{\underset{۱}{\cancel{۱۰۴\,cm}}}=۳\times۱۰^{۵}\ \text{ذرع}$$

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

$$۳۱۲\,km=۳۱۲\,\cancel{km}\times\frac{۱۰۰۰\,\cancel{m}}{۱\,\cancel{km}}\times\frac{۱۰۰\,\cancel{cm}}{۱\,\cancel{m}}\times\frac{\text{ذرع }۱}{۱۰۴\,\cancel{cm}}\times\frac{\text{فرسنگ }۱}{۶۰۰۰\,\cancel{\text{ذرع}}}=۵\times۱۰^{۱}\ \text{فرسنگ}$$

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

$$\text{۲۰۰ قیراط} = \text{۲۰۰ قیراط} \times \frac{\text{۲۰۰mgr}}{\text{۱ قیراط}} \times \frac{\text{۱gr}}{\text{۱۰۰۰mgr}} = \text{۴۰gr}$$

۴۵ **۲** برای حل، از روش تبدیل زنجیره‌ای به‌صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{خروار} \; ۲\times۱۰^{۲} = \text{۲۰۰ خروار} \times \frac{\text{۱ خروار}}{\text{۱۰۰ من تبریز}} \times \frac{\text{۱ من تبریز}}{\text{۶۴۰ مثقال}} \times \frac{\text{۱ مثقال}}{\text{۴/۸۶ gr}} \times \frac{\text{۱۰۰۰gr}}{\text{۱kg}} \times \frac{\text{۱۲۸۰۰}}{\text{۱}} \text{kg} = \text{۶۲۲۰۸ kg}$$

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

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

$$\Delta x = \text{(سال نوری)} = ۱/۵\times۱۰^{۶} \times c\Delta t \Rightarrow \Delta x = ۱/۵\times۱۰^{۶} \times ۳\times۱۰^{۸} \times ۳۶۵\times ۲۴\times ۶۰\times ۶۰ \text{m}$$

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

$$\Delta x = \frac{۱/۵\times۱۰^{۶} \times ۳\times۱۰^{۸} \times ۳۶۵\times ۲۴\times ۶۰\times ۶۰ \text{m}}{۱۵۰\times۱۰^{۶} \times ۱۰^{۳} \text{m}}$$

$$\Rightarrow \Delta x = ۹/۴۶۰۸\times۱۰^{۱۰} \text{AU}$$

۴۸ **۴** **گام اول:** ابتدا تندی ناوشکن را بر حسب متر بر ثانیه بازنویسی می‌کنیم:

$$\text{تندی ناوشکن} = \text{۴۰۰ گره} = \text{۴۰۰ گره} \times \frac{۰/۵ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{۱ گره}} = ۲۰۰ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

گام دوم: در ادامه، مسافت طی‌شده را برحسب متر به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مسافت طی شده} = \text{۲ مایل} = \text{۲ مایل} \times \frac{\text{۱۸۵۰m}}{\text{۱ مایل}} = ۳۷۰۰ \text{m}$$

گام سوم: زمان موردنظر برابر است با:

$$\text{تندی} = \frac{\text{مسافت طی شده}}{\text{زمان}} \Rightarrow ۲۰۰ = \frac{۳۷۰۰}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{زمان} = ۱۸/۵\text{s} = ۱۸/۵\times۱۰^{۶} \mu\text{s} \xrightarrow{\text{نمادگذاری علمی}} \text{زمان} = ۱/۸۵\times۱۰^{۷} \mu\text{s}$$

۴۹ **۲** ابتدا حجم آب و سطح مقطع ظرف را به ترتیب برحسب m^3 و m^2 محاسبه می‌کنیم.

$$\text{حجم}: V = \text{۶ گالن} \times \frac{\text{۴/۴ lit}}{\text{۱ گالن}} = ۲۶/۴\text{lit} = ۲۶/۴\times۱۰^{-۳} m^3$$

$$\text{سطح مقطع}: A = \pi R^2 \simeq ۳\times(۰/۲\text{m})^2 = ۰/۱۲ m^2$$

$$\Rightarrow V = Ah \Rightarrow ۲۶/۴\times۱۰^{-۳} = ۰/۱۲\times h \Rightarrow h = \frac{۲۶/۴\times۱۰^{-۳}}{۰/۱۲} = ۰/۲۲\text{m} = ۲۲۰\text{mm}$$

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

خلاصه نکات ۴ — دقت اندازه‌گیری (تست‌های ۵۰ تا ۶۷)

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

۱) دقت شخص آزمایشگر

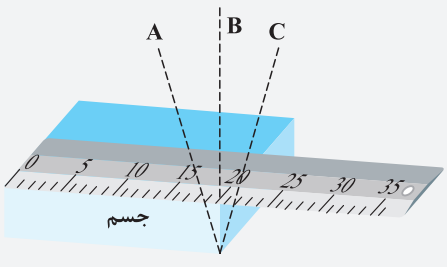
۲) تعداد دفعات اندازه‌گیری

۳) کیفیت و دقت وسیلهٔ 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 زاویهٔ دید افراد مختلف را در اندازه‌گیری نشان می‌دهد، شخص B که به‌صورت عمود بر جسم نتیجهٔ اندازه‌گیری را قرائت می‌کند، عملاً بیشترین دقت را در اندازه‌گیری داشته و خطای آن از سایرین کم‌تر است.



gajmarket.com

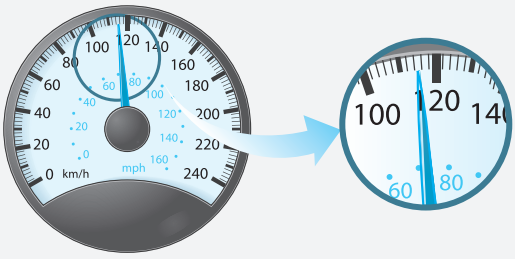
۲ برای کاهش خطای ناشی از اندازه‌گیری، می‌توان کمیت موردنظر را چندین‌بار اندازه‌گیری کرد و در نهایت میانگین آن‌ها را به‌عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری آن کمیت درنظر گرفت. البته دقت کنید که اگر در نتایج مختلف اندازه‌گیری، یک یا دو عدد اختلاف زیادی با دیگر اعداد داشته باشند (داده‌های پرت) آن‌ها را حذف کرده و در میانگین‌گیری به‌حساب نمی‌آوریم. به‌طور مثال در شکل زیر که هر یک از خطوط آبی رنگ نتیجهٔ یک اندازه‌گیری می‌باشد، دادهٔ به‌دست آمده در سمت چپ که اختلاف زیادی با بقیهٔ اعداد دارد را حذف کرده و در میانگین‌گیری وارد نمی‌کنیم.

در رابطه با دقت وسایل اندازه‌گیری به ادامهٔ 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:

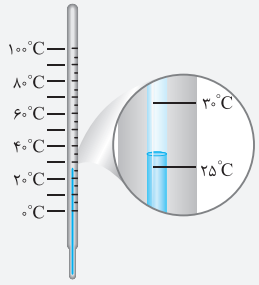
دقت اندازه‌گیری در وسایل درجه‌بندی‌شده

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 وسیلهٔ درجه‌بندی شده، برابر کوچک‌ترین مقدار درجه‌بندی آن می‌باشد. به‌عنوان مثال در یک خطکش مدرج برحسب سانتی‌متر، دقت اندازه‌گیری ۱cm است.

تمرین۱ در شکل (۱)، دقت اندازه‌گیری توسط تندی‌سنج چند کیلومتر بر ساعت و در شکل (۲)، دقت اندازه‌گیری توسط دماسنج، چند درجهٔ سلسیوس است؟



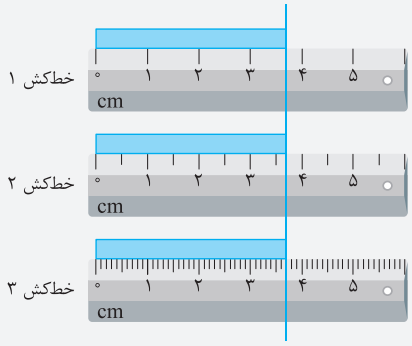
شکل (۱)



شکل (۲)

پاسخ با توجه به این‌که کوچک‌ترین تقسیم‌بندی تندی‌سنج برابر $۲\frac{km}{h}$ است، دقت اندازه‌گیری این تندی‌سنج برابر $۲\frac{km}{h}$ است. از سوی دیگر کوچک‌ترین تقسیم‌بندی دماسنج برابر ۵°C بوده و دقت اندازه‌گیری آن نیز ۵°C است.

تمرین۲ در سه تصویر نشان داده‌شده، دقت اندازه‌گیری توسط هر خطکش را با هم مقایسه کنید.



پاسخ **خطکش ۱:** کمینهٔ درجه‌بندی این خطکش، برابر ۱cm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۱cm است.

خطکش ۲: کمینهٔ درجه‌بندی این خطکش، برابر ۰/۵cm و در نتیجه دقت آن نیز برابر ۰/۵cm است.

خطکش ۳: کمینهٔ 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:

۱ در این دستگاه‌ها، یک واحد از کوچک‌ترین (آخرین) رقمی که توسط دستگاه اندازه‌گیری می‌شود **معادل با دقت دستگاه** است. به‌عنوان مثال دماسنج‌های دیجیتالی مقابل را درنظر بگیرید:

دماسنج (۱) دماسنج (۲)

در این شکل‌ها، دقت دماسنج شکل (۱) که عدد ۲۶/۸°C را می‌خواند برابر ۰/۱°C و دقت دماسنج شکل (۲) که عدد ۳۲°C را می‌خواند برابر ۱°C است.

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

عدد دماسنج (۲) : $۳۲^{\circ}C \pm ۱^{\circ}C$ (آخرین رقمی که دماسنج نشان می‌دهد)

عدد دماسنج (۱) : $۲۶/۸^{\circ}C \pm ۰/۱^{\circ}C$ (آخرین رقمی که دماسنج نشان می‌دهد)

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

$۲۶/۷^{\circ}C \leq$ عدد واقعی دما در دماسنج (۱) $\leq ۲۶/۹^{\circ}C$

$۲۶/۸ - ۰/۱ \leq$ عدد واقعی دما در دماسنج (۱) $\leq ۲۶/۸ + ۰/۱$

۴ در اندازه‌گیری با دستگاه‌های دیجیتالی، برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری، می‌توان به‌جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به‌جای بقیهٔ رقم‌ها عدد صفر گذاشت و ممیز در سرجای خود باقی می‌ماند. با این روش، دقت اندازه‌گیری برحسب واحد داده شده به‌دست می‌آید. به‌طور مثال اگر عدد گزارش شده توسط یک دستگاه دیجیتال به صورت ۱۸/۰۶۳ mm گزارش شود، برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری این دستگاه می‌توان نوشت:

۱۸/۰۶۳ $\xrightarrow{\text{محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری}}$ ۰/۰۰۱mm یا ۰/۰۰۰۱mm

تمرین ۳ دو تندی‌سنج دیجیتالی A و B، تندی اتومبیلی را به‌ترتیب $۲۵/۲\frac{km}{h}$ و $۲۵/۲۰\frac{km}{h}$ اندازه‌گیری کرده‌اند. دقت اندازه‌گیری کدام‌یک از این دو تندی‌سنج بیشتر است؟

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

اندازه‌گیری توسط B : ۲۵/۲۰ (آخرین رقم ۰/۰۰ و مرتبهٔ آن ۰/۰۱ است.)

اندازه‌گیری توسط A : ۲۵/۲ (آخرین رقم ۰/۲ و دقت آن ۰/۱ است.)

با توجه به این‌که مرتبهٔ 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

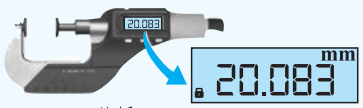
وسایل اندازه‌گیری طول: برخی از وسایل اندازه‌گیری طول عبارت‌اند از:

الف) خط‌کش معمولی (میلی‌متری): با این وسیله طول‌های نه چندان بزرگ و نه چندان کوچک را می‌توان اندازه گرفت. کمینهٔ تقسیم‌بندی خط‌کش معمولی برابر ۱mm است، بنابراین به کمک این خط‌کش طول‌هایی مانند ۴۱/۸۲mm یا ۴۲/۱۲mm را نمی‌توان اندازه گرفت.

شکل ۱: کولیس

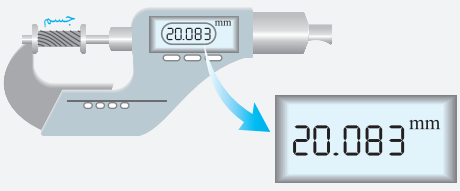
ب) کولیس دیجیتال: برخی اوقات لازم است طول‌هایی با دقت بیشتر از خط‌کش میلی‌متری (معمولی) اندازه‌گیری شود. در این موقع می‌توان از کولیس دیجیتال که کمینهٔ تقسیم‌بندی در آن معمولاً برابر ۰/۰۱mm می‌باشد، استفاده کرد.

ج) ریزسنج دیجیتال: این وسیله نیز از جمله وسایل اندازه‌گیری طول می‌باشد که دقت اندازه‌گیری آن بیشتر از خط‌کش معمولی و کولیس و معمولاً ۰/۰۰۱mm می‌باشد. کمینهٔ تقسیم‌بندی در ریزسنج دیجیتال برابر ۰/۰۰۰۱mm است. در واقع با ریزسنج می‌توان مقادیر کوچک‌تری را اندازه گرفت.



شکل ۲: ریزسنج

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

الف) آخرین رقم سمت راست اندازه‌گیری عبارت است از: ۲۰/۰۸۳mm (آخرین رقم سمت راست)

ب) با توجه به مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست، دقت اندازه‌گیری برابر ۰/۰۰۰۱mm است.

ج) با توجه به دقت اندازه‌گیری دستگاه، نمایش واقعی این عدد به‌صورت مقابل می‌باشد: ۲۰/۰۸۳ mm ± ۰/۰۰۰۱mm

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

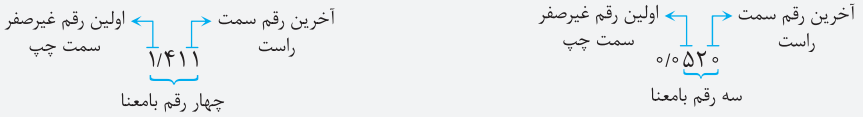
۲۰/۰۸۳ mm − ۰/۰۰۰۱mm ≤ طول واقعی ≤ ۲۰/۰۸۳mm + ۰/۰۰۰۱mm ⇒ ۲۰/۰۸۲ mm ≤ طول واقعی ≤ ۲۰/۰۸۴ mm

gajmarket.com

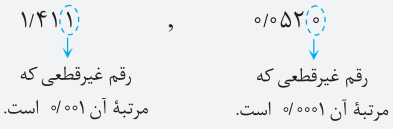
بیشتر بدانید: ارقام بامعنا و رقم غیرقطعی

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 ۰/۰۵۲۰ دارای سه رقم بامعنا می‌باشد.



۲) آخرین رقم معنادار سمت راست را رقم غیرقطعی (حدسی) می‌گویند. به‌عنوان مثال در اعداد ۱/۴۱۱ و ۰/۰۵۲۰ داریم:

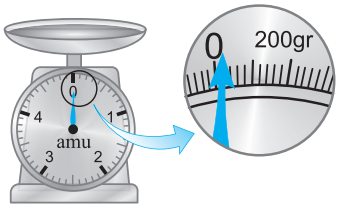


۳) در مقایسهٔ دو اندازه‌گیری، بدیهی است که هرچه مرتبهٔ رقم غیرقطعی کوچک‌تر باشد، یعنی حدس کم‌تری در اندازه‌گیری داشته‌ایم و اندازه‌گیری با وسیلهٔ دقیق‌تری انجام شده است.

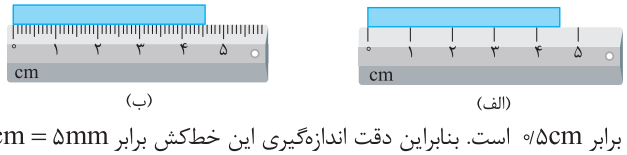
دقتِ وسیلهٔ اندازه‌گیری، مهارت شخص آزمایشگر و تعداد دفعات انجام آزمایش، از عواملی هستند که بر خطای آزمایش و دقت اندازه‌گیری در آن مؤثر هستند (۳ مورد). از طرفی یکای مورد استفاده برای گزارشِ مقدار کمیت‌های اندازه‌گیری‌شده و همین‌طور دیجیتالی بودن یا نبودنِ وسیلهٔ اندازه‌گیری، ارتباطی با مقدار دقت و خطای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

۵۱ **۳** 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.

۵۲ **۱** همان‌گونه که در صفحهٔ ترازو می‌بینیم، فاصلهٔ بین صفر تا عدد ۲۰۰ گرم، به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است. بنابراین هر قسمت برابر ۲۰gr است و در نتیجه دقت اندازه‌گیری این ترازو برابر ۲۰gr یا $۲\times۱۰^{۷}\mu g$ است.



۵۳ **۱** 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 ۱cm و ۰/۱cm = ۱mm است.



۵۴ **۳** کوچک‌ترین درجه‌بندی این خط‌کش برابر ۰/۵cm است. بنابراین دقت اندازه‌گیری این خط‌کش برابر ۰/۵cm = ۵mm است.

۵۵ **۱** با توجه به شکل داده شده در صورت سؤال، کوچک‌ترین مقیاس دماسنج نشان داده شده برابر $۵^{\circ}C$ می‌باشد. بنابراین دقت اندازه‌گیری این وسیله، برابر $۵^{\circ}C$ است.

۵۶ **۳** 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 به‌دست می‌آوریم:

۱) ۸/۷۹km = ۸/۷ ۹ km ⇒ مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست: ۰/۰۱km = ۰/۰۱×۱۰^۳ m = ۱۰m

(۸/۷ ۹ km : مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست ← ۰/۰۱km)

۲) ۸/۷۹۰×۱۰^۶ mm = ۸/۷۹ ۰×۱۰^۶ mm ⇒ مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست: ۰/۰۰۱×۱۰^۶ mm = ۰/۰۰۱×۱۰^۶×۱۰^{-۳} m = ۱m

(۸/۷۹ ۰×۱۰^۶ mm : مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست ← ۰/۰۰۱×۱۰^۶ mm)

۳) $۸۷۹۰۰۰\,cm \Rightarrow$ مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست : $۱cm = ۱\times۱۰^{-۲}m = ۱۰^{-۲}\,m$

۴) $۸/۷۹۰۰\times۱۰^{۳}\,m \Rightarrow$ مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست : $۱۰^{-۱}m$

$\downarrow$

$۰/۰۰۰۱\times۱۰^{۳}\,m$: مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست

بنابراین مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست در گزینهٔ (۳) از همه کوچک‌تر است و در نتیجه دقت اندازه‌گیری در آن بیشتر می‌باشد.

۵۷ **۱** دقت اندازه‌گیری برای وسایل دیجیتالی، یک واحد از آخرین رقمی است که خوانده می‌شود. بنابراین می‌توان نوشت:

$۳/۲۵A \xrightarrow{\text{دقت اندازه‌گیری}} ۰/۰۱A$

۵۸ **۲** برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری در وسایل دیجیتالی، می‌توان به‌جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به‌جای بقیهٔ رقم‌ها عدد صفر گذاشت و ممیز در سر جای خود باقی بماند. با این روش، دقت اندازه‌گیری برحسب واحدِ داده شده به‌دست می‌آید. در این سؤال، عدد گزارش شده توسط آمپرسنج دیجیتال برابر $۲/۰۰۴\,mA$ است، بنابراین دقت اندازه‌گیری آن برحسب میکروآمپر برابر است با:

دقت اندازه‌گیری : $۰/۰۰۱mA = ۰/۰۰۱\times۱۰^{۳}\,\mu A = ۱\mu A$

تذکر

دقت شود هر میلی‌آمپر برابر $۱۰^{۳}$ میکروآمپر است.

$۱mA = ۱۰^{-۳}A = ۱۰^{-۳}\times۱۰^{۶}\,\mu A = ۱۰^{۳}\,\mu A \Rightarrow ۱mA = ۱۰^{۳}\,\mu A$

۵۹ **۳** برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری ترازوی دیجیتالی A برحسب کیلوگرم، با توجه به این‌که عدد گزارش شده شامل سه رقم اعشار است، دقت اندازه‌گیری آن به‌اندازهٔ ۰/۰۰۱ واحد نوشته شده در جلوی عدد است:

$۲/۴۰۰kg \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری : $۰/۰۰۱kg$

دقت : $۰/۰۰۱kg$

از طرفی برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری ترازوی دیجیتالی B برحسب گرم (gr)، ابتدا دقت اندازه‌گیری آن را برحسب واحد نوشته شده در جلوی عدد، یعنی kg، به‌دست می‌آوریم و سپس دقت اندازه‌گیری آن را برحسب گرم محاسبه می‌کنیم:

$۴/۹۰۱۰kg \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری : $۰/۰۰۰۱kg = ۰/۰۰۰۱\times(۱۰^{۳}\,gr) = ۰/۱gr$

دقت : $۰/۰۰۰۱kg$

بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.

سؤال **به‌نظر شما دقت اندازه‌گیری ترازوی دیجیتالی A برحسب گرم چه‌قدر است؟**

۶۰ **۱** با توجه به آخرین رقم اعشار در وسایل دیجیتالی می‌توان دقت اندازه‌گیری آن‌ها را تعیین کرد.

ریزسنج: $۲/۰۰۶mm \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری $= ۰/۰۰۱mm = ۱۰^{-۳}mm = ۱۰^{-۶}m$

ترازو: $۰/۲۱gr \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری $= ۰/۰۱gr = ۱۰^{-۲}gr = ۱۰^{-۵}kg$

۶۱ **۱** کم‌ترین مقداری که ساعت اول می‌تواند اندازه‌گیری کند، ۱ دقیقه می‌باشد و در نتیجه دقت اندازه‌گیری این ساعت برابر ۱ دقیقه یا همان ۶۰ ثانیه است.

از سوی دیگر دقت اندازه‌گیری ساعت دوم، برابر یک ثانیه است (چون کم‌ترین مقداری که می‌تواند اندازه‌گیری کند، برابر یک ثانیه است).

دقت اندازه‌گیری ۱ ثانیه است. $\rightarrow$ ۱۲ : ۰۰ : ۰۰ (ساعت : دقیقه : ثانیه)

دقت اندازه‌گیری ۱ دقیقه یا ۶۰ ثانیه است. $\rightarrow$ ۱۲ : ۰۰ (ساعت : دقیقه)

۶۲ **۴** دقت اندازه‌گیری توسط دستگاه دیجیتالی در هر یک از گزینه‌ها را برحسب gr به‌دست می‌آوریم:

۱) $۳۵/۴۳\,gr \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری : $۰/۰۱gr$

دقت : $۰/۰۱gr$

۲) $۷۸/۵\,dgr \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری : $۰/۱dgr = ۰/۱\times(۱۰^{-۱}\,gr) = ۰/۰۱gr$ (معادل با dgr (دسی‌گرم))

دقت : $۰/۱dgr$

۳) $۴/۷۴\times۱۰^{-۳}\,kg \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری : $۰/۰۱\times۱۰^{-۳}\,kg = ۰/۰۱\times۱۰^{-۳}\times(۱۰^{۳}\,gr) = ۰/۰۱gr$ (معادل با kg)

دقت : $۰/۰۱\times۱۰^{-۳}\,kg$

۴) $۴۵۶\,mgr \xrightarrow[\text{تنها و بدون ممیز}]{\text{به‌صورت یک عدد}}$ دقت اندازه‌گیری : $۱mgr = ۱\times(۱۰^{-۳}\,gr) = ۰/۰۰۱gr$ (معادل با mgr)

دقت اندازه‌گیری در هر سه گزینهٔ (۱)، (۲) و (۳) برابر $۰/۰۱gr$ و در گزینهٔ (۴) برابر $۰/۰۰۱gr$ است.

۶۳ **۳** وسیلهٔ اندازه‌گیری موردنظر در این سؤال، کولیس نام دارد. دقت این وسیلهٔ اندازه‌گیری دیجیتال، یک واحد از مرتبهٔ آخرین رقم سمت راست، یعنی برابر با $۰/۰۱mm$ است.

۶۴ **۱** مطابق تمرینات انتهای فصل یک کتاب فیزیک دهم، شکل نشان‌داده شده یک ریزسنج را نشان می‌دهد که به‌صورت دیجیتالی (رقمی) کار می‌کند. از طرفی با توجه به این‌که عدد خوانده‌شده تا سه رقم اعشار نوشته شده است، دقت اندازه‌گیری این ریزسنج برابر $۰/۰۰۱mm$ است.

$۲۰/۰۸۳\,mm \Rightarrow$ دقت اندازه‌گیری $= ۰/۰۰۱mm$: عدد خوانده‌شده

۳ رقم اعشار

gajmarket.com

۶۵ ۳ برای پاسخ دادن به این سؤال، هر یک از عبارت‌ها را به صورت جداگانه بررسی می‌کنیم:

الف) با توجه به این‌که دستگاه موردنظر به‌صورت دیجیتالی است، بنابراین دقت اندازه‌گیری آن از مرتبهٔ آخرین رقم قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه، یعنی برابر ۰/۰۰۱mm است.

ب) بنابراین نمایش واقعی این عدد به‌صورت مقابل می‌باشد:

$$۲۰/۰۸۳\,mm \pm ۰/۰۰۱mm$$

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

$$۲۰/۰۸۳\,mm - ۰/۰۰۱mm \le \text{طول واقعی} \le ۲۰/۰۸۳mm + ۰/۰۰۱mm \rightarrow ۲۰/۰۸۲\,mm \le \text{طول واقعی} \le ۲۰/۰۸۴\,mm$$

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

۶۶ ۲ هنگامی‌که فرد در مکان B قرار دارد، به‌صورت عمود بر جسم، عدد نشان داده شده توسط خطکش را می‌بیند. از این‌رو عدد خوانده شده در این حالت به‌طول واقعی جسم نزدیک‌تر است.

۶۷ ۱ اختلاف بین اندازه‌گیری‌های اول و ششم با سایرین خیلی زیاد است (داده‌های پرت) و از آن‌ها صرف‌نظر کرده و به‌صورت زیر میانگین‌گیری می‌کنیم:

$$\text{جرم جسم} = \frac{۸/۲ + ۸/۳ + ۸/۴ + ۸/۳}{۴} = ۸/۳\,kg$$

از طرفی این اندازه‌گیری با یک ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰۰gr یا ۰/۱kg انجام شده و با توجه به دقت اندازه‌گیری آن می‌توان نوشت:

$$\text{جرم جسم} = ۸/۳ \pm ۰/۱kg \xrightarrow{\text{محدودهٔ واقعی جرم جسم}} ۸/۳ - ۰/۱ \le m \le ۸/۳ + ۰/۱ \Rightarrow ۸/۲kg \le m \le ۸/۴kg$$

۶۸ ۳ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

خلاصه نکات ۵ — چگالی (جرم حجمی) — (تست‌های ۶۸ تا ۱۰۷)

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

$$\text{چگالی}: \rho = \frac{m}{V} \quad (m: \text{جرم ماده}،\ V: \text{حجم ماده}) \Rightarrow \text{یکای چگالی در SI} \equiv kg/m^3$$

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:

۱ تبدیل لیتر به مترمکعب و برعکس: هر مترمکعب برابر با ۱۰۰۰ لیتر است، بنابراین:

$$\text{مترمکعب} \underset{\times ۱۰۰۰}{\overset{\div ۱۰۰۰}{\rightleftarrows}} \text{لیتر}$$

- برای تبدیل مترمکعب به لیتر، حجم داده شده را در ۱۰۰۰ (یا $۱۰^۳$) ضرب می‌کنیم.
- برای تبدیل لیتر به مترمکعب، حجم داده شده را بر ۱۰۰۰ (یا $۱۰^۳$) تقسیم می‌کنیم.

۲ تبدیل سانتی‌مترمکعب به لیتر و برعکس: می‌دانیم هر لیتر برابر با ۱۰۰۰ سانتی‌مترمکعب است، بنابراین:

$$cm^3 \underset{\times ۱۰۰۰}{\overset{\div ۱۰۰۰}{\rightleftarrows}} Lit$$

- برای تبدیل لیتر به سانتی‌مترمکعب، حجم داده شده را در ۱۰۰۰ (یا $۱۰^۳$) ضرب می‌کنیم.
- برای تبدیل سانتی‌مترمکعب به لیتر، حجم داده شده را بر ۱۰۰۰ (یا $۱۰^۳$) تقسیم می‌کنیم.

۳ تبدیل گرم بر سانتی‌مترمکعب (gr/cm^3) به کیلوگرم بر مترمکعب (kg/m^3) و برعکس: یک گرم بر سانتی‌مترمکعب برابر با ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است، بنابراین:

$$kg/m^3 \underset{\times ۱۰۰۰}{\overset{\div ۱۰۰۰}{\rightleftarrows}} gr/cm^3$$

- برای تبدیل gr/cm^3 به kg/m^3، چگالی داده شده را در ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم.
- برای تبدیل kg/m^3 به gr/cm^3، چگالی داده شده را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم.

تذکر برای مقایسهٔ چگالی دو ماده، به‌صورت مقابل عمل می‌کنیم:

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

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

تمرین ۱ جرم ۵۰ سانتی‌مترمکعب محلول یک اسید ۶۰ گرم است. جرم حجمی این محلول برحسب gr/Lit و kg/m^3، از راست به چپ کدام است؟

۱) ۱۲, ۰/۱۲ ۲) ۱۲, ۱۲ ۳) ۱۲۰, ۱/۲ ۴) ۱۲۰۰, ۱۲۰۰

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

گام اول: (محاسبهٔ چگالی محلول برحسب kg/m^3)

$$\begin{cases} m = 60\,gr \\ V = 50\,cm^3 \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{60}{50} = 1/2\,gr/cm^3 \xrightarrow{\times 1000} \rho = 1200\,kg/m^3$$

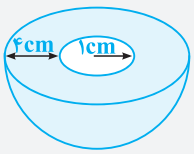
تبدیل gr/cm^3 به kg/m^3

گام دوم: (محاسبهٔ چگالی محلول برحسب gr/Lit)

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

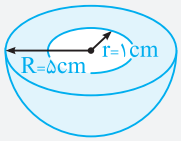
بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است.

تمرین ۲ شکل روبه‌رو نیم‌کره‌ای از جنس یک فلز با چگالی $6\,gr/cm^3$ را نشان می‌دهد که حفره‌ای به شکل نیم‌کره در آن ایجاد شده است. وزن این جسم چند نیوتون است؟ $(g \simeq 10\frac{m}{s^2}, \pi \simeq 3)$



۱) ۷/۴۴ ۲) ۱۴/۸۸ ۳) ۱/۵ ۴) ۲۹/۷۶

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



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

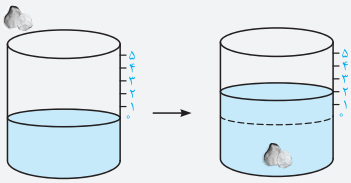
در ادامه جرم این جسم به‌سادگی به‌دست می‌آید:

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

حال وزن این جسم برابر است با:

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

نکات مهم و کاربردی معمولاً برای اندازه‌گیری حجم اجسامی که شکل مشخصی ندارند از استوانهٔ مدرج استفاده می‌کنند، یعنی جسم موردنظر را درون یک استوانهٔ 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 گلولهٔ آهنی ۳۹۰۰ گرم و چگالی آن $7800\,kg/m^3$ است. اگر گلولهٔ 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 خارج ۹۰)

۱) ۴۰۰ ۲) ۳۹۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۴۰۰۰

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

گام اول: (محاسبهٔ حجم گلولهٔ آهنی):

$$\text{چگالی آهن}: \rho = 7800\,kg/m^3 = 7/8\,gr/cm^3 \quad , \quad \text{جرم گلوله آهنی}: m = 3900\,gr$$

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

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

$$\text{چگالی الکل}: \rho_{\text{الکل}} = 800\,gr/Lit = 0/8\,gr/cm^3 \quad , \quad \text{حجم الکل}: V_{\text{الکل}} = 500\,cm^3$$

$$\text{جرم الکل}: m_{\text{الکل}} = \rho_{\text{الکل}} \times V_{\text{الکل}} = 0/8 \times 500 = 400\,gr \quad \text{(گزینهٔ ۱)}$$

خلاقیت هنرهای حرفه‌ای

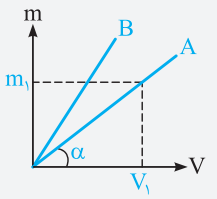
با توجه به تساوی حجم گلوله و حجم الکل سرریز شده می‌توان نوشت:

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

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

gajmarket.com

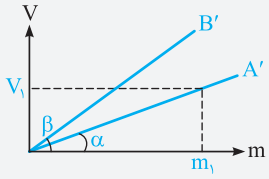
نمودارهای مربوط به چگالی



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

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

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 $\left(\tan\alpha = \frac{V_1}{m_1} = \frac{1}{\rho_{A'}}\right)$.

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:

$$\begin{cases} \text{چگالی}: \rho = \frac{m}{V} \\ \text{جرم}: m = 405\,gr = 405\times(10^{-3}\,kg) = 405\times10^{-3}\,kg \\ \text{حجم}: V = 150\,cm^3 = 150\times(10^{-2}\,m)^3 = 150\times10^{-6}\,m^3 \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{405\times10^{-3}\,kg}{150\times10^{-6}\,m^3} = 2700\,kg/m^3$$

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

$$1(dm)^3 = 1\times(10^{-1}m)^3 = 10^{-3}\,m^3$$

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

$$\begin{cases} \text{جرم}: m = 5gr = 5\times(10^{-3}\,kg) = 5\times10^{-3}\,kg \\ \text{حجم}: V = 0/002\,dm^3 = 0/002\times(10^{-1}\,m)^3 = 2\times10^{-6}\,m^3 \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{5\times10^{-3}}{2\times10^{-6}} = 2/5\times10^3\,kg/m^3$$

۷۰ دو لیتر خون معادل با $2000\,cm^3$ بوده و جرم آن برابر است با:

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

تذکر

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

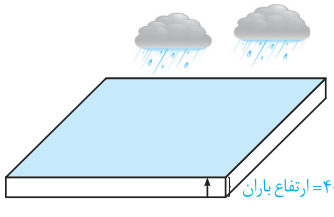
$$1dagr = 10^1 gr \longrightarrow 1gr = 10^{-1}dagr$$

۷۱ برای تبدیل gr/mm^3 به kg/cm^3 به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\rho = 0/01\frac{gr}{(mm)^3} = 0/01\times\frac{(10^{-3}\,kg)}{(10^{-1}\,cm)^3} = 0/01\times\frac{10^{-3}\,kg}{10^{-3}\,cm^3} = 0/01\,kg/cm^3$$

توجه هر میلی‌متر برابر با $0/1$ یا 10^{-1} سانتی‌متر است.

۷۲ **گام اول:** (محاسبهٔ حجم باران):



حجم باران باریده شده روی زمین: V = مساحت زمین × ارتفاع آب باران

$$\text{ارتفاع باران} = 40\,mm = 4\times10^{-2}\,m$$

$$\text{سطح زمین} = 2500\,km^2 = 2500\times(10^3\,m)^2 = 2/5\times10^9\,m^2$$

$$\text{حجم باران}: V = 2/5\times10^9\times4\times10^{-2} = 10^8\,m^3$$

گام دوم: (محاسبهٔ جرم باران): طبق رابطهٔ چگالی داریم:

$$\text{جرم باران}: m = \rho V = 10^3\times10^8 = 10^{11}\,kg$$

۷۳ حجم نفت داخل مخزن برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 800 = \frac{1200}{V} \Rightarrow V = 1/5\,m^3 = 1500\,Lit$$

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

$$750 = 30\times\Delta t \Rightarrow \Delta t = 25\,min$$

۷۴ **گام اول:** برای محاسبهٔ تعداد پیمانه‌های لازم، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

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

$$\text{حجم پیمانه} = 200\,mL = 200\times10^{-3}\times(10^{-3}\,m^3) = 200\times10^{-6}\,m^3$$

$$\text{تعداد پیمانه‌ها}: n = \frac{10^{-2}}{200\times10^{-6}} = 50$$

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

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

۷۵ ۴ گام اول: (محاسبهٔ جرم ظرف و جرم مایع):اگر ظرف به طور کامل از مایع پر شود، جرم مایع درون ظرف را برابر $m_{\text{مایع}}$ 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:

$$\begin{cases} \text{ظرف تا نیمه از مایع پر شود} \Rightarrow \text{جرم کل} = m_{\text{ظرف}} + \frac{m_{\text{مایع}}}{۲} = ۲۴۰\,gr \\ \text{ظرف به‌طور کامل از مایع پر شود} \Rightarrow \text{جرم کل} = m_{\text{ظرف}} + m_{\text{مایع}} = ۳۰۰\,gr \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} m_{\text{ظرف}} + \frac{m_{\text{مایع}}}{۲} = ۲۴۰ \\ m_{\text{ظرف}} + m_{\text{مایع}} = ۳۰۰ \end{cases} \Rightarrow m_{\text{ظرف}} = ۱۸۰\,gr \;,\; m_{\text{مایع}} = ۱۲۰\,gr$$

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

$$\rho_{\text{مایع}} = \frac{m_{\text{مایع}}}{V_{\text{مایع}}} = \frac{۱۲۰}{۸۰} = ۱/۵\,gr/cm^۳$$

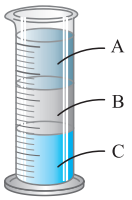
۷۶ ۴ برای حل این سؤال می‌توان گفت، جرم مایع پرکنندهٔ ظرف برابر ۲۴۰gr(=۵۴۰ − ۳۰۰) و جرم روغن پرکنندهٔ ظرف برابر ۱۶۰gr(=۴۶۰ − ۳۰۰) است. از طرفی حجم مایع و حجم روغن داخل ظرف با هم برابر است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$V_{\text{مایع}} = V_{\text{روغن}} \Rightarrow \frac{m_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}}} = \frac{m_{\text{روغن}}}{\rho_{\text{روغن}}} \Rightarrow \frac{۲۴۰}{۱/۲} = \frac{۱۶۰}{\rho_{\text{روغن}}} \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} = ۰/۸\,gr/cm^۳ = ۸۰۰\,kg/m^۳ = ۸۰۰\,gr/Lit$$

۷۷ ۲ دقت شود که سنگین بودن یک جسم نسبت به جسم دیگر، دلیل بر فرورفتن آن جسم در آب نمی‌شود. به طور مثال فرض کنید ۰/۵kg آهن و ۵kg 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 آن‌جایی که چگالی آهن بیشتر از چگالی آب است، آهن در آب فرو می‌رود.

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

۷۸ ۴ در داخل استوانهٔ 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.

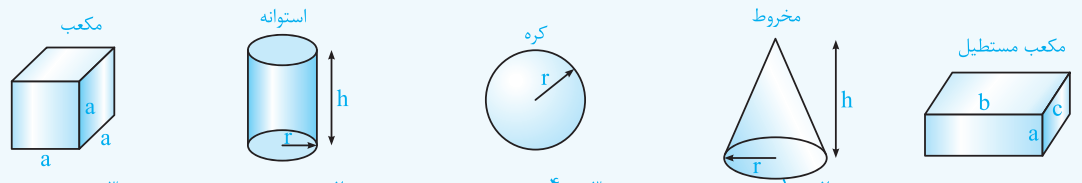


$$\rho_{\text{جیوه}} > \rho_{\text{آب}} > \rho_{\text{روغن زیتون}} \rightarrow \begin{cases} A: \text{روغن زیتون} \\ B: \text{آب} \\ C: \text{جیوه} \end{cases}$$

۷۹ ۳

یادآوری

حجم برخی از اجسام که شکل هندسی مشخصی دارند به‌صورت زیر است، آن‌ها را به‌خاطر بسپارید:



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

$$V = \frac{۴}{۳}\pi R^۳ = \frac{۴}{۳} \times \pi \times ۵^۳\,cm^۳ \;,\; \rho = ۶\,\frac{gr}{cm^۳} \;,\; m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = ۶ \times \frac{۴}{۳} \times \pi \times \underbrace{۲۵ \times ۵}_{۵^۳} = ۱۰۰۰\,\pi\,gr \Rightarrow m = \pi\,kg = ۳/۱۴\,kg$$

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

۸۱ ۴ گام اول: ابتدا جرم جسم را از رابطهٔ زیر برحسب گرم به‌دست می‌آوریم:

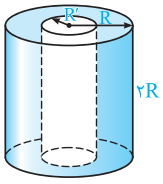
$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = \underbrace{۴}_{\frac{gr}{cm^۳}\text{ واحد}} \times \underbrace{(۲ \times ۲ \times ۲)}_{\text{حجم مکعب برحسب } cm^۳} = ۳۲\,gr$$

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

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

gajmarket.com

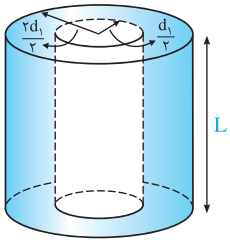
۸۲ **۲** در طول فرایند تغییر شکل، جرم جسم ثابت می‌ماند. از طرفی چگالی ماده نیز ثابت است، در نتیجه با توجه به رابطهٔ $m=\rho V$، حجم ماده نیز در طول فرایند ثابت می‌ماند و داریم:



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

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

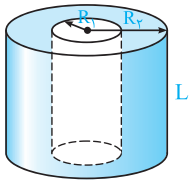
۸۳ **۴** با توجه به رابطهٔ $\rho=\frac{m}{V}$، به راحتی می‌توان نوشت:



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

$$\xrightarrow{d_2=2d_1} m=\frac{1}{4}\pi\rho L((2d_1)^2-d_1^2)=\frac{3}{4}\pi\rho Ld_1^2$$

۸۴ **۴** برای دو حالت، چگالی جسم ثابت می‌ماند، بنابراین می‌توان نوشت:



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

$$\begin{cases} \text{حجم در حالت اول}: V_1=L\times(\pi R_2^2-\pi R_1^2) \\ \text{حجم در حالت دوم}: V_2=3L\times(\pi(2R_2)^2-\pi(2R_1)^2)=12\underbrace{L(\pi R_2^2-\pi R_1^2)}_{V_1}=12V_1 \end{cases}\Rightarrow \frac{m_2}{m_1}=\frac{V_2}{V_1}=12$$

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

۸۵ **۱** جرم جسم برابر ۱۱/۵gr و حجم آن برابر ۴/۶mL = ۱۸/۵ − ۲۳/۱ است. بنابراین چگالی این جسم برابر است با:

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{11/5\times10^{-3}}{4/6\times10^{-6}}=2500\,kg/m^3$$

۸۶ **۳** برای محاسبهٔ چگالی فلز، ابتدا حجم آب جابه‌جا شده را (که برابر با حجم قطعه فلز است) به‌دست می‌آوریم:

حجم فلز = حجم آب جابه‌جا شده $\Rightarrow V=$ سطح مقطع داخلی استوانه × ارتفاع آب بالا آمده $=10\times1/2=12cm^3$

جرم فلز: $m=90gr\Rightarrow$ چگالی فلز: $\rho=\frac{m}{V}=\frac{90gr}{12cm^3}=7/5\,gr/cm^3$

۸۷ **۲** حجم الکل بیرون ریخته‌شده برابر است با:

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow 0/8=\frac{80}{V}\Rightarrow V=100cm^3$$

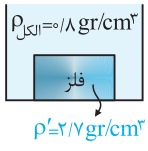
در ابتدا $4\times60=240cm^3$ از بالای ظرف خالی است و با انداختن گلوله در مایع، $100cm^3$ الکل بیرون ریخته است، بنابراین حجم گلوله برابر است با:

$$V_{\text{گلوله}}=240+100=340cm^3$$

در نهایت جرم گلوله برابر است با:

$$m_{\text{گلوله}}=\rho_{\text{گلوله}}V_{\text{گلوله}}=8\times340=2720gr$$

۸۸ **۱** در این مسأله باید دقت شود که حجم الکل سرریز شده از ظرف با حجم قطعه فلز برابر است. بنابراین می‌توان نوشت:



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

برای قطعه فلز: $\rho'=\frac{m'}{V'}\Rightarrow 2/7=\frac{m'}{200}\Rightarrow$ جرم قطعه فلز: $m'=540gr$

خلاقیت حرفه‌ای ها

حل این تست پر تکرار، به‌صورت زیر سریع‌تر انجام می‌پذیرد:

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

۸۹ **۲** جرم آبی که با انداختن کرهٔ A از ظرف سرریز شده است، ۲ برابر کرهٔ B است، بنابراین حجم کرهٔ A، ۲ برابر حجم کرهٔ B است و می‌توان نوشت:

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

۹۰ **۲** 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 اندازهٔ $2cm$ بالا می‌آید. بنابراین می‌توان نوشت:

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

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

۹۱ **۴** ابتدا حجم واقعی فلز به‌کار رفته در ساخت کره را محاسبه می‌کنیم که برابر است با:

$$\text{حجم فلز} : V = \text{حجم حفره} - \text{حجم کره} = \frac{4}{3}\pi \times (0/1)^3 - \frac{4}{3}\pi \times (0/05)^3 \simeq 3/5 \times 10^{-3}\, m^3$$

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

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

۹۲ **۴** **گام اول:** ابتدا محاسبه می‌کنیم که اگر یک مکعب با طول ضلع $10cm$ و بدون حفره داشته باشیم، جرم آن چه‌قدر است؟

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

گام دوم: جرم مکعب در سؤال برابر با $6kg$ داده شده است، بنابراین به اندازهٔ حجم ۲ کیلوگرم از فلز، در آن حفره وجود دارد.

$$\text{حجم حفره} = \text{حجم ۲ کیلوگرم از فلز (یا } 2000gr \text{ از فلز)} : V = \frac{m}{\rho} = \frac{2000gr}{8\,gr/cm^3} = 250 cm^3$$

بنابراین، گزینهٔ (۴) صحیح است.

۹۳ **۳** **گام اول:** با توجه به جرم کرهٔ فلزی و چگالی آن، حجم واقعی فلز مورد استفاده را به‌دست می‌آوریم:

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

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

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

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

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

۹۴ **۱** مشابه با سؤالات قبل داریم:

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

هم‌چنین با استفاده از اطلاعات سؤال داریم:

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

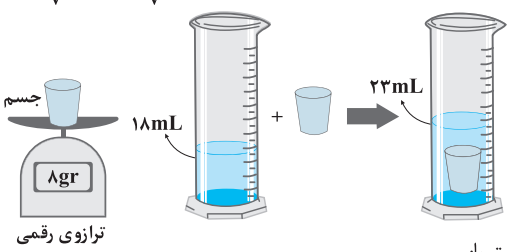
در نتیجه حجم حفرهٔ موجود در مکعب برابر است با:

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

۹۵ **۴** با توجه به اطلاعات شکل داده‌شده در سؤال، جرم قطعه $8gr$ و چگالی آن $2\frac{gr}{cm^3}$ است، بنابراین حجم واقعی آن برابر است با:

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

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



۹۶ **۱** **گام اول:** حجم خالص برنز استفاده شده در مجسمه، با توجه به جرم و چگالی آن برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 8000 = \frac{40}{V} \Rightarrow V = 0/005\, m^3$$

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

$$\text{حجم فضای خالی} = \text{حجم ظاهری مجسمه} - \text{حجم خالص برنز} = 0/05 - 0/005 = 0/045\, m^3$$

gajmarket.com

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

$$\rho_{\text{نفت}}=\frac{m_{\text{نفت}}}{V_{\text{نفت}}}\xrightarrow{\rho_{\text{نفت}}=800\,kg/m^3} m_{\text{نفت}}=800\times\frac{45}{1000}=36\,kg$$

(حجم فضای خالی)

۹۷ ۴ برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا حجم واقعی فلز توپر و فلز توخالی را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}\text{وزن مکعب توپر}=m_1g\Rightarrow 10m_1=8\Rightarrow m_1=0/8\,kg=800\,gr\Rightarrow \text{حجم مکعب توپر}: V_1=\frac{m_1}{\rho}=\frac{800}{10}=80\,cm^3\\ \text{وزن مکعب توخالی}=m_2g\Rightarrow 10m_2=4\Rightarrow m_2=0/4\,kg=400\,gr\Rightarrow \text{حجم واقعی مکعب توخالی}: V_2=\frac{m_2}{\rho}=\frac{400}{10}=40\,cm^3\end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{حجم حفره}=80-40=40\,cm^3$$

۹۸ ۱ گام اول: ابتدا حجم فلز به کار رفته در استوانه (حجم واقعی استوانه) را محاسبه می‌کنیم:

$$V=\pi R^2h-\pi r^2h=\pi(R^2-r^2)h=3\times(10^2-8^2)\times10\Rightarrow V=3\times360\,cm^3$$

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

$$m=\rho V=10\times3\times360=10800\,gr=10/8\,kg$$

گام سوم: با توجه به این‌که وزن ظرف استوانه‌ای برابر ۱۰۸N است، برای این‌که نیروسنج ۱۱۶ را نشان دهد، باید ۰/۸kg یا ۸۰۰gr مایع درون حفره ریخته شود. این مایع $\frac{1}{3}$ حجم حفرهٔ داخل ظرف را پر می‌کند، بنابراین حجم آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$m_{\text{مایع}}=0/8\,kg=800\,gr$$

$$V=\frac{1}{3}\pi r^2h=\frac{1}{3}\times3\times8^2\times10=640\,cm^3$$

بنابراین چگالی مایع برابر است با:

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{800}{640}=\frac{5}{4}=1/25\,\frac{gr}{cm^3}$$

۹۹ ۱ با توجه به داده‌های مسأله و کمک گرفتن از رابطهٔ $\rho=\frac{m}{V}$ داریم:

$$\rho_A=1/5\rho_B\ ,\ (V_B=500\,cm^3\Rightarrow m_B=200\,gr)\ ,\ (V_A=200\,cm^3\Rightarrow m_A=?)$$

$$\text{چگالی}:\rho=\frac{m}{V}\rightarrow\rho_B=\frac{m_B}{V_B}=\frac{200}{500}=0/4\,gr/cm^3\xrightarrow{\rho_A=1/5\rho_B}\rho_A=1/5\times0/4=0/6\,gr/cm^3$$

$$\rho_A=\frac{m_A}{V_A}\Rightarrow m_A=\rho_AV_A=0/6\times200=120\,gr$$

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

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A}\Rightarrow1/5=\frac{m_A}{200}\times\frac{500}{200}\Rightarrow m_A=120\,gr$$

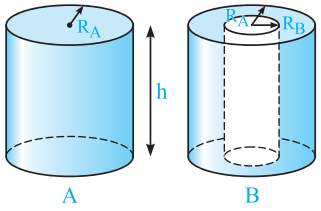
۱۰۰ ۲ اطلاعات سؤال به‌صورت زیر است:

$$\rho_{\text{اُسمیم}}=22/5\times10^3\,\frac{kg}{m^3}\ ,\ \rho_{\text{مس}}=9\,\frac{gr}{cm^3}\xrightarrow[\text{تبدیل } \frac{kg}{m^3} \text{ به } \frac{gr}{cm^3}]{}\rho_{\text{مس}}=9\times10^3\,\frac{kg}{m^3}\ ,\ V_{\text{مس}}=V_{\text{اُسمیم}}$$

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

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow{V_{\text{اُسمیم}}=V_{\text{مس}}}\frac{\rho_{\text{اُسمیم}}}{\rho_{\text{مس}}}=\frac{m_{\text{اُسمیم}}}{m_{\text{مس}}}\Rightarrow\frac{m_{\text{اُسمیم}}}{m_{\text{مس}}}=\frac{22/5\times10^3}{9\times10^3}=\frac{5}{2}=2/5$$

۱۰۱ ۴ در مقایسهٔ چگالی استوانه‌های A و B، کافی است حجم آن‌ها را مقایسه کنیم:



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

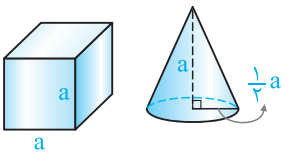
$$\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A}=1\times\frac{3}{4}=\frac{3}{4}$$

۳ ۱۰۲ با توجه به اطلاعات سؤال می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}\frac{\rho_A}{\rho_B}=۱/۶\\ r_A=۳\,cm\ ,\ r_B=۶\,cm\end{cases}\xrightarrow{\text{حجم کره: } V=\frac{۴}{۳}\pi r^۳}\frac{V_B}{V_A}=\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^۳=\left(\frac{۶}{۳}\right)^۳=۸$$

$$\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A}\Rightarrow ۱/۶=\frac{m_A}{m_B}\times ۸\Rightarrow\frac{m_A}{m_B}=\frac{۱}{۵}$$

۳ ۱۰۳ با توجه به اطلاعات سؤال، به کمک رابطهٔ $m=\rho V$ به این سؤال پاسخ می‌دهیم:

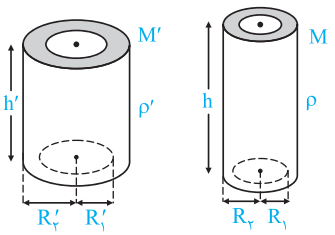


$$V_{\text{مخروط}}=\frac{۱}{۳}\times(\text{مساحت قاعده})\times(\text{ارتفاع})=\frac{۱}{۳}\left[\pi\times\frac{۱}{۴}a^۲\right]\times a=\frac{۱}{۱۲}\pi a^۳\simeq\frac{۱}{۴}a^۳$$

$$V_{\text{مکعب}}=a^۳$$

$$m=\rho V\Rightarrow\frac{m_{\text{مخروط}}}{m_{\text{مکعب}}}=\frac{\rho_۱}{\rho_۲}\times\frac{V_{\text{مخروط}}}{V_{\text{مکعب}}}\Rightarrow ۱=\frac{\rho_۱}{\rho_۲}\times\frac{\frac{۱}{۴}a^۳}{a^۳}\Rightarrow\frac{\rho_۱}{\rho_۲}=۴$$

۳ ۱۰۴ ابتدا حجم دو استوانه و نسبت آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:



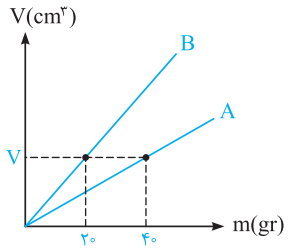
$$\begin{cases}M=۳M'\\ \rho=۲\rho'\\ R'_۱=۳R_۱\\ R'_۲=۳R_۲\end{cases}$$

$$\begin{cases}V'=\pi R'^۲_۲h'-\pi R'^۲_۱h'=\pi h'\left(R'^۲_۲-R'^۲_۱\right)=\pi h'\left((۳R_۲)^۲-(۳R_۱)^۲\right)=۹\pi h'(R^۲_۲-R^۲_۱)\\ V=\pi R^۲_۲h-\pi R^۲_۱h=\pi h(R^۲_۲-R^۲_۱)\end{cases}\Rightarrow\frac{V}{V'}=\frac{\pi h(R^۲_۲-R^۲_۱)}{۹\pi h'(R^۲_۲-R^۲_۱)}=\frac{h}{۹h'}$$

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

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow\frac{\rho'}{\rho}=\frac{M'}{M}\times\frac{V}{V'}\Rightarrow\frac{\rho'}{۲\rho'}=\frac{M'}{۳M'}\times\frac{h}{۹h'}\Rightarrow\frac{h}{h'}=\frac{۲۷}{۲}=۱۳/۵$$

۴ ۱۰۵ در حجم یکسان V، جرم A برابر ۴۰gr و جرم B برابر ۲۰gr است و می‌توان نوشت:

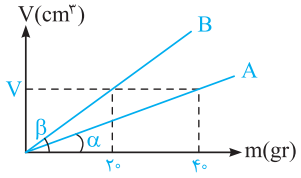


$$V_A=V_B=V$$

$$m_B=۲۰gr\ ,\ m_A=۴۰gr$$

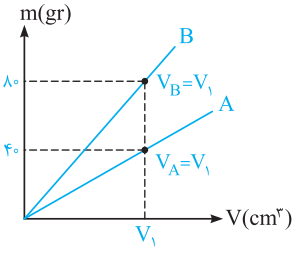
$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=\frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A}=\frac{۴۰}{۲۰}\times\frac{V}{V}=۲$$

یه جور دیگه فکر کنیم: با توجه به این‌که نمودار حجم برحسب جرم برای دو ماده رسم شده است، شیب نمودار برابر عکس چگالی است و داریم:



$$\tan\theta=\frac{۱}{\rho}\Rightarrow\rho=\frac{۱}{\tan\theta}\Rightarrow\begin{cases}\rho_A=\frac{۱}{\tan\alpha}=\frac{۱}{\frac{V}{۴۰}}=\frac{۴۰}{V}\\ \rho_B=\frac{۱}{\tan\beta}=\frac{۱}{\frac{V}{۲۰}}=\frac{۲۰}{V}\end{cases}\Rightarrow\frac{\rho_A}{\rho_B}=۲$$

۳ ۱۰۶ با توجه به نمودار داده شده، می‌توان نوشت:



$$\rho_A=\frac{m_A}{V_A}\xrightarrow{\rho_A=۴۰۰۰kg/m^۳=۴gr/cm^۳}۴=\frac{۴۰}{V_A}\Rightarrow V_A=V_۱=۱۰cm^۳$$

$$\rho_B=\frac{m_B}{V_B}=\frac{۸۰}{۱۰}=۸gr/cm^۳\Rightarrow\begin{cases}m'_B=۴۰۰gr\\ \rho_B=۸gr/cm^۳\end{cases}\Rightarrow V'_B=\frac{m'_B}{\rho_B}=\frac{۴۰۰}{۸}=۵۰cm^۳=۵۰mLit$$

V_B برابر $V_۱$ است

gajmarket.com

یه 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:

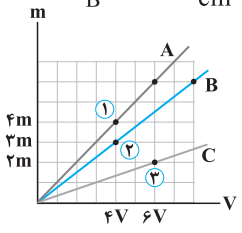
$$\rho_B = ۲\rho_A = ۲\times ۴۰۰۰ = ۸۰۰۰ kg/m^۳ = ۸ gr/cm^۳$$

$$m'_B = ۴۰ gr \Rightarrow V'_B = \frac{m'_B}{\rho_B} = \frac{۴۰۰}{۸} = ۵۰ cm^۳ = ۵۰ mLit$$

۱۰۷ ۱ گام اول: چگالی مادهٔ B برابر است با:

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{۱۸}{۲} = ۹ \frac{gr}{cm^۳}$$

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



$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \begin{cases} \text{بررسی نقاط ۱ و ۲}: \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B}\times\frac{V_B}{V_A} = \frac{۴m}{۳m}\times\frac{۴V}{۴V} = \frac{۴}{۳} \xrightarrow{\rho_B = ۹\frac{gr}{cm^۳}} \rho_A = ۱۲\frac{gr}{cm^۳} \\ \text{بررسی نقاط ۲ و ۳}: \frac{\rho_C}{\rho_B} = \frac{m_C}{m_B}\times\frac{V_B}{V_C} = \frac{۲m}{۳m}\times\frac{۴V}{۶V} = \frac{۴}{۹} \xrightarrow{\rho_B = ۹\frac{gr}{cm^۳}} \rho_C = ۴\frac{gr}{cm^۳} \end{cases}$$

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

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow \begin{cases} V_A = \frac{۳۶}{۱۲} = ۳ cm^۳ \\ V_C = \frac{۳۶}{۴} = ۹ cm^۳ \end{cases}$$

۱۰۸ ۳ برای پاسخ دادن به این تست، ابتدا به خلاصه نکات زیر توجه کنید:

خلاصه نکات ۶ — چگالی مخلوط چند ماده (آلیاژ) — (تست‌های ۱۰۸ تا ۱۱۶)

در صورتی‌که دو یا چند ماده را با هم مخلوط کنیم (به‌طوری که تغییر حجم صورت نگیرد)، چگالی مادهٔ مخلوط با توجه به تعریف چگالی، به سادگی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho_{کل} = \frac{\text{مجموع جرم مواد}}{\text{مجموع حجم مواد}} = \frac{m_۱ + m_۲ + \dots}{V_۱ + V_۲ + \dots}$$

$m_۱$: جرم مادهٔ اول ، $V_۱$: حجم مادهٔ اول

$m_۲$: جرم مادهٔ دوم ، $V_۲$: حجم مادهٔ دوم

$\vdots$ ، $\vdots$

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

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

$$\rho_{کل} = \frac{\overbrace{(\rho_۱ V_۱)}^{(m_۱)} + \overbrace{(\rho_۲ V_۲)}^{(m_۲)} + \dots}{V_۱ + V_۲ + \dots}$$

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

$$\rho_{کل} = \frac{m_۱ + m_۲ + \dots}{\underbrace{\left(\frac{m_۱}{\rho_۱}\right)}_{V_۱} + \underbrace{\left(\frac{m_۲}{\rho_۲}\right)}_{V_۲} + \dots}$$

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

تمرین ۱ **چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیهٔ V_A و V_B، برابر ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. اگر چگالی مایع A برابر ۶۰۰ gr/lit و چگالی مایع B برابر ۸۰۰ gr/lit باشد، V_A چند برابر V_B است؟** (ریاضی خارج ۹۲)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

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

$$\begin{cases} \text{مایع A}: \rho_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow m_A = \rho_A V_A = ۶۰۰ V_A \\ \text{مایع B}: \rho_B = \frac{m_B}{V_B} \Rightarrow m_B = \rho_B V_B = ۸۰۰ V_B \end{cases}$$

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

$$\rho_{\text{مخلوط}} = ۰/۷۵ gr/cm^۳ = ۷۵۰ gr/Lit$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{کل}}{V_{کل}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \Rightarrow ۷۵۰ = \frac{۶۰۰V_A + ۸۰۰V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow ۷۵۰V_A + ۷۵۰V_B = ۶۰۰V_A + ۸۰۰V_B$$

$$\Rightarrow ۱۵۰V_A = ۵۰V_B \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{۱}{۳}$$ (گزینهٔ ۳)

با توجه به خلاصه نکات فوق ، چگالی مخلوط همگن دو ماده از رابطهٔ $\rho_{کل}=\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2}{V_1+V_2}$ به‌دست می‌آید و داریم:

$$\begin{cases}\rho_{کل}=۱۴۰۰kg/m^۳=۱/۴gr/cm^۳\\ \rho_۱=۱۳۰۰kg/m^۳=۱/۳gr/cm^۳ \quad , \quad V_۱=۳۰۰cm^۳\\ \rho_۲=۱۵۰۰kg/m^۳=۱/۵gr/cm^۳ \quad , \quad V_۲=?\end{cases}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$۱/۴=\frac{(۱/۳\times۳۰۰)+(۱/۵\times V_۲)}{۳۰۰+V_۲}\Rightarrow ۴۲۰+۱/۴V_۲=۳۹۰+۱/۵V_۲\Rightarrow \text{حجم مایع دوم}: V_۲=۳۰۰cm^۳$$

۱۰۹ ۳ با توجه به تمرین (۱) در خلاصه نکات (۶)، گزینهٔ (۳) صحیح است.

۱۱۰ ۳ برای محاسبهٔ چگالی مخلوط به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\begin{cases}\rho_{کل}=\frac{m_{کل}}{V_{کل}}=\frac{m_۱+m_۲}{V_۱+V_۲}\\ V_۱=\frac{۱}{۳}V\rightarrow m_۱=\rho_۱V_۱=\frac{۱}{۳}V\rho_۱\\ V_۲=\frac{۲}{۳}V\rightarrow m_۲=\rho_۲V_۲=\frac{۲}{۳}V\rho_۲\end{cases}\Rightarrow \rho_{کل}=\frac{\frac{۱}{۳}V\rho_۱+\frac{۲}{۳}V\rho_۲}{\frac{۱}{۳}V+\frac{۲}{۳}V}=\frac{۱}{۳}\rho_۱+\frac{۲}{۳}\rho_۲=\frac{\rho_۱+۲\rho_۲}{۳}$$

۱۱۱ ۴ اگر جرم مخلوط را برابر m درنظر بگیریم، داریم:

$$\begin{cases}m_۱=\frac{۲۵}{۱۰۰}m=\frac{۱}{۴}m\Rightarrow V_۱=\frac{m_۱}{\rho_۱}=\frac{\frac{۱}{۴}m}{\rho_۱}=\frac{m}{۴\rho_۱}\\ m_۲=m-\frac{۲۵}{۱۰۰}m=\frac{۷۵}{۱۰۰}m=\frac{۳}{۴}m\Rightarrow V_۲=\frac{m_۲}{\rho_۲}=\frac{\frac{۳}{۴}m}{\rho_۲}=\frac{۳m}{۴\rho_۲}\end{cases}$$

$$\rho_{کل}=\frac{m_۱+m_۲}{V_۱+V_۲}=\frac{\frac{۱}{۴}m+\frac{۳}{۴}m}{\frac{m}{۴\rho_۱}+\frac{۳m}{۴\rho_۲}}=\frac{۱}{\frac{\rho_۲+۳\rho_۱}{۴\rho_۱\rho_۲}}=\frac{۴\rho_۱\rho_۲}{\rho_۲+۳\rho_۱}$$

۱۱۲ ۲ هر یک از حالت‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم:

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):

$$\rho_۱=\frac{\rho_AV_A+\rho_BV_B}{V_A+V_B}=\frac{۶۰۰V+۹۰۰V}{V+V}=\frac{۶۰۰+۹۰۰}{۲}=۷۵۰\frac{kg}{m^۳}$$

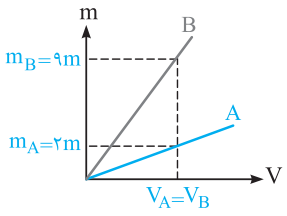
۲) **اگر جرم برابری از مایع‌ها مخلوط شوند:** در این حالت فرض می‌کنیم جرم هر کدام از مایع‌ها m باشد. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\rho_۲=\frac{m_A+m_B}{\frac{m_A}{\rho_A}+\frac{m_B}{\rho_B}}=\frac{m+m}{\frac{m}{۶۰۰}+\frac{m}{۹۰۰}}=\frac{۲}{\frac{۱}{۶۰۰}+\frac{۱}{۹۰۰}}=\frac{۲}{\frac{۳+۲}{۱۸۰۰}}=۷۲۰\frac{kg}{m^۳}$$

بنابراین خواستهٔ سؤال برابر است با:

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱}=\frac{۷۲۰}{۷۵۰}=\frac{۲۴}{۲۵}$$

۱۱۳ ۱ برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:



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

$$\rho=\frac{m}{V}\xrightarrow{\text{یکسان }V}\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{m_B}{m_A}\Rightarrow\frac{\rho_B}{۲}=\frac{۹m}{۲m}\Rightarrow\rho_B=۹gr/cm^۳$$

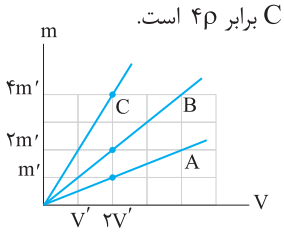
گام دوم: برای محاسبهٔ چگالی مخلوط از رابطهٔ $\rho_{کل}=\frac{m_{کل}}{V_{کل}}$ استفاده می‌کنیم:

$$\rho_A=۲gr/cm^۳\ ,\ \rho_B=۹gr/cm^۳\ ,\ m_B=۳m_A$$

$$\rho_{کل}=\frac{m_A+m_B}{V_A+V_B}=\frac{m_A+m_B}{\frac{m_A}{\rho_A}+\frac{m_B}{\rho_B}}=\frac{۴m_A}{\frac{m_A}{۲}+\frac{۳m_A}{۹}}=\frac{۴}{\frac{۱}{۲}+\frac{۱}{۳}}=\frac{۴}{\frac{۵}{۶}}=۴/۸gr/cm^۳=۴۸۰۰kg/m^۳$$

gajmarket.com

۱۱۴ **۳** با توجه به شیب خطوط، اگر چگالی مادهٔ A را برابر ρ در نظر بگیریم، چگالی مادهٔ B برابر ۲ρ و چگالی مادهٔ C برابر ۴ρ است.



$$\Rightarrow \begin{cases} \rho_A = \frac{m'}{۲V'} = \rho \\ \rho_B = \frac{۲m'}{۲V'} = ۲\rho \\ \rho_C = \frac{۴m'}{۲V'} = ۴\rho \end{cases}$$

در ادامه اگر جرم کل مخلوط m باشد و جرم مادهٔ A را xm و جرم مادهٔ C را $(۱-x)m$ در نظر بگیریم، داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_C}{V_A + V_C} \Rightarrow \overset{۲\rho}{\boxed{\rho_B}} = \frac{m}{\frac{xm}{\rho} + \frac{(۱-x)m}{۴\rho}} \xrightarrow{\text{ساده‌کردن و حل}} x = \frac{۱}{۳} \simeq ٪۳۳$$

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

۱۱۵ **۲** با توجه به رابطهٔ مربوط به چگالی مخلوط دو ماده می‌توان نوشت: (مادهٔ ۱ طلا و مادهٔ ۲ نقره است):

$$\begin{cases} \rho_{\text{کل}} = \frac{\rho_۱V_۱ + \rho_۲V_۲}{V_۱ + V_۲} \Rightarrow ۱۳/۶ = \frac{۱۹V_۱ + ۱۰V_۲}{\underbrace{V_۱ + V_۲}_{۵cm^۳}} \Rightarrow ۱۹V_۱ + ۱۰V_۲ = ۶۸cm^۳ : (I)\ \text{رابطه} \\ V_۱ + V_۲ = ۵cm^۳ : (II)\ \text{رابطه} \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{II, I روابط}} \begin{cases} ۱۹V_۱ + ۱۰V_۲ = ۶۸ \\ V_۱ + V_۲ = ۵ \end{cases} \xrightarrow{\text{حل دستگاه}} V_۱ = ۲cm^۳ \ , \ V_۲ = ۳cm^۳$$

$$m_{\text{نقره}} = \rho_{\text{نقره}} V_{\text{نقره}} \xrightarrow{V_{\text{نقره}} = V_۲ = ۳cm^۳} m_{\text{نقره}} = ۱۰ \times ۳ = ۳۰gr$$

۱۱۶ **۳** با توجه به رابطهٔ 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:

$$V_۱ = \frac{۲۵}{۱۰۰}V \ , \ V_۲ = \frac{۳۰}{۱۰۰}V \ , \ V_۳ = \left(۱ - \frac{۲۵}{۱۰۰} - \frac{۳۰}{۱۰۰}\right)V = \frac{۴۵}{۱۰۰}V$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_۱ + m_۲ + m_۳}{V_۱ + V_۲ + V_۳} = \frac{\rho_۱V_۱ + \rho_۲V_۲ + \rho_۳V_۳}{V_۱ + V_۲ + V_۳}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_۱\left(\frac{۲۵}{۱۰۰}V\right) + ۲\rho_۱\left(\frac{۳۰}{۱۰۰}V\right) + ۳\rho_۱\left(\frac{۴۵}{۱۰۰}V\right)}{V} = \left(\frac{۲۵}{۱۰۰} + \frac{۶۰}{۱۰۰} + \frac{۱۳۵}{۱۰۰}\right)\rho_۱ = \frac{۲۲۰}{۱۰۰}\rho_۱ \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = ۲/۲\rho_۱$$

۱۱۷ **۳** برای حل این سؤال، دو گام زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: تبدیل یکای $\frac{\mu g.mm}{s^۲}$ به $\frac{kg.m}{s^۲}$:

$$۱۰^{۱۳}\frac{\mu g.mm}{s^۲} \xrightarrow{\text{تبدیل } \mu g \text{ به } gr} ۱۰^{۱۳} \times (۱۰^{-۶} gr.m\,m/s^۲)$$

$$\xrightarrow{\text{تبدیل } g \text{ به } kg} ۱۰^{۱۳} \times ۱۰^{-۶} \times (۱۰^{-۳} kg.m\,m/s^۲)$$

$$\xrightarrow{\text{تبدیل } m \text{ به } mm} ۱۰^{۱۳} \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۳} \times (۱۰^{-۳} kg.m/s^۲) = ۱۰ kg.m/s^۲$$

گام دوم: معادل قرار دادن دو عدد:

$$۱۰\frac{kg.m}{s^۲} = ۱۰^{-۸}\frac{kg.\boxed{x}}{s^۲} \rightarrow \boxed{x} = ۱۰^۹ m = ۱Gm$$

۱۱۸ **۱** 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:

گام اول: (به دست آوردن یکای α):

$$a = \alpha x + \beta x^۳ \rightarrow a\ \text{یکای} \equiv (\alpha x)\ \text{یکای} = (\alpha\ \text{یکای}) \times (x\ \text{یکای})$$

$$\rightarrow \frac{mm}{\mu s^۲} \equiv (\alpha\ \text{یکای}) \times cm$$

$$\rightarrow \frac{۱۰^{-۳}m}{(۱۰^{-۶}s)^۲} \equiv (\alpha\ \text{یکای}) \times (۱۰^{-۲}m)$$

$$\rightarrow \alpha\ \text{یکای} \equiv \frac{۱۰^{-۳}m}{(۱۰^{-۱۲}s^۲) \times (۱۰^{-۲}m)} = ۱۰^{۱۱}s^{-۲}$$