

خرید کتاب های کنکور

با تخفیف ویژه

و

ارسال رایگان

Medabook.com



مدابوک



یک جله تماس تلفنی رایگان

با مشاوران رتبه برتر

برای انتخاب بهترین منابع

دبیرستان و کنکور

۰۲۱ ۲۸۴۲۵۲۱۰





(فصل ۵)

## الکتریسیته ساکن

- بخش ۱: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن ۲۱۷
- بخش ۲: قانون کولن و میدان‌های الکتریکی ۲۲۸
- بخش ۳: الکتریسیته ساکن با طعم کار و انرژی! ۲۶۳
- بخش ۴: خازن ۲۸۰

(فصل ۶)

## جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

- بخش ۱: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی ۳۰۳
- بخش ۲: مدارهای تک حلقه جریان الکتریکی ۳۱۶
- بخش ۳: انرژی و توان وسیله رسانشی الکتریکی ۳۲۶
- بخش ۴: مدارهای تک حلقه چندمقاومتی ۳۳۹

(فصل ۷)

## مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

- بخش ۱: مفاهیم اولیه مغناطیس ۴۱۱
- بخش ۲: اثر میدان مغناطیسی بر بارهای الکتریکی متحرک ۴۲۲
- بخش ۳: جریان الکتریکی میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند ۴۴۰
- بخش ۴: القای الکترومغناطیسی (قانون لنز - فاراده) ۴۵۸
- بخش ۵: پدیده خود - القاوری ۴۹۳
- بخش ۶: کاربردهایی از القای الکترومغناطیسی (جریان متناوب - مبدل) ۴۹۹

(فصل ۱)

## فیزیک و اندازه‌گیری

- بخش ۱: اندازه‌گیری ۸
- بخش ۲: چگالی ۲۴

(فصل ۲)

## ویژگی‌های فیزیکی مواد و فشار

- بخش ۱: ماده و ویژگی‌هایش ۴۵
- بخش ۲: فشار ۵۱
- بخش ۳: اصل پاسکال در مایع ساکن ۶۶
- بخش ۴: اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز ۷۴
- بخش ۵: نیروی شناوری و اصل برنولی ۸۸

(فصل ۳)

## کار، انرژی و توان

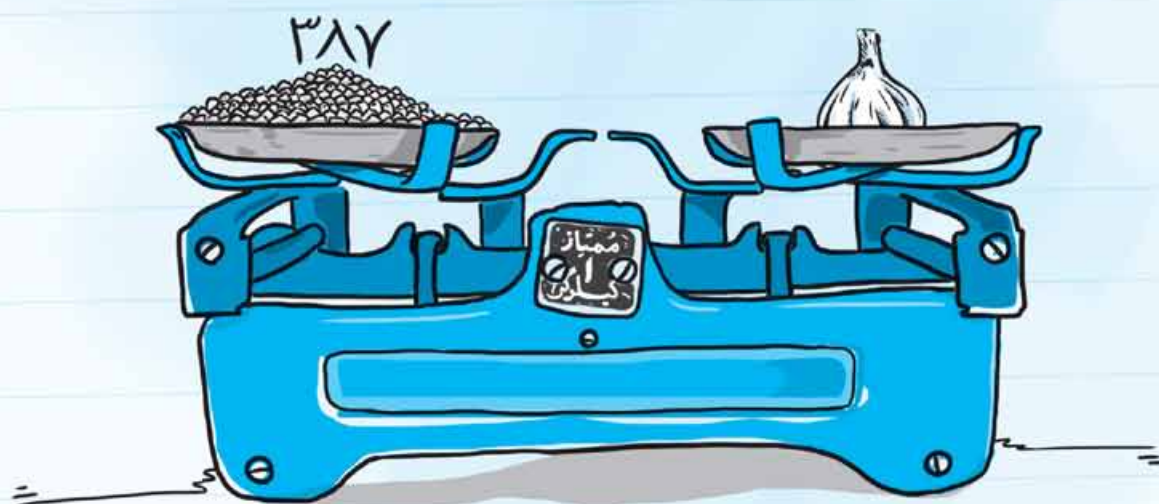
- بخش ۱: مفهوم کار و مفهوم انرژی مکانیکی ۱۰۶
- بخش ۲: ارتباط بین کار و انرژی ۱۲۱
- بخش ۳: توان و بازده ۱۴۴

(فصل ۴)

## دما و گرما

- بخش ۱: دما و دماسنجی ۱۶۲
- بخش ۲: انبساط گرمایی ۱۶۷
- بخش ۳: گرما و آثار آن بر اجسام ۱۸۱
- بخش ۴: تعادل گرمایی ۱۹۹
- بخش ۵: انتقال گرما ۲۰۶

# فیزیک و اندازه گیری (فصل ۱)



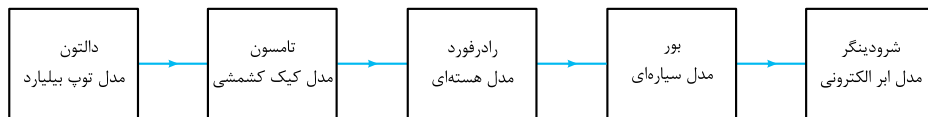


## فیزیک، علمی تجربی و آزمون پذیر

درس ۱



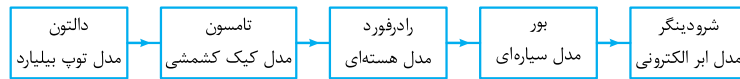
هر اتفاقی که در طبیعت می افتد (مثل افتادن یک برگ) یک پدیده فیزیکی است، کار دانشمندان فیزیک این است که پدیده ها را مشاهده کنند و الگوها و نظم های خاصی را در آن ها کشف کنند. آن ها این الگوها را به صورت **نظریه ها، مدل ها و قانون های فیزیکی** بیان می کنند. اما این پایان کار نیست. از آن جایی که فیزیک علمی تجربی است، قانون ها، مدل ها و نظریه ها باید با آزمایش های مختلف و متعدد تأیید شوند. چه بسا نتیجه آزمایش ها اعتبار یک مدل یا نظریه فیزیکی را زیر سؤال ببرد و دانشمندان آن را اصلاح و یا مدل یا نظریه جدیدی را جایگزین کنند. تغییر مدل اتمی در طول زمان مثال خوبی از تغییر مدل ها و نظریه های فیزیکی است (شکل زیر).



### عوامل مؤثر در پیشرفت دانش و تکامل علم فیزیک

- (الف) آزمایش و مشاهده: شکل گیری علم فیزیک مدیون آزمایش و مشاهده دانشمندان.
- (ب) تفکر نقادانه و اندیشه ورزی فعال فیزیک دانان نسبت به پدیده هایی که با آن روبه رو می شوند: یعنی فیزیک دانان پدیده ها را خیلی دقیق می بینند و در موردشون فکر می کنند و همین بوری باعث از کنارشون نمی گذرن.
- (پ) آزمون پذیری و اصلاح نظریه های فیزیکی: یعنی باید نظریه ها و قانون های فیزیک رو آزمایش کرد و آنگاه به وقت تو به آزمایشی خلاف اون مشاهده شد، باید اصلاح بشن؛ این باعث می شه که نظریه ها بهتر و دقیق تر بشن. به قول کتاب درسی «ویژگی آزمون پذیری و اصلاح و تغییر نظریه های فیزیکی، نه تنها ضعف نیست، بلکه نقطه قوت دانش فیزیک است.»
- مؤثرترین عامل در پیشبرد و تکامل علم فیزیک، تفکر نقادانه و اندیشه ورزی فعال فیزیک دانان است (مثلاً نظریه نسبیت، نتیجه اندیشه ورزی فعال آلبرت اینشتین است).

- ۱- **گزینه ۴**: عیناً جمله کتاب درسی است که با توجه به نقش آزمایش در تأیید مدل ها و نظریه های فیزیکی، فیزیک را علمی تجربی معرفی کرده است.
- ۲- **گزینه ۱**: تغییر مدل اتمی در طول زمان مطابق طرحواره زیر است:



- ۳- **گزینه ۱**: برای پاسخ به این سؤال به اصلاح تک تک عبارتها می پردازیم: (الف) مرحله دوم بررسی یک پدیده، توضیح پدیده با استفاده از قانون، مدل سازی و طرح نظریه فیزیکی است و احتمال جایگزینی مدل ها و نظریه های فیزیکی اعتبار این مرحله را از بین نمی برد. (ب) درست است. (پ) آزمون پذیری و اصلاح نظریه های فیزیکی نقطه قوت علم فیزیک است؛ چون باعث تکامل شناخت ما از جهان می شود.

## مدل سازی در فیزیک

درس ۲

پدیده های فیزیکی (مثل پرتاب توپ، بالارفتن بالون، روشن شدن یک لامپ، بارش برف و ...) حتی اگر ساده و ابتدایی هم به نظر بیایند، پیچیدگی هایی دارند؛ به این دلیل تحلیل و بررسی این پدیده ها سخت و گاهی هم غیرممکن است. مثلاً حرکت پرتابی یک توپ بسکتبال به عوامل های زیر بستگی دارد:

- شکل توپ یک کره کامل نیست (سطح توپ برجستگی ها و درزهایی دارد). / ● توپ در حال حرکت به دور خود می چرخد. / ● مقاومت هوا و باد روی حرکت توپ اثر می گذارند. / ● وزن توپ با تغییر ارتفاع توپ تغییر می کند. / ● چگالی و فشار هوای محیط در حرکت توپ اثر می گذارند. / ● سرعت اولیه و جهت پرتاب در مسیر حرکت توپ مؤثر است.

حالا اگر بخواهیم همین حرکت ساده را با در نظر گرفتن همه عوامل، تحلیل و بررسی کنیم، کار خیلی سختی در پیش داریم. برای همین این پدیده را آن قدر ساده و آرمانی می کنیم تا بتوانیم آن را تحلیل و بررسی کنیم. به این عمل در فیزیک، مدل سازی می گوئیم.

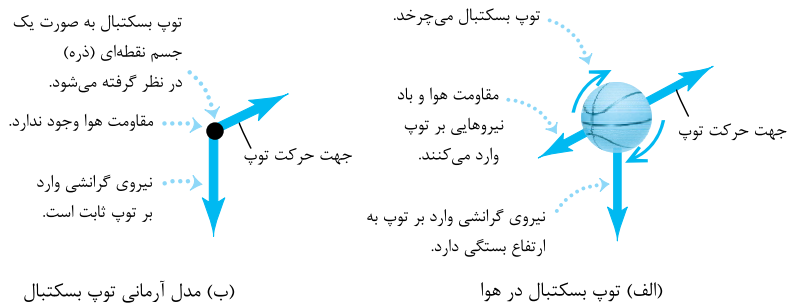
**تعریف مدل سازی:** به فرایندی که طی آن یک پدیده فیزیکی را تا حد ممکن ساده و آرمانی می کنیم تا بررسی و تحلیل آن امکان پذیر شود، مدل سازی می گوئیم.

**حواستون باشه!** در مدل سازی یک پدیده فیزیکی از عوامل جزئی تر چشم پوشی می کنیم. منظورمان از عوامل جزئی تر عواملی است که تأثیر کمتری بر آن پدیده فیزیکی دارند؛ ولی باید مواظب باشیم که عوامل اصلی را نادیده نگیریم.

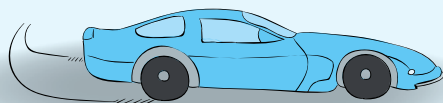
مثلاً در جدول زیر حرکت پرتاب توپ بسکتبال را با مدل سازی به یک حرکت آرمانی تبدیل کرده ایم.

| توضیح                                                                                                             | آیا از این عامل چشم پوشی می کنیم؟ | عواملی که کم یا زیاد در حرکت توپ بسکتبال مؤثرند.                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| توپ را به صورت یک جسم نقطه ای فرض می کنیم.                                                                        | بله                               | توپ یک کره کامل نیست و برجستگی ها و درزهایی دارد.                |
| اثر چرخش توپ در حرکت توپ چندان زیاد نیست.                                                                         | بله                               | توپ در طول مسیر به دور خود می چرخد.                              |
| فرض می کنیم توپ در شرایط خلأ پرتاب شده است.                                                                       | بله                               | هوا در برابر حرکت توپ مقاومت می کند (نیروی مقاومت هوا).          |
| وزن عامل مهمی در مسیر حرکت توپ است. اگر وزن را نادیده بگیریم، توپ به جای مسیر منحنی باید بر مسیر مستقیم حرکت کند. | خیر                               | وزن توپ، نیرویی است که کره زمین در تمام مسیر بر توپ وارد می کند. |

| عواملی که کم یا زیاد در حرکت توپ بسکتبال مؤثرند. | آیا از این عامل چشم‌پوشی می‌کنیم؟ | توضیح                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| وزن توپ در طول مسیر تغییر می‌کند.                | بله                               | این تغییرات خیلی کم و نامحسوس است.                                                                             |
| اندازه تندی اولیه و جهت پرتاب اولیه              | خیر                               | این عامل مستقیماً در مسیر حرکت تأثیرگذار است. مهم‌ترین عاملی که باعث می‌شود توپ وارد سبد شود یا نشود همین است. |



**تست** فرض کنید خودرویی در حال حرکت است. خودرو با دیدن یک مانع ترمز می‌کند و پس از طی مسافتی می‌ایستد. برای مدل‌سازی فیزیکی این پدیده، برخی از عوامل را نادیده می‌گیریم. نادیده گرفتن کدام موارد زیر باعث می‌شود نتیجه بررسی مدل با واقعیت تفاوت آشکاری داشته باشد؟



- (الف) ابعاد خودرو
- (ب) اصطکاک خودرو با زمین و مقاومت هوا
- (پ) چرخش چرخ‌ها
- (ت) جرم خودرو و سرنشینان آن

(۱) (پ) و (ت) (۲) (الف) و (پ) (۳) (الف) و (ب) (۴) (ب) و (ت)

**پاسخ گزینه ۲:** اگر از اصطکاک خودرو با زمین صرف‌نظر کنیم، خودرو هرگز متوقف نمی‌شود! نادیده گرفتن جرم هم باعث می‌شود همه نیروهای وارد بر خودرو از جمله اصطکاک حذف شود، پس نباید پی‌فایال موارد (ب) و (ت) شویم. دو مورد دیگر قابل چشم‌پوشی هستند.

۴- **گزینه ۲:** عبارت (الف) درست و عیناً جمله کتاب درسی است، ولی عبارت (ب) نادرست است. زیرا اتفاقاً در مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی فقط و فقط اثرهای مهم و تعیین‌کننده را در نظر می‌گیریم و از اثرهای جزئی‌تر چشم‌پوشی می‌کنیم.

۵- **گزینه ۳:** در مدل‌سازی پرتاب توپ برای ساده‌سازی از ابعاد و ناهمواری‌های سطح توپ چشم‌پوشی می‌کنیم. حرکت توپ را در خلأ در نظر می‌گیریم؛ یعنی از مقاومت هوا و اثر وزش باد چشم‌پوشی می‌کنیم. فرض می‌کنیم با تغییر فاصله توپ از زمین، وزن آن ثابت می‌ماند. هم‌چنین از چرخش توپ به دور خودش صرف‌نظر می‌کنیم تا امکان تحلیل پدیده فراهم شود.

۶- **گزینه ۲:** در این مدل‌سازی، جسم را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم و از ابعاد جسم صرف‌نظر می‌کنیم. هم‌چنین مقدار نیرویی که صرف حرکت رو به جلوی جسم می‌شود و نیروی اصطکاک برای ما مهم هستند؛ چون نیروی اصطکاک که برخلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود، آن‌قدر بزرگ است که حرکت رو به جلو را با مشکل مواجه می‌کند. اما در این مدل‌سازی مقاومت هوا را در نظر نمی‌گیریم؛ چون تأثیر چندانی بر حرکت جسم ندارد.

۷- **گزینه ۲:** در مدل‌سازی پرتو نور لیزر مانند شکل مقابل، باریکه نور را به صورت پرتوهای موازی نور مدل‌سازی می‌کنیم و منبع نور را هم به صورت نقطه‌ای در نظر می‌گیریم.

۸- **گزینه ۲:** هنگامی که گلوله را رها می‌کنیم، نیروی وزن وارد بر گلوله سبب حرکت آن می‌شود، پس نمی‌توان از نیروی وزن چشم‌پوشی کرد. (۲) گلوله پس از چند رفت‌و برگشت متوقف می‌شود. عامل این توقف نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله است. بنابراین از نیروی مقاومت هوا هم نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. در حرکت این گلوله، ابعاد (اندازه و شکل) آن (مورد پ) و جرم نخ (مورد ب) جزء اثرات مهم و تعیین‌کننده نیستند، بنابراین می‌توان از آن‌ها چشم‌پوشی کرد.

۹- **گزینه ۳:** در چرخش زمین به دور خورشید باید به دنبال نیرویی بگردیم که باعث حرکت دایره‌ای زمین می‌شود. این نیرو، نیروی گرانشی است که خورشید به زمین وارد می‌کند. بقیه عوامل، فرعی و جزئی به حساب می‌آیند. (البته اثر سیاره‌های دیگر بر روی زمین باعث می‌شود مدار چرخش زمین به دور خورشید دایره نباشد؛ ولی در مدل‌سازی می‌توانیم این اثرها را نادیده بگیریم.)

۱۰- **گزینه ۳:** در حرکت سقوط برگ، مقاومت هوا به نسبت زیاد است و نمی‌توانیم از آن چشم‌پوشی کنیم. اما با توجه به نوع حرکت که تندشونده به طرف پایین است، نتیجه می‌گیریم نیروی وزن ( $W$ ) باید بزرگ‌تر از نیروی مقاومت هوا ( $F_d$ ) باشد.

# کمیت ویکا



فیزیک، علمی تجربی است؛ یعنی علمی است که پدیده‌های طبیعت را با تجربه و آزمایش، تحلیل و بررسی می‌کند. تجربه و آزمایش هم بدون اندازه‌گیری غیرممکن است. برای همین است که حتی بعضی‌ها معتقدند فیزیک علم اندازه‌گیری است.

برای این که بفهمیم اندازه‌گیری دقیقاً یعنی چه، باید مفهوم «کمیت» و «یکا» را بدانیم.

**الف) کمیت:** هر چیزی را که بتوانیم اندازه بگیریم و مقدار آن را با یک عدد بیان کنیم، کمیت است. مثلاً طول، جرم و زمان کمیت هستند؛ اما بعضی چیزها قابل اندازه‌گیری نیستند و نمی‌توانیم مقدار آن‌ها را با عدد بیان کنیم؛ مثل زیبایی، دوست‌داشتن و احساس گرمی و سردی.

(کلاً اساساً هر نوعی که اندازه‌گیری نمی‌شود و با عدد بیان نمی‌گردد.)

**ب) یکا:** برای آن که بتوانیم اندازه یک کمیت را با عدد بیان کنیم، نیاز به یک مقدار معین و قراردادی از همان کمیت داریم. به این مقدار «یکا» یا «واحد» آن کمیت می‌گوییم. مثلاً طول مشخصی را قرارداد می‌کنیم و اسمش را «متر» می‌گذاریم و وقتی می‌گوییم طول جسمی ۵ m است؛ منظورمان این است که طول این جسم ۵ برابر یکای متری است که ما قرارداد کرده‌ایم.

عدد به تنهایی ماهیت ریاضی دارد. مقدار فیزیکی عددی است که با یک یکای مناسب بیان می‌شود.

ویژگی‌های یکای استاندارد: یکایی قابل قبول همگان است که دو ویژگی داشته باشد: ۱) تغییرناپذیر باشد. ۲) در مکان‌های مختلف قابلیت بازتولید داشته باشد.

## تست کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند یکای دقیق‌تر و مناسب‌تری برای اندازه‌گیری طول باشد؟

- ۱) فاصله نوک انگشت کوچک تا نوک انگشت شست هنگامی که انگشتان دست کاملاً باز هستند (وجب).
- ۲) یک ده‌میلیونیم فاصله استوا تا قطب شمال بر روی نصف‌النهار مبدأ

$$۳) \frac{۱}{۳۸۴۰۰۰۰۰۰} \text{ شعاع مدار چرخش ماه به دور زمین}$$

$$۴) \text{ مسافتی که نور در مدت زمان } S = \frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸} \text{ در یک محیط شفاف می‌پیماید.}$$

**پاسخ گزینه ۲:** گفتیم یک یکای مناسب باید تغییرناپذیر باشد و در مکان‌های مختلف قابلیت بازتولید داشته باشد. حالا گزینه‌ها را یکی یکی بررسی می‌کنیم:

- ۱) وجب دست آدم‌ها با هم فرق می‌کند، پس قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف وجود ندارد؛ یعنی اگر به یک کودک بگویید ۵ وجب سیم بخرد، او نمی‌تواند ۵ وجب شما را با وجب خودش بازآفرینی کند، هم‌چنین شرط اول (تغییرناپذیری) هم وجود ندارد. وجب یک نفر در طول زمان از کودکی تا کهنسالی تغییر می‌کند.
- ۲) فاصله استوا تا قطب شمال بر روی یک نصف‌النهار در بازه‌های زمانی خیلی طولانی ممکن است تغییر کند، اما برای بازه‌های زمانی موردنظر ما با تقریب خوبی تغییرناپذیر است و برای همه آدم‌های روی کره زمین یک مقدار را تداعی می‌کند (یعنی قابلیت بازآفرینی هم دارد)؛ پس این گزینه می‌تواند درست باشد.
- ۳) مدار چرخش ماه به دور کره زمین بیضی است؛ پس شعاع چرخش ماه ثابت نیست و تغییر می‌کند.
- ۴) این تعریف برای آن که دقیق‌ترین یکا برای طول باشد، یک اشتباه دارد. سرعت نور در محیط‌های مختلف متفاوت است؛ بنابراین باید گفته شود مسافتی که نور در مدت زمان  $S = \frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$  در خلأ می‌پیماید تا ما برای انتخاب این گزینه قانع شویم.

## دسته‌بندی کمیت‌ها (از نظر ماهیت)

کمیت‌ها یا نرده‌ای (اسکالر) یا برداری هستند. می‌دانید که همه کمیت‌ها اندازه دارند، ولی تفاوت این دو نوع کمیت، در داشتن یا نداشتن جهت است. حالا هر کدامشان را کمی دقیق‌تر بررسی می‌کنیم:

### الف) کمیت‌های نرده‌ای (اسکالر)

| عدد   | یکا             |      |
|-------|-----------------|------|
| ۷۴    | kg              | جرم  |
| ۲۴۰۰۰ | cm <sup>۳</sup> | حجم  |
| ۱۶۸   | s               | زمان |

این کمیت‌ها اندازه دارند ولی جهت ندارند. کمیت‌هایی مثل زمان، جرم، طول، حجم، چگالی و انرژی نرده‌ای‌اند. همه این کمیت‌ها با یک عدد و یکای مخصوص به خودشان بیان می‌شوند و مشخص کردن جهت برای آن‌ها بی‌معنی است. مثلاً وقتی می‌گوییم جرم ۷۴ kg و حجم ۲۴۰۰۰ cm<sup>۳</sup>، کسی نمی‌پرسد که فُـب پس هفتشان چی؟ در جدول روبه‌رو چند کمیت نرده‌ای را به عنوان نمونه آورده‌ایم.

**حواستون باشه!** عدد بدون یکا بی‌معنیه!

### ب) کمیت‌های برداری

| عدد  | یکا  | جهت            |           |
|------|------|----------------|-----------|
| ۱۳۴۹ | m    | (به طرف شمال)  | جابه‌جایی |
| ۱۳۷  | km/h | (به طرف غرب)   | سرعت      |
| ۴۲۰  | N    | (به طرف پایین) | نیرو      |

این کمیت‌ها علاوه بر اندازه، جهت هم دارند.

در واقع برای بیان یک کمیت برداری باید عدد، یکا و جهت آن را بگوییم. مثلاً برای بیان یک جابه‌جایی (که کمیتی برداری است) باید بگوییم ۱۳۴۹ m به طرف شمال. در جدول روبه‌رو چند نمونه از کمیت‌های برداری را بیان کرده‌ایم:

**چند نکته ۱:** کمیت‌های برداری را با یک بردار نشان می‌دهند. همین‌طور که می‌دانید بردار یک پاره‌خط جهت‌دار است که طول این پاره‌خط بیانگر مقدار کمیت و راستا و سوی آن نشانه جهتش است. مثلاً شکل روبه‌رو بردار نیرویی را نشان می‌دهد که اندازه‌اش ۳ N و جهتش در امتداد قائم و رو به بالاست.

**۲:** برای این که مشخص کنیم یک کمیت برداری است، بر روی نماد آن کمیت، یک پیکان کوچک قرار می‌دهیم؛ مثلاً کمیت نیرو را به صورت  $\vec{F}$  و کمیت سرعت را به صورت  $\vec{v}$  نشان می‌دهیم. حالا اگر پیکان را از بالای نماد برداریم یعنی اندازه آن کمیت مثلاً  $F = 5 \text{ N}$  یا  $v = 20 \text{ m/s}$ .

**حواستون باشه!**  $\vec{v} = 20 \text{ m/s}$  یا  $\vec{F} = 5 \text{ N}$  غلطه! چون بردار  $\vec{v}$  فقط مقدار نیست که اون رو مساوی  $20 \text{ m/s}$  قرار بدیم.

۱- اسکالر (Scaler) از واژه Scale به معنای اندازه و مقدار گرفته شده است.

۲ کمیت‌های برداری که شما برای کنکور باید بلد باشید این‌ها هستند: جابه‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو، گشتاور، تکانه، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی. بنابراین در حد کنکور هر کمیتی به‌جز مواردی که در بالا گفتیم نرده‌ای هستند!

**حواستون باشه!** جابه‌جایی یک کمیت برداری است که به مسیر حرکت وابسته نیست و در واقع برداری است که ابتدای مسیر را به انتهای مسیر وصل می‌کند. اما مسافت طی شده کمیتی نرده‌ای است که بیان می‌کند متحرک کلاً چند متر پیاده شده است. مثلاً در شکل روبه‌رو جسم از مسیر منحنی از A تا B، ۶ m راه رفته، ولی مقدار جابه‌جایی آن ۵ m است.

**حواستون باشه!** سرعت، یک کمیت برداری است و باید آن را با جهتش معرفی کنیم، ولی تندی که اندازه سرعت است یک کمیت نرده‌ای است. مثلاً وقتی می‌گوییم «۱۳۷ km/h به سمت غرب»، سرعت جسم را گفته‌ایم و وقتی فقط می‌گوییم «۱۳۷ km/h» تندی آن را بیان کرده‌ایم.

۴ جمع و تفریق کمیت‌های برداری معمولی (جبری) نیست؛ بلکه جمع و تفاضل آن‌ها برداری است که در ریاضیات خوانده‌اید. (یادتون که هست به جمع برداری می‌گفتین براین‌گیری) با تست زیر منظورمان را بهتر متوجه می‌شوید.

**تست** متحرکی ابتدا ۶۰ m به طرف جنوب، سپس ۱۱ m به طرف غرب جابه‌جا می‌شود. اندازه جابه‌جایی متحرک چند متر است؟

۷۱ (۱) ۶۳ (۲) ۶۱ (۳) ۴۹ (۴)

**پاسخ گزینه ۳** در این‌جا مثل شکل روبه‌رو دو جابه‌جایی عمود بر هم داریم که جابه‌جایی کل از جمع (یا برابند) این دو حساب می‌شود؛ یعنی باید از رابطه فیثاغورس اندازه جابه‌جایی کل را حساب کنیم.

یعنی حاصل جمع (برابند) دو جابه‌جایی ۶۰ متری و ۱۱ متری در این‌جا برابر با ۶۱ متر شد. البته اگر می‌پرسید مسافت طی شده چند متر است باید جواب می‌دادیم: ۶۰ + ۱۱ = ۷۱ m

تو همین تست تفاوت یک کمیت برداری (جابه‌جایی) و یک کمیت نرده‌ای (مسافت طی شده) رو دارید می‌بینی.

۵ کمیت‌های کار، فشار و جریان الکتریکی از قواعد جمع و تفریق معمولی (جبری) پیروی می‌کنند. برای همین این سه کمیت نرده‌ای هستند.

**دسته‌بندی قراردادی کمیت‌ها (کمیت‌های اصلی و فرعی)**

| کمیت‌های اصلی و یکه‌های آن |             |                |
|----------------------------|-------------|----------------|
| نماد یکا                   | نام یکا     | کمیت           |
| m                          | متر         | طول            |
| kg                         | کیلوگرم     | جرم            |
| s                          | ثانیه       | زمان           |
| K                          | کلوین       | دما            |
| mol                        | مول         | مقدار ماده     |
| A                          | آمپر        | جریان الکتریکی |
| cd                         | کندلا (شمع) | شدت روشنایی    |

مجمع بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها هفت کمیت را به عنوان **کمیت‌های اصلی** و یکای این کمیت‌ها را به عنوان **یکای اصلی** انتخاب کرد. در جدول زیر این هفت کمیت را با یکاهای استانداردشان آورده‌ایم.

**یکاهای فرعی** هر کمیتی به‌جز این هفت کمیت اصلی، **کمیت فرعی** هستند و به یکاهای آن‌ها هم **یکاهای فرعی** می‌گوییم.

**چند نکته** ۱ مجمع بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها، بعضی یکاها را به عنوان یکاهای استاندارد به طور مستقل تعریف کرد (مثلاً متر را به عنوان یکای طول و ثانیه را به عنوان یکای زمان به طور مستقل تعریف کرد).

یکای کمیت‌های دیگر از طریق فرمول‌های فیزیکی به دست می‌آید، به عنوان مثال با توجه به فرمول تندی متوسط ( $s_{av} = \frac{1}{\Delta t}$ ) یکای تندی، متر بر ثانیه (m/s) به دست می‌آید که یک یکای فرعی است. به مجموعه یکاهایی که مورد توافق مجمع بین‌المللی اوزان و مقیاس است، دستگاه بین‌المللی یا SI (System International) می‌گوییم.

۲ تکلیف یکاهای اصلی SI که هم تعریف مستقل دارند و هم نام مستقل، معلوم است. اما یکاهای فرعی تعریف مستقل ندارند و با توجه به فرمول‌های فیزیکی به کمک یکاهای دیگر تعریف می‌شوند. یکاهای فرعی خودشان در SI دو دسته‌اند:

**(الف)** یک دسته آن‌هایی که نام مستقل و مخصوص ندارند؛ مثل  $\frac{m}{s}$  که از فرمول  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  به دست می‌آید.

**(ب)** دسته دوم یکاهای فرعی پرکاربردی هستند که نام مستقل و مخصوص دارند. مثلاً یکای نیرو که نیوتون (N) و یکای کار و انرژی که ژول (J) است. در واقع این یکاها تعریف مستقل ندارند ولی نام مستقل دارند.

این نکته را به صورت خلاصه می‌توانیم این‌طوری بنویسیم:

**یکاهای اصلی:** تعریف و نام مستقل دارند؛ مثل متر، کیلوگرم و ثانیه.

**انواع یکا** **یکاهای فرعی:** تعریف مستقل ندارند **یکاهای فرعی:** که نام مستقل و مخصوص دارند؛ مثل نیوتون، ژول و پاسکال **یکاهای فرعی:** که نام مستقل و مخصوص ندارند؛ مثل متر بر ثانیه

کتاب درسی از بین کمیت‌های اصلی سه کمیت طول و جرم و زمان را زیر ذره‌بین قرار داده و برخی یکاهای غیر SI آن‌ها را معرفی کرده است. البته لازم نیست رابطه بین این یکاها را حفظ کنید.

### الف) برخی یکاهای طول

می‌دانید که یکای استاندارد طول در SI، متر (m) است. سه تعریف برای متر در کتاب درسی آمده است:

۱- **تعریف قدیمی‌تر:** یک ده‌میلیونیم فاصله استوا تا قطب شمال، معادل یک متر است. این تعریف دیگر اعتبار ندارد، چون در طول زمان این فاصله تغییر می‌کند.

۲- **تعریف عام:** دانشمندان در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس آلایاز پلاتین - ایریدیم در دمای  $0^\circ C$  دو خط نازک حک کردند و فاصله میان این دو خط را برابر یک متر تعریف کردند. این میله شاخص استاندارد همه خط‌کش‌های امروزی است.

۳- **تعریف تخصصی و دقیق:** یک متر برابر مسافتی است که نور در مدت  $\frac{1}{299792458}$  در خلأ می‌پیماید. این تعریف برای اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق به کار می‌رود.



برخی یکاهای غیر SI طول: به جز متر یکاهای دیگری هم برای طول وجود دارد که خوب است آن‌ها را هم بدانید:

سال نوری (ly): یک سال نوری مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید (این تعریف مهم است و باید بلد باشید).

هر سال نوری برابر است با: زمان یک سال (بر حسب ثانیه)  $\times$  تندی نور در خلأ  $\Rightarrow 1 \text{ ly} = \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

یکای نجومی (AU): میانگین فاصله زمین تا خورشید برابر یک یکای نجومی است.  $(1 \text{ AU} \approx 1.5 \times 10^{11} \text{ m})$  (این تعریف رو هم باید فقط باشید).

ذرع، فرسنگ، فوت یا پا (ft)، اینچ (in)، یارد (yd) و مایل (mi) از یکاهای دیگر طول هستند که اگر در سؤال مطرح شود، ضریب تبدیل آن را به یکاهایی که شما بلد هستید می‌دهند.

ذرع و فرسنگ: از یکاهای قدیمی ایرانی هستند. هر ذرع ۱۰۴ cm و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است.

فوت (پا) و اینچ (in): از یکاهای بریتانیایی هستند، هر فوت ۱۲ اینچ و هر اینچ ۲.۵۴ cm است.

مایل (mi): مایل هم یکای بریتانیایی برای طول است. اندازه یک مایل در خشکی و دریا تفاوت دارد. مایل در خشکی ۱۶۰۹ m و در دریا برابر ۱۸۵۲ m است.

### ب) برخی یکاهای جرم

یکای جرم در SI، کیلوگرم (kg) است. دانشمندان جرم یک استوانه از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیم را به عنوان یکای استاندارد جرم انتخاب کردند و آن را معادل ۱ kg نامیدند.

خروار، من تبریز، سیر، مثقال، نخود، گندم و قیراط از یکاهای قدیمی و ایرانی جرم است. نگران نباشید اگر در مسئله‌ای این یکاها را بدهند، ضریب تبدیل آن‌ها به یکاهای استاندارد را هم می‌دهند.

برخی یکاهای غیر SI جرم: ۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز ۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال ۱ مثقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم

قیراط: یکای جرم که در مورد الماس و جواهرات کاربرد دارد. هر قیراط ۲۰۰ mg است.

### پ) برخی یکاهای زمان

می‌دانید که ثانیه یکای استاندارد زمان است. دو تعریف برای ثانیه در کتاب درسی آمده است.

۱- تعریف عام و قدیمی: ۱۸ برابر با  $\frac{1}{86400}$  میانگین روز خورشیدی است. (روز خورشیدی مدت زمان بین دو بار متوالی است که خورشید در بالاترین نقطه آسمان قرار می‌گیرد).

۲- تعریف تخصصی و دقیق: براساس تعداد معینی از نوسان‌های اتم سزیم در ساعت‌های اتمی تعریف می‌شود (ساعت‌های اتمی بسیار دقیق‌اند و پس از چندین میلیون سال فقط ۱۸ جلو یا عقب می‌افتند).

دقیقه، ساعت، شبانه‌روز، هفته، ماه، سال و قرن هم یکاهای زمان هستند.

بازه زمانی ( $\Delta t$ ): به مدت زمان بین آغاز و پایان یک رویداد بازه زمانی می‌گویند. اگر آغاز رویداد در لحظه  $t_1$  و پایان آن در لحظه  $t_2$  اتفاق بیفتد، بازه زمانی این رویداد برابر است با:  $\Delta t = t_2 - t_1$

## چهار عمل اصلی و کمیت‌ها

الف) جمع و تفریق: شما فقط حق دارید کمیت‌های هم جنس با یکاهای یکسان را با هم جمع یا تفریق کنید. مثلاً سرعت را نمی‌شود با نیرو جمع کرد یا دو طول با واحدهای متفاوت (مثل فرسنگ و مایل دریایی) را هم همین‌طور!

در فرمول‌های فیزیک، کمیت‌های هم جنس را با هم جمع یا منها می‌کنند؛ پس وقتی فرمولی مثل  $E = K + U$  می‌بینیم، می‌فهمیم که  $E$ ،  $K$  و  $U$  هر سه یک نوع کمیت‌اند و یکای آن‌ها هم یکسان است.

ب) ضرب و تقسیم: شما می‌توانید دو یا چند کمیت هم جنس یا غیر هم جنس را در هم ضرب یا تقسیم کنید، ولی باید بدانید که هر وقت دو یا چند کمیت را در هم ضرب و تقسیم می‌کنید، یک کمیت جدید به دست می‌آید. مثلاً اگر جرم ( $m$ ) را در شتاب ( $a$ ) ضرب کنید، حاصل ضرب نه از جنس جرم است و نه از جنس شتاب؛ بلکه از جنس کمیت دیگری به نام نیرو ( $F$ ) است.

**تست** در فرمول  $P = \rho gh + P_0$ ، یکای  $P$  پاسکال و یکای  $h$  متر است. یکای  $\rho g$  کدام است؟

۱) پاسکال  
متر

۲) متر  
پاسکال

۳) پاسکال

۴) متر  $\times$  پاسکال

$$\rho g \text{ یکای } = \frac{\text{پاسکال}}{\text{متر}} = \frac{\text{یکای } \rho gh}{\text{یکای } h}$$

**پاسخ گزینه ۱** با توجه به نکته بالا  $P$ ،  $\rho gh$  و  $P_0$  هم جنس‌اند و یکای هر سه پاسکال است؛ پس داریم:

## یکای کمیت‌های مجهول را چه طور به دست آوریم؟

۱) فرمول فیزیکی مناسب را که کمیت مورد نظر در آن هست می‌نویسیم.

۲) فرمول را طوری تغییر می‌دهیم که نماد کمیت مجهول در یک طرف و بقیه نمادها در طرف دیگر تساوی باشند.

۳) به جای کمیت‌های معلوم، واحد آن‌ها را جای‌گذاری و تا حد ممکن ساده می‌کنیم. در این صورت واحد کمیت مورد نظر بر حسب یکای سایر کمیت‌ها به دست می‌آید. به تست زیر توجه کنید:

**تست** نیوتون (یکای نیرو) بر حسب یکای کمیت‌های اصلی در کدام گزینه به درستی بیان شده است؟

۱)  $\frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$

۲)  $\frac{\text{kg.m}}{\text{s}}$

۳)  $\frac{\text{kg.s}}{\text{m}}$

۴)  $\frac{\text{kg.s}^2}{\text{m}}$

**پاسخ گزینه ۱** گام اول: ابتدا فرمول مناسبی برای نیرو می‌نویسیم، سال نهم یاد گرفتید که:  $F = ma$ . در این فرمول می‌خواهیم یکای  $F$  را پیدا کنیم و خوشبختانه نماد آن در یک طرف قرار دارد.

گام دوم: به جای هر کمیت یکای آن را قرار می‌دهیم، یکای جرم  $\text{kg}$  و یکای شتاب  $\text{m/s}^2$  است، پس:

$$\text{یکای نیرو} = \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$$

**حواستون باشد!** حرف لاتینی که در فرمول‌های فیزیک می‌نویسیم، «نماد» آن کمیت است؛ نه «یکای» آن! مثلاً در فرمول  $F = ma$ ، حرف  $m$  نماد جرم است (نه یکای طول که متره!).

**تست** در رابطه  $\Delta x = \frac{1}{3}At^3 + \frac{1}{2}Bt^2 + Ct$  اگر یکای C، متر بر ثانیه و یکای t ثانیه باشد، یکای A و یکای B به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (مضارب  $\frac{1}{3}$  و  $\frac{1}{2}$  در رابطه یکا ندارند.)

$$(1) \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^2} \text{ و } \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^3} \quad (2) \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^3} \text{ و } \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^2} \quad (3) \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^2} \text{ و } \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^3} \quad (4) \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}^2} \text{ و } \frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}$$

**پاسخ گزینه ۲:** گام اول: ضربهای  $\frac{1}{3}$  و  $\frac{1}{2}$  تأثیری در کشف یکای کمیت‌ها ندارند. پس آن‌ها را نادیده می‌گیریم.

**گام دوم:** از آن جایی که ما فقط اجازه داریم کمیت‌های هم‌جنس را جمع یا تفریق کنیم، می‌توانیم ادعا کنیم که یکای C،  $Bt^2$  و  $At^3$  یکسان است:

$$\text{یکای C} = \text{یکای } Bt^2 = \text{یکای } At^3$$

**گام سوم:** یکای C و t را داریم؛ پس یکای  $Bt^2$  و  $At^3$  را هم می‌توانیم پیدا کنیم:

$$C \times \text{یکای t} = A \times (\text{یکای t})^3 \Rightarrow \frac{m}{s} \times s = A \times (s)^3 \Rightarrow A \text{ یکای } = \frac{m}{s^3}$$

$$C \times \text{یکای t} = B \times (\text{یکای t})^2 \Rightarrow \frac{m}{s} \times s = B \times (s)^2 \Rightarrow B \text{ یکای } = \frac{m}{s^2}$$

در جدول زیر چند کمیت و یکای فرعی را که در SI نام مخصوص دارند، آورده‌ایم. برای هر کدام فرمولی را هم که یکای فرعی از آن به دست می‌آید آورده‌ایم.

| کمیت فرعی               | فرمول مناسب                     | یکای فرعی                            | نام مخصوص در SI        |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| نیرو                    | $F = ma$                        | $\frac{kg \cdot m}{s^2}$             | نیوتون (N)             |
| فشار                    | $P = \frac{F}{A}$               | $\frac{kg}{m \cdot s^2}$             | پاسکال (Pa)            |
| کار و انرژی             | $W = Fd$                        | $\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$           | ژول (J)                |
| توان                    | $P = \frac{W}{t}$               | $\frac{kg \cdot m^2}{s^3}$           | وات (W)                |
| گرمای ویژه              | $c = \frac{Q}{m \Delta T}$      | $\frac{m^2}{s^2 \cdot K}$            | $\frac{J}{kg \cdot K}$ |
| گرمای نهان ذوب          | $L_F = \frac{Q}{m}$             | $m^2 / s^2$                          | J / kg                 |
| بار الکتریکی            | $q = It$                        | A.s                                  | کولن (C)               |
| اختلاف پتانسیل الکتریکی | $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ | $\frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^2}$   | ولت (V)                |
| مقاومت الکتریکی         | $R = \frac{V}{I}$               | $\frac{kg \cdot m^2}{A^2 \cdot s^2}$ | اُهم ( $\Omega$ )      |
| ظرفیت خازن              | $C = \frac{q}{V}$               | $\frac{A^2 \cdot s^4}{kg \cdot m^2}$ | فاراد (F)              |
| میدان الکتریکی          | $E = \frac{F}{q}$               | $\frac{kg \cdot m}{A \cdot s^2}$     | V / m یا N / C         |
| میدان مغناطیسی          | $B = \frac{F}{I \ell}$          | $\frac{kg}{A \cdot s^2}$             | تسلا (T)               |

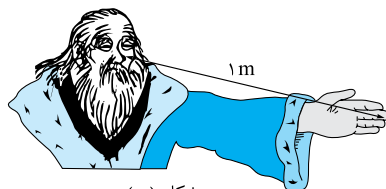
**۱۱- گزینه ۳:** دلیل نادرستی گزینه‌های دیگر: ① به یکاهایی که برحسب یکاهای اصلی بیان می‌شوند، یکاهای فرعی می‌گویند. ② دما یک کمیت است؛ اما احساس گرمی یک کمیت نیست؛ چون قابل اندازه‌گیری نیست و فقط می‌توان آن را به صورت توصیفی بیان کرد. ④ درست برعکس. یکایی مورد پذیرش همگان است که تغییرناپذیر باشد.

**۱۲- گزینه ۱:** با توجه به آن چه که در درس‌نامه گفتیم، هر کمیت یکاهای مخصوص به خود را دارد؛ مثلاً طول یکاهای مختلفی مثل متر، سانتی‌متر، اینچ، یارد و ... دارد.

**۱۳- گزینه ۴:** دلیل نادرستی گزینه‌های دیگر: ① در بیان کمیت‌های اسکالر به ذکر جهت نیاز نداریم. ② یکای هر کمیت علاوه بر قابلیت بازتولید باید تغییرناپذیر باشد. ③ یکای نیرو (نیوتون) تعریف مستقل ندارد و برحسب یکاهای اصلی بیان می‌شود؛ نیوتون معادل  $\frac{kg \cdot m}{s^2}$  است.



شکل (الف)



شکل (ب)

**۱۴- گزینه ۱:** یکایی خوب است که قابلیت بازتولید داشته، در دسترس همگان باشد ولی تغییر نکند. یکاهایی مثل وجب و فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده (شکل‌های الف و ب) خیلی در دسترس همگان هستند و به راحتی می‌شود آن‌ها را بازتولید کرد (از کرامات شیخ ما چه عجب - پنهان را وانمود و گفت و پنهان!) اما این ایراد را دارد که از دستی به دست دیگر تغییر می‌کند.



۱۵- گزینه ۲ همان طور که در درس نامه گفتیم، جرم و زمان دو کمیت اصلی هستند و یکاهای آن ها هم مستقل و اصلی هستند. (کیلوگرم یکای جرم و ثانیه یکای زمان است).

۱۶- گزینه ۲ هفت کمیت اصلی عبارتند از: طول، جرم، زمان، دما، جریان الکتریکی، مقدار ماده و شدت روشنایی. همه کمیت ها به غیر از این ۷ کمیت، جزء کمیت های فرعی اند. مانند: نیرو، فشار، سرعت و ...

۱۷- گزینه ۲ طبق جدولی که در درس نامه داشتیم، کمیت های جریان الکتریکی، دما، زمان و مقدار ماده همگی از کمیت های اصلی هستند.

۱۸- گزینه ۲ از میان کمیت هایی که در گزینه ها آمده، شدت روشنایی، مقدار ماده و دما کمیت های اصلی و بقیه فرعی هستند؛ پس در ۲ همه کمیت ها فرعی اند.

۱۹- گزینه ۲ برای گزارش ابعاد یک اتومبیل به کمیتی نیاز داریم که فقط مقدار را گزارش کند و جهت لازم نیست؛ پس از کمیت نرده ای استفاده می کنیم؛ ولی برای گزارش سرعت علاوه بر مقدار، به جهت هم احتیاج داریم؛ پس از کمیت برداری استفاده می کنیم.

۲۰- گزینه ۲ کمیت های فشار، جریان الکتریکی و تندی همگی نرده ای (اسکالر) و بدون جهت بیان می شوند؛ ولی وزن (که نیرو است) برداری است.

**حواستون باشه!** تندی را با سرعت، اشتباه نگیرید.

سرعت یک کمیت برداری است و جهت دارد؛ ولی تندی فقط اندازه سرعت است و جهت ندارد. همچنین جریان الکتریکی یک کمیت اسکالر است، چون از جمع جبری پیروی می کند.

| فشار             | وزن    | جریان الکتریکی   | تندی             |
|------------------|--------|------------------|------------------|
| فرعی             | فرعی   | اصلی             | فرعی             |
| نرده ای (اسکالر) | برداری | نرده ای (اسکالر) | نرده ای (اسکالر) |

از بین کمیت های صورت سؤال، فشار، وزن و تندی کمیت های فرعی هستند (وزن را با جرم اشتباه نگیرید، وزن یک نیرو است ولی جرم، جرم است!  $F = mg$ ) و کمیت جریان الکتریکی اصلی است. جدول مقابل خلاصه آن چه گفتیم است:

۲۱- گزینه ۲ کمیت های سرعت و شتاب جهت دارند و برداری اند. کمیت های جرم، زمان و مسافت طی شده، فقط مقدار دارند و نرده ای اند.

**حواستون باشه!** سرعت کمیت برداری ولی تندی کمیت نرده ای است. همچنین مسافت طی شده کمیت نرده ای ولی جابه جایی کمیت برداری است.

۲۲- گزینه ۲ کمیت های طول و دما اصلی اند و کمیت های وزن، فشار و گرما فرعی اند.

**حواستون باشه!** وزن، نوعی نیرو و کمیت فرعی مصوب می شه و اونو با جرم که کمیت اصلیه اشتباه نگیرید.

۲۳- گزینه ۳ کمیت های متفاوت (غیرهم جنس) را نمی توان با هم جمع یا تفریق کرد؛ اما ضرب و تقسیم کمیت های متفاوت امکان پذیر و تعریف شده است؛ پس ۱ و ۴ حتماً غلط و ۲ حتماً درست است. در مورد ۲ هم بدانید که امکان دارد کمیت  $A^2$  و  $C$  هم جنس باشند (مثلاً اگر کمیت  $C$  مساحت باشد و کمیت  $A$  طول باشد، در این صورت  $A^2$  از جنس کمیت مساحت می شود)؛ اما امکان تفریق دو کمیت متفاوت  $C$  و  $B$  وجود ندارد.

۲۴- گزینه ۲ می دانیم که کمیت های متفاوت (غیرهم جنس) را نمی توانیم با هم جمع یا از هم کم کنیم؛ اما در ۲ کمیت  $A$  به توان ۳ رسیده است؛ پس ممکن است با کمیت  $C$  هم جنس شده باشد. برای مثال اگر  $C$  کمیت حجم و  $A$  کمیت طول باشد،  $A^3$  هم از جنس کمیت حجم می شود.

۲۵- گزینه ۲ در فیزیک تمامی کمیت ها قابل ضرب و تقسیم هستند؛ اما فقط کمیت هایی قابلیت جمع و تفریق دارند که هم جنس باشند. در ۲ لیتر ( $L$ ) کمیت حجم و متر مربع ( $m^2$ ) کمیت سطح است؛ پس قابل تفریق نیستند.

۲۶- گزینه ۲ گام اول، ابتدا می رویم سراغ یکای شتاب. کمیت شتاب از رابطه  $a = \frac{\Delta v}{t}$  به دست می آید که در این رابطه  $\Delta v$  تغییرات سرعت و  $t$  زمان است. همچنین یکای کمیت سرعت، متر بر ثانیه ( $m/s$ ) است (جابه جایی = سرعت) پس داریم:

$$\frac{m}{s} = \frac{\text{یکای سرعت}}{\text{یکای زمان}} = \frac{m}{s^2} \Rightarrow \text{یکای شتاب} = \frac{m}{s^2}$$

گام دوم: همان طور که می دانیم فشار از رابطه  $P = \frac{F}{A}$  به دست می آید که در این رابطه  $F$  نیرو و  $A$  سطح مقطع است؛ پس:

$$\frac{kg \cdot m}{s^2} \Rightarrow \text{یکای فشار} = \frac{N}{m^2} = \frac{s^2}{m^2} \Rightarrow \text{یکای فشار} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

۲۷- گزینه ۲ گام اول، ابتدا یکای نیرو را بر حسب یکاهای اصلی می نویسیم. همان طور که می دانید نیرو از رابطه  $F = ma$  به دست می آید؛ پس داریم:

$$F = ma \Rightarrow 1 N = 1 kg \times 1 \frac{m}{s^2} = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

همچنین می دانیم که یکای جابه جایی، متر ( $m$ ) است.

گام دوم: حالا یکای کار را بر حسب یکای اصلی می نویسیم:

$$W = F \cdot d = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2} \times 1 m = 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$$

یکای کار همان یکای انرژی و برابر ژول است.

۲۸- گزینه ۲ گام اول، ابتدا کمیت  $k$  را از رابطه  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  استخراج می کنیم:

$$k = \frac{F \times r^2}{q_1 q_2} \Rightarrow k \text{ یکای } = \frac{(F \text{ یکای}) \times (r \text{ یکای})^2}{(q_1 \text{ یکای}) \times (q_2 \text{ یکای})} \quad (1)$$

گام دوم: می دانیم که نیرو از رابطه  $F = ma$  به دست می آید که در این رابطه  $a$  شتاب است.

گام سوم: حالا رابطه (۲) را در رابطه (۱) جای گذاری می کنیم:

$$F \text{ یکای } = (m \text{ یکای}) \times (a \text{ یکای}) = kg \times \frac{m}{s^2} = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2} \times 1 m^2 = 1 \frac{kg \cdot m^3}{s^2 \cdot C^2}$$

۲۹- گزینه ۳ یکای کمیت های موجود در گزینه ها را می نویسیم:

اولین یکا  $\checkmark$   $\frac{kg \cdot m}{s^2} = \frac{kg \cdot m}{s^2} \Rightarrow \text{یکای شتاب} \times \text{یکای جرم} = \text{یکای نیرو}$

دومین یکا  $\checkmark$   $\frac{kg \cdot m}{s^2 \cdot K} = \frac{kg \cdot m}{s^2 \cdot K} \Rightarrow \text{یکای دما} \times \text{یکای جرم} = \text{یکای انرژی}$

سومین یکا  $\checkmark$   $\frac{kg \cdot m}{m^2 \cdot s^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2} \Rightarrow \text{یکای نیرو} = \text{یکای فشار}$

۳۰- گزینه ۲: گزینه‌ها را یک‌به‌یک بررسی می‌کنیم:

۱ فشار از فرمول  $P = \frac{F}{A}$  به دست می‌آید؛ پس یکای فشار معادل  $\frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای مساحت}}$  است؛ یعنی می‌توانیم یک فشار برحسب Pa را با فشار دیگری برحسب  $\text{N/m}^2$  جمع کنیم.

۲ فرمول توان  $P = \frac{W}{t}$  است؛ پس هر وات (یکای توان) معادل  $\text{J/s}$  است و این گزینه هم درست است.

۳ نیرو از رابطه  $F = ma$  به دست می‌آید. یعنی یک نیوتون (یکای نیرو) معادل «یکای شتاب  $\times$  یکای جرم» است:  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$

۴ ژول یکای کار و انرژی است. می‌دانید که کار از ضرب نیرو در جابه‌جایی به دست می‌آید؛ پس می‌توانیم بنویسیم:  $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ J} = 1 \text{ N.m}$  پس نمی‌توانیم یک کمیت برحسب J را با یک کمیت برحسب  $\text{N/m}$  جمع کنیم.

۳۱- گزینه ۱: با توجه به لزوم سازگاری یکاها در دو طرف معادله یکای  $A^2 t^2$  و  $\frac{m}{s}$  است. بنابراین:

یکای A، متر بر مربع ثانیه است، بنابراین A بیانگر کمیت شتاب است. جذمی‌گیریم  $A^2 t^2 = \frac{m}{s} \Rightarrow A^2 = \frac{m}{s^3} \Rightarrow A = \frac{m}{s^2}$  یکای A =  $\frac{m}{s^2}$  یکای  $A^2 t^2 = (\text{m/s}^2)^2 \times \text{s}^2 = \frac{m}{s}$  یکای =  $\frac{m}{s}$

یکای B، متر است بنابراین B بیانگر کمیت جابه‌جایی است.  $AB = \frac{m}{s^2} \times \text{یکای B} = \frac{m}{s} \Rightarrow \text{یکای B} = \text{m}$

۳۲- گزینه ۲: گام اول: برای این که بتوانیم یکای کمیت A را محاسبه کنیم، باید به این نکته توجه کنیم که در صورتی کمیت  $\frac{1}{4} A$  با کمیت  $mgx$  قابل جمع است که هر دو کمیت هم‌جنس باشند و یکای معادل داشته باشند؛ پس برای پیدا کردن یکای کمیت A کافی است یکای  $mgx$  را به دست آوریم. داریم:

گام دوم: در گزینه‌ها فقط دو کمیت انرژی و توان داریم؛ پس یکای آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$F=ma \Rightarrow \frac{\text{یکای شتاب} \times \text{یکای جرم}}{\text{یکای نیرو}} = \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای نیرو}} \Rightarrow \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای نیرو}} = \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای نیرو}} \Rightarrow \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای نیرو}} = \frac{\text{یکای نیرو}}{\text{یکای نیرو}}$

تکنیک می‌دانید که  $mgx$  یا  $mgh$  فرمول انرژی پتانسیل است، پس کمیت A از جنس انرژی است.

## تبدیل واحد و نمادگذاری علمی

در این درس‌نامه سه موضوع مهم تبدیل یکای زنجیره‌ای، کاربرد پیشوندهای SI و نمادگذاری علمی را می‌خوانید:

### الف) تبدیل یکای زنجیره‌ای

اساس تبدیل یکای زنجیره‌ای معادل قراردادن یکاهای یک نوع کمیت است (مثلاً  $1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$ ).

مراحل این روش تبدیل یکا را با یک مثال و گام‌به‌گام برایتان می‌گوییم:

فرض کنید می‌خواهیم بینیم  $22 \text{ in}$  معادل چند سانتی‌متر است.

گام اول: تساوی‌ای را که بین دو یکا برقرار است، می‌نویسیم. هر اینچ برابر  $2.54 \text{ cm}$  است، یعنی:

گام دوم: تساوی‌ای را که در گام اول نوشتیم، به صورت یک کسر که برابر ۱ است درمی‌آوریم (اسم این کسر را می‌گذاریم کسر تبدیل).

$\frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} = 1$  یا  $\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 1$

یکایی را که قرار است، کمیت به آن تبدیل شود در صورت می‌نویسیم. مثلاً در این‌جا می‌خواهیم اینچ را به سانتی‌متر تبدیل کنیم، پس باید سانتی‌متر در صورت و اینچ در مخرج باشد (یعنی  $1 = \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}}$ ).

گام سوم: مقدار داده‌شده را در کسر تبدیل مناسب (که در گام دوم نوشتیم) ضرب می‌کنیم و به این ترتیب کمیت از یک یکا به یکای دیگر تبدیل می‌شود:

$22 \text{ in} = 22 \text{ in} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 22 \times 2.54 \text{ cm} = 55.88 \text{ cm}$

مثلاً برای این که بتوانیم یکای A را به D تبدیل کنیم، اول باید A را به B و بعد به C و در نهایت به D تبدیل کنیم. برای این کار باید چند کسر تبدیل را در هم ضرب کنیم. به تست زیر توجه کنید.

تست ۵ سیر معادل چند گرم است؟ (یک سیر ۱۶ مثقال و هر مثقال ۴/۸۶ است).

۳۸۸/۸ (۴) ۳۸/۸۸ (۳) ۱۹۴/۴ (۲) ۱۹/۴۴ (۱)

پاسخ گزینه ۲: براساس داده‌های سؤال باید سیر را به مثقال و مثقال را به گرم تبدیل کنیم، پس طبق دستورالعملی که گفتیم، کسرهایی را که لازم داریم، می‌نویسیم:

$\frac{4}{86} \text{ g}}{1 \text{ مثقال}} = 1 \Rightarrow 1 \text{ مثقال} = \frac{4}{86} \text{ g} \Rightarrow 1 \text{ مثقال} = \frac{4}{86} \text{ g}$  ،  $\frac{16 \text{ مثقال}}{1 \text{ سیر}} = 1 \Rightarrow 1 \text{ سیر} = 16 \text{ مثقال} = 16 \times \frac{4}{86} \text{ g} = \frac{64}{86} \text{ g}$

حالا به صورت زنجیره‌ای ۵ سیر را به گرم تبدیل می‌کنیم:  $5 \text{ سیر} = 5 \times \frac{64}{86} \text{ g} = \frac{320}{86} \text{ g} = 3.72 \text{ g}$

**حواستون باشه!** یک وقت کسرها را وارونه ننویسید. مثلاً اگر به جای  $\frac{۱۶ \text{ مثقال}}{۱ \text{ سیر}}$  می‌نوشتید  $\frac{۱ \text{ سیر}}{۱۶ \text{ مثقال}}$ ، سیر با سیر ساده نمی‌شد!

حالا سعی کنید تست بعدی را اول خودتان حل کنید و بعد پاسخ آن را بخوانید. **حواستون به صورت و مفرج کسر تبدیل‌ها باشه!**



**تست** یک اینچ برابر ۲.۵۴ cm، یک فوت برابر ۱۲ اینچ و یک یارد برابر ۳ فوت است. ۱۱۴۳ mm برابر چند یارد است؟

(۱) ۳/۷۵ (۲) ۱/۲۵ (۳) ۳۷/۵ (۴) ۱۲/۵

$$۱۰ \text{ mm} = ۱ \text{ cm}$$

$$۱ \text{ in} = ۲.۵۴ \text{ cm}$$

$$۱ \text{ ft} = ۱۲ \text{ in}$$

$$۱ \text{ y} = ۳ \text{ ft}$$

↓  
یارد

$$۱۱۴۳ \text{ mm} = ۱۱۴۳ \text{ mm} \times \frac{۱ \text{ cm}}{۱۰ \text{ mm}} \times \frac{۱ \text{ in}}{۲.۵۴ \text{ cm}} \times \frac{۱ \text{ ft}}{۱۲ \text{ in}} \times \frac{۱ \text{ y}}{۳ \text{ ft}} = ۱۱۴۳ \times \frac{۱}{۱۰} \times \frac{۱}{۲.۵۴} \times \frac{۱}{۱۲} \times \frac{۱}{۳} = ۱/۲۵ \text{ y}$$

## ب) استفاده از پیشوندهای SI

جدول زیر را ببینید. در این جدول پیشوندهای کوچک‌کننده و بزرگ‌کننده استاندارد را با ضریب تبدیلیشان آورده‌ایم.

هر کدام از این پیشوندها، نماد یک عدد از مرتبه  $۱۰^۰$  (یا همان  $۱۰^۱$ ) است که به آن ضریب تبدیل می‌گوییم. هر وقت ضریب تبدیل، ابتدای یک یکا قرار بگیرد، اندازه یکا را به همان میزان بزرگ یا کوچک می‌کند؛ مثلاً کیلو یعنی  $۱۰^۳$  و وقتی ابتدای یکایی مثل متر قرار می‌گیرد، می‌شود km که هر ۱ km معادل  $۱۰^۳ \text{ m}$  است.

| پیشوندهای کوچک‌کننده |       |            | پیشوندهای بزرگ‌کننده |      |            |
|----------------------|-------|------------|----------------------|------|------------|
| پیشوند               | نماد  | ضریب تبدیل | پیشوند               | نماد | ضریب تبدیل |
| دسی                  | d     | $۱۰^{-۱}$  | دکا                  | da   | $۱۰^۰$     |
| سانتی                | c     | $۱۰^{-۲}$  | هکتو                 | h    | $۱۰^۲$     |
| میلی                 | m     | $۱۰^{-۳}$  | کیلو                 | k    | $۱۰^۳$     |
| میکرو                | $\mu$ | $۱۰^{-۶}$  | مگا                  | M    | $۱۰^۶$     |
| نانو                 | n     | $۱۰^{-۹}$  | گیگا                 | G    | $۱۰^۹$     |
| پیکو                 | p     | $۱۰^{-۱۲}$ | ترا                  | T    | $۱۰^{۱۲}$  |
| فمتو                 | f     | $۱۰^{-۱۵}$ | پتا                  | P    | $۱۰^{۱۵}$  |
| آتو                  | a     | $۱۰^{-۱۸}$ | اگرا                 | E    | $۱۰^{۱۸}$  |
| زپتو                 | z     | $۱۰^{-۲۱}$ | زتا                  | Z    | $۱۰^{۲۱}$  |
| یوکتو                | y     | $۱۰^{-۲۴}$ | یوتا                 | Y    | $۱۰^{۲۴}$  |

یکاهای پیشونددار را می‌توانید در دو مرحله تبدیل کنید. **گام اول:** برداشتن پیشوند اولیه و جایگزین کردن ضریب تبدیلیش به جای آن

**گام دوم:** گذاشتن پیشوند جدید با ضرب کسر  $\frac{\text{نماد پیشوند جدید}}{\text{ضریب تبدیل پیشوند جدید}}$  در یکا. در پاسخ تست زیر، این روش را توضیح داده‌ایم.

**تست** ۴/۹ hm چند  $\mu\text{m}$  است؟

(۱)  $۴/۹ \times ۱۰^{-۶}$  (۲)  $۴/۹ \times ۱۰^۶$  (۳)  $۴/۹ \times ۱۰^{-۸}$  (۴)  $۴/۹ \times ۱۰^۸$

**پاسخ گزینه ۲:** h را برمی‌داریم و به جایش  $۱۰^۲$  را قرار می‌دهیم و حاصل را در  $\frac{\mu}{۱۰^{-۶}}$  ضرب می‌کنیم:  $۴/۹ \times (۱۰^۲) \text{ m} \times \frac{\mu}{۱۰^{-۶}} = ۴/۹ \times ۱۰^۸ \mu\text{m}$

اگر واحد یک کمیت، توان‌دار باشد، توان آن را در تبدیل یکا هم در نظر می‌گیریم:

$$۵/۴ \text{ m}^۲ \times \left(\frac{\text{C}}{۱۰^{-۲}}\right)^۲ = ۵/۴ \times ۱۰^۴ \text{ cm}^۲$$

مثلاً مساحت  $۵/۴ \text{ m}^۲$  بر حسب سانتی‌متر مربع برابر است با:

**تست**  $۴۰۰۰ \text{ mm}^۳$  معادل چند سانتی‌متر مکعب است؟

(۱)  $۴۰۰۰ \times ۱۰^{-۱}$  (۲)  $۴۰۰۰ \times ۱۰^{-۲}$  (۳)  $۴۰۰۰ \times ۱۰^{-۳}$  (۴)  $۴۰۰۰ \times ۱۰^{-۴}$

**پاسخ گزینه ۳:** در  $\text{mm}^۳$ ، «میلی» را برمی‌داریم و به جای آن  $۱۰^{-۳}$  می‌گذاریم؛ یعنی  $(۱۰^{-۳} \text{ m})^۳$  و حاصل را در  $\left(\frac{\text{C}}{۱۰^{-۲}}\right)^۳$  ضرب می‌کنیم:

$$۴۰۰۰ \times (۱۰^{-۳} \text{ m})^۳ \times \left(\frac{\text{C}}{۱۰^{-۲}}\right)^۳ = ۴۰۰۰ \times \frac{۱۰^{-۹}}{۱۰^{-۶}} \text{ cm}^۳ = ۴۰۰۰ \times ۱۰^{-۳} \text{ cm}^۳$$

**حواستون باشه!** تنها زمانی اجازه داریم دو یکا را به هم تبدیل کنیم که هر دو از جنس یک نوع کمیت باشند؛ مثلاً نمی‌توانیم  $۲۰ \text{ m}^۲$  را که از جنس مساحت است به متر مکعب (یکای حجم) تبدیل کنیم و یا  $۳ \text{ km/h}$  را که از جنس سرعت است به متر بر مربع ثانیه (یکای شتاب) تبدیل کنیم.

یکاهای غیر SI (اما معروف) دیگری هستند که باید معادلشان را با یکاهای SI بدانیم. در جدول زیر، این یکاها را معرفی کرده‌ایم و در فصل خودشان از آن‌ها استفاده خواهیم کرد.

| نام کمیت             | یکای غیر SI                             | معادل یکا در SI             |
|----------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| حجم                  | L (لیتر)                                | $10^{-3} \text{ m}^3$       |
| فشار                 | atm (اتمسفر)                            | $10^5 \text{ Pa}$           |
| فشار                 | cmHg (سانتی متر جیوه)                   | $1360 \text{ Pa}^*$         |
| بزرگی میدان مغناطیسی | G (گوس)                                 | $10^{-4} \text{ T}$         |
| انرژی                | cal (کالری)                             | $4/2 \text{ J}$             |
| زمان                 | ساعت                                    | $3600 \text{ s}$            |
| زمان                 | دقیقه                                   | $60 \text{ s}$              |
| چگالی                | $\text{g/cm}^3$ (گرم بر سانتی متر مکعب) | $10^3 \text{ kg/m}^3$       |
| چگالی                | $\text{g/L}$ (گرم بر لیتر)              | $1 \text{ kg/m}^3$          |
| سرعت                 | km/h (کیلومتر بر ساعت)                  | $\frac{1}{3/6} \text{ m/s}$ |

\* واحد سانتی متر جیوه در صورتی که چگالی جیوه  $13/6 \text{ g/cm}^3$  و  $g = 10 \text{ N/kg}$  معرفی شود، معادل  $1360 \text{ Pa}$  است.

**تست**  $360 \text{ km/h}$ ، چند متر بر ثانیه است؟

۰/۳۶ (۱)    ۰/۱ (۲)    ۱۲۹/۶ (۳)    ۱۰۰ (۴)

**پاسخ گزینه ۲** داریم:

$$v = 360 \text{ km/h} = 360 \times \frac{10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 100 \text{ m/s}$$

برای تبدیل یکاهای متر بر ثانیه و کیلومتر بر ساعت می‌توانید از الگوی روبه‌رو استفاده کنید:

مثلاً اگر در تست قبل بخواهیم  $\text{km/h}$  را به  $\text{m/s}$  تبدیل کنیم، باید  $360 \text{ km/h}$  را در  $\frac{1}{3/6}$  ضرب کنیم:

$$v = 360 \times \frac{1}{3/6} = 100 \text{ m/s}$$

**پ) استفاده از نمادگذاری علمی**

تندی نور در خلأ  $300000000 \text{ m/s}$  است. حالا اگر بخواهیم این عدد بزرگ را به توان ۲ برسانیم (مثلاً در فرمول  $E = mc^2$ ) باید یک ۹ بنویسیم و ۱۶ تا صفر جلوی بگذاریم. ما در فیزیک با این عددهای خیلی بزرگ و یا خیلی کوچک زیاد سروکار داریم. تکنیک نمادگذاری علمی ما را از شر این صفرهای مزاحم خلاص می‌کند. طبق این روش باید عدد  $A$  را به صورت  $a \times 10^n$  بنویسیم، به طوری که  $1 \leq a < 10$  و  $n$  یک عدد صحیح است؛ مثلاً برای تندی نور می‌نویسیم  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . نمونه‌های روبه‌رو را هم ببینید:

۳/۹۲ × ۱۰<sup>۷</sup> m → ۳۹۲۰۰۰۰۰ m (رقم ممیز را عقب می‌بریم).  
۵/۲ × ۱۰<sup>-۴</sup> kg → ۰/۰۰۰۵۲ kg (رقم ممیز را به جلو می‌کشیم).  
همین‌طور که می‌بینید  $n$  برابر تعداد ارقامی است که ممیز را جابه‌جا می‌کنیم. البته هر وقت ممیز را به سمت چپ جابه‌جا کنیم،  $n$  مثبت و هر وقت ممیز را به سمت راست جابه‌جا کنیم،  $n$  منفی است.

**تست** کدام گزینه  $4650 \mu\text{m}$  را بر حسب کیلومتر به صورت نمادگذاری علمی نشان می‌دهد؟

۴/۶۵ × ۱۰<sup>-۶</sup> (۱)    ۴۶۵ × ۱۰<sup>-۸</sup> (۲)    ۴۶۵۰ × ۱۰<sup>-۹</sup> (۳)    ۴/۶۵ × ۱۰<sup>-۱۲</sup> (۴)

**پاسخ گزینه ۱** گام اول: اول نسبت‌های مناسب برای تبدیل یکا را می‌نویسیم:

$$\begin{cases} 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} = 1 \\ 1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} \Rightarrow \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} = 1 \end{cases}$$

$$4650 \mu\text{m} \times \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} \times \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} = 4650 \times 10^{-9} \text{ km}$$

$$4650 \times 10^{-9} \text{ km} = 4/650 \times 10^{-6} \text{ km}$$

**گام دوم:** حالا با روش زنجیره‌ای تبدیل یکا را انجام می‌دهیم:

**گام سوم:** حالا مقدار به دست آمده را به صورت نمادگذاری علمی می‌نویسیم:

**حواستون باشه!** ۱ و ۲ به صورت نمادگذاری علمی نوشته نشده‌اند.

دسی =  $10^{-1}$  ، ترا =  $10^{12}$  ، نانو =  $10^{-9}$  ، هکتو =  $10^2$

**۳۳- گزینه ۳** با توجه به جدولی که در درس‌نامه گفتیم، داریم:

**۳۴- گزینه ۲** گام اول: می‌رویم سراغ تبدیل  $\text{cm}^3$  به  $\text{mm}^3$ .

ضریب‌های تبدیل لازم را می‌نویسیم:

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \times (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \Rightarrow \frac{10^{-6} \text{ m}^3}{1 \text{ cm}^3} = 1$$

$$1 \text{ m}^3 = 1 \times (10^3 \text{ mm})^3 = 10^9 \text{ mm}^3 \Rightarrow \frac{10^9 \text{ mm}^3}{1 \text{ m}^3} = 1$$

$$746 \text{ cm}^3 = 746 \text{ cm}^3 \times \frac{10^{-6} \text{ m}^3}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{10^9 \text{ mm}^3}{1 \text{ m}^3} = 746 \times 10^3 \text{ mm}^3 = 7/46 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

پس در تبدیل زنجیره‌ای داریم:



$$1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 \Rightarrow \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 1$$

گام دوم: حالا نوبت تبدیل  $\text{cm}^3$  به  $\text{L}$  است. ضریب‌های تبدیل لازم:

$$746 \text{ cm}^3 = 746 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 746 \times 10^{-3} \text{ L} = 7/46 \times 10^{-1} \text{ L}$$

پس داریم:

۳۵- گزینه ۱: از تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم. ضریب تبدیل‌هایی که لازم داریم به شرح ذیل هستند:

$$\begin{cases} 1 \text{ fm} = 1 \times 10^{-15} \text{ m} = 10^{-15} \text{ m} \Rightarrow \frac{10^{-15} \text{ m}}{1 \text{ fm}} = 1 \\ 1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m} = 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} = 1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2/7 \text{ fm} \times \frac{10^{-15} \text{ m}}{1 \text{ fm}} \times \frac{10^6 \mu\text{m}}{1 \text{ m}} = 2/7 \times 10^{-9} \mu\text{m}$$

برای محاسبه فمتومتر بر حسب پیکومتر، ضریب تبدیل‌های زیر را لازم داریم:

$$\begin{cases} \frac{10^{-15} \text{ m}}{1 \text{ fm}} = 1 \\ 1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m} \Rightarrow \frac{10^{-12} \text{ pm}}{1 \text{ m}} = 1 \end{cases}$$

$$2/7 \text{ fm} \times \frac{10^{-15} \text{ m}}{1 \text{ fm}} \times \frac{10^{12} \text{ pm}}{1 \text{ m}} = 2/7 \times 10^{-3} \text{ pm}$$

۳۶- گزینه ۳ با استفاده از روش تبدیل زنجیره‌ای داریم:

$$200 \text{ g} = 200 \text{ g} \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mg}}{10^{-3} \text{ kg}} = 200 \text{ mg}$$

۳۷- گزینه ۲ حل این سؤال از روش زنجیره‌ای بسیار راحت است:

$$P = 20 \text{ kPa} \times \frac{10^3 \text{ Pa}}{1 \text{ kPa}} \times \frac{1 \text{ cmHg}}{1360 \text{ Pa}} = 14/7 \text{ cmHg}$$

۳۸- گزینه ۳ از روش تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$274/32 \text{ km} = 274/32 \text{ km} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ yd}}{3 \text{ ft}} = 3 \times 10^5 \text{ yd}$$

۳۹- گزینه ۱ یکای نجومی همان متوسط فاصله زمین تا خورشید است؛ پس  $1 \text{ AU} = 2 \times 10^{11} \text{ m}$  است. حالا از روش زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$1/2 \text{ Tm} = 1/2 \text{ Tm} \times \frac{10^{12} \text{ m}}{1 \text{ Tm}} \times \frac{1 \text{ AU}}{2 \times 10^{11} \text{ m}} = 6 \text{ AU}$$

۴۰- گزینه ۲ از روش تبدیل زنجیره‌ای می‌توانیم به راحتی به این تست پاسخ دهیم:

$$9 \times 10^8 \text{ s} = 9 \times 10^8 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ week}}{7 \text{ days}} = 9 \times 10^8 \text{ weeks}$$

۴۱- گزینه ۳ گام اول: دیگه فوب یادگرفتین که توی این تست باید از چه روشی استفاده کنیم!

$$4320 \text{ m}^2 = 4320 \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ cm}^2}{10^{-4} \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ dm}^2}{10^{-2} \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ dm}^2} = 4320 \text{ m}^2$$

گام دوم: در صورت سؤال گفته شده که قیمت هر متر مربع، ۲ میلیون تومان است؛ پس داریم: تومان  $840 \times 10^6 = 840 \times 10^6 \times 2 \times 10^6 = 336 \times 10^{12}$  قیمت زمین

۴۲- گزینه ۲ باز هم ی‌ریم سراغ روش تبدیل زنجیره‌ای:

$$16 \text{ m}^2 = 16 \text{ m}^2 \times \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ dm}^2}{10^{-2} \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ dm}^2} = 16 \text{ m}^2$$

۴۳- گزینه ۴ گام اول: برای حل این تست لازم است اول ضریب تبدیل‌های لازم را بنویسیم:

$$1 \text{ cm}^2 = 1 \times (10^{-2} \text{ m})^2 = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow \frac{1 \text{ cm}^2}{10^{-4} \text{ m}^2} = 1$$

$$1 (\mu\text{C})^2 = 1 \times (10^{-6} \text{ C})^2 = 10^{-12} \text{ C}^2 \Rightarrow \frac{10^{-12} \text{ C}^2}{1 (\mu\text{C})^2} = 1$$

گام دوم: حالا ضریب تبدیل‌های بالا را در تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \times \frac{1 \text{ cm}^2}{10^{-4} \text{ m}^2} \times \frac{10^{-12} \text{ C}^2}{1 (\mu\text{C})^2} = 9 \times 10^9 \times 10^{-8} = 90 \frac{\text{N(cm)}^2}{(\mu\text{C})^2}$$

این جزء تبدیل واحدهای باهالیه که در فصل الکتریسیته ساکن زیاد استفاده می‌کنیم.

۴۴- گزینه ۳ روش اول: همان‌طور که از واحد  $\text{kW.h}$  برداشت می‌شود و با توجه به رابطه  $U = P \cdot t$  یک کیلووات‌ساعت برابر است با مقدار انرژی مصرف‌شده توسط یک دستگاه با توان  $1000 \text{ W}$  که در مدت یک ساعت کار می‌کند؛ پس داریم:

$$U = P \cdot t = 10^3 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 36 \times 10^5 \frac{\text{W.s}}{\text{J/s}} = 3/6 \times 10^6 \text{ J}$$

روش دوم: با استفاده از ضریب تبدیل‌ها هم می‌توانیم مسئله را حل کنیم:

$$1 \text{ kW.h} = 1 \text{ kW.h} \times \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1000 \times 3600 \text{ W.s} = 3/6 \times 10^6 \text{ J}$$

۴۵- گزینه ۳ گام اول: ابتدا باید تمامی ابعاد را بر حسب سانتی‌متر بنویسیم:

$$4/00 \times 10^{-5} \mu\text{m} = 4/00 \times 10^{-5} \mu\text{m} \times \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} \times \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 40/0 \text{ cm}$$

$$3/00 \times 10^{-4} \text{ km} = 3/00 \times 10^{-4} \text{ km} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 30/0 \text{ cm}$$

$$1/00 \times 10^{-13} \text{ Tm} = 1/00 \times 10^{-13} \text{ Tm} \times \frac{10^{12} \text{ m}}{1 \text{ Tm}} \times \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 10/0 \text{ cm}$$



گام دوم: مساحت دوزنقه از فرمول  $\frac{ارتفاع \times (قاعدۀ کوچک + قاعدۀ بزرگ)}{2}$  به دست می آید:  $\frac{50 \times 30}{2} = 750 \text{ cm}^2$

۴۶- گزینه ۱ گام اول: گفتیم که یکای نجومی برابر متوسط فاصله زمین تا خورشید است. حالا ضریب تبدیل های به دردفور را می نویسیم:

$$1 \text{ AU} = 2 \times 10^{11} \text{ m} \Rightarrow \frac{1 \text{ AU}}{2 \times 10^{11} \text{ m}} = 1 \quad 1 \text{ min} = 60 \text{ s} \Rightarrow \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1$$

گام دوم: از ضریب تبدیل های بالا در تبدیل زنجیره ای استفاده می کنیم:

$$v = 30 \frac{\text{km}}{\text{s}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ AU}}{2 \times 10^{11} \text{ m}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 9 \times 10^{-6} \text{ AU/min}$$

۴۷- گزینه ۲ گام اول: ابتدا یکای تندی (s) را به متر بر ثانیه و یکای مسافت (l) را به متر تبدیل می کنیم:

$$s = 120 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ s}}{3600 \text{ s}} = 60 \text{ m/s}$$

$$l = 4000 \text{ mi} \times \frac{1609 \text{ m}}{1 \text{ mi}} = 6476 \text{ m}$$

گام دوم: حالا از رابطه  $s = \frac{l}{\Delta t}$  زمان پیمودن این مسافت را به دست می آوریم:

$$\Delta t = \frac{l}{s} = \frac{6476 \text{ m}}{60 \text{ m/s}} = 107.77 \text{ s}$$

۴۸- گزینه ۲ گام اول: در صورت سؤال تندی در قسمت دوم سفر (سفر با کشتی) بر حسب متر بر ثانیه خواسته شده: پس اول مسافت طی شده را بر حسب

$$l = 60 \text{ mi} = 60 \text{ mi} \times \frac{1609 \text{ m}}{1 \text{ mi}} = 96540 \text{ m}$$

متر به دست می آوریم:

$$\Delta t = 4 \text{ h} = 4 \times 3600 \text{ s}$$

حالا تندی کشتی را با دانستن زمان سفر به دست می آوریم:

$$s = \frac{l}{\Delta t} = \frac{96540 \text{ m}}{4 \times 3600 \text{ s}} = 6.66 \text{ m/s}$$

گام دوم: حالا می خواهیم مسافت طی شده توسط اتومبیل را بر حسب کیلومتر محاسبه کنیم. از روش زنجیره ای داریم:

$$l = 40 \text{ mi} = 40 \text{ mi} \times \frac{1609 \text{ m}}{1 \text{ mi}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 64 \text{ km}$$

۴۹- گزینه ۳ گام اول: ابتدا باید حساب کنیم که یک سال نوری چند متر است. تندی نور را داریم: باید مسافتی که نور در مدت یک سال طی می کند را

$$l = s \Delta t = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times (3 \times 10^7 \text{ s}) = 9 \times 10^{15} \text{ m}$$

محاسبه کنیم:

گام دوم: در صورت سؤال گفته شده که فاصله زمین از تیتان  $1.35 \times 10^9 \text{ km}$  است. می خواهیم مسافتی را که این فضاپیما طی می کند تا به تیتان برسد و به زمین برگردد، بر حسب سال نوری حساب کنیم: پس مسافت بر حسب متر برابر است با:

$$l = 2 \times 1.35 \times 10^9 \text{ km} = 2.7 \times 10^9 \text{ km} = 2.7 \times 10^{12} \text{ m} \Rightarrow \frac{2.7 \times 10^{12} \text{ m}}{9.46 \times 10^{15} \text{ m}} = 2.85 \times 10^{-4} \text{ ly}$$

به دلیل رفت و برگشت  
دو بار مسیر طی شده

$$465 \mu\text{m} = 465 \times 10^{-6} \text{ m}$$

۵۰- گزینه ۲ گام اول: ابتدا  $465 \mu\text{m}$  را به متر تبدیل می کنیم. کافی است به جای نماد  $\mu$  ضریب  $10^{-6}$  را بگذاریم:

$$465 \times 10^{-6} \text{ m} = 465 \times 10^{-6} \text{ m} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 465 \times 10^{-9} \text{ km}$$

گام دوم: حالا  $465 \times 10^{-6} \text{ m}$  را به کیلومتر تبدیل می کنیم:

گام سوم: حالا عدد را به صورت نمادگذاری علمی می نویسیم: (یادتون باشه که عدد ۴۶۵ باید به عددی بین ۱ و ۱۰ تبدیل بشه)

$$465 \times 10^{-9} \text{ km} = 4.65 \times 10^{-7} \text{ km}$$

۵۱- گزینه ۲ گام اول: برای محاسبه حجم مکعب مستطیل بر حسب لیتر، ابتدا تمامی ابعاد را بر حسب سانتی متر می نویسیم تا حجم را بر حسب سانتی متر

$$0.3 \text{ dam} = 3 \times 10^{-2} \text{ dam} \times \frac{10 \text{ m}}{1 \text{ dam}} \times \frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 30 \text{ cm}$$

مکعب به دست آوریم و سپس آن را به لیتر تبدیل کنیم:

$$1 \times 10^3 \text{ nm} = 1 \times 10^3 \times 10^{-9} \text{ m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$V_{\text{مکعب}} = 25 \times 30 \times 1 \times 10^{-3} = 750 \times 10^{-3} = 0.75 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 7.5 \times 10^{-4} \text{ L}$$

گام دوم: برای محاسبه حجم مکعب مستطیل بر حسب دسی متر مکعب، تمامی ابعاد را بر حسب دسی متر می نویسیم:

$$25 \text{ cm} = 25 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ dm}}{10 \text{ cm}} = 2.5 \text{ dm}$$

$$0.3 \text{ dam} = 3 \times 10^{-2} \text{ dam} \times \frac{10 \text{ m}}{1 \text{ dam}} \times \frac{1 \text{ dm}}{10 \text{ cm}} = 3 \text{ dm}$$

$$1 \times 10^3 \text{ nm} = 1 \times 10^3 \text{ nm} \times \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \times \frac{1 \text{ dm}}{10 \text{ cm}} = 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

$$V_{\text{مکعب}} = 2.5 \times 3 \times 1 \times 10^{-2} = 7.5 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$$

۵۲- گزینه ۲ گام اول: می دانیم که حجم آب برابر حجم استوانه است. حجم استوانه از رابطه «ارتفاع  $\times$  مساحت قاعده» به دست می آید. مساحت قاعده و

$$\text{ارتفاع برابر است با: } 400 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 40 \text{ cm}$$

$$3 \times 3 \times 14 = 117 \text{ cm}^2$$

$$314 \times 40 = 12560 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حالا حجم استوانه را به دست می آوریم:

گام سوم: عجله نکنید هنوز به جواب نرسیدیم. مهم آب رو بر حسب لیتر و به صورت نمادگذاری علمی فواسته:

$$12560 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 12.56 \text{ L} = 1.256 \times 10^1 \text{ L}$$

تکنیک می تونید  $\pi$  رو ۳ در نظر بگیرید و نزدیک ترین جواب رو انتخاب کنید.



۵۳- **گزینه ۱** **گام اول:** ابتدا از رابطه  $s = \frac{1}{\Delta t}$ ، فاصله دو شهر را به دست می آوریم:

$$l = s \Delta t = 20 \times 24 / 4 \text{ km}$$

$$l = 20 \times 24 / 4 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ mi}}{1609 \text{ m}} = 30.5 \text{ mi}$$

$$l = 30.5 \text{ mi} = 3 / 0.5 \times 10^2 \text{ mi}$$

**گام سوم:** جواب به صورت نمادگذاری علمی خواسته شده!

۵۴- **گزینه ۲** **گام اول:** ابتدا باید ببینیم که این اتومبیل پس از طی این مسافت، چند گالن بنزین مصرف کرده است:

$$5 / 0 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 5 / 0 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ گالن}}{3.78 \text{ L}} = 10 \text{ گالن}$$

گالن مایل

$$\frac{40}{x} \times \frac{2}{10} \Rightarrow x = \frac{40 \times 10}{2} = 20 \times 10 \text{ mi}$$

**گام دوم:** می دانیم که این اتومبیل به ازای هر ۲۰ گالن بنزین مصرف می کند؛ پس داریم:

پس اتومبیل ۲۰۰ mi طی کرده است.

**گام سوم:** حالا باید مایل را به کیلومتر تبدیل کنیم. باز هم از روش زنجیره ای استفاده می کنیم.

$$20 \times 10 \text{ mi} = 20 \times 10 \text{ mi} \times \frac{1609 \text{ m}}{1 \text{ mi}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 320 \text{ km} = 3 / 2 \times 10^2 \text{ km}$$

۵۵- **گزینه ۱** آهنگ رشد برابر با  $\frac{3 / 7 \text{ m}}{14 \text{ day}}$  است. با استفاده از تبدیل زنجیره ای، این آهنگ را بر حسب میکرومتر بر ثانیه به دست می آوریم:

$$\frac{3 / 7 \text{ m}}{14 \text{ day}} \times \frac{10^6 \text{ } \mu\text{m}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ day}}{86400 \text{ s}} = 3 / 06 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$$

۵۶- **گزینه ۲** **گام اول:** حجم کل آبی که در مدت ۱۶ دقیقه از شیر خارج می شود برابر است با:

$$V = 6 \times 40 \text{ L} = 240 \text{ L} \xrightarrow{1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3} V = 0 / 24 \text{ m}^3$$

$$\text{گام دوم: آهنگ خروج آب از شیر به صورت مقابل به دست می آید: } \frac{V}{t} = \frac{0 / 24}{16 \times 60} = 2 / 5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$2 / 5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ s}}{10^3 \text{ ms}} = 2 / 5 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}^3}{\text{ms}}$$

به کمک تبدیل زنجیره ای داریم:

۵۷- **گزینه ۱** **گام اول:** ابتدا حجم مخزن و سپس طول هر ضلع مخزن مکعبی شکل را به دست می آوریم:

$$V = a^3 \Rightarrow 27000 = a^3 \Rightarrow a = 30 \text{ cm}$$

$$V = \text{آهنگ افزایش ارتفاع آب درون مخزن} \times \text{زمان} \times \text{آهنگ خروج آب} = 180 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \times 2 / 5 \times 60 \text{ s} = 27000 \text{ cm}^3$$

**گام دوم:** آهنگ افزایش ارتفاع آب درون مخزن برابر است با:

$$\frac{180 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{(30)^2 \text{ cm}^2} = \frac{\text{آهنگ خروج آب}}{\text{سطح مقطع مخزن}} = \frac{\text{آهنگ افزایش حجم}}{\text{آهنگ افزایش ارتفاع}} = 0 / 2 \text{ cm} / \text{s}$$

درس ۵

## دقت وسیله های اندازه گیری

یک اندازه گیری هر قدر هم دقیق باشد، قطعی و بدون خطا نیست (این بوش می گن عدم قطعیت در اندازه گیری). سه عامل در میزان دقت بودن یک اندازه گیری مؤثر است:

۱) مهارت کسی که اندازه می گیرد. ۲) تعداد دفعاتی که اندازه گیری تکرار می شود. ۳) میزان دقت وسیله ای که با آن اندازه گیری می کنیم.

حالا این عوامل را یکی یکی بررسی می کنیم:

۱) **مهارت کسی که اندازه می گیرد:** هر قدر شخص آزمایشگر ماهرتر و با تکنیک تر باشد، دقیق تر اندازه گیری می کند. مثلاً یکی از تکنیک های اندازه گیری با ابزار مدرج این است که خط دید عمود بر محل خواندن اندازه باشد. در شکل روبه رو خط دید شخص B عمود است و دقیق ترین مقدار طول را او اندازه گیری می کند. شخص A به طرف مقدار کمتر و شخص C به طرف مقدار بیشتر، خطا دارد.

۲) **تعداد دفعاتی که اندازه گیری تکرار می شود:** برای آن که خطای یک اندازه گیری را کم کنیم، چند بار اندازه گیری می کنیم و در نهایت میانگین اندازه های به دست آمده را به عنوان نتیجه اندازه گیری می پذیریم. فقط در اعلام نتیجه اندازه گیری باید دو چیز را در نظر داشته باشیم:

**اول این که اگر یک یا دو عدد با بقیه عددها اختلاف زیادی داشتند (یعنی پرت بودن) در محاسبه میانگین وارد نمی کنیم.** (در شکل روبه رو، نتایج اندازه گیری یک کمیت را با خط های نازک بر روی محور مشخص کرده ایم.)

**دوم این که اگر تعداد رقم های عدد میانگین از رقم های هر یک از عددهای گزارش بیشتر باشد، آن را طوری گرد می کنیم که تعداد رقم هایشان برابر شود.**

**تست** طول یک جسم را شش بار اندازه گرفته ایم و مقدارهای ۱۲ / ۷، ۱۲ / ۳، ۱۲ / ۵، ۱۲ / ۸، ۱۳ / ۹ و ۱۲ / ۶ (همگی بر حسب سانتی متر) به دست آمده است. مقداری را که باید گزارش کنیم، بر حسب سانتی متر کدام است؟

۱۲ / ۶ (۴)

۱۲ / ۵ (۳)

۱۲ / ۴۸ (۲)

۱۲ / ۵۸ (۱)

۲۰

**پاسخ گزینه ۲:** همه مقادارها به جز  $13/9 \text{ cm}$  به هم نزدیک اند؛ بنابراین  $13/9 \text{ cm}$  را به عنوان گزارش پرت حذف می کنیم و میانگین بقیه را می گیریم:

$$12/58 \text{ cm} = \frac{12/7 + 12/3 + 12/5 + 12/8 + 12/6}{5}$$

طولی که باید گزارش کنیم

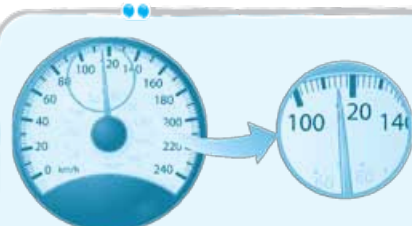
همین طور که می بینید حاصل میانگین چهار رقم دارد، در حالی که همه گزارش های اولیه سه رقمی اند؛ پس باید  $12/58$  را به سمت بالا گرد کنیم:

طولی که باید گزارش کنیم  $12/6 \text{ cm}$

**۲ میزان دقت وسیله ای که با آن اندازه گیری می کنیم:** ابزارهای اندازه گیری اغلب یا مدرج اند یا دیجیتال (رقمی).

**الف) دقت وسایل اندازه گیری مدرج:** خط کش معمولی، دماسنج جیوه ای، کولیس، ریزسنج و ... ابزارهای اندازه گیری مدرج هستند. در این وسایل دقت اندازه گیری برابر کمینه درجه بندی آن وسیله است. به عنوان نمونه دقت اندازه گیری خط کشی که بر حسب میلی متر درجه بندی شده برابر  $1 \text{ mm}$  است.

**ب) دقت وسایل اندازه گیری دیجیتال:** میزان دقت اندازه گیری ابزارهای دیجیتال برابر با کم ترین ارزش مکانی عددی است که نشان می دهند. مثلاً اگر مقداری که نمایشگر یک دماسنج دیجیتال نشان می دهد  $37/4^\circ \text{C}$  باشد، کم ترین ارزش مکانی این گزارش  $0/1$  است؛ پس دقت این ابزار برابر  $0/1^\circ \text{C}$  است



**تست** شکل مقابل، صفحه تندی سنج یک خودرو را نشان می دهد. دقت این تندی سنج چند کیلومتر بر ساعت است؟

- ۱)  $0/1$   
۲)  $0/2$   
۳)  $1$   
۴)  $2$

**پاسخ گزینه ۲:** همین طور که در شکل می بینید بین  $100 \text{ km/h}$  تا  $120 \text{ km/h}$  به  $10$  قسمت یکسان تقسیم شده است، پس کمینه تقسیم بندی تندی سنج یا همان دقت وسیله برابر می شود با:

$$\frac{120 - 100}{10} = 2 \text{ km/h}$$

دقت تندی سنج  $2 \text{ km/h}$

**۵۸- گزینه ۱:** در حل این سؤال باید به این نکته توجه کنیم که حجم گزارش شده باید مضرب صحیحی از  $V$  باشد؛ ولی  $n_1$  مضرب صحیح نیست!

$$24 = nV \begin{cases} 1) n_1 = \frac{24}{48} = \frac{1}{2} \\ 2) n_2 = \frac{24}{12} = 2 \\ 3) n_3 = \frac{24}{8} = 3 \\ 4) n_4 = \frac{24}{6} = 4 \end{cases}$$

**۵۹- گزینه ۲:** برای پاسخ به این تست باید حواسمان به دو چیز باشد:

۱) یکاها یکسان باشند، اگر نیست خودتان زحمت تبدیل واحد را بکشید.

۲) مقدار گزارش یک اندازه گیری باید مضرب صحیحی از کمینه مقدار اندازه گیری باشد:

مضرب صحیح =  $\frac{\text{مقدار گزارش شده}}{\text{کمینه مقدار اندازه گیری}}$

در این سؤال گزارش بر حسب آمپر است، ولی گزینه ها بر حسب میلی آمپر هستند؛ پس اول مقدار گزارش را به میلی آمپر تبدیل می کنیم:

$$3/0720 \text{ A} \times \frac{10^3 \text{ mA}}{1 \text{ A}} = 3072/0 \text{ mA} = 30720 \times 10^{-1} \text{ mA}$$

مقدار گزارش را بر گزینه ها تقسیم می کنیم و دنبال موردی می گردیم که حاصلش عدد صحیح نباشد:

۱)  $\frac{30720 \times 10^{-1}}{2 \times 10^{-1}} = 15360$  (عدد صحیح)

۲)  $\frac{30720 \times 10^{-1}}{9 \times 10^{-1}} = 3413/3$  (عدد صحیح نیست)

۳)  $\frac{30720 \times 10^{-1}}{3 \times 10^{-1}} = 10240$  (عدد صحیح)

۴)  $\frac{30720 \times 10^{-1}}{15 \times 10^{-1}} = 2048$  (عدد صحیح)

پس ۲ نمی تواند کم ترین مقدار اندازه گیری شده باشد.

**۶۰- گزینه ۳ گام اول:** مطابق شکل، ناظر A از بالا به مایع درون دماسنج نگاه می کند و ناظر B از پایین درجه روی دماسنج را می خواند؛ پس ناظر A چون از بالا عدد را می خواند، مقدار بیشتر ( $30/6^\circ \text{C}$ ) را گزارش می کند.

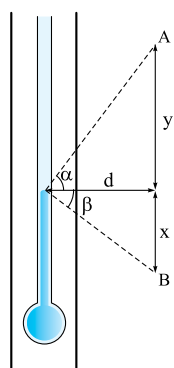
**گام دوم:** در صورت سؤال گفته شده که  $y > x$  است، بنابراین:

$$y > x \Rightarrow \alpha > \beta$$

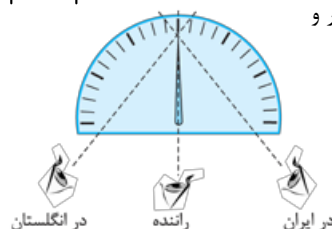
زاویه  $\beta$  کوچک تر از زاویه  $\alpha$  است و ناظر  $\beta$  به خط دید عمود (d) نزدیک تر است؛ پس مقدار دقیق تری را گزارش می کند. (اگر بخواهیم مقدار دقیق را گزارش کنیم، باید خط نگاهمان عمود بر راستای دماسنج باشد).

**پرسش** می دانید چگونه می توانیم مقدار گزارش دقیق را در این سؤال محاسبه کنیم؟

**پاسخ** پاسخ این سؤال را در قسمت سری Z می بینید.

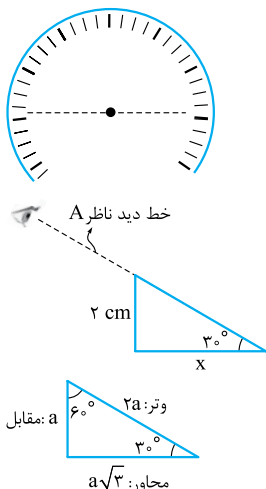


**۶۱- گزینه ۲:** همین طور که در شکل روبه رو نشان داده ایم، سرنشین کنار راننده تندی خودرو را در انگلستان بیشتر و در ایران کمتر از مقدار واقعی می بیند.



۱- ارزش های مکانی یکان، دهگان و صدگان است که در ریاضی دبستان یاد گرفتیم.

**حواستون باشه!** اگر صفحه درجه بندی تندی سنج بزرگ تر از نیم دایره باشد، ممکن است حالت های دیگری هم ایجاد شود.



**۶۲- گزینه ۲:** اول این را بگوییم که اگر شخص بخواهد طول جسم را درست و تا حد ممکن دقیق گزارش کند، باید خط نگاهش عمود بر راستای خطکش باشد. حالا برای حل این سؤال نظر شما را مطابق شکل روبه رو به مثلی جلب می کنیم که وتر آن در امتداد خط دید ناظر A و ضلع روبه رو به زاویه  $30^\circ$  آن برابر با  $2\text{ cm}$  است و ما  $x$  را می خواهیم. پس کافی است  $\tan 30^\circ$  را بنویسیم:

$$\tan 30^\circ = \frac{2}{x} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{2}{x} \Rightarrow x = 2\sqrt{3}\text{ cm} = 2 \times 1.7 = 3.4\text{ cm}$$

**تکنیک** نسبت اضلاع مثلث قائم الزاویه  $60^\circ - 30^\circ$  مطابق شکل روبه رو است؛ پس اگر  $a = 2\text{ cm}$  باشد، ضلع مجاور زاویه  $30^\circ$  برابر  $2\sqrt{3}\text{ cm}$  خواهد شد؛ یعنی:

$$x = 2\sqrt{3}\text{ cm} = 3.4\text{ cm}$$

**۶۳- گزینه ۲:** برای این که نتیجه این اندازه گیری را محاسبه کنیم، باید میانگین عددهای گزارش شده را به دست آوریم. ولی با نگاه به جدول صورت سؤال متوجه می شویم که گزارش های شماره ۲ و ۵ با بقیه خیلی اختلاف دارند و خیلی پرت اند؛ پس آن ها را از میانگین گیری حذف می کنیم و میانگین بقیه را حساب می کنیم:

$$s_{av} = \frac{132 + 130 + 129 + 131 + 130 + 132 + 131 + 133}{8} = 131\text{ km/h}$$

**۶۴- گزینه ۲:** درستی یا نادرستی تک تک عبارات را بررسی می کنیم:

(الف) نادرست؛ با انتخاب وسایل بسیار دقیق و روش های صحیح اندازه گیری، تنها می توان خطای اندازه گیری را کاهش داد ولی هیچ گاه نمی توان آن را به صفر رساند.  
(ب) نادرست؛ دقت اندازه گیری یک ابزار رقمی برابر یک واحد از آخرین رقمی است که ابزار می خواند.

(پ) درست؛ دقت اندازه گیری یک ابزار مدرج برابر با کمینه درجه بندی آن ابزار است.

(ت) درست؛ مقدار عددی دقت اندازه گیری خطکش میلی متری کم تر از مقدار عددی دقت اندازه گیری خطکش سانتی متری است؛ بنابراین خطکش میلی متری نسبت به خطکش سانتی متری دقیق تر است. (دقت بیشتری دارد)

**۶۵- گزینه ۲:** در صورت سؤال گفته شده که دقت اندازه گیری این ترازو  $1\text{ g}$  است؛ پس کم ترین ارزش مکانی که می تواند گزارش کند، تا یک دهم اعشار است. در صورتی که در (۲) تا یک صدم اعشار گزارش شده است.

**حواستون باشه!** صفر بعد از ممیز در فیزیک معنی داره (مثل ۱ و ۲) در همین تست.

**۶۶- گزینه ۲:** آمپرسنج دیجیتال است؛ پس کم ترین ارزش مکانی در عدد گزارش شده برابر با دقت اندازه گیری است. در این گزارش کم ترین ارزش مکانی برابر با  $1\text{ mA}$  است؛ پس داریم:

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

**۶۷- گزینه ۳:** دقت اندازه گیری ابزارهای مدرج مانند خطکش شکل (الف) برابر با کمینه درجه بندی آن ابزار و دقت اندازه گیری ابزارهای دیجیتال مانند دماسنج شکل (ب) برابر با یک واحد از آخرین رقمی است که هر کدام از ابزارها می خوانند؛ بنابراین:

$$\text{دقت اندازه گیری خطکش (الف)} = 0.5\text{ cm}$$

$$\text{دقت اندازه گیری دماسنج (ب)} = 0.1^\circ\text{C}$$

**۶۸- گزینه ۳:** هر چه مقدار عددی دقت اندازه گیری ولتسنج کوچک تر باشد، آن ولتسنج دقیق تر است. دقت اندازه گیری هر یک از ولتسنج ها را برحسب میلی ولت به صورت زیر تعیین می کنیم:

$$1\text{ mV} = 0.001\text{ V} = 1\text{ mV} \quad (۱) \quad 1\text{ mV} = 0.001\text{ V} = 1\text{ mV} \quad (۲) \quad 1\text{ mV} = 0.001\text{ V} = 1\text{ mV} \quad (۳)$$

مقدار عددی دقت اندازه گیری ولتسنج (۳) از دو ولتسنج دیگر کم تر است بنابراین ولتسنج (۳) از ولتسنج های (۱) و (۲) دقیق تر است.

**حواستون باشه!** این جا کوچک تر، کم تر نیست! هر چه مقدار دقت کوچک تر باشد، دقت اندازه گیری وسیله بیشتر (یعنی وسیله دقیق تر) است و برعکس، هر چه مقدار دقت بزرگ تر باشد، دقت وسیله کم تر است.

هر چه مقدار دقت کوچک تر  $\leftarrow$  دقت بیشتر

**۶۹- گزینه ۱:** هر دو وسیله اندازه گیری در این تست، دیجیتال هستند؛ پس با توجه به آن چه که در درس نامه یاد گرفتید، دقت اندازه گیری خطکش A و B برابر است با:

$$\text{دقت اندازه گیری خطکش B} = 0.01\text{ cm} \quad \text{دقت اندازه گیری خطکش A} = 0.01\text{ cm}$$

فقط حواستان باشد که دقت خطکش B برحسب میلی متر خواسته شده است:

$$0.01\text{ cm} = 0.01\text{ cm} \times \frac{10\text{ mm}}{1\text{ cm}} = 0.1\text{ mm}$$

**۷۰- گزینه ۲:** هر دو خطکش مدرج اند بنابراین دقت اندازه گیری آن ها به صورت زیر است:

$$2\text{ mm} = 0.2\text{ cm} = 0.2\text{ cm} \quad (ب) \quad 1\text{ cm} = 1\text{ cm} = 1\text{ cm} \quad (الف)$$

مقدار عددی دقت اندازه گیری خطکش (ب) کم تر از خطکش (الف) است بنابراین خطکش (ب) دقیق تر است.

**۷۱- گزینه ۲:** در صورت سؤال گفته شده که وسیله اندازه گیری دیجیتال است؛ پس کم ترین ارزش مکانی در عدد گزارش شده برابر با ارزش مکانی دقت اندازه گیری است. حالا دقت اندازه گیری گزینه ها را با یکای یکسان به دست می آوریم:

$$3.73\text{ kg} \Rightarrow \text{دقت اندازه گیری} = 0.01\text{ kg} = 0.01 \times 10^3 = 10\text{ g}$$

$$373\text{ g} \Rightarrow \text{دقت اندازه گیری} = 1\text{ g}$$

$$3.73 \times 10^9\text{ }\mu\text{g} \Rightarrow \text{دقت اندازه گیری} = 0.001 \times 10^9\text{ }\mu\text{g} = 0.001 \times 10^9 \times 10^{-6} = 1\text{ g}$$

$$3.73 \times 10^5\text{ mg} \Rightarrow \text{دقت اندازه گیری} = 0.001 \times 10^5\text{ mg} = 0.001 \times 10^5 \times 10^{-3} = 0.1\text{ g}$$

دقت (۴) از همه کوچک تر است؛ پس دقت این وسیله بیشتر است (یعنی این وسیله دقیق تر است).



۷۲- گزینه ۲ اصلی یا فرعی بودن کمیت‌های بیان شده در گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

۱ جرم و زمان اصلی و فشار فرعی است. ۲ همه کمیت‌ها فرعی‌اند. ۳ چگالی و حجم فرعی و جریان الکتریکی اصلی است. ۴ همه کمیت‌ها اصلی‌اند.

۷۳- گزینه ۲ در مدل‌سازی پرتاب توپ بدمینتون از تغییر وزن توپ و چرخش توپ به دور خودش صرف‌نظر می‌کنیم. واضح است که نیروی وارد به توپ عامل تعیین‌کننده‌ای در ایجاد تندی اولیه توپ است. همچنین به دلیل حالت پُرگونه توپ، نیروی مقاومت هوا عامل مهمی در حرکت این توپ است. پس نمی‌توانیم از نیروی اولیه وارد بر توپ و مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم.

۷۴- گزینه ۲ برای این که عبارتی که در صورت سؤال آمده، معنا داشته باشد، باید دو قسمتی که با هم جمع می‌شوند  $(\frac{1}{2} Ax^2, \frac{1}{2} mv^2)$  هم جنس باشند و یکای یکسانی داشته باشند. (ضریب در یکا بدون تأثیر است.)

$$\frac{1}{2} mv^2 = \text{یکای } m \times (\text{یکای } v)^2 = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{2} Ax^2 = \text{یکای } A \times (\text{یکای } x)^2 = \text{یکای } A \times \text{m}^2 \quad (۲)$$

$$\text{یکای } A \times \text{m}^2 = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow \text{یکای } A = \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

با برابر قرار دادن (۱) و (۲) داریم:

۷۵- گزینه ۳ بررسی تک تک موارد:

$$\text{الف) } \text{یکای نیرو (N)} = \text{یکای جرم} \times \text{یکای شتاب} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \quad \times$$

$$\text{ب) } \text{یکای انرژی (J)} = \text{یکای جابه‌جایی} \times \text{یکای نیرو} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \checkmark$$

$$\text{پ) } \text{یکای توان (W)} = \frac{\text{یکای انرژی}}{\text{یکای زمان}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \times \frac{1}{\text{s}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \Rightarrow W \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \times \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{s}^3} \quad \times$$

$$\text{ت) } W \cdot s = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \cdot s = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \checkmark \quad \text{ث) } N \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \checkmark$$

پس سه مورد (موارد ب، ت و ث) از یکاها معادل  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$  هستند.

۷۶- گزینه ۴ گام اول: ابتدا مقدار یک خورار طلا را بر حسب گرم به دست می‌آوریم (از تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم):

$$۴۷ \text{ g} = ۴۷ \times \frac{۱}{۱۰۰} \text{ kg} = ۰.۰۴۷ \text{ kg} \quad \text{۱ مثقال} = \frac{۱}{۱۰۰} \text{ مثقال} \times \frac{۱}{۱۰۰} \text{ مثقال} = ۱ \times ۱۰^{-۴} \text{ مثقال}$$

گام دوم: قیمت هر گرم طلا، ۱۲۵ هزار تومان است:

$$\text{تومان} = ۱۲۵ \times ۱۰^۴ \times ۰.۰۴۷ = ۳ / ۷۶ \times ۱۰^۴ = ۳۷۶۰۰ \text{ تومان}$$

۷۷- گزینه ۳ گام اول: ابتدا سال نوری را بر حسب متر به دست می‌آوریم. یک سال نوری مسافتی است که نور در مدت یک سال می‌پیماید.

$$s = \frac{1}{\Delta t} \Rightarrow ۳ \times ۱۰^۸ = \frac{x}{۳ \times ۱۰^۷} \Rightarrow x = ۱ \text{ ly} = ۹ \times ۱۰^{۱۵} \text{ m}$$

$$۱ \text{ AU} = ۲ \times ۱۰^{۱۱} \text{ m}$$

گام دوم: یکای نجومی (AU) فاصله متوسط زمین تا خورشید است:

$$\frac{۱ \text{ ly}}{۱ \text{ AU}} = \frac{۹ \times ۱۰^{۱۵}}{۲ \times ۱۰^{۱۱}} = ۴ / ۵ \times ۱۰^۴$$

$$۴۸ \text{ فرسنگ} = ۴۸ \times \frac{۱۰۴ \text{ cm}}{۱ \text{ فرسنگ}} \times \frac{۱}{۱۰۰۰} = ۳۰ \times ۱۰^۶ \text{ cm}$$

۷۸- گزینه ۲ و باز هم تبدیل زنجیره‌ای:

۷۹- گزینه ۴ گام اول: حجم آبی که پس از ۲ ساعت درون استخر ریخته می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$V = \frac{L}{s} \times (۲ \times ۳۶۰۰ \text{ s}) = ۳۶۰۰ \text{ L} \xrightarrow{1 \text{ L} = ۱۰^{-۳} \text{ m}^3} V = ۳ / ۶ \text{ m}^3$$

$$V' = ۶ - V = ۶ - ۳ / ۶ = ۲ / ۴ \text{ m}^3$$

بنابراین حجم بخش خالی استخر برابر است با:

$$\frac{V}{V'} = \frac{۳ / ۶}{۲ / ۴} = \frac{۳}{۲}$$

گام دوم: خواسته مسئله را به دست می‌آوریم:

۸۰- گزینه ۴ گام اول: هر چه مقدار عددی دقت اندازه‌گیری یک ابزار کم‌تر باشد، دقت آن ابزار بیش‌تر یا به عبارت دیگر آن ابزار دقیق‌تر است. بنابراین:

$$\text{دقت اندازه‌گیری کولیس (۱)} = ۰ / ۱ \text{ mm} = ۰ / ۱ \text{ cm}$$

$$\text{دقت اندازه‌گیری کولیس (۲)} = ۱ \text{ mm}$$

دقت اندازه‌گیری کولیس (۱) بیشتر از دقت اندازه‌گیری کولیس (۲) است. (رد ۱ و ۲)

گام دوم: با کولیس (۱) طول اجسام تا ۱ mm و با کولیس (۲) طول اجسام تا ۱ mm می‌توان اندازه‌گیری کرد. بنابراین با استفاده از کولیس (۱) می‌توان طول ۵ mm را اندازه‌گیری کرد.

۸۱- گزینه ۴ عددهای ۱۰ / ۷ و ۲۸ / ۸ اختلاف زیادی با سایر اعداد دارند، بنابراین آن‌ها را از میانگین‌گیری کنار می‌گذاریم و داریم:

$$\frac{۱۹ / ۸ + ۲۱ / ۱ + ۲۲ / ۲ + ۲۰ / ۳}{۴} = ۲۰ / ۸ \text{ g}$$

مقدار به دست آمده بر حسب یکای کیلوگرم و به صورت نمادگذاری علمی به صورت زیر خواهد بود:

$$۲۰ / ۸ \text{ g} \xrightarrow{1 \text{ g} = ۱۰^{-۳} \text{ kg}} ۲۰ / ۸ \times ۱۰^{-۳} \text{ kg} = ۲ / ۰۸ \times ۱۰^{-۲} \text{ kg}$$

چگالی نه جرم است و نه حجم! بلکه چگالی، نسبت جرم به حجم است. اگر چوب (با هر جرمی) بر روی آب شناور می‌ماند، دلیلش این است «نسبت جرم به حجم» چوب از «نسبت جرم به حجم» آب کم‌تر است و اگر سکه مسی در آب فرو می‌رود و ته‌نشین می‌شود، دلیلش این است که «نسبت جرم به حجم» مس از «نسبت جرم به حجم» آب بیشتر است.

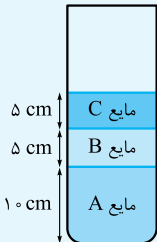
**تست** در شکل روبه‌رو نسبت حجم به جرم کدام مایع بیشتر است؟

A (۱)

B (۲)

C (۳)

(۴) بستگی به جرم مایع‌ها دارد.



$$\frac{m_A}{V_A} > \frac{m_B}{V_B} > \frac{m_C}{V_C}$$

$$\frac{V_A}{m_A} < \frac{V_B}{m_B} < \frac{V_C}{m_C}$$

**پاسخ گزینه ۳:** گام اول: مایعی که نسبت جرم به حجم آن بیشتر است، پایین‌تر قرار می‌گیرد؛ پس داریم:

گام دوم: صورت سؤال بیشترین نسبت حجم به جرم یعنی  $(\frac{V}{m})$  را خواسته است، پس داریم:

## تعریف و فرمول چگالی

همین‌طور که گفتیم «نسبت جرم به حجم» همان چگالی و یکای آن در SI، کیلوگرم بر متر مکعب ( $\text{kg/m}^3$ ) است.

جرم (برحسب kg)

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

حجم (برحسب  $\text{m}^3$ ) چگالی (برحسب  $\text{kg/m}^3$ )

یکاهای دیگر چگالی

گرم بر سانتی‌متر مکعب ( $\text{g/cm}^3$ ) و گرم بر لیتر ( $\text{g/L}$ ) یکاهای دیگری از چگالی هستند که ما با روش زنجیره‌ای تبدیل این واحدها به هم را آورده‌ایم، ولی بهتر است شما این تبدیل واحدها را حفظ باشید:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

(یعنی هر وقت خواستید چگالی را از  $\text{g/cm}^3$  به  $\text{kg/m}^3$  تبدیل کنید، مقدار داده‌شده برحسب  $\text{g/cm}^3$  را در ۱۰۰۰ ضرب کنید. مثلاً  $13/6 \text{ g/cm}^3$  معادل  $13600 \text{ kg/m}^3$  است و هر وقت خواستید  $\text{kg/m}^3$  را به  $\text{g/cm}^3$  تبدیل کنید، چگالی داده‌شده را بر ۱۰۰۰ تقسیم کنید.)

$$1 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1 \text{ kg/m}^3$$

(یعنی  $\text{g/L}$  معادل  $\text{kg/m}^3$  است مثلاً  $13600 \text{ g/L}$  معادل  $13600 \text{ kg/m}^3$  است.)

**تست** چگالی آهن  $7800 \text{ kg/m}^3$  است. حجم  $273 \text{ g}$  آهن چند سانتی‌متر مکعب است؟

۳۵۰ (۴)

۱۷۵ (۳)

۳۵ (۲)

۱۷/۵ (۱)

**پاسخ گزینه ۲:** گام اول: جرم را برحسب گرم داده و حجم را برحسب سانتی‌متر مکعب می‌خواهد. پس بهتر است اول چگالی را به گرم بر سانتی‌متر مکعب تبدیل کنیم:

$$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3 = \frac{7800}{1000} \text{ g/cm}^3 = 7.8 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 7.8 = \frac{273}{V} \Rightarrow V = \frac{273}{7.8} = 35 \text{ cm}^3$$

گام دوم: با رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$ ، حجم آهن را به دست می‌آوریم:

**تست** چگالی جیوه در SI،  $13600$  واحد است. چگالی جیوه برحسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کدام است؟

۰/۱۳۶ (۴)

$13/6 \times 10^6$  (۳)

$13/6$  (۲)

$13600$  (۱)

**پاسخ گزینه ۱:** گام اول: ابتدا کسرهای تبدیل مورد نیاز را می‌نویسیم:

$$1 \text{ kg} = 10^6 \text{ mg} \Rightarrow \frac{10^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 1 \quad 1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L} = 10^3 \times 10^3 \text{ mL} \Rightarrow \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ mL}} = 1$$

$$13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ mL}} = 13600 \text{ mg/mL}$$

گام دوم: حالا به روش زنجیره‌ای تبدیل واحد می‌کنیم:

**تکنیک** اگر میلی را از صورت و مخرج  $\text{mg/mL}$  ساده کنیم،  $\text{g/L}$  می‌ماند که معادل  $\text{kg/m}^3$  است؛ پس بدون محاسبه هم می‌توانستیم بگوییم ۱ درست است.

**حواستون باشه!** چگالی یک ماده در دمای معین نه به جرم آن بستگی دارد و نه حجم آن. مثلاً چگالی ۱ mg آهن  $20^{\circ}\text{C}$  برابر چگالی ۴۰۰۰۰۰۰ kg آهن  $20^{\circ}\text{C}$  است. در واقع چگالی آهن  $20^{\circ}\text{C}$ ، چگالی آهن  $20^{\circ}\text{C}$  است؛ چه جرمش m باشد چه  $m'$  و چه حجمش V باشد چه  $V'$ .  
اگر دمای جسم تغییر کند، حجم آن تغییر می‌کند؛ ولی جرمش ثابت می‌ماند و در نتیجه چگالی به نسبت عکس حجم تغییر می‌کند.

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow[\text{جرم ثابت می‌ماند.}]{\text{اگر دما تغییر کند}} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

**تست** در اثر افزایش دمای یک قطعه فلز آسمیم، حجم آن  $\frac{45}{44}$  برابر می‌شود. اگر چگالی اولیه آن  $22/5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  باشد، چگالی نهایی آن چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟

**پاسخ گزینه ۲:** در این جا جرم ثابت است و حجم  $\frac{45}{44}$  برابر شده است، یعنی:  
پس داریم:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{\rho_2}{22/5 \times 10^3} = \frac{V_1}{\frac{45}{44} V_1} \Rightarrow \rho_2 = \frac{44}{45} \times 22/5 \times 10^3 = 22 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = \frac{22 \times 10^3}{10^3} \text{ g/cm}^3 = 22 \text{ g/cm}^3$$

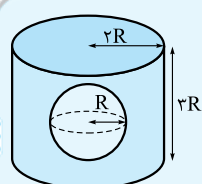
**تکنیک** چون حجم افزایش یافته، پس چگالی کم می‌شود. از طرفی چگالی را برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب خواسته؛ پس در گزینه‌ها باید به دنبال یک عدد کوچک‌تر از  $22/5$  باشیم.

**حجم‌هایی که باید بلد باشیم:**

خیلی وقت‌ها برای محاسبه چگالی نیاز به محاسبه حجم یک جسم داریم، برای همین باید فرمول‌های محاسبه حجم‌های معروف را بدانیم:

| نام حجم     | شکل | فرمول محاسبه حجم                   | نام حجم        | شکل | فرمول محاسبه حجم                |
|-------------|-----|------------------------------------|----------------|-----|---------------------------------|
| منشور       |     | $V = Sh$<br>مساحت قاعده            | مکعب           |     | $V = a^3$                       |
| استوانه     |     | $V = \pi r^2 h$                    | استوانه توخالی |     | $V = \pi(R^2 - r^2)h$           |
| کره         |     | $V = \frac{4}{3}\pi r^3$           | کره توخالی     |     | $V = \frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)$ |
| مکعب‌مستطیل |     | $V = abc$                          | مخروط          |     | $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$      |
| هرم         |     | $V = \frac{1}{3}Sh$<br>مساحت قاعده |                |     |                                 |

در تست زیر باید هم حجم استوانه و هم حجم کره را بدانید:



**تست** مطابق شکل درون یک استوانه فلزی یک حفره کروی وجود دارد. اگر چگالی فلز  $8 \text{ g/cm}^3$  و جرم فلز به کار رفته در این استوانه  $256 \text{ kg}$  باشد، R چند سانتی‌متر است؟ ( $\pi = 3$ )

۱۰ (۲)      ۰/۱ (۱)  
۲۰ (۴)      ۰/۲ (۳)

**پاسخ گزینه ۲:** گام اول: ابتدا حجم فلز به کار رفته در استوانه را برحسب R می‌نویسیم:



$$V = \text{حجم استوانه} - \text{حجم کره} = \pi (2R)^2 \times 3R - \frac{4}{3} \pi R^3$$

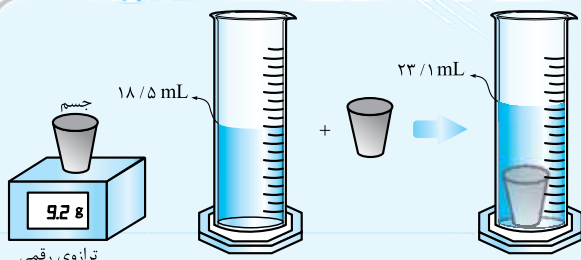
$$= 12\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi R^3 \stackrel{\pi=3}{=} 36R^3 - 4R^3 = 32R^3$$

گام دوم: حالا مقدارهایی که داریم را در رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  می‌گذاریم (چون R بر حسب سانتی‌متر خواسته شده، چگالی را بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و جرم را بر حسب گرم در فرمول می‌گذاریم).

$$\lambda = \frac{256 \times 10^3}{32 R^3} \Rightarrow R^3 = 10^3 \Rightarrow R = 10 \text{ cm}$$

برای محاسبه چگالی اجسامی که شکل مشخصی ندارند از روش زیر استفاده می‌کنیم:

- درون یک استوانه مدرج مقدار معینی مایع (آب) می‌ریزیم.
- جسم موردنظر را درون مایع فرو می‌بریم.
- تغییر حجم مایع (آب) درون استوانه را اندازه می‌گیریم. حجم جسم موردنظر برابر این تغییر حجم است.



**تست** با توجه به شکل روبه‌رو، چگالی جسم چند گرم بر میلی‌متر مکعب است؟

- $5 \times 10^{-3}$
- $5 \times 10^3$
- $2 \times 10^{-3}$
- $2 \times 10^3$

$$V_{\text{جسم}} = 23.1 - 18.5 = 4.6 \text{ mL}$$

**پاسخ گزینه ۳ گام اول:** با ورود جسم، حجم مایع درون استوانه به اندازه حجم جسم تغییر می‌کند.

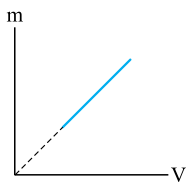
**گام دوم:** حالا باید یک تبدیل واحد زنجیره‌ای انجام دهیم، قبل از این تبدیل باید بدانیم که  $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ mm}^3$  است.

$$V_{\text{جسم}} = 4.6 \text{ mL} \times \frac{10^3 \text{ mm}^3}{1 \text{ mL}} = 4.6 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

**گام سوم:** حالا چگالی را بر حسب گرم بر میلی‌متر مکعب حساب می‌کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{9.2}{4.6 \times 10^3} = 2 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$$

### بررسی نمودار چرم بر حسب حجم ماده در دمای معین



می‌دانید که چگالی یک ماده در دمای معین ثابت است. حالا اگر رابطه چگالی را به صورت  $m = \rho V$  بنویسیم، می‌بینیم که با یک معادله درجه یک (مثل  $y = ax + b$ ) طرف هستیم؛ پس مطابق شکل، نمودار این معادله یک خط راست با ویژگی‌های زیر است:

$$y = ax + b$$

$$m = \rho V + 0$$

۱ امتداد نمودار از مبدأ می‌گذرد، چون در این رابطه  $b = 0$  است:

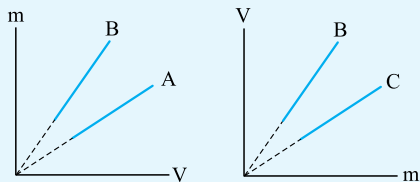
$$m = \rho V + 0$$

$$\text{شیب} = a = \rho$$

۲ شیب این نمودار برابر چگالی است:

پس هر چه شیب بیشتر باشد، چگالی بیشتر است.

**تست** با توجه به نمودارهای داده‌شده برای سه ماده A، B و C کدام مقایسه در مورد



چگالی سه ماده درست است؟

- $\rho_C > \rho_B > \rho_A$
- $\rho_A > \rho_B > \rho_C$
- $\rho_B > \rho_C, \rho_B > \rho_A$
- $\rho_B < \rho_C, \rho_B < \rho_A$

**پاسخ گزینه ۱ گام اول:** نمودار سمت چپ m بر حسب V است، یعنی معادله آن  $m = \rho V$  بوده و شیب این نمودارها برابر  $\rho$  است؛ پس می‌بینید که شیب B از شیب A بیشتر است. داریم:

$$\rho_B > \rho_A$$

**گام دوم:** نمودار سمت راست V بر حسب m است و معادله آن را به صورت  $V = \frac{1}{\rho} m$  می‌نویسیم؛ یعنی شیب این نمودار برابر عکس چگالی  $(\frac{1}{\rho})$  است،

$$\rho_C > \rho_B$$

پس هر چه شیب کم‌تر باشد، چگالی بیشتر است. یعنی:

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

پس با توجه به گام اول و گام دوم داریم:

### نسبت در مسائل چگالی

هر جا که فرمول فیزیکی هست، مسائل نسبتی هم هست. با توجه به نسبت‌های بین  $\rho$ ، m و V در فرمول  $\rho = \frac{m}{V}$  می‌توانیم این نسبت را بنویسیم: ( $\rho$  با m رابطه مستقیم و با V رابطه عکس دارد).

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A}$$

**تست** چگالی جسم A، ۱/۸ برابر چگالی جسم B است. اگر حجم ۴۰۰ g از جسم B، ۹۰۰ cm<sup>۳</sup> باشد، حجم ۱۰۰ g از جسم A چند سانتی متر مکعب است؟  
 (۱) ۱۰۰ (۲) ۱۲۵ (۳) ۲۰۰ (۴) ۲۵۰

**پاسخ گزینه ۲** کافی است رابطه نسبت چگالی دو جسم را بنویسیم و مسئله را حل کنیم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow 1/8 = \frac{100}{400} \times \frac{900}{V_A} \Rightarrow V_A = \frac{900}{4 \times 1/8} = 125 \text{ cm}^3$$

## چگالی اجسام حفره دار

اگر جسمی حفره داشته باشد، حجم ماده به کار رفته در آن از حجم خود جسم کوچک تر می شود. در این حالت می توانیم دوتا چگالی حساب کنیم.

### الف) چگالی ماده سازنده جسم

برای محاسبه چگالی ماده سازنده جسم، باید حجم ماده سازنده را داشته باشیم:  
 (البته خیلی وقت ها جرم جسم و چگالی ماده سازنده جسم را می دهند و ما باید حجم ماده را حساب کنیم.)

$$\rho_{\text{ماده سازنده}} = \frac{m_{\text{جسم}}}{V_{\text{ماده سازنده}}}$$

### ب) چگالی جسم

وقتی می گوئیم چگالی جسم، منظورمان این است که برای محاسبه چگالی باید حجم کل جسم (یعنی حجم ماده سازنده + حجم حفره ها) را در نظر بگیریم:

$$\rho_{\text{جسم}} = \frac{m_{\text{جسم}}}{V_{\text{کل}}}$$

**تست** یک کره توخالی از فلزی با چگالی ۵۰۰۰ kg / m<sup>۳</sup> ساخته شده است. اگر چگالی کره ۱۰۰۰ kg / m<sup>۳</sup> باشد، حجم فضای خالی چند برابر حجم فلز به کار رفته در آن است؟

**پاسخ گزینه ۲** گام اول: نکته مهم این است که جرم کره برابر جرم فلز سازنده کره است؛ پس داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_{\text{کره}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{کره}}} \\ \rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}} \end{array} \Rightarrow \frac{\rho_{\text{کره}}}{\rho_{\text{فلز}}} = \frac{V_{\text{فلز}}}{V_{\text{کره}}} \Rightarrow \frac{V_{\text{کره}}}{V_{\text{فلز}}} = \frac{\rho_{\text{فلز}}}{\rho_{\text{کره}}} = \frac{5000}{1000} = 5$$

**گام دوم:** نسبت حجم فضای خالی به حجم فلز را می خواهیم:

$$\frac{V_{\text{فضای خالی}}}{V_{\text{فلز}}} = \frac{V_{\text{کره}} - V_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}} = \frac{V_{\text{کره}}}{V_{\text{فلز}}} - 1 = 5 - 1 = 4$$

بد نیست یک تست کمی سخت تر هم از این موضوع ببینیم:

**تست** چگالی یک اسفنج خشک ۲ g / cm<sup>۳</sup> و چگالی همان اسفنج وقتی آن را کاملاً با آب خیس می کنیم، ۹ g / cm<sup>۳</sup> است. چند درصد از حجم این اسفنج در حالت خشک فضای خالی است؟ (ρ<sub>آب</sub> = ۱ g / cm<sup>۳</sup>)

**پاسخ گزینه ۲** گام اول: کلید حل این مسئله در این است که بدانیم وقتی اسفنج خیس است، آب فضای خالی درون اسفنج را پر می کند؛ پس حجم آب درون اسفنج خیس برابر حجم فضای خالی اسفنج خشک است:

حجم کل اسفنج را برابر V در نظر می گیریم:

**گام دوم:** موضوع دیگری که باید به آن توجه کنیم، این است که منظور از چگالی اسفنج خشک، چگالی جسم با در نظر گرفتن فضاهای خالی آن است (و نه چگالی ماده سازنده آن)؛ پس می توانیم بنویسیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{اسفنج خشک}} = \rho_{\text{اسفنج خشک}} \times V \\ m_{\text{آب}} = \rho_{\text{آب}} \times V' \end{array} \Rightarrow m_{\text{اسفنج خشک}} = \rho_{\text{اسفنج خشک}} V + \rho_{\text{آب}} V' \right.$$

**گام سوم:** حالا اگر فرمول چگالی را برای اسفنج خیس بنویسیم، به جواب می رسیم:

$$\rho_{\text{اسفنج خیس}} = \frac{m_{\text{اسفنج خیس}}}{V} = \frac{\rho_{\text{اسفنج خشک}} V + \rho_{\text{آب}} V'}{V} \Rightarrow 9 = \frac{2V + 1V'}{V} \Rightarrow 9V = 2V + V' \Rightarrow V' = 7V \Rightarrow \frac{V'}{V} = 7$$

یعنی ۷۰ درصد حجم اسفنج فضای خالی است.

## چگالی مخلوط (آلیاژ)

هر وقت چند مایع را به نسبت های مختلف با هم مخلوط کنیم، باید بتوانیم چگالی مخلوط حاصل را حساب کنیم. این جا هم از همان فرمول اصلی چگالی (یعنی  $\rho = \frac{m}{V}$ ) استفاده می کنیم.

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\text{مجموع جرم های مواد درون مخلوط}}{\text{حجم نهایی مخلوط}}$$

فقط شما باید بدانید که برای محاسبه چگالی مخلوط در این فرمول m و V دقیقاً چیست:



در بیشتر مسائل گفته می‌شود که در اثر مخلوط شدن حجم مواد تغییر نمی‌کند؛ یعنی حجم نهایی مخلوط برابر مجموع حجم مواد به کار رفته در مخلوط است، پس در این شرایط می‌توانیم بنویسیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\text{مجموع جرم‌های مواد درون مخلوط}}{\text{مجموع حجم‌های مواد درون مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

**چند نکته ۱** آلیاژهای فلزی هم یک‌جور مخلوط‌اند، پس از فرمول بالا برای محاسبه چگالی آلیاژ هم می‌توانید استفاده کنید.

**۲** فرمول چگالی مخلوط را براساس داده‌های مسئله مرتب می‌کنیم. در این صورت دو حالت ممکن است پیش بیاید:

**الف)** جرم مواد داده نشود، اما چگالی و حجم آن‌ها داده شود؛ در این صورت در فرمول به جای  $m$  معادلش  $(\rho V)$  را قرار می‌دهیم؛ یعنی این‌طوری:

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

**ب)** حجم مواد داده نشود، اما چگالی و جرم آن‌ها را بدهند؛ در این صورت در فرمول به جای  $V$  معادلش  $(\frac{m}{\rho})$  را جایگزین می‌کنیم:

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

باز هم تأکید و تکرار می‌کنیم که این فرمول‌ها چیز خاصی نیستند، همون فرمول  $\rho = \frac{m}{V}$  فورمونه که به پای  $m$ ، هر  $m$  کل و به پای  $V$ ، هم  $V$  کل رو گذاشتیم.

**تست** ۵۰۰ cm<sup>۳</sup> آب را با چند سانتی‌متر مکعب از مایعی به چگالی ۱/۲ g/cm<sup>۳</sup> مخلوط کنیم تا چگالی مخلوط ۱/۱ g/cm<sup>۳</sup> شود؟ (چگالی آب ۱ g/cm<sup>۳</sup> است.)

۷۵۰ (۴)

۵۰۰ (۳)

۳۰۰ (۲)

۲۵۰ (۱)

**پاسخ گزینه ۳** با توجه به نکته‌های بیان‌شده، چگالی مخلوط برابر با  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$  است، بنابراین:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 1/1 = \frac{(1 \times 500) + 1/2 \times V_2}{500 + V_2} \Rightarrow 550 + 1/2 V_2 = 500 + 1/2 V_2 \Rightarrow 550 - 500 = 1/2 V_2 - 1/2 V_2 \Rightarrow 0/1 V_2 = 50 \Rightarrow V_2 = 500 \text{ cm}^3$$

**تست** ۳ L آب به جرم حجمی ۱ kg/L با ۲ L مایع به جرم حجمی ۱/۵ kg/L مخلوط می‌شود. هرگاه تغییر حجم صورت نگیرد، جرم حجمی مخلوط بر حسب کیلوگرم بر لیتر برابر است با:

۱/۴ (۴)

۱/۳ (۳)

۱/۲۵۰ (۲)

۱/۲ (۱)

**پاسخ گزینه ۱** چگالی مخلوطی که تغییر حجم ندارد، از رابطه  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$  به دست می‌آید، بنابراین داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{1 \times 3 + 1/5 \times 2}{3 + 2} = \frac{3 + 2}{5} = \frac{5}{5} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = 1/2 \text{ kg/L}$$

## تغییر حجم آب و یخ

در اثر تغییر حالت، چگالی آب خالص در دمای ۰°C برابر ۱۰۰۰ kg/m<sup>۳</sup> و چگالی یخ در همین دما برابر ۹۱۷ kg/m<sup>۳</sup> است (که البته در تستی کنکور برای راحتی در محاسبه، یگای یخ رو ۹۰۰ kg/m<sup>۳</sup> می‌دن!)

از این‌که ما هم‌زمان می‌توانیم آب و یخ ۰°C داشته باشیم، می‌شود مسائل خوبی طرح کرد، مثلاً این‌که در اثر ذوب یخ، حجم آن چه تغییری می‌کند. برای حل این مسائل:

**۱** فرمول چگالی  $\rho = \frac{m}{V}$  را بر حسب  $V$  مرتب کنید:

**۲** جرم یخ یا آب در اثر تغییر حالت تغییر نمی‌کند، پس تغییر حجم در اثر ذوب شدن برابر است با:

$$V_{\text{آب}} - V_{\text{یخ}} = \frac{m}{\rho_{\text{آب}}} - \frac{m}{\rho_{\text{یخ}}} = m \left( \frac{1}{\rho_{\text{آب}}} - \frac{1}{\rho_{\text{یخ}}} \right)$$

**تست** در مخلوطی از آب و یخ، ۲۷ g یخ ذوب می‌شود. حجم مخلوط چگونه تغییر می‌کند؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ،  $\rho_{\text{یخ}} = 0/9 \text{ g/cm}^3$ )

۱ cm<sup>۳</sup> افزایش می‌یابد. (۴)

۱ cm<sup>۳</sup> کاهش می‌یابد. (۳)

۳ cm<sup>۳</sup> کاهش می‌یابد. (۲)

۳ cm<sup>۳</sup> افزایش می‌یابد. (۱)

**پاسخ گزینه ۲** فرمول چگالی را به صورت  $V = \frac{m}{\rho}$  می‌نویسیم تا بتوانیم تغییر حجم را محاسبه کنیم.

$$V_{\text{آب}} - V_{\text{یخ}} = \frac{m}{\rho_{\text{آب}}} - \frac{m}{\rho_{\text{یخ}}} = \frac{27}{1} - \frac{27}{0/9} = 27 - 30 = -3 \text{ cm}^3$$

پس ۳ cm<sup>۳</sup> حجم مخلوط تغییر کرده و منفی شدن پاسخ، نشان می‌دهد که حجم مخلوط در اثر ذوب یخ کم شده است.

۸۲- گزینه ۲ به بررسی درستی یا نادرستی تک تک موارد می پردازیم:

الف) درست؛ جرم یکای حجم یک ماده همان چگالی است که میزان تراکم ذرات آن ماده را نشان می دهد.

ب) نادرست؛ یک جسم می تواند سنگین تر از جسم دیگر باشد اما چگالی کمتری داشته باشد. چگالی به میزان حجم جسم هم بستگی دارد.

پ) درست 
$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

ت) نادرست؛ لزوماً این طور نیست! برای اجسام همگن جامد در شرایط ثابت هر چه حجم یک جسم کم تر شود، به همان نسبت جرم آن هم کاهش می یابد، پس چگالی در این حالت ثابت می ماند. در گازها بسته به شرایط ممکن است با کاهش حجم هر حالتی رخ دهد.

۸۳- گزینه ۲ بخش عمده پرتقال بدون پوست را آب تشکیل می دهد. پس چگالی (نسبت جرم به حجم) آن تقریباً برابر چگالی آب است. به همین دلیل پرتقال بدون پوست تقریباً در آب غوطه ور می شود.

اما در داخل پرتقال با پوست مقداری هوا حبس شده است و در نتیجه چگالی (نسبت جرم به حجم) آن از چگالی آب کم تر است؛ بنابراین پرتقال با پوست روی سطح آب شناور می ماند.

۸۴- گزینه ۱ وقتی نوشابه گازدار را در لیوان می ریزیم، گاز آن خارج می شود. می دانیم که گاز حجم نسبتاً زیاد و جرم کم دارد؛ پس با خروج گاز، جرم و حجم نوشابه هر دو کم می شوند ولی کاهش حجمش چشم گیرتر است. پس طبق رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  با ثابت ماندن تقریبی  $m$  و کاهش  $V$ ، چگالی افزایش می یابد.

۸۵- گزینه ۳ به تست فیلی راهت! کافیست از تبدیل زیر بهای استفاده کنیم:

$$0.01 \frac{\text{g}}{\text{mm}^3} \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mm}^3}{10^{-3} \text{ cm}^3} = 0.01 \text{ kg/cm}^3$$

۸۶- گزینه ۳ در ابتدا باید این نکته را یادآوری کنیم که هر متر مکعب برابر ۱۰۰۰ لیتر و هر لیتر برابر ۱۰۰۰ سانتی متر مکعب است.

بررسی گزینه ها:

① 
$$2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 2 \times 10^3 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

② 
$$3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 3 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 3 \times 10^{-3} \text{ kg/L}$$

③ 
$$2 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

④ 
$$3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 3 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 3 \times 10^{-3} \text{ kg/L}$$

۸۷- گزینه ۴ گام اول: برای محاسبه چگالی این محلول برحسب  $\text{g/L}$  باید جرم را برحسب گرم و حجم را برحسب لیتر داشته باشیم. پس حجم محلول را  $V = 50 \text{ cm}^3 = 50 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \times 10^{-2} \text{ L}$  به لیتر تبدیل می کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{60}{5 \times 10^{-2}} = 12 \times 10^2 = 1200 \text{ g/L}$$

گام دوم: برای محاسبه چگالی برحسب  $\text{kg/m}^3$  باید جرم برحسب کیلوگرم و حجم برحسب مترمکعب باشد:

$$\left. \begin{aligned} m &= 60 \text{ g} = 60 \times 10^{-3} \text{ kg} = 6 \times 10^{-2} \text{ kg} \\ V &= 50 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 5 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{6 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-5}} = 1200 \text{ kg/m}^3$$

۸۸- گزینه ۱ با توجه به شکل جرم جسم  $11/5 \text{ g}$  و حجم جسم برابر است با:

حالا چگالی جسم را به صورت زیر به دست می آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{11/5}{4/6} = 2/5 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \xrightarrow{1 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \rho = 2/5 \times 10^3 = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۸۹- گزینه ۴ گام اول: ابتدا چگالی مایع را برحسب  $\text{kg/m}^3$  می نویسیم:

$$\rho = 1/2 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mm}^3}{10^{-9} \text{ m}^3} = 1200 \text{ kg/m}^3$$

گام دوم: حجم مایع را به متر مکعب تبدیل می کنیم: (هر متر مکعب برابر ۱۰۰۰ لیتر است.)

گام سوم: حالا از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  جرم مایع را حساب می کنیم:

۹۰- گزینه ۱ گام اول: ابتدا تبدیل یکاهای لازم را انجام می دهیم و سپس از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  استفاده می کنیم:

$$m = 5/25 \times 10^6 \text{ mg} = 5/25 \times 10^6 \times 10^{-3} \text{ g} = 5250 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{5250}{1/0.5} = 5000 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حجم این مقدار خون برحسب  $\text{dm}^3$  خواسته شده، پس دوباره باید تبدیل یکا کنیم:

$$V = 5 \times 10^3 \text{ cm}^3 \times \frac{10^{-6} \text{ m}^3}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{10^3 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 5 \text{ dm}^3$$



۹۱- گزینه ۲ جرم ویتامین برابر اختلاف جرم سرنگ در حالت پُر و خالی است؛ پس داریم:

$$m_{vit} = 24 - 20 = 4 \text{ g}$$

$$\rho_{vit} = \frac{m_{vit}}{V_{vit}} = \frac{4 \text{ g}}{5 \times 10^{-3} \text{ L}} = 800 \text{ g/L}$$

۹۲- گزینه ۲ گام اول: ابتدا حجم این مقدار باران را به دست می‌آوریم. ارتفاع آن ۴۰ mm و مساحت آن ۲۵۰۰ km<sup>۲</sup> است:

$$d = 40 \text{ mm} = 40 \times 10^{-3} \text{ m} \quad A = 2500 \text{ km}^2 = 2500 \times 10^6 \text{ m}^2 \quad V = A \cdot d = 25 \times 10^8 \times 4 \times 10^{-2} = 100 \times 10^6 = 10^8 \text{ m}^3$$

$$m = \rho V = 10^3 \times 10^8 = 10^{11} \text{ kg}$$

گام دوم: حالا از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  جرم آن را حساب می‌کنیم:

۹۳- گزینه ۲ گام اول: ابتدا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  جرم کل خون داخل لوله را محاسبه می‌کنیم:  $V_{\text{خون}} = 5 \text{ mL} = 5 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \text{ cm}^3$

$$m_{\text{خون}} = \rho V = 1/0.5 \times 5 = 5/25 \text{ g}$$

گام دوم: در صورت سؤال گفته شده که ۵۳ درصد جرم خون را پلاسما تشکیل می‌دهد؛ پس داریم:

$$m_{\text{پلاسما}} = \frac{53}{100} \times m_{\text{خون}} = \frac{53}{100} \times 5/25 = 2/7825 \text{ g}$$

$$V_{\text{پلاسما}} = \frac{55}{100} \times V_{\text{خون}} = \frac{55}{100} \times 5 = 2/75 \text{ cm}^3$$

هم‌چنین داریم که ۵۵ درصد حجم خون را هم پلاسما تشکیل می‌دهد:

$$\rho_{\text{پلاسما}} = \frac{m_{\text{پلاسما}}}{V_{\text{پلاسما}}} = \frac{2/7825}{2/75} = 1/0.1 \text{ g/cm}^3$$

گام سوم: حالا به راحتی می‌توانیم چگالی پلاسما را حساب کنیم:

چگالی دقیق پلاسمای خون برابر با  $1/0.25 \text{ g/cm}^3$  است.

۹۴- گزینه ۲ گام اول: حجم مایع درون استوانه همان حجم استوانه است. پس حجم استوانه را به دست می‌آوریم:

$$V = A \cdot h = 40 \text{ cm}^2 \times 125 \text{ cm} = 5000 \text{ cm}^3 = 5000 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \text{ L}$$

$$m = \rho V = 0.9 \times 5 = 4/5 \text{ kg}$$

گام دوم: از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  می‌توانیم جرم مایع را حساب کنیم:

$$m_{\text{مایع}} + m_{\text{استوانه}} = 4/5 + 2/2 = 6/7 \text{ kg}$$

گام سوم: ترازو مجموع جرم استوانه و مایع درون آن را نشان می‌دهد:

۹۵- گزینه ۳ گام اول: در صورت سؤال گفته شده که  $\frac{\rho_{\text{آهن}}}{\rho_{\text{جسم}}} = 1/3$  است؛ پس داریم:

$$\rho_{\text{آهن}} = 1/3 \times \rho_{\text{جسم}} \Rightarrow 7800 = 1/3 \times \rho_{\text{جسم}} \Rightarrow \rho_{\text{جسم}} = 6000 \text{ kg/m}^3 = 6 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{\text{جسم}} = \frac{m}{\rho} = \frac{540}{6} = 90 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حالا چگالی و جرم جسم را در رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  قرار می‌دهیم تا حجم آن را محاسبه کنیم:

۹۶- گزینه ۲ حواستون باشه! در صورت سؤال گفته شده که اگر حجم جسم A برابر  $50 \text{ cm}^3$  باشد، جرم آن برابر  $750 \text{ g}$  است. این همان چگالی است.

$$\rho_A = \frac{2}{3} \rho_B \Rightarrow \frac{m_A}{V_A} = \frac{2}{3} \frac{m_B}{V_B} \Rightarrow \frac{750}{50} = \frac{2}{3} \times \frac{m_B}{60} \Rightarrow m_B = 1350 \text{ g}$$

هم‌چنین گفته شده که  $\rho_A = \frac{2}{3} \rho_B$ ؛ پس:

۹۷- گزینه ۲ در این سؤال هم مقایسه چگالی دو مایع مختلف را داریم، پس از رابطه  $\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A}$  برای حل استفاده می‌کنیم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{4}{5} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = \frac{4}{5} \times \frac{V_B}{10} \Rightarrow V_B = \frac{50 \times 4}{40} = 5 \text{ L}$$

۹۸- گزینه ۳ باز هم مقایسه چگالی! فقط کافی‌ه مقادیر داده‌شده تو صورت سؤال رو با تبدیل‌های درست جای‌گذاری کنیم.

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = 1/5 \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = 1/5 \Rightarrow \frac{m_A}{500} \times \frac{500}{200} = 1/5 \Rightarrow m_A = \frac{1/5 \times 200 \times 500/2}{500} = 0/12 \text{ kg}$$

$$V_A = 2V_B, m_A = 2m_B$$

۹۹- گزینه ۲ داده‌های صورت سؤال را می‌نویسیم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{V_A} \times \frac{V_B}{m_B} = \frac{2m_B}{2V_B} \times \frac{V_B}{m_B} = \frac{2}{2}$$

حالا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  نسبت چگالی جسم A را به چگالی جسم B حساب می‌کنیم:

۱۰۰- گزینه ۱ به کمک رابطه نسبتی چگالی داریم:

$$\frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{V_A}{V_B} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{\frac{4}{3} \pi r_A^3}{a_B^3} \xrightarrow{\rho_B = \frac{2}{10} \rho_A} \frac{\frac{2}{10} \rho_A}{\rho_A} = \frac{m_B}{\frac{36}{100} m_B} \times \frac{\frac{4}{3} \times 3 \times r_A^3}{a_B^3} \Rightarrow \frac{2}{10} = \frac{100}{36} \times 4 \times \left(\frac{r_A}{a_B}\right)^3$$

$$\Rightarrow \frac{2}{10} \times \frac{9}{100} = \left(\frac{r_A}{a_B}\right)^3 \Rightarrow \frac{2}{10} = \left(\frac{r_A}{a_B}\right)^3 \Rightarrow \frac{r_A}{a_B} = 0/3$$

۱۰۱- گزینه ۲ گام اول: حل این سؤال به دقت بیشتری احتیاج دارد. در صورت سؤال گفته شده که مجموع جرم ظرف و مایع با چگالی  $1/2 \text{ g/cm}^3$  برابر

$540 \text{ g}$  است. این جمله به بیان فیزیکی به صورت زیر است:

$$m_{\text{مایع}} + m_{\text{ظرف}} = 540 \text{ g} \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} \times V_{\text{ظرف}} + 300 \text{ g} = 540 \text{ g} \Rightarrow 1/2 V_{\text{ظرف}} = 240 \Rightarrow V_{\text{ظرف}} = 200 \text{ cm}^3$$

گام دوم: در قسمت دوم سؤال گفته شده که مجموع جرم ظرف و روغن داخل ظرف برابر  $460 \text{ g}$  می‌شود؛ یعنی:

$$m_{\text{روغن}} + m_{\text{ظرف}} = 460 \text{ g} \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} \times V_{\text{ظرف}} + 300 = 460 \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} \times 200 = 160 \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} = 0/8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-3} \text{ L}} = 800 \text{ g/L}$$



۱۰۲- گزینه ۳ با توجه به نمودار داریم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{m_A}{V_A}}{\frac{m_B}{V_B}} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = 1 \times \frac{45}{20} = \frac{9}{4}$$

$$\frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{1/1}{2/7} = \frac{7}{2}$$

۱۰۳- گزینه ۲ گام اول: ابتدا نسبت چگالی‌ها را به دست می‌آوریم:

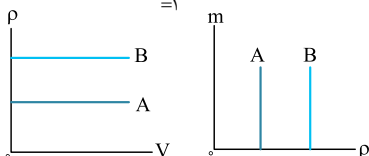
$$\rho_B = 3\rho_A \Rightarrow \frac{m}{V_B} = 3 \frac{m}{V_A} \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = 3 \Rightarrow \frac{67/5}{V_B} = 3$$

گام دوم: حالا از نسبت به دست آمده در گام اول استفاده می‌کنیم:

$$\Rightarrow V_B = \frac{67/5}{3} = 22/5 \text{ cm}^3 = 22/5 \text{ cm}^3 \times \frac{10^{-3} \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 22/5 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2/25 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$$

۱۰۴- گزینه ۱ گام اول: همان‌طور که از رابطه  $m = \rho V$  می‌فهمیم، شیب نمودار  $m$  (جرم) بر حسب  $V$  (حجم) برابر با چگالی است. پس هر چه شیب نمودار (ب) بیشتر باشد، چگالی بیشتر است. شیب نمودار  $C$  از شیب نمودار  $D$  بیشتر است، پس  $\rho_C > \rho_D$  است. تا این جا (۲) و (۴) کنار می‌روند.

$$\frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{V_A}{V_B} = \frac{m_B}{m_A} = \frac{0/06}{0/02} = 3 \Rightarrow \rho_B = 3\rho_A$$



۱۰۵- گزینه ۱ با توجه به این که مایعی که چگالی بیشتری دارد در قسمت پایین تر ظرف قرار می‌گیرد

$$\rho_B > \rho_A$$

داریم:

چگالی دو مایع A و B دارای مقدار ثابتی است بنابراین نمودار  $m - \rho$  و  $\rho - V$  آن‌ها به صورت روبه‌رو است. (نادرستی (۲) و (۴))

هم‌چنین شیب نمودار  $m - V$  بیانگر چگالی مایع است، بنابراین با توجه به بیشتر بودن چگالی مایع B، شیب نمودار  $m - V$  این مایع باید از مایع A بیشتر باشد، یعنی: (درستی (۱))

شیب نمودار  $V - m$  بیانگر وارون چگالی مایع است بنابراین شیب نمودار  $V - m$  برای مایع A بیشتر از مایع B است. (نادرستی (۲))

$$V = (5 \times 10^{-2})^3 = 125 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = \rho V = 8 \times 10^3 \times 125 \times 10^{-6} = 10^3 \times 10^{-3} = 1 \text{ kg}$$

۱۰۶- گزینه ۳ گام اول: ابتدا حجم مکعب را حساب می‌کنیم:

گام دوم: حالا از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$ ، جرم این مکعب را حساب می‌کنیم:

۱۰۷- گزینه ۳ سؤال: جرم جسم را بر حسب کیلوگرم می‌خواهد، پس در رابطه باید چگالی بر حسب  $\text{kg/m}^3$  و حجم بر حسب  $\text{m}^3$  باشد:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \times V = 1200 \times (20 \times 30 \times 5 \times 10^{-6}) = 3/6 \text{ kg}$$

۱۰۸- گزینه ۲ گام اول: می‌دانید حجم کره از رابطه  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$  محاسبه می‌شود و حجم نیم‌کره نصف این مقدار است؛ پس داریم:

$$V = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times 3 \times (10 \times 10^{-2})^3 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8}{2 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

گام دوم: حالا از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$ ، چگالی کره را به دست می‌آوریم:

۱۰۹- گزینه ۲ گام اول: در صورت سؤال وزن جسم داده شده، همان‌طور که می‌دانید وزن جسم از رابطه  $W = mg$  به دست می‌آید. پس ما می‌توانیم جرم

$$W = mg \Rightarrow 60 = m \times 10 \Rightarrow m = 6 \text{ kg} = 6 \times 10^3 \text{ g}$$

جسم را حساب کنیم:

$$r = 4 \text{ cm} \Rightarrow V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times (4 \times 10^{-2})^3 = 256 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 256 \times 10^{-3} \text{ L}$$

گام دوم: حالا حجم جسم را حساب می‌کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{6 \times 10^3}{256 \times 10^{-3}} = 23/4 \times 10^3 \text{ g/L} = 2/34 \times 10^4 \text{ g/L}$$

گام سوم: از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  چگالی جسم را به دست می‌آوریم:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times (6/2 \times 10^6)^3 = 10^{21} \text{ m}^3$$

۱۱۰- گزینه ۲ گام اول: ابتدا حجم کره زمین را بر حسب متر مکعب به شکل زیر حساب می‌کنیم:

گام دوم: حالا از فرمول  $\rho = \frac{m}{V}$  استفاده می‌کنیم:

$$\rho = 5/5 \text{ g/cm}^3 = 5/5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 5/5 \times 10^3 \times 10^{21} = 5/5 \times 10^{24} \text{ kg} = 5/5 \times 10^{21} \text{ Mg}$$

۱۱۱- گزینه ۳ گام اول: ابتدا حجم فلز به کار رفته در این کره توخالی (یا همان پوسته فلزی) را محاسبه می‌کنیم: (در صورت سؤال گفته شده که ضخامت پوسته ۸ cm است، پس شعاع داخلی پوسته کروی برابر با  $10 - 8 = 2 \text{ cm}$  می‌شود.)

$$V = \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3) = \frac{4}{3} \times 3 \times (10^3 - 2^3) = 4 \times 992 \text{ cm}^3 = 4 \times 992 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{19/84 \text{ kg}}{4 \times 992 \times 10^{-3}} = 5 \text{ kg/L}$$

گام دوم: چگالی فلز را بر حسب کیلوگرم بر لیتر می‌خواهد؛ پس داریم:

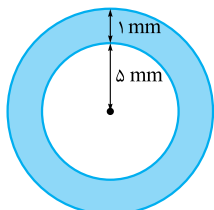
۱۱۲- گزینه ۳ گام اول: حجم پوسته طلا را به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{طلا}} = \frac{4}{3} \pi (r'^3 - r^3) \xrightarrow[r=\Delta \text{ mm}]{r'=\Delta+1=6 \text{ mm}} V_{\text{طلا}} = \frac{4}{3} \times 3 \times (6^3 - 5^3) = 4 \times 91 \Rightarrow V_{\text{طلا}} = 364 \text{ mm}^3$$

$$\xrightarrow[1 \text{ mm}^3 = 10^{-3} \text{ cm}^3]{1 \text{ mm}^3 = 10^{-3} \text{ cm}^3} V_{\text{طلا}} = 0/364 \text{ cm}^3$$

گام دوم: جرم پوسته طلا برابر است با:

$$m_{\text{طلا}} = \rho_{\text{طلا}} V_{\text{طلا}} = 20 \times \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 0/364 \text{ cm}^3 = 7/28 \text{ g} \xrightarrow[1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}]{1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}} m_{\text{طلا}} = 7280 \text{ mg}$$



۱۱۳- گزینه ۳ در صورت سؤال گفته شده که  $m_A = m_B$  است. می‌خواهیم نسبت  $\frac{\rho_A}{\rho_B}$  را حساب کنیم. پس از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  داریم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{m_A}{V_A}}{\frac{m_B}{V_B}} \xrightarrow{m_A=m_B} \frac{V_B}{V_A} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_B^3}{\frac{4}{3}\pi r_A^3} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^3 = \left(\frac{2}{1}\right)^3 = 8$$

۱۱۴- گزینه ۳ می‌خواهیم نسبت چگالی آلومینیم به چگالی مس را حساب کنیم. پس طبق معمول از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  استفاده می‌کنیم. آلومینیم را با زیروند ۱ و مس را با زیروند ۲ نشان می‌دهیم:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{m_1}{V_1}}{\frac{m_2}{V_2}} = \frac{m_1}{m_2} \times \frac{V_2}{V_1} = 2/4 \times \frac{\frac{4}{3}\pi r_2^3}{\frac{4}{3}\pi r_1^3} = 2/4 \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 \xrightarrow{r_1=2r_2} \frac{\rho_1}{\rho_2} = 2/4 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{2/4}{8} = 0/3$$

۱۱۵- گزینه ۲ گام اول: ابتدا باید به این نکته توجه کنیم که چون با مواد کره ذوب شده، استوانه را ساخته‌ایم، جرم و چگالی کره و استوانه با هم و در نتیجه حجم دو جسم برابر است. حالا حجم استوانه ساخته شده را حساب می‌کنیم:

$$V_{\text{استوانه}} = \pi(R^2 - R'^2)2R = 2\pi R(R^2 - R'^2)$$

$$V_{\text{کره}} = V_{\text{استوانه}}$$

گام دوم: حالا حجم استوانه را برابر با حجم کره قرار می‌دهیم:

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

۱۱۶- گزینه ۴ گام اول: چون هر دو استوانه از یک نوع ماده ساخته شده‌اند، چگالی آن‌ها با هم برابر است. حالا حجم استوانه اول و استوانه دوم را به دست می‌آوریم:

$$V = \pi(R_1^2 - R_2^2)L$$

$$V' = \pi(4R_1^2 - 4R_2^2)L = 4\pi(R_1^2 - R_2^2)L$$

گام دوم: حالا چگالی دو استوانه را برابر قرار می‌دهیم:  $M = \frac{M'}{12} \Rightarrow M' = 12M$

۱۱۷- گزینه ۱ با داده‌های صورت سؤال حل این تست را شروع می‌کنیم:

در صورت سؤال گفته شده که شعاع خارجی دو استوانه برابر است، پس:

$$\rho_1 = 2\rho_2 \Rightarrow \frac{M_1}{V_1} = 2 \frac{M_2}{V_2} \Rightarrow \frac{M_1}{\pi r_1^2 h_1} = 2 \times \frac{2/\Delta M_1}{\pi(r_1'^2 - r_1'^2)h_2} \Rightarrow \frac{M_1}{\pi r_1^2 h_1} = 2 \times \frac{2/\Delta M_1}{\pi(r_1'^2 - r_1'^2)h_2}$$

$$\frac{M_1}{\pi r_1^2 h_1} = 2 \times \frac{2/\Delta M_1}{\pi(r_1'^2 - r_1'^2)h_2} \Rightarrow \frac{1}{r_1^2} = \frac{3}{4(r_1'^2 - r_1'^2)} \Rightarrow 3r_1^2 = 4r_1'^2 - 4r_1'^2 \Rightarrow r_1^2 = 4r_1'^2 \Rightarrow \frac{r_1}{r_1'} = 2 \Rightarrow \frac{r_1'}{r_1} = \frac{1}{2}$$

۱۱۸- گزینه ۳ گام اول: ابتدا حجم استوانه و کره را حساب می‌کنیم:

$$V_{\text{کره}} = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{r}{2}\right)^3 = \frac{4}{3}\pi \frac{r^3}{8} = \frac{1}{6}\pi r^3$$

$$\frac{\rho_{\text{کره}}}{\rho_{\text{استوانه}}} = \frac{V_{\text{استوانه}}}{V_{\text{کره}}} = \frac{2\pi r^2}{\frac{1}{6}\pi r^3} = \frac{12}{r} = 3 \Rightarrow r = 4 \text{ cm}$$

گام دوم: با توجه به برابری جرم کره و استوانه داریم:

$$R = \frac{r}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ cm}$$

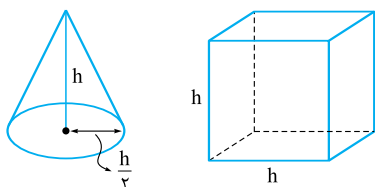
گام سوم: **حواستون باشه!** شعاع کره را می‌خواهیم:

۱۱۹- گزینه ۳ گام اول: حجم مخروط و مکعب را برحسب ارتفاع مخروط (h) حساب می‌کنیم:

$$V_1 = \frac{1}{3}(\pi r^2)h = \frac{1}{3} \times 2 \times \left(\frac{h}{2}\right)^2 \times h = \frac{h^3}{6}$$

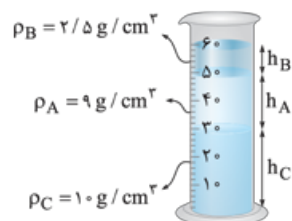
ارتفاع مخروط شعاع قاعده مخروط

$$V_2 = h^3 \text{ (حجم مکعب)}$$



گام دوم: نسبت  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$  را می‌خواهیم، پس داریم:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{m_1}{V_1}}{\frac{m_2}{V_2}} = \frac{m_1}{m_2} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{m_1=m_2} \frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 \times \frac{h^3}{\frac{h^3}{6}} = 6$$



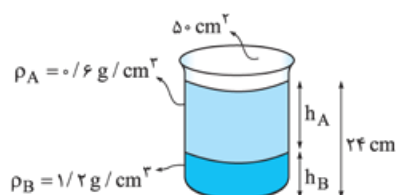
۱۲۰- گزینه ۱ گام اول: چگالی ماده B برابر  $2/5 \text{ kg/L} = 2/5 \text{ g/cm}^3$  است. بنابراین بین سه مایع A، B و C، مایع B کم‌ترین چگالی و مایع C بیشترین چگالی را داشته و نحوه قرارگیری مایع‌ها درون ظرف مطابق شکل مقابل است:



گام دوم: با توجه به شکل  $h_A = 2h_B$  و  $h_C = 3h_B$  است. سطح مقطع ظرف را برابر A در نظر گرفته و با استفاده از رابطه نسبتی داریم:

$$\frac{m_B}{m_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{V_B}{V_A} \xrightarrow{V=Ah} \frac{m_B}{m_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{h_B}{h_A} \Rightarrow \frac{20}{m_A} = \frac{2/5}{9} \times \frac{1}{2} \Rightarrow m_A = 144 \text{ g}$$

$$\frac{m_B}{m_C} = \frac{\rho_B}{\rho_C} \times \frac{V_B}{V_C} \Rightarrow \frac{m_B}{m_C} = \frac{\rho_B}{\rho_C} \times \frac{h_B}{h_C} \Rightarrow \frac{20}{m_C} = \frac{2/5}{10} \times \frac{1}{3} \Rightarrow m_C = 240 \text{ g}$$



۱۲۱- گزینه ۲ گام اول: دو مایع A و B مطابق شکل روبه‌رو درون ظرف ریخته می‌شوند. نسبت

ارتفاع دو مایع را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$m_A = m_B \Rightarrow \rho_A V_A = \rho_B V_B \xrightarrow{V=\Delta \times h} \rho_A h_A = \rho_B h_B \Rightarrow 0.6 h_A = 1.2 h_B \Rightarrow h_A = 2h_B$$

گام دوم: مجموع ارتفاع دو مایع ۲۴ cm است، بنابراین با توجه به نتیجه به دست آمده در گام اول داریم:

$$h_A + h_B = 24 \text{ cm} \xrightarrow{h_A=2h_B} 2h_B + h_B = 24 \text{ cm} \Rightarrow 3h_B = 24 \text{ cm} \Rightarrow h_B = 8 \text{ cm}$$

$$h_A = 2h_B = 2 \times 8 = 16 \text{ cm}$$

گام سوم: مجموع جرم دو مایع برابر است با:

$$m = m_A + m_B = \rho_A V_A + \rho_B V_B = \rho_A \times \Delta \times h_A + \rho_B \times \Delta \times h_B \Rightarrow m = 0.6 \times 50 \times 16 + 1.2 \times 50 \times 8 \Rightarrow m = 480 + 480 = 960 \text{ g}$$

۱۲۲- گزینه ۲ گام اول: در این تست باید به این نکته توجه کنیم که چگالی کره را می‌خواهیم حساب کنیم، نه چگالی ماده سازنده آن را! چون حجم کره تغییر نکرده و داخلش یک حفره ایجاد شده (جرم کره کاهش یافته) پس انتظار داریم، چگالی کره کمتر از حالت قبل شود. حالا باید حساب کنیم که نسبت جرم کره دارای حفره به جرم کره اولیه چه قدر است. چون چگالی فلز در هر دو حالت ثابت است داریم:

$$m = \rho V \xrightarrow{\rho=\text{ثابت فلز}} \frac{m_r}{m_1} = \frac{V_r}{V_1} = \frac{\frac{4}{3} \times \pi \times [R^3 - (\frac{R}{2})^3]}{\frac{4}{3} \times \pi \times R^3} = \frac{7}{8}$$

گام دوم: حالا می‌خواهیم چگالی کره را حساب کنیم. حجم کره در هر دو حالت یکسان است، پس داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{V_1=V_r} \frac{\rho_r}{\rho_1} = \frac{m_r}{m_1} = \frac{7}{8} \quad \rho = \frac{m}{V} \text{ ابتدا با استفاده از رابطه } \rho = \frac{m}{V} \text{ حجم مکعبی به چگالی } 8 \text{ g/cm}^3 \text{ و جرم } 6 \text{ kg} \text{ را حساب می‌کنیم:}$$

$$m = 6 \text{ kg} = 6 \times 10^3 \text{ g} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{6 \times 10^3}{8} = 750 \text{ cm}^3$$

حجم مکعبی که در سؤال ذکر شده برابر  $V = (10^3) = 1000 \text{ cm}^3$  است. پس این مکعب توخالی است و حجم حفره  $250 \text{ cm}^3$  است.

۱۲۴- گزینه ۲ گام اول: در این سؤال با داشتن جرم و چگالی قطعه طلا می‌توانیم حجم واقعی این قطعه را حساب کنیم:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{199/5 \text{ g}}{19 \times 10^3 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{199/5}{19} = 10/5 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{حفره}} = 12 - 10/5 = 1/5 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حالا با کم کردن این حجم از حجم ظاهری می‌توانیم حجم حفره را حساب کنیم:

۱۲۵- گزینه ۲ گام اول: ابتدا حجم مس به کار رفته در کره را به دست می‌آوریم:

$$\rho_{\text{مس}} = \frac{m}{V_{\text{مس}}} \Rightarrow 9000 = \frac{18}{V_{\text{مس}}} \Rightarrow V_{\text{مس}} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \xrightarrow{1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3} V_{\text{مس}} = 2 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

حالا حجم حفره درون کره را به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{حفره}} = V - V_{\text{مس}} = \frac{4}{3} \pi r^3 - V_{\text{مس}} = \frac{4}{3} \times 3 \times (10)^3 - 2 \times 10^3 = 2000 \text{ cm}^3$$

گام دوم: جرم گلیسرین که این حفره را به طور کامل پر می‌کند به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\rho_{\text{گلیسرین}} = \frac{m}{V_{\text{گلیسرین}}} \xrightarrow{\rho_{\text{گلیسرین}} = 1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \xrightarrow{V_{\text{گلیسرین}} = V_{\text{حفره}} = 2000 \text{ cm}^3 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3} 1250 = \frac{m_{\text{گلیسرین}}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow m_{\text{گلیسرین}} = 2/5 \text{ kg}$$

گام سوم: درصد افزایش جرم کره برابر است با:

$$\text{درصد افزایش جرم کره} = \frac{m_{\text{گلیسرین}}}{m} \times 100 = \frac{2/5}{18} \times 100 \approx 22.2\%$$

$$V_{\text{کره}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times 216 = 864 \text{ cm}^3 = 864 \times 10^{-3} \text{ L}$$

۱۲۶- گزینه ۳ گام اول: ابتدا جرم کره توپر را حساب می‌کنیم:

$$m = \rho V_{\text{کره}} = 9375 \times 864 \times 10^{-3} = 8100 \text{ g} = 8.1 \text{ kg}$$

گام دوم: در صورت سؤال گفته شده که با ایجاد حفره،  $2/4 \text{ kg}$  از جرم آن کم می‌شود، پس:

$$m' = 8.1 - 2/4 = 5.7 \text{ kg} = 5700 \text{ g}$$

حالا با داشتن چگالی و جرم، حجم کره دارای حفره را محاسبه می‌کنیم:

$$V' = \frac{m'}{\rho} = \frac{5700}{9375} = 0.608 \text{ L} = 608 \text{ cm}^3$$

گام سوم: حجم کره دارای حفره از رابطه  $V = \frac{4}{3} \pi (R'^3 - R^3)$  به دست می‌آید؛ پس به راحتی می‌توانیم شعاع حفره ( $R'$ ) را حساب کنیم:

$$V' = 608 = \frac{4}{3} \times 3 (6^3 - R'^3) \Rightarrow \frac{608}{4} = 2(6^3 - R'^3) \Rightarrow R'^3 = 64 \Rightarrow R' = 4 \text{ cm}$$



۱۲۷- **گزینه ۱** گام اول: جرم مایع داخل سرنگ برابر اختلاف جرم سرنگ پُر و خالی است:  
 گام دوم: چگالی و جرم مایع را داریم، پس حجم آن را می‌توانیم حساب کنیم: (حواستون باشه! پگلی رو از گرم بر سانتی متر مکعب به گرم بر لیتر تبدیل کنید)  

$$V_{\text{مایع}} = \frac{m_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}}} = \frac{3/6}{(0/8 \times 10^3)} = 4/5 \times 10^{-3} \text{ L} = 4/5 \text{ mL}$$
  
 گام سوم: حجم سرنگ L ۵۰۰ و حجم مایع ۴/۵ mL است؛ پس حجم حباب درون سرنگ برابر می‌شود با:

$V_{\text{حباب}} = V_{\text{سرنگ}} - V_{\text{مایع}} = 5 - 4/5 = 9/5 \text{ mL}$   
 ۱۲۸- **گزینه ۳** گام اول: حجم کل کره برابر می‌شود با:

گام دوم: از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  حجم فلز به کار رفته را به دست می‌آوریم:  
 پس حجم حفره برابر  $V_{\text{کره}} - V_{\text{فلز}} = 500 - 400 = 100 \text{ cm}^3$  است.  
 گام سوم: حالا درصد حجم حفره را باید حساب کنیم:  
 ۱۲۹- **گزینه ۱** حجم الکل جابه‌جاشده با حجم قطعه فلز برابر است با:

$$V_{\text{الکل سرریز}} = V_{\text{فلز}} \Rightarrow \frac{m_{\text{الکل سرریز}}}{\rho_{\text{الکل}}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{\rho_{\text{فلز}}} \Rightarrow \frac{160}{0/8} = \frac{m_{\text{فلز}}}{2/7} \Rightarrow m_{\text{فلز}} = 540 \text{ g}$$
  
 ۱۳۰- **گزینه ۲** چون با انداختن گلوله داخل آب سطح آب از  $50 \text{ cm}^3$  به  $54 \text{ cm}^3$  رسیده است، یعنی گلوله  $4 \text{ cm}^3$  آب را جابه‌جا کرده است.  
 پس حجم گلوله  $4 \text{ cm}^3$  است.  

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{42}{4} = 10/5 \text{ g/cm}^3$$

۱۳۱- **گزینه ۱** نکته‌ای که باید در این نوع سؤال به آن توجه کنید، این است که وقتی گلوله را در ظرف پر از الکل فرو می‌بریم، به اندازه حجم گلوله، الکل از ظرف سرریز می‌شود؛ پس الکل سرریز شده  $V_{\text{گلوله}} = V_{\text{الکل سرریز شده}} (1 \text{ g/L} = 1 \text{ kg/m}^3)$ .

$$V_{\text{گلوله}} = V_{\text{الکل سرریز}} \Rightarrow \frac{m_{\text{گلوله}}}{\rho_{\text{گلوله}}} = \frac{m_{\text{الکل سرریز}}}{\rho_{\text{الکل}}} \Rightarrow \frac{3900}{7800} = \frac{m_{\text{الکل سرریز}}}{800} \Rightarrow m_{\text{الکل سرریز}} = \frac{3900 \times 800}{7800} = 400 \text{ g}$$
  
 ۱۳۲- **گزینه ۳** گام اول: ابتدا حجم مایع جابه‌جاشده در اثر انداختن فلز را حساب می‌کنیم. این حجم دقیقاً برابر حجم فلز است. تغییر ارتفاع آب

$$V = A \cdot d = 10 \times 1/2 = 12 \text{ cm}^3$$
  
 سطح مقطع استوانه  
 گام دوم: به راحتی با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  چگالی فلز قابل محاسبه است:  

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{90}{12} = 7/5 \text{ g/cm}^3$$

۱۳۳- **گزینه ۲** برای حل این تست ابتدا باید به جای پارامترهای حجم (V) در رابطه  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B}$  پارامتر  $\rho$  را جایگزین کنیم:  

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B}} = \frac{\rho_A m_A + \rho_B m_B}{m_B (\frac{\rho_A}{\rho_B} + \frac{1}{1})} = \frac{6}{1 + \frac{6}{15}} = \frac{6 \times 15}{15 + 6} = 21/6 \text{ g/cm}^3$$
  
 چگالی مخلوط بر حسب دسی گرم بر لیتر خواسته شده:  

$$\rho_{\text{مخلوط}} = 21/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ dg}}{10^{-1} \text{ g}} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-3} \text{ L}} = 21/6 \times 10^4 \text{ dg/L}$$

۱۳۴- **گزینه ۳** چگالی مخلوط از رابطه  $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$  به دست می‌آید. چون در صورت سؤال حرفی از جرم زده نشده است، پارامترهای m را بر حسب پارامتر V (حجم) جای‌گذاری می‌کنیم:  

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} = 1400 \text{ kg/m}^3$$
  

$$\Rightarrow \frac{1300 \times 300 \times 10^{-6} + 1500 \times V_2}{300 \times 10^{-6} + V_2} = 1400 \Rightarrow 39 \times 10^{-2} + 1500 V_2 = 42 \times 10^{-2} + 1400 V_2 \Rightarrow 3 \times 10^{-2} = 100 V_2$$
  

$$\Rightarrow V_2 = \frac{3 \times 10^{-2}}{100} = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 3 \times 10^{-4} \times 10^6 = 300 \text{ cm}^3$$

۱۳۵- **گزینه ۲** چگالی مخلوط از رابطه  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B}$  محاسبه می‌شود:  

$$\rho_{\text{مخلوط}} = 0/75 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-3} \text{ L}} = 750 \text{ g/L}$$
  

$$\Rightarrow 750 = \frac{600 V_A + 800 V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow 750 V_A + 750 V_B = 600 V_A + 800 V_B \Rightarrow 150 V_A = 50 V_B \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{50}{150} = \frac{1}{3}$$

۱۳۶- **گزینه ۲** گام اول: با توجه به نمودار حجم ۲۰ g از ماده A و B به ترتیب، برابر  $3 \text{ cm}^3$  و  $6 \text{ cm}^3$  است، بنابراین حجم ۴۰ g از ماده B برابر است با:  

$$\frac{m_B}{V_B} = \frac{m'_B}{V'_B} \Rightarrow \frac{20}{6} = \frac{40}{V'_B} \Rightarrow V'_B = 12 \text{ cm}^3$$
  
 گام دوم: حالا چگالی مخلوط را به دست می‌آوریم:  

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m'_B}{V_A + V'_B} = \frac{20 + 40}{3 + 12} = 4 \text{ g/cm}^3$$

۱۳۷- **گزینه ۲ گام اول:** در این سؤال ما چگالی مخلوط و حجم آن را داریم. هم چنین چگالی مواد تشکیل دهنده مخلوط را هم داریم. در ابتدای کار با استفاده از رابطه  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$  جرم مخلوط را به دست می آوریم: ( $m_1$  جرم طلا،  $V_1$  حجم طلا،  $m_2$  جرم نقره و  $V_2$  حجم نقره است).

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow \frac{13}{6} = \frac{m_1 + m_2}{5} \Rightarrow m_1 + m_2 = 68 \text{ g} \quad (1)$$

**گام دوم:** در صورت سؤال گفته شده که  $V_1 + V_2 = 5 \text{ cm}^3$  است. حالا از همین داده استفاده می کنیم:

$$V_1 = 5 - V_2 \quad (2)$$

**گام سوم:** حالا حجم و چگالی نقره را داریم، پس می توانیم از رابطه  $m = \rho V$  جرم نقره را حساب کنیم:

$$m_{\text{نقره}} = \rho V = 10 \times 3 = 30 \text{ g}$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$V_1 = \frac{1}{3} V, \quad V_2 = \frac{2}{3} V$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 (\frac{1}{3} V) + \rho_2 (\frac{2}{3} V)}{V} = \frac{(\rho_1 + 2\rho_2) \frac{V}{3}}{V} = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3}$$

۱۳۹- **گزینه ۳** در این تست باید به این نکته توجه کنید که چون چگالی یخ از چگالی آب کمتر است، در جرم مساوی از آب و یخ، حجم یخ بیشتر از حجم آب است. پس وقتی یخ ذوب می شود حجم مخلوط کاهش پیدا می کند.

$$V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}} = 5 \text{ cm}^3 \xrightarrow{V = \frac{m}{\rho}} \frac{m}{\rho_{\text{یخ}}} - \frac{m}{\rho_{\text{آب}}} = 5 \text{ cm}^3 \Rightarrow \frac{m}{0.9} - \frac{m}{1} = 5 \Rightarrow \frac{m - 0.9m}{0.9} = 5 \Rightarrow 0.1m = 4.5 \Rightarrow m = 45 \text{ g}$$

۱۴۰- **گزینه ۲ گام اول:** تمام آب یخ می زند پس جرم آب و یخ برابر است. می توانیم از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  حجم یخ را حساب کنیم:

$$m_{\text{آب}} = m_{\text{یخ}} \Rightarrow \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} = \rho_{\text{یخ}} V_{\text{یخ}} \Rightarrow 1 \times V_{\text{آب}} = 0.9 \times V_{\text{یخ}} \Rightarrow \frac{V_{\text{یخ}}}{V_{\text{آب}}} = \frac{1}{0.9} = \frac{10}{9}$$

**گام دوم:** در صورت سؤال درصد تغییرات حجم خواسته شده؛ پس داریم:

**گام سوم:** به دلیل این که چگالی یخ از آب کمتر است، در جرم مساوی از آب و یخ، حجم یخ بیشتر از آب است. پس وقتی آب یخ می زند، حجم آن افزایش می یابد.

۱۴۱- **گزینه ۳ گام اول:** چون چگالی یخ از چگالی آب کمتر است، در جرم برابر از آب و یخ، حجم یخ بیشتر از حجم آب است. پس وقتی یخ ذوب می شود، حجم آن کاهش می یابد پس حجم مخلوط کم می شود.

تا این جا ① و ② کنار می روند.

**گام دوم:** در صورت سؤال گفته شده که ۲۰ درصد از جرم یخ ذوب می شود.

$$m_{\text{آب}} = \frac{20}{100} \times 2.7 \text{ kg} = 0.54 \text{ kg} = 540 \text{ g}$$

حالا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  حجم یخ پس از ذوب شدن را حساب می کنیم:

$$V_{\text{یخ}} = \frac{m_{\text{یخ}}}{\rho_{\text{یخ}}} = \frac{540}{0.9} = 600 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}} = 600 - 540 = 60 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{اولیه}} = \frac{m_{\text{اولیه}}}{\rho_{\text{یخ}}} = \frac{2700}{0.9} = 3000 \text{ cm}^3$$

حالا درصد این تغییرات را حساب می کنیم:

$$\frac{V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}}}{V_{\text{اولیه}}} \times 100 = \frac{60}{3000} \times 100 = 2\%$$

$$m_{\text{کل}} = 3/6 \times 10^6 \text{ mg} = 3/6 \times 10^6 \times 10^{-3} = 3600 \text{ g}$$

$$m_{\text{یخ}} = \frac{40}{100} \times 3600 = 1440 \text{ g}$$

**گام دوم:** حالا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$ ، حجم این مقدار یخ را به دست می آوریم:

$$V_{\text{یخ}} = \frac{m_{\text{یخ}}}{\rho_{\text{یخ}}} = \frac{1440}{0.9} = 1600 \text{ cm}^3 = 1600 \times 10^{-3} = 1/6 \text{ L}$$

**گام سوم:** اگر این مقدار آب ( $1440 \text{ g}$ ) یخ نمی زند، حجم آن برابر بود با:

پس حجم آب به دلیل یخ زدن  $1/6 - 1/6 = 0/16 \text{ L}$  افزایش پیدا کرده است.



گام چهارم: حجم کل آب اولیه برابر است با:

$$V_{\text{آب اولیه}} = \frac{m_{\text{آب اولیه}}}{\rho_{\text{آب}}} = \frac{3600 \text{ g}}{1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 3600 \text{ cm}^3 = 3/6 \text{ L}$$

پس حجم مخلوط نهایی برابر می شود با:

$$V_{\text{آب اولیه}} + \text{مقدار افزایش حجم} = 3/6 + 0/16 = 3/76 \text{ L}$$

۱۴۳- گزینه ۲ گام اول: همان طور که از شکل صورت سؤال مشخص است، این جسم، سه چهارم یک کره کامل است. اول حجم این جسم را به صورت توپر

$$V_{\text{توپر}} = \frac{3}{4} \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \pi r^3 = 3 \times (4)^3 = 192 \text{ cm}^3$$

محاسبه می کنیم:

$$V_{\text{حفره}} = \frac{3}{4} \times \frac{4}{3} \pi r'^3 = \pi r'^3 = 3 \times (2)^3 = 24 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حالا حجم حفره داخل را حساب می کنیم:

$$V = V_{\text{توپر}} - V_{\text{حفره}} = 192 - 24 = 168 \text{ cm}^3$$

با کم کردن حجم حفره از حجم کره توپر، حجم جسم به دست می آید:

$$m = \rho V = 8 \times 168 = 1344 \text{ g}$$

گام سوم: حالا وقت این است که با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  جرم جسم را محاسبه کنیم:

۱۴۴- گزینه ۲ گام اول: در حل این تست باید به این نکته توجه کنیم که حجم مایعی که از استوانه بیرون می ریزد، برابر با حجم کره فلزی است. پس اول باید حجم کره فلزی را محاسبه کنیم:

$$V_{\text{کره}} = \frac{m}{\rho} = \frac{W}{\rho} = \frac{W}{\rho} = \frac{1/2 \text{ kg}}{8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{1200}{8} = 150 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 8 \times 150 = 1200 \text{ g} = 1/2 \text{ kg}$$

گام دوم: حالا که حجم مایع سرریز شده را داریم، می توانیم جرم این مقدار مایع را حساب کنیم:

$$V = \pi r^2 h = 3 \times (2)^2 \times 6 = 72 \text{ cm}^3$$

۱۴۵- گزینه ۱ گام اول: باید حجم این استوانه را حساب کنیم:

$$m = \rho V = 8 \times 72 = 576 \text{ g} = 4/22 \text{ hg}$$

گام دوم: حالا از رابطه  $m = \rho V$  می توانیم جرم استوانه را به دست آوریم:

$$a_1 = 2a_2, b_1 = 3b_2, c_1 = \frac{1}{2}c_2$$

۱۴۶- گزینه ۳ گام اول: داده های صورت سؤال را می نویسیم: (a طول، b عرض و c ارتفاع است).

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{a_1 b_1 c_1}{a_2 b_2 c_2} = \frac{2a_2 \times 3b_2 \times \frac{1}{2}c_2}{a_2 b_2 c_2} = 3$$

با این داده ها نسبت حجم دو مکعب مستطیل را محاسبه می کنیم:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{V_1}{V_2} = 3 \times \frac{m_2}{m_1}$$

گام دوم: حالا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  نسبت چگالی ها را به دست می آوریم:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{27 \times 10^3}{9} = 3 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

۱۴۷- گزینه ۲ گام اول: ابتدا با داشتن جرم و چگالی این سیم می توانیم حجم سیم را حساب کنیم:

$$V = A \cdot d \Rightarrow 3 \times 10^3 = A \times 2500 \Rightarrow A = \frac{3000}{2500} = 1/2 \text{ cm}^2$$

گام دوم: حجم سیم برابر است با مساحت سطح مقطع ضرب در طول سیم:

$$A = 1/2 \text{ cm}^2 \times \frac{10^4 \mu\text{m}^2}{1 \text{ cm}^2} = 1/2 \times 10^4 \mu\text{m}^2$$

گام سوم: **حواستون باشه!** مساحت بر حسب میکرومتر مربع ( $\mu\text{m}^2$ ) خواسته شده؛ پس:

۱۴۸- گزینه ۲ گام اول: با انداختن قطعه فلز درون آب، ارتفاع آب ۵ cm بالا می آید. اگر حجم آب جابه جا شده را حساب کنیم؛ یعنی در حقیقت حجم قطعه

$$V = \text{ارتفاع} \times \text{مساحت سطح مقطع} = 2 \times 2 \times 5 = 20 \text{ cm}^3$$

فلز را حساب کرده ایم:

$$\rho = 10 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 10 \text{ g/cm}^3$$

گام دوم: چگالی فلز برابر است با:

$$m = \rho V = 10 \times 20 = 200 \text{ g} = 0/2 \text{ kg}$$

پس از رابطه  $m = \rho V$  می توانیم جرم قطعه فلز را حساب کنیم:

$$W = mg = 0/2 \times 10 = 2 \text{ N}$$

گام سوم: **حواستون باشه!** در صورت سؤال وزن قطعه فلز خواسته شده:

$$V = \pi r^2 h = 3 \times (2)^2 \times 4 = 48 \text{ cm}^3$$

۱۴۹- گزینه ۳ گام اول: استوانه مدرج را با محلول پر می کنیم؛ پس حجم محلول برابر با حجم استوانه است:

گام دوم: حالا می خواهیم چگالی محلول را از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  بر حسب  $\text{kg/L}$  حساب کنیم:

$$m = 0/384 \text{ kg}, V = 48 \text{ cm}^3 \times \frac{10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ cm}^3} = 4/8 \times 10^{-2} \text{ L} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{0/384}{4/8 \times 10^{-2}} = 8 \text{ kg/L}$$

$$m = 384 \text{ g}, V = 48 \text{ cm}^3$$

گام سوم: چگالی محلول بر حسب  $\text{g/cm}^3$  برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{384}{48} = 8 \text{ g/cm}^3$$

**۱**  $1 \text{ kg/L} = 1 \text{ g/cm}^3$  است.

۱۵۰- گزینه ۲ چگالی مایع B بیشتر از چگالی مایع A است، بنابراین در قسمت پایین تر ظرف قرار می گیرد. هم چنین جرم دو مایع برابر است بنابراین نسبت ارتفاع دو مایع به صورت زیر به دست می آید: (A سطح مقطع ظرف است).

$$m_A = m_B \Rightarrow \rho_A V_A = \rho_B V_B \Rightarrow \rho_A A h_A = \rho_B A h_B \Rightarrow 1 \times h_A = 2 \times h_B \Rightarrow h_A = 2 h_B$$

**تکنیک** می توانستیم نسبت ارتفاع های دو مایع را محاسبه نکنیم. با توجه به این که جرم دو مایع برابر است، حجم و در نتیجه ارتفاع مایع A که چگالی کمتری دارد، بیشتر از حجم و ارتفاع مایع B خواهد بود.

۱۵۱- گزینه ۲ گام اول: در صورت سؤال گفته شده که شیب نمودار A، ۲ برابر شیب نمودار B است.

$$\frac{V_A}{m_A} = \frac{V_B}{m_B} \xrightarrow{m_A=m_B=m} V_A = 2V_B \Rightarrow V_B = \frac{A}{2} = 4 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حالا از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  چگالی ماده B را به دست می آوریم:

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{2}{4} = 0.5 \text{ g/cm}^3$$

گام سوم: چگالی برحسب واحد SI خواسته شده، یعنی کیلوگرم بر متر مکعب:

$$\rho_B = 0.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

۱۵۲- گزینه ۲ گام اول: در حل این سؤال باید به این نکته توجه کنید که چون در صورت سؤال گفته شده «مقدار معینی گاز»، جرم گاز در نقاط A و B

هم برابر است. حالا با نوشتن رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  در نقطه A جرم گاز را محاسبه می کنیم:

$$m = \rho_A V_A = 0.8 \times 4 / 8 \text{ kg}$$

گام دوم: حالا که جرم گاز را داریم می توانیم چگالی آن را در نقطه B حساب کنیم:

$$\rho_B = \frac{m}{V_B} = \frac{0.8 \times 4 / 8}{1/2} = 3/2 \text{ kg/m}^3$$

گام سوم: چگالی را برحسب گرم بر لیتر باید حساب کنیم:

$$\rho_B = 3/2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} = 3/2 \text{ g/L}$$

۱۵۳- گزینه ۳ گام اول: تکلیف افزایش یا کاهش حجم را مشخص می کنیم. چون چگالی یخ از چگالی آب کم تر است، در جرم برابر از آب و یخ، حجم یخ بیشتر از حجم آب است؛ پس با یخ زدن آب، حجم مخلوط افزایش می یابد. تا این جا (۲) و (۴) کنار می روند.

$$V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}} = 6 \times 10^{-3} \text{ L} = 6 \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\rho_{\text{یخ}}} - \frac{m}{\rho_{\text{آب}}} = 6 \Rightarrow \frac{m}{0.9} - \frac{m}{1} = 6 \Rightarrow \frac{m - 0.9m}{0.9} = 6 \Rightarrow 0.1m = 5.4 \Rightarrow m = 54 \text{ g}$$

۱۵۴- گزینه ۱ (۱) و (۲) کم د را به صورت ذره m ساده سازی و نیروهای وارد بر کم د را از این ذره رسم کرده است. پس این دو گزینه از این نظر مدل سازی بهتری هستند. مشکل (۳) در مدل سازی نیست؛ مشکل این گزینه این است که جهت نیروها را برعکس کشیده است.

(۲) علاوه بر استفاده نکردن از مدل ذره ای، یک مشکل دیگر هم دارد. این که از نیروی اصطکاک چشم پوشی کرده ولی از قیافه شخص معلوم است که نمی شود اصطکاک را نادیده گرفت!

(۴) هم به جز ذره ای نبودن، به جزئیات پرداخته و به جای یک نیروی هل دادن، چند نیرو کشیده است. (در این جا نیروی وزن و عمودی سطح با هم خنثی می شوند و اگر آن ها را نکشیم، اتفاقی نمی افتد. اما در فصل دینامیک متوجه می شوید که برای محاسبه نیروی اصطکاک به آن ها نیاز داریم.)

۱۵۵- گزینه ۴ اول این که می دانید کمیت های اصلی این ها هستند: جرم، طول، زمان، جریان الکتریکی، دما، مقدار مول، شدت روشنایی دوم این که کمیت های برداری که شما باید بلد باشید هم عبارت اند از:

جابه جایی، سرعت، شتاب، نیرو، تکانه، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و گشتاور. حالا شما باید گزینه ای را انتخاب کنید که کمیت هایش نه اصلی باشد و نه برداری؛ یعنی (۴). (در (۱) و (۲) جرم اصلی و در (۲) شتاب برداری است.)

۱۵۶- گزینه ۲ گام اول: ابتدا یکای نیرو (F) را برحسب یکاهای اصلی می نویسیم:

$$F = ma \Rightarrow \text{یکای شتاب} \times \text{یکای جرم} = \text{یکای نیرو} \Rightarrow \text{kg.m/s}^2$$

$$G = \frac{F \cdot r^2}{m_1 m_2} \Rightarrow G_{\text{یکای}} = \frac{(F_{\text{یکای}}) \times (r_{\text{یکای}})^2}{(m_{\text{یکای}})^2} = \frac{\frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2} = \frac{\text{m}^3}{\text{kg.s}^2}$$

۱۵۷- گزینه ۳ ابتدا حجم  $1 \text{ mm}^3$  را به  $\text{m}^3$  و  $\text{cm}^3$  تبدیل می کنیم:

$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times (10^{-3})^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times \frac{(10^{-3})^3}{(10^{-2})^3} = 10^{-3} \text{ cm}^3$$

پس حجم این مکعب  $10^{-9}$  برابر مکعبی به حجم  $1 \text{ m}^3$  است (نادرستی (۱) و (۴)). اگر طول هر یال این مکعب  $0.1 \text{ m}$  باشد، حجم آن  $10^{-3} \text{ m}^3$  می شود که درست نیست (نادرستی (۲)).

۱۵۸- گزینه ۳ باز هم روش زنجیره ای:

$$m = 48 \text{ Mg} = 48 \text{ Mg} \times \frac{10^6 \text{ g}}{1 \text{ Mg}} \times \frac{1 \text{ من تبریز}}{5 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ خروار}}{100 \text{ من تبریز}} = 150 \text{ خروار}$$

حالا پاسخ را به صورت نمادگذاری علمی می نویسیم:

$$m = 150 \text{ خروار} = 1/5 \times 10^2 \text{ خروار}$$

۱۵۹- گزینه ۳ گام اول: باید مقدار الماس خریداری شده را به دسی گرم تبدیل کنیم. از روش زنجیره ای استفاده می کنیم:

$$25 \text{ قیراط} = 25 \times \frac{200 \text{ mg}}{1 \text{ قیراط}} \times \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \times \frac{10 \text{ dg}}{1 \text{ g}} = 50 \text{ dg}$$

گام دوم: قیمت هر دسی گرم الماس را داریم، پس کارمان راحت است:

$$\text{تومان} = 50 \times 15 \times 10^6 = 750 \times 10^6 = 750 \text{ میلیارد تومان}$$

گام سوم: خواستون باشه! قیمت را به صورت نمادگذاری علمی خواسته:

$$750 \text{ میلیارد تومان} = 7/5 \times 10^2 \times 10^6 = 7/5 \times 10^8$$



۱۶۰- گزینه ۲ دقت اندازه‌گیری در خط‌کشی که برحسب میلی‌متر درجه‌بندی شده است، برابر با ۱ mm است. حالا دقت اندازه‌گیری در گزینه‌ها را به دست می‌آوریم تا ببینیم کدام گزینه نتیجه این اندازه‌گیری است. (دقت در وسایل اندازه‌گیری مدرج برابر با ارزش مکانی رقم قبل از رقم حدسی (غیرقطعی) است.)

$$\times \quad 1 \text{ mm} \times \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 1 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$\times \quad 1 \text{ cm} \times \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 10 \text{ mm}$$

$$\times \quad 1 \text{ m} \times \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 10 \text{ mm}$$

پس دقت اندازه‌گیری در ۲ برابر با دقت اندازه‌گیری خط‌کش میلی‌متری است.

۱۶۱- گزینه ۱ همان‌طور که در درس‌نامه گفتیم، دقت در وسایل اندازه‌گیری مدرج برابر با ارزش مکانی رقم قبل از رقم حدسی است؛ یعنی دقت در این اندازه‌گیری برابر با ۰/۰۱ L است. حالا این دقت را برحسب سانتی‌متر مکعب حساب می‌کنیم:  $10 \text{ cm}^3 = 0/01 \times 10^3 \text{ cm}^3 = 10 \text{ cm}^3$

۱۶۲- گزینه ۳ دقت اندازه‌گیری هر یک از ترازوها را تعیین می‌کنیم:

$$2 \text{ g} = \text{دقت ترازوی عقربه‌ای} \quad 0/01 \text{ kg} = \text{دقت ترازوی دیجیتال}$$

چون مقدار عددی دقت ترازوی عقربه‌ای کم‌تر است این ترازو جرم اجسام را با دقت بیشتری اندازه‌گیری می‌کند.

۱۶۳- گزینه ۲ گام اول: حواستان باشد که جرم گاز ثابت می‌ماند. پس:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

گام دوم: در صورت سؤال گفته شده که حجم ۶۰ درصد افزایش می‌یابد، یعنی:

$$V_2 = V_1 + \frac{60}{100} V_1 = V_1 + 0/6 V_1 = 1/6 V_1 \xrightarrow{\text{جای‌گذاری در رابطه (1)}} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{1/6 V_1} = \frac{1}{1/6} \Rightarrow \rho_1 = 1/6 \rho_2$$

گام سوم: برای محاسبه درصد تغییرات چگالی داریم:  $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} \times 100 = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} \times 100 = \frac{\rho_2 - 1/6 \rho_2}{1/6 \rho_2} \times 100 = -37/5$

۱۶۴- گزینه ۴ گام اول: ابتدا نسبت حجم دو استوانه را حساب می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} V_A &= \pi r^2 h \\ V_B &= \pi r^2 h - \pi \left(\frac{r}{2}\right)^2 h = \pi r^2 h \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4} \pi r^2 h \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \frac{\frac{3}{4} \pi r^2 h}{\pi r^2 h} = \frac{3}{4}$$

گام دوم: حالا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  نسبت چگالی‌ها را به دست می‌آوریم:

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

۱۶۵- گزینه ۲ گام اول: ابتدا تبدیل یکاهای لازم را انجام می‌دهیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = 0/88 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 880 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{آب}} = 2 \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

گام دوم: چگالی مخلوط را از رابطه  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$  حساب می‌کنیم: (چون از جرم صحبتی نشده، پارامترهای جرم را برحسب پارامتر حجم جای‌گذاری می‌کنیم.)

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 880 = \frac{10^3 \times 2 \times 10^{-3} + 8 \times 10^2 \times V_2}{2 \times 10^{-3} + V_2} \Rightarrow 1/76 + 880 V_2 = 2 + 800 V_2$$

$$\Rightarrow 80 V_2 = 0/24 \Rightarrow V_2 = 0/003 \text{ m}^3 \Rightarrow V_2 = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 3 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

۱۶۶- گزینه ۱ در این سؤال هم باید از رابطه  $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B}$  استفاده کنیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{m + 2/5 m}{\frac{m}{\rho_A} + \frac{2/5 m}{\rho_B}} = \frac{m(1 + 2/5)}{m(\frac{1}{\rho_A} + \frac{2/5}{\rho_B})} \quad (1) \quad , \quad \rho_{\text{مخلوط}} = 2 \rho_A \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow 2 \rho_A = \frac{3/5}{\frac{1}{\rho_A} + \frac{2/5}{\rho_B}} \Rightarrow 2 + \frac{\rho_A}{\rho_B} = 3/5 \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{3}{10} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{10}{3}$$

۱۶۷- گزینه ۳ گام اول: ابتدا حجم کره زمین را حساب می‌کنیم:

$$V_{\text{زمین}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times (6 \times 10^6)^3 = 864 \times 10^{18} \text{ m}^3$$

گام دوم: حالا از رابطه  $m = \rho V$  جرم زمین را به دست می‌آوریم:

$$m = \rho V = 5 \times 10^3 \times 864 \times 10^{18} = 4320 \times 10^{21} = 4/32 \times 10^{24} \text{ kg}$$

۱۶۸- گزینه ۳ گام اول: با استفاده از روش تبدیل زنجیره‌ای، ۱ تاس را برحسب سانتی‌متر مکعب به دست می‌آوریم:

$$1 \text{ تاس} = 1 \text{ تاس} \times \frac{2 \text{ کفلیز}}{1 \text{ تاس}} \times \frac{150 \text{ mL}}{1 \text{ کفلیز}} \times \frac{10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ mL}} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 300 \text{ cm}^3$$

گام دوم: حالا باید حجمی از روغن را به قیمت ۲۰۰۰۰ تومان محاسبه کنیم:

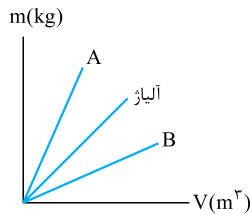
|     |       |                                                                     |
|-----|-------|---------------------------------------------------------------------|
| ۳۰۰ | ۵۰۰۰  | $\Rightarrow x = \frac{300 \times 20000}{5000} = 1200 \text{ cm}^3$ |
| x   | ۲۰۰۰۰ |                                                                     |

گام سوم: حالا با استفاده از رابطه  $\rho = \frac{m}{V}$  و با داشتن حجم و چگالی روغن، جرم آن را حساب می‌کنیم:

$$\rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 0.9 \text{ g/cm}^3$$

$$m = \rho V = 0.9 \times 1200 = 1080 \text{ g}$$

۱۶۹- گزینه ۲ چگالی آلیاژ حاصل از ترکیب دو فلز A و B مقداری است بین چگالی دو فلز A و B (درست مثل معدل شما که عددی بین کمترین و بیشترین نمره تون). از طرفی می‌دانیم شیب نمودار جرم بر حسب حجم نشان‌دهنده چگالی است؛ بنابراین شیب نمودار جرم بر حسب حجم مربوط به آلیاژ باید بین شیب دو نمودار فلزهای A و B باشد، یعنی این نمودار در ناحیه (۲) قرار می‌گیرد.



۱۷۰- گزینه ۲ گام اول: پس از انداختن جسم A، ارتفاع آب  $cm \ 25-31 = 6$  و پس از انداختن جسم B ارتفاع آب  $cm \ 25-33 = 8$  بالا آمده است. بنابراین حجم هر یک از اجسام برابر است با: (A سطح مقطع ظرف است).

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \xrightarrow{m_A=m_B} \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{A \times 8}{A \times 6} = \frac{4}{3}$$

گام دوم: با استفاده از رابطه نسبتی چگالی داریم:

$$V_{\text{مکعب}} = a^3$$

۱۷۱- گزینه ۲ گام اول: حجم مکعب و استوانه را به دست می‌آوریم:

$$V_{\text{استوانه}} = (A_{\text{داخلی}} - A_{\text{خارجی}})h = (\pi \frac{9}{4} a^2 - \pi \frac{1}{4} a^2) \times 2a = 12a^3$$

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

گام دوم: رابطه چگالی و یک تناسب ساده:

$$\frac{\rho_{\text{استوانه}}}{\rho_{\text{مکعب}}} = \frac{m_{\text{استوانه}}}{m_{\text{مکعب}}} \times \frac{V_{\text{مکعب}}}{V_{\text{استوانه}}} = \frac{1}{1} \times \frac{a^3}{12a^3} = \frac{1}{12}$$

$$V_{\text{حفره}} = \frac{4}{3} \pi r_{\text{حفره}}^3 = \frac{4}{3} \times \pi \times (5)^3 \Rightarrow V_{\text{حفره}} = 500 \text{ cm}^3$$

۱۷۲- گزینه ۱ گام اول: حجم حفره را به دست می‌آوریم:

$$m_{\text{مایع}} = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{حفره}} = 7/5 \times 500 = 3750 \text{ g}$$

گام دوم: حجم مایع برابر حجم حفره است. بنابراین جرم مایع برابر است با:

گام سوم: جرم اولیه مکعب برابر m و جرم ثانویه آن برابر مایع m است. با توجه به این که جرم ثانویه مکعب ۲۵ درصد بیشتر از جرم اولیه آن است، داریم:

$$m + 3750 = m + \frac{25}{100} m \Rightarrow m + 3750 = \frac{5}{4} m \Rightarrow 3750 = \frac{1}{4} m \Rightarrow m = 4 \times 3750 = 15000 \text{ g}$$

گام چهارم: حجم ماده به کار رفته در مکعب را به دست می‌آوریم: (طول ضلع مکعب را a در نظر می‌گیریم.)

$$V_{\text{ماده}} = V - V_{\text{حفره}} = a^3 - V_{\text{حفره}} \Rightarrow V_{\text{ماده}} = 20^3 - 500 = 7500 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{ماده}} = \frac{m}{V_{\text{ماده}}} = \frac{15000}{7500} = 2 \text{ g/cm}^3$$

گام آخر: چگالی ماده سازنده مکعب برابر است با:

۱۷۳- گزینه ۳ گام اول: شرط لازم برای شناور ماندن کره روی آب این است که چگالی کره کوچک‌تر یا مساوی چگالی آب باشد. هر چه حفره بزرگ‌تر باشد، چگالی کره کم‌تر می‌شود. پس برای پیدا کردن حداقل حجم حفره کافی است چگالی کره را برابر چگالی آب قرار دهیم:

$$\rho_{\text{کره}} = \rho_{\text{آب}}$$

گام دوم: برای حل این تست باید چگالی کره را به صورت چگالی مخلوط آهن و خلأ در نظر بگیریم (فرض کنیم داخل حفره خلأ باشد). آهن را با اندیس ۱ و خلأ را با اندیس ۲ نشان می‌دهیم:

$$\rho_{\text{آب}} = \rho_{\text{کره}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \xrightarrow{\rho_2=0} 1000 = \frac{5000 V_1}{V_1 + V_2} \Rightarrow 1000 V_1 + 1000 V_2 = 5000 V_1$$

$$\Rightarrow 4000 V_1 = 1000 V_2 \Rightarrow V_2 = 4 V_1$$

$$\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 = \frac{4 V_1}{5 V_1} \times 100 \approx 80\%$$

حالا به راحتی حداقل درصد حجم حفره را محاسبه می‌کنیم:

۱۷۴- گزینه ۲ در مدل‌سازی حرکت اتومبیل روی سطح شیب‌دار، اگر ابعاد اتومبیل را در نظر نگیریم نتیجه مدل‌سازی با واقعیت تفاوت آشکاری نمی‌کند. اما اگر از اصطکاک اتومبیل با سطح چشم‌پوشی کنیم یعنی حرکت اتومبیل نمی‌تواند کندشونده باشد. پس فرض (ب) را باید در نظر گرفت. در مورد فرض (پ) اگر زاویه سطح شیب‌دار را در نظر نگیریم یعنی حرکت خودرو را روی سطح افقی بررسی می‌کنیم. پس از این فرض هم نمی‌توانیم چشم‌پوشی کنیم. اثر مورد (ت) بسیار ناچیز است و از آن صرف‌نظر می‌کنیم. همچنین چرخ‌های اتومبیل مدل‌سازی را پیچیده می‌کند. پس نباید در نظر گرفته شوند.

۱۷۵- گزینه ۲ دو کمیت فیزیکی در صورتی با یکدیگر جمع می‌شوند که از یک نوع و دارای یکای یکسان باشند، پس با توجه به رابطه فیزیکی داده‌شده، داریم: (منظور از نماد [X] یکای کمیت X است.)

$$[A^x B] = \left[ \frac{C^m D^r}{B^r} \right] = [CD] \Rightarrow [A^x B] = [CD] \Rightarrow [A]^x [B] = [C][D] \Rightarrow [D] = \frac{[A]^x [B]}{[C]} = \frac{m^x \cdot J}{N}$$

$$[D] = \frac{m^x \cdot (N \cdot m)}{N} = m^x \quad (I)$$

$$\left[ \frac{C^m D^r}{B^r} \right] = [CD] \Rightarrow \frac{[C]^m [D]^r}{[B]^r} = [C][D] \Rightarrow [C]^{m-1} = \frac{[B]^r}{[D]}$$

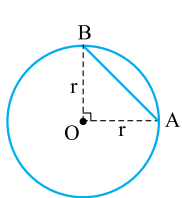
$$\xrightarrow{(I)} N^{m-1} = \frac{J^r}{m^r} = \frac{(N \cdot m)^r}{m^r} = \frac{N^r \cdot m^r}{m^r} = N^r \Rightarrow m-1=r \Rightarrow m=4$$

۱۷۶- گزینه ۲ گام اول: ابتدا جرم هسته اورانیوم را بر حسب گرم به دست می آوریم:  $m = 0.396 \text{ yg} = 0.396 \times 10^{-24} \text{ g} = 3.96 \times 10^{-25} \text{ g}$

گام دوم: حالا گرم را به فمتواتوگرم تبدیل می کنیم:  $m = \frac{3.96 \times 10^{-25}}{10^{-15} \times 10^{-18}} \text{ fag} = 3.96 \times 10^{-8} \text{ fag}$

۱۷۷- گزینه ۲ محیط میدان دایره ای شکل (P) و مسافت طی شده توسط دوندۀ (L) را در SI به دست می آوریم:

$$P = 2\pi r = 2 \times 3.14 \times (10.24 \times 2 / 5 \times 10^{-2}) = 1536 \text{ m} \quad L = 6 \text{ mi} = 6 \times 1600 = 9600 \text{ m}$$



در نتیجه تعداد دوری (n) که دوندۀ به دور میدان مسابقه می دود، برابر است با:  $n = \frac{L}{P} = \frac{9600}{1536} = 6.25$  دور

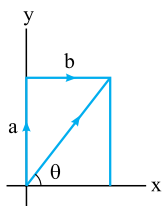
به عبارت دیگر اگر مطابق شکل روبه رو، نقطه شروع مسابقه A باشد، دوندۀ ۶ بار از نقطه A می گذرد و سرانجام در نقطه B متوقف می شود؛ بنابراین جابه جایی دوندۀ برابر AB است:

$$AB^2 = r^2 + r^2 \Rightarrow AB^2 = 2r^2 \Rightarrow AB = \sqrt{2}r$$

$$AB = \sqrt{2} \times 10.24 \approx 14.336 \text{ in} = \frac{14336}{36} \approx 398 \text{ یارد}$$

که به (۲) نزدیک تر است.

۱۷۸- گزینه ۲ اگر طول کاشی را با a و عرض آن را با b نشان دهیم، داریم:



$$S = ab = 7/68 \text{ in}^2 = 68 \times (2/5)^2 = 48 \text{ cm}^2 \quad (I)$$

$$d = a + b = 140 \text{ mm} = 14 \text{ cm} \Rightarrow b = 14 - a$$

از طرفی مجموع مسافت طی شده توسط مورچه است، بنابراین:

$$ab = 48 \Rightarrow a(14 - a) = 48 \Rightarrow a^2 - 14a + 48 = 0 \Rightarrow \begin{cases} a = 8 \Rightarrow b = 6 \checkmark \\ a = 6 \Rightarrow b = 8 \times \text{ (چرا؟)} \end{cases}$$

در نتیجه زاویه ای که جابه جایی مورچه با راستای افق می سازد، برابر است با:

$$\tan \theta = \frac{a}{b} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3} \Rightarrow \theta = 53^\circ$$

۱۷۹- گزینه ۲ با روش تبدیل زنجیره ای درستی یا نادرستی تک تک گزینه ها را بررسی می کنیم:

$$20 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \times \frac{10^{12} \text{ ng}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ s}^2}{10^{24} \text{ ps}^2} = 20 \times 10^{-12} \frac{\text{ng} \cdot \text{m}^2}{\text{ps}^2} = 2 \times 10^{-11} \frac{\text{ng} \cdot \text{m}^2}{\text{ps}^2}$$

۱ درست؛

$$1500000 \frac{\text{ns}}{\text{mm}^2} \times \frac{10^{-21} \text{ Ts}}{1 \text{ ns}} \times \frac{1 \text{ mm}^2}{10^{-18} \text{ km}^2} = 15 \times 10^2 \frac{\text{Ts}}{\text{km}^2} = 1/5 \times 10^3 \frac{\text{Ts}}{\text{km}^2}$$

۲ درست؛

$$0.0004 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \times \frac{10^6 \mu\text{m}^2}{1 \text{ cm}^2} = 40 \mu\text{m}^2$$

۳ درست؛

$$6/6 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \times \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ g}} = 6/6 \times 10^{-13} \frac{\text{N} \cdot \text{cm}^2}{\text{g}^2}$$

۴ نادرست؛

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \Rightarrow 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

۱ نادرست؛

$$20 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{10^5 \text{ cm}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 10^4 \frac{\text{cm}}{\text{s}} < 10^5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

۲ نادرست؛

$$1 \frac{\text{N}}{\text{g}} \xrightarrow{N=1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}} 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{g}} \xrightarrow{1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}} 1 \times 10^3 \frac{\text{g} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{g}} \times \frac{1 \text{ s}^2}{10^6 (\text{ms})^2} = 0.001 \frac{\text{m}}{(\text{ms})^2} < 0.02 \frac{\text{m}}{(\text{ms})^2}$$

۳ درست؛

$$50 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \times \frac{10^{-6} \text{ m}^2}{1 \text{ cm}^2} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 0.003 \frac{\text{m}^2}{\text{min}} < 0.18 \frac{\text{m}^2}{\text{min}}$$

۴ نادرست؛

۱۸۱- گزینه ۲ گام اول: آهنگ ورود و خروج آب به استخر را بر حسب  $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$  به دست می آوریم:

$$\text{آهنگ ورود آب} = 5 \frac{\text{mm}^2}{\mu\text{s}} \times \frac{10^{-9} \text{ m}^2}{1 \text{ mm}^2} \times \frac{1 \mu\text{s}}{10^{-6} \text{ s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 18 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad \text{آهنگ خروج آب} = 0.013 \frac{\text{dam}^2}{\text{h}} \times \frac{10^3 \text{ m}^2}{1 \text{ dam}^2} = 13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

آهنگ ورود آب به استخر بیشتر از آهنگ خروج آب از استخر است. بنابراین پس از مدتی، استخر پر می شود. (رد ۱ و ۲)

گام دوم: آهنگ خالص ورود آب به استخر را به صورت زیر به دست می آوریم:

$$\text{آهنگ خالص ورود آب} = \text{آهنگ خروج آب} - \text{آهنگ ورود آب} = 18 - 13 = 5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{حجم بخش خالی استخر} = \frac{V}{\rho} = \frac{5 \times 4 \times 3}{2} = 30 \text{ m}^3$$

استخر در ابتدا نیمه پر است بنابراین حجم بخش خالی استخر برابر است با:

حالا مدت زمانی که طول می کشد تا استخر پر شود را به دست می آوریم:

$$\text{آهنگ خالص ورود آب} = \frac{\text{حجم بخش خالی استخر}}{\text{مدت زمان}} \Rightarrow 5 = \frac{30}{t} \Rightarrow t = \frac{30}{5} = 6 \text{ h}$$

۱۸۲- **گزینه ۳** اگر آهنگ ورود آب از شلنگ را با  $a$  و آهنگ خروج آب از شیر تخلیه را با  $b$  نشان دهیم داریم:

$$a \times (2h) = 250 \text{ Ga} \Rightarrow a = \frac{250}{2} \frac{\text{Ga}}{\text{h}} \\ a \times (\Delta h) - b \times (\Delta h) = 250 \text{ Ga} \Rightarrow 125 \times \Delta h - b \times \Delta h = 250 \Rightarrow \Delta h = 2 \Rightarrow b = 75 \frac{\text{Ga}}{\text{h}} = \frac{75 \times 4 / 4 \times 1000 \text{ cm}^3}{60 \text{ min}} = 5500 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

۱۸۳- **گزینه ۱** **گام اول:** فاصله هر یک از دو سیارک  $A$  و  $B$  را از خورشید برحسب یکای نجومی (AU) به دست می آوریم؛ با توجه به شکل روبه رو و اطلاعات داده شده در تست داریم:



$$d_A = d + 1 \text{ AU} = 3 \text{ AU} + 1 \text{ AU} = 4 \text{ AU} \\ d_B = 18d = 18 \times (3 \text{ AU}) = 54 \text{ AU}$$

$$d_{AB} = d_B - d_A = 54 - 4 = 50 \text{ AU} = \frac{50}{5 \times 10^4} \text{ Ly} = 0.001 \text{ Ly}$$

بنابراین فاصله سیارک  $A$  از  $B$  برابر است با:

**گام دوم:** با توجه به تعریف سال نوری، مدت زمانی که طول می کشد تا سفینه با تندی  $0.5 \text{ C}$  فاصله  $0.001 \text{ Ly}$  را بپیماید، به دست می آوریم:

$$1 \text{ Ly} = C \times (365 \text{ day}) \Rightarrow \frac{1}{0.001 \text{ Ly}} = \frac{1}{0.5 \text{ C}} \times \frac{365}{t} \Rightarrow t = 0.73 \text{ day}$$

۱۸۴- **گزینه ۴** **گام اول:** یکی از یکاهای اندازه گیری انرژی در فیزیک الکترون ولت است که با نماد  $\text{eV}$  نشان داده می شود و برابر است با انرژی یک الکترون تحت اختلاف پتانسیل یک ولت. پس داریم:

$$1 \text{ eV} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C.V} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ J} = \frac{1}{1/6 \times 10^{-19}} \text{ eV} \\ h = 6/62 \times 10^{-34} \text{ J.s} = \frac{6/62 \times 10^{-34}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4/13 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

۱۸۵- **گزینه ۳** **گام اول:** با استفاده از اطلاعات موجود در صورت سؤال می توانیم یکای انرژی را بنویسیم:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ C.V} \Rightarrow 1 \text{ J} = 1 \text{ C.V}$$

**گام دوم:** حالا می خواهیم الکترون ولت را به ژول تبدیل کنیم.

$$U = 4/5 \text{ eV} \Rightarrow \frac{4/5 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C.V}}{1 \text{ J}} = \frac{4/5 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C.V}}{1 \text{ J}} \Rightarrow 1 \text{ J} = 7/2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

۱۸۶- **گزینه ۴** **گام اول:** جرم واقعی الماس  $8$  قیراطی برحسب گرم برابر است با:

$$m_{\text{واقعی}} = 8 \times (200 \times 10^{-3}) = 1/6 \text{ g}$$

چون ترازوی دیجیتالی که دقت آن  $1 \text{ g}$  است، مقادیر کم تر از  $1 \text{ g}$  را نشان نمی دهد، جرم الماس  $1/6$  گرمی را  $1 \text{ g}$  گرم نشان می دهد:  $1 \text{ g}$  اندازه گیری

$$\frac{m_{\text{واقعی}} - m_{\text{اندازه گیری}}}{m_{\text{واقعی}}} \times 100 = \frac{1 - 1/6}{1/6} \times 100 = -37/5 \%$$

**گام دوم:** ترازوی دیجیتال هنگامی جرم را بدون خطا اندازه گیری می کند که جرم مضرب صحیحی از  $1 \text{ g}$  باشد و به عبارت دیگر بخش اعشاری نداشته باشد؛ بنابراین اگر  $5$  قطعه الماس  $8$  قیراطی به جرم  $8 \text{ g}$  را در کفه ترازو قرار دهیم مقدار آن را بدون خطا همان  $8 \text{ g}$  گرم اندازه گیری می کند.

۱۸۷- **گزینه ۴** **گام اول:** تفاوت دو مقدار گزارش شده برابر است با:

$$30/6 - 28/1 = 2/5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**گام دوم:** برای محاسبه مقدار دقیق دما که توسط ناظر  $B$  گزارش می شود، باید مقدار  $x$  را محاسبه کنیم. از روابط مثلثاتی کمک می گیریم:

$$\tan 53^\circ = \frac{\sin 53^\circ}{\cos 53^\circ} = \frac{4/5}{3/5} = \frac{4}{3} = \frac{x}{d} \Rightarrow d = \frac{3}{4} x \quad (1) \\ \tan 37^\circ = \frac{\sin 37^\circ}{\cos 37^\circ} = \frac{3/5}{4/5} = \frac{3}{4} = \frac{2/5 - x}{d} \Rightarrow d = \frac{10 - 4x}{3} \quad (2)$$

روابط (۱) و (۲) را برابر قرار می دهیم:

$$\frac{3}{4} x = \frac{10 - 4x}{3} \Rightarrow 9x = 40 - 16x \Rightarrow 25x = 40 \Rightarrow x = \frac{40}{25} = \frac{8}{5} = 1/6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**گام سوم:** مقدار دقیق گزارش شده،  $1/6 \text{ } ^\circ\text{C}$  کم تر از گزارش ناظر  $A$  است:  $30/6 - 1/6 = 29/6 \text{ } ^\circ\text{C}$  گزارش ناظر  $B$

۱۸۸- **گزینه ۳** مطابق شکل زیر، اگر  $B$  و  $D$  به ترتیب طول و ضخامت واقعی لوله،  $d_A$  و  $d_B$  به ترتیب خطای اندازه گیری طول لوله توسط شخص های  $A$  و  $B$  باشد، با توجه به مثلث های تشکیل شده، داریم:

$$\tan 53^\circ = \frac{D}{d_A} \Rightarrow d_A = \frac{D}{\tan 53^\circ} = \frac{4}{3} D \\ \tan 37^\circ = \frac{D}{d_B} \Rightarrow d_B = \frac{D}{\tan 37^\circ} = \frac{4}{3} D$$

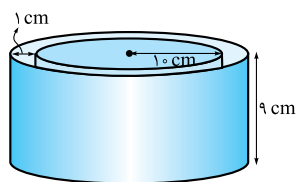
بنابراین طول لوله اندازه گیری شده توسط شخص  $A$  ( $L_A$ ) و شخص  $B$  ( $L_B$ ) برابر است با:

$$L_A = L + d_A \Rightarrow 28 = L + \frac{4}{3} D \quad (I) \\ L_B = L + d_B \Rightarrow 35 = L + \frac{4}{3} D \quad (II)$$

$$L = 19 \text{ cm}, D = 12 \text{ cm}$$

با حل دو معادله دو مجهول (I) و (II)، داریم:

نکته جالب این که با استفاده از دو اندازه گیری اشتباه نه تنها توانستیم طول واقعی لوله را که مورد نظر اشخاص  $A$  و  $B$  است، به دست آوریم، بلکه توانستیم ضخامت واقعی لوله را نیز اندازه بگیریم. به همین دلیل است که اگرچه فیزیک به عنوان علم اندازه گیری شناخته می شود ولی تفکر نقادانه و اندیشه ورزی فعال از اهمیت بیشتری برخوردار است.



۱۸۹- گزینة ۱ گام اول: حجم قسمت داخلی ظرف را به دست آورده و به کمک آن جرم آب موجود در ظرف را پیدا می کنیم:

$$V_{\text{داخل}} = \pi r^2 h = 3(10^2)(9) = 2700 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{آب}} = \rho V = 1(2700) = 2700 \text{ g} = 2/7 \text{ kg}$$

گام دوم: جرم ظرف برابر اختلاف جرم کل و جرم آب است.  $m_{\text{ظرف}} = m_{\text{کل}} - m_{\text{آب}} = 10/14 - 2/7 = 7/44 \text{ kg}$

گام سوم: حجم ظرف برابر حجم کل استوانه منهای حجم قسمت داخلی آن است، به طوری که:

$$V_{\text{ظرف}} = V_{\text{استوانه}} - V_{\text{داخلی}} = \pi r^2 h - \pi r^2 h = 3(11^2)(9) - 3(10^2)(9) = 930 \text{ cm}^3$$

دقت کنید که ارتفاع استوانه  $9+1$  cm و شعاع خارجی آن  $10+1$  cm است.

$$\rho_{\text{ظرف}} = \frac{m_{\text{ظرف}}}{V_{\text{ظرف}}} = \frac{7/44 \times 10^3}{930} = 8 \text{ g/cm}^3$$

گام آخر: حالا می توانیم چگالی ظرف را به دست آوریم:

۱۹۰- گزینة ۳ درصد از حجم مکعب را حفره های هوا تشکیل داده اند، بنابراین حجم توده فلزی برابر است با:

$$V_{\text{فلز}} = V_{\text{مکعب}} - V_{\text{حفره}} = a^3 - \frac{27}{100} a^3 = 0/729 a^3$$

$$\rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{V_{\text{فلز}}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{0/729 a^3} \quad (I)$$

پس از ذوب کردن مکعب، حفره های هوا از بین رفته ولی جرم فلز تغییر نمی کند؛ چون چگالی فلز ثابت است. پس از ساختن مکعب فلزی کاملاً توپر به ضلع  $a'$  داریم:

$$\rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{a'^3} \quad (II)$$

از مقایسه دو رابطه (I) و (II) خواسته تست را به دست می آوریم:

$$\rho_{\text{فلز}} = \frac{m_{\text{فلز}}}{0/729 a^3} = \frac{m_{\text{فلز}}}{a'^3} \Rightarrow a'^3 = 0/729 a^3 = (0/9 a)^3 \Rightarrow a' = 0/9 a$$

۱۹۱- گزینة ۳ زیروند  $g$  را برای لیوان خالی، زیروند  $0$  را برای نفت و زیروند  $a$  را برای مایع با چگالی  $1/8 \text{ g/cm}^3$  به کار می بریم.

$$V_o = V_g, \quad V_a = \frac{1}{4} V_g$$

حجم نفت برابر حجم درونی لیوان و حجم مایع با چگالی  $1/8 \text{ g/cm}^3$  برابر نصف حجم درونی لیوان است، پس:

$$m_g + m_o = 350 \Rightarrow m_g + \rho_o V_o = 350 \Rightarrow m_g + 0/8 V_g = 350 \quad (I)$$

جرم لیوان پر از نفت  $350 \text{ g}$  است، بنابراین:

$$m_g + \frac{1}{4} m_o + m_a = 540 \Rightarrow m_g + \frac{1}{4} \rho_o V_o + \rho_a V_a = 540$$

پس از خالی کردن نیمی از نفت درون لیوان و جایگزین کردن آن با مایع  $a$  داریم:

$$m_g + \frac{1}{4} \times 0/8 V_g + \frac{1}{8} \times \left(\frac{1}{4} V_g\right) = 540 \Rightarrow m_g + \frac{1}{3} V_g = 540 \quad (II)$$

با کم کردن رابطه (II) از رابطه (I) خواسته تست را به دست می آوریم:

$$(m_g + \frac{1}{3} V_g) - (m_g + 0/8 V_g) = 540 - 350 = 0/5 V_g = 190 \Rightarrow V_g = 380 \text{ cm}^3$$

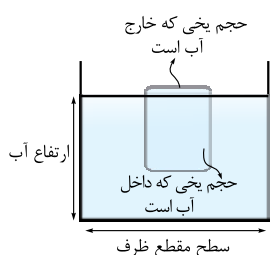
$$\rho = \frac{m_1}{V} \Rightarrow m_1 = \rho V = 1(200) = 200 \text{ g}$$

۱۹۲- گزینة ۱ گام اول: جرم اولیه آب را به دست می آوریم:

گام دوم: اگر  $\frac{3}{4}$  آب داخل لیوان خالی شود، فقط  $50 \text{ g}$  آب داخل لیوان باقی می ماند. اگر جرم لیوان را برابر  $x$  در نظر بگیریم، داریم:

$$m_{\text{دوم}} = \frac{1}{4} m_{\text{حالت اول}} \Rightarrow (x + 50) = \frac{1}{4} (x + 200) \Rightarrow 2x + 100 = x + 200 \Rightarrow x = 100 \text{ g}$$

۱۹۳- گزینة ۱ گام اول: نیمی از یخ ذوب می شود و به آب افزوده می شود. پس حجم آبی را که اضافه شده است می توانیم حساب کنیم:



$$V_{\text{یخ}} = \rho_{\text{یخ}} V_{\text{یخ}} = 0/9 \times 5^3 = 112/5 \text{ g}$$

$$\text{جرم یخ ذوب شده} = \frac{112/5}{2} = 56/25 \text{ g}$$

$$\text{حجم آب اضافه شده} = \frac{\text{جرم یخ ذوب شده}}{\text{چگالی آب}} = \frac{56/25}{1} = 56/25 \text{ cm}^3$$

گام دوم: همواره  $10$  درصد یخ بالای سطح آب و  $90$  درصد آن داخل آب است. با ذوب شدن نیمی از یخ، حجم یخی که

در داخل آب است هم نصف می شود. یعنی:  $\frac{90}{100} \times 5^3 = 112/5 \text{ cm}^3$

$$\text{حجم یخی که در پایان داخل آب می ماند} = \frac{112/5}{2} = 56/25 \text{ cm}^3$$

گام سوم: با مقایسه گام های اول و دوم می فهمیم که  $56/25 \text{ cm}^3$  به حجم آب اضافه شده و  $56/25 \text{ cm}^3$  از حجم یخ درون آب کاسته شده است. پس

ارتفاع آب تغییر نمی کند.

هر مقداری از یخ شناور بر روی آب ذوب شود، ارتفاع آب تغییر نخواهد کرد.



۱۹۴- **گزینہ ۲** گام اول: محاسبہ حجم آب درون استوانہ و بعد ہم جرم آب:

$$V_{\text{آب}} = A_{\text{استوانہ}} \times h_{\text{آب}} = \pi r^2 \times h = 3 \times (4)^2 \times 4 = 192 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{آب}} = \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} = 1 \times 192 = 192 \text{ g}$$

گام دوم: محاسبہ جرم استوانہ:

$$W_{\text{استوانہ}} = m_{\text{استوانہ}} \text{ g} \Rightarrow 1/0.8 = m_{\text{استوانہ}} \times 10 \Rightarrow m_{\text{استوانہ}} = 0.1 \times 8 \text{ kg} = 108 \text{ g}$$

گام سوم: محاسبہ جرم سکے‌ها:

$$m_{\text{آب}} + m_{\text{استوانہ}} + m_{\text{سکے‌ها}} = 600 \text{ g} \Rightarrow 192 + 108 + m_{\text{سکے‌ها}} = 600 \Rightarrow m_{\text{سکے‌ها}} = 600 - 300 = 300 \text{ g}$$

گام چهارم: محاسبہ حجم سکے‌ها: ( $\Delta h$ ، افزایش ارتفاع آب در اثر افزودن سکے‌ها است.)

$$V_{\text{سکے‌ها}} = A_{\text{استوانہ}} \times \Delta h = 48 \times (5 - 4) = 48 \text{ cm}^3$$

گام پنجم: محاسبہ چگالی سکے‌ها:

$$\rho = \frac{m_{\text{سکے‌ها}}}{V_{\text{سکے‌ها}}} = \frac{300}{48} = 6.25 \text{ g/cm}^3 = 6250 \text{ kg/m}^3$$

۱۹۵- **گزینہ ۲** گام اول: محاسبہ جرم کل مخلوط:

$$m_{\text{مخلوط}} = m_1 + m_2 = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = 3/5 \times 100 + 4/5 \times 300 = 1700 \text{ g}$$

گام دوم: محاسبہ حجم کل مخلوط: (حواستان باشد ۱۵ درصد از حجم مجموع دو مایع کم می‌شود.)

$$V_{\text{مخلوط}} = \frac{15}{100} (V_1 + V_2) = \frac{15}{100} (100 + 300) = 340 \text{ cm}^3$$

گام سوم: و اما چگالی مخلوط:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}} = \frac{1700}{340} = 5 \text{ g/cm}^3$$

۱۹۶- **گزینہ ۲** متغیرهای وابسته به حالت اول را بدون پریم و متغیرهای وابسته به حالت دوم را با پریم نشان می‌دهیم. در ابتدا چگالی مخلوط را در حالت اول به دست می‌آوریم، چون حجم مخلوط ۱۰ درصد کاهش می‌یابد، داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}} = \frac{m_A + m_B}{0.9(V_A + V_B)} = \frac{m_A + m_B}{0.9(\frac{m_A}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B})} = \frac{1+2}{0.9(\frac{1}{\rho_A} + \frac{2}{\rho_B})} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{10}{3(\frac{1}{\rho_A} + \frac{2}{\rho_B})} \quad (I)$$

و به همین ترتیب چگالی مخلوط در حالت دوم که در آن حجم مخلوط ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، برابر است با:

$$\rho'_{\text{مخلوط}} = \frac{m'_{\text{مخلوط}}}{V'_{\text{مخلوط}}} = \frac{m'_A + m'_B}{0.8(V'_A + V'_B)} = \frac{m'_A + m'_B}{0.8(\frac{m'_A}{\rho_A} + \frac{m'_B}{\rho_B})} = \frac{2+1}{0.8(\frac{2}{\rho_A} + \frac{1}{\rho_B})} \Rightarrow \rho'_{\text{مخلوط}} = \frac{15}{4(\frac{2}{\rho_A} + \frac{1}{\rho_B})} \quad (II)$$

چون چگالی مخلوط در دو حالت با یکدیگر برابر می‌شود، داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \rho'_{\text{مخلوط}} \xrightarrow{(I), (II)} \frac{10}{3(\frac{1}{\rho_A} + \frac{2}{\rho_B})} = \frac{15}{4(\frac{2}{\rho_A} + \frac{1}{\rho_B})}$$

$$\Rightarrow 8(\frac{2}{\rho_A} + \frac{1}{\rho_B}) = 9(\frac{1}{\rho_A} + \frac{2}{\rho_B}) \Rightarrow \frac{16}{\rho_A} + \frac{8}{\rho_B} = \frac{9}{\rho_A} + \frac{18}{\rho_B} \Rightarrow \frac{7}{\rho_A} = \frac{10}{\rho_B} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = 0.7$$

۱۹۷- **گزینہ ۲** گام اول: رابطه چگالی را یک بار برای آب و بار دیگر برای جیوه می‌نویسیم. در روابط زیر حجم داخلی لیوان را با  $m'$  نشان داده‌ایم:

$$m_{\text{کل}} = m_{\text{مایع}} + m' \Rightarrow m_{\text{مایع}} = \rho V' \Rightarrow \begin{cases} \text{آب} & \begin{cases} 600 = 1(V') + m' \\ \text{جیوه} & \begin{cases} 5400 = 12(V') + m' \end{cases} \end{cases} \end{cases}$$

$$4800 = 12V' \Rightarrow V' = 400 \text{ cm}^3, m' = 200 \text{ g}$$

بنابراین جرم لیوان ۲۰۰ g و حجم داخل آن ۴۰۰ cm<sup>۳</sup> است.

گام دوم: حالا به راحتی می‌توانیم حداکثر نفتی که در این لیوان جا می‌شود را به دست آوریم. در این صورت نفت لیوان را کاملاً پر می‌کند و حجم آن برابر حجم لیوان است و داریم:

$$m_{\text{نفت}} = \rho_{\text{نفت}} \times V' = 0.8 \times 400 = 320 \text{ g}$$

۱۹۸- **گزینہ ۲** گام اول: محاسبہ جرم کل مخلوط:

$$m_{\text{مخلوط}} = m_1 + m_2 = m_1 + \rho_2 V_2 = 510 + 4 \times 30 = 630 \text{ g}$$

گام دوم: محاسبہ حجم کل مخلوط با توجه به این که ۱۰ درصد از حجم مجموع دو مایع کم می‌شود:

$$V_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1}{\rho_1} + V_2 = \frac{9}{100} \left( \frac{510}{\rho_1} + 30 \right)$$

گام سوم: چگالی مخلوط برابر میانگین چگالی دو مایع است:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{مخلوط}}}{V_{\text{مخلوط}}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \Rightarrow \frac{\rho_1 + 4}{2} = \frac{630}{\frac{9}{100} \left( \frac{510}{\rho_1} + 30 \right)} \Rightarrow \frac{2 \times 100 \times 630}{9} = (\rho_1 + 4) \left( \frac{510}{\rho_1} + 30 \right) \Rightarrow 3\rho_1^2 - 77\rho_1 + 204 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \rho_1 = 3 \text{ g/cm}^3 \\ \rho_1 = 22/7 \text{ g/cm}^3 \end{cases}$$

مایعی با چگالی ۲۲/۷ g/cm<sup>۳</sup> معقول به نظر نمی‌رسد و در بین گزینه‌ها هم نیست، پس همان ۳ g/cm<sup>۳</sup> را انتخاب می‌کنیم.