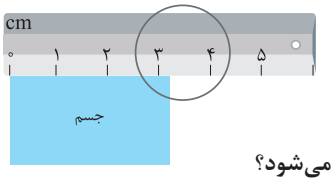
1-B دقت و خطای اندازه‌گیری

احتمالاً مشاهده کرده‌اید که در هنگام زدن ضربهٔ آزاد در بازی فوتبال، داور مسابقه با شمردن تعداد قدم‌های خود، فاصلهٔ بین توپ فوتبال و دیوار دفاعی را تخمین می‌زند. از سوی دیگر این اندازه‌گیری با یک متر فلزی نیز قابل انجام است. به نظر شما آیا در دو حالت، داور با یک دقت فاصلهٔ بین توپ و دیوار دفاعی را اندازه گرفته است؟ برای این‌که پاسخ این سؤال را بدهید، باید با مفهومی به نام دقت و خطای اندازه‌گیری آشنا شوید، که در این قسمت ما آن را به شما یاد می‌دهیم. در ادامه برای شروع کار، با بررسی چند سؤال مفهومی و با یک تحلیل ساده، ذهنیت بسیار خوبی را در رابطه با این موضوع به شما منتقل خواهیم کرد.

بررسی چند سؤال

فرض کنید مطابق شکل، می‌خواهیم با خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است، طول یک جسم را اندازه‌گیری کنیم:



سؤال ۱: در یک نگاه اولیه برای فردی که با فیزیک آشنایی ندارد، اندازهٔ جسم چند سانتی‌متر تخمین زده می‌شود؟

پاسخ: با یک نگاه سطحی به شکل فوق، می‌توان گفت که طول جسم بیش از ۳ سانتی‌متر است و افراد مختلف ممکن است برای طول آن اعداد زیر را ارائه دهند:

فرد ۱ : ۳/۲ cm　　فرد ۲ : ۳/۳ cm　　فرد ۳ : ۳/۲۳ cm　　فرد ۴ : ۳/۲۳۵ cm

سؤال ۲: آیا تمام اعداد بیان‌شده توسط افراد مختلف در پاسخ سؤال قبل، با توجه به علم فیزیک می‌تواند صحیح باشد؟

پاسخ: احتمالاً با ما موافق هستید که عدد ۳ در قبل از ممیز، در تمام حدس‌های ارائه‌شده مورد توافق است و اختلاف بین افراد مختلف، در سایر ارقام است و این افراد به‌صورت زیر عمل کرده‌اند:

فرد ۱ : ۳/۲ ← با ۰/۲، حدس خود را در اندازه‌گیری کامل کرده است.

فرد ۲ : ۳/۳ ← با ۰/۳، حدس خود را در اندازه‌گیری کامل کرده است.

فرد ۳ : ۳/۲۳ ← با ۰/۲۳، حدس خود را در اندازه‌گیری کامل کرده است.

فرد ۴ : ۳/۲۳۵ ← با ۰/۲۳۵، حدس خود را در اندازه‌گیری کامل کرده است.

اعداد مشخص‌شده‌ای که این افراد برای تکمیل حدس خود آورده‌اند، اعدادی مشکوک و حدسی هستند و لزوماً درست نمی‌باشند.

در علم فیزیک برای تخمین زدن اندازه‌گیری‌هایی که با چشم انجام می‌شود، تنها حق داریم **یک رقم غیرقطعی و مشکوک** داشته باشیم و این یعنی علم فیزیک حدسیات فرد ۳ و فرد ۴ را در اندازه‌گیری قبول نمی‌کند، زیرا آن‌ها در حدسیات خود، از بیش از یک رقم مشکوک و غیرقطعی استفاده کرده‌اند. بنابراین می‌توان گفت تنها اندازه‌گیری‌های افراد (۱) و (۲) از بین چهار عدد ارائه‌شده با علم فیزیک مطابقت دارد.

سؤال ۳: در تخمین طول این جسم، در نهایت آن را باید به چه صورتی اعلام کرد؟

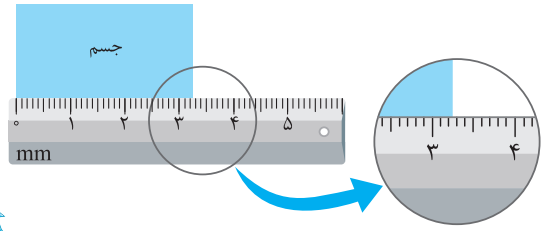
پاسخ: به‌طور کلی در ارائهٔ طول با این خط‌کش، مقداری خطا وجود خواهد داشت که این خطا به درجه‌بندی خط‌کش وابسته است. بنابر یک قاعدهٔ کلی، خطای اندازه‌گیری با یک خط‌کش و سایر وسایل اندازه‌گیری که با چشم عدد آن را تخمین می‌زنیم، $\pm\frac{1}{2}$ کوچک‌ترین تقسیم‌بندی آن وسیله است. به این ترتیب خطای اندازه‌گیری خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است برابر ۰/۵± سانتی‌متر می‌باشد. توجه شود که مطابق فیزیک، در نهایت نتیجهٔ اندازه‌گیری طول جسم توسط افراد (۱) و (۲) به شکل‌های زیر می‌تواند نوشته شود:

$۳/۲\ \text{cm} \pm ۰/۵\ \text{cm}$ ← رقم غیرقطعی ← خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری

یا

$۳/۳\ \text{cm} \pm ۰/۵\ \text{cm}$ ← رقم غیرقطعی ← خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری

سؤال ۴: حال اگر همین جسم را مطابق شکل مقابل، با کمک خط‌کشی با درجه‌بندی برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری کنیم، نمایش درست عدد ارائه‌شده به چه صورت می‌تواند باشد؟



پاسخ: مطابق شکل نشان داده شده در صفحهٔ قبل، قطعاً طول جسم موردنظر بیش از $۳۲\,mm$ است (توجه شود که $۳\,cm$ معادل با $۳۰\,mm$ است). بنابراین عددی که شخص برحسب میلی‌متر ارائه می‌دهد، با توجه به این موضوع که فقط یک رقم مشکوک در اندازه‌گیری مجاز است، می‌تواند به‌صورت زیر باشد:

$۳۲/۶\,mm \pm ۰/۵\,mm$ (۶: رقم غیرقطعی؛ $\pm ۰/۵\,mm$: خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری)

یا

$۳۲/۵\,mm \pm ۰/۵\,mm$ (۵: رقم غیرقطعی؛ $\pm ۰/۵\,mm$: خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری)

در ادامه پس از آشنا شدن با مفاهیم ارائه‌شده، نکات مرتبط با آن‌ها را دقیق‌تر بیان می‌کنیم.

ارقام بامعنا و رقم غیرقطعی

نکات مهم مربوط به این موضوع، به‌صورت زیر است:

۱) برای شمارش ارقام معنادار از اولین عدد (غیرصفر) سمت چپ شروع می‌کنیم و تا آخرین رقم سمت راست (حتی صفرها) پیش می‌رویم. به‌عنوان مثال عدد ۱/۴۱۱ دارای چهار رقم بامعنا و عدد ۰/۰۵۲۰ دارای سه رقم بامعنا می‌باشد.

۱/۴۱۱: اولین رقم غیرصفر سمت چپ، آخرین رقم سمت راست، چهار رقم بامعنا

۰/۰۵۲۰: اولین رقم غیرصفر سمت چپ، آخرین رقم سمت راست، سه رقم بامعنا

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

۰/۰۵۲۰: رقم غیرقطعی که مرتبهٔ آن ۰/۰۰۰۱ است.

۱/۴۱۱: رقم غیرقطعی که مرتبهٔ آن ۰/۰۰۱ است.

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

تمرین ۱۰: با مشاهدهٔ عقربهٔ دو تندی‌سنج A و B، تندی اتومبیلی را به‌ترتیب $۲۵/۰\,\frac{km}{h}$ و $۲۵/۰۰\,\frac{km}{h}$ اندازه‌گیری کرده‌اند. دقت اندازه‌گیری کدام‌یک از این دو تندی‌سنج بیشتر است؟ (تألیفی)

پاسخ: برای هر یک از اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، رقم غیرقطعی و مرتبهٔ آن به‌صورت زیر است:

$۲۵/۰$: اندازه‌گیری توسط B (۰: رقم غیرقطعی که مرتبهٔ آن ۰/۱ است.)

,

$۲۵/۰$: اندازه‌گیری توسط A (۰: رقم غیرقطعی که مرتبهٔ آن ۰/۱ است.)

با توجه به این‌که مرتبهٔ رقم غیرقطعی در اندازه‌گیری توسط دستگاه B کوچک‌تر است، بنابراین در استفاده از این دستگاه، حدس کم‌تری (کوچک‌تری) وجود داشته و دقت اندازه‌گیری دستگاه B بیشتر از A است.

کمی توجه

به‌طور کلی در روند تبدیل واحد، تعداد ارقام معنادار نباید تغییر کند. برای درک بهتر فرض کنید طول جسمی $۱۲/۱\,m$ اندازه‌گیری شده است و مقدار آن را برحسب سانتی‌متر از ما می‌خواهند. در این حالت نمایش (۱) درست بوده و نمایش (۲) نادرست است.

(۱) نمایش: $۱۲/۱\,m = ۱۲/۱ \times ۱۰^۲\,cm$ (۱: سه رقم بامعنا) ✓

(۲) نمایش: $۱۲/۱\,m = ۱۲۱۰\,cm$ (۱۲۱۰: چهار رقم بامعنا، سه رقم بامعنا) ×

توجه: در نمایش (۱)، ضریب $۱۰^۲$، در شمارش تعداد ارقام با معنای عدد، درنظر گرفته نمی‌شود.

این موضوع تو نمایش اعداد کتاب پایهٔ دهم رعایت شده ولی باور کنید تو مسائل کنکور و تست‌های فصل‌های بعد چندان رعایت نمیشه ...

خطای اندازه‌گیری در وسایل درجه‌بندی شده

در وسایل درجه‌بندی شده (مانند خط‌کش فلزی) که در نهایت عدد اندازه‌گیری شده را با چشم تخمین می‌زنیم، نکات زیر حائز اهمیت است:

۱) دقت اندازه‌گیری یک خط‌کش و یا یک وسیلهٔ درجه‌بندی شده، برابر کوچک‌ترین مقدار درجه‌بندی آن می‌باشد. به‌عنوان مثال در یک خط‌کش مدرج برحسب سانتی‌متر، دقت اندازه‌گیری $۱\,cm$ است.

۲) بنابر یک قاعدهٔ کلی، خطای اندازه‌گیری توسط خط‌کش و سایر وسایل درجه‌بندی شده، $\pm\frac{۱}{۲}$ کوچک‌ترین تقسیم‌بندی آن وسیله (دقت وسیله) است.

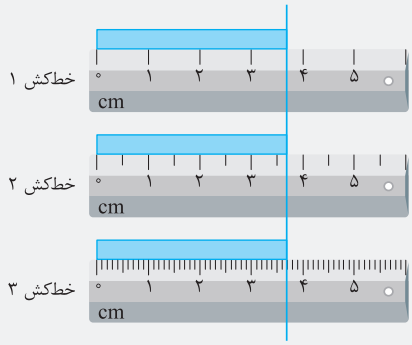
به‌عنوان مثال در خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است، خطای اندازه‌گیری برابر $\pm\frac{۱}{۲}\,cm = \pm ۰/۵\,cm$ و در خط‌کشی که برحسب میلی‌متر مدرج شده است، برابر $\pm\frac{۱}{۲}\,mm = \pm ۰/۵\,mm = \pm ۰/۰۵\,cm$ است (این یعنی دقت اندازه‌گیری و خطای اندازه‌گیری، دو مفهوم متفاوت دارند).

۳ در وسیله‌های اندازه‌گیری، عدد ارائه‌شده باید به‌گونه‌ای باشد که رقم غیرقطعی و خطای اندازه‌گیری با یک‌دیگر هم‌خوانی داشته باشد. به‌عنوان مثال به موارد زیر توجه کنید:

خطکش مدرج‌شده برحسب سانتی‌متر (یعنی خطای اندازه‌گیری برابر $\pm ۰/۵\,cm$)	
توضیحات	عدد پیشنهادشده
رقم غیرقطعی با خطای اندازه‌گیری هم‌خوانی دارد ($۰/۷\,cm$ با $۰/۵\,cm$) و عدد پیشنهادی درست است.	$۴۲/۷\,cm \pm ۰/۵\,cm$ (رقم غیرقطعی)
رقم غیرقطعی با خطای اندازه‌گیری هم‌خوانی ندارد ($۰/۰۱\,cm$ با $۰/۵\,cm$) و عدد پیشنهادی نادرست است.	$۴۲/۷۱\,cm \pm ۰/۵\,cm$ (رقم غیرقطعی)

خطکش مدرج‌شده برحسب میلی‌متر (یعنی خطای اندازه‌گیری برابر $\pm ۰/۵\,mm$ یا $\pm ۰/۰۵\,cm$)	
توضیحات	عدد پیشنهادشده
رقم غیرقطعی با خطای اندازه‌گیری هم‌خوانی دارد ($۰/۲\,mm$ با $۰/۵\,mm$) و عدد پیشنهادی درست است.	$۲/۲\,mm \pm ۰/۵\,mm$ (رقم غیرقطعی)
رقم غیرقطعی با خطای اندازه‌گیری هم‌خوانی دارد ($۰/۰۷\,cm$ با $۰/۰۵\,cm$) و عدد پیشنهادی درست است.	$۴/۲۷\,cm \pm ۰/۰۵\,cm$ (رقم غیرقطعی)

تمرین ۱۱: در سه تصویر نشان داده شده، نتیجهٔ اندازه‌گیری توسط هر خطکش چگونه (به همراه خطای آن) نمایش داده می‌شود؟ (کتاب درسی)



پاسخ: خطکش ۱: کمینهٔ درجه‌بندی این خطکش، برابر $۱\,cm$ و در نتیجه دقت آن نیز برابر $۱\,cm$ است. مطابق قاعده‌ای که اشاره کردیم، خطای اندازه‌گیری توسط این خطکش به‌صورت $\pm ۰/۵\,cm$ بیان می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجهٔ اندازه‌گیری توسط این خطکش را $۳/۷\,cm \pm ۰/۵\,cm$ بیان کرد.

خطکش ۲: کمینهٔ درجه‌بندی این خطکش، برابر $۰/۵\,cm$ و در نتیجه دقت آن نیز برابر $۰/۵\,cm$ است. مطابق قاعده‌ای که اشاره کردیم، خطای اندازه‌گیری توسط این خطکش به‌صورت $\pm ۰/۲۵\,cm$ بیان می‌شود که باید به‌صورت $\pm ۰/۳\,cm$ گرد شود (در این روند گرد کردن، باید به‌سمت بالا گرد کنید). بنابراین می‌توان نتیجهٔ اندازه‌گیری توسط این خطکش را $۳/۷\,cm \pm ۰/۳\,cm$ بیان کرد. اگر نتیجهٔ اندازه‌گیری را به‌صورت $۳/۷\,cm \pm ۰/۲۵\,cm$ بیان کنید هر چند از نظر ریاضیات مشکلی ندارد ولی از نظر محاسبه‌های فیزیکی نادرست است، زیرا رقم غیرقطعی و خطای اندازه‌گیری با یک‌دیگر هم‌خوانی ندارد.

خطکش ۳: کمینهٔ درجه‌بندی این خطکش، برابر $۱\,mm$ و در نتیجه دقت آن نیز برابر $۱\,mm$ است. مطابق قاعده‌ای که اشاره کردیم، خطای اندازه‌گیری توسط این خطکش، $\pm ۰/۵\,mm$ یا $\pm ۰/۰۵\,cm$ است. بنابراین می‌توان نتیجهٔ اندازه‌گیری توسط این خطکش را $۳/۶۸\,cm \pm ۰/۰۵\,cm$ یا $۳۶/۸\,mm \pm ۰/۵\,mm$ بیان کرد.

تمرین ۱۲: با ترازوی عقربه‌ای و درجه‌بندی شده که کوچک‌ترین تقسیم‌بندی آن برابر یک گرم است، جرم جسمی را اندازه گرفته‌ایم. کدام مقدار، می‌تواند گزارش دقیق‌تری از نتیجهٔ این اندازه‌گیری برحسب گرم باشد؟ (سراسری تجربی ۸۸ خارج از کشور، با تغییر)

۱) $۴/۲$ ۲) $۴/۲ \pm ۱$ ۳) $۴/۲ \pm ۰/۵$ ۴) $۴/۲۱ \pm ۰/۵$

پاسخ: کوچک‌ترین تقسیم‌بندی این ترازوی مدرج، برابر یک گرم است. بنابراین خطای اندازه‌گیری آن برابر $\pm \frac{۱}{۲} \times ۱ = \pm ۰/۵\,gr$ می‌باشد. هم‌چنین با توجه به این‌که دستگاه تا یک گرم، می‌تواند جرم جسم را اندازه بگیرد، بنابراین یک مرتبه کوچک‌تر، یعنی مرتبهٔ یک دهم را می‌توانیم خودمان با نگاه کردن به ترازوی مدرج حدس بزنیم. بنابراین عدد نشان داده شده می‌تواند به‌صورت زیر باشد:

(گزینهٔ ۳) $۴/۲\,gr \pm ۰/۵\,gr$ ($۴/۲\,gr$: رقم غیرقطعی، $\pm ۰/۵\,gr$: خطای اندازه‌گیری وسیله)

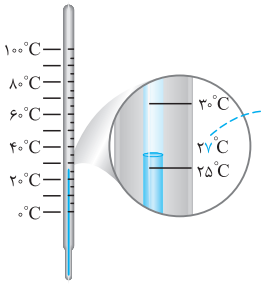
تمرین ۱۳: در تمرین قبل، اگر کوچک‌ترین تقسیم‌بندی دستگاه تا $۰/۱\,gr$ بود، آن‌گاه کدام‌یک از اعداد زیر می‌توانست نمایش درستی از اندازه‌گیری باشد؟ (تألیفی)

۱) $۴/۲\,gr \pm ۰/۱\,gr$ ۲) $۴/۲۱\,gr \pm ۱\,gr$ ۳) $۴/۲\,gr \pm ۰/۵\,gr$ ۴) $۴/۲۱\,gr \pm ۰/۰۵\,gr$

پاسخ: در این حالت، خطای اندازه‌گیری برابر $\left(\pm \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ =\right) \pm ۰/۰۵\,gr$ می‌باشد و مشابه با استدلال تمرین قبل، نمایش درست می‌تواند به‌صورت زیر باشد:

(گزینهٔ ۴) $۴/۲۱\,gr \pm ۰/۰۵\,gr$ ($۴/۲۱\,gr$: رقم غیرقطعی، $\pm ۰/۰۵\,gr$: خطای اندازه‌گیری وسیله)

بررسی یک موضوع



در دماسنج شکل مقابل، عددی که باید خوانده شود، به‌صورت زیر است (به گرد کردن مطرح شده توجه ویژه‌ای کنید):

رقم حدسی

کوچک‌ترین تقسیم‌بندی دماسنج $= 5^\circ C \Rightarrow$ خطای اندازه‌گیری $= \pm 2/5^\circ C$

عدد دماسنج $= 27^\circ C \boxed{\pm 2/5^\circ C}$

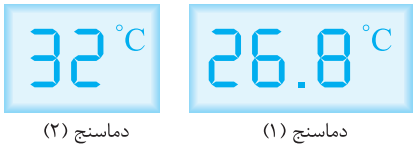
خطای اندازه‌گیری، با رقم غیرقطعی مطابقت ندارد و به عدد ۳ گرد می‌شود.

اصلاح عدد ارائه شده ⟶ عدد دماسنج $= 27^\circ C \pm 3^\circ C$

دقت اندازه‌گیری در وسایل دیجیتال

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

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



دماسنج (۱) دماسنج (۲)

در این شکل‌ها، خطای دماسنج شکل (۱) که عدد $26/8^\circ C$ را می‌خواند برابر $\pm 0/1^\circ C$ و خطای دماسنج شکل (۲) که عدد $32^\circ C$ را می‌خواند برابر $\pm 1^\circ C$ است.

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

عدد دماسنج (۱) : $26/\underbrace{8}_{\text{رقم غیرقطعی}}{}^\circ C \underbrace{\pm 0/1^\circ C}_{\text{خطای اندازه‌گیری}}$

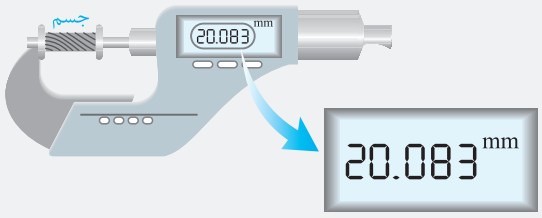
عدد دماسنج (۲) : $3\underbrace{2}_{\text{رقم غیرقطعی}}{}^\circ C \underbrace{\pm 1^\circ C}_{\text{خطای اندازه‌گیری}}$

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

$26/8^\circ C - 0/1 \leq$ عدد واقعی دما در دماسنج (۱) $\leq 26/8^\circ C + 0/1$

$26/7^\circ C \leq$ عدد واقعی دما در دماسنج (۱) $\leq 26/9^\circ C$

تمرین ۱۴: ریزسنج دیجیتالی، یکی از وسایلی است که به کمک آن با دقت بسیار زیادی می‌توان طول یک جسم را اندازه گرفت. شکل زیر نمایشی از یک اندازه‌گیری با ریزسنج دیجیتالی است. در رابطه با این ریزسنج، به موارد زیر پاسخ دهید:



الف) این اندازه‌گیری چند رقم بامعنا دارد؟

ب) رقم غیرقطعی در این اندازه گیری کدام است؟

ج) دقت اندازه‌گیری ریزسنج دیجیتالی چند میلی‌متر است؟

د) نمایش واقعی این عدد به چه صورت است؟

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

پاسخ: الف) همان‌طور که می‌دانید، رقم‌هایی که پس از اندازه‌گیری برای نمایش عدد موردنظر به‌کار می‌رود، ارقام بامعنا نام دارند. این اندازه‌گیری با ۵ رقم نمایش داده شده است، بنابراین ۵ رقم بامعنا دارد.

اولین رقم غیرصفر سمت چپ ← ۲۰/۰۸۳ mm → آخرین رقم سمت راست

۵ رقم بامعنا

ب) آخرین رقم سمت راست را رقم غیرقطعی گویند، بنابراین داریم:

$20/083\,mm$

رقم غیرقطعی

ج) با توجه به این‌که نمایش عدد موردنظر به‌صورت دیجیتالی است، بنابراین دقت و خطای اندازه‌گیری آن از مرتبهٔ آخرین رقم قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه، یعنی مرتبهٔ رقم غیرقطعی بوده و برابر $0/001\,mm$ است.

د) با توجه به خطای اندازه‌گیری دستگاه، نمایش واقعی این عدد به‌صورت زیر می‌باشد:

$20/083\,mm \underbrace{\pm 0/001\,mm}_{\text{خطای دستگاه اندازه‌گیری}}$

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

$20/083\,mm - 0/001\,mm \leq$ طول واقعی $\leq 20/083\,mm + 0/001\,mm \rightarrow 20/082\,mm \leq$ طول $\leq 20/084\,mm$

بررسی یک نکتهٔ تستی

در اندازه‌گیری با دستگاه‌های دیجیتالی، برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری، می‌توان به‌جای آخرین رقم سمت راست، عدد یک و به‌جای بقیهٔ رقم‌ها عدد صفر گذاشت و ممیز در سرجای خود باقی می‌ماند. با این روش، دقت اندازه‌گیری برحسب واحد داده شده به‌دست می‌آید. به‌طور مثال در تمرین قبلی می‌توان نوشت:

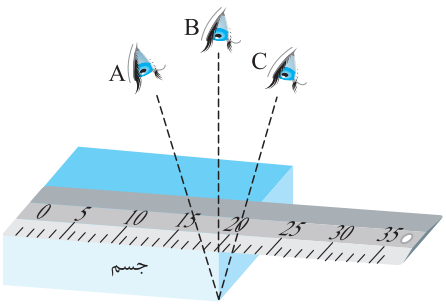
۲۰/۰۸۳ $\xrightarrow{\text{محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری}}$ ۰۰/۰۰۱mm یا ۰/۰۰۱mm

سایر عوامل مؤثر بر دقت اندازه‌گیری

همان‌طور که احتمالاً تا این جای کار فهمیده‌اید، همیشه اندازه‌گیری با خطا همراه است. به‌طور کلی برای افزایش دقت اندازه‌گیری، دو عامل تأثیرگذار است:

۱) کیفیت و دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری مورد استفاده

۲) دقت شخص آزمایشگر



در قسمت‌های قبل در مورد دقت وسایل اندازه‌گیری و نحوهٔ نمایش عدد اندازه‌گیری شده توسط آن‌ها توضیح کافی داده شده و در این قسمت، می‌خواهیم به مواردی که شخص آزمایشگر باید در اندازه‌گیری به آن‌ها توجه داشته باشد، اشاره کنیم.

۱) مهارت شخص آزمایشگر در قرائت عدد اندازه‌گیری شده، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر روی دقت اندازه‌گیری داشته باشد. به‌طور مثال در شکل مقابل که تفاوت زاویهٔ دید افراد مختلف را در اندازه‌گیری نشان می‌دهد، شخص B که به‌صورت عمود بر جسم نتیجهٔ اندازه‌گیری را قرائت می‌کند، عملاً بیشترین دقت را در اندازه‌گیری داشته و خطای آن از سایرین کم‌تر است.

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

2-B تخمین مرتبهٔ بزرگی یک عدد

می‌خواهیم با یک مثال ساده، جرقه‌ای در ذهن شما، نسبت به این بحث ایجاد کنیم. فرض کنید که انتشارات گاج ۲۸۹ کارمند دارد که به‌طور متوسط ماهیانه به آن‌ها دو میلیون و صد هزار تومان حقوق می‌دهد. حال اگر از شما بپرسند که کل حقوق پرداخت‌شده به کارمندان این انتشارات حدوداً چند میلیون تومان است، به چه صورت می‌توانید با سرعت بالا پاسخ این سؤال را بدهید؟

در این مواقع معمولاً می‌گوییم در یک تخمین اولیه، می‌توان ۲۸۹ کارمند را حدوداً ۳۰۰ کارمند و حقوق ۲,۱۰۰,۰۰۰ تومان را برابر ۲,۰۰۰,۰۰۰ تومان درنظر گرفت. حال به راحتی می‌توان گفت کل حقوق پرداخت‌شده به کارمندان، حدوداً برابر (۶۰۰ میلیون = ۳۰۰ × ۲ میلیون) است.

با مثال فوق، مفهوم تخمین یا برآورد را یاد گرفتید. نوعی از تخمین که در فیزیک کاربرد دارد، **تخمین مرتبهٔ بزرگی** یک عدد نامیده می‌شود. برای این نوع از تخمین، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: ابتدا عدد داده‌شده را به‌صورت نمادگذاری علمی نمایش می‌دهیم:

عدد موردنظر : $a \times ۱۰^{n}$ $\quad (۱ \le a < ۱۰)$

گام دوم: در نهایت دو حالت زیر ممکن است رخ دهد:

حالت اول: عدد $۱ \le a < ۵$ باشد $\Leftarrow$ برای تعیین مرتبهٔ بزرگی، به‌جای a، عدد ۱ را قرار می‌دهیم.

حالت دوم: عدد $۵ \le a < ۱۰$ باشد $\Leftarrow$ برای تعیین مرتبهٔ بزرگی، به‌جای a، عدد ۱۰ را قرار می‌دهیم.

به‌طور مثال به تخمین مرتبهٔ بزرگی اعداد زیر توجه کنید:

$۷۶۴ = ۷/۶۴ \times ۱۰^{۲} \sim ۱۰ \times ۱۰^{۲} = ۱۰^{۳}$ (یعنی عدد ۷۶۴ به سمت ۱۰۰۰ تمایل دارد.)

↳ این عدد بزرگ‌تر از ۵ است، بنابراین به‌جای آن، عدد ۱۰ را قرار می‌دهیم.

$۱۲۶ = ۱/۲۶ \times ۱۰^{۲} \sim ۱ \times ۱۰^{۲} = ۱۰^{۲}$ (یعنی عدد ۱۲۶ به سمت ۱۰۰ تمایل دارد.)

↳ به‌جای آن، عدد ۱ را قرار می‌دهیم.

$۰/۰۰۲۸۷ = ۲/۸۷ \times ۱۰^{-۳} \sim ۱ \times ۱۰^{-۳} = ۱۰^{-۳}$

↳ این عدد کوچک‌تر از ۵ است، بنابراین آن را ۱ درنظر می‌گیریم.

در ادامه با حل سه تمرین، کمی با این بحث بیشتر آشنا می‌شویم.

تمرین ۱۵: مرتبهٔ بزرگی مدت زمانی که سپری می‌شود تا نور از سطح خورشید به سطح زمین برسد، برحسب میلی‌ثانیه کدام است؟ (تألیفی)

(۱AU برابر $۱/۵\times۱۰^{۱۱}m$ و تندی حرکت پرتوهای خورشید را $۳\times۱۰^{۸}\ m/s$ در نظر بگیرید.)

۱) $۱۰^{۱}$ ۲) $۱۰^{۳}$ ۳) $۱۰^{۶}$ ۴) $۱۰^{۹}$

پاسخ: همان‌طور که گفتیم، واحد AU معادل با متوسط فاصلهٔ زمین از خورشید است و داریم:

$$\text{زمان} \times \text{تندی} = \text{مسافت متوسط طی شده از زمین تا خورشید}$$

$$۱/۵\times۱۰^{۱۱}=۳\times۱۰^{۸}\times\text{زمان} \Rightarrow \text{زمان}=۰/۵\times۱۰^{۳}\,s=۰/۵\times۱۰^{۳}\times۱۰^{۳}\,ms$$

$$\text{زمان}=۵\times۱۰^{۵}\,ms \xrightarrow{\text{مرتبهٔ بزرگی}} ۱۰\times۱۰^{۵}=۱۰^{۶}\,ms$$ (گزینهٔ ۳)

تمرین ۱۶: زمینی با مساحت ۱۸۰ کیلومترمربع درنظر بگیرید که ۱۰ میلی‌متر باران بر روی آن باریده شده است. اگر قطرات باران را به‌صورت کروی و با قطر ۴ میلی‌متر درنظر بگیریم، مرتبهٔ بزرگی تعداد قطره‌های باران با چه عددی تخمین زده می‌شود؟ (کتاب درسی)

۱) $۱۰^{۸}$ ۲) $۱۰^{۱۰}$ ۳) $۱۰^{۱۴}$ ۴) $۱۰^{۱۸}$

پاسخ: برای حل این تمرین، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: مرتبهٔ بزرگی مساحت زمین موردنظر و حجم باران باریده‌شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مساحت زمین}: A=۱۸۰\,km^{۲}=۱۸۰\times۱۰^{۶}\,m^{۲}=۱/۸\times۱۰^{۲}\times۱۰^{۶}\,m^{۲}\sim۱\times۱۰^{۲}\times۱۰^{۶}\,m^{۲}=۱۰^{۸}\,m^{۲}$$

(۱/۸ ← عدد ۱ درنظر می‌گیریم.)

$$\text{ارتفاع آب باران بر روی سطح زمین}: h=۱۰\,mm=۱۰\times۱۰^{-۳}\,m=۱۰^{-۲}\,m$$

$$\text{حجم باران کل}: V_{\text{کل}}=Ah=۱۰^{۸}\times۱۰^{-۲}=۱۰^{۶}\,m^{۳}$$

گام دوم: مرتبهٔ بزرگی حجم یک قطرهٔ باران را تخمین می‌زنیم (شعاع هر قطرهٔ باران نصف قطر آن و برابر $\frac{۴}{۲}=۲mm$ است):

$$V_{\text{قطره}}=\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}=\frac{۴}{۳}\pi\times(۲\times۱۰^{-۳})^{۳}=\frac{۳۲}{۳}\underbrace{\pi}_{\simeq۳}\times۱۰^{-۹}\simeq۳۲\times۱۰^{-۹}=\underbrace{۳/۲}_{\text{مرتبهٔ بزرگی عدد }۳/۲}\times۱۰^{-۸}\simeq۱۰^{۰}\times۱۰^{-۸}\,m^{۳}=۱۰^{-۸}\,m^{۳}$$

گام سوم: بنابراین مرتبهٔ بزرگی تعداد قطره‌های باران برابر است با:

$$\frac{V_{\text{کل}}}{V_{\text{قطره}}}\sim\frac{۱۰^{۶}}{۱۰^{-۸}}\sim۱۰^{۱۴}$$ (گزینهٔ ۳)

تمرین ۱۷: مرتبهٔ بزرگی تعداد کل تپش‌های قلب یک انسان عادی، در طول زندگی آن، به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (تألیفی)

۱) $۱۰^{۹}$ ۲) $۱۰^{۱۲}$ ۳) $۱۰^{۱۵}$ ۴) $۱۰^{۱۸}$

پاسخ: برای بررسی این تمرین، باید اطلاعات کلی زیر را داشته باشیم و گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: یک قلب عادی، در حالت استراحت ۷۰ بار در دقیقه تپیده و در هنگام فعالیت، مقدار تپش آن خیلی بیشتر است که در مجموع میانگین ۸۰ بار در دقیقه (۸×۱۰^{۱}) برای آن منطقی است.

گام دوم: فرض کنید عمر مفید یک انسان حدوداً ۷۰ سال است که بر حسب دقیقه برابر است با:

$$\text{طول عمر برحسب دقیقه}=\underbrace{۷۰}_{\text{تعداد روز}}\times\underbrace{۳۶۵}_{\text{تعداد ساعت}}\times\underbrace{۲۴}_{\text{تعداد دقیقه}}\times۶۰\sim۷۰\times۴۰۰\times۲۰\times۶۰=۳۳۶\times۱۰^{۵}\,min=۳/۳۶\times۱۰^{۷}\,min$$

(۳۶۵ ← حدوداً ۴۰۰ فرض کردیم. ۲۴ ← حدوداً ۲۰ فرض کردیم.)

گام سوم: تعداد ضربان قلب فرد در طول عمر حدوداً برابر است با:

$$\text{تعداد ضربان قلب}=\text{طول عمر برحسب دقیقه}\times\text{تعداد ضربان در هر دقیقه}=(۳/۳۶\times۱۰^{۷})\times(۸\times۱۰^{۱})\sim۴\times۱۰^{۷}\times۸\times۱۰^{۱}=۳۲\times۱۰^{۸}=۳/۲\times۱۰^{۹}$$

(۳/۳۶ ← حدوداً ۴ فرض کردیم.)

$$\underbrace{۳/۲}_{\text{به جای آن ۱ می‌گذاریم}}\times۱۰^{۹}\sim۱۰^{۹}$$

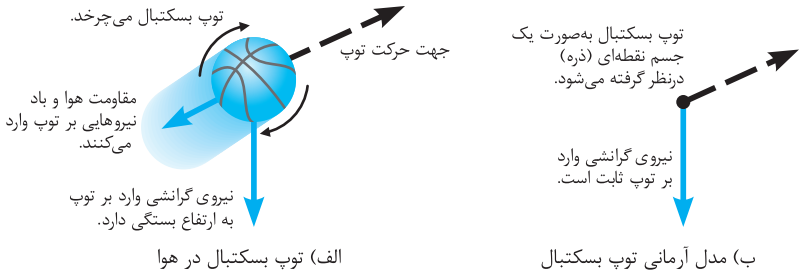
بنابراین مرتبهٔ بزرگی عدد به‌دست آمده، برابر $۱۰^{۹}$ است و گزینهٔ (۱) صحیح است.

می‌بینید، برای تخمین مرتبهٔ بزرگی باید قدر انیشتین اطلاعات کلی داشته باشید. به نظر ما طرح سؤال ارزش چندان جالب نیست ولی اگرم سؤال بدن، اختلاف گزینه‌ها اونقدر زیاده که هیچ‌جوره دچار اشتباه نشید ...

مدل‌سازی در فیزیک

تو این زیرشاخه سه تا سؤال اُوردیم تا با شما، نحوهٔ مدل کردن یه پدیده رو بررسی کنیم. ای کاش کتاب این بشو تو سالای بعد می‌اُورد ...

۲۲- شکل زیر، نحوهٔ مدل‌سازی آرمانی یک توپ بسکتبال را در هوا نشان می‌دهد:



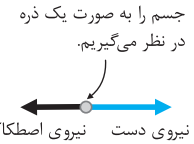
الف) توپ بسکتبال در هوا — ب) مدل آرمانی توپ بسکتبال

در این مدل‌سازی، کدام‌یک از موارد زیر صرف‌نظر نشده است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) مقاومت هوا
۲) گردش توپ به دور خودش
۳) تغییر نیروی گرانش با تغییر ارتفاع
۴) نیروی گرانش

۲۳- شکل زیر، نحوهٔ مدل‌سازی آرمانی حرکت یک جسم بر روی سطح را نشان می‌دهد:

الف) حرکت جسم بر روی سطح افقی

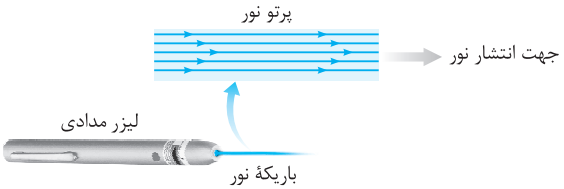


ب) مدل آرمانی

کدام‌یک از موارد زیر، در این مدل‌سازی نباید انجام بگیرد؟ (تألیفی)

۱) صرف‌نظر کردن از مقاومت هوا
۲) درنظر گرفتن ساییدگی جسم به زمین و کم شدن جرم آن
۳) ذره‌ای فرض کردن جسم
۴) درنظر گرفتن نیروی اصطکاک

۲۴- در بررسی نور لیزر مدادی در شکل زیر، منبع نور در واقع ..... بوده و در مدل‌سازی آن را ..... در نظر می‌گیریم. از سوی دیگر پرتوها ..... بوده و در مدل‌سازی آن را ..... در نظر می‌گیریم. (برگرفته از کتاب درسی)



۱) نقطه‌ای ـ گسترده ـ واگرا ـ هم‌گرا
۲) نقطه‌ای ـ گسترده ـ هم‌گرا ـ موازی
۳) گسترده ـ نقطه‌ای ـ هم‌گرا ـ موازی
۴) گسترده ـ نقطه‌ای ـ واگرا ـ موازی

شاخهٔ ۲ اندازه‌گیری

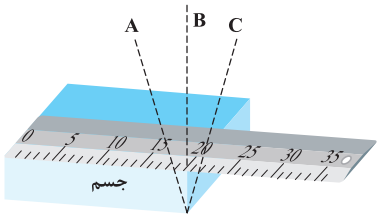
پس از بررسی تست‌های این شاخه، برای تسلط بیشتر، در اولویت اول حل تست‌های ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۹ و ۱۰۱ از قسمت یک قدم تا ۱۰۰ را به شما عزیزان پیشنهاد می‌کنیم.

دقت و خطای اندازه‌گیری

تو این زیرشاخه می‌فهمیم وقتی یه اندازه‌گیری با یه وسیلهٔ مدرج مثل خط‌کش یا یه وسیلهٔ دیجیتال انجام میشه، چه جوری باید اونو نمایش بدیم ...

۲۵- طول جسمی برابر ۲۳۷cm اندازه‌گیری شده است. رقم غیرقطعی در این اندازه‌گیری از چه مرتبه‌ای است؟ (تألیفی)

۱) سانتی‌متر
۲) میلی‌متر
۳) دهم سانتی‌متر
۴) صدم سانتی‌متر



☆ **۲۶- مطابق شکل مقابل، برای آن‌که ناظری طول جسم را اندازه بگیرد، پس از قرار دادن خطکش بر روی جسم، در سه مکان A، B و C قرار گرفته و عدد خطکش را قرائت می‌کند. ناظر در کدام‌یک از این مکان‌ها قرار گیرد تا عدد قرائت شده برای طول جسم، دقیق‌تر باشد؟** (تألیفی)

۱) A
۲) B
۳) C
۴) هر سه عدد خوانده شده یکسان است.

☆ **۲۷- خطای اندازه‌گیری توسط خطکش و سایر وسیله‌های درجه‌بندی شده، ..... برابر کم‌ترین تقسیم‌بندی آن وسیله است و خطای اندازه‌گیری برای وسیله‌های رقمی (دیجیتال)، ..... واحد از آخرین رقمی است که می‌تواند اندازه بگیرد.** (تألیفی)

۱) ± 1 ، ± 1
۲) $\pm \frac{1}{2}$ ، $\pm \frac{1}{2}$
۳) ± 1 ، $\pm \frac{1}{2}$
۴) ± 1 ، $\pm \frac{1}{2}$

☆ **۲۸- ترازوی دیجیتالی A جرم جسمی را ۲/۴۰۰kg و ترازوی دیجیتالی B جرم یک جسم دیگر را ۴/۹۰۱۰kg اندازه‌گیری کرده است. به‌ترتیب از راست به چپ، دقت اندازه‌گیری ترازوی A چند کیلوگرم و دقت اندازه‌گیری ترازوی B چند گرم است؟** (تألیفی)

۱) ۰/۰۱ – ۰/۰۱
۲) ۰/۱ – ۱
۳) ۰/۱ – ۰/۰۰۱
۴) ۰/۰۰۰۱ – ۰/۰۰۱

۲۹- یک ساعت دیجیتال، نیمهٔ روز را با عدد ۱۲:۰۰ و ساعت دیجیتال دیگر آن را با عدد ۱۲:۰۰ نشان می‌دهد. دقت اندازه‌گیری این دو ساعت به‌ترتیب از راست به چپ چند ثانیه است؟ (تألیفی)

۱) ۶۰ – ۱
۲) ۶۰ – ۶۰
۳) ۱ – ۱
۴) ۶۰ – ۱

☆ **۳۰- یک ریزسنج دیجیتالی ضخامت ورقه‌ای را ۰/۰۳۲cm اندازه‌گیری کرده است. تعداد ارقام با معنای این اندازه‌گیری و دقت اندازه‌گیری این ریزسنج برحسب میلی‌متر، به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟** (تألیفی)

۱) ۲، 10^{-5}
۲) ۲، 10^{-2}
۳) ۴، 10^{-5}
۴) ۴، 10^{-2}

☆ **۳۱- فاصلهٔ بین دو نقطه، به شکل چهار گزینهٔ زیر اعلام شده است. دقت اندازه‌گیری در کدام‌یک از آن‌ها بیشتر است؟** (سراسری ریاضی ۸۱)

۱) ۸/۷۹ km
۲) $8/790 \times 10^{6}$ mm
۳) ۸۷۹۰۰۰ cm
۴) $8/7900 \times 10^{3}$ m

☆ **۳۲- طول جسمی بین ۲۰ و ۲۱ سانتی‌متر است و با کمک خطکشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است، طول آن را تخمین زده‌ایم. برای این تخمین زدن از چند رقم بامعنا کمک می‌گیریم؟** (تألیفی)

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۳۳- در سؤال قبل، اگر با کمک یک خطکش که برحسب میلی‌متر مدرج شده است، طول جسم را اندازه‌گیری کنیم، باید از چند رقم بامعنا استفاده کنیم؟ (تألیفی)

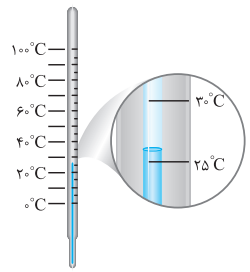
۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۵

☆ **۳۴- با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی، جرم جسمی را ۵/۳۰kg اندازه‌گیری کرده‌ایم. با اطمینان می‌توان گفت که جرم این جسم ..... است.** (تألیفی)

۱) ۵ کیلوگرم
۲) ۵/۳۰ کیلوگرم
۳) بین ۵/۲۹ کیلوگرم و ۵/۳۱ کیلوگرم
۴) ۵/۳۰۰ کیلوگرم

☆ **۳۵- با کمک یک خطکش که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است، طول جسمی را ۲۲/۳cm می‌خوانیم. طول واقعی این جسم:** (سراسری ریاضی ۸۵، با تغییر زیاد)

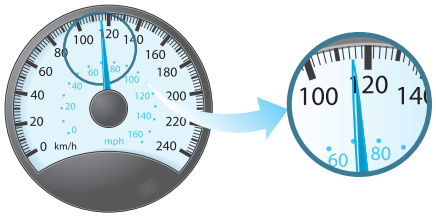
۱) بین ۲۲/۲۵cm تا ۲۲/۳۵cm است.
۲) بین ۲۲/۲cm تا ۲۲/۳cm است.
۳) بین ۲۱/۸cm تا ۲۲/۸cm است.
۴) بین ۲۱cm تا ۲۲cm است.



☆ **۳۶- کدام گزینه می‌تواند حاصل اندازه‌گیری برحسب درجهٔ سلسیوس در دماسنج نشان داده شده باشد؟** (کتاب درسی)

۱) 27 ± 3
۲) $27 \pm 2/5$
۳) $27/2 \pm 3$
۴) $27/2 \pm 2/5$

☆ ۳۷- تندی‌سنج یک خودرو، وضعیت مقابل را نشان می‌دهد. کدام گزینه نمایش عدد این دستگاه برحسب کیلومتر بر ساعت می‌تواند باشد؟ (کتاب درسی)



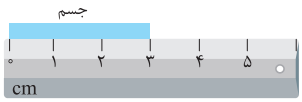
۱) ۱۱۵ ± ۱

۲) $۱۱۵/۵ \pm ۰/۵$

۳) $۱۱۵ \pm ۰/۵$

۴) $۱۱۵/۵ \pm ۱$

۳۸- برای نمایش طول جسم نشان داده شده برحسب سانتی‌متر، کدام گزینه صحیح است؟ (کتاب درسی)



۱) ۳ ± ۱

۲) $۳ \pm ۰/۵$

۳) $۳/۰ \pm ۱$

۴) $۳/۰ \pm ۰/۵$

☆ ۳۹- فردی طول جسمی را با یک خط‌کش که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است، ۶ بار اندازه‌گیری کرده و داده‌های ۸/۳، ۸/۴، ۸/۳، ۸/۲، ۱۳/۴ و ۴/۳ را ارائه کرده است. نتیجهٔ این اندازه‌گیری، چگونه ارائه می‌شود؟ (تألیفی)

۱) $۸/۴۸\,cm \pm ۰/۰۵\,cm$

۲) $۸/۳\,cm \pm ۰/۵\,cm$

۳) $۸/۴۸\,cm \pm ۱cm$

۴) $۸/۳\,cm \pm ۱cm$

تخمین مرتبهٔ بزرگی

عجب بحث چغر و بدبدنیه این تخمین مرتبهٔ بزرگی یه عدد!!! خیلی وقتا باید یه سری اطلاعات عجیب و غریب توش داشته باشید عین تست ۱۰۳ تو قسمت یک قدم تا ۱۰۰ ...

☆ ۴۰- مرتبهٔ بزرگی حجم آب موجود در یک دریاچه با قطری حدود $۱km$ و عمق $۱۰m$ برحسب مترمکعب، معادل با کدام گزینه است؟ (تألیفی)

۱) $۱۰^{۱۸}$

۲) $۱۰^{۱۲}$

۳) $۱۰^{۵}$

۴) $۱۰^{۷}$

☆ ۴۱- قدمت یک شیء باستانی، ۲۵۵۰ سال تخمین‌زده شده است. مرتبهٔ بزرگی قدمت این شیء برحسب ثانیه کدام است؟ (کتاب درسی)

۱) $۱۰^{۸}$

۲) $۱۰^{۱۱}$

۳) $۱۰^{۱۴}$

۴) $۱۰^{۱۷}$

☆ ۴۲- مرتبهٔ بزرگی میزان حجم خونی که قلب یک نفر در طول عمرش به سرخرگ آئورت پمپاژ می‌کند، برحسب لیتر کدام است؟ (قلب در هر ضربان (beat) به‌طور میانگین $۷۰cm^۳$ خون به سرخرگ آئورت پمپاژ می‌کند.) (کتاب درسی)

۱) $۱۰^{۸}$

۲) $۱۰^{۱۲}$

۳) $۱۰^{۱۶}$

۴) $۱۰^{۲۰}$

☆ ۴۳- اطراف کرهٔ زمین، لایه‌ای از هوا وجود دارد که به آن جوّ زمین گفته می‌شود. مرتبهٔ بزرگی جرم جوّ زمین برحسب کیلوگرم کدام است؟ (فشار جو را در تمام نقاط سطح زمین $۱۰^۵$ پاسکال فرض کنید، شعاع تقریبی زمین $۶۴۰۰km$ است.) (تألیفی)

۱) $۱۰^{۱۹}$

۲) $۱۰^{۲۲}$

۳) $۱۰^{۲۴}$

۴) $۱۰^{۲۶}$

شاخهٔ ۳ چگالی

پس از بررسی تست‌های این شاخه، برای تسلط بیشتر، در اولویت اول حل تست‌های ۱۰۵، ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۱۱ و ۱۱۵ از قسمت یک قدم تا ۱۰۰ را به شما عزیزان پیشنهاد می‌کنیم.

رابطهٔ چگالی یک جسم با جرم و حجم آن (تسلط به تبدیل واحد)

خوب توی شروع شاخهٔ جدید، می‌خوایم اول روی واحدهای چگالی مسلط بشیم و بعدش هم چگالی اجسام با حجم مشخص (مثل مکعب، کره و ...) رو حساب کنیم ...

۴۴- در مورد چگالی یک ماده، کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟ (کتاب درسی)

۱) جرم واحد (یکای) حجم یک ماده را چگالی آن ماده می‌نامند.

۲) آهن نسبت به چوب سنگین‌تر است.

۳) یک جسم سنگین‌تر، می‌تواند چگالی کم‌تری داشته باشد.

۴) با دو برابر شدن جرم یک ماده، چگالی آن ثابت می‌ماند.

۴۵- کدام‌یک از رابطه‌های زیر، درست است؟ (تألیفی)

۱) $1kg/m^3 = 10^3 gr/cm^3 = 10^{-6} kg/lit = 1gr/lit$
۲) $1kg/m^3 = 10^{-3} gr/cm^3 = 10^{-3} kg/lit = 1gr/lit$
۳) $1gr/cm^3 = 10^{-6} kg/m^3 = 10^{-6} gr/lit = 1kg/lit$
۴) $1kg/m^3 = 10^{-3} gr/cm^3 = 10^{-6} kg/lit = 1gr/lit$

۴۶- اگر چگالی جسمی ۰/۰۱ گرم بر میلی‌مترمکعب باشد، چگالی آن برحسب میلی‌گرم بر سانتی‌مترمکعب کدام است؟ (آزمون‌های سراسری گاج)

۱) 10^{-4} ۲) 10^2 ۳) 10^4 ۴) ۱۰

۴۷- جرم قطعه فلزی ۴۰۵ گرم و حجم آن ۱۵۰ سانتی‌متر مکعب است. چگالی این فلز چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟ (M.K.A)

۱) ۲/۷ ۲) ۲۷ ۳) ۲۷۰۰ ۴) ۲۷۰

۴۸- جرم ۲۰ لیتر از مایعی با چگالی $1200 kg/m^3$، چند کیلوگرم است؟ (سراسری ریاضی ۷۹)

۱) ۶ ۲) ۶۰ ۳) ۱۸ ۴) ۲۴

۴۹- حجم جسمی ۰/۰۰۲ دسی‌مترمکعب و جرم آن ۵ گرم است. چگالی این جسم چند واحد SI است؟ (مکمل محاسباتی ریاضی ۷۹)

۱) $2/5 \times 10^3$ ۲) $2/5 \times 10^2$ ۳) 4×10^3 ۴) 4×10^2

۵۰- اگر چگالی خون بدن انسان $1/05 gr/cm^3$ باشد، جرم دو لیتر از خون برابر چند دکاگرم است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۲۱۰ ۲) ۲۱۰۰ ۳) ۱۰۵ ۴) ۱۰۵۰

۵۱- در یک روز بارانی، ۴۰ میلی‌متر باران روی سطحی به مساحت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع باریده. جرم این مقدار باران چند کیلوگرم است؟ (چگالی آب باران $= 10^3 kg/m^3$) (سراسری تجربی ۸۷ خارج از کشور)

۱) 10^8 ۲) 10^9 ۳) 10^{10} ۴) 10^{11}

۵۲- جرم یک ظرف خالی ۱۵۰ گرم است. ۷۵ سانتی‌متر مکعب از یک مایع درون آن می‌ریزیم، در این صورت جرم ظرف با مایع درون آن ۲۴۰ گرم می‌شود. چگالی این مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (آزمون‌های سراسری گاج)

۱) ۱۲۰۰ ۲) ۱/۲ ۳) ۳/۲ ۴) ۳۲۰۰

محاسبهٔ چگالی اجسامی که شکل هندسی مشخصی دارند

۵۳- سطح مقطع یک استوانهٔ همگن ۲۵ سانتی‌مترمربع و ارتفاع آن ۱۰ سانتی‌متر و چگالی آن $7800 kg/m^3$ می‌باشد. جرم این استوانه چند گرم است؟ (M.K.A)

۱) ۱۹۵ ۲) ۱۹۵۰ ۳) ۹۷۵ ۴) ۹۷/۵

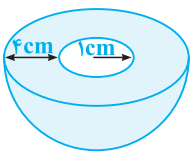
۵۴- چگالی کره‌ای همگن با وزن ۸۰ نیوتون و به شعاع ۱۰ سانتی‌متر، چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟ $(g = 10 N/kg \ , \ \pi \simeq 3)$ (سراسری تجربی ۷۵)

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۵۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰

۵۵- می‌خواهیم از ماده‌ای با چگالی $8 \times 10^3 kg/m^3$ مکعبی توپر به ضلع ۵ سانتی‌متر درست کنیم، چند کیلوگرم از این ماده لازم است؟ (سراسری تجربی ۷۶)

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۵ ۳) ۱ ۴) ۱/۶

۵۶- شکل روبه‌رو نیم‌کره‌ای از جنس یک فلز با چگالی $6 gr/cm^3$ را نشان می‌دهد که حفره‌ای به شکل نیم‌کره در آن ایجاد شده است. جرم این جسم چند گرم است؟ $(\pi \simeq 3)$ (مکمل محاسباتی ریاضی ۸۱)



۱) ۷۴۴ ۲) ۱۴۸۸ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۲۹۷۶

۵۷- کره‌ای توپر با شعاع R را ذوب کرده و با استفاده از مصالح آن، یک استوانه با شعاع داخلی R' و شعاع خارجی R می‌سازیم. اگر ارتفاع استوانهٔ ساخته‌شده برابر 2R باشد، نسبت $\frac{R'}{R}$ کدام است؟ (سراسری ریاضی ۸۱ خارج از کشور)

۱) $\sqrt{3}$ ۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ۳) $\sqrt{2}$ ۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۵۸- با ذوب کردن M گرم از عنصری، استوانه‌ای به طول L، شعاع داخلی R_1 و شعاع خارجی R_2 ساخته‌ایم. اگر بخواهیم از همان ماده، استوانهٔ دیگری به طول 3L، شعاع داخلی $2R_1$ و شعاع خارجی $2R_2$ بسازیم، جرم مورد نیاز چند M می‌شود؟ (سراسری تجربی ۷۰)

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۲

محاسبهٔ چگالی با توجه به حجم مایع جابه‌جاشده در استوانهٔ مدرج

یکی از روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری چگالی، استفاده از میزان حجم جابه‌جا شده تو استوانهٔ مدرجه که سه تا سؤال بعدی رو در موردش اُوردیم ...

۵۹- درون استوانهٔ مدرجی آب وجود دارد. گلولهٔ توپری به جرم ۴۲ گرم را داخل آب می‌اندازیم، سطح آب از درجهٔ $50\,cm^3$ به $54\,cm^3$ می‌رسد. چگالی گلوله چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (سراسری ریاضی ۹۲)

۱) ۳/۵ ۲) ۱۰/۵ ۳) ۲۱ ۴) ۴۲

۶۰- یک قطعه فلز به جرم ۹۰ گرم را درون آب در داخل استوانه‌ای می‌اندازیم. با این عمل قطعه فلز کاملاً در آب فرو می‌رود و سطح آب درون استوانه به اندازهٔ $1/2\,cm$ بالا می‌آید. اگر سطح مقطع داخلی استوانه $10\,cm^2$ باشد، چگالی فلز چند گرم بر سانتی‌مترمکعب است؟ (سراسری ریاضی ۸۲)

۱) ۵/۵ ۲) ۶ ۳) ۷/۵ ۴) ۸

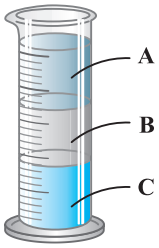
۶۱- یک قطعه فلز را که چگالی آن $2/7\,gr/cm^3$ است، کاملاً در ظرفی پر از الکل به چگالی $0/8\,gr/cm^3$ وارد می‌کنیم و به اندازهٔ ۱۶۰ گرم الکل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ۹۳، مشابه سراسری تجربی ۹۰ خارج از کشور)

۱) ۵۴۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۴۳۲ ۴) ۲۰۰

۶۲- ظرفی در بهترین حالت می‌تواند $2500\,gr$ آب را در خود جای دهد. در این ظرف حداکثر چند کیلوگرم نفت می‌توان ریخت؟ $(\rho_{\text{آب}} = 1000\,kg/m^3, \rho_{\text{نفت}} = 800\,kg/m^3)$ (سؤالات امتحانی)

۱) ۲/۵ ۲) ۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۰/۲

۶۳- مطابق شکل مقابل سه مایع مخلوط نشدنی جیوه، آب و روغن زیتون که چگالی‌های آن‌ها به‌ترتیب برابر ۱۳/۶، ۱ و ۰/۹۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است در داخل یک استوانهٔ شیشه‌ای ریخته شده‌اند. هر کدام از مایع‌های A، B و C نشان داده شده بر روی شکل به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟ (کتاب درسی)

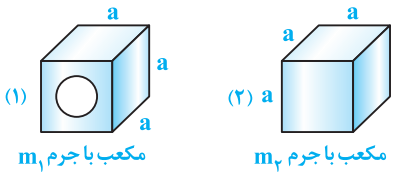


۱) جیوه، روغن زیتون، آب
۲) آب، جیوه، روغن زیتون
۳) آب، روغن زیتون، جیوه
۴) روغن زیتون، آب، جیوه

محاسبهٔ حجم حفرهٔ موجود در یک جسم جامد

اینم یه موضوعی که تو سال‌های اخیر واقعاً مهم و پرتکرار بوده، خیلی خواستون به این سبک تستا باشه ...

۶۴- در شکل مقابل، دو مکعب با ظاهر یکسان با طول ضلع a که از یک ماده با چگالی ρ ساخته شده‌اند، نشان داده شده است. اگر در مکعب اول حفره‌ای با حجم V′ موجود باشد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مقایسهٔ آن‌ها نادرست است؟ (تألیفی)



۱) $m_2 = \rho \times a^3$
۲) $V' = \frac{m_2}{\rho} - \frac{m_1}{\rho}$
۳) $m_1 = \rho \times (a^3 - V')$
۴) $\rho = \frac{m_1}{a^3}$

۶۵- در درون یک کرهٔ فلزی به شعاع ۱۵ cm، حفرهٔ خالی و کروی شکل به شعاع ۵ cm قرار دارد. اگر چگالی فلز $6000\,\frac{gr}{lit}$ باشد، جرم کره چند کیلوگرم است؟ $(\pi \simeq 3)$ (آزمون‌های سراسری گاج)

۱) ۱۹/۵ ۲) ۳۹ ۳) ۶۸ ۴) ۷۸

۶۶- طول هر ضلع یک مکعب فلزی $10\,cm$ و جرم آن $6\,kg$ است. اگر چگالی فلز $8\,gr/cm^3$ باشد، مکعب: (سراسری ریاضی ۸۸)

۱) توپر و حجم آن $750\,cm^3$ است.
۲) توپر و حجم آن $1000\,cm^3$ است.
۳) حفرهٔ خالی دارد و حجم حفره $750\,cm^3$ است.
۴) حفرهٔ خالی دارد و حجم حفره $250\,cm^3$ است.

۶۷- شعاع ظاهری یک کرهٔ فلزی ۵ سانتی‌متر و جرم آن ۱۰۸۰ گرم و چگالی آن $2/7\,gr/cm^3$ است. درون این کره یک حفره وجود دارد. حجم این حفره چند درصد حجم کره را تشکیل می‌دهد؟ $(\pi \simeq 3)$ (سراسری ریاضی ۹۴ خارج از کشور، مشابه سراسری ریاضی ۸۷ و ۸۹)

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

☆ ۶۸- وقتی یک مکعب فلزی را به آرامی داخل ظرف پر از آبی می‌کنیم، مکعب کاملاً وارد آب می‌شود و ۲۰۰ سانتی‌مترمکعب آب بیرون می‌ریزد. اگر چگالی فلز $8\,gr/cm^3$ و جرم مکعب ۱۴۰۰ گرم باشد، حجم حفره‌ای خالی که در داخل مکعب موجود است، چند سانتی‌مترمکعب است؟ (مکمل محاسباتی ریاضی ۹۴ و ۹۲)

۱) ۲۵ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰

☆ ۶۹- جرم یک مجسمهٔ برنزی برابر $40\,kg$ و حجم ظاهری آن برابر $0/05\,m^3$ است. اگر چگالی برنز برابر $8000\,kg/m^3$ باشد، در فضای خالی داخل مجسمه چند کیلوگرم نفت جای می‌گیرد؟ $(\rho_{نفت}=0/8\,gr/cm^3)$ (مکمل خلاقانهٔ ریاضی ۹۴)

۱) ۳۶ ۲) 36×10^{-3} ۳) ۴۵ ۴) ۴/۵

مسائل مقایسهٔ چگالی دو جسم مختلف

۷۰- حجم جسم A دو برابر حجم جسم B و جرم آن ۳ برابر جرم جسم B است. چگالی جسم A چند برابر چگالی جسم B است؟ (سراسری ریاضی ۸۳)

۱) $\frac{2}{3}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) $\frac{4}{9}$ ۴) $\frac{9}{4}$

☆ ۷۱- چگالی جسم A، ۱/۵ برابر چگالی جسم B است. اگر جرم ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم B برابر ۲۰۰ گرم باشد، جرم ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم A چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ۹۱ خارج از کشور، سراسری تجربی ۸۱)

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۳۶۰

۷۲- چگالی مایع A، $\frac{4}{5}$ چگالی مایع B است. اگر حجم ۸ کیلوگرم از مایع A برابر ۱۰ لیتر باشد، حجم ۵ کیلوگرم از مایع B برابر چند لیتر است؟ (سراسری تجربی ۸۴)

۱) $\frac{2}{5}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۴ ۴) ۵

☆ ۷۳- نسبت چگالی آهن به چگالی جسمی ۱/۳ است. حجم ۵۴۰ گرم از این جسم چند سانتی‌مترمکعب است؟ (چگالی آهن $7800\,kg/m^3$ است.) (سراسری تجربی ۷۸)

۱) ۴۵ ۲) ۶۰ ۳) ۹۰ ۴) ۱۸۰

۷۴- جرم دو مکعب توپر A و B با هم یکسان است. اگر طول ضلع مکعب A سه برابر طول ضلع مکعب B باشد، چگالی مکعب A چند برابر چگالی مکعب B است؟ (مکمل محاسباتی ریاضی ۸۹)

۱) ۲۷ ۲) $\frac{1}{27}$ ۳) ۹ ۴) $\frac{1}{9}$

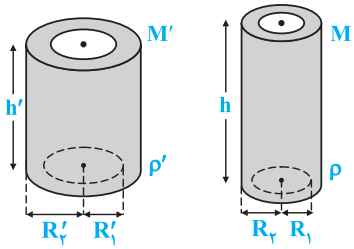
☆ ۷۵- جرم دو کرهٔ همگن توپر A و B با هم برابر است. اگر شعاع کرهٔ A برابر $3\,cm$ و شعاع کرهٔ B برابر ۶ سانتی‌متر باشد، چگالی کرهٔ A چند برابر چگالی کرهٔ B است؟ (سراسری ریاضی ۸۹ خارج از کشور)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) $2\sqrt{2}$

☆ ۷۶- دو استوانهٔ همگن A و B دارای جرم و ارتفاع مساوی‌اند. استوانهٔ A توپر و استوانهٔ B توخالی است. اگر شعاع خارجی این دو استوانه با هم برابر و شعاع داخلی استوانهٔ B نصف شعاع خارجی آن باشد، چگالی استوانهٔ A چند برابر چگالی استوانهٔ B است؟ (سراسری ریاضی ۸۹)

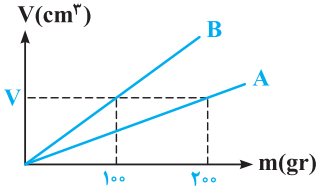
۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) $\frac{2}{3}$ ۴) $\frac{3}{4}$

☆ ۷۷- دو لولهٔ استوانه‌ای به جرم‌های M' و $M=3M'$ و چگالی ρ' و ρ که ارتفاع آن‌ها h' و $h=13/5h'$ است، در اختیار داریم. اگر $R'_1=3R_1$ و $R'_2=3R_2$ باشد، نسبت $\frac{\rho}{\rho'}$ چقدر است؟ (مکمل محاسباتی ریاضی ۸۹)



۱) ۸ ۲) ۴ ۳) ۲ ۴) ۷/۵

☆ ۷۸- نمودار حجم بر حسب جرم برای دو فلز A و B مطابق شکل است. چگالی فلز A چند برابر فلز B است؟ (تألیفی)



۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۲ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) ۴

۲۰ ۲ برای حل، از روش تبدیل زنجیره‌ای به‌صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{خروار } ۲۰۰ = ۲ \times ۱۰^{۲} \text{ خروار} = \frac{۱ \text{ خروار}}{۱۰۰ \text{ من تبریز}} \times \frac{۱ \text{ من تبریز}}{۶۴۰ \text{ مثقال}} \times \frac{۱ \text{ مثقال}}{۴/۸۶ \text{ gr}} \times \frac{۱۰۰۰ \text{gr}}{۱ \text{kg}} \times ۶۲۲۰۸ \text{kg} = ۶۲۲۰۸ \text{kg}$$

۲۱ ۲ یکای نجومی، معادل میانگین فاصلهٔ زمین تا خورشید است و این یعنی فاصلهٔ متوسط زمین تا خورشید، برابر ۱AU می‌باشد.

۲۲ ۴ هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را. برای مثال، اگر به‌جای مقاومت هوا، نیروی جاذبهٔ زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن‌گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کرد که وقتی توپی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود! این توضیحات یعنی نمی‌توان از اثر نیروی گرانش صرف‌نظر کرد.

۲۳ ۲ موارد (۱)، (۳) و (۴)، از اصلی‌ترین مواردی است که در مدل‌سازی‌های حرکت جسم بر روی سطح افقی لحاظ می‌شود، اما کم شدن جرم بر اثر ساییدگی بسیار ناچیز است و این موضوع لزومی ندارد در مدل‌سازی لحاظ شود.

۲۴ ۴ با توجه به علوم سال هشتم، لیزر یک منبع نور گسترده بوده که آن را به‌دلیل کوچک بودن، منبع نقطه‌ای در نظر می‌گیریم. از سوی دیگر پرتوها به‌صورت واگرا می‌باشند که در لیزر برای سادگی آن‌ها را موازی درنظر می‌گیریم و گزینهٔ (۴) صحیح است.

۲۵ ۱ در عدد اندازه‌گیری‌شده، رقم غیرقطعی برابر ۷ است که از مرتبهٔ سانتی‌متر می‌باشد.

$$۲۳۷ \text{cm}$$
رقم غیرقطعی

۲۶ ۲ هنگامی‌که فرد در مکان B قرار دارد، به‌صورت عمود بر جسم، عدد نشان داده شده توسط خطکش را می‌بیند. از این‌رو عدد خوانده شده در این حالت به‌طول واقعی جسم نزدیک‌تر است.

۲۷ ۳ با توجه به درسنامه، برای وسایل درجه‌بندی شده، $\pm \frac{۱}{۲}$ برابر کم‌ترین تقسیم‌بندی آن وسیله و برای وسایل دیجیتالی مثبت و منفی یک واحد از آخرین رقمی که خوانده می‌شود برابر خطای اندازه‌گیری آن‌ها می‌باشد.

۲۸ ۳ برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری ترازوی دیجیتالی A برحسب کیلوگرم، با توجه به این‌که این عدد به‌صورت یک عدد با سه رقم اعشار نشان داده شده است، دقت اندازه‌گیری آن به‌اندازهٔ ۰/۰۰۱ واحد نوشته شده در جلوی عدد است:

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

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

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

بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.

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

۲۹ ۱ کم‌ترین مقداری که ساعت اول می‌تواند اندازه‌گیری کند، ۱ دقیقه می‌باشد و در نتیجه دقت اندازه‌گیری این ساعت برابر ۱ دقیقه یا همان ۶۰ ثانیه است.

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

دقت اندازه‌گیری ۱ ثانیه است. ← ۱۲:۰۰:۰۰ (ثانیه)

دقت اندازه‌گیری ۱ دقیقه یا ۶۰ ثانیه است. ← ۱۲:۰۰ (ساعت: دقیقه)

۳۰ ۲ **یافتن تعداد ارقام بامعنا:** تعداد ارقام بامعنای یک عدد، از اولین رقم غیرصفر سمت چپ شروع شده و تا آخرین رقم سمت راست آن ادامه پیدا می‌کند. بنابراین عدد ۰/۰۳۲ دو رقم بامعنا دارد.

اولین رقم غیرصفر (سمت چپ) — آخرین رقم (سمت راست) — ۰/۰۳۲ — دو رقم

یافتن دقت اندازه‌گیری: کم‌ترین مقداری که این دستگاه دیجیتال می‌تواند اندازه‌گیری کند، از مرتبهٔ ۰/۰۰۱cm است. بنابراین دقت اندازه‌گیری آن برابر ۰/۰۰۱cm است. به‌عبارت دیگر، برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری این ریزسنج دیجیتالی، داریم:

$$۰/۰۳۲ \text{cm} \Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری}: ۰/۰۰۱ \text{cm} \xrightarrow{\text{تبدیل cm به m}} ۰/۰۰۱ \times (۱۰^{-۲} \text{ m}) = ۱۰^{-۵} \text{ m}$$
دقت: ۰/۰۰۱cm

برای محاسبهٔ دقت اندازه‌گیری برحسب میلی‌متر نیز داریم:

$$۱۰^{-۵} \text{ m} \xrightarrow{\text{تبدیل m به mm}} ۱۰^{-۵} \times (۱۰^{۳} \text{ mm}) = ۱۰^{-۲} \text{ mm} \text{ : دقت اندازه‌گیری}$$

۳۱ ۳ ابتدا باید دقت شود، آن اندازه‌گیری دقیق‌تر است که مقادیر کوچک‌تری را بتواند اندازه بگیرد و مرتبهٔ رقم غیرقطعی در آن کوچک‌تر باشد. برای بررسی راحت‌تر، مرتبهٔ رقم غیرقطعی در گزینه‌ها را برحسب متر به‌دست می‌آوریم:

گزینهٔ (۱):

$$۸/۷۹ \text{km} = ۸/۷۹ \text{ km} \Rightarrow \text{مرتبهٔ رقم غیرقطعی}: ۰/۰۱ \text{km} = ۰/۰۱ \times ۱۰^{۳} \text{ m} = ۱۰ \text{m}$$
مرتبهٔ رقم غیرقطعی: ۰/۰۱ km

گزینهٔ (۲): $۱\,m = ۱۰^{-۳}\times ۱۰^{۶}\,mm = ۰/۰۰۱\times ۱۰^{۶}\,mm$: مرتبهٔ رقم غیرقطعی $\Rightarrow ۸/۷۹۰\times ۱۰^{۶}\,mm = ۸/۷۹۰\times ۱۰^{۶}\,mm$

$۰/۰۰۱\times ۱۰^{۶}\,mm$: مرتبهٔ رقم غیرقطعی

گزینهٔ (۳): $۱cm = ۱\times ۱۰^{-۲}\,m = ۱۰^{-۲}\,m$: مرتبهٔ رقم غیرقطعی $\Rightarrow ۸۷۹۰۰۰\,cm$

گزینهٔ (۴): $۱۰^{-۱}\,m$: مرتبهٔ رقم غیرقطعی $\Rightarrow ۸/۷۹۰۰\times ۱۰^{۳}\,m$

$۰/۰۰۰۱\times ۱۰^{۳}\,m$: مرتبهٔ رقم غیرقطعی

بنابراین مرتبهٔ رقم غیرقطعی در گزینهٔ (۳) از همه کوچک‌تر است و دقت اندازه‌گیری در آن بیشتر می‌باشد.

۳ ۳۲ مقیاس‌بندی خط‌کش سانتی‌متری به‌صورت $۱cm$ می‌باشد. بنابراین همان‌طور که در درسنامه بررسی شد، رقم دهم اندازه‌گیری برحسب سانتی‌متر را می‌توانیم حدس بزنیم و اندازه‌گیری به‌طور مثال می‌تواند به‌صورت $۲۰/۴cm$ بیان شود که دارای سه رقم بامعنا می‌باشد.

۳ ۳۳ طول این جسم برحسب میلی‌متر باید بین ۲۰۰ و ۲۱۰ میلی‌متر باشد. از طرفی در خط‌کش میلی‌متری که کوچک‌ترین مقیاس‌بندی آن $۱mm$ است، تا دهم اندازه‌گیری برحسب میلی‌متر را می‌توانیم حدس بزنیم. بنابراین به‌طور مثال اندازه‌گیری می‌تواند به‌صورت $۲۰۰/۶\,mm$ بیان شود که دارای چهار رقم بامعنا است.

۳ ۳۴

> **یادآوری:** اگر خطای اندازه‌گیری یک دستگاه اندازه‌گیری دیجیتالی برابر $\pm a$ باشد، یعنی در صورت استفاده از آن دستگاه، اعداد به‌دست آمده حداکثر به‌اندازهٔ a می‌توانند با مقدار حقیقی اختلاف داشته باشند و داریم:
> اگر مقدار اندازه‌گیری شده توسط دستگاه دیجیتال x باشد. $\Rightarrow x - a \le$ مقدار حقیقی $\le x + a$

خطای اندازه‌گیری دستگاه دیجیتال برابر $\pm ۰/۰۱kg$ است. $m = ۵/۳۰kg \Rightarrow$: جرم اندازه‌گیری شده

دقت : $۰/۰۱kg$

با توجه به یادآوری فوق و با درنظر گرفتن $\begin{cases} a = ۰/۰۱kg \\ x = ۵/۳۰kg \end{cases}$، می‌توان گفت مقدار حقیقی جرم جسم در بازهٔ زیر قرار دارد:

$$(۵/۳۰ - ۰/۰۱)\,kg \le \text{جرم قطعی جسم} \le (۵/۳۰ + ۰/۰۱)\,kg \Rightarrow ۵/۲۹kg \le \text{جرم قطعی جسم} \le ۵/۳۱kg$$

۳ ۳۵ در خط‌کش سانتی‌متری که کوچک‌ترین تقسیم‌بندی آن برابر $۱cm$ است، خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری برابر $\pm\frac{۱}{۲}cm = \pm ۰/۵\,cm$ است. بنابراین مقدار اندازه‌گیری شده به‌صورت $۲۲/۳\,cm \pm ۰/۵\,cm$ نشان داده می‌شود که طول واقعی جسم در محدودهٔ زیر قرار می‌گیرد:

$$۲۲/۳\,cm - ۰/۵\,cm \le \text{طول واقعی جسم} \le ۲۲/۳\,cm + ۰/۵\,cm \Rightarrow ۲۱/۸\,cm \le \text{طول واقعی جسم} \le ۲۲/۸\,cm$$

۱ ۳۶ با توجه به شکل داده شده در صورت سؤال، کوچک‌ترین مقیاس دماسنج نشان داده شده برابر $۵^\circ C$ می‌باشد. بنابراین خطای اندازه‌گیری این وسیله $\pm\frac{۱}{۲}$ کوچک‌ترین مقیاس‌بندی آن، یعنی برابر $\pm\frac{۱}{۲}\times ۵ = \pm ۲/۵^\circ C$ می‌باشد که باید به‌صورت $\pm ۳^\circ C$ گرد شود. از طرفی دمای موردنظر بین $۲۵^\circ C$ تا $۳۰^\circ C$ است، در نتیجه نمایش عدد موردنظر به‌صورت $۲۷^\circ C \pm ۳^\circ C$ می‌تواند باشد.

* دقت شود که فقط یک رقم مشکوک و غیرقطعی می‌توانیم داشته باشیم و نمی‌توان $۲۷/۲^\circ C$ را اعلام کرد.

۱ ۳۷ تقسیم‌بندی‌های تندی‌سنج، به‌اندازهٔ $۲\frac{km}{h}$ است و خطای حاصل از این اندازه‌گیری $\pm ۱\frac{km}{h}$ است. در ادامه با توجه به این‌که عقربهٔ تندی‌سنج بین $۱۱۴\frac{km}{h}$ و $۱۱۶\frac{km}{h}$ است و تنها یک رقم غیرقطعی می‌توانیم داشته باشیم، عدد $۱۱۵\frac{km}{h}$ را می‌خوانیم و در نهایت می‌نویسیم:

$$\text{عدد تندی‌سنج} = ۱۱۵\frac{km}{h} \pm ۱\frac{km}{h}$$

۴ ۳۸ همان‌طور که از روی شکل مشخص است، کوچک‌ترین تقسیم‌بندی این خط‌کش برابر $۱cm$ است. بنابراین برای نمایش عدد اندازه‌گیری شده، رقم غیرقطعی از مرتبهٔ دهم سانتی‌متر باید باشد (بنابراین گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست هستند). همچنین خطای اندازه‌گیری این دستگاه مدرج برابر $\pm\frac{۱}{۲}\times ۱cm = \pm ۰/۵\,cm$ است، بنابراین نمایش این عدد به‌صورت گزینهٔ (۴) می‌تواند صحیح باشد. گزینهٔ (۴) : $۳/۰cm \pm ۰/۵\,cm$

۲ ۳۹ اختلاف بین اندازه‌گیری‌های اول و ششم با سایرین خیلی زیاد است (داده‌های پرت) و از آن‌ها صرف‌نظر کرده و به‌صورت زیر میانگین‌گیری می‌کنیم:

$$\text{طول جسم} = \frac{۸/۲ + ۸/۳ + ۸/۴ + ۸/۳}{۴} = ۸/۳\,cm$$

از طرفی این اندازه‌گیری با یک خط‌کش مدرج برحسب سانتی‌متر انجام شده و با توجه به خطای اندازه‌گیری آن می‌توان نوشت:

$$\text{طول جسم} = ۸/۳ \underbrace{\pm ۰/۵\,cm}_{\text{خطای اندازه‌گیری}}$$

۴ ۴۰ دریاچه یک استوانه فرض شده و حجم آب موجود در دریاچه برحسب متر مکعب، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$V = \text{مساحت قاعده} \times \text{ارتفاع} = \pi r^۲ h \simeq ۳\times(۵\times ۱۰^۲)^۲\times ۱۰ \simeq ۸\times ۱۰^۶\,m^۳ \xrightarrow{\text{مرتبهٔ بزرگی}} ۱۰^۱\times ۱۰^۶ = ۱۰^۷\,m^۳$$

دقت: عدد π تقریباً برابر ۳ فرض شده و شعاع دریاچه $r = \frac{۱}{۲}km = ۵۰۰\,m$ است.

۴۱ **۲** برای تخمین مرتبهٔ بزرگی عدد ۲۵۵۰ سال برحسب ثانیه، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\text{قدمت شیء} = \text{۲۵۵۰ سال} = ۲۵۵۰ \times ۳۶۵ \times ۲۴ \times ۶۰ \times ۶۰ \sim ۲۵۰۰ \times ۴۰۰ \times ۲۵ \times ۶۰ \times ۶۰ = ۹ \times ۱۰^{۱۰}\,\text{s} \xrightarrow{\text{تخمین مرتبهٔ بزرگی}} ۱۰^{۱} \times ۱۰^{۱۰}\,\text{s} = ۱۰^{۱۱}\,\text{s}$$

(روز، ساعت، دقیقه، ثانیه)

تذکر: در تخمین عدد فوق، به‌جای عدد ۲۴ می‌توانستیم عدد ۲۰ را نیز درنظر بگیریم که در این‌صورت نیز به جواب زیر می‌رسیدیم:

$$۲۵۵۰ \times ۳۶۵ \times ۲۴ \times ۶۰ \times ۶۰ \sim ۲۵۰۰ \times ۴۰۰ \times ۲۰ \times ۶۰ \times ۶۰ = ۷/۲ \times ۱۰^{۱۰} \xrightarrow{\text{تخمین مرتبهٔ بزرگی}} ۱۰^{۱} \times ۱۰^{۱۰}\,\text{s} = ۱۰^{۱۱}\,\text{s}$$

دقت شود که در تخمین مرتبهٔ بزرگی تفاوت قابل توجهی در تخمین‌های مختلف وجود دارد. در این‌گونه از سؤالات گزینه‌ها باید با اختلاف زیادی نسبت به هم داده شوند.

۴۲ **۱** همان‌طور که در تمرین (۱۷) در درسنامه نشان دادیم، مرتبهٔ بزرگی تعداد ضربان قلب در طول عمر یک شخص برابر $۱۰^{۹}$ است. از سوی دیگر در هر ضربان قلب، $۷۰\,\text{cm}^{۳}$ خون به سرخرگ آئورت پمپاژ می‌شود و داریم:

$$\text{میزان خون پمپاژ شده} = ۷۰\,\text{cm}^{۳} \times ۱۰^{۹} = \underbrace{۱}_{\text{در تخمین مرتبهٔ بزرگی، عدد ۷ را برابر ۱۰ درنظر می‌گیریم.}} \times ۱۰^{۱۰}\,\text{cm}^{۳} \sim ۱۰ \times ۱۰^{۱۰} = ۱۰^{۱۱}\,\text{cm}^{۳}$$

$$\text{مرتبهٔ بزرگی برحسب lit} = ۱۰^{۱۱} \times ۱۰^{-۳}\,\text{lit} = ۱۰^{۸}\,\text{lit}$$

۴۳ **۱** برای برآورد مرتبهٔ بزرگی جرم جوّ زمین، از رابطهٔ $P = \frac{F}{A}$ که در علوم سال نهم با آن آشنا شدید استفاده می‌کنیم. در این رابطه، به‌جای F، وزن جوّ زمین (mg) و به جای A، مساحت سطح زمین $(۴\pi R^{۲})$ را قرار می‌دهیم:

$$A = ۴\pi R^{۲} \simeq ۱۳ \times (۶/۴ \times ۱۰^{۶}\,\text{m})^{۲} \sim ۱۰^{۱۵}\,\text{m}^{۲}$$ (تخمین مرتبهٔ بزرگی مساحت سطح زمین)

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \Rightarrow F \sim (۱۰^{۵}\,\text{Pa})(۱۰^{۱۵}\,\text{m}^{۲}) \Rightarrow F \sim ۱۰^{۲۰}\,\text{N}$$ (تخمین مرتبهٔ بزرگی وزن کل جوّ زمین)

$$mg \sim ۱۰^{۲۰}\,\text{N} \Rightarrow m \sim ۱۰^{۱۹}\,\text{kg}$$ (تخمین مرتبهٔ بزرگی جرم کل جوّ زمین)

۴۴ **۲** جرم واحد حجم یک ماده را **چگالی** آن ماده می‌نامند. چگالی یک جسم، جزء ویژگی‌های ذاتی ماده است و به جنس آن بستگی دارد، بنابراین با تغییر در حجم و جرم جسم تغییری نمی‌کند، در واقع می‌توان گفت:

$$\underbrace{\rho}_{\text{ثابت}} = \frac{\overbrace{m}^{\text{دو برابر}}}{V} \Rightarrow \text{حجم } (V) \text{ باید ۲ برابر شود تا تساوی برقرار بماند.}$$

دقت شود این موضوع که آهن سنگین‌تر از چوب است، نادرست می‌باشد (یک اصطلاح عامیانه است) و برای مقایسهٔ وزن باید ابعاد آهن و چوب را بدانیم.

۴۵ **۲** در این سؤال نسبتاً ساده، در واقع می‌خواهیم واحدهای مختلف چگالی را با هم مقایسه کنیم و برای این منظور داریم:

$$\begin{cases} ۱\frac{\text{kg}}{\text{m}^{۳}} = ۱ \times \frac{(۱۰^{۳}\,\text{gr})}{(۱۰^{۶}\,\text{cm}^{۳})} = ۱۰^{-۳}\frac{\text{gr}}{\text{cm}^{۳}} \\ ۱\frac{\text{kg}}{\text{m}^{۳}} = ۱ \times \frac{(۱۰^{۳}\,\text{gr})}{(۱۰^{۳}\,\text{lit})} = ۱\frac{\text{gr}}{\text{lit}} \\ ۱\frac{\text{kg}}{\text{m}^{۳}} = ۱ \times \frac{\text{kg}}{(۱۰^{۳}\,\text{lit})} = ۱۰^{-۳}\frac{\text{kg}}{\text{lit}} \end{cases} \Rightarrow ۱\frac{\text{kg}}{\text{m}^{۳}} = ۱۰^{-۳}\frac{\text{gr}}{\text{cm}^{۳}} = ۱۰^{-۳}\frac{\text{kg}}{\text{lit}} = ۱\frac{\text{gr}}{\text{lit}}$$

تذکر: می‌دانیم یک متر مکعب برابر ۱۰۰۰ لیتر است.

$$۱\,\text{m}^{۳} = ۱۰^{۳}\,\text{lit} \Leftrightarrow ۱\,\text{lit} = ۱۰^{-۳}\,\text{m}^{۳}$$

۴۶ **۳** برای تبدیل $\text{gr}/\text{mm}^{۳}$ به $\text{mgr}/\text{cm}^{۳}$ به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\rho = ۰/۰۱\frac{\text{gr}}{(\text{mm})^{۳}} = ۰/۰۱ \times \frac{(۱۰^{۳}\,\text{mgr})}{(۱۰^{-۱}\,\text{cm})^{۳}} = ۰/۰۱ \times \frac{۱۰^{۳}\,\text{mgr}}{۱۰^{-۳}\,\text{cm}^{۳}} = ۱۰^{۴}\,\text{mgr}/\text{cm}^{۳}$$

توجه: هر میلی‌متر برابر با ۰/۱ یا $۱۰^{-۱}$ سانتی‌متر است.

۴۷ **۳** با توجه به تعریف چگالی می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \text{چگالی}: \rho = \frac{m}{V} \\ \text{جرم}: m = ۴۰۵\,\text{gr} = ۴۰۵ \times (۱۰^{-۳}\,\text{kg}) = ۴۰۵ \times ۱۰^{-۳}\,\text{kg} \\ \text{حجم}: V = ۱۵۰\,\text{cm}^{۳} = ۱۵۰ \times (۱۰^{-۲}\,\text{m})^{۳} = ۱۵۰ \times ۱۰^{-۶}\,\text{m}^{۳} \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{۴۰۵ \times ۱۰^{-۳}\,\text{kg}}{۱۵۰ \times ۱۰^{-۶}\,\text{m}^{۳}} = ۲۷۰۰\,\text{kg}/\text{m}^{۳}$$

۴۸ **۴** با توجه به داده‌های سؤال و رابطهٔ چگالی داریم:

$$\rho = ۱۲۰۰\,\text{kg}/\text{m}^{۳} \quad , \quad \text{حجم مایع}: V = ۲۰\,\text{lit} = ۲۰ \times (۱۰^{-۳}\,\text{m}^{۳}) = ۰/۰۲\,\text{m}^{۳}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = ۱۲۰۰ \times ۰/۰۲ = ۲۴\,\text{kg}$$

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

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

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

$$\begin{cases} \text{جرم}: m = 5gr = 5\times(10^{-3}\,kg) = 5\times10^{-3}\,kg \\ \text{حجم}: V = 0/0002\,dm^3 = 0/0002\times(10^{-1}\,m)^3 = 2\times10^{-6}\,m^3 \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{5\times10^{-3}}{2\times10^{-6}} = 2/5\times10^3\,kg/m^3$$

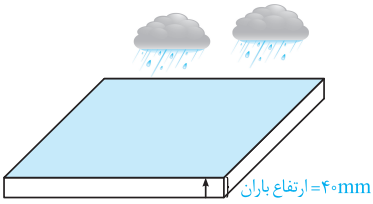
۵۰ دو لیتر خون معادل با $2000\,cm^3$ بوده و جرم آن برابر است با:

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

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

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

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



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

مساحت زمین $= 2500\,km^2 = 2500\times(10^3\,m)^2 = 2/5\times10^9\,m^2$

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

از طرفی طبق رابطهٔ محاسبهٔ چگالی داریم: جرم باران : $m = \rho V = 10^3\times10^8 = 10^{11}\,kg$

۵۲ برای پاسخ دادن به این سؤال، ابتدا جرم مایع را به‌دست می‌آوریم:

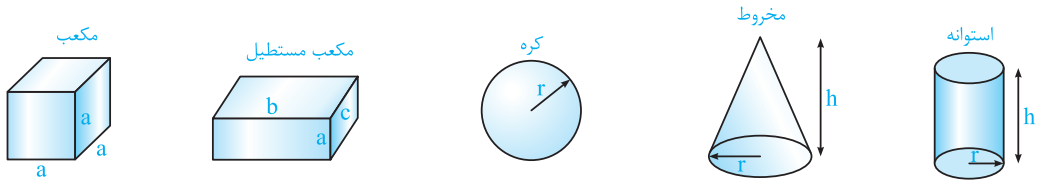
جرم مایع : m = جرم ظرف حاوی مایع − جرم ظرف خالی $= 240 - 150 = 90\,gr$

حال برای به‌دست آوردن چگالی مایع کافی است از رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$ استفاده کنیم:

$$\begin{cases} m = 90\,gr \\ V = 75\,cm^3 \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{90}{75} = 1/2\,gr/cm^3$$

۵۳

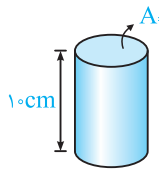
یادآوری: حجم برخی از اجسام که شکل هندسی مشخصی دارند به‌صورت زیر است، آن‌ها را به‌خاطر بسپارید:



$V = a^3$ | $V = abc$ | $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ | $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$ | $V = \pi r^2 h$

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

برای محاسبهٔ جرم استوانه، ابتدا حجم آن را محاسبه می‌کنیم:



$$\begin{cases} \text{حجم استوانه}: V = \text{مساحت مقطع} \times \text{ارتفاع} = 25\,cm^2\times10\,cm = 250\,cm^3 \\ \text{چگالی}: \rho = 7800\,kg/m^3 \xrightarrow[\text{تبدیل } kg/m^3 \text{ به } gr/cm^3]{\div1000} \rho = 7/8\,gr/cm^3 \end{cases}$$

محاسبهٔ جرم استوانه برحسب گرم : $m = \rho V = 7/8\,gr/cm^3\times250\,cm^3 = 1950\,gr$

۵۴ ابتدا با داشتن وزن جسم، جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

وزن جسم : $W = mg \Rightarrow$ جرم جسم : $m = \frac{W}{g} = \frac{80}{10} = 8\,kg$

در ادامه برای به‌دست آوردن چگالی از رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$، کافی است حجم کره را به‌دست آوریم:

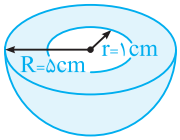
شعاع کره : $r = 10\,cm = 0/1\,m$ ، حجم کره : $V = \frac{4}{3}\pi r^3 \simeq \frac{4}{3}\times3\times(0/1)^3 = 0/004\,m^3$ ، $m = 8\,kg$

محاسبهٔ چگالی : $\rho = \frac{m}{V} = \frac{8}{0/004} = 2000\,kg/m^3$

۵۵ با استفاده از رابطهٔ $m = \rho V$، جرم مورد نیاز برای ساخت مکعب را به‌دست می‌آوریم (ضلع مکعب $= a = 5\,cm = 0/05\,m$):

$$\begin{cases} \text{حجم مکعب}: V = a^3 = (0/05)^3\,m^3 \\ \text{چگالی}: \rho = 8\times10^3\,kg/m^3 \end{cases} \xrightarrow{m=\rho V} \text{جرم مورد نیاز}: m = \underbrace{8\times10^3}_{\rho}\times\underbrace{(0/05)^3}_{V} = 1\,kg$$

۵۶ **۲** ابتدا با کمک رابطهٔ حجم یک کره $(\frac{۴}{۳}\pi R^۳)$ حجم فلز به‌کار رفته در ساخت این جسم را از تفاضل حجم نیم‌کره‌های خارجی و داخلی به‌دست می‌آوریم که برابر است با:



$$\text{حجم فلز}: V=\frac{۱}{۲}\left(\frac{۴}{۳}\pi R^۳\right)-\frac{۱}{۲}\left(\frac{۴}{۳}\pi r^۳\right)=\frac{۲}{۳}\pi(R^۳-r^۳)\Rightarrow V\simeq\frac{۲}{۳}\times۳\times(۵^۳-۱^۳)=۲۴۸\,cm^۳$$

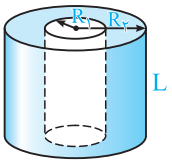
در ادامه جرم این جسم به‌سادگی به‌دست می‌آید:

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m=\rho V=۶\times۲۴۸=۱۴۸۸\,gr$$

۵۷ **۲** با توجه به تمرین (۲۳) در درسنامه، گزینهٔ (۲) صحیح است.

۵۸ **۴** برای دو حالت، چگالی جسم ثابت می‌ماند، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\rho_۱=\rho_۲\Rightarrow\frac{m_۱}{V_۱}=\frac{m_۲}{V_۲}\Rightarrow\frac{m_۲}{m_۱}=\frac{V_۲}{V_۱}$$



$$\begin{cases}\text{حجم در حالت اول}: V_۱=L\times(\pi R_۲^۲-\pi R_۱^۲)\\ \text{حجم در حالت دوم}: V_۲=۳L\times(\pi(۲R_۲)^۲-\pi(۲R_۱)^۲)=۱۲\underbrace{L(\pi R_۲^۲-\pi R_۱^۲)}_{V_۱}=۱۲V_۱\end{cases}\Rightarrow\frac{m_۲}{m_۱}=\frac{V_۲}{V_۱}=۱۲$$

$$\Rightarrow m_۲=۱۲m_۱\Rightarrow m_۲=۱۲M$$

۵۹ **۲** با توجه به درسنامه، از آن‌جایی‌که پس از قرار دادن گلولهٔ توپر در داخل استوانه، سطح آب از $۵۰\,cm^۳$ به $۵۴\,cm^۳$ می‌رسد، می‌توان فهمید که حجم گلوله $۴\,cm^۳$ می‌باشد. بنابراین داریم:

$$V=۴\,cm^۳\ ,\ m=۴۲\,gr\ ,\ \rho=?$$

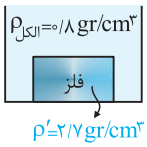
$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{۴۲}{۴}=۱۰/۵\ gr/cm^۳$$

۶۰ **۳** برای محاسبهٔ چگالی فلز، ابتدا حجم آب جابه‌جا شده (که برابر با حجم قطعه فلز است) را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{حجم آب جابه‌جا شده}=\text{حجم فلز}\Rightarrow V=\text{سطح مقطع داخلی استوانه}\times\text{ارتفاع آب بالا آمده}=۱۰\times۱/۲=۱۲\,cm^۳$$

$$\text{جرم فلز}: m=۹۰\,gr\Rightarrow\text{چگالی فلز}: \rho=\frac{m}{V}=\frac{۹۰\,gr}{۱۲\,cm^۳}=۷/۵\,gr/cm^۳$$

۶۱ **۱** در این مسأله نیز مشابه با سؤال قبل باید دقت شود که حجم الکل سرریز شده از ظرف با حجم قطعه فلز برابر است. بنابراین می‌توان نوشت:



$$\text{برای الکل}: \rho=\frac{m}{V}\Rightarrow ۰/۸=\frac{۱۶۰}{V}\Rightarrow V=\frac{۱۶۰}{۰/۸}=۲۰۰\,cm^۳$$

$$\text{برای قطعه فلز}: \rho'=\frac{m'}{V'}\Rightarrow ۲/۷=\frac{m'}{۲۰۰}\Rightarrow\text{جرم قطعه فلز}: m'=۵۴۰\,gr$$

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

$$V_{\text{فلز}}=V_{\text{مایع}}\Rightarrow\frac{m_{\text{فلز}}}{\rho_{\text{فلز}}}=\frac{m_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{مایع}}}\Rightarrow\frac{m_{\text{فلز}}}{۲/۷}=\frac{۱۶۰}{۰/۸}\Rightarrow m_{\text{فلز}}=۵۴۰\,gr$$

۶۲ **۲** **روش اول:** برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: ابتدا تعیین می‌کنیم، ظرفی که $۲۵۰۰\,gr$ آب را در خود جای می‌دهد، دارای چه حجمی است (حجم آب ریخته شده در ظرف با حجم ظرف برابر است.):

$$\begin{cases}m_{\text{آب}}=۲۵۰۰\,gr=۲/۵\,kg\\ \rho_{\text{آب}}=۱۰۰۰\,kg/m^۳\end{cases}\Rightarrow V_{\text{ظرف}}=V_{\text{آب}}=\frac{m}{\rho}\Rightarrow V_{\text{ظرف}}=\frac{۲/۵}{۱۰۰۰}=۲/۵\times۱۰^{-۳}\,m^۳$$

گام دوم: حال محاسبه می‌کنیم که در ظرفی به حجم $۲/۵\times۱۰^{-۳}\,m^۳$، چند کیلوگرم نفت می‌توان ریخت:

$$\begin{cases}\rho_{\text{نفت}}=۸۰۰\,kg/m^۳\\ V_{\text{نفت}}=V_{\text{ظرف}}=۲/۵\times۱۰^{-۳}\,m^۳\end{cases}\Rightarrow\rho_{\text{نفت}}=\frac{m_{\text{نفت}}}{V_{\text{نفت}}}\Rightarrow ۸۰۰=\frac{m_{\text{نفت}}}{۲/۵\times۱۰^{-۳}}\Rightarrow m_{\text{نفت}}=۲۰۰۰\times۱۰^{-۳}=۲\,kg$$

روش دوم: با توجه به این‌که در هر دو حالت حجم آب و نفت با هم برابر است (برابر با حجم ظرف است)، می‌توان نوشت:

$$\rho_{\text{آب}}=۱۰۰۰\,kg/m^۳\ ,\ \rho_{\text{نفت}}=۸۰۰\,kg/m^۳\ ,\ m_{\text{آب}}=۲۵۰۰\,gr=۲/۵\,kg\ ,\ m_{\text{نفت}}=?$$

$$V=\frac{m}{\rho}\xrightarrow{V_{\text{آب}}=V_{\text{نفت}}}\frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}}=\frac{m_{\text{نفت}}}{\rho_{\text{نفت}}}\Rightarrow\frac{۲/۵}{۱۰۰۰}=\frac{m_{\text{نفت}}}{۸۰۰}\Rightarrow m_{\text{نفت}}=۲\,kg$$