فیزیک دهم
شیمی

رشته ریاضی

از مجموعه مرشد

حسین ایروانی

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمه

به‌نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

دانش‌آموزان گرامی

ورود شما را به دورهٔ دوم متوسطه تبریک می‌گوییم. این دوره، شما را برای زندگی و کار در جامعه و تحصیل در دوره‌های بالاتر آماده می‌کند. اگر بگوییم آیندهٔ شما بستگی به موفقیت تحصیلی شما در این دورهٔ سه ساله دارد، اغراق نکرده‌ایم. شما برای موفقیت در این دوره باید تلاش کنید و از مشاوران و معلمان و کتاب‌های مناسب برخوردار شوید.

ما در انتشارات مبتکران، بسیار خرسندیم که کتاب «**فیزیک کیمیا**» را در اختیار شما قرار می‌دهیم، این کتاب‌ها که از مجموعه کتاب‌های «مرشد» به حساب می‌آیند، موفقیت تحصیلی شما را تضمین می‌کنند. این مجموعه، برای دانش‌آموزانی به رشتهٔ تحریر درآمده است که مایلند در بهترین رشته‌های گروه آزمایشی ریاضی فیزیک و علوم تجربی دانشگاه‌های به‌نام کشور یا خارج از ایران تحصیل کنند. کتاب «فیزیک دهم کیمیا» شما را برای شرکت در امتحانات و آزمون‌های ورودی دانشگاه‌ها آماده می‌کند. از ویژگی‌های کتاب «فیزیک دهم کیمیا» می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- درس‌نامه با پوشش تمام مفاهیم کتاب درسی همراه با تست‌های آموزشی
- بیش از ۱۰۰۰ پرسش چهارگزینه‌ای تألیفی به همراه پرسش‌های کنکور سراسری سال‌های اخیر
- پرسش‌های مرحله اول المپیاد فیزیک مناسب برای دانش‌آموزان پایه دهم
- آزمون‌های پایان فصل برای ارزیابی عملکرد دانش‌آموزان و دورهٔ مفاهیم طول فصل
- پاسخنامهٔ کاملاً تشریحی همراه با نکته‌های کلیدی بر مبنای طرحی جدید با عنوان **داده‌های سؤال**
- سطح‌بندی پرسش‌ها در پاسخنامه در سه سطح: آسان (A) ، متوسط (B) و سخت (C)
- پرسش‌ها و نکات ستاره‌دار (*) برای دانش‌آموزان ممتاز که شامل نکات و تست‌های تلفیقی با مباحث فیزیک دهم می‌باشد که در کنکور سراسری مورد نظر قرار می‌گیرد.

در پایان، وظیفهٔ خود می‌دانیم از مؤلف محترم این کتاب، آقای حسین ایروانی و آقایان فرهاد ایروانی، محمد ایروانی، آریا عابدی، امین کمالی و خانم صغری ابراهیمی که بنا به گزارش مؤلف در ویرایش و بازخوانی کتاب با ایشان همکاری داشته‌اند و دبیر محترم مجموعه که کتاب زیرنظر ایشان تألیف شده است، تشکر کنیم.

همچنین از خانم‌ها سپیده خداوردی که زحمت (صفحه‌آرایی) و خاطره بهاگیر، سمیه بهرامی زحمت (حروفچینی) کتاب را برعهده داشته‌اند و خانم‌ها هما مقدم و بهاره خدامی (گرافیست‌ها) بسیار ممنونیم و برای همهٔ این عزیزان آرزوی موفقیت می‌کنیم.

انتشارات مبتکران

فهرست

فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری

درس‌نامه ۸
سؤالات ۲۴
آزمون فصل ۴۰
پاسخ سؤالات ۴۳
پاسخ آزمون فصل ۸۲

فصل دوم: کار، انرژی و توان

درس‌نامه ۹۰
سؤالات ۱۰۷
آزمون فصل ۱۳۲
پاسخ سؤالات ۱۳۶
پاسخ آزمون فصل ۱۸۸

فصل سوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد

درس‌نامه ۱۹۸
سؤالات ۲۱۸
آزمون فصل ۲۴۹
پاسخ سؤالات ۲۵۳
پاسخ آزمون فصل ۳۱۱

فصل چهارم: دما و گرما

درس‌نامه ۳۲۰
سؤالات ۳۴۸
آزمون فصل ۳۸۴
پاسخ سؤالات ۳۸۸
پاسخ آزمون فصل ۴۵۸

فصل پنجم: ترمودینامیک

درس‌نامه ۴۶۶

سؤالات ۴۸۹

آزمون فصل ۵۱۳

پاسخ سؤالات ۵۱۷

پاسخ آزمون فصل ۵۶۵

پیوست: سؤالات کنکور سراسری ۹۵ و ۹۶

کنکور ریاضی ۹۵ و ۹۶ داخل و خارج از کشور ۵۷۴

پاسخ کنکور ریاضی ۹۵ و ۹۶ داخل و خارج از کشور ۵۷۹

فصل اول

فیزیک و اندازه گیری

درس‌نامه

فیزیک و اندازه‌گیری

مدل‌سازی در فیزیک

فرایندی است که طی آن پدیدهٔ فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود؛ به عبارت دیگر پیچیدگی‌های موجود در مسئله را، با در نظر گرفتن فرض‌هایی تا حد امکان ساده می‌کنیم.

نکته ۱ **در مدل‌سازی یک پدیده، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم، نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را.**

نمونه **در مدل‌سازی پرتاب رو به بالای یک توپ، اگر به جای مقاومت هوا، وزن جسم را نادیده بگیریم، توپ پس از پرتاب به بالا در یک خط مستقیم بالا می‌رود و دیگر برنمی‌گردد !!!**

مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی

برای توصیف پدیده‌ها در فیزیک، از آن‌ها استفاده می‌شود.

باید توسط آزمایش مورد آزمون قرار گیرند.

در طول زمان همواره معتبر نیستند، بلکه می‌توانند دستخوش تغییر شوند.

نمونه **تکامل مدل‌های اتمی در طول زمان.**

اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

کمیت: هر آن‌چه قابل اندازه‌گیری باشد.

یکا (واحد): مقدار **ثابتی** از یک **کمیت** که مبنای **مقایسهٔ بزرگی** آن کمیت است.

نکته ۲ **یکای هر کمیت باید ثابت (اندازهٔ آن)، دقیق و از جنس همان کمیت باشد و دارای قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشد.**

مجموعه یکاهای مورد توافق بین‌المللی را به اختصار **یکاهای SI** می‌نامند.

کمیت‌ها به دو دستهٔ اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند:

کمیت‌های اصلی

هفت کمیت که مستقل بوده به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده‌اند و یکاهای آن‌ها را یکای اصلی می‌نامند.

نام کمیت	یکای SI	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کِلوین	K
مقدار ماده	مُول	mol
شدت جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	شمع (کَندِلا)	Cd

جدول کمیت‌های اصلی، یکاها و نمادهای آن‌ها در SI

کمیت‌های فرعی

کمیت‌هایی که مستقل نبوده و برحسب کمیت‌های اصلی بیان می‌شوند.

نمونه **مساحت، حجم، سرعت، شتاب، نیرو، کار، توان، انرژی، چگالی، فشار، گشتاور و ..... .**

نکته ۳ سازگاری یکاها: یکای هر کمیت فرعی را می‌توان از روی روابط فیزیکی وابسته به آن به دست آورد و برحسب یکاهای اصلی نوشت. به این صورت که:

۱) فرمول فیزیکی مناسب را که کمیت مورد نظر در آن وجود دارد، می‌نویسیم.

۲) نماد کمیت مورد نظر (مجهول) را در یک طرف تساوی نگه داشته و بقیهٔ نمادها را به طرف دیگر تساوی منتقل می‌کنیم.

۳) به جای کمیت‌های معلوم، یکای آن‌ها را برحسب کمیت‌های اصلی جایگذاری می‌کنیم.

تست ۱ یکای نیرو (نیوتون) برحسب یکاهای اصلی با کدام گزینه سازگار است؟

۱) $\frac{kg.s}{m^2}$ ۲) $\frac{kg.m}{s}$ ۳) $\frac{kg.m}{s^2}$ ۴) $\frac{kg.s}{m}$

پاسخ رابطه‌ای که برای نیرو داریم، $F=ma$ (قانون دوم نیوتون) است. در این فرمول کمیت موردنظر نیرو است که نماد آن در یک طرف تساوی قرار دارد. یکای جرم کیلوگرم (kg) است که جزء یکاهای اصلی است و یکای شتاب (a) برحسب یکاهای اصلی $\frac{m}{s^2}$ است. بنابراین:

$$F=m.a \rightarrow N \equiv kg \times \frac{m}{s^2} = \frac{kg.m}{s^2}$$

بنابراین گزینه «۳» درست است.

کمیت‌های فیزیکی

به دو دستهٔ کمیت‌های فیزیکی **نرده‌ای یا اسکالر** و کمیت‌های **برداری** تقسیم می‌شوند:

۱) کمیت‌های نرده‌ای (عددی، اسکالر): فقط دارای اندازه هستند و با یک عدد به همراه یکای مناسب بیان می‌شوند:

مثال **بیان یک کمیت نرده‌ای** ← **جرم** ← ۶۰ kg (۶۰: عدد، kg: یکا)

نمونه **جرم، حجم، چگالی، فشار، دما، جریان الکتریکی، توان، مسافت، تندی (اندازهٔ سرعت) و ...**

عملیات جمع، تفریق، ضرب و تقسیم کمیت‌های نرده‌ای به صورت **جبری** *(یعنی همون روش معمولی که بلدیم)* انجام می‌شود.
به عنوان مثال جمع ۱۰۰ آمپر با ۲۰۰ آمپر می‌شود ۳۰۰ آمپر.

نکته ۴ **هر کمیتی از جنس انرژی (که واحد ژول دارند)، اسکالر می‌باشد. مانند: کار، گرما، انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل و .... .**

۲ کمیت‌های برداری: دارای اندازه و جهت هستند و برای بیان آن‌ها، افزون بر عدد و یکا، باید **جهت** آن را مشخص کنیم.

مثال **بیان یک کمیت برداری** $\xrightarrow{\text{سرعت}}$ ۱۰ (عدد) $\frac{m}{s}$ (یکا) (به طرف جنوب) (جهت)

نمونه **جابجایی، سرعت، شتاب، گشتاور، نیرو، وزن، انواع میدان (مغناطیسی، الکتریکی، گرانشی و ....)**

سرعت و جابه‌جایی کمیت‌های برداری هستند ولی تندی و مسافت طی شده کمیت‌های نرده‌ایند.

نکته ۵ **برای جمع، تفریق و ضرب کمیت‌های برداری باید از قوانین بردارها استفاده کرد؛ در واقع جمع، تفریق و ضرب این کمیت‌ها جبری نیست. به عنوان مثال جمع دو سرعت به بزرگی ۱۰ و ۳۰ متر بر ثانیه با توجه به جهت آن‌ها می‌تواند عددی بین ۲۰ تا ۴۰ متر بر ثانیه شود (دلیل این موضوع را سال بعد بهتر می‌فهمیم).**

نکته ۶ **در جمع و تفریق کمیت‌ها باید توجه داشت که جنس و یکای یکسانی داشته باشند. به عنوان مثال جرم را نمی‌توانیم با جابه‌جایی جمع کنیم. یا برای جمع جرم دو جسم که یکی برحسب کیلوگرم و دیگری برحسب گرم است باید ابتدا یکای هر دو را یکی کرده (مثلاً هر دو را برحسب گرم بنویسیم) و سپس عملیات جمع را انجام دهیم.**

تست ۲ **معادلهٔ سرعت جسمی (V) برحسب مکان آن (x) به صورت $V = \frac{۴a}{x^۲} - bx$ است. یکای a و b در دستگاه SI به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (راهنمایی: مکان جسم برحسب m بیان می‌شود.)**

۱) $m.s\ ,\ \frac{m^۳}{s}$ ۲) $s^{-۱}\ ,\ m^۳.s$ ۳) $\frac{s}{m}\ ,\ \frac{s}{m^۲}$ ۴) $s^{-۱}\ ,\ \frac{m^۳}{s}$

پاسخ دقت شود چون واحد V در سمت چپ تساوی، $\frac{m}{s}$ (متر بر ثانیه) است، پس واحد عبارات سمت راست تساوی نیز باید برحسب $\frac{m}{s}$ باشد. همچنین چون بین عبارات سمت راست تساوی علامت تفریق (−)وجود دارد، پس هر دو کمیت از یک جنس بوده و یکایشان $\frac{m}{s}$ است. بنابراین داریم:

$$V = \frac{۴a}{x^۲} - bx \Rightarrow \begin{cases} \frac{m}{s} = \frac{a}{m^۲} \rightarrow a = \frac{m^۳}{s} \\ \frac{m}{s} = b.m \rightarrow b = \frac{۱}{s} = s^{-۱} \end{cases}$$

بنابراین گزینه «۴» درست است.

پیشوندهای افزاینده و کاهنده در SI

در مواردی که اندازهٔ یک کمیت از یکای انتخاب شده برای آن بسیار بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد، از پیشوندها استفاده می‌کنیم.

هر پیشوند، توان معینی از ۱۰ می‌باشد و هنگامی‌که به ابتدای یکایی اضافه می‌شود، آن‌را بزرگ‌تر یا کوچک‌تر می‌کند.

پیشوند	نماد	ضریب
دسی	d	10^{-1}
سانتی	c	10^{-2}
میلی	m	10^{-3}
میکرو	μ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
پیکو	p	10^{-12}
پیشوندهای کاهنده		

پیشوند	نماد	ضریب
دِکا	da	10^{1}
هِکتو	h	10^{2}
کیلو	k	10^{3}
مگا	M	10^{6}
گیگا	G	10^{9}
تِرا	T	10^{12}
پیشوندهای افزاینده		

هیچ‌گاه دو پیشوند با هم پشت یک یکا نمی‌آیند. نمونه kμg *نادرست است.*

نمادگذاری علمی

در این روش هر عدد را به صورت $x\times10^{n}$ می‌نویسیم که در آن: $1\le x<10$، n عددی صحیح است.

در واقع در این روش وقتی عدد را به صورت $x\times10^{n}$ *می‌نویسیم،* n *برابر تعداد ارقامی است که ممیز را جابه‌جا می‌کنیم؛ هر وقت ممیز را جلو بکشیم (به سمت راست)،* $n<0$ *و هر وقت آن را عقب ببریم (به سمت چپ)،* $n>0$ *است.*

تست ۳ **در یک اندازه‌گیری، دو عدد ۱۰۹۸۳۰ و $0/0722\times10^{-6}$ به دست آمده است. کدام گزینه نمایش این اعداد به صورت نمادگذاری علمی را درست نشان می‌دهد؟**

۱) $10/983\times10^{5}$, $7/22\times10^{-8}$

۲) $10/9830\times10^{4}$, $72/2\times10^{-7}$

۳) $1/0983\times10^{4}$, $7/22\times10^{-4}$

۴) $1/09830\times10^{5}$, $7/22\times10^{-8}$

پاسخ گزینهٔ «۴» درست است. زیرا:

(ممیز را ۵ رقم عقب کشیدیم ← $n=5$) $\Rightarrow 109830=1/09830\times10^{5}$

(ممیز را ۲ رقم جلو کشیدیم ← $n=-2$) $\Rightarrow 0/0722\times10^{-6}=7/22\times10^{\boxed{-2}}\times10^{-6}=7/22\times10^{-8}$ (n ← $\boxed{-2}$)

تبدیل یکاها

در اندازه‌گیری‌های فیزیکی و محاسبه‌های عددی گاهی اوقات نیاز به تبدیل یکاها به یکدیگر داریم.

نکته ۷ **برای بیان برخی از کمیت‌ها، از یکاهای خاصی استفاده می‌شود که باید آن‌ها را به‌خاطر داشته باشید:**

کمیت	نام یکای خاص	نماد یکا	رابطهٔ یکاها
طول	میکرون	μm	$1\mu m = 10^{-6} m$ = ۱میکرون
طول	آنگستروم	A°	$1A^\circ = 10^{-10} m$
مساحت	هکتار	HA	$1HA = 1(hm)^2 = 10^4 m^2$
حجم	سانتی‌متر مکعب (سی‌سی)	$(cc)cm^3$	$1cm^3 = 1cc = 10^{-6} m^3$
حجم	لیتر	L	$1L = 10^{-3} m^3 = 1000 cm^3$
جرم	تُن	ton	$1ton = 10^3 kg = 10^6 g$

برای طول یکاهایی مانند ذرع، فرسنگ، یکای نجومی (AU)، سال نوری (ℓy)، فوت، اینچ، مایل و ... و برای جرم نیز یکاهایی مانند خَروار، مَن تبریز، سیر، مثقال، قیراط، اونس و .... وجود دارد که نیازی به حفظ کردن روابط آن‌ها با یکدیگر نیست و در مسائل داده می‌شوند.

یکای نجومی (AU): برابر فاصلهٔ میانگین زمین تا خورشید است.

$$1AU \simeq 1/5 \times 10^{11} m$$

سال نوری (ℓy): مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید.

$$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

سرعت نور در خلأ

۱ تبدیل یکا به روش زنجیره‌ای

مراحل این روش را با یک مثال بیان می‌کنیم. به عنوان مثال می‌خواهیم بدانیم ۲۵ تُن چند کیلوگرم است؟

۱. ابتدا ضریب تبدیل مناسب را به‌دست می‌آوریم؛ ضریب تبدیل عبارتی کسری است که از تساوی بین دو یکا به‌دست خواهد آمد و **مقدار آن برابر ۱ است:**

$$1ton = 1000kg \xrightarrow{\text{ضرایب تبدیل}} \frac{1ton}{1000kg} = 1 \quad \text{یا} \quad \frac{1000kg}{1ton} = 1$$

۲. بر اساس این‌که کدام کمیت را می‌خواهیم به کدام کمیت تبدیل کنیم، ضریب تبدیل را انتخاب می‌کنیم. مثلاً چون در این مثال می‌خواهیم تُن را به کیلوگرم تبدیل کنیم، پس باید تُن در مخرج و کیلوگرم در صورت کسر آورده شود. (یکایی که در مخرج قرار می‌گیرد در مرحلهٔ بعد ساده می‌شود.):

ضریب تبدیل مناسب: $\frac{1000kg}{1ton} = 1$

۳. مقدار داده شده را در ضریب تبدیل انتخاب شده ضرب می‌کنیم تا تبدیل یکا صورت گیرد:

$$25ton = (25ton)(1) = (25\cancel{ton})(\frac{1000kg}{1\cancel{ton}}) = 25000kg = 2/5 \times 10^4 kg$$

به‌طورکلی یکایی را که می‌خواهیم از صورت حذف کنیم، در ضریب تبدیل باید در مخرج باشد و یکایی را که می‌خواهیم از مخرج حذف کنیم، در ضریب تبدیل باید در صورت باشد.

تست ۴ ۵ فرسنگ معادل چند متر است؟ (هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع و هر ذرع ۱۰۴cm است.)

۱) $۳/۱۲\times۱۰^{۴}$ ۲) $۳/۱۲\times۱۰^{۶}$ ۳) $۱/۲۴۸\times۱۰^{۳}$ ۴) $۱/۲۴۸\times۱۰^{۵}$

پاسخ در این سؤال باید فرسنگ را به ذرع و ذرع را به متر تبدیل کنیم. *(یه مرحله رو فاکتور می‌گیریم چون باید ذرع رو به* **cm** *و سپس* **cm** *رو به* **m** *تبدیل می‌کردیم.)* پس ضریب تبدیل‌های مناسب را انتخاب می‌کنیم:

$$\begin{cases} ۱\text{ فرسنگ} = ۶۰۰۰\text{ ذرع} \rightarrow \dfrac{۶۰۰۰\text{ ذرع}}{۱\text{ فرسنگ}} = ۱ \\ ۱\text{ ذرع} = ۱۰۴\text{cm} = ۱/۰۴\text{m} \rightarrow \dfrac{۱/۰۴\text{m}}{۱\text{ ذرع}} = ۱ \end{cases}$$

حالا به صورت زنجیره‌ای ۵ فرسنگ را به متر تبدیل می‌کنیم:

$$۵\text{ فرسنگ} = ۵\times\frac{۶۰۰۰\text{ ذرع}}{۱\text{ فرسنگ}}\times\frac{۱/۰۴\text{m}}{۱\text{ ذرع}} = ۵\times۶۰۰۰\times۱/۰۴\text{m} = ۳۱۲۰۰\text{m} = ۳/۱۲\times۱۰^{۴}\text{m}$$

بنابراین گزینهٔ «۱» درست است.

۲ تبدیل یکا با استفاده از پیشوندها:

روش X: در تبدیل یکاهای پیچیده‌تر که در یکاها از پیشوندها استفاده شده است می‌توان مثل حل یک معادلهٔ سادهٔ یک مجهولی عمل کرد؛ به این صورت که معادلهٔ تبدیل یکا را می‌نویسیم، سپس معادل هریک از پیشوندها را در معادله قرار می‌دهیم. مثلاً به جای μ مقدار $۱۰^{-۶}$ را می‌گذاریم و مانند یک معادلهٔ ساده حل می‌کنیم. به ۲ تست زیر توجه کنید:

تست ۵ ۱۵ میکروگرم چند کیلوگرم است؟

۱) ۱۵×۱۰^{-۸} ۲) $۱/۵\times۱۰^{-۹}$ ۳) $۱/۵\times۱۰^{-۸}$ ۴) ۱۵×۱۰^{-۶}

پاسخ **روش اول: تبدیل زنجیره‌ای)** ابتدا ضریب تبدیل مناسب را به‌دست می‌آوریم. باید μg را به g و g را به kg تبدیل کنیم، بنابراین:

$$\begin{cases} ۱\mu\text{g} = ۱۰^{-۶}\text{g} \rightarrow \dfrac{۱۰^{-۶}\text{g}}{۱\mu\text{g}} = ۱ \\ ۱\text{g} = ۱۰^{-۳}\text{kg} \rightarrow \dfrac{۱۰^{-۳}\text{kg}}{۱\text{g}} = ۱ \end{cases} \Rightarrow ۱۵\mu\text{g} = ۱۵\,\mu\text{g}\times\frac{۱۰^{-۶}\,\text{g}}{۱\,\mu\text{g}}\times\frac{۱۰^{-۳}\text{kg}}{۱\,\text{g}} = ۱۵\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۳}\text{kg} = ۱۵\times۱۰^{-۹}\text{kg} = ۱/۵\times۱۰^{-۸}\text{kg}$$

روش دوم: روش X) ابتدا معادلهٔ تبدیل یکا را می‌نویسیم: $۱۵\mu\text{g} = \underline{\mathbf{X}}\text{kg}$

حال معادل هریک از پیشوندها را در معادله قرار می‌دهیم. یک میکرو، $۱۰^{-۶}$ و یک کیلو $۱۰^{۳}$ است:

$$\underline{\mathbf{X}} = \frac{۱۵\mu\text{g}}{\text{kg}} = \frac{۱۵\times۱۰^{-۶}\text{g}}{۱۰^{۳}\text{g}} = ۱۵\times۱۰^{-۹} = ۱/۵\times۱۰^{-۸}$$

! *روش* **X** *بسیار سریع‌تر از تبدیل زنجیره‌ای است و همچنین در تمامی تبدیل یکاها (چه ساده، چه سخت) کارگشا است.*

تست ۶ در کدام گزینه معادل‌ها درست نوشته شده است؟

۱) $۰/۰۳۵\,cm^۳ = ۳/۵\times۱۰^{-۶}\,L$

۲) $۶۷۰\,mm^۲ = ۶/۷\times۱۰^{-۱۰}\,km^۲$

۳) $۴۲\,\frac{ms}{g.km} = ۴/۲\times۱۰^{-۳}\,\frac{s}{kg.m}$

۴) $۲۶\,ton = ۲/۶\times۱۰^{۱۲}\,ng$

پاسخ با توجه به جدول پیشوندها، گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

(۱) گزینهٔ : $۰/۰۳۵\,cm^۳ = \underline{X}\,L \rightarrow \underline{X} = \frac{۰/۰۳۵\,(cm)^۳}{L} = \frac{۰/۰۳۵\times(۱۰^{-۲})^۳\,m^۳}{۱۰^{-۳}\,m^۳} = ۰/۰۳۵\times۱۰^{-۳} = ۳/۵\times۱۰^{-۵}$ ✗

(۲) گزینهٔ : $۶۷۰\,mm^۲ = \underline{X}\,km^۲ \rightarrow \underline{X} = \frac{۶۷۰\,(mm)^۲}{(km)^۲} = \frac{۶۷۰\times(۱۰^{-۳})^۲\,m^۲}{(۱۰^۳)^۲\,m^۲} = ۶۷۰\times۱۰^{-۱۲} = ۶/۷\times۱۰^{-۱۰}$ ✓

(۳) گزینهٔ: $۴۲\,\frac{ms}{g.km} = ۴۲\,\frac{(۱۰^{-۳})s}{(۱۰^{-۳})kg\times(۱۰^۳)m} = ۴۲\times۱۰^{-۳}\,\frac{s}{kg.m}$ ✗

(۴) گزینهٔ : $۲۶\,ton = \underline{X}\,ng \rightarrow \underline{X} = \frac{۲۶\times۱۰^۶\,g}{۱۰^{-۹}\,g} = ۲۶\times۱۰^{۱۵} = ۲/۶\times۱۰^{۱۶}$ ✗

همان‌طور که در گزینه‌های (۱) و (۲) مشاهده می‌کنیم، اگر واحد یک کمیت توان‌دار باشد، توان باید برای پیشوند هم در نظر گرفته شود. در تبدیل یکاهایی که یکاها به صورت کسری است (مانند گزینهٔ «۳») از جایگذاری مستقیم پیشوندها برای تبدیل یکا استفاده می‌کنیم.

بنابراین گزینه «۲» درست است.

آهنگ یک کمیت:

در فیزیک، تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، آهنگ آن کمیت می‌نامند. به‌عنوان مثال آهنگ کمیت x برابر است با: $\frac{\Delta x}{\Delta t}$.

Δ در فیزیک به معنای تغییر است، به عنوان مثال: $\Delta x = x_۲ - x_۱$.

اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی قطعیت وجود ندارد و همواره مقداری خطا وجود دارد. (اصل عدم قطعیت در اندازه‌گیری)

با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری، تنها می‌توان خطای اندازه‌گیری را کاهش داد **ولی هیچ‌گاه نمی‌توان آن را به صفر رساند.**

دقیق بودن یک اندازه‌گیری به سه عامل زیر بستگی دارد:

۱) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری

وسایل اندازه‌گیری اغلب به دو صورت مدرج (درجه‌بندی شده) و یا رقمی (دیجیتال) ساخته می‌شوند. در ادامه با تعیین دقت و خطای این دو نوع ابزار اندازه‌گیری آشنا می‌شویم.

الف. دقت و خطای وسایل اندازه‌گیری مدرج (آنالوگ)

خط‌کش، متر نواری، کولیس، ریزسنج، دماسنج جیوه‌ای و ... مثال‌هایی از ابزارهای اندازه گیری مدرجند.

در این وسایل، **دقت اندازه‌گیری** برابر کمینهٔ درجه‌بندی آن وسیله است. هم‌چنین **خطای اندازه‌گیری** ابزارهای مدرج برابر $\pm\frac{1}{2}$ کمینهٔ تقسیم‌بندی آن وسیله (دقت آن) است:

کمینهٔ تقسیم‌بندی وسیله = d (دقت اندازه‌گیری وسیله)

$\Delta = \pm\frac{\text{کمینهٔ تقسیم‌بندی وسیله}}{2} = \pm\frac{d}{2}$ (خطای اندازه‌گیری)

نمونه دقت خط‌کشی که مطابق شکل مقابل کمینهٔ تقسیم‌بندی آن تا میلی‌متر است برابر $1mm$ و خطای آن $\pm 0/5mm$ است.

$$\Delta = \pm\frac{1mm}{2} = \pm 0/5mm$$

ب. دقت و خطای وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال)

دقت اندازه‌گیری در این ابزارها برابر یک واحد از آخرین رقمی است که آن ابزار نمایش می‌دهد؛ در واقع مرتبهٔ اولین رقم سمت راست نتیجهٔ اندازه‌گیری، بیانگر دقت اندازه‌گیری است. هم‌چنین **خطای اندازه‌گیری** در این ابزارها برابر مثبت و منفی دقت آن‌ها است.

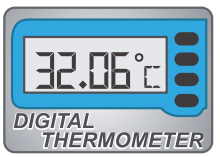
مرتبهٔ (ارزش مکانی) اولین رقم سمت راست = d (دقت اندازه‌گیری)

$d = \pm$(دقت) $= \pm\Delta$ (خطای اندازه‌گیری)

نمونه در دماسنج دیجیتال شکل مقابل، که عدد $32/06^\circ C$ را می‌خواند، دقت دماسنج برابر $0/01^\circ C$ و خطای آن برابر $\pm 0/01^\circ C$ است.

$$\Delta = \pm d = \pm 0/01^\circ C \quad \text{و} \quad 32/06^\circ C \rightarrow d = 0/01^\circ C$$

$0/1$ $0/01$



نکته ۸ **در وسایل اندازه‌گیری (چه مدرج، چه دیجیتال)، وسیله‌ای دقیق‌تر است که دقت و یا خطای آن کوچک‌تر باشد. به عنوان مثال خط‌کشی که برحسب میلی‌متر $(0/001m)$ مدرج شده از خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر $(0/01m)$ مدرج شده، دقیق‌تر است.**

نکته ۹ **نتیجهٔ اندازه‌گیری باید مضرب صحیحی از دقت اندازه‌گیری باشد. مثلاً اگر کوچک‌ترین وزنهٔ ترازویی $100g$ باشد، این ترازو می‌تواند جرم جسمی را $2500g$ گزارش کند ولی $2450g$ را نمی‌تواند.**

تست ۷ **جرم جسمی را توسط وزنه‌های ۵۰ گرمی اندازه می‌گیریم. کدام گزینه بیان درستی از این اندازه‌گیری است؟**

۱) $510g$ ۲) $4/1\times10^{2}kg$ ۳) $3/2kg$ ۴) $4/90kg$

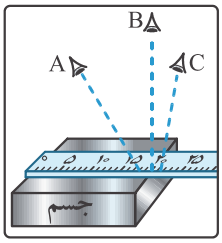
پاسخ نتیجهٔ اندازه‌گیری باید مضرب صحیح ۵۰ گرم باشد، بنابراین گزینهٔ (۱) نادرست است ولی سایر گزینه‌ها می‌توانند پاسخ باشد. چون وزنه‌ها ۵۰ گرمی است، داریم:

$$m = 50g = 5\times10^{1}g = 5\times10^{-2}kg = 0/05kg \rightarrow \text{(دقت اندازه‌گیری) } d = 0/01kg$$

$0/1$ $0/01$

پس باید دقت اندازه‌گیری $0/01kg$ باشد، بنابراین گزینهٔ «۴» درست است.

۲ مهارت شخص آزمایشگر



یکی از این مهارت‌ها نحوهٔ خواندن نتیجهٔ اندازه‌گیری است. مثلاً در شکل مقابل خواندن نتیجهٔ اندازه‌گیری از منظرهای A و C خطا را افزایش می‌دهد. در حالی‌که اگر شخص از B که خط دیدش عمود بر خط‌کش است، نتیجهٔ اندازه‌گیری را بخواند این اندازه‌گیری دقیق‌تر خواهد بود.

۳ تعداد دفعات اندازه‌گیری

برای کاهش خطا در اندازه‌گیری، معمولاً اندازه‌گیری را چندبار تکرار می‌کنیم و در نهایت **میانگین داده‌های به‌دست آمده** را به عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری گزارش می‌کنیم. در میانگین‌گیری باید به دو نکتهٔ زیر توجه شود:

۱) اگر یک یا دو عدد اختلاف زیادی با بقیهٔ داده‌ها داشته باشند، در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آیند.

۲) اگر تعداد رقم‌های میانگین بیشتر از تعداد رقم‌های هر یک از عددهای گزارش شده باشد، آن را طوری گرد می‌کنیم که تعداد رقم‌هایش با اعداد گزارش یکی شود.

تست ۸ **با تکرار اندازه‌گیری طول یک مداد، داده‌های ۱۰/۵۴ ، ۱۰/۴۱ ، ۱۰/۳۵ ، ۱۰/۴۰ ، ۱۰/۳۸ ، ۱۰/۲۷ و ۱۰/۳۷ برحسب سانتی‌متر گزارش شده است. نتیجهٔ اندازه‌گیری قابل‌قبول کدام است؟**

۱) ۱۰/۳۸۲cm ۲) ۱۰/۳۸cm ۳) ۱۰/۳۹cm ۴) ۱۰/۳۸۸cm

پاسخ با مقایسهٔ داده‌ها مشاهده می‌شود اختلاف دو دادهٔ ۱۰/۵۴ و ۱۰/۲۷ از سایر عددها بیشتر است، بنابراین در میانگین‌گیری به‌حساب نمی‌آیند. داریم:

$$\text{میانگین} = \frac{۱۰/۳۵+۱۰/۳۷+۱۰/۳۸+۱۰/۴۰+۱۰/۴۱}{۵} = ۱۰/۳۵ + \frac{\overbrace{۰+۰/۰۲+۰/۰۳+۰/۰۵+۰/۰۶}^{\text{(اختلاف از ۱۰/۳۵)}}}{۵} = ۱۰/۳۵+۰/۰۳۲ = ۱۰/۳۸۲$$

چون گزارش‌ها همگی با ۲ رقم اعشار بیان شده است، بنابراین **میانگین به‌دست آمده** را تا ۲ رقم اعشار گرد می‌کنیم. یعنی خواهیم داشت:

نتیجهٔ اندازه‌گیری = ۱۰/۳۸

بنابراین گزینهٔ «۲» درست است.

ارقام با معنا

رقم‌هایی را که بعد از اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می‌کنیم، رقم‌های با معنا گوییم.

نمونه فرض کنید یک ترازوی دیجیتال جرم جسمی را ۱۰/۳g و ترازوی دیجیتال دیگری جرم آن را ۱۰/۳۰g نشان دهد. در این صورت این دو اندازه‌گیری با یکدیگر فرق می‌کنند، زیرا اولی با ۳ رقم با معنا و دومی با ۴ رقم با معنا بیان شده است. در واقع دقت ترازوی اول برابر ۰/۱g و دقت ترازوی دوم ۰/۰۱g است.

تمام رقم‌های غیرصفر در یک عدد با معنا هستند: مثلاً ۸۷/۶ سه رقم با معنا دارد.

نکته ۱۰ **در مورد رقم صفر به موارد زیر توجه کنید:**

۱. تمام صفرهایی که بین اعداد غیرصفر قرار دارند با معنا هستند: به عنوان مثال ۲۰۰۶ چهار رقم با معنا دارد.

۲. صفرهایی که در طرف چپ اولین عدد غیرصفر قرار دارند، با معنا نیستند: به عنوان مثال ۰/۰۰۳۰۸ سه رقم با معنا دارد.

۳. صفرهای سمت راست اعداد با معنا که در سمت راست ممیز قرار دارند، بامعنا هستند: به عنوان مثال ۱۰/۳۰ چهار رقم با معنا دارد.

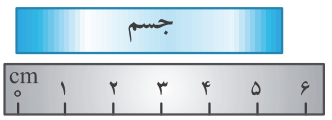
صفرهایی که در سمت راست اعداد غیراعشاری قرار دارند می‌توانند با معنا باشند یا نباشند. مثلاً اگر طول جسمی **۱۳۰cm** *گزارش شده باشد، تعداد رقم‌های با معنا ممکن است ۲ یا ۳ رقم باشد. اگر نتیجهٔ اندازه‌گیری با نمادگذاری علمی، به صورت* $۱۳۰\text{cm}=۱/۳\times۱۰^{۲}\text{cm}$ *نوشته شود، دارای دو رقم با معنا و اگر به صورت* $۱۳۰\text{cm}=۱/۳۰\times۱۰^{۲}\text{cm}$ *نوشته شود دارای سه رقم با معنا می‌باشد.*

رقم غیرقطعی و رقم حدسی

چون هیچ اندازه‌گیری‌ای قطعی و بدون خطا نیست بنابراین همواره در رقم سمت راست یک گزارش اندازه‌گیری، احتمال خطا وجود دارد. به همین دلیل به رقم سمت راست گزارش **رقم غیرقطعی یا مشکوک** می‌گوییم.

در ابزارهای مدرج مانند خط‌کش، دماسنج و ... می‌توانیم با توجه به مشاهدهٔ خود رقم سمت راست گزارش را **حدس** بزنیم. مثلاً با خط‌کشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده **مجازیم** طول یک جسم را تا دهم سانتی‌متر حدس بزنیم.

نمونه همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید طول جسم بین ۵ و ۶ سانتی‌متر می‌باشد و ما می‌توانیم حدس بزنیم که طول آن حدود ۵/۲cm یا ۵/۳cm است. در این صورت رقم ۲ یا ۳ حدسی (و غیرقطعی) است و در گزارش ۲ رقم بامعنا داریم.

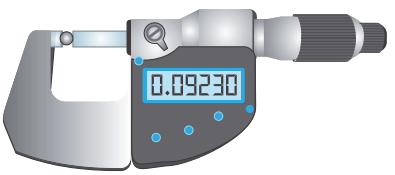


جمع‌بندی: ۱) در اندازه‌گیری با ابزارهای مدرج ← رقم سمت راست حدسی و غیرقطعی است.

۲) در اندازه‌گیری با ابزارهای دیجیتال ←رقم سمت راست غیرقطعی است ولی حدسی نیست چون ما آن را حدس نمی‌زنیم و توسط دستگاه گزارش می‌شود.

نکته ۱۱ **رقم غیرقطعی (و حدسی) جزء ارقام با معنا هستند.**

تست ۹ **یک کولیس دیجیتال قطر یک ساچمهٔ ریز را ۰/۰۹۲۳۰m نشان داده است. به ترتیب از راست به چپ تعداد ارقام با معنا و رقم غیرقطعی کدام است؟**



۱) ۴ و ۳
۲) ۵ و ۰
۳) ۴ و ۰
۴) ۵ و ۳

پاسخ صفرهای سمت چپ عدد ۹ با معنا نیستند، بنابراین گزارش با ۴ رقم با معنا (یعنی ۰، ۳، ۲ و ۹) بیان شده است و آخرین رقم سمت راست (یعنی صفر) غیرقطعی است.

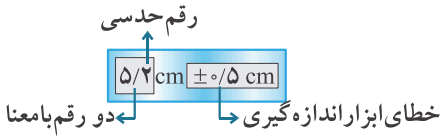
بنابراین گزینهٔ «۳» درست است.

گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری

وقتی می‌خواهیم گزارش یک اندازه‌گیری را بیان کنیم، این گزارش باید شامل ۲ قسمت باشد:

۱) مقدار اندازه‌گیری شده

۲) میزان خطای ابزار اندازه‌گیری



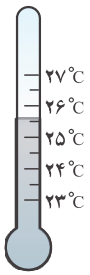
نمونه در قسمت قبل طول جسم را ۵/۲cm اندازه گرفتیم. چون کمینهٔ تقسیم‌بندی خط‌کش ۱cm است، بنابراین خطای آن ۰/۵cm± می‌باشد.

پس نتیجهٔ اندازه‌گیری به صورت مقابل گزارش می‌شود:

نکته ۱۲ **در گزارش نتیجهٔ یک اندازه‌گیری، باید تعداد اعشار خطای دستگاه و مقدار اندازه‌گیری شده، یکسان باشد. مثلاً اگر کمینهٔ تقسیم‌بندی یک ترازو ۰/۱kg باشد، خطای آن برابر نصف این مقدار یعنی ۰/۰۵kg± می‌شود و ما نیز باید گزارش خود را تا صدم کیلوگرم گزارش کنیم:**

۲۵/۴kg±۰/۰۵kg : نادرست ✗ **۲۵/۴۰kg±۰/۰۵kg : درست** ✓

تست ۱۰ **دماسنج جیوه‌ای شکل مقابل دمای هوای اتاقی را نشان می‌دهد. کدام گزارش دقیق‌تر و قابل‌قبول است؟**



۱) $(۲۵\pm۱)^\circ C$

۲) $(۲۵/۷۵\pm۰/۰۲۵)^\circ C$

۳) $(۲۵/۷\pm۰/۵)^\circ C$

۴) $(۲۵/۷\pm۰/۳)^\circ C$

پاسخ با توجه به شکل، کمینهٔ تقسیم‌بندی این دماسنج برابر $۰/۵^\circ C$ است، بنابراین خطای آن برابر $۰/۲۵^\circ C\pm$ بیان می‌شود که باید به صورت $۰/۳^\circ C\pm$ گرد شود چون در غیراین‌صورت باید ۲ رقم را حدس می‌زدیم (به گزینهٔ ۲ توجه کن). هم‌چنین سطح جیوه بین $۲۵/۵^\circ C$ تا $۲۶^\circ C$ قرار دارد، پس می‌شود حدس زد دمای اتاق حدوداً $۲۵/۷^\circ C$ است.

گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری: $(۲۵/۷\pm۰/۳)^\circ C$

بنابراین گزینهٔ «۴» درست است.

تخمین مرتبهٔ بزرگی در فیزیک

معمولاً در موارد زیر از تخمین استفاده می‌کنیم:

۱) دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی برای ما نداشته باشد.

۲) زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم.

۳) همه یا بخشی از داده‌های مورد نیاز، در دسترس ما نباشد.

برای به‌دست آوردن مرتبهٔ بزرگی یک عدد (a) باید:

۱) ابتدا عدد موردنظر را به شکل نماد علمی یعنی $a = x\times۱۰^n$ بنویسیم $(۱\le x<۱۰)$.

۲) اگر x کمتر از ۵ باشد به جای آن ۱ $(x \sim 1)$ و اگر بزرگ‌تر یا مساوی ۵ باشد، به جای آن ۱۰ $(x \sim 10)$ قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} 1 \le x < 5 & : \ a = x \times 10^n \sim 1 \times 10^n = 10^n \\ 5 \le x < 10 & : \ a = x \times 10^n \sim 10 \times 10^n = 10^{n+1} \end{cases}$$

نمونه

۱) $7 = 7 \times 10^0 \sim 10 \times 10^0 = 10^1$

۲) $0/3 = 3 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-1} = 10^{-1}$

۳) $138 = 1/38 \times 10^2 \sim 1 \times 10^2 = 10^2$

۴) $0/05 = 5 \times 10^{-2} \sim 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}$

۵) $85360 = 8/536 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 = 10^5$

۶) $0/000499 = 4/99 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-4} = 10^{-4}$

نکته ۱۳ **اگر بخواهیم بهترین تخمین (با دقت زیاد) را بزنیم، دیگر به جای x، ۱ یا ۱۰ قرار نمی‌دهیم بلکه x را به نزدیک‌ترین عدد صحیحش گِرد می‌کنیم. به عنوان مثال:**

$0/00283 = 2/83 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-3}$ و $73650 = 7/365 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4$

حل مسائل با استفاده از تخمین مرتبهٔ بزرگی:

۱) ابتدا رابطهٔ مورد استفاده برای رسیدن به پاسخ نهایی (کمیت مجهول) را مشخص می‌کنیم. (راه‌حل مسئله)

۲) مرتبهٔ بزرگی هریک از کمیت‌های معلوم موجود در رابطه را محاسبه می‌کنیم. در این مرحله شاید مجبور باشیم مقدار کمیتی را خودمان به‌طور منطقی حدس بزنیم (البته وسواس زیادی برای حدس زدن نداریم).

۳) با جایگذاری تخمین مرتبهٔ بزرگی کمیت‌های معلوم و حدسی در رابطهٔ حل مسئله، تخمین مرتبهٔ بزرگی کمیت مجهول به‌دست می‌آید.

تست ۱۱ **مرتبهٔ بزرگی تعداد پلک‌هایی که یک فرد در طول عمر خود می‌زند، به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟**

۱) 10^6 ۲) 10^8 ۳) 10^{10} ۴) 10^{12}

پاسخ ابتدا باید تعداد پلک‌هایی را که به‌طور متوسط در هر دقیقه می‌زنیم حدس بزنیم. اگر فرض کنیم هر ۴ ثانیه یک بار پلک بزنیم، پس در هر دقیقه حدود ۱۵ بار پلک می‌زنیم. (اگر در یک دقیقه تعداد پلک‌هایمان را بشماریم همین حدود می‌شود.) بنابراین تخمین مرتبهٔ بزرگی تعداد پلک‌ها در هر دقیقه برابر است با:

تعداد پلک‌ها در هر دقیقه $= 15 = 1/5 \times 10^1 \sim 1 \times 10^1 = 10^1$

حال باید تعداد دقایق عمر فرد را تخمین بزنیم. عمر فرد را ۷۰ سال و تعداد روزهای سال را ۳۶۵ روز در نظر می‌گیریم. پس تخمین مرتبهٔ بزرگی تعداد دقیقه‌های عمر فرد برابر است با:

$$\text{تعداد دقیقه‌های عمر فرد} = (70 \text{ سال}) \times \left(\frac{365 \text{ روز}}{1 \text{ سال}}\right) \times \left(\frac{24 \text{ ساعت}}{1 \text{ روز}}\right) \times \left(\frac{60 \text{ دقیقه}}{1 \text{ ساعت}}\right) = 70 \times 365 \times 24 \times 60 \sim 100 \times 100 \times 10 \times 100 = 10^7$$

بنابراین: تعداد پلک‌های فرد در کل عمرش = تعداد پلک‌ها در هر دقیقه × تعداد دقایق عمر فرد $= 10 \times 10^7 = 10^8$

عدد دقیق‌تر محاسبات تعداد پلک‌ها $5/5 \times 10^8$ می‌شد که با توجه به گزینه‌ها به 10^8 (گزینهٔ «۲») نزدیک‌تر است، پس نیاز به محاسبات دقیق نداریم. معمولاً در تست‌های تخمین، فاصلهٔ گزینه‌ها از یکدیگر زیاد است و به همین دلیل زیاد در حدس زدن وسواس به خرج نمی‌دهیم.

بنابراین گزینهٔ «۲» صحیح است.

چگالی

جرم واحد حجم جسم است و واحد آن در SI، $\frac{kg}{m^3}$ است:

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

یکاهای فرعی چگالی عبارتند از: $\frac{g}{cm^3}$, $\frac{g}{L}$, $\frac{kg}{L}$ و ...

تبدیل واحد: $\rho(\frac{g}{cm^3}) \underset{\div 1000}{\overset{\times 1000}{\rightleftarrows}} \rho(\frac{kg}{m^3})$

$1\frac{g}{cm^3} = 1000\frac{kg}{m^3} = 1000\frac{g}{L} = 1\frac{kg}{L}$

چگالی یک جسم به جنس آن و هم‌چنین دمایش بستگی دارد؛ یعنی اگر به‌عنوان مثال در دمای ثابت حجم جسمی را نصف کنیم چگالی آن ثابت می‌ماند. زیرا در دمای ثابت با نصف شدن حجم جسم، جرم آن نیز نصف می‌شود.

تست ۱۲ **در ظرفی که از مایعی به چگالی $0/9\frac{g}{cm^3}$ لبریز است، سنگی به جرم ۴۵۰ گرم را به آرامی غوطه‌ور می‌کنیم. اگر با این کار ۲۷ گرم مایع از ظرف بیرون بریزد، چگالی سنگ چند واحد SI است؟**

۱) ۷/۵ ۲) ۷۵۰۰ ۳) ۱۵۰۰۰ ۴) ۱۵

پاسخ حجم مایعی که از ظرف بیرون می‌ریزد، برابر با حجم سنگ است. پس ابتدا این حجم را به دست می‌آوریم:

$V_{مایع} = \frac{m_{مایع}}{\rho_{مایع}} = \frac{27g}{0/9\frac{g}{cm^3}} = 30cm^3 \rightarrow V_{سنگ} = 30cm^3$

$\rho_{سنگ} = \frac{m}{V} = \frac{450g}{30cm^3} = 15\frac{g}{cm^3} = 15000\frac{kg}{m^3}$

بنابراین گزینهٔ «۳» درست است.

نکته ۱۴ **برای اندازه‌گیری حجم یک جسم نامتقارن به دو صورت عمل می‌شود:**

۱) **جسم را درون ظرف پر از مایعی می‌اندازیم و مایع به حجم V از ظرف بیرون می‌ریزد. در این صورت حجم جسم نیز V است.**

۲) **جسم را درون استوانهٔ مدرجی که مقداری مایع درون آن است، می‌اندازیم. در این صورت حجم مایع به اندازهٔ حجم جسم زیاد می‌شود.**

یادآوری: فرمول حجم تعدادی از پرکاربردترین اشکال هندسی

(مخروط) $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$

(استوانه) $V = \pi r^2 h$

(کره) $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

(مکعب مستطیل) $V = abc$

(مکعب) $V = a^3$