

# فیزیک ۱ پایه دهم

رشته ریاضی  
دوره دوم متوسطه

مؤلف  
غلامعلی محمودزاده

# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

## فُرْسَت

عنوان	صفحة	عنوان
پرسش‌های چهارگزینه‌ای ..... پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای .....  <b>فصل چهارم: دما و گرما</b>	۱۰۰ ..... ۱۱۳ .....	صفحة
پرسش‌های مفهومی ..... پاسخ پرسش‌های مفهومی ..... درسنامه‌ها ..... پرسش‌های چهارگزینه‌ای ..... پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای .....  <b>فصل پنجم: ترمودینامیک (ویژه‌ی رشته ریاضی)</b>	۱۲۸ ..... ۱۳۰ ..... ۱۳۸ ..... ۱۶۰ ..... ۱۷۷ .....	عنوان
پرسش‌های مفهومی ..... پاسخ پرسش‌های مفهومی ..... درسنامه‌ها ..... پرسش‌های چهارگزینه‌ای ..... پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای .....  <b>فصل سوم: ویژگی‌های ماده</b>	۴۲ ..... ۴۴ ..... ۵۱ ..... ۶۴ ..... ۷۱ .....	صفحة
<b>فصل اول: اندازه‌گیری</b> پرسش‌های مفهومی ..... پاسخ پرسش‌های مفهومی ..... درسنامه‌ها ..... پرسش‌های چهارگزینه‌ای ..... پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای .....  <b>فصل دوم: کار و انرژی</b> پرسش‌های مفهومی ..... پاسخ پرسش‌های مفهومی ..... درسنامه‌ها ..... پرسش‌های چهارگزینه‌ای ..... پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای .....  <b>فصل سوم: ویژگی‌های ماده</b> پرسش‌های مفهومی ..... پاسخ پرسش‌های مفهومی ..... درسنامه‌ها .....	۸ ..... ۹ .....	عنوان

## نفرست درسنامه

عنوان	صفحه	عنوان	صفحه
<b>فصل اول: اندازه‌گیری</b>			
درسنامه ۱، کمیت ..... درسنامه ۲، دستگاه یکاها (SI) ..... درسنامه ۳، دقت اندازه‌گیری - خطای ..... درسنامه ۴، چگالی.....	۱۳ ..... ۱۴ ..... ۱۶ ..... ۱۸ .....	درسنامه ۱، کمیت ..... درسنامه ۲، دستگاه یکاها (SI) ..... درسنامه ۳، دقت اندازه‌گیری - خطای ..... درسنامه ۴، چگالی.....	۱۳ ..... ۱۴ ..... ۱۶ ..... ۱۸ .....
<b>فصل دوم: کار و انرژی</b>			
درسنامه ۱، یادآوری ..... درسنامه ۲، کار نیروی ثابت..... درسنامه ۳، انرژی ..... درسنامه ۴، تکانه ..... درسنامه ۵، کار و انرژی جنبشی..... درسنامه ۶، نیروهای پایستار ..... درسنامه ۷، انرژی پتانسیل گرانشی آونگ..... درسنامه ۸، انرژی درونی..... درسنامه ۹، توان .....	۵۱ ..... ۵۶ ..... ۵۷ ..... ۵۸ ..... ۵۹ ..... ۶۰ ..... ۶۱ ..... ۶۲ ..... ۶۰ .....	درسنامه ۱، یادآوری ..... درسنامه ۲، کار نیروی ثابت..... درسنامه ۳، انرژی ..... درسنامه ۴، تکانه ..... درسنامه ۵، کار و انرژی جنبشی..... درسنامه ۶، نیروهای پایستار ..... درسنامه ۷، انرژی پتانسیل گرانشی آونگ..... درسنامه ۸، انرژی درونی..... درسنامه ۹، توان .....	۵۱ ..... ۵۶ ..... ۵۷ ..... ۵۸ ..... ۵۹ ..... ۶۰ ..... ۶۱ ..... ۶۲ ..... ۶۰ .....
<b>فصل سوم: ویژگی‌های ماد</b>			
درسنامه ۱، شکل و حجم جامد و مایع ..... درسنامه ۲، بُرد نیروی بین مولکولی ..... درسنامه ۳، پلاسمما ..... درسنامه ۴، پدیدهٔ پخش ..... درسنامه ۵، حرکت برآونی ..... درسنامه ۶، ویژگی مواد در مقیاس نانو ..... درسنامه ۷، تر شوندگی، ارتفاع مایع در لوله مویین ..... درسنامه ۸، فشار ..... درسنامه ۹، فشار جامد - مایع و گاز ..... درسنامه ۱۰، سطح مایع در حرکت با شتاب ثابت..... درسنامه ۱۱، فشار خون انسان..... درسنامه ۱۲، نیروی مایع بر کف ظرف و وزن مایع ..... درسنامه ۱۳، نیروی شناوری، اصل ارشمیدس ..... درسنامه ۱۴، اصل برنولی .....	۸۹ ..... ۸۹ ..... ۹۰ ..... ۹۰ ..... ۹۱ ..... ۹۱ ..... ۹۱ ..... ۹۲ ..... ۹۳ ..... ۹۵ ..... ۹۵ ..... ۹۶ ..... ۹۷ ..... ۹۸ .....	درسنامه ۱، مقدمات ترمودینامیک ..... درسنامه ۲، معادلهٔ حالت..... درسنامه ۳، فرآیندهای ترمودینامیکی - تبادل انرژی ..... درسنامه ۴، رابطهٔ انرژی درونی - دما - قانون اول ترمودینامیک ..... درسنامه ۵، فرآیند خودبه‌خود - ماشین‌های گرمایی ..... درسنامه ۶، چرخهٔ کارنو ..... درسنامه ۷، قانون دوم ترمودینامیک به بیان گرمایی و یخچالی.....	۲۱۳ ..... ۲۱۳ ..... ۲۱۵ ..... ۲۲۳ ..... ۲۲۵ ..... ۲۲۹ ..... ۲۳۰ .....
<b>فصل پنجم: ترمودینامیک</b>			

## به نام خدا

### سخنی با دانشآموزان

کتاب فیزیک ۱ برای دانشآموزان دهم که در دوره دوم دبیرستان در رشته ریاضی مشغول تحصیل‌اند و براساس کتاب فیزیک ۱ درسی تألیف شده و شامل پنج فصل به شرح زیر است:

- ۱- فصل اول: اندازه‌گیری
  - ۲- فصل دوم: کار و انرژی
  - ۳- فصل سوم: ویژگی‌های ماده
  - ۴- فصل چهارم: دما و گرما
  - ۵- فصل پنجم: ترمودینامیک
- هریک از فصل‌های این کتاب شامل عنوان‌های زیر است:
- (الف) پرسش‌های مفهومی
  - (ب) پاسخ پرسش‌های مفهومی
  - (پ) درسنامه‌ها
  - (ت) پرسش‌های چهارگزینه‌ای (تست)
  - (ث) پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

### الف و ب

- در پرسش‌های مفهومی معرفی عنوان‌های اصلی و مهم هر فصل با طرح پرسشی انجام شده است.
- این پرسش‌ها همان پرسش‌ها یا شبیه به پرسش‌هایی هستند که شما در امتحان‌های دبیرستانی با آن‌ها مواجه می‌شوید. بنابراین به آن‌ها توجه ویژه کرده و آن‌ها را به یاد و خاطر خود بسپارید.
- در پاسخ به این پرسش‌ها، درس و نکته‌های درسی مربوط به آن به صورتی بیان شده که از شما توقع می‌شود در ورقه‌های امتحانی پاسخ دهید. نه طولانی و نه خیلی مختصراند. در پایان پاسخ به پرسش‌های مفهومی، شماره و عنوان درسنامه مربوط به آن بیان شده تا برای درک و فهم مطلب درسی مطرح شده در پرسش مفهومی، به آن‌ها مراجعه کنید. به همین دلیل، فهرست درسنامه‌ها برای دسترسی سریع به آن‌ها به طور جداگانه آورده شده است.

### پ

- درسنامه‌ها بعد از پاسخ به پرسش‌های مفهومی آورده شده‌اند و انتظار دارم که آن‌ها را به طور دقیق مطالعه کنید تا مفهوم درس را به خوبی بیاموزید. برای آن که مطلب‌های درسی با پیشرفت درس شما در دبیرستان هماهنگ باشد، مطلب درسی هر فصل به قسمت‌های کوچک‌تر و هماهنگ با درس شما در دبیرستان، تقسیم شده و با عنوان درسنامه، ارائه شده است.
- هرجا که لازم بوده و در حدممکن، مطلب‌های درسی در سطحی بالاتر از کتاب درسی با عنوان بیشتر بدانید در درسنامه‌ها گنجانده شده است. در امتحان، این قسمت‌ها مورد پرسش قرار نمی‌گیرند، اما یادگیری آن‌ها شما را در پاسخ به پرسش‌های دبیرستانی و نیز کنکورهای تستی، کمک شایانی می‌کند. آن‌ها را فراگیرید و از دست ندهید. لطفاً آن‌ها را خوب مطالعه کرده و در یادگیری و به خاطر سپردن آن‌ها تلاش کنید. متšکرم که به توصیه‌های من که حاصل تجربه طولانی در تدریس و تألیف کتاب‌های متعدد درسی و کمک درسی است، گوش داده و عمل می‌کنید.

## ت و ث

- از آن جا که کتاب فیزیک ۱ جدیدالتألیف است، تست‌ها بیشتر تألیفی‌اند.
- از تست‌های کنکورهای سراسری نظام آموزشی قبلی که به درس فیزیک ۱ مربوط می‌شوند، برای آگاهی و آشنایی شما با این کنکورها نیز استفاده و به تست‌های هر فصل اضافه شده‌اند.
- موضوع درسی بعضی از تست‌ها بالاتر از سطح کتاب فیزیک ۱ هستند، اما در بسیاری از دیبرستان‌ها، مدارس پرتر و تیزهوشان تدریس می‌شوند و در کنکورهای سراسری نیز از مطلب‌های درسی این تست‌ها، پرسش طرح می‌شود. این‌گونه تست‌ها با عنوان «اختیاری» یا دشوار مشخص شده‌اند. از آن‌ها عبور نکنید و به تلاش در حل آن‌ها و یادگیری درس مربوط به آن‌ها، کوشای بشید.
- پاسخ به تست‌ها به صورت تشریحی است. اما این تشریح در حد لازم است، یعنی نه کم و نه زیاد است تا شما را خسته نکند.
- در پاسخ به تست‌ها هرجا لازم بوده مطلب اضافی و کمی بالاتر از سطح کتاب درسی بیان شده و بنا به اقتضا و برای آن که سرعت پاسخگویی شما به تست‌ها را افزایش دهد، ممکن است فرمول و رابطه‌هایی نیز اضافه شده باشند. از این‌گونه مطلب‌ها و فرمول‌ها نیز عبور نکنید، لطفاً.

- اگر به مطالعه و یادگیری مطلب‌های درسی با تشریح بیشتر و در سطح بالاتری علاقه‌مند هستید، به کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه و برای فصل ترمودینامیک به کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه تألیف خودم از انتشارات مبتکران، رجوع کنید.
- کتاب، ویرایش جدید شده، اشکال‌های چاپ قبلی برطرف شده و در آن تغییرات اساسی داده شده است.

## سخنی با همکاران

- این کتاب با طرحی جدید تألیف شده که در سخنی با دانش‌آموزان، توضیح داده‌ام. درنتیجه با کتاب‌های قبلی اینجانب که اکثر همکاران با آن‌ها آشنایی دارند، از نظر ساختار، متفاوت است. لطفاً کمی با حوصله، سخنی با دانش‌آموزان را مطالعه کنید و کتاب را از نیز از مددّظر بگذرانید.
- مطلب‌های درسی که با عنوان درسنامه آورده شده‌اند به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم شده‌اند. برای دسترسی سریع به درسنامه‌ها، شماره صفحه هر درسنامه و عنوان آن، در فهرست جداگانه آورده شده است.
- از همکاران گرامی تقاضا می‌کنم مرا از راهنمایی و توصیه‌های خود بی‌نصیب نکنند، متشرکم.

## ختم کلام

بر خود واجب می‌دانم از تمام کسانی که در آماده‌سازی کتاب یاریم دادند، تشکر کنم:

- از آقای یحیی دهقانی مدیرعامل شرکت آموزشی فرهنگی مبتکران به خاطر همراهی مداومشان.
- از خانم مینا غلام‌پور که ویراستاری علمی کتاب را به عهده داشتند و در مرحله‌های آماده‌سازی کتاب مرا همراهی کردند.
- از آقای خدایار مبین مدیر واحد حروف‌چینی و گرافیک به خاطر سرپرستی در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب.
- از خانم ملیحه محمدی آدرس به خاطر پشتکار و همراهی صبورانه در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب
- از خانم مینا غلام احمدی برای رسم شکل‌ها
- از خانم سمانه ایمان‌فرد به خاطر طراحی جلد
- از خانم کبری مرادی مقدم مدیر واحد تولید و همکاران ایشان به خاطر فراهم کردن زمینه چاپ کتاب.
- از آقای محسن انصاری مدیر واحد پخش و همکاران ایشان به خاطر فراهم کردن زمینه پخش کتاب

با سپاس بیکران از رحمت‌های بی‌بایان خداوند

غلامعلی محمودزاده

## فصل اول

# اندازهگیری





پرسش‌های مفهومی

- ۱- کمیت فیزیکی را تعریف کنید.
- ۲- مفهوم اندازه‌گیری را بیان کنید.
- ۳- برای اندازه‌گیری یک کمیت چه تمهیداتی لازم است؟
- ۴- تعریف یکا در اندازه‌گیری چیست؟
- ۵- یکای یک کمیت باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد؟
- ۶- چه موقع می‌توان ادعا کرد که یک کمیت را می‌شناسیم؟
- ۷- به چه دلیل در دانش اندازه‌گیری، کمیت‌ها را به دو گروه اصلی و فرعی دسته‌بندی می‌کنند؟
- ۸- کمیت اصلی و کمیت فرعی را تعریف کنید.
- ۹- دستگاه اندازه‌گیری یعنی چه؟
- ۱۰- کمیت‌های اصلی را در دستگاه بین‌المللی یکاها، SI، نام ببرید.
- ۱۱- یکای کمیت‌های اصلی SI چه نام دارند و نماد هر کدام چیست؟
- ۱۲- جرم کیلوگرم نمونه (یکای جرم) برابر جرم یک لیتر آب مقطر با دمای  ${}^{\circ}\text{C}$  انتخاب شده است. آیا می‌دانید که چرا دمای آب را  ${}^{\circ}\text{C}$  انتخاب کرده‌اند؟
- ۱۳- یکای طول در SI، فاصله دو علامت روی میله‌ای است که در دمای صفر سلسیوس در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود. چرا باید دمای متر نمونه را در صفر سلسیوس ثابت نگهداشت؟
- ۱۴- علت تعیین پیشوندها در SI چیست؟ ویژگی مشترک این پیشوندها چیست؟
- ۱۵- بار الکتریکی یک ذره در حدود  ${}^{\circ}\text{C} \times 10^{-6} / 4$  است. این مقدار، چند فمتوکولن می‌شود؟
- ۱۶- نماد علمی یعنی چه و در کجا استفاده می‌شود؟
- ۱۷- زمان یک سال را بر حسب ثانیه محاسبه کرده و سپس آن را به صورت نماد علمی بنویسید. این زمان چند مگاثانیه می‌شود؟
- ۱۸- کمیت نرده‌ای یعنی چه و چه ویژگی‌هایی دارد؟
- ۱۹- کمیت برداری را تعریف کرده و ویژگی آن را بنویسید.
- ۲۰- یک پرسش مشهور و عامیانه آن است که گفته می‌شود «بنبه سنگین‌تر است یا آهن؟» آیا این پرسش درست است؟ با معرفی یک کمیت، این پرسش را تصحیح کنید.
- ۲۱- چگالی یک جسم به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟ آن‌ها را توضیح دهید.
- ۲۲- از مقایسه چگالی جسم در فازهای جامد، مایع و گاز با هم، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- ۲۳- مقدار  $850\text{g}$  از یک پودر با حجم یک لیتر را با  $5\text{kg} / 1\text{L}$  آرد با حجم سه لیتر مخلوط کرده‌ایم. چگالی این مخلوط چند کیلوگرم بر مترمکعب می‌شود؟
- ۲۴- یکاهای دیگر چگالی عبارت‌اند از «گرم بر لیتر  $\text{g} / \text{lit}$ » و «گرم بر سانتی‌متر مکعب  $\text{g} / \text{cm}^3$ » کدام یک از این سه یکا بزرگ‌تر از بقیه است؟ رابطه بین آن‌ها را بنویسید.
- ۲۵- دقیت اندازه‌گیری یعنی چه و به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟ آن‌ها را نام ببرید.
- ۲۶- خطای اندازه‌گیری را چگونه تعیین می‌کنیم؟
- ۲۷- مقدار اندازه‌گیری شده را چگونه باید گزارش کرد؟
- ۲۸- رقم‌های بامعنا در گزارش مقدار یک کمیت، کدام‌اند؟
- ۲۹- طول یک جسم با رقم‌های معنادار برابر  $13 / 7\text{m}$  گزارش شده است، طول این جسم بر حسب میلی‌متر، چه قدر می‌شود؟
- ۳۰- حاصل ضرب دو مقدار با رقم‌های معنادار که اولی  $439\text{cm}$  و دومی  $2186\text{cm}$  است، چه مقدار می‌شود؟



### پاسخ پرسش‌های مفهومی

- ۱- هر چیزی که اندازه (مقدار) آن قابل افزایش و کاهش باشد و مقدار آن را بتوان با یک عدد مشخص کرد، کمیت نام دارد.
- ۲- اندازه‌گیری به معنای مقایسه بزرگی مقدار یک کمیت با یکای آن است. نتیجه این مقایسه عددی است که اگر در یکای کمیت ضرب شود، اندازه کمیت به دست می‌آید. درسنامه شماره ۱ را مطالعه کنید.
- ۳- برای اندازه‌گیری یک کمیت باید:  
 (الف) وسیله‌ای برای اندازه‌گیری آن مشخص و آماده کنیم.  
 (ب) یکایی برای اندازه‌گیری آن معلوم کنیم.
- ۴- یکای اندازه‌گیری هر کمیت، مقدار مشخصی از آن کمیت است که به عنوان یکای آن انتخاب می‌شود.
- ۵- روش است که یکای هر کمیت، از جنس همان کمیت است و باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:  
 (الف) ثابت باشد و مقدار آن در مکان‌ها و زمان‌های مختلف، تغییر نکند.  
 (ب) با دقت زیاد بتوان آن را مشخص و تعیین کرد تا انجام آزمایش‌های بسیار دقیق امروزی، امکان پذیر باشد.  
 (پ) همیشه و همه جا در دسترس باشد تا اگر از بین رفت، دوباره بتوان دقیقاً عین آن را ساخت.
- ۶- زمانی می‌توان ادعا کرد که یک کمیت از دیدگاه فیزیکی شناخته شده است که بتوان آن را اندازه گرفت و مقدار آن را با عددی برحسب یکای آن مشخص کرد.
- ۷- علت آن است که:  
 (الف) تعداد کمیت‌های فیزیکی زیاد است.  
 (ب) انتخاب یکای برای یک کمیت با توجه به ویژگی‌های آن، کاری دشوار است و از طرف دیگر انتخاب یکای برای بعضی از کمیت‌ها که دارای ویژگی یکای باشد، عمل غیرممکن است.
- ۸- کمیت اصلی، کمیتی است که یکای آن به طور مستقل انتخاب می‌شود. به کمیتی فرعی گفته می‌شود که یکای آن به کمک رابطه‌اش با کمیت‌های اصلی، تعریف می‌شود. به درسنامه شماره ۲ رجوع کنید.
- ۹- به مجموعه یکاهای اصلی و فرعی، دستگاه اندازه‌گیری گفته می‌شود.
- ۱۰- در SI، هفت کمیت زیر به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده‌اند:  
 «طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی، شدت نور، مقدار ماده»
- ۱۱- (۱) طول: متر با نماد m (۲) جرم: کیلوگرم با نماد kg (۳) زمان: ثانیه با نماد s (۴) دما: کلوین با نماد K (۵) شدت جریان الکتریکی: آمپر با نماد A (۶) شدت نور: کاندلا با نماد cd (۷) مقدار ماده: مول با نماد mol



یکای هر کمیت که به نام یک دانشمند باشد، با حرف بزرگ نوشته می‌شود. مانند یکای دما که به نام ژرد کلوین است (K) یا یکای نیرو که به نام نیوتون (N) است.

- ۱۲- علت آن است که ویژگی یکای انتخاب شده را باید دقیقاً مشخص کرد. از طرف دیگر، حجم یک مقدار آب در دمای  ${}^{\circ}\text{C}$  سلسیوس کمینه و درنتیجه چگالی آن بیشینه است.
- ۱۳- زیرا متر نمونه فلزی است (آلیاژ پلاتین و ایریدیوم) و طول آن با تغییر دما، تغییر می‌کند و یکای ثابت باشد. بنابراین، دمای آن باید در صفر سلسیوس (که انتخاب دمای یکای طول است)، همواره ثابت نگهداری می‌شود.
- ۱۴- اندازه یک کمیت ممکن است بسیار بسیار کوچک یا بسیار بزرگ باشد، برای آن که این گونه مقدارها با رقم‌های زیاد نوشته نشوند، در SI پیشوندها تعیین شده‌اند.
- مثالاً فاصله زمین از خورشید در حدود  $150,000,000\text{m}$  است. به کمک پیشوند گیگا ( $10^9$ ) این فاصله به صورت  $150\text{Gm}$  نوشته می‌شود.

ویژگی مشترک این پیشوندها آن است که همه آن‌ها مضرب‌های درستی از ۵ و به صورت  $10^n$  هستند که  $n$ ، عدد درست مثبت یا منفی است.

- ۱۵ فرمto پیشوندی با نماد «f» و به معنای  $10^{-15}$  است. بنابراین خواهیم داشت:

$$q = \frac{4/6 \times 10^{-14}}{10^{-15}} fC \Rightarrow q = 46 fC$$



سعی نکنید که پیشوندها، معنای آن‌ها و نمادشان را حفظ کنید. بعضی از پیشوندها را از قبل به خاطر دارید، مانند سانتی، میلی، میکرو، نانو، کیلو، مگا و ... که به علت، تکرار شدن زیاد آن در محاوره‌های روزانه و در پرسش‌ها و مسأله‌های است. فکر می‌کنم به یاد داشتن همین پیشوندها کافی است، آن هم به دلیل آن که در حل پرسش‌ها، سرعت شما را افزایش می‌دهد.

- ۱۶ نماد علمی، نشان دادن عددها به صورت  $m \times 10^n$  است. یعنی عدد را به صورت حاصل ضرب ضریبی مانند  $m$  در توان درستی از  $10^n$  می‌نویسیم. ضریب  $m$  خود عددی بزرگ‌تر یا برابر یک و کوچک‌تر از ۱ ( $1 > m \geq 1$ )، و  $n$  عدد درستی است که ممکن است مثبت یا منفی باشد.

نماد علمی روشی برای نشان دادن عددهای بسیار کوچک یا بسیار بزرگ است.

- ۱۷ یک سال (year) برابر ۳۶۵ روز و هر روز ۲۴ ساعت و هر ساعت ۳۶۰۰ ثانیه است. بنابراین خواهیم داشت:

$$1\text{day} = 24 \times 3600 = 86400\text{s}$$

$$1\text{year} = 86400 \times 365 = 31536000\text{s}$$

مقدار بالا با نماد علمی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$1\text{year} = 3 / 1536 \times 10^7 \text{s}$$



معمول بر آن است که عددها را گرد می‌کنیم. برای گرد کردن از رقم‌های سمت راست چشم‌پوشی می‌شود از هر رقم که می‌گذریم اگر کوچک‌تر از ۵ بود رقم سمت چپ آن، خودش باقی می‌ماند و اگر برابر یا بزرگ‌تر از ۵ بود، به رقم سمت چپ، یک واحد اضافه می‌کنیم.

مثلًا برای گرد کردن عدد  $3 / 1536$ ، با چشم‌پوشی از رقم ۶، عدد به صورت  $3 / 154$  خواهد شد. اکنون از رقم ۴ چشم‌پوشی کرده و چون کوچک‌تر از ۵ است، عدد به صورت  $3 / 15$  می‌شود و درنتیجه، یک سال تا یک صدم تقریب برابر  $3 / 15 \times 10^7 \text{s}$  و تا یک

دهم تقریب برابر  $3 / 2 \times 10^7 \text{s}$  می‌شود و ...

$$1\text{year} = 3 / 15 \times 10^7 \text{s} \approx \pi \times 10^7 \text{s}, \quad \pi = 3 / 14$$

مگا با نماد M به معنای  $10^6$  است. بنابراین، یک سال بر حسب مگا ثانیه برابر مقدار زیر خواهد شد:

$$1\text{year} = 3 / 15 \times 10^7 \text{s} = 31 / 5 \text{Ms}$$

- ۱۸ کمیتی را نردهای گویند که:

الف) مقدار دارد و ممکن است جهت داشته و یا نداشته باشد.

ب) همواره از محاسبه‌های جبری پیروی کند.

پ) می‌تواند مثبت یا منفی باشد.



مثبت یا منفی بودن، ویژه کمیت‌های نرده‌ای است و کمیت‌های برداری، مثبت و منفی ندارند.

مثالاً دما کمیتی نرده‌ای است و دمای جسم‌ها می‌تواند مثبت یا منفی باشد. دمای یک جسم ممکن است « $+15^{\circ}\text{C}$ » (پانزده درجه سلسیوس) یا دمای جسم دیگر، « $-34^{\circ}\text{C}$ » باشد. فشار کمیتی نرده‌ای و دارای جهت است. درباره کمیت‌های نرده‌ای و برداری، درسنامه شماره ۱ فصل ۲ (کار و انرژی) را مطالعه کنید.

- کمیتی که اندازه و جهت دارد و همواره از محاسبه‌های برداری پیروی می‌کند، را کمیت برداری می‌نامند.  
يعنى ویژگی کمیت برداری، جهت‌دار بودن و پیروی کردن از محاسبه‌های برداری است. توجه کنید که کمیت برداری، مثبت یا منفی ندارد.

- این پرسش، درست نسیت. مثلاً ۲۰ کیلوگرم پنبه سنگین‌تر است یا ۱۲ کیلوگرم آهن؟ واضح است که در این مثال، پنبه سنگین‌تر است. سنگینی، اشاره به وزن دارد و وزن وابسته به جرم است. هر جسمی که جرمش بیش‌تر باشد، وزنش نیز بیش‌تر خواهد بود. کمیتی که می‌تواند چنین پرسش‌هایی را تصحیح کند، چگالی نام دارد که تعریف آن به صورت زیر است:  
**«چگالی، جرم واحد حجم از هر جسم است.»**

چگالی را با نماد « $\rho$ » (رُو) نشان می‌دهیم و یکای آن کیلوگرم بر متر مکعب  $\text{kg} / \text{m}^3$  است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \leftarrow \rho = \frac{\text{m} \rightarrow \text{kg}}{\text{V} \rightarrow \text{m}^3}$$

با معرفی چگالی، درست آن است که پرسیده شود «پنبه چگال‌تر است یا آهن؟» که پاسخ آن آهن خواهد بود. زیرا چگالی آهن از چگالی پنبه بیش‌تر است.

يعنى برای محاسبه چگالی یک جسم، باید جرم آن را بر حجمش تقسیم کنیم. مثلاً اگر جرم یک جسم  $9/6\text{kg}$  و حجم آن  $1500\text{m}^3$  سانتی‌متر مکعب باشد، چگالی آن به روش زیر محاسبه می‌شود.

$$m = 9/6\text{kg}$$

$$1\text{m}^3 = 10^6\text{cm}^3 \Rightarrow 1\text{cm}^3 = 10^{-6}\text{m}^3 \Rightarrow \frac{1500\text{cm}^3}{1\text{cm}^3} = \frac{V}{10^{-6}\text{m}^3} \Rightarrow V = 1/5 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{9/6}{1/5 \times 10^{-3}} = \frac{9/6 \times 10^3}{1/5} \Rightarrow \rho = 6/4 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 6400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- چگالی یک جسم به جنس آن یعنی ماده‌ای که جسم از آن ساخته شده بستگی دارد. علاوه بر آن، چگالی جسم به دمای آن نیز وابسته است. زیرا اگر دمای جسم تغییر کند، هرچند جرم آن ثابت می‌ماند، حجم و درنتیجه، چگالی جسم تغییر می‌کند. با افزایش یا کاهش دما، معمولاً حجم جسم به ترتیب، افزایش یا کاهش می‌یابد. چگالی با حجم نسبت وارون دارد. بنابراین، با افزایش یا کاهش دمای جسم، چگالی آن به ترتیب کاهش یا افزایش خواهد یافت.

- مقایسه چگالی یک جسم در فازهای جامد، مایع و گاز نشان می‌دهد که چگالی جامد از مایع و مایع از گاز بزرگ‌تر است. از این مقایسه نتیجه می‌شود که، **فاصله مولکول‌های یک جسم در فاز گاز از مایع و در فاز مایع از جامد بزرگ‌تر است.**

- اگر جرم و حجم مخلوط به ترتیب برابر  $M$  و  $V$  باشد، چگالی مخلوط را بر حسب جرم و حجم ماده‌های موجود در آن و نیز چگالی این ماده‌ها، محاسبه می‌کنیم:

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad M = m_1 + m_2, \quad V = V_1 + V_2 \Rightarrow \rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$M = 0/85 + 1/5 = 2/35\text{kg}$$

$$V = 1 + 3 = 4\text{lit} = 4 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

$$\rho = \frac{2/35}{4 \times 10^{-3}} \Rightarrow \rho = 587 \text{ kg/m}^3$$

- ۲۴- یکای  $\text{kg}/\text{m}^3$  از دو یکای دیگر یعنی  $\text{g}/\text{lit}$  و  $\text{kg}/\text{m}^3$  بزرگتر و دو یکای اخیر با هم برابرند. رابطه بین این یکاها به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \frac{1 \text{ kg}}{\text{m}^3} &= 1 \times \frac{1000 \text{ g}}{1000 \text{ lit}} \Rightarrow \frac{1 \text{ kg}}{\text{m}^3} = \frac{1 \text{ g}}{\text{lit}} \\ \frac{1 \text{ g}}{\text{cm}^3} &= 1 \times \frac{\frac{1}{1000} \text{ kg}}{\frac{1}{1000} \text{ m}^3} \Rightarrow \frac{1 \text{ g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1000 \frac{\text{g}}{\text{lit}} \end{aligned}$$

- ۲۵- معمولاً هر اندازه‌گیری با خطأ همراه است. دقت اندازه‌گیری به معنای دوری جستن از همین خطاهاست.

دقت اندازه‌گیری به دو عامل زیر مربوط می‌شود:

الف) دقت شخص اندازه‌گیر

ب) دقت وسیله اندازه‌گیری

الف: خطای شخصی که اندازه‌گیری می‌کند، با تکرار آزمایش و محاسبه میانگین مقدارهای اندازه‌گیری شده تا حد قابل قبولی کاهش می‌یابد.

- در محاسبه میانگین، ابتدا از مقدارهای اندازه‌گیری شده کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین آن‌ها را کنار گذاشته و میانگین بقیه را محاسبه می‌کنیم.

ب: دقت وسیله اندازه‌گیری برابر کوچک‌ترین مقداری است که روی وسیله مشخص شده و می‌تواند، آن را اندازه بگیرد. مثلاً دقت یک ترازوی دیجیتالی که کمتر از  $5\text{ g}$  را نشان نمی‌دهد، برابر  $5\text{ g}$  یا دقت یک خط کش میلی‌متری برابر یک میلی‌متر است.

- ۲۶- خطای اندازه‌گیری را معمولاً برابر مثبت و منفی نصف ( $\frac{1}{2}$ ) کوچک‌ترین درجه‌بندی روی وسیله می‌گیرند و خطای اندازه‌گیری با ابزارهای دیجیتالی (رقمی) برابر کوچک‌ترین مقداری است که روی وسیله می‌تواند اندازه بگیرد.

در این باره به درسنامه شماره ۳ «دقت اندازه‌گیری» مراجعه کنید.

- ۲۷- بعد از محاسبه میانگین قابل قبول و نیز خطای اندازه‌گیری، مقدار گزارش شده باید به صورت زیر باشد:  
(خطای اندازه‌گیری)  $\pm$  (مقدار میانگین) = مقدار گزارش شده کمیت

مثالاً اگر مقدار میانگین قابل قبول در اندازه‌گیری طول یک جسم برابر  $25\text{ cm}$  و خطای اندازه‌گیری برابر  $1\text{ cm}$  باشد، طول این جسم، به صورت زیر گزارش می‌شود:

$$25 \pm 1 \text{ cm}$$

- ۲۸- وسیله اندازه‌گیری، خود دارای یک دقت است. مثلاً دقت زمان‌سنجی که تا دهم ثانیه را اندازه می‌گیرد، برابر  $1/10$  است. گزارش شخص اندازه‌گیر نیز با دقتی انجام می‌شود. اگر دقت وسیله و دقت گزارش اندازه‌گیری با این وسیله، برابر باشند، رقم‌های موجود در گزارش، رقم‌های با معنا هستند.

در این باره به قسمت‌های «رقم‌های با معنا» در درسنامه ۳ رجوع کنید.

- ۲۹- کافی است که مقدار داده شده را در  $1000\text{ mm}$  ضرب کنیم، حاصل  $13700\text{ mm}$  می‌شود. اما کمی دقت کنید، زیرا این پاسخ درست نیست. چرا؟ چون تعداد رقم‌های با معنا در تبدیل یک‌نایاب تغییر کند. درست آن است که پاسخ با نماد علمی و به صورت  $1.37 \times 10^4 \text{ mm}$  نوشته شود تا تعداد رقم‌های با معنای آن، تغییر نکند.

- ۳۰- وقتی محاسبه با مقدارهایی انجام می‌دهیم که رقم‌های آن‌ها معنادار هستند، تعداد رقم‌های نتیجه محاسبه در ضرب و تقسیم، باید برابر تعداد رقم‌های با معنا در مقداری باشد که کمترین تعداد رقم با معنا دارد. مثلاً در ضرب دو مقدار با معنا یکی  $439\text{ cm}$  و دیگری  $2186\text{ cm}$ ، حاصل ضرب با مقدار  $959654\text{ cm}^2$ ، نادرست و مقدار  $959 \times 10^3 \text{ cm}^2$  درست است. در این باره و نیز درباره حاصل جمع و تفریق رقم‌های با معنا به درسنامه شماره ۳ همین فصل رجوع کنید.

## درسنامه ۱

## کمیت

**کمیت فیزیکی:** به هر چیزی که مقدار داشته، مقدار آن قابل افزایش یا کاهش باشد و مقدار آن را بتوان با یک عدد بیان کرد، کمیت فیزیکی گفته می‌شود.

طول، جرم، زمان، کار و انرژی، بار الکتریکی، شدت جریان الکتریکی، دما و ... از کمیت‌های فیزیکی‌اند.

**یکا:** مقدار مشخص و معینی از هر کمیت را یکای آن کمیت می‌نامند.

یکای تعداد محدودی از کمیت‌ها را انتخاب می‌کنند. یکای بقیه کمیت‌ها، به کمک رابطه کمیت‌ها با یکدیگر، تعریف می‌شود. مثلاً برای یکای طول، طول میله‌ای که در موزه سرور فرانسه نگهداری می‌شود انتخاب شده است، (بعداً به طور دقیق‌تر معرفی می‌شود). اما یکای مساحت به صورت «مساحت مربعی به ضلع یک متر» تعریف شده است.

**ویژگی‌های یکا:** یکای هر کمیت باید ویژگی‌هایی داشته باشد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- الف) یکا باید همیشه و همه‌جا ثابت باشد و تغییر نکند، تا در ارتباط‌های علمی، صنعتی، تجاری و ... انسان‌ها با هم دچار مشکل نشوند.
- ب) تعیین یکا باید با دقت زیاد انجام شود، تا انجام آزمایش‌های بسیار دقیق امروزی، امکان‌پذیر باشد.
- پ) یکا باید در دسترس باشد. یعنی اگر یکای انتخابی از بین رفت، دوباره بتوان دقیقاً مشابه آن را ساخت.

**اندازه‌گیری:** مقایسه مقدار (بزرگی، اندازه) یک کمیت با یکای خودش، اندازه‌گیری نام دارد. نتیجه این اندازه‌گیری، عددی است که اگر در یکای کمیت ضرب شود، اندازه کمیت به دست می‌آید.

مثلاً وقتی طول یک صفحه کاغذ را با خط‌کش سانتی‌متری اندازه می‌گیرید، بزرگی طول صفحه کاغذ را با یکای سانتی‌متر (یکای طول) مقایسه می‌کنید تا مشخص شود که طول صفحه کاغذ چند برابر طول یک سانتی‌متر است. نتیجه این مقایسه عددی است مانند ۲۵ که اگر در سانتی‌متر ضرب شود، اندازه طول صفحه کاغذ به صورت «۲۵cm» به دست می‌آید.

برای اندازه‌گیری یک کمیت باید:

- الف) یکایی برای آن کمیت انتخاب یا تعریف کرد.
- ب) وسیله‌ای برای اندازه‌گیری آن مشخص شود.

این وسیله، یا یک دستگاه مانند خط‌کش یا ترازو یا آمپرسنچ و ... است، یا یک رابطه بین کمیت‌ها، مانند رابطه مساحت با طول ( $A = L^2$ ) یا رابطه بین وزن جسم با جرم آن و شدت میدان گرانش زمین ( $W = mg$ ) یا ...

## کمیت اصلی و فرعی

الف) کمیت اصلی: به کمیت‌هایی اصلی گفته می‌شود که یکای آن‌ها به طور مستقل انتخاب می‌شود.

هفت کمیت «طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی، شدت نور و مقدار ماده» به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب شده‌اند.

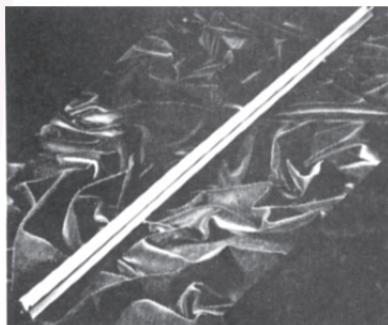
ب) کمیت فرعی: به کمیتی فرعی گفته می‌شود که یکای آن انتخاب نشده و تعریف می‌شود. به غیر از کمیت‌های اصلی، بقیه کمیت‌ها مانند مساحت، حجم، کار و انرژی، بار الکتریکی، میدان مغناطیسی و ... کمیت فرعی‌اند.

از آن جا که انتخاب یکای کمیت‌های اصلی کاری بسیار دشوار است، سعی می‌شود که تعداد کمیت‌های اصلی، کمترین مقدار ممکن باشد و تا مجبور نشده‌ایم، کمیتی را به عنوان کمیت اصلی انتخاب نمی‌کنیم. مثلًاً با چهار کمیت «طول، جرم، زمان و دما» نمی‌توان یکای کمیت‌های الکتریکی و مغناطیسی را تعریف کرد. در اینجا مجبور می‌شویم کمیتی الکتریکی را به عنوان کمیت اصلی انتخاب کنیم. که این کار با انتخاب کمیت شدت جریان، انجام شده است.

## درسنامه ۲

### دستگاه بین‌المللی یکاهای SI

در دستگاه بین‌المللی یکاهای که به اختصار «SI» نامیده می‌شود، کمیت‌ها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم شده‌اند.



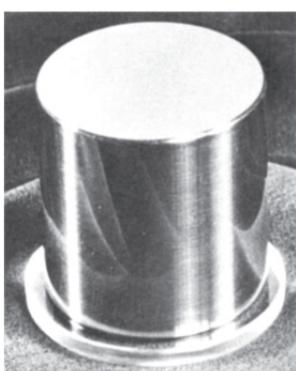
کمیت‌های اصلی SI: هفت کمیت در SI به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب شده‌اند. که یکا و نماد آن‌ها به ترتیب عبارت‌اند از:

«متر با نماد m ، کیلوگرم با نماد kg ، ثانیه با نماد s ، کلوین با نماد K ، آمپر با نماد A ، کاندلا با نماد cd و مول با نماد mol » با یکای بقیه کمیت‌ها در جای خود، آشنا خواهد شد.

**یکای طول:** یکای طول در SI، «متر، m» نام دارد. یک متر برابر فاصله دو علامت است که روی یک میله مشخص شده است. این میله، آلیاژی از عنصرهای پلاتین و ایریدیوم است که در دمای صفر سلسیوس در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود (شکل بالا).

آخرین انتخاب برای متر نمونه، براساس سرعت نور در خلاء (c) است. براین اساس «یک متر برابر فاصله‌ای است که نور در مدت  $\frac{1}{299792458}$

$$\text{ثانیه در خلاء می‌پیماید.} \text{ این زمان در واقع } t = \frac{1}{c} \text{ است (} c = 3 \times 10^8 \text{ m/s).}$$



**یکای جرم:** یکای جرم در SI «کیلوگرم، kg» نام دارد. یک کیلوگرم، جرم استوانه‌ای از پلاتین و ایریدیوم است که در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود (شکل رو به رو).

جرم کیلوگرم نمونه، برابر جرم یک لیتر آب مقطور در دمای  ${}^{\circ}\text{C}$  ۰۰ انتخاب شده است.

**یکای زمان:** یکای زمان در SI «ثانیه، s» است.

یک ثانیه، زمانی برابر  $\frac{1}{86400}$  شبانه‌روز شمسی (یا میلادی) است. بعدها، این مبدأ

برای یکای زمان تغییر کرد و اکنون، ثانیه براساس ارتعاش‌های اتم سزیوم و نور

گسیل شده توسط آن، انتخاب شده است. یک شبانه‌روز (day) برابر است با:

1 day = 24 h = 1440 min = 86400 s

پیشوندهای در SI

اندازهٔ یک کمیت، گاهی بسیار کوچک یا بسیار بزرگ است. برای آن‌که عده‌های کوچک را با رقم‌های زیاد نویسیم، از پیشوندها استفاده می‌کنیم.

این پیشوندها در SI، همگی مضرب‌های ۱۰ هستند. هر پیشوند دارای «یک نام، یک معنا و یک نماد» است. مثلاً پیشوندی با نام «نانو» با نماد «n» به معنای  $10^{-9}$  است. وقتی یک پیشوند به اول یک یکا اضافه می‌شود، آن یکا را به اندازه خود کوچک یا بزرگ می‌کند. در جدول زیر، پیشوندهای SI با نام و معنای آنها آورده شده است.

نام پیشوند	معنای پیشوند	نام پیشوند	نام پیشوند	معنای پیشوند	نام پیشوند
da	$10^0$	کا	d	$\frac{1}{10} = 10^{-1}$	دسی
h	$100$	هکتو	c	$\frac{1}{100} = 10^{-2}$	سانتی
k	$1000$	کیلو	m	$\frac{1}{1000} = 10^{-3}$	میلی
M	$10^6$	مگا	$\mu$	$\frac{1}{1000000} = 10^{-6}$	میکرو
G	$10^9$	گیگا یا جیگا	n	$10^{-9}$	نانو
T	$10^{12}$	ترا	p	$10^{-12}$	پیکو
P	$10^{15}$	پتا	f	$10^{-15}$	فمتو
E	$10^{18}$	اگزا	a	$10^{-18}$	آتو
Z	$10^{21}$	زتا	z	$10^{-21}$	زپتو
Y	$10^{24}$	یوتا	v	$10^{-24}$	یوکتو

نماش عددہا یہ کمک نماد علمی

عددهای بسیار کوچک یا بسیار بزرگ را به کمک نماد علمی نشان می‌دهیم. در این روش، این عددها را به صورت حاصل ضرب «عددی برابر با بزرگتر از یک و کوچکتر از ده در توانهای مثبت یا منفی ۱۰ می‌نویسیم.

$$N = m \times 10^{\pm n}, \quad 1 \leq m \leq 10, \quad n = \text{عدد دوست}$$

$$N = 0.000009186 = 9.186 \times 10^{-6}$$

در اینجا  $n = -7$  و  $m = 9 / 186$  است. مثال دیگر:

$$N = 310364000 = 3 / 10364 \times 10^8, \quad m = 3 / 10364, \quad n = +8$$

۱۰ برابر تعداد رقم‌هایی است که ممیز را برای عددهای کوچک به طرف راست و برای عددهای بزرگ، به طرف چپ جایه‌جا می‌کنیم.

## درسنامه ۳

## دقت اندازه‌گیری - خطای

**دقت اندازه‌گیری:** هر اندازه‌گیری معمولاً با خطای همراه است. دقت اندازه‌گیری به دو عامل بستگی دارد:

(الف) دقت شخص اندازه‌گیرنده

(ب) دقت وسیله اندازه‌گیری

(الف) دقت شخصی که اندازه می‌گیرد با تکرار آزمایش و محاسبه میانگین مقدارهای اندازه‌گیری شده، افزایش می‌یابد.

**محاسبه میانگین:** ابتدا از بین مقدارهای حاصل از آزمایش، مقداری که از بقیه بسیار فاصله دارد و نیز کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین مقدار به دست آمده را کنار گذاشته و سپس میانگین بقیه مقدارها را محاسبه می‌کنیم. به مثال زیر توجه کنید:

**مثال:** شخصی طول یک جسم را با خطکش میلی‌متری اندازه‌گیری کرده و نتیجه را بر حسب سانتی‌متر به صورت زیر گزارش کرده است:

۲۴/۸، ۲۵/۱، ۲۴/۶۲، ۲۴/۶، ۲۴/۳، ۲۴/۵، ۲۴/۱

میانگین قابل قبول برای طول این جسم را به دست آورید.

**حل:** ابتدا مقدار ۲۵ cm که خارج از تمام مقدارهای گزارش شده است را کنار می‌گذاریم. در مرحله دوم ۲۴/۶۲ را حذف می‌کنیم چون خطکش تا میلی‌متر (دهم سانتی‌متر) را می‌تواند اندازه بگیرد و  $0.02$  میلی‌متر را نمی‌توان با این خطکش اندازه گرفت. در مرحله سوم، کوچک‌ترین مقدار (۲۴/۱cm) و بزرگ‌ترین مقدار (۲۴/۸cm) را کنار می‌گذاریم. اکنون میانگین بقیه مقدارها را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{24/6 + 24/3 + 24/5 + 24/4}{4} = \frac{97/8}{4} = 24/45\text{cm}$$

صبر کنید، میانگین به دست آمده، رقم ۵ را در مرتبه دهم میلی‌متر (صدم سانتی‌متر) نشان می‌دهد و خطکش میلی‌متری است. پس باید رقم ۵ را حذف و میانگین را به مقدار ۲۴/۴cm (یعنی ۲۴۴mm) در نظر گرفت.

**ب) دقت وسیله اندازه‌گیری:**

دقت وسیله اندازه‌گیری برابر کوچک‌ترین مقداری است که وسیله می‌تواند اندازه بگیرد.

مثلاً، اگر کوچک‌ترین وزن ترازوی ۵۰g باشد، دقت ۵۰g است و جرم‌های کوچک‌تر را نمی‌توانند اندازه بگیرد و اگر شخصی جرم یک جسم را با این ترازو و با دقیقی کمتر از ۵۰g مثلاً ۲/۴۲۵kg گزارش کرده باشد، گزارش او قابل قبول نیست. زیرا بر حسب گرم، جرم جسم ۲۴۲۵g می‌شود که ترازو نمی‌تواند ۵۰g را اندازه بگیرد.

به همین ترتیب، دقت ترازوی رقمی (دیجیتالی) که کمتر از ۵ میلی‌گرم را نشان نمی‌دهد، برابر ۵mg است.

**توجه:**

- ۱) دقت کولیس برابر نسبت کوچک‌ترین درجه بندی روی خطکش به تعداد تقسیم‌های ورنیه است.
- ۲) دقت ریزسنج برابر نسبت کوچک‌ترین واحد روی خطکش (معمولًاً نیم میلی‌متر است) به تعداد درجه‌های روی کلاهک متحرک ریزسنج (معمولًاً ۵۰ قسمت) است.

## خطای اندازه‌گیری

معمولًا خطای در یک اندازه‌گیری برابر مثبت و منفی نصف ( $\frac{1}{2}$ ) کوچک‌ترین درجه‌بندی روی وسیله منظور می‌شود. مثلاً اگر خطکش بر حسب میلی‌متر مدرج شده باشد، کوچک‌ترین مقداری که می‌تواند اندازه بگیرد برابر یک میلی‌متر و خطای اندازه‌گیری برابر « $5\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ » می‌شود. در مورد وسیله‌ی اندازه‌گیری رقمی (دیجیتالی)، خطای اندازه‌گیری برابر مثبت و منفی کوچک‌ترین رقمی است که وسیله می‌خواند. مثلاً اگر دماسنجد رقمی تا دهم درجه سلسیوس را می‌خواند (به عنوان مثال  $C = 6^{\circ} \pm 0.4^{\circ}$ )، خطای اندازه‌گیری برابر « $0.4^{\circ} \pm 0.1^{\circ}$ » است.



در هنگام اندازه‌گیری، اگر مقدار کمیت بین دو درجه متواالی وسیله باشد، مثلاً طول جسم بین  $26\text{ mm}$  و  $27\text{ mm}$  باشد، ممکن است با حدس زدن طول جسم را  $26.5\text{ mm}$  گزارش کنیم. در این صورت،  $0.5\text{ mm}$  قطعی نیست و نتیجه حدس شخص اندازه‌گیر است.

## گزارش نتیجه اندازه‌گیری

نتیجه اندازه‌گیری در یک آزمایش به صورت زیر گزارش می‌شود:

$$\text{خطای اندازه‌گیری} \pm (\text{مقدار میانگین}) = \text{مقدار گزارش شده کمیت}$$

اگر در یک اندازه‌گیری، طول جسمی به طور میانگین  $6.5\text{ cm} \pm 0.5\text{ cm}$  به دست آمده باشد، دقت وسیله برابر  $0.1\text{ cm}$  است و خطای اندازه‌گیری برابر می‌شود با:

$$\frac{1}{2} \times 0.5\text{ cm} = 0.25\text{ cm}$$

بنابراین، طول جسم بر حسب سانتی‌متر باید به صورت زیر گزارش شود:

$$6.5 \pm 0.25\text{ cm}$$

این بیان می‌رساند که در اندازه‌گیری، قطعیت وجود ندارد.

## رقم‌های بامعنا

هر گاه نتیجه یک اندازه‌گیری با توجه به دقت وسیله بیان شود، یعنی دقت گزارش برابر دقت وسیله اندازه‌گیری باشد، رقم‌های موجود در گزارش، رقم‌های بامعنا هستند.

مثلاً اگر طول یک جسم با خطکشی که دقت آن میلی‌متر است،  $143\text{ mm}$  میلی‌متر گزارش شده باشد، هر سه رقم  $1, 4$  و  $3$  با همین خطکش، طول جسمی  $143.5\text{ mm}$  میلی‌متر گزارش شده باشد، رقم  $2$ ، رقم معنادار نیست. زیرا خطکش نمی‌تواند دهم میلی‌متر را اندازه بگیرد. توجه کنید که رقم غیرقطعی (حدسی) جزء رقم‌های بامعنا محسوب می‌شوند.



۱- هنگام تبدیل یکا، تعداد رقم‌های بامعنا نباید تغییر کند. مثلاً اگر جرم جسمی با رقم‌های معنادار،  $2\text{ kg} \pm 0.2\text{ kg}$  گزارش شده باشد و بخواهیم آن را بر حسب گرم گزارش کنیم، نباید به صورت  $2000\text{ g} \pm 20\text{ g}$  بیان شود. زیرا این عدد نشان می‌دهد که دارای پنج رقم معنادار است یعنی دقت وسیله، گرم بوده است. در حالی که دقت وسیله اندازه‌گیری برابر دهم کیلوگرم یا  $10\text{ g}$  بوده است. برای چنین تبدیلی از توان‌های مثبت یا منفی  $10$  استفاده می‌کنیم و چنین می‌نویسیم:

$$2\text{ kg} = 2000\text{ g}$$

۲- صفرهای سمت راست بعد از ممیز که سمت راست آنها رقم دیگری وجود ندارد (مثل دو صفر سمت راست رقم  $2$  در عدد  $960/0200$ )، هر چند ارزش ریاضی ندارند، دارای ارزش فیزیکی‌اند و دقت آزمایش را می‌رسانند و جزء رقم‌های بامعنا هستند. مثلاً

اگر سه نفر طولی را اندازه گرفته و مقدارهای  $7/50\text{cm}$ ،  $7/500\text{cm}$  و  $7/5000\text{cm}$  گزارش کرده باشند، ارزش کار آنها یکسان نیست. مقدار اول با دقت صدم سانتی‌متر ( $0/01$ )، دقت دومی هزارم سانتی‌متر ( $0/001$ ) و دقت سومی ده هزارم سانتی‌متر ( $0/0001$ ) است.

روشن است که صفرهای بعد از آخرین رقم سمت چپ، معنای فیزیکی ندارند. مثلاً صفر در سمت چپ رقم ۳ در مقدار  $035/0700$  معنایی ندارد.

-۳- در انجام محاسبه‌ها با رقم‌های بامعنا (ضرب و تقسیم) نیز باید به تعداد رقم‌های بامعا توجه کرد.

حاصل محاسبه با رقم‌های معنادار، همواره باید برابر تعداد رقم‌ها در مقداری باشد که کمترین تعداد رقم بامعا دارد.

مثلاً ضرب  $253g$  (با سه رقم معنادار) در  $8041$  (با چهار رقم معنادار)، حاصل ضرب برابر  $2034273$  نمی‌شود. مقدار درست حاصل ضرب،  $203 \times 10^4$  است و یا حاصل ضرب دو مقدار با رقم‌های بامعا  $23$  و  $511$  باید به صورت  $11753$  گزارش شلود، گزارش درست به صورت  $11 \times 10^4$  و یا به صورت تقریب اضافی  $12 \times 10^4$  است.

درباره جمع و تفریق، آن‌چه مهم است، محل ممیز است و تعداد رقم‌های معنادار مورد توجه نیست. حاصل جمع و تفریق دو یا چند مقدار که دارای ممیز هستند باید رقم‌های بعد از ممیز، برابر تعداد رقم‌های بعد از ممیز مقداری باشد که دارای کمترین رقم بعد از ممیز است. مثلاً حاصل جمع  $826/4\text{cm}$  با  $2319/84\text{cm}$  برابر  $3146/24\text{cm}$  نمی‌شود و مقدار  $3146/2\text{cm}$  درست است.

#### درسنامه ۴

##### چگالی

**چگالی:** بنا به تعریف، چگالی برابر جرم واحد حجم از هر جسم است. اگر جرم قسمتی از جسم برابر  $m$  و حجم آن برابر  $V$  باشد، چگالی که با نماد « $\rho$ » (رو') نشان داده می‌شود از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \leftarrow \rho = \frac{\text{m} \rightarrow \text{kg}}{\text{V} \rightarrow \text{m}^3}$$

کیلوگرم بر مترمکعب ( $\text{kg/m}^3$ ) یکای چگالی در SI است. یکاهای دیگر چگالی عبارت‌اند از «گرم بر سانتی‌متر مکعب  $\text{g/cm}^3$ » و «گرم بر لیتر  $\text{g/lit}$ » رابطه این یکاهای با کیلوگرم بر متر مکعب به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Leftrightarrow 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1}{1000} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\ 1 \frac{\text{g}}{\text{lit}} &= 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

بنابراین، گرم بر سانتی‌متر مکعب، یکای بزرگ‌تر چگالی است.

توجه کنید: با تغییر دمای جسم، حجم و درنتیجه چگالی آن تغییر می‌کند. با افزایش دما، حجم جسم افزایش و چگالی آن کاهش می‌یابد. یعنی چگالی با دما نسبت وارون دارد. چون جرم جسم ثابت است، خواهیم داشت:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_2 = V_1(1 + \alpha \Delta T) \Rightarrow \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \alpha \Delta T}$$

$\alpha$ ، ضریب انبساط طولی جسم و یکای آن «بر کلوین،  $\frac{1}{K^{-1}}$ » است.

در جدول زیر، چگالی چند جسم در دمای صفر سلسیوس آورده شده است. فراموش نکنید که تغییرات دمای یک جسم بر حسب کلوین و سلسیوس با هم برابرند. ( $\Delta T_K = \Delta \theta^\circ C$ )

چگالی بر حسب kg / m <sup>3</sup>	غاز	چگالی بر حسب kg / m <sup>3</sup>	مایع	چگالی بر حسب kg / m <sup>3</sup>	جامد
۲	دی‌اکسیدکربن	۱۰۰۰	آب	۹۲۰	یخ
۱/۴۳	اکسیژن	۱۰۳۰	آب دریا	۲۷۰۰	آلومینیم
۱/۲۹	هوا	۸۱۰۰	اتیل الکل	۲۵۰-۱۰۰۰	چوب
۰/۱۸	هليوم	۹۰۰	بنزن	۶۹۰۰	روی
۰/۰۹	هیدروژن	۱۲۶۰	گلیسرین	۷۸۰۰	آهن
۱۴۰۰	خورشید به طور متوسط	۸۰۰-۹۵۰	نفت	۸۹۳۰	مس
		۷۹۰۰	الکل اتانول	۱۰۵۰۰	نقره
		۱۳۶۰۰	جیوه	۱۱۳۰۰	سرپ
		۹۲۰	-۱۹۴°C	۱۹۳۰۰	طلاء
		۸۱۰	نیتروژن مایع -۱۹۶°C	۲۱۴۰۰	پلاتین
		۱۲۵	-۳۶۹°C	۲۳۰۰۰	اسمیوم
		۱۰۶۰	هليوم مایع	$3 \times 10^{17}$	هسته اتم اورانیوم

### چگالی مخلوط

هرگاه دو یا چند جسم که با هم ترکیب نمی‌شوند و هنگام مخلوط شدن آن‌ها، کاهش حجم رخ ندهد، چگالی مخلوط از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\rho = \frac{\text{چگالی مخلوط}}{\frac{\text{حجم مخلوط}}{\text{حجم مخلوط}}} \Rightarrow \rho = \frac{M}{V}$$

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$\rho = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots$  چگالی جسم‌ها هستند.

## پرسش‌های چهار گزینه‌ای

## کمیت، اندازه‌گیری، یکا، کمیت اصلی و فرعی

۱- کدام یک از بیان‌های زیر، کمیت را بهتر معرفی می‌کند؟

(۱) هر چیز که دارای مقدار باشد، کمیت نام دارد.

(۲) کمیت به چیزی گفته می‌شود که مقدار آن قابل افزایش یا کاهش باشد.

(۳) کمیت دارای مقداری است که می‌توان آن را اندازه گرفت.

(۴) مقدار کمیت قابل افزایش و کاهش است اما ممکن است مقدار آن را نتوان با عدد بیان کرد.

۲- یک کمیت از دیدگاه فیزیکی، زمانی شناخته شده است که:

(۱) برای اندازه گیری آن، روشی مشخص کرده باشیم.

(۲) برای اندازه گیری آن، یکای مشخصی تعیین کرده باشیم.

(۳) مقدارش از یکای تعیین شده آن، کوچک‌تر نباشد.

(۴) بتوان آن را اندازه گرفت و مقدار آن را با عددی بحسب یکای آن، بیان کرد.

۳- اساس و شالوده دانش فیزیک، شناخت کمیت‌هاست که با ..... کامل می‌شود. بنابراین، اساسی‌ترین کار در فیزیک، ... است.

(۱) اندازه گیری - اندازه گیری

(۲) تعریف یکا - اندازه گیری

(۳) شناخت کمیت‌ها

۴- اندازه گیری عبارت از مقایسه ..... یک کمیت با ..... است. نتیجه این مقایسه، نشان دهنده ..... است.

(۱) مقدار - یکا - بزرگی آن یکا

(۲) یکای یک کمیت - سایر یکاهای - بزرگی آن یکا

(۳) بزرگی - همه یکاهای آن - بزرگی کمیت

۵- برای اندازه گیری یک کمیت باید برای آن ..... را مشخص کنیم که ممکن است ..... یا یک ..... باشد.

(۱) یکایی - تعریف شود - وسیله

(۲) وسیله‌ای - انتخاب شود - تعریف

(۳) وسیله‌ای - ثابت جهانی - رابطه ریاضی

(۴) یکایی - متغیر - ثابت جهانی - رابطه ریاضی

۶- یکای هر کمیت باید ..... باشد و ..... انتخاب شود و همیشه و همه جا ..... باشد.

(۱) یک وسیله - با دقت نسبی - ثابت

(۲) ثابت - با دقت زیاد - در دسترس

(۳) یک وسیله - توسط دانشمندان - در دسترس

(۴) ثابت - توسط دانشمندان - مورد قبول همگان

۷- کمیت‌ها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. کمیتی به عنوان کمیت اصلی انتخاب می‌شود که:

(۱) مستقل از سایر کمیت‌ها باشد.

(۲) برای آن بتوان یکای مستقلی انتخاب کرد.

(۳) مورد تأیید همگان باشد.

(۴) اگر آن را انتخاب نکنیم، تعریف یکای بعضی از کمیت‌های فرعی ممکن نباشد.

۸- کدام یک از دسته کمیت‌های سه‌تایی زیر، جزء کمیت‌های اصلی SI هستند؟

(۱) طول، دما، کار

(۲) زمان، شدت جریان الکتریکی، شتاب

(۳) طول، جرم، مقدار ماده

(۴) زمان، جرم، نیرو

۹- یکی از یکاهایی که در نجوم به عنوان یکای طول به کار می‌رود «یکای نجومی با نامad AU» است که برابر فاصله متوسط زمین از خورشید

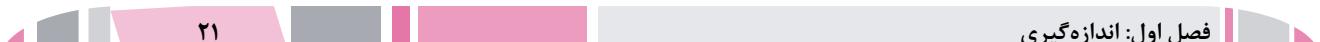
۱۰- یعنی  $m^{10^{11}} / 5 \times 10^4$  است. فاصله زمین تا ستاره قنطورس (سنتوری) تقریباً  $m^{10^{16}} / 4 \times 10^2$  است. این فاصله چند AU می‌شود؟

(۱)  $1 / 34 \times 10^8$

(۲)  $1 / 68 \times 10^5$

(۳)  $2 / 68 \times 10^5$

(۴)  $1 / 2 \times 10^5$



-۱۰ سرعت نور در خلأ (تقریباً  $\text{km} / \text{s}$ )  $3 \times 10^8$ . چند AU/min (یکای نجومی بر دقیقه) می‌شود؟

- (۱) ۱/۲      (۲) ۰/۱۲      (۳) ۲/۳      (۴) ۰/۲۳

-۱۱ تعداد کمیت‌های اصلی در SI، به جز مقدار ماده، برابر ..... است.

- (۱) ۳      (۲) ۴      (۳) ۶      (۴) ۷

-۱۲ به غیر از کمیت‌های طول، جرم و زمان، بقیه کمیت‌های اصلی SI عبارت‌اند از:

- (۱) دما، بارالکتریکی، شدت نور      (۲) شدت جریان الکتریکی، مقدار ماده، دما، شدت نور

- (۳) شدت نور، کار و انرژی، شدت جریان الکتریکی      (۴) بار الکتریکی، دما، کار و انرژی، مقدار ماده

-۱۳ کدام یک از عملیات زیر برای دو کمیت متفاوت A و B با معناست؟

$$\frac{A+B}{A \times B} \quad (۱) \quad \frac{A}{B} \quad (۲) \quad B - A \quad (۳) \quad A + B \quad (۴)$$

-۱۴ دو کمیت ..... از کمیت‌های اصلی SI و دو کمیت ..... از کمیت‌های فرعی‌اند.

- (۱) حجم و جرم - زمان و کار      (۲) زمان و دما - مقدار ماده و نیرو

- (۳) جرم و دما - بار الکتریکی و انرژی      (۴) طول و توان - شتاب و سرعت

-۱۵ کمیت‌های «جایه‌جایی، شتاب و بازه زمانی» در SI، هر کدام و به ترتیب، کدام اصلی و کدام فرعی است؟

- (۱) فرعی، فرعی، فرعی      (۲) اصلی، فرعی، اصلی      (۳) فرعی، اصلی، اصلی      (۴) فرعی، اصلی، فرعی

-۱۶ سال نوری یکای کدام یک از کمیت‌های زیر است؟

- (۱) طول      (۲) زمان

- (۳) شدت نور      (۴) کمیتی که برابر «طول در زمان» است.

-۱۷ سرعت نور در خلأ تقریباً برابر  $\text{km} / \text{s}$   $3 \times 10^8$  و یک سال نوری تقریباً برابر  $\text{m}^x$   $45 \times 10^9$  است که در آن، x برابر است با:

- (۱) ۱۲      (۲) ۱۵      (۳) ۱۷      (۴) ۲۰

-۱۸ سرعت اتومبیلی  $\text{s} / 15\text{m}$  است. سرعت این اتومبیل چند کیلومتر بر ساعت می‌شود؟

- (۱) ۳۶      (۲) ۴۵      (۳) ۵۴      (۴) ۶۰

-۱۹ اگر در SI به جای جرم، نیرو را کمیت اصلی انتخاب کرده و یکای آن را نیوتون (N) بنامیم، یکای جرم، برحسب یکاهای اصلی SI، کدام یک می‌شد؟

$$\frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \quad (۱) \quad \frac{\text{Ns}}{\text{m}} \quad (۲) \quad \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \quad (۳) \quad \frac{\text{Ns}}{\text{m}^3} \quad (۴)$$

-۲۰ کدام یک از بیان‌های زیر، یکای متر (m) در SI است؟ متر .....

- (۱) طولی برابر  $\frac{1}{4 \times 10^7}$  طول یکی از نصف‌النهارهای زمین است.

- (۲) طولی برابر  $\frac{1}{4 \times 10^7}$  طول نصف‌النهاری از زمین است که از پاریس می‌گذرد.

- (۳) برابر مسافتی است که نور در مدت  $\frac{1}{c}$ ، در خلأ می‌پیماید (c سرعت نور در خلأ است).

- (۴) برابر فاصله دو علامت روی میله نمونه موجود در موزه سور فرانسه در دمای صفر سلسیوس است.