درس ۲
کمیت‌های فیزیکی و یکاهای اندازه‌گیری

اگر از شما بپرسند قدتان چقدر است؟ به‌راحتی قد خود را با یک عدد و یکا بیان می‌کنید؛ مثلاً ۱۵۰ cm یا ۱/۵ m. اما اگر از شما بپرسند میزان علاقهٔ شما به «سواری با سگ گله» چقدر است؟ نمی‌توانید علاقه و احساس خود را به‌صورت یک عدد بیان کنید. به‌طور کلی چیزهایی مثل زیبایی، پاکیزگی، احساسات (غم و شادی، ترس، دوست داشتن و ...)، سواد و ... را نمی‌توان اندازه‌گیری کرد و حاصل اندازه‌گیری را با یک عدد نشان داد.

کمیت فیزیکی

در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت و مقدار اندازه‌گیری‌شده را حداقل با یک عدد بیان کرد، **کمیت فیزیکی** گفته می‌شود، مثل طول، جرم، تندی و ...

کمیت‌های فیزیکی را به دو صورت «**نرده‌ای** و **برداری**» و «**اصلی** و **فرعی**» می‌توان دسته‌بندی کرد:

کمیت‌های نرده‌ای و برداری

۱. کمیت نرده‌ای (اسکالر): برای بیان آن تنها از **یک عدد** و **یکای مناسب** استفاده می‌شود. به‌طور مثال هنگامی که به یک مغازهٔ الکتریکی می‌رویم، برای بیان توان مصرفی لامپ، می‌گوییم یک لامپ ۳۰ W (۳۰ وات) می‌خواهیم یعنی توان مصرفی لامپ را فقط با یک عدد به همراه یکای مناسب آن بیان می‌کنیم. در ادامه برخی از کمیت‌های نرده‌ای را آورده‌ایم:

مسافت، تندی، فشار، انرژی، دما، جرم، زمان، مقدار ماده، شدت روشنایی، چگالی، کار و ...

۲. کمیت برداری: برای بیان آن علاوه بر **یک عدد** و **یکای مناسب**، از **جهت** نیز استفاده می‌شود. به‌طور مثال اگر بخواهیم جابه‌جایی یک متحرک را بیان کنیم، می‌گوییم متحرک ۱۰ m به‌طرف شرق حرکت کرده است. توجه کنید که اگر جهت را مشخص نکنیم، فقط **مقدار (اندازهٔ) جابه‌جایی** را بیان کرده‌ایم. بعضی از کمیت‌های برداری را در زیر می‌توانید ببینید:

نیرو، وزن، سرعت، شتاب، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، تکانه و ...

نکته **کمیت‌های برداری** از جمع و تفریق‌های معمولی پیروی نمی‌کنند، بلکه به روش **جمع برداری** *(همون روش‌های مثلثی و متوازی‌الاضلاعی که در ریاضی هشتم فوندین!)* می‌توان آن‌ها را با یکدیگر جمع و تفریق کرد.

هشدار: برخی کمیت‌ها جهت دارند ولی از رفتار بردارها (قوانین جمع برداری) تبعیت نمی‌کنند، بلکه از جمع و تفریق‌های معمولی پیروی می‌کنند، مثل جریان الکتریکی، بنابراین این کمیت‌ها نرده‌ای محسوب می‌شوند.

نکته برای نوشتن کمیت‌های برداری از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می‌کنیم ($\vec{F}$) و اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نیاید، تنها اندازهٔ آن بیان می‌شود ($F = ۱۰\ N$).

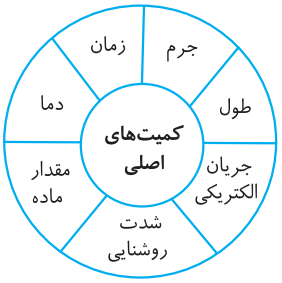
هشدار: اگر $\vec{F} = ۱۰\ N$ بنویسیم، *انگار قیمه‌ها رو ریختیم تو ماست‌ها!* چون برای بیان بردار $\vec{F}$، علاوه بر مقدار باید جهت آن نیز بیان گردد؛ *پس نمیشه یه طرف تساوی کمیت برداری باشه و یه طرف دیگه فقط مقدار نوشته شده باشه!*

توجه به تفاوت برخی از کمیت‌هایی که شبیه هم هستند، دقت کنید:

- **وزن** از جنس نیرو است، بنابراین کمیتی **برداری** است اما **جرم** کمیتی **نرده‌ای** است.
- **جابه‌جایی** کمیتی **برداری** است اما **مسافت** کمیتی **نرده‌ای (اسکالر)** است.
- **سرعت** کمیتی **برداری** است که در آن جهت حرکت نیز لحاظ شده است اما **تندی** کمیتی **نرده‌ای** است و تنها برابر اندازهٔ سرعت است.

کمیت‌های اصلی و فرعی

۱. کمیت اصلی: مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، **هفت کمیت** را به‌عنوان کمیت اصلی انتخاب کرد که اساس دستگاه بین‌المللی یکاها را تشکیل می‌دهند:



۲. کمیت فرعی: همهٔ کمیت‌ها به غیر از کمیت‌های اصلی، **کمیت فرعی** نامیده می‌شوند. کمیت‌های فرعی از ترکیب ضرب یا تقسیم کمیت‌های اصلی به وجود می‌آیند؛ به‌طور مثال کمیت‌های سرعت یا تندی از تقسیم کمیت طول بر کمیت زمان ساخته شده‌اند.

نکته‌ها

۱ کمیت طول ذاتاً یک کمیت **نرده‌ای (اسکالر)** است؛ اما در برخی شرایط خاص فیزیکی می‌توان برای آن جهت نیز تعریف کرد؛ مانند بردار جابه‌جایی.

۲ کمیت طول وابسته به شرایط مختلف مسئله، نام‌های متفاوتی دارد *(یعنی هرجا یه چیزی صداش می‌کنن!)* به برخی از این نام‌ها توجه کنید:

- **ضلع** در چندضلعی‌ها
- **قطر**، **شعاع** و **وتر** در دایره‌ها
- **ارتفاع**
- **ضخامت**
- **جابه‌جایی**
- **مسافت طی‌شده**

تست و پاسخ

تست: کدام کمیت‌ها همگی فرعی و نرده‌ای هستند؟

۱) نیرو - جرم - زمان
۲) انرژی جنبشی - مقدار ماده - فشار
۳) وزن - مسافت - شدت روشنایی
۴) تندی - انرژی پتانسیل - توان

پاسخ گزینهٔ «۴».

درسنامه

یکاهای اندازه‌گیری

برای انجام اندازه‌گیری‌ها به یکاهای اندازه‌گیری نیاز داریم. با انتخاب یکا برای هر کمیت فیزیکی می‌توان به هر مقداری از آن کمیت یک عدد نسبت داد و در واقع اندازه‌گیری کرد. **یکای (واحد)** هر کمیت در واقع مقدار مشخصی از همان کمیت است و اندازه‌گیری یک کمیت به معنی مقایسهٔ آن کمیت با یکای آن است، مثلاً وقتی می‌گوییم طول جسمی ۵ متر است، یعنی طول آن ۵ برابر یکای اندازه‌گیری طول (متر) است.

برای اینکه یک اندازه‌گیری درست و قابل اطمینان باشد، یکای اندازه‌گیری باید دارای دو ویژگی مهم باشد:

۱. تغییر نکند. ۲. قابل بازتولید در مکان‌ها و زمان‌های مختلف باشد (در دسترس باشد).

به‌طور مثال زمان بین دو ضربان متوالی قلب را **نمی‌توانیم** به‌عنوان یکای زمان در نظر بگیریم. *می‌پرسین چرا؟! خب معلومه! چون تغییر می‌کنه! به شکل زیر نگاه کنین:*

دستگاه یکاها

۱. دستگاه بین‌المللی (SI) یا متریک: به مجموعهٔ یکاهایی که مورد توافق مجمع بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها است، **دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)** گفته می‌شود. امروزه بیشتر مهندسان و دانشمندان از این دستگاه استفاده می‌کنند. در این دستگاه یکای طول، متر است، یکای جرم، کیلوگرم و یکای زمان، ثانیه است.

۲. دستگاه بریتانیایی: مجموعه یکاهایی است که به‌صورت توافقی در برخی از کشورها مانند آمریکا و انگلیس استفاده می‌شود. در این دستگاه یکای طول، پا (فوت) و یکای جرم، پوند است.

انواع یکاها

۱. یکاهای اصلی: یکای هفت‌کمیتی را که توسط مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، به‌عنوان کمیت اصلی انتخاب شده است، **یکای اصلی** می‌نامند که هر یک دارای نام مخصوص به خود است.

۲. یکاهای فرعی: **یکاهای فرعی تعریف مستقل ندارند**؛ در واقع یکاهای دیگر را که برحسب یکاهای اصلی بیان می‌کنند، **یکاهای فرعی** می‌نامند.

بسیاری از کمیت‌های فیزیکی **مستقل از یکدیگر نیستند** و توسط رابطه‌ها و تعاریف فیزیکی به یکدیگر وابسته‌اند. این وابستگی به ما کمک می‌کند تا لازم نباشد برای همهٔ کمیت‌های فیزیکی یکای مستقل تعریف کنیم.

مثال: تندی، یک کمیت فرعی است که یکای آن حاصل تقسیم دو یکای اصلی طول (m) و زمان (s) یعنی m/s است.

$$\text{تندی} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}} \Rightarrow [\text{یکای تندی}] = m/s$$

چراغ قوه

روش پیدا کردن یکاهای فرعی: برای پیدا کردن یکای فرعی یک کمیت، ابتدا باید رابطهٔ ریاضی که آن کمیت را به کمیت‌های دیگر ارتباط می‌دهد، پیدا کنیم (این روابط همان قوانین فیزیکی است که دانشمندان با آزمایش به دست آورده‌اند)، سپس به‌جای کمیت‌ها، یکاهای آن‌ها را قرار می‌دهیم. به‌طور مثال، فرض کنید می‌خواهیم یکای فرعی نیرو را پیدا کنیم. یکی از روابطی که این کمیت را به کمیت‌های دیگر ارتباط می‌دهد، قانون دوم نیوتون یعنی $F = ma$ است. یکای جرم برابر کیلوگرم (kg) و یکای شتاب برابر m/s^2 است، بنابراین یکای نیرو برابر $\frac{kg.m}{s^2}$ خواهد شد.

$$F = ma \Rightarrow [\text{یکای فرعی نیرو}] = [\text{یکای جرم}] \times [\text{یکای شتاب}] \Rightarrow [\text{یکای فرعی نیرو}] = (kg) \times (\frac{m}{s^2}) = \frac{kg.m}{s^2}$$

۳. یکاهای SI:

الف) یکاهای اصلی SI: یکای تمام کمیت‌های اصلی، همان یکاهای مورد پذیرش دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) هستند؛ یعنی یکاهای اصلی همگی یکاهای SI نیز هستند.

ب) یکاهای فرعی SI: بعضی از این یکاها نام مخصوصی ندارند و یکای فرعی یک کمیت، همان یکای SI آن کمیت است؛ مثل یکای تندی (m/s) و یکای شتاب (m/s^2). در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، برای برخی از یکاهای پرکاربرد فرعی، نامی مخصوص قرار داده‌اند، مثلاً یکای نیرو $(\frac{kg.m}{s^2})$ را نیوتون (N) نامیده‌اند. معرفی این یکاهای خاص، ضمن احترام به فعالیت‌های علمی دانشمندان، سبب سهولت در گفتار و نوشتار نیز می‌شود.

در جدول زیر، یکاهای فرعی و یکاهای SI برخی از کمیت‌های فرعی را مشاهده می‌کنید:

کمیت اصلی	نام یکای اصلی	نماد یکای اصلی
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کندلا (شمع)	cd

کمیت فرعی	تندی و سرعت	شتاب	نیرو	فشار	انرژی	توان
یکای SI	m/s	m/s^2	نیوتون (N)	پاسکال (Pa)	ژول (J)	وات (W)
یکای فرعی	m/s	m/s^2	$\frac{kg.m}{s^2}$	$\frac{kg}{m.s^2}$	$\frac{kg.m^2}{s^2}$	$\frac{kg.m^2}{s^3}$

تعریف یکاهای طول، جرم و زمان

یکای طول

یکای طول در SI، **متر** است. یک متر در گذر زمان تعریف‌های متعددی داشته است:

اولین تعریف: یک ده‌میلیونیم فاصلهٔ استوا تا قطب شمال

دومین تعریف: فاصلهٔ دو خط نازک حک‌شده در میله‌ای از جنس پلاتین - ایریدیوم در دمای صفر درجهٔ سلسیوس

سومین تعریف (جدیدترین): مسافت پیموده‌شده توسط نور در مدت‌زمان $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلأ

یکای جرم

یکای جرم در SI، **کیلوگرم** است. براساس کتاب درسی، یک کیلوگرم به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

تعریف کیلوگرم: یک کیلوگرم برابر با جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیوم است که در موزهٔ سور فرانسه نگهداری می‌شود.

یکای زمان

یکای زمان در SI، **ثانیه** است. دو تعریف آن را ببینید:

اولین تعریف: $\frac{1}{86400}$ میانگین روز خورشیدی. یک روز خورشیدی، زمان بین ظاهر شدن‌های متوالی خورشید در بالاترین نقطهٔ آسمان در هر روز است.

دومین تعریف (جدیدترین): براساس ساعت‌های اتمی. این ساعت‌ها بسیار دقیق هستند و پس از چندین میلیون سال، تنها چند ثانیه جلو یا عقب می‌افتند.

خوب است بدانید

در آبان ۱۳۹۷ هـ.ش تعریف برخی از یکاهای اصلی تغییر کرد. طبق تعریف‌های جدید، کیلوگرم براساس ثابت پلانک (h)، آمپر براساس بار بنیادی (e)، کلوین براساس ثابت بولتزمن (k) و مول براساس ثابت آووگادرو (N_A) بازتعریف شدند.

مجموعه‌ای از یکاهای غیر SI

در این قسمت تعدادی از یکاهای غیر SI که برخی در قدیم استفاده می‌شده و برخی امروزه نیز استفاده می‌شود، ذکر شده است. حفظ کردن برخی از ضرایب تبدیل این واحدها لازم نیست ولی دانستن تعریف بعضی از آن‌ها و اینکه هر یکا مربوط به چه کمیتی است، بسیار مهم است.

درسنامه

برخی یکاهای غیر SI طول

۱. **یکای نجومی (AU)**: برابر میانگین فاصلهٔ زمین تا خورشید است. $1\,AU \simeq 1/50\times10^{11}\,m$

۲. **پا (فوت) (ft)**: $1\,ft = 30/48\,cm$

۳. **اینچ (in)**: $1\,in = 2/54\,cm$

۴. **مایل (mi)**: 1 مایل در خشکی $= 1609\,m$ ، 1 مایل دریایی $= 1852\,m$

۵. **ذرع**: 1 ذرع $= 104\,cm$

۶. **فرسنگ**: 1 فرسنگ $= 6000$ ذرع

۷. **سال نوری (ly)**: مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ طی می‌کند (تندی نور در خلأ $3\times10^{8}\,m/s$ است).

توجه اگرچه در ساختار اسم آن از کلمهٔ «سال» استفاده شده، ولی *یادتون باشه* سال نوری یکای اندازه‌گیری طول (مسافت‌های بزرگ) است. *از تعریفش میشه یکاهایی مثل دقیقهٔ نوری و ثانیهٔ نوری رو هم به دست آورد. مثلاً یک دقیقهٔ نوری یعنی مسافتی که نور در مدت یک دقیقه در خلأ طی می‌کنه. حالا شما سعی کنین یه تعریف مشابه برای ثانیهٔ نوری بگین!*

برخی یکاهای غیر SI زمان

۱. **دقیقه (min)**: $1\,min = 60\,s$

۲. **ساعت (h)**: $1\,h = 3600\,s$

۳. **روز، ماه، سال، قرن و ...**

بازهٔ زمانی: به مدت‌زمان بین آغاز و پایان یک رویداد، بازهٔ زمانی می‌گویند که به‌صورت مقابل نوشته می‌شود:

$$\Delta t = \underbrace{t_2}_{\text{زمان پایان رویداد}} - \underbrace{t_1}_{\text{زمان آغاز رویداد}}$$

برخی یکاهای غیر SI جرم

۱. **یکاهای قدیمی ایرانی**: خروار، مَنِ تبریز، سیر، مثقال، نخود، گندم:
1 من تبریز $= 40$ سیر $= 640$ مثقال ، 100 من تبریز $= 1$ خروار
$1 \simeq 4/6\,g$ مثقال $= 24$ نخود $= 96$ گندم

۲. **قیراط**: 1 قیراط $= 200\,mg$

برخی یکاهای غیر SI تندی

۱. **گره دریایی**: 1 گره دریایی $= 0/5144\,m/s$

۲. **کیلومتر بر ساعت (km / h)**: $1\,m/s = 3/6\,km/h$

برخی یکاهای غیر SI حجم

۱. **لیتر**: $1\,L = 10^{-3}\,m^3$

۲. **سی‌سی**: $1\,cc = 10^{-3}\,L$ ، $1\,cc = 1\,cm^3$

۳. **بشکه**: 1 بشکه $= 159\,L$

یکای غیر SI مساحت

هکتار: هر هکتار در واقع یک هکتومتر مربع (hm^2) است. 1 هکتار $= 10^{4}\,m^2$

تست و پاسخ

تست: چه تعداد از گزاره‌های زیر صحیح است؟

الف) کمیت شدت روشنایی جزء کمیت‌های اصلی بوده و یکای آن در SI، آمپر است.

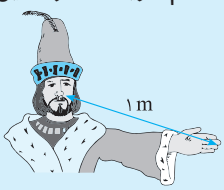
ب) کمیت دما جزء کمیت‌های اصلی بوده و یکای آن در SI، درجهٔ سلسیوس است.

پ) آخرین تعریف یکای طول مبتنی بر مسافت پیموده‌شده توسط نور است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ **گزینهٔ «۱»**. بررسی گزاره‌ها: الف: نادرست است؛ زیرا هرچند شدت روشنایی کمیت اصلی است، ولی یکای آن **کندلا** است. / ب: نادرست است؛ زیرا هرچند دما کمیت اصلی است، ولی یکای آن **کلوین** است. / پ: درست است.

تست: اگر مطابق شکل زیر، یکای طول را به‌صورت فاصلهٔ نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده بگیریم، کدام گزینه در مورد این انتخاب درست است؟



۱) این انتخاب نامناسب بوده و هیچ مزیتی ندارد.

۲) مزیت انتخاب این یکا در دسترس بودن آن است.

۳) اشکال این انتخاب تغییرپذیر بودن آن نسبت به افراد مختلف است.

۴) گزینه‌های «۲» و «۳» هر دو درست است.

پاسخ **گزینهٔ «۴»**. چنین انتخابی باعث می‌شود که به‌راحتی بتوانیم در هر جایی که می‌خواهیم یک متر (یکای طول) را تولید کنیم، اما ایراد بزرگی وجود دارد؛ این تعریف از یک فرد به فرد دیگر متغیر است.

سازگاری یکاها

هنگام استفاده از روابط فیزیکی و جای‌گذاری اندازهٔ هر کمیت در آن رابطه، باید به سازگاری یکاها در دو طرف رابطه توجه کنیم؛ یعنی اگر بخواهیم حاصل دو طرف رابطه برحسب یکاهای SI بیان شود، باید یکاهای کمیت‌های داده‌شده را نیز به یکاهای SI تبدیل کنیم.

مثال: یکی از رابطه‌های فیزیکی، قانون دوم نیوتون است که برای جای‌گذاری یکاها باید به‌صورت روبه‌رو عمل کنیم:

$$\underset{\downarrow}{F} = \underset{\downarrow}{m}\ \underset{\downarrow}{a}$$
$$\underset{N}{} \quad \underset{kg}{} \quad \underset{m/s^2}{}$$

در برخی موارد، یکاهای کمیت‌هایی را که برای ما مجهول هستند می‌توان به کمک سازگاری یکاها پیدا کرد. به‌طور مثال اگر بدانیم بین مسافتی که یک متحرک طی می‌کند (x) و زمان سپری‌شده (t) رابطهٔ $x = At^2$ برقرار است، با نظر به اینکه یکای x برابر m و یکای t برابر s است و با توجه به سازگاری یکاها، یکای A الزاماً m/s^2 می‌شود. از همین‌جا می‌توان فهمید کمیت A از جنس شتاب است، چراکه یکای شتاب m/s^2 است.

نکته اگر دو کمیت فیزیکی بخواهند با هم جمع یا تفریق شوند، **الزاماً باید دارای یکای یکسانی باشند.**

تست و پاسخ

تست: بین تندی یک جسم (v) و تندی اولیه (v_0) و جابه‌جایی یک متحرک (x)، رابطهٔ $v = \sqrt{v_0^2 + Ax}$ برقرار است. یکای کمیت A کدام است؟

۱) m/s ۲) m^2/s^2 ۳) m/s^2 ۴) m/s^3

پاسخ **گزینهٔ «۳»**. ابتدا باید از رابطهٔ $v = \sqrt{v_0^2 + Ax}$، مقدار A را برحسب بقیهٔ کمیت‌ها حساب کرد و سپس یکای آن را به دست آورد:

$$v = \sqrt{v_0^2 + Ax} \xrightarrow{\text{دو طرف به توان ۲}} v^2 = v_0^2 + Ax \Rightarrow A = \frac{v^2 - v_0^2}{x} \Rightarrow [\text{A یکای}] = \frac{(m/s)^2}{m} = m/s^2$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای درس دوم

دسته‌بندی کمیت‌ها و یکاها از مهم‌ترین و در عین حال ساده‌ترین مباحث کنکوری این فصل هستن.

۹. ..... **از کمیت‌های اصلی و** ..... **از کمیت‌های فرعی هستند.** (دههٔ ۸۰)

۱) حجم و جرم - زمان و انرژی
۲) جرم و زمان - طول و نیرو
۳) طول و جرم - مساحت و نیرو
۴) نیرو و دما - سرعت و جریان الکتریکی

۱۰. **در کدام‌یک از موارد زیر، همهٔ کمیت‌ها فرعی هستند؟** (تجربی ۹۸)

۱) جرم، زمان و فشار
۲) چگالی، تندی و انرژی
۳) چگالی، جریان الکتریکی و حجم
۴) شدت روشنایی، مقدار ماده و زمان

۱۱. **در کدام‌یک از گزینه‌های زیر، همهٔ کمیت‌ها نرده‌ای هستند؟**

۱) فشار، نیرو، جریان الکتریکی
۲) زمان، تندی، وزن
۳) آهنگ تغییر حجم، تندی، جرم
۴) سرعت، شتاب، دما

۱۲. **به‌ترتیب از راست به چپ، چه تعداد از کمیت‌های زیر اصلی و چه تعداد برداری هستند؟**

«نیرو، فشار، جریان الکتریکی، سرعت، انرژی، دما، شتاب»

۱) ۳ - ۲ ۲) ۴ - ۲ ۳) ۲ - ۳ ۴) ۲ - ۴

۱۳. **چه تعداد از گزاره‌های زیر نادرست است؟**

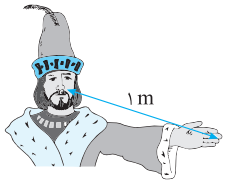
الف) کمیت‌های انرژی، نیرو و توان، جزء کمیت‌های نرده‌ای محسوب می‌شوند.
ب) مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، ۷ کمیت را به‌عنوان کمیت اصلی انتخاب کرد.
پ) سرعت برخلاف تندی، یک کمیت برداری است.
ت) کمیت‌های فیزیکی از یکدیگر مستقل هستند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۴. **کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟**

۱) در فیزیک به هر چیزی که بتوان اندازه گرفت، کمیت فیزیکی گفته می‌شود.
۲) به مدت‌زمان آغاز تا پایان یک رویداد، بازهٔ زمانی گفته می‌شود.
۳) تعداد کمیت‌های فیزیکی محدود است و هر یک دارای یکای مستقلی هستند.
۴) دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) همان دستگاه متریک است.

۱۵. **شکل زیر، یکی از یکاهای قدیمی طول به‌صورت فاصلهٔ نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده را نشان می‌دهد. به‌ترتیب از راست به چپ، چه مزیت و چه ایرادی در استفاده از این یکا وجود دارد؟**



۱) قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف را دارد. - تغییرناپذیر است.
۲) به‌راحتی در دسترس همه است. - تغییرپذیر است.
۳) تغییرپذیر است. - قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف را دارد.
۴) تغییرناپذیر است. - به‌راحتی در دسترس همه است.

۱۶. **سال نوری (ly) یکای اندازه‌گیری ..... و یکای نجومی (AU) یکای اندازه‌گیری ..... است.**

۱) طول - طول ۲) زمان - زمان ۳) طول - زمان ۴) زمان - طول

۱۷. **استفاده از کدام گزینه برای یکای زمان مناسب‌تر است؟**

۱) زمان بین دو ضربان متوالی نبض انسان ۲) زمان بین دو ضربان متوالی قلب انسان
۳) $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ میانگین روز خورشیدی ۴) زمان بین دو تیک‌تاک ساعت اتمی

۱۸. **کدام گزینه اولین تا سومین توافق در مورد تعریف یکای طول (یک متر) را به‌درستی نشان می‌دهد؟**
الف) یک ده‌میلیونیم فاصلهٔ استوا تا قطب شمال
ب) پیمودن مسافتی توسط نور در خلأ در مدت‌زمان معین
پ) فاصلهٔ میان دو خط نازک حک‌شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس پلاتین - ایریدیم در دمای $0\ ^\circ C$

۱) الف ← ب ← پ ۲) الف ← پ ← ب ۳) پ ← ب ← الف ۴) ب ← الف ← پ

۱۹. **کدام تعریف در مورد یکای سال نوری (ly) درست است؟**

۱) یکای اندازه‌گیری طول است و برابر با مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید.
۲) یکای اندازه‌گیری طول است و برابر با میانگین فاصلهٔ زمین تا خورشید است.
۳) یکای اندازه‌گیری زمان است و برابر با زمان رسیدن نور خورشید به زمین است.
۴) یکای اندازه‌گیری زمان است و برابر با زمان بین ظاهر شدن‌های متوالی خورشید در بالاترین نقطهٔ آسمان در هر روز است.

۲۰. ..... **یکی از کمیت‌های اصلی است که یکای اندازه‌گیری آن در SI، ..... است.**

۱) تندی - متر بر ثانیه ۲) دما - درجهٔ سلسیوس ۳) وزن - کیلوگرم ۴) زمان - ثانیه

۲۱. **کدام یکاها، همگی مربوط به کمیت‌های اصلی هستند؟** *(ریاضی دی ۱۴۰۱)*

۱) ژول، کولن و مول ۲) کیلوگرم، آمپر و مول
۳) کیلوگرم، کولن و کندلا (شمع) ۴) ژول، آمپر و کندلا (شمع)

۲۲. **کدام گزاره (گزاره‌ها) در مورد یکای اصلی و فرعی درست است؟**
الف) یکای فرعی یک کمیت فرعی از یکاهای اصلی به دست می‌آید.
ب) یکای SI در یک کمیت فرعی همواره همان یکای فرعی آن کمیت است.
پ) در تمام کمیت‌ها، همواره یکای SI با یکای فرعی آن کمیت متفاوت است.

۱) الف - پ ۲) ب - پ ۳) فقط الف ۴) فقط ب

۲۳. **چه تعداد از یکاهای زیر، جزء یکاهای غیر SI برای طول هستند؟**
«مثقال، سال نوری، قیراط، اینچ، مایل، گره دریایی، فرسنگ»

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۳ ۴) ۲

۲۴. **کدام گزینه یکای کمیت‌های «دما»، «وزن» و «مقدار ماده» را در SI به‌ترتیب از راست به چپ، به‌درستی بیان می‌کند؟**

۱) کلوین - کیلوگرم - گرم ۲) درجهٔ سلسیوس - نیوتون - کیلوگرم
۳) درجهٔ سلسیوس - کیلوگرم - مول ۴) کلوین - نیوتون - مول

۲۵. **یکای آهنگ تغییر طول یک فنر با یکای کدام‌یک از کمیت‌های زیر یکسان است؟**

۱) مسافت ۲) تندی متوسط ۳) شتاب متوسط ۴) وزن

۲۶. **یکای فرعی انرژی کدام است؟** *(تجربی هیرانی ۱۴۰۱)*

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

۲۷. **یکای فرعی فشار کدام است؟** *(ریاضی خارج از کشور ۱۴۰۰)*

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

سازگاری یکاها

۲۸. **A و B دو کمیت فیزیکی متفاوت هستند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر از نظر فیزیکی امکان‌پذیر است؟**

۱) $A+B$ ۲) $\frac{۱}{A}+\frac{۱}{B}$ ۳) $A+B^۲$ ۴) $\frac{A-B}{A+B}$

۲۹. کار نیروی وزن (W) جسمی به جرم m که از ارتفاع h از سطح زمین سقوط می‌کند، از رابطهٔ $W = mgh$ به دست می‌آید که در آن g بیانگر شتاب جاذبهٔ زمین است. یکای کار (W) برحسب یکاهای اصلی کدام است؟

۱) $\frac{kg.m}{s^2}$ ۲) $\frac{kg.m^2}{s^2}$ ۳) $\frac{kg.m^2}{s^3}$ ۴) $\frac{kg.m}{s}$

۳۰. در رابطهٔ $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$، کمیت‌های A، B و C به‌ترتیب از جنس جرم، مساحت و فشار هستند. کمیت‌های D و BC به‌ترتیب از راست به چپ از جنس ..... و ..... هستند.

۱) سرعت - نیرو ۲) شتاب - نیرو ۳) سرعت - انرژی ۴) شتاب - انرژی

۳۱. در رابطهٔ $A = Fv + ۲\frac{mx}{t}$، F بیانگر نیرو، v نشان‌دهندهٔ تندی و m و t به‌ترتیب بیانگر کمیت‌های جرم و زمان هستند و ضریب عددی ۲ بدون یکا است. یکای اندازه‌گیری کمیت x برحسب یکاهای اصلی کدام است و کمیت A از جنس چه نوع کمیتی است؟

۱) m/s - توان ۲) m/s - فشار ۳) m^2/s^2 - توان ۴) m^2/s^2 - فشار

۳۲. بین اندازهٔ سرعت حرکت یک متحرک (v) و فاصلهٔ آن از مبدأ حرکت (x)، رابطهٔ $Ax^2 + \frac{۱}{۲}B = v^2$ برقرار است. یکای اندازه‌گیری کمیت‌های A و B به‌ترتیب از راست به چپ، کدام است؟ (ضریب عددی $\frac{۱}{۲}$ بدون یکا است.)

۱) m^2/s^2 ، $-۱/s^2$ ۲) m/s ، $-۱/s^2$ ۳) m/s ، $-۱/s$ ۴) m^2/s^2 ، $-۱/s$

۳۳. در رابطهٔ $M = \frac{\gamma FA}{d}$، F نشان‌دهندهٔ نیرو، A بیانگر مساحت و d از جنس طول است. اگر کمیت M از جنس انرژی باشد، یکای کمیت γ برحسب یکاهای اصلی کدام است؟

۱) $\frac{kg.m}{s^2}$ ۲) $\frac{kg.m^2}{s^2}$ ۳) $\frac{kg.m^2}{s}$ ۴) γ کمیتی بدون یکا است.

درس ۳
پیشوندها، تبدیل یکا و نمادگذاری علمی

پیشوندها

هرگاه در اندازه‌گیری‌ها با اندازه‌های بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک‌تر از یکای اصلی آن کمیت مواجه شویم، از پیشوندهایی استفاده می‌کنیم که موارد مهم و پرکاربرد آن در جدول زیر آمده است.

ضریب	$۱۰^{۱۲}$	$۱۰^{۹}$	$۱۰^{۶}$	$۱۰^{۳}$	$۱۰^{۲}$	$۱۰^{۱}$	$۱۰^{-۱}$	$۱۰^{-۲}$	$۱۰^{-۳}$	$۱۰^{-۶}$	$۱۰^{-۹}$	$۱۰^{-۱۲}$
پیشوند	ترا	گیگا	مگا	کیلو	هکتو	دکا	دسی	سانتی	میلی	میکرو	نانو	پیکو
نماد	T	G	M	k	h	da	d	c	m	μ	n	p

مثال: پیشوند مگا دارای ضریب $۱۰^{۶}$ است، بنابراین هر مگاژول که با نماد MJ نشان داده می‌شود، برابر $۱۰^{۶}$ J است.

نکته هر میکرومتر (μm) برابر $۱۰^{-۶}$ m است که آن را **میکرون** می‌گویند.

تبدیل یکاها

در حل اغلب مسئله‌های فیزیک لازم است یکای کمیتی را تغییر دهیم، مثلاً m/s را به km/h تبدیل کنیم. این تبدیل به سه روش امکان‌پذیر است:

۱. روش زنجیره‌ای

در این روش، اندازهٔ کمیت را در یک **ضریب تبدیل** ضرب می‌کنیم. ضرب تبدیل نسبتی از یکاها است که برابر **عدد یک** است. در تبدیل یکا به روش زنجیره‌ای، باید کمیت را به تعداد یکاهایی که می‌خواهیم تبدیل کنیم، در ضریب‌های تبدیلی که برابر ۱ هستند، ضرب کنیم. در هنگام تبدیل یکاها ضریب را طوری بنویسید که یکاها با هم ساده شوند.

چراغ قوه

مثال: می‌خواهیم بدانیم ۳۶ km/h چند m/s است؟

گام اول در این مسئله دو یکا باید تبدیل شود؛ یعنی کیلومتر باید به متر تبدیل شود $(km \to m)$ و همچنین ساعت را نیز باید به ثانیه تبدیل کرد $(h \to s)$.

پس به دو تا ضریب تبدیل نیاز داریم، یعنی در ۳۶ km/h دو تا عدد ۱ ضرب می‌کنیم:

$$۳۶\frac{km}{h} = (۳۶\frac{km}{h}) \times ۱ \times ۱$$

گام دوم می‌دانیم $1\,km = 10^3\,m$ است. از طرفی در عبارت $36\,\frac{km}{h}$، km در صورت یکای ما است؛ پس به‌جای عدد ۱ اول (اولین ضریب تبدیل) عبارت $\frac{10^3\,m}{1\,km}$ را قرار می‌دهیم که این عدد، هم برابر ۱ است و هم km در مخرج آن قرار دارد تا به‌راحتی بتوانیم آن را با km در صورت عبارت $36\,\frac{km}{h}$ ساده کنیم.

گام سوم می‌دانیم $1\,h = 3600\,s$ است. از طرفی در عبارت $36\,\frac{km}{h}$، h در مخرج یکای ما است؛ پس به‌جای عدد ۱ دوم (ضریب تبدیل دوم) عبارت $\frac{1\,h}{3600\,s}$ را قرار می‌دهیم که این عدد هم برابر ۱ است و هم h در صورت آن قرار دارد تا به‌راحتی بتوانیم آن را با h در مخرج عبارت $36\,\frac{km}{h}$ ساده کنیم.

گام آخر پس از جای‌گذاری‌های گام‌های قبلی، یکاها با هم ساده می‌شوند و ما به پاسخ مورد نظرمان خواهیم رسید.

$$36\,\frac{km}{h} = (36\,\frac{km}{h}) \times 1 \times 1 = 36\,\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} \times \frac{10^3\,m}{1\,\cancel{km}} \times \frac{1\,\cancel{h}}{3600\,s} = \frac{36 \times 10^3}{3600}\,\frac{m}{s} = 10\,\frac{m}{s}$$

تیزشیم تبدیل m/s و km/h به یکدیگر، بسیار پرکاربرد است. پیشنهاد می‌کنیم رابطهٔ تبدیل این دو یکا به یکدیگر را به خاطر بسپارید:

$$km/h \underset{\times 3/6}{\overset{\div 3/6}{\rightleftarrows}} m/s$$

برای تبدیل $36\,km/h$ به m/s، کافی است آن را بر ۳/۶ تقسیم کنید:

$$36\,km/h = 36 \div 3/6 = 10\,m/s$$

۲. روش جای‌گذاری

در این روش به‌جای هر یکایی که می‌خواهیم تغییر دهیم، معادل آن را جای‌گذاری می‌کنیم.

چراغ قوه

مثال: می‌خواهیم بدانیم $5000\,kg/m^3$ چند g/cm^3 است؟

می‌دانیم $1\,kg = 10^3\,g$ و $1\,m^3 = 10^6\,cm^3$ است؛ بنابراین در یکای kg/m^3 به‌جای kg، عبارت $10^3\,g$ و به‌جای m^3 عبارت $10^6\,cm^3$ را جای‌گذاری می‌کنیم:

$$5000\,\frac{kg}{m^3} = 5000 \times \frac{10^3\,g}{10^6\,cm^3} = 5\,\frac{g}{cm^3}$$

۳. روش تساوی عبارت‌ها

برای تبدیل **یکاهای غیرکسری** که فقط پیشوندهای متفاوتی دارند، از روش ساده‌تری نیز می‌توان استفاده کرد. مثال زیر را ببینید:

چراغ قوه

مثال: می‌خواهیم ببینیم $2000\,\mu s$ برابر با چند میلی‌ثانیه (ms) است؟

گام اول برای این کار ابتدا تساوی بین دو عبارت را به‌صورت مقابل می‌نویسیم:

$$2000\,\mu s = \square\,ms$$

گام دوم یکای مشترک در دو طرف تساوی را خط زده و به‌جای نماد هر پیشوند، معادل آن را جای‌گذاری می‌کنیم:

$$2000 \times 10^{-6}\,\cancel{s} = \square \times 10^{-3}\,\cancel{s}$$

گام سوم *حالا شمایید و یه معادلهٔ ساده که سال سوم پیش‌دبستانی یاد گرفتین* ☺:

$$\square = \frac{2000 \times 10^{-6}}{10^{-3}} = 2000 \times 10^{-6} \times 10^{+3} = 2000 \times 10^{-3} = 2$$

بنابراین $2000\,\mu s$، برابر با $2\,ms$ است.

نکته هنگام تبدیل یکاهایی که در آن یک پیشوند به توان رسیده است، ضریب معادل پیشوند را نیز باید به توان برسانیم:

- $1\,m = 10^2\,cm \Rightarrow 1\,m^2 = (10^2)^2\,cm^2 = 10^4\,cm^2$
- $1\,\mu s = 10^{-6}\,s \Rightarrow 1\,\mu s^3 = (10^{-6})^3\,s^3 = 10^{-18}\,s^3$

تست و پاسخ

تست: جرم یک گیرهٔ کاغذ $10^{-4}\ kg$ است. جرم این گیره چند میلی‌گرم است؟

۱) 10^{-2} ۲) 10^{-1} ۳) 10 ۴) 10^{2}

پاسخ گزینهٔ «۴». **روش اول** می‌دانیم $1\ kg = 10^{3}\ g$ و $1\ g = 10^{3}\ mg$ است، پس $1\ kg = 10^{6}\ mg$ است.

$$10^{-4}\ kg = 10^{-4}\ kg \times 1 = 10^{-4}\ kg \times \frac{10^{6}\ mg}{1\ kg} = 10^{2}\ mg$$

روش دوم از روش جای‌گذاری استفاده می‌کنیم. به‌جای یکای kg، معادل آن یعنی $10^{6}\ mg$ را جای‌گذاری می‌کنیم:

$$10^{-4}\ kg = 10^{-4} \times (10^{6}\ mg) = 10^{2}\ mg$$

روش سوم از روش تساوی عبارت‌ها استفاده می‌کنیم:

$$10^{-4}\ k\,g = \square\ m\,g \Rightarrow 10^{-4} \times 10^{3} = \square \times 10^{-3} \Rightarrow \square = \frac{10^{-1}}{10^{-3}} \Rightarrow \square = 10^{2}$$

تست: مساحت یک برگهٔ کاغذ $620\ cm^{2}$ است. این اندازه‌گیری برحسب mm^{2} (میلی‌متر مربع) کدام است؟

۱) ۶/۲ ۲) ۶۲ ۳) ۶۲۰۰ ۴) ۶۲۰۰۰

پاسخ گزینهٔ «۴». تبدیل یکا کسری نیست و فقط تبدیل پیشوندها به هم نقش اساسی دارند؛ پس داریم:

$$620\ c\,m^{2} = \square\ m\,m^{2} \Rightarrow 620 \times (10^{-2})^{2} = \square \times (10^{-3})^{2}$$

$$\Rightarrow \frac{620 \times 10^{-4}}{10^{-6}} = \square \Rightarrow \square = 620 \times 10^{-4} \times 10^{+6} = 620 \times 10^{2} = 62000$$

تست: ژول ورن، رمان‌نویس مشهور فرانسوی، کتاب مشهوری به نام «بیست هزار فرسنگ زیر دریا» دارد. می‌دانیم هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع و هر ذرع $104\ cm$ است. بیست هزار فرسنگ چند کیلومتر است؟

۱) ۶۲۴ ۲) ۱۲۴۸ ۳) ۶۲۴۰۰ ۴) ۱۲۴۸۰۰

پاسخ گزینهٔ «۴». **روش اول**

$$20000\ \text{فرسنگ} = 20000 \times \frac{6000\ \text{ذرع}}{1\ \text{فرسنگ}} \times \frac{104\ cm}{1\ \text{ذرع}} \times \frac{1\ km}{10^{5}\ cm}$$

$$= \frac{20000 \times 6000 \times 104}{10^{5}}\ km = 12480\ km$$

روش دوم

$$20000\ \text{فرسنگ} = 20000 \times (6000\ \text{ذرع}) = 20000 \times 6000 \times (104\ cm) = 1248 \times 10^{7}\ cm = 1248 \times 10^{7} \times (10^{-5}\ km) = 12480\ km$$

تست: هر $1\ m/\mu s^{2}$ چند km/s^{2} است؟

۱) 10^{6} ۲) 10^{9} ۳) 10^{-6} ۴) 10^{-9}

پاسخ گزینهٔ «۲».

$$1\frac{m}{\mu s^{2}} = 1\frac{m}{\mu s^{2}} \times 1 \times 1 = 1\frac{m}{\mu s^{2}} \times \frac{\mu s^{2}}{(10^{-6}\ s)^{2}} \times \frac{1\ km}{1000\ m} = 1 \times \frac{1}{10^{-12} \times 10^{3}}\frac{km}{s^{2}} = 10^{9}\frac{km}{s^{2}}$$

تست: به‌جای مربع در عبارت مقابل، کدام‌یک از پیشوندهای زیر را قرار دهیم تا تساوی برقرار شود؟

$$100\frac{mg.\square\,m}{s^{2}} = 0/1\ kN$$

۱) m ۲) k ۳) M ۴) G

پاسخ گزینهٔ «۳». **گام اول** می‌دانیم هر نیوتون معادل $1\frac{kg.m}{s^{2}}$ است:

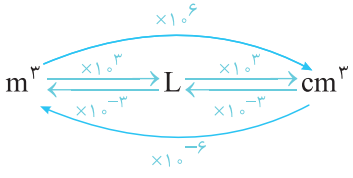
$$100\frac{mg.\square\,m}{s^{2}} = 0/1 \times 10^{3}\ N = 0/1 \times 10^{3} \times \frac{kg \times m}{s^{2}}$$

گام دوم به‌جای mg معادل آن را که برابر $10^{-6}\ kg$ است، جای‌گذاری می‌کنیم:

$$100\frac{(10^{-6}\ kg) \times \square\,m}{s^{2}} = 10^{2}\frac{kg \times m}{s^{2}} \Rightarrow 1\square\,m = 10^{6}\,m$$

گام سوم $1\ Mm = 10^{6}\ m$ است؛ بنابراین جای خالی در عبارت بالا توسط پیشوند مگا (M) تکمیل می‌شود.

نکته سه یکای لیتر (L)، متر مکعب (m^{3}) و سانتی‌متر مکعب (cm^{3}) از یکاهای پرکاربرد حجم هستند. با توجه به اهمیت تبدیل این سه یکا به یکدیگر، به‌خاطرسپاری شکل مقابل می‌تواند کمک‌کننده باشد:



آهنگ تغییر کمیت

در فیزیک، تغییر هر کمیت نسبت به زمان را معمولاً **آهنگ آن کمیت** می‌نامیم.

مثال۱: آهنگ حجم مایع خروجی برابر حجم مایع خارج‌شده در واحد زمان است. برای به دست آوردن این کمیت، کافی است حجم خروجی را بر زمان تقسیم کنیم:

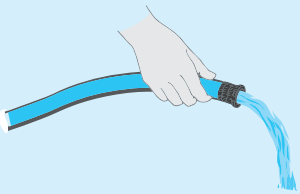
$$\text{آهنگ حجم خروجی مایع} = \frac{V}{\Delta t}$$

مثال۲: آهنگ مصرف انرژی برابر انرژی مصرف‌شده در واحد زمان است و کافی است انرژی مصرف‌شده را بر زمان تقسیم کنیم:

$$\text{آهنگ مصرف انرژی} = \frac{W}{\Delta t}$$

تست و پاسخ

تست: از یک شیلنگ، آب با آهنگ $125\ cm^3/s$ خارج می‌شود. آهنگ خروج آب چند L/min است؟



۱) ۷/۵

۲) $\frac{۲۵}{۱۲}$

۳) ۷۵

۴) $\frac{۲۵}{۳}$

پاسخ گزینهٔ «۱». **روش اول** از تبدیل زنجیره‌ای استفاده می‌کنیم. یک بار باید cm^3 را به L و بار دیگر باید s را به min تبدیل کنیم؛ پس نیازمند ۲تا ضریب تبدیل هستیم:

$$۱۲۵\frac{cm^3}{s} = ۱۲۵\frac{cm^3}{s}\times ۱\times ۱ = ۱۲۵\frac{cm^3}{s}\times\frac{۱\,L}{۱۰۰۰\,cm^3}\times\frac{۶۰\,s}{min} = ۷/۵\frac{L}{min}$$

روش دوم از روش جای‌گذاری استفاده می‌کنیم:

$$۱۲۵\frac{cm^3}{s} = ۱۲۵\times\frac{۱۰^{-۳}\,L}{\frac{۱}{۶۰}\,min} = ۶۰\times ۱۲۵\times ۱۰^{-۳}\frac{L}{min} = ۷/۵\frac{L}{min}$$

نمادگذاری علمی

در برخی از اندازه‌گیری‌ها با مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک سروکار داریم؛ مثلاً برای نوشتن جرم زمین برحسب کیلوگرم باید تعداد ۲۱ صفر را بعد از عدد ۵۹۷۲ بنویسیم و یا برای نوشتن جرم یک الکترون برحسب کیلوگرم باید بعد از ممیز، ۳۰ صفر قرار دهیم و پس از آن عدد ۹۱۰۹ را بنویسیم. بدیهی است نوشتن چنین عددهایی به‌صورت اعشاری یا با صفرهای زیاد علاوه بر دشواری در خواندن و نوشتن، احتمال اشتباه را هم افزایش می‌دهد. از این‌رو با استفاده از روشی که آن را **نمادگذاری علمی** می‌نامند، نوشتن و محاسبهٔ مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک ساده‌تر می‌شود.

در این روش عدد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک طوری بیان می‌شود که شامل سه قسمت باشد؛ قسمت‌های اول و دوم دربرگیرندهٔ حاصل‌ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از ۱۰ است و در قسمت سوم یکای آن کمیت نوشته می‌شود:

عدد به‌صورت نماد علمی: $a\times ۱۰^n \quad (۱\le a<۱۰, n\in\mathbb{Z})$

چرتکه

برای نمایش نماد علمی یک عدد، دو حالت وجود دارد:

۱. عدد بزرگ‌تر از ۱۰: اگر عدد مورد نظر بزرگ‌تر از ۱۰ باشد، ابتدا با قرار دادن ممیز در جای مناسب، آن را به عددی بین ۱ تا ۱۰ تبدیل می‌کنیم. سپس آن را در ۱۰^n ضرب می‌کنیم. *اما حالا مقدار n رو چه‌جوری حساب کنیم؟! دقت کنید قبل از نوشتن عدد به‌صورت نماد علمی، ممیز آن کجا قرار دارد و بعد از نوشتن آن عدد به‌صورت نماد علمی، ممیز به کجا منتقل شده است.* n برابر با تعداد ارقامی است که بین این دو ممیز قرار دارند.

مثال:

تندی نور در هوا: $۳/۰۰۰۰۰۰۰۰\ m/s$ (۸ رقم) $\xrightarrow{\text{به صورت نماد علمی}} ۳\times ۱۰^۸\ m/s$

(۳: محل ممیز در نماد علمی؛ ۰۰۰۰۰۰۰۰: محل کنونی ممیز)

جرم زمین: $۵/۹۷۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰\ kg$ (۲۴ رقم) $\xrightarrow{\text{به صورت نماد علمی}} ۵/۹۷۲\times ۱۰^{۲۴}\ kg$

(۵: محل ممیز در نماد علمی؛ ۹۷۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰: محل کنونی ممیز)

۲. عدد کوچک‌تر از ۱: اگر عدد مورد نظر کوچک‌تر از ۱ باشد، ابتدا با قرار دادن ممیز در جای مناسب، آن را به عددی بین ۱ تا ۱۰ تبدیل می‌کنیم، سپس آن را در 10^{-n} ضرب می‌کنیم. *حالا این بار n رو چه‌جوری به دست بیاریم؟! باید بگم که هیچ فرقی نداره!* دوباره به محل ممیز قبل و بعد از نماد علمی توجه می‌کنیم. n برابر با تعداد ارقام مابین این دو ممیز است.

مثال:

قطر موی انسان: $0/000008/01\,m \xrightarrow{\text{به‌صورت نماد علمی}} 8/01\times10^{-6}\,m$

(۶ رقم؛ محل کنونی ممیز؛ محل ممیز بعد از نماد علمی)

قطر اتم هیدروژن: $0/0000000001/06\,m \xrightarrow{\text{به‌صورت نماد علمی}} 1/06\times10^{-10}\,m$

(۱۰ رقم؛ محل کنونی ممیز؛ محل ممیز بعد از نماد علمی)

نکته در جمع و تفریق دو عدد که به‌صورت نماد علمی هستند، ابتدا باید بخش توان صحیح ۱۰ آن‌ها را یکسان کنیم و سپس بخش عددی را جمع یا تفریق کنیم.

مثال:

$$1/2\times10^{5}+6/5\times10^{3}=1/2\times10^{5}+(\frac{6/5}{100}\times100)\times10^{3}=1/2\times10^{5}+0/065\times10^{5}=1/265\times10^{5}$$

تست و پاسخ

تست: مقدار بار الکتریکی الکترون $-160\times10^{-15}\,\mu C$ است (یکای بار الکتریکی کولن است که با نماد C نمایش داده می‌شود). کدام گزینه مقدار بار برحسب کولن را به‌صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟ *(برگرفته از کتاب درسی)*

۱) $1/6\times10^{-18}$ ۲) $0/160\times10^{-17}$ ۳) $1/6\times10^{-19}$ ۴) $0/160\times10^{-18}$

پاسخ گزینهٔ «۳».

مقدار بار الکتریکی الکترون: $q=-160\times10^{-15}\,\mu C=-160\times10^{-15}\times10^{-6}\,C=-160\times10^{-21}\,C \xrightarrow{\text{نمادگذاری علمی}} q=-1/6\times10^{-19}\,C$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای درس سوم

تبدیل یکاها توی همهٔ فصل‌های فیزیک کاربرد داره. خوبِ خوب یاد بگیرین که همیشه توی درس‌هایی مثل فیزیک یا شیمی به کارتون میاد. سخت نیست! فقط نیازمند تکرار و تمرینه.

۳۴. طول بدن نوعی مگس $5\times10^{3}\,\mu m$ است. طول بدن این مگس چند دسی‌متر (dm) است؟

۱) 5×10^{-2} ۲) 5×10^{-3} ۳) 5×10^{-4} ۴) 5×10^{-5}

۳۵. فاصلهٔ زمین تا نزدیک‌ترین کهکشان $2/85\times10^{18}\,km$ است. این فاصله برحسب یکای نجومی (AU) چقدر است؟ $(1\,AU=1/5\times10^{11}\,m)$

۱) $1/9\times10^{7}$ ۲) $1/9\times10^{10}$ ۳) 8×10^{6} ۴) 8×10^{9}

۳۶. جرم یک زنبورعسل $0/00015\,kg$ است. این اندازه‌گیری به‌صورت نمادگذاری علمی کدام است؟ *(برگرفته از کتاب درسی)*

۱) $0/15\times10^{-3}\,kg$ ۲) $1/5\times10^{-4}\,kg$ ۳) $1/5\times10^{-5}\,kg$ ۴) $15\times10^{-5}\,kg$

۳۷. یکی از بزرگ‌ترین الماس‌های موجود در ایران، دریای نور به جرم ۱۸۲ قیراط است. جرم این الماس در SI چقدر است؟ (هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است.) *(ریاضی خارج از کشور ۱۴۰۱)*

۱) ۳۶/۴ ۲) ۹/۱ ۳) $9/1\times10^{-2}$ ۴) $3/64\times10^{-2}$

۳۸. انرژی الکتریکی مصرفی در مدت یک ماه برای یک منزل مسکونی، ۲۰۰ kWh است. مقدار این انرژی برحسب ژول و به‌صورت نمادگذاری علمی کدام است؟

۱) $7/2\times10^{6}$ ۲) $7/2\times10^{8}$ ۳) 720×10^{6} ۴) 72×10^{8}

۳۹. یکای طول در دستگاه بریتانیایی یکاها، پا (فوت) است که آن را با ft نشان می‌دهند و یکای کوچک‌تر آن اینچ (in) است، به‌طوری که $1\,ft=12\,in$ است. ارتفاع هواپیمایی که در ارتفاع ۲۵۰۰۰ ft از سطح دریاهای آزاد در حال پرواز است، چند متر است؟ (هر اینچ را برابر با ۲/۵ سانتی‌متر در نظر بگیرید.) *(برگرفته از کتاب درسی)*

۱) ۱۲۰۰ ۲) ۴۰۰۰ ۳) ۶۲۰۰ ۴) ۷۵۰۰

۴۰. با توجه به اینکه «۴/۶ گرم = ۱ مثقال = ۲۴ نخود» و «۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال» است، ۶/۹ kg به‌ترتیب از راست به چپ برابر با چند سیر و چند نخود است؟

۱) ۶۲/۵ - ۹۳/۷۵ ۲) ۳۶۰۰۰ - ۹۳/۷۵ ۳) ۶۲/۵ - ۲۴۰۰۰ ۴) ۳۶۰۰۰ - ۲۴۰۰۰

۴۱. حجم مکعبی به ضلع ۲۰ میکرون، به‌ترتیب از راست به چپ چند سانتی‌متر مکعب و چند لیتر است؟

۱) 8×10^{-15} - 8×10^{-18} ۲) 8×10^{-9} - 8×10^{-6} ۳) 8×10^{-9} - 8×10^{-12} ۴) 8×10^{-15} - 8×10^{-18}

۴۲. مساحت صفحهٔ نمایش یک گوشی همراه، $18\ (in)^2$ (۱۸ اینچ مربع) است. این مقدار برحسب سانتی‌متر مربع و به‌صورت نمادگذاری علمی کدام است؟ (هر اینچ را برابر ۲/۵ سانتی‌متر در نظر بگیرید.)

۱) $4/5\times10^{1}$ ۲) $4/5\times10^{2}$ ۳) $1/125\times10^{2}$ ۴) $1/125\times10^{3}$

۴۳. تندی ۲۱۶ کیلومتر بر ساعت، معادل چند مایل بر دقیقه است؟ (یک مایل را ۱۸۰۰ متر فرض کنید.) (ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۳ ۴) ۳/۶

۴۴. در کدام گزینه تبدیل یکا به‌درستی انجام شده است؟

۱) $20\ ng = 2\times10^{-3}\ \mu g$ ۲) $100\ cm^2/s = 6\times10^{4}\ mm^2/min$

۳) $80\ dJ/mm = 8\times10^{-3}\ \mu J/pm$ ۴) $36\ L/h = 100\ cm^3/s$

۴۵. کدام‌یک از تبدیل یکاهای زیر نادرست است؟

۱) $9\times10^{-2}\ N/m = 0/9\ mN/cm$ ۲) $50\ cm^2 = 0/5\ mm^2$

۳) $800\ g/mL = 0/8\ kg/cm^3$ ۴) $7\times10^{-4}\ mm/s = 42\ \mu m/min$

۴۶. به‌جای x در عبارت مقابل، کدام گزینه قرار بگیرد تا تساوی برقرار شود؟

$$7/2\ \frac{\mu s^2}{mL} = x\ \frac{min^2}{m^3}$$

۱) 2×10^{-6} ۲) 2×10^{-9}

۳) 6×10^{-12} ۴) 6×10^{-9}

۴۷. جای خالی روبه‌رو توسط کدام گزینه به‌درستی کامل می‌شود؟

$$3/5\times10^{-4}\ \frac{mm^3}{kJ.s} = 1/26\times10^{9}\ \frac{\square}{\mu J.h}$$

۱) cm^3 ۲) μm^3

۳) nm^3 ۴) pm^3

۴۸. تندی نور در خلأ $3\times10^{5}\ km/s$ است. نور فاصلهٔ ۵ AU را در مدت چند میکروثانیه طی می‌کند؟ $(1\ AU = 1/5\times10^{11}\ m)$

۱) $1/5\times10^{6}$ ۲) $1/5\times10^{9}$ ۳) $2/5\times10^{6}$ ۴) $2/5\times10^{9}$

۴۹. قشم بزرگ‌ترین جزیرهٔ خلیج‌فارس است و طول آن ۱۲۰ km است. اگر یک کشتی حمل کالا بخواهد با تندی ثابت ۱۶ گره طول این جزیره را به‌طور کامل طی کند، چه مدت طول خواهد کشید؟ (هر گره دریایی را $0/5\ m/s$ در نظر بگیرید.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۲ ساعت و ۵۰ دقیقه ۲) ۳ ساعت و ۴۰ دقیقه ۳) ۴ ساعت و ۱۰ دقیقه ۴) ۶ ساعت و ۱۵ دقیقه

تبدیل یکاهای مربوط به آهنگ تغییر یک کمیت

۵۰. آهنگ خروج آب از لوله‌ای $1500\ cm^3/s$ است. آهنگ خروج آب از این لوله برحسب متر مکعب بر دقیقه و به‌صورت نمادگذاری علمی کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $2/5\times10^{-1}$ ۲) $2/5\times10^{-2}$ ۳) 9×10^{-2} ۴) 9×10^{-1}

۵۱. سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به هسپرویوکا است که در مدت ۱۴ روز، ۳/۷ متر رشد می‌کند. آهنگ رشد تقریبی این گیاه برحسب میکرومتر بر ثانیه چقدر است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۳ ۲) ۰/۰۳ ۳) ۹ ۴) ۰/۰۹

۵۲. از یک شیلنگ، آب با آهنگ ثابت $20\ L/min$ خارج می‌شود. اگر بخواهیم با این شیلنگ استخری به طول ۶ m، عرض ۳ m و عمق ۲ m را به‌طور کامل پر از آب کنیم، چند ساعت زمان لازم است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۳۰ ۴) ۳۵

۵۳. تونل سوم کوهرنگ در استان چهارمحال و بختیاری، یکی از پروژه‌های ملی کشور است که با هدف انتقال آب از این استان به استان اصفهان طراحی شده است. اگر آهنگ انتقال آب توسط این تونل به‌طور متوسط $25\ m^3/s$ باشد، آهنگ انتقال آب برحسب لیتر بر شبانه‌روز و با نماد علمی کدام است؟

۱) $4/32\times10^{9}$ ۲) $4/32\times10^{6}$

۳) $2/16\times10^{9}$ ۴) $2/16\times10^{6}$

درس ۴
دقت اندازه‌گیری

دقت اندازه‌گیری

در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی مانند طول، جرم، زمان و ... **قطعیت وجود نداشته** و **همواره خطا** وجود دارد. با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری، تنها می‌توان خطای اندازه‌گیری را کاهش داد ولی **هیچ‌گاه نمی‌توان آن را به صفر رساند**.

عوامل افزایش دقت اندازه‌گیری

سه عامل در افزایش دقت اندازه‌گیری نقش مهمی دارند که به‌ترتیب به بیان هر یک می‌پردازیم.

۲۰. گزینهٔ ۴ بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ «۱»: تندی: کمیت فرعی ← متر بر ثانیه / گزینهٔ «۲»: دما: کمیت اصلی ← کلوین / گزینهٔ «۳»: وزن: کمیت فرعی ← نیوتون

۲۱. گزینهٔ ۲ هفت کمیت اصلی به همراه یکاهای آن‌ها عبارت‌اند از:
۱. جرم ←(یکا) کیلوگرم ۲. طول ←(یکا) متر ۳. زمان ←(یکا) ثانیه ۴. دما ←(یکا) کلوین ۵. مقدار ماده ←(یکا) مول ۶. جریان الکتریکی ←(یکا) آمپر ۷. شدت روشنایی ←(یکا) کندلا (شمع)

۲۲. گزینهٔ ۳ فقط گزارهٔ «الف» درست است.
بررسی سایر گزاره‌ها: ب: نادرست؛ یکای فرعی برخی از کمیت‌های فرعی پرکاربرد، در دستگاه SI نام مخصوصی دارند؛ مثلاً یکای فرعی نیرو $\frac{kg.m}{s^۲}$ است که در دستگاه SI، نیوتون نامیده می‌شود. / پ: نادرست؛ برخی از کمیت‌های فرعی وجود دارند که یکای آن‌ها در SI، همان یکای فرعی آن‌ها است؛ مثل شتاب و یا تندی و سرعت.

۲۳. گزینهٔ ۲ مثقال و قیراط، یکاهای غیر SI اندازه‌گیری **جرم** هستند.
سال نوری، اینچ، فرسنگ و مایل یکاهای غیر SI اندازه‌گیری **طول** هستند.
گره دریایی یکای غیر SI اندازه‌گیری **تندی** است.

۲۴. گزینهٔ ۴ دما (کلوین)، وزن (نیوتون)، مقدار ماده (مول)

۲۵. گزینهٔ ۲ $\text{آهنگ تغییر طول} = \frac{\text{طول}}{\text{زمان}} = \text{تندی متوسط}$

۲۶. گزینهٔ ۲ طبق تعریف کار که از جنس انرژی است، یکای انرژی از حاصل‌ضرب یکای نیرو در یکای طول به دست می‌آید:

$$W = Fd \xrightarrow{F=ma} W = ma \times d$$

$$\Rightarrow [\text{یکای انرژی}] = kg \times \frac{m}{s^۲} \times m = \frac{kg.m^۲}{s^۲}$$

۲۷. گزینهٔ ۲

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow [\text{یکای فشار}] = \frac{[\text{یکای نیرو}]}{[\text{یکای مساحت}]} = \frac{N}{m^۲} \xrightarrow{N \equiv \frac{kg.m}{s^۲}}$$

(فشار ↑ P، نیرو ↑ F، مساحت ↓ A)

$$[\text{یکای فشار}] = \frac{\frac{kg.m}{s^۲}}{m^۲} = \frac{kg}{m.s^۲}$$

هشدار: *یکای فرعی فشار* $\frac{kg}{m.s^۲}$ *است و از اونجایی که یکی از یکاهای پرکاربرد فیزیک، واسه راحتی پاسکال صداش می‌کنن! بنابراین پاسکال* (Pa) *یکای SI فشار میشه نه فرعی!*

۲۸. گزینهٔ ۳ **گام اول** در فیزیک کمیت‌هایی را می‌توان با هم جمع یا تفریق کرد که هم‌جنس باشند، بنابراین چون A و B دو کمیت فیزیکی متفاوتی هستند، $A+B$ و $A-B$ امکان‌پذیر نیست (رد گزینه‌های «۱» و «۴»).
گام دوم اگر هر یک از کمیت‌های A و B را معکوس کنیم، باز هم با یکدیگر متفاوت خواهند بود، پس نمی‌توان معکوس آن‌ها را نیز با هم جمع کرد (رد گزینهٔ «۲»).
گام سوم درست است که A با B متفاوت است اما ممکن است کمیت $B^۲$، هم‌جنس با کمیت A باشد (مثلاً کمیت A از جنس مساحت و کمیت B از جنس طول باشد؛ بنابراین کمیت $B^۲$، یعنی طول به توان ۲ از جنس مساحت می‌شود)؛ پس از نظر فیزیکی این امکان وجود دارد که بتوانیم $B^۲$ را با A جمع کنیم؛ بنابراین گزینهٔ «۳» از نظر فیزیکی امکان‌پذیر است.

۲۹. گزینهٔ ۲

$$W = mgh$$

$$\Rightarrow [\text{یکای طول}] \times [\text{یکای شتاب}] \times [\text{یکای جرم}] = [\text{یکای کار}]$$

$$\Rightarrow [\text{یکای کار}] = kg \times \frac{m}{s^۲} \times m = \frac{kg.m^۲}{s^۲}$$

۳۰. گزینهٔ ۲ **گام اول** کمیت A از جنس جرم است، پس یکای اصلی آن kg است. به همین ترتیب یکای کمیت‌های B (از جنس مساحت) و C (از جنس فشار) برابر $m^۲$ و $\frac{kg}{m.s^۲}$ است. حال کافی است یکای همهٔ کمیت‌ها را به‌جای هر کمیت در رابطهٔ داده‌شده قرار دهیم تا یکای D یافت شود:

$$\frac{A}{B} = \frac{C}{D} \Rightarrow \frac{[\text{A یکای}]}{[\text{B یکای}]} = \frac{[\text{C یکای}]}{[\text{D یکای}]} \Rightarrow \frac{kg}{m^۲} = \frac{\frac{kg}{m.s^۲}}{[\text{D یکای}]}$$

$$\Rightarrow [\text{D یکای}] = m^۲ \times \frac{kg}{m.s^۲} \times \frac{۱}{kg} = \frac{m}{s^۲}$$

متر بر مجذور ثانیه، یکای اندازه‌گیری شتاب است؛ **پس کمیت D از جنس شتاب است.**
گام دوم مشابه گام قبلی، یکای اندازه‌گیری BC را می‌یابیم:

$$[\text{BC یکای}] = [\text{B یکای}] \times [\text{C یکای}] = m^۲ \times \frac{kg}{m.s^۲} = \frac{kg.m}{s^۲}$$

$\frac{kg.m}{s^۲}$ همان نیوتون یعنی یکای اندازه‌گیری نیرو است؛ **پس کمیت BC از جنس نیرو است.**

۳۱. گزینهٔ ۳ **گام اول** همواره کمیت‌هایی را می‌توان با یکدیگر جمع یا تفریق کرد که یکای یکسانی داشته باشند، بنابراین داریم:

$$[\text{A یکای}] = [\text{Fv یکای}] = [\frac{۲mx}{t} \text{ یکای}]$$

گام دوم یکای فرعی نیرو (F) برابر $\frac{kg.m}{s^۲}$ و یکای تندی (v) برابر m/s است:

$$[\text{Fv یکای}] = [\frac{۲mx}{t} \text{ یکای}]$$

$$\Rightarrow \frac{kg.m}{s^۲} \times \frac{m}{s} = \frac{kg \times [\text{x یکای}]}{s} \Rightarrow [\text{x یکای}] = m^۲/s^۲$$

گام سوم *تا اینجای کار، گزینه‌های «۱» و «۲» باید پرن بوق بزنن!* گفتیم یکای کمیت A و یکای کمیت Fv یکسان است، یعنی این دو کمیت هم‌جنس هستند، پس داریم:

$$A \text{ کمیت} = Fv \xrightarrow{v=\frac{d}{t}} A \text{ کمیت} = \frac{Fd}{t} = \frac{W}{t}$$

$$\Rightarrow A \text{ کمیت} = \frac{\text{کار (انرژی)}}{\text{زمان}} = \text{توان}$$

۳۲. گزینهٔ ۱ با توجه به سازگاری یکاها، یکای جمله‌های مختلف یک رابطهٔ فیزیکی یکسان است، پس می‌توان نتیجه گرفت:

$$Ax^۲ + \frac{۱}{۲}B = v^۲ \Rightarrow A(m^۲) + B = \frac{m^۲}{s^۲} \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{۱}{s^۲} \\ B = \frac{m^۲}{s^۲} \end{cases}$$

۳۳. گزینهٔ ۴

$$M = \frac{\gamma FA}{d} \Rightarrow [\text{یکای انرژی}] = \frac{[\gamma \text{ یکای}] \times [\text{یکای نیرو}] \times [\text{یکای مساحت}]}{[\text{یکای طول}]}$$

$$\Rightarrow \frac{kg.m^۲}{s^۲} = \frac{[\gamma \text{ یکای}] \times (kg.\frac{m}{s^۲}) \times (m^۲)}{m}$$

$$\Rightarrow \frac{kg.m^۳}{s^۲} = \frac{[\gamma \text{ یکای}](kg)(m^۳)}{m(s^۲)} \Rightarrow [\gamma \text{ یکای}] = ۱$$

پس کمیت γ بدون یکا است.

۳۴. گزینهٔ ۱

$$۵ \times ۱۰^{-۳}\ \mu m = \square \times d\,m \Rightarrow ۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{-۶} = \square \times ۱۰^{-۱}$$

$$\Rightarrow \square = \frac{۵ \times ۱۰^{-۳}}{۱۰^{-۱}} = ۵ \times ۱۰^{-۲}$$

۳۵. گزینهٔ ۲ می‌دانیم که $1\,km = 10^3\,m$ و $1\,AU = 1/5\times10^{11}\,m$ است؛ بنابراین با استفاده از تبدیل زنجیره‌ای، ابتدا km را به m و سپس m را به AU تبدیل می‌کنیم: فاصلهٔ زمین تا نزدیک‌ترین کهکشان $2/85\times10^{18}\,km$

$$= 2/85\times10^{18}\,km\times\frac{10^3\,m}{1\,km}$$

$$= 2/8\times10^{21}\,m\times\frac{1\,AU}{1/5\times10^{11}\,m} = 1/9\times10^{10}\,AU$$

۳۶. گزینهٔ ۲

$$0/000\,15\,kg = 1/5\times10^{-4}\,kg$$

(۴ رقم؛ محل کنونی ممیز؛ محل ممیز بعد از نماد علمی)

۳۷. گزینهٔ ۴ جرم الماس برحسب گرم: $m = 182\ \text{قیراط}\times\frac{200\,mg}{1\ \text{قیراط}}\times\frac{10^{-3}\,g}{1\,mg}$

$$= 364\times10^{-1}\,g \xrightarrow{1\,kg=10^3\,g} m = 3/64\times10^{-2}\,kg$$

۳۸. گزینهٔ ۲ همان‌طور که می‌دانید رابطهٔ بین توان و کار به‌صورت $P=\frac{W}{t}$ است که با یک طرفین وسطین ساده به $W = Pt$ می‌رسیم. اگر یکای SI کمیت‌ها را جای‌گذاری کنیم، یکای کار (یعنی ژول) برابر با حاصل‌ضرب وات در ثانیه است. این بدان‌معناست که $1\,J = 1\,W.s$ است؛ پس برای حل این سؤال کافی است یکای kWh را به Ws که معادل با J است، تبدیل کنیم:

$$200\,kWh = 200\,kW\,h\times\frac{10^3\,W}{1\,kW}\times\frac{3600\,s}{1\,h} = 72\times10^7\,J$$

$$\xrightarrow{\text{نماد علمی}} 7/2\times10^8\,J$$

۳۹. گزینهٔ ۴ *تبدیل زنجیره‌ای و دیگه هیچ!*

$$25000\,ft = (25000\ ft)\times(\frac{12\,in}{1\,ft})\times(\frac{2/5\,cm}{1\,in})\times(\frac{10^{-2}\,m}{1\,cm}) = 7500\,m$$

۴۰. گزینهٔ ۲

گام اول

$$6/9\,kg\times\frac{10^3\,g}{1\,kg}\times\frac{\text{مثقال }1}{4/6\,g}\times\frac{\text{سیر }40}{\text{مثقال }640} = \text{سیر }93/75$$

گام دوم

$$6/9\,kg\times\frac{10^3\,g}{1\,kg}\times\frac{\text{مثقال }1}{4/6\,g}\times\frac{\text{نخود }24}{\text{مثقال }1} = \text{نخود }36000$$

۴۱. گزینهٔ ۳ **گام اول** ابتدا حجم مکعب را برحسب متر مکعب به دست می‌آوریم:

طلع مکعب: $a = 20\ \text{میکرون}\times\frac{10^{-6}\ \text{متر}}{\text{میکرون }1} = 20\times10^{-6}\ \text{متر}$

حجم مکعب: $V = a^3 = (20\times10^{-6})^3 = 8\times10^{-15}\,m^3$

گام دوم متر مکعب را برحسب سانتی‌متر مکعب می‌نویسیم:

$$8\times10^{-15}\ \text{متر مکعب}\times\frac{\text{سانتی‌متر مکعب }10^6}{\text{متر مکعب }1} = 8\times10^{-9}\,cm^3$$

گام سوم حجم را از متر مکعب به لیتر تبدیل می‌کنیم:

$$8\times10^{-15}\,m^3\times\frac{10^3\,L}{1\,m^3} = 8\times10^{-12}\,L$$

۴۲. گزینهٔ ۳ به کمک روش تبدیل زنجیره‌ای داریم:

$$\text{مساحت صفحهٔ نمایش گوشی همراه} = 18\,(in)^2\times\frac{(2/5)^2\,cm^2}{1\,(in)^2}$$

$$= 1/125\times10^2\,cm^2$$

۴۳. گزینهٔ ۱ به کمک روش تبدیل زنجیره‌ای داریم:

$$\text{تندی} = 216\frac{km}{h}\times\frac{10^3\,m}{1\,km}\times\frac{1\,h}{60\,min}\times\frac{1\,mi}{1800\,m}$$

$$= \frac{216\times10^3}{60\times1800}\frac{mi}{min} = 2\frac{mi}{min}$$

۴۴. گزینهٔ ۳ بهتر است از ابتدا گزینه‌ها را بررسی کنیم:

«۱» گزینهٔ: $20\,ng = 20\,ng\times\frac{10^{-3}\,\mu g}{1\,ng} = 2\times10^{-2}\,\mu g$

«۲» گزینهٔ: $100\frac{cm^2}{s} = 100\frac{cm^2}{s}\times\frac{60\,s}{1\,min}\times\frac{10^2\,mm^2}{1\,cm^2} = 6\times10^5\frac{mm^2}{min}$

«۳» گزینهٔ: $80\frac{dJ}{mm} = 80\frac{dJ}{mm}\times\frac{10^5\,\mu J}{1\,dJ}\times\frac{10^{-9}\,mm}{1\,pm} = 8\times10^{-3}\frac{\mu J}{pm}$

«۴» گزینهٔ: $36\frac{L}{h} = 36\frac{L}{h}\times\frac{1\,h}{3600\,s}\times\frac{1000\,cm^3}{1\,L} = 10\frac{cm^3}{s}$

کاملاً واضحه که گزینهٔ «۳» درسته!

۴۵. گزینهٔ ۲ بررسی گزینه‌ها:

«۱» گزینهٔ: $9\times10^{-2}\frac{N}{m}\times\frac{10^3\,mN}{1\,N}\times\frac{1\,m}{10^2\,cm} = 0/9\frac{mN}{cm}$

«۲» گزینهٔ: $50\,cm^2\times\frac{10^2\,mm^2}{1\,cm^2} = 5\times10^3\,mm^2$

«۳» گزینهٔ: $800\frac{g}{mL}\times\frac{10^{-3}\,kg}{1\,g}\times\frac{1\,mL}{10^{-3}\,L}\times\frac{1\,L}{10^3\,cm^3}$

$$= 800\times10^{-3}\,(\frac{kg}{cm^3}) = 0/8\frac{kg}{cm^3}$$

«۴» گزینهٔ: $7\times10^{-4}\frac{mm}{s}\times\frac{10^3\,\mu m}{1\,mm}\times\frac{60\,s}{1\,min} = 42\frac{\mu m}{min}$

۴۶. گزینهٔ ۲

$$7/2\frac{\mu s^2}{mL} = 7/2\frac{\mu s^2}{mL}\times\frac{10^6\,mL}{1\,m^3}\times\frac{(10^{-6})^2\,s^2}{1\,\mu s^2}\times\frac{1\,min^2}{(60\times60)\,s^2}$$

$$= \frac{7/2\times10^6\times10^{-12}}{3/6\times10^3} = 2\times10^{-6}\times10^{-3} = 2\times10^{-9}\frac{min^2}{m^3}$$

۴۷. گزینهٔ ۳

$$3/5\times10^{-4}\frac{mm^3}{kJ.s}\times\frac{1\,kJ}{10^9\,\mu J}\times\frac{3600\,s}{1\,h} = 3/5\times10^{-4}\times3600\times10^{-9}\frac{mm^3}{\mu J.h}$$

$$\Rightarrow 1/26\times10^{-9}\frac{mm^3}{\mu J.h} = 1/26\times10^9\frac{\square}{\mu J.h}$$

$$\Rightarrow \square = 10^{-9}\times10^{-9}\,mm^3 = 10^{-18}\,mm^3$$

می‌دانیم که $1\,nm = 10^{-6}\,mm$ است؛ بنابراین داریم:

$$\square = 10^{-18}\,mm^3 = \underbrace{10^{-6}\,mm}_{1\,nm}\times\underbrace{10^{-6}\,mm}_{1\,nm}\times\underbrace{10^{-6}\,mm}_{1\,nm} = 1\,nm^3$$

$$\Rightarrow \square = 1\,nm^3$$

بنابراین گزینهٔ «۳» درست است.

۴۸. گزینهٔ ۴ **گام اول** ابتدا مسافت طی‌شده توسط نور را برحسب متر به دست می‌آوریم:

$$d = 5\,AU\times\frac{1/5\times10^{11}\,m}{1\,AU} = 7/5\times10^{11}\,m$$

گام دوم حالا تندی نور را برحسب متر بر ثانیه (m/s) محاسبه می‌کنیم:

$$c = ۳\times۱۰^{۵}\ \frac{km}{s}\times\frac{۱۰^{۳}\ m}{۱\ km} = ۳\times۱۰^{۸}\ m/s$$:تندی نور در خلأ

گام سوم اکنون تندی و مسافت مستقیم طی‌شده را برحسب یکاهای SI داریم. *کافیه از اون چیزی که توی علوم متوسطه اول یاد گرفتیم، استفاده کنیم:*

$$d = ct \Rightarrow ۷/۵\times۱۰^{۱۱}\ (m) = ۳\times۱۰^{۸}\ (\frac{m}{s})\times t$$

$$\Rightarrow t = \frac{۷/۵\times۱۰^{۱۱}\ m}{۳\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}} = ۲/۵\times۱۰^{۳}\ s$$

گام چهارم *تبدیل ثانیه به میکروثانیه یادت نره!*

$$t = ۲/۵\times۱۰^{۳}\ s\times\frac{۱\ \mu s}{۱۰^{-۶}\ s} = ۲/۵\times۱۰^{۹}\ \mu s$$

۴۹. گزینهٔ ۳ **گام اول** طول را که برحسب کیلومتر است، به متر تبدیل می‌کنیم:

$$x = ۱۲۰\ km\times\frac{۱۰^{۳}\ m}{۱\ km} = ۱۲\times۱۰^{۴}\ m$$

گام دوم تندی کشتی را به کمک روش تبدیل زنجیره‌ای برحسب m/s به دست می‌آوریم:

$$v = ۱۶\ \text{گره دریایی}\times\frac{۰/۵\ \frac{m}{s}}{۱\ \text{گره دریایی}} = ۸\ m/s$$

گام سوم مقدار زمان را از رابطهٔ زیر به دست می‌آوریم:

$$x = vt \Rightarrow t = \frac{x}{v} = \frac{۱۲\times۱۰^{۴}\ m}{۸\ \frac{m}{s}} = \frac{۳}{۲}\times۱۰^{۴}\ s\times\frac{۱\ h}{۳۶۰۰\ s}$$

$$= \frac{۱۰۰}{۲۴}\ h = ۴\frac{۴}{۲۴}\ h = ۴\frac{۱}{۶}h$$

پس می‌توان گفت مدت‌زمان طول‌کشیده برای سفر این کشتی حمل کالا، ۴ ساعت و ۱۰ دقیقه است.

۵۰. گزینهٔ ۳ به کمک روش تبدیل زنجیره‌ای داریم:

$$\text{آهنگ خروج آب از لوله} = ۱۵۰۰\ \frac{cm^{۳}}{s}\times\frac{۱۰^{-۶}\ m^{۳}}{۱\ cm^{۳}}\times\frac{۶۰\ s}{۱\ min} = ۹\times۱۰^{-۲}\ \frac{m^{۳}}{min}$$

۵۱. گزینهٔ ۱ *بازم تبدیل زنجیره‌ای!*

$$\frac{۳/۷}{۱۴}\ \frac{m}{day}\times\frac{۱۰^{۶}\ \mu m}{۱\ m}\times\frac{۱\ day}{۸۶۴۰۰\ s} = ۳/۰۵ \simeq ۳\ \frac{\mu m}{s}$$

۵۲. گزینهٔ ۳ **گام اول** ابتدا حجم استخر را به دست می‌آوریم:

$$V = ۶\times۳\times۲ = ۳۶\ m^{۳}$$

گام دوم آهنگ خروج آب از شیلنگ را برحسب متر مکعب بر دقیقه حساب می‌کنیم:

$$۲۰\ \frac{L}{min} = ۲۰\ \frac{L}{min}\times\frac{۱\ m^{۳}}{۱۰^{۳}\ L} = ۲\times۱۰^{-۲}\ \frac{m^{۳}}{min}$$

گام سوم با توجه به اینکه در هر دقیقه $۰/۰۲\ m^{۳}$ آب به استخر اضافه می‌شود، زمان پر شدن استخر (t) را می‌توان به‌صورت زیر حساب کرد:

$$\text{زمان}\times\text{آهنگ ورود آب به استخر} = V$$

$$\Rightarrow ۳۶\ m^{۳} = ۲\times۱۰^{-۲}\ \frac{m^{۳}}{min}\times t \Rightarrow t = ۱۸۰۰\ min \xrightarrow{۱h = ۶۰\ min} t = ۳۰\ h$$

۵۳. گزینهٔ ۳ به کمک روش تبدیل زنجیره‌ای داریم:

$$\text{لیتر در شبانه‌روز} = ۲۵\ \frac{m^{۳}}{s}\times\frac{۱۰^{۳}\ L}{۱\ m^{۳}}\times\frac{۸۶۴۰۰\ s}{\text{۱ شبانه‌روز}} = ۲۵\times۱۰^{۳}\times۸۶۴۰۰$$

$$= ۲/۱۶\times۱۰^{۹}\ \frac{\text{لیتر}}{\text{شبانه روز}}$$

۵۴. گزینهٔ ۳ عوامل مؤثر در افزایش دقت اندازه‌گیری عبارت‌اند از:
۱. استفاده از وسیله‌ای با دقت اندازه‌گیری بالاتر ۲. کاهش خطاهای انسانی (مهارت شخص آزمایشگر) ۳. افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری
در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی مانند طول، جرم، زمان و ... قطعیت وجود ندارد و همواره مقداری خطا وجود دارد. با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری، **تنها می‌توان خطای اندازه‌گیری را کاهش داد، ولی هیچ‌گاه نمی‌توان آن را به صفر رساند.**

۵۵. گزینهٔ ۴ **گام اول** شکل سؤال، 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.
پس گزینه‌های «۱» و «۳» میرن قاطی باقالیا!

گام دوم شخص C که در طرف راست شخص B قرار دارد، مقدار بیشتری را نسبت به شخص B اندازه می‌گیرد و به همین ترتیب، شخص A که در سمت چپ شخص B قرار دارد، نسبت به B مقدار کمتری را می‌خواند.

۵۶. گزینهٔ ۴ دقت اندازه‌گیری خط‌کش، برابر کمینهٔ درجه‌بندی آن است:

$$\text{کمینهٔ درجه‌بندی خط‌کش} = ۰/۵\ cm = ۵\ mm$$

هشدار: *اونایی که گزینهٔ «۳» رو انتخاب کردین، بدانید و آگاه باشید که دقت خط‌کش را برحسب میلی‌متر می‌خواهد نه سانتی‌متر! بهتره که دقتتونو ببرین بالاتر!* ☺

۵۷. گزینهٔ ۱ **گام اول** *اسم وسیله ریزسنجه! فامیلیش دیجیتالی (رقمی)؛ شما روی هم دیگه بفونین:* «ریزسنج دیجیتالی (رقمی)»

گام دوم دقت اندازه‌گیری ابزار دیجیتالی (رقمی)، یک واحد از آخرین رقمی است که دستگاه می‌خواند، بنابراین داریم:

$$۲۰/۰۸۳\ mm \Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = ۰/۰۰۱\ mm$$

(۲۰/۰۸۳: آخرین رقم)

۵۸. گزینهٔ ۲ بارها گفته‌ایم و باز تکرار می‌کنیم: دقت اندازه‌گیری ابزار دیجیتالی (رقمی)، برابر یک واحد از آخرین رقمی است که دستگاه می‌خواند، بنابراین:

$$۲/۰۰۴\ mA \Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = ۰/۰۰۱\ mA \xrightarrow{۱mA = ۱۰^{۳}\ \mu A}$$

(۲/۰۰۴: آخرین رقم)

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

۵۹. گزینهٔ ۴ ترازو دیجیتالی است و دقت اندازه‌گیری آن $۰/۰۱\ kg$ یا به عبارتی دیگر $۱۰\ g$ است. با توجه به گزینه‌ها که برحسب کیلوگرم و گرم هستند، می‌توان گفت اعدادی که فقط مضرب‌های درستی از $۰/۰۱\ kg$ یا $۱۰\ g$ باشند، می‌توانند نتیجهٔ اندازه‌گیری با این ترازو باشند. در گزینهٔ «۴»، عدد $۲۵\ g$ مضرب صحیحی از $۱۰\ g$ نیست؛ پس این مورد نمی‌تواند با ترازوی مورد نظر ما اندازه‌گیری شده باشد.

۶۰. گزینهٔ ۴ **گام اول** در صفحهٔ نمایش تندی‌سنج، هر ۲۰ واحد آن $۱۲۰-۱۰۰ = ۲۰\ km/h$ به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است؛ پس کمینهٔ درجه‌بندی تندی‌سنج اتومبیل، برابر $۲۰\div۱۰ = ۲\ km/h$ است، بنابراین دقت اندازه‌گیری این تندی‌سنج برابر $۲\ km/h$ است.

گام دوم برای دماسنج دیجیتالی، دقت اندازه‌گیری، برابر یک واحد از آخرین رقمی است که دستگاه می‌خواند، بنابراین:

$$۳۶/۲\ ^{\circ}C \Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری} = ۰/۱\ ^{\circ}C$$

(۳۶/۲: آخرین رقم)

۶۱. گزینهٔ ۴ برای مقایسهٔ دقت‌های اندازه‌گیری با یکدیگر، همگی را براساس یکای یکسان (مثلاً گرم) می‌نویسیم:
بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ «۱»: شکل A: در ترازوی مدرج (عقربه‌ای) فاصلهٔ بین ۱ تا ۲ به دو قسمت تقسیم شده است، بنابراین دقت اندازه‌گیری این ترازو به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{دقت اندازه‌گیری A} = \frac{۱}{۲} = ۰/۵\ kg = ۵۰۰\ g$$

گزینهٔ «۲»: شکل B: دقت ترازوی رقمی (دیجیتال)، برابر یک واحد از آخرین رقمی است که دستگاه می‌خواند، یعنی:

$$۲۰/۸۰\ kg \Rightarrow \text{دقت اندازه‌گیری B} = ۰/۰۱\ kg = ۱۰\ g$$

(۲۰/۸۰: آخرین رقم)