

## درسنامه ۲

### تبدیل یکها

**تبدیل یکها:** با توجه به زمینه کاری، لازم است تا یکای کمیتی را تغییر دهیم. به عنوان مثال  $\frac{m}{s}$  را به  $\frac{km}{h}$  تبدیل کنیم و ... در روش تبدیل زنجیره‌ای، اندازه کمیت را در یک ضریب تبدیل، ضرب می‌کنند. ضریب تبدیل نسبتی از یکها و برابر عدد یک است. ضریب تبدیل طوری نوشته می‌شود تا یکای اولیه به یکهای مورد نظر تبدیل شود. به دو مثال زیر توجه کنید:

$$76 \text{ cm} = 76 \text{ cm} \times (1) = 76 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.76 \text{ m}$$

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times (1) \times (1) = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**توجه:** به تعداد تبدیل‌ها از ضریب تبدیل استفاده می‌شود. در تبدیل یکای دوم به دو تبدیل نیاز داشتیم تا  $km$  و  $h$  را به ترتیب به  $m$  و  $s$  تبدیل کنیم.

**مثال** تغییر هر کمیت نسبت به زمان را معمولاً آهنگ آن کمیت می‌گویند. آب با آهنگ  $425 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$  از لوله‌ای عبور می‌کند. این آهنگ چند لیتر بر دقیقه ( $\frac{L}{\text{min}}$ ) است؟ (هر یک لیتر معادل  $1000 \text{ cm}^3$  است.)

$$425 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 425 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \times (1) \times (1) = 425 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 25.5 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

**پاسخ:**

**سازگاری یکها:** در جایگذاری یکها در روابط فیزیکی باید به سازگاری آن‌ها توجه شود. به عنوان مثال در رابطه فشار  $P = \frac{F}{A}$ ، اگر فشار برحسب پاسکال (Pa) باشد، باید نیروی  $F$  بر حسب نیوتون (N) و مساحت برحسب مترمربع ( $\text{m}^2$ ) باشد.

**پیشوندهای یکها:** برای بیان عددهای بزرگ و کوچک از پیشوندهایی که توان معینی از ده هستند، استفاده می‌شود که مشابه مثال‌های زیر به صورت یک عامل ضرب به کار می‌رود:

$$0.00002 \text{ m} = 2 \times 10^{-6} \text{ m} = 2 \mu\text{m} \quad (\text{میکرومتر (میکرون)})$$

$$3000 \text{ W} = 3 \times 10^3 \text{ W} = 3 \text{ kW} \quad (\text{کیلووات})$$

### پیشوندهای یکها

نماد	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
y	یوکتو	$10^{-24}$	Y	یونا	$10^{24}$
z	زپتو	$10^{-21}$	Z	زتا	$10^{21}$
a	آتو	$10^{-18}$	E	اگزا	$10^{18}$
f	فمتو	$10^{-15}$	P	پتا	$10^{15}$
p	پیکو	$10^{-12}$	T	ترا	$10^{12}$
n	نانو	$10^{-9}$	G	گیگا (جیگا)	$10^9$
$\mu$	میکرو	$10^{-6}$	M	مگا	$10^6$
m	میلی	$10^{-3}$	k	کیلو	$10^3$
c	سانتی	$10^{-2}$	h	هکتو	$10^2$
d	دسی	$10^{-1}$	da	دکا	$10^1$

پیشوندهای که کاربرد بیش‌تری دارند و بهتر است آن‌ها را به خاطر بسپارید با زمینه رنگی نشان داده شده‌اند.

## درسمانه ۲

## نکته

در تبدیل پیشوند یکاها به یکدیگر اگر یکا دارای توان باشد، ضریب تبدیل هم به توان موردنظر می‌رسد. به مثال ساده زیر توجه کنید:

$$1\text{m}^3 = ?\text{cm}^3$$

$$1\text{m}^3 \times (1)^3 = 1\text{m}^3 \times \left(\frac{100\text{cm}}{1\text{m}}\right)^3 = 1\text{m}^3 \times \frac{100^3\text{cm}^3}{1\text{m}^3} = 10^6\text{cm}^3$$

## مثال

$$24 \frac{\mu\text{m}^2}{\text{s}^3} \text{ برابر چند } \frac{\text{m}^2}{\text{ns}^3} \text{ است؟}$$

**پاسخ:** دو تبدیل واحد داریم بنابراین نیاز به دو ضریب تبدیل داریم و به توان ۲ و ۳ توجه کنید.

$$24 \frac{\mu\text{m}^2}{\text{s}^3} \times (1)^2 \times (1)^3 = \left(24 \frac{\mu\text{m}^2}{\text{s}^3}\right) \times \left(\frac{10^{-6}\text{m}}{1\mu\text{m}}\right)^2 \times \left(\frac{10^{-9}\text{s}}{1\text{ns}}\right)^3 = 24 \frac{\mu\text{m}^2}{\text{s}^3} \times \frac{10^{-12}\text{m}^2}{\mu\text{m}^2} \times \frac{10^{-27}\text{s}^3}{\text{ns}^3} = 24 \times 10^{-39} \frac{\text{m}^2}{\text{ns}^3}$$

## نکته

برای تبدیل پیشوند یکاها به یکدیگر می‌توانید مانند مثال زیر به جای پیشوند، مقدار عددی آن را جایگذاری کنید:

$$4/2\text{km}^2 = x\text{mm}^2 \Rightarrow x = 4/2 \times \frac{(10^3\text{m})^2}{(10^{-3}\text{m})^2} = \frac{4/2 \times 10^6\text{m}^2}{10^{-6}\text{m}^2} = 4/2 \times 10^{12}$$

## مثال

حجم مواد استفاده شده در ساخت قطعه‌ای  $38/2\text{cm}^3$  است. این حجم چند  $\text{nm}^3$  است؟

$$38/2\text{cm}^3 = x\text{nm}^3 \Rightarrow x = 38/2 \times \frac{(10^{-2}\text{m})^3}{(10^{-9}\text{m})^3} = \frac{38/2 \times 10^{-6}\text{m}^3}{10^{-27}\text{m}^3} = 38/2 \times 10^{21}$$

**پاسخ:**

**نمادگذاری علمی:** برای نوشتن عددهای بسیار بزرگ و بسیار کوچک از نمادگذاری علمی استفاده می‌شود که می‌تواند شامل سه بخش باشد:

$$a \times 10^n \square$$

(a عددی بین ۱ تا ۱۰ ( $1 \leq a < 10$ ) n توان صحیحی از ده  $\square$ ) یکای مناسب

به عنوان مثال جرم زمین بر حسب کیلوگرم، ۵۹۸ به همراه ۲۲ صفر مقابل آن به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$598 \times 10^{22}\text{kg} = 5/98 \times 10^{24}\text{kg}$$

## مثال

فاصله زمین تا نزدیک‌ترین ستاره (به جز خورشید)  $39 \times 10^4\text{Tm}$  (ترامتر) است. این فاصله را با استفاده از نمادگذاری علمی برحسب متر بنویسید.

**پاسخ:**

$$39 \times 10^4\text{Tm} = 39 \times 10^4 \times 10^{12}\text{m} = 39 \times 10^{16}\text{m} = 3/9 \times 10^{17}\text{m}$$

۱۱. با استفاده از روش زنجیره‌ای، تبدیل‌های زیر را انجام دهید.

$$48 \frac{\text{mile}}{\text{h}} = ? \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad (\text{ب}) \quad (1\text{mile} \approx 1/6\text{km})$$

$$12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = ? \frac{\text{g}}{\text{L}} \quad (\text{ا}) \quad (1\text{m}^3 = 1000\text{L})$$

$$80 \frac{\text{L}}{\text{s}} = ? \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \quad (\text{پ})$$

۱۲. با پیدا کردن رابطه‌های مناسب، یکاهای فرعی زیر را بر حسب یکاهای اصلی بنویسید.

نیرو (N) - فشار (پاسکال) - انرژی (J) - توان (ژول بر ثانیه) - گرمای ویژه  $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg K}}\right)$

۱۳. تبدیل یكاهای زیر را انجام دهید.

(آ) هر میکرو قرن چند دقیقه است؟

(ب) یک میلیارد ثانیه چند سال است؟

(پ) ۱۰۸ قیراط چند گرم است؟ (هر قیراط ۲۰۰ میلی‌گرم است.)

(ت) ۳۰۰۰۰ پا (فوت) چند متر است؟ (۱ in = ۲/۵۴ cm) ، ۱ in = ۱۲ ft)

۱۴. با توجه به جدول پیشوندهای SI، تبدیلات زیر را انجام دهید.

(آ) شعاع هسته اتمی  $4.1 \times 10^{-15} \text{ m}$  است. شعاع هسته چند «فمتومتر» و چند «نانومتر» است؟

(ب) اندازه سلول بیش‌تر موجودات  $1 \times 10^{-5} \text{ m}$  است. این اندازه چند «میکرومتر» است؟

(پ) جرم هر الکترون حدوداً  $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  است. این جرم چند «یوکتوگرم» است؟

(ت) میانگین عمر انسان  $2 \times 10^9 \text{ s}$  است. این مدت چند «مگاتانیه» است؟

۱۵. هر «گره دریایی» معادل  $0.5144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  است. تندی  $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  معادل چند گره دریایی است؟

۱۶. گیاهی در مدت ۱۰ روز به اندازه ۱/۶ متر رشد می‌کند. آهنگ رشد این گیاه چند میکرومتر بر ثانیه است؟

۱۷. شعاع کره زمین حدود  $6400 \text{ km}$  است. اگر زمین را کره کامل فرض کنید، مساحت کره زمین چند هکتار است؟ هر هکتار ۱۰ هزار مترمربع است. ( $\pi \approx 3$ )

۱۸. اعداد زیر را به صورت نماد علمی بنویسید.

(آ)  $628000 \text{ nm} = ? \text{ m}$  (ب)  $0.00070 \text{ s} = ? \text{ s}$

(پ)  $0.020 \mu\text{C} = ? \text{ C}$  (ت)  $175 \times 10^{-4} \text{ m} = ? \text{ pm}$  ،  $1 \text{ fm} = ? \text{ pm}$

۱۹. تبدیل یكاهای زیر را انجام دهید و پاسخ را به صورت نماد علمی بنویسید.

(آ)  $24/5 \text{ Gg} = x \mu\text{g}$  (ب)  $97/2 \text{ Ts}^3 = x \text{ ns}^3$

(پ)  $12/7 \text{ hA}^2 = x \text{ mA}^2$  (ت)  $16/1 \text{ fm}^2 = x \text{ Gm}^2$

۲۰. تبدیل یكاهای کسری زیر را انجام دهید.

(آ)  $6/4 \frac{\mu\text{g}^2}{\text{ns}^3} = x \frac{\text{Tg}^2}{\text{s}^3}$  (ب)  $7/1 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^2} = x \frac{\text{kA}^2}{\text{dm}^2}$

پاسخ‌های تشریحی

نیرو :  $F = ma \Rightarrow N \equiv \text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

فشار :  $P = \frac{F}{A} \Rightarrow \text{Pa} \equiv \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{m}^2} \Rightarrow \text{Pa} \equiv \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2}$

انرژی :  $W = Fd \Rightarrow J \equiv \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \times \text{m} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$

توان :  $P = \frac{E}{t} \text{ (ژول ثانیه)} \Rightarrow W \equiv \frac{\text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{s}} = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3}$

گرمای ویژه :  $c = \frac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow \frac{J}{\text{kg K}} \equiv \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2 \text{ kg K}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \text{ K}}$

۱۲

$12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1) \times (1)$

$= 12 \frac{\cancel{\text{kg}}}{\cancel{\text{m}^3}} \times \frac{1000 \text{g}}{1 \cancel{\text{kg}}} \times \frac{1 \cancel{\text{m}^3}}{1000 \text{L}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{L}}$

(ب)

$48 \frac{\text{mile}}{\text{h}} = 48 \frac{\text{mile}}{\text{h}} \times (1) = 48 \frac{\text{mile}}{\text{h}} \times \frac{1/6 \text{km}}{1 \text{mile}} = 76/8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

(پ)

$800 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 800 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times (1) \times (1) = 800 \frac{\cancel{\text{L}}}{\cancel{\text{s}}} \times \frac{60 \cancel{\text{s}}}{1 \text{min}} \times \frac{1 \cancel{\text{m}^3}}{1000 \cancel{\text{L}}}$

$= 48 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

۱۱

$$6/28 \times 10^6 \text{ nm} = 6/28 \times 10^6 \times 10^{-9} \text{ m} = 6/28 \times 10^{-3} \text{ m} \quad (\text{آ } 18)$$

$$7/0 \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$2/0 \times 10^{-3} \mu\text{C} = 2/0 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \text{ C} = 2/0 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$1/75 \times 10^{-4} \text{ m} \times \frac{1 \text{ pm}}{10^{-12} \text{ m}} = 1/75 \times 10^8 \text{ pm}$$

$$1/75 \times 10^{-4} \text{ m} \times \frac{1 \text{ fm}}{10^{-15} \text{ m}} = 1/75 \times 10^{11} \text{ fm}$$

19 با توجه به تبدیل پیشوندهای SI، فقط کافی است به جای پیشوندها مقدار عددی قرار دهیم:

$$x = \frac{24/5 \text{ Gg}}{\mu\text{g}} = \frac{24/5 \times 10^9}{10^{-6}} = 24/5 \times 10^{15} = 2/45 \times 10^{16}$$

$$x = \frac{97/2 \text{ T s}^2}{\text{ns}^2} = \frac{97/2 \times (10^{12})^2}{(10^{-9})^2} = \frac{97/2 \times 10^{26}}{10^{-18}}$$

$$= 97/2 \times 10^{44} = 9/72 \times 10^{44}$$

$$x = \frac{12/7 \text{ hA}^2}{\text{mA}^2} = \frac{12/7 \times (10^2)^2}{(10^{-3})^2} = \frac{12/7 \times 10^4}{10^{-6}}$$

$$= 12/7 \times 10^{10} = 1/27 \times 10^{11}$$

$$x = \frac{16/1 \text{ f m}^2}{\text{Gm}^2} = \frac{16/1 \times (10^{-15})^2}{(10^9)^2} = \frac{16/1 \times 10^{-30}}{10^{18}} = 16/1 \times 10^{-48}$$

$$= 1/61 \times 10^{-47}$$

20 با توجه به این‌که پیشوندهای SI تبدیل می‌شوند، بنابراین کافی است به جای پیشوند مقدار عددی (ضریب) آن‌ها را قرار دهیم:

$$x = 6/4 \times \frac{(10^{-6} \text{ g})^2}{(10^{-9} \text{ s})^2} \times \frac{\text{s}^2}{(10^{12} \text{ g})^2}$$

$$= 6/4 \times \frac{10^{-12} \text{ g}^2}{10^{-18} \text{ s}^2} \times \frac{\text{s}^2}{10^{24} \text{ g}^2} = 6/4 \times 10^{-9}$$

$$x = 7/1 \times \frac{(10^{-3} \text{ A})^2}{(10^{-2} \text{ m})^2} \times \frac{(10^{-1} \text{ m})^2}{(10^3 \text{ A})^2}$$

$$= 7/1 \times \frac{10^{-6} \text{ A}^2}{10^{-4} \text{ m}^2} \times \frac{10^{-2} \text{ m}^2}{10^6 \text{ A}^2} = 7/1 \times 10^{-16}$$

$$\text{قرن } 10^{-6} = 1 \mu\text{ قرن} \quad (\text{آ } 13)$$

$$= 10^{-6} \times \frac{100 \text{ سال}}{1 \text{ قرن}} \times \frac{365 \text{ روز}}{1 \text{ سال}} \times \frac{24 \text{ ساعت}}{1 \text{ روز}} \times \frac{60 \text{ دقیقه}}{1 \text{ ساعت}}$$

$$= 10^{-6} \times 100 \times 365 \times 24 \times 60 = 52/56 \text{ min}$$

$$1 \times 10^9 \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ year}}{365 \text{ day}} \approx 31/71 \text{ year}$$

$$108 \text{ قیراط} \times \frac{200 \text{ mg}}{1 \text{ قیراط}} \times \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} = 21/6 \text{ g}$$

$$30000 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} \times \frac{2/540 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 9/144 \times 10^3 \text{ m}$$

$$4/1 \times 10^{-15} \text{ m} \times \frac{1 \text{ fm}}{10^{-15} \text{ m}} = 4/1 \text{ fm} \quad (\text{آ } 14)$$

$$4/1 \times 10^{-15} \text{ m} \times \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} = 4/1 \times 10^{-6} \text{ nm}$$

$$1 \times 10^{-5} \text{ m} \times \frac{1 \mu\text{m}}{10^{-6} \text{ m}} = 10 \mu\text{m}$$

$$9 \times 10^{-31} \text{ kg} \times \frac{1 \text{ yg}}{10^{-24} \text{ g}} = \frac{9 \times 10^{-31} \times 10^3}{10^{-24}} \text{ yg} = 9 \times 10^{-4} \text{ yg}$$

$$2 \times 10^9 \text{ s} \times \frac{1 \text{ Ms}}{10^6 \text{ s}} = 2 \times 10^3 \text{ Ms}$$

$$100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times (1) \times (1) = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}$$

$$= \frac{1000 \text{ m}}{36 \text{ s}} \approx 27/8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$27/8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ گره}}{0/5144 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 54 \text{ گره}$$

$$1 \text{ day} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ day}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 86400 \text{ s} \quad (\text{آ } 16)$$

$$\frac{1/6 \text{ m}}{10 \text{ day}} \times (1) \times (1) = \frac{1/6 \text{ m}}{10 \text{ day}} \times \frac{1 \mu\text{m}}{10^{-6} \text{ m}} \times \frac{1 \text{ day}}{86400 \text{ s}} \approx 1/85 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$$

$$A = 4\pi R^2 \Rightarrow A = 4 \times 3 \times (6400 \times 10^3 \text{ m})^2 \quad (\text{آ } 17)$$

$$= 49152 \times 10^4 \times 10^6 \text{ m}^2 = 49152 \times 10^{10} \text{ m}^2$$

$$49152 \times 10^{10} \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ هکتار}}{10^4 \text{ m}^2} = 49152 \times 10^6 \text{ هکتار}$$

## درسنامه ۳

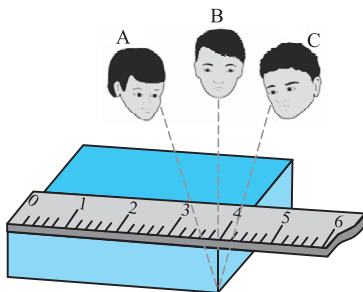
### خطا - دقت

در اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی همواره مقداری خطا و عدم قطعیت وجود دارد. سه عامل مهم نقش اساسی در افزایش دقت اندازه‌گیری دارد:

**(۱) دقت وسیله اندازه‌گیری:** در ابزارهای اندازه‌گیری مدرج، هرچه تقسیم‌بندی وسیله کوچک‌تر باشد، دقت وسیله بیشتر می‌شود و طبق یک قاعده کلی، خطای اندازه‌گیری وسیله‌ها  $\pm \frac{1}{4}$  کمینه تقسیم‌بندی مقیاس آن وسیله است. بنابراین هر چه دقت وسیله بیشتر باشد، خطای اندازه‌گیری آن کمتر است.

به کمینه تقسیم‌بندی هر وسیله مدرج، دقت وسیله می‌گویند. در خطکشی که برحسب سانتی‌متر مدرج شده است، دقت اندازه‌گیری برابر ۱cm و خطای اندازه‌گیری  $\pm 0.5$  سانتی‌متر است ولی در خطکشی که برحسب میلی‌متر مدرج شده است، دقت اندازه‌گیری برابر ۱mm و خطای اندازه‌گیری  $\pm 0.5$  میلی‌متر است.

**توجه:** برای وسیله‌های دیجیتال (رقمی)، مثبت و منفی یک واحد از آخرین رقم، نشانگر خطای وسیله است. به عنوان مثال دماسنج دیجیتالی که عدد  $32.4^{\circ}\text{C}$  را نشان می‌دهد، دقت دماسنج برابر  $1^{\circ}\text{C}$  و خطای وسیله برابر  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  است.



**(۲) مهارت شخص آزمایش‌گر:** مهارت شخص آزمایش‌کننده تأثیر بسیار مهمی روی دقت اندازه‌گیری دارد. یکی از این مهارت‌ها نحوه مشاهده است. شخصی که دقیقاً از روبه‌رو مشاهده کند، دقت بیشتری در بیان نتیجه اندازه‌گیری دارد.

**(۳) تعداد دفعات اندازه‌گیری:** برای کاهش خطا در اندازه‌گیری، معمولاً اندازه‌گیری را چند بار تکرار می‌کنند. اگر آزمایش چندین بار تکرار شود، ابتدا عددهایی که با بقیه اختلاف زیادی دارند را حذف کرده و سپس میانگین بقیه اعداد را به عنوان نتیجه اندازه‌گیری می‌نویسند.

### گزارش نتیجه اندازه‌گیری

رقم‌های نوشته شده به عنوان نتیجه اندازه‌گیری را رقم‌های بامعنا می‌گویند. در بیان نتیجه اندازه‌گیری در روش جدید کتاب درسی، اگر عددی به صورت  $5.2 \pm 0.5 \text{ cm}$  گزارش شود این اندازه‌گیری سه رقم بامعنا دارد ( $5.2/2$ ) و عدد بعد از نماد  $\pm$ ، نصف کمینه تقسیم‌بندی وسیله را نشان می‌دهد یعنی تقسیم‌بندی وسیله ۱cm است. آخرین رقم یعنی رقم ۲ را اصطلاحاً رقم «غیرقطعی» و با «حدسی» می‌گویند.

در هر عدد گزارش شده تعداد رقم‌های بامعنی و کمینه تقسیم‌بندی (دقت) وسیله را بیان کنید.

$$\text{ب) } 47^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{آ) } 44/3s \pm 0.5s$$

**پاسخ:** آ)  $44/3s$  و رقم ۳ غیرقطعی است. کمینه تقسیم‌بندی  $1s = 3 \times 0.5s$  است. سه رقم بامعنا

ب)  $47^{\circ}\text{C}$  و رقم ۷ غیرقطعی است. کمینه تقسیم‌بندی  $2^{\circ}\text{C} = 2 \times 1^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. دو رقم بامعنا

### نکته

اگر شخصی طول جسمی را به صورت  $12.3 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$  گزارش دهد مفهوم آن این است که وی طول را بزرگ‌تر از ۱۲mm و کوچک‌تر از ۱۳mm اندازه‌گیری کرده است.

طبق گزارش‌های اندازه‌گیری زیر، مقدار هر کمیت در چه محدوده‌ای بوده است؟

$$\text{ب) } 24/5 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$$

$$\text{آ) } 83^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$$

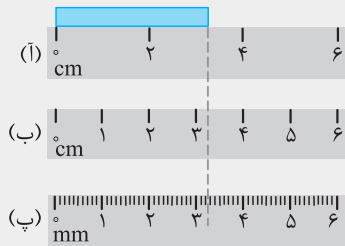
**پاسخ:** آ) با توجه به عدد  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  مشخص می‌شود که کمینه تقسیم‌بندی (دقت) دماسنج  $4^{\circ}\text{C}$  است. با توجه به عدد  $83^{\circ}\text{C}$  مشخص می‌شود که شخص اندازه‌گیری کننده دما را بین  $80^{\circ}\text{C}$  و  $84^{\circ}\text{C}$  تشخیص داده است.

ب) طبق عدد  $\pm 0.5 \text{ cm}$  مشخص می‌شود که کمینه تقسیم‌بندی (دقت) وسیله ۱cm است و طبق عدد  $24/5 \text{ cm}$  مشخص می‌شود که طول اندازه‌گیری شده از نظر شخص اندازه‌گیری کننده بین ۲۴cm و ۲۵cm حدوداً وسط بوده است.

## درستنامه ۳

مثال

طول جسم مقابل را با خطکش‌های موردنظر گزارش دهید.



۲ cm ± ۱ cm

۲/۲ cm ± ۰/۵ cm

۲۲/۵ mm ± ۰/۵ mm

**پاسخ:** (آ) طول بین ۲ cm و ۴ cm و تقریباً وسط است:

(ب) طول بین ۳ cm و ۴ cm می‌باشد و حدوداً ۳/۲ cm است:

(پ) طول بین ۳۲ و ۳۳ میلی‌متر است:

نکته

- در وسایل دیجیتال (رقمی) به آخرین رقم، غیرقطعی و مشکوک می‌گویند. یعنی اگر زمان ۲۴/۱۷ s باشد رقم ۷ غیرقطعی است.
- در گزارش دادن عدد اندازه‌گیری شده باید رقم حدسی نیز بیان شود به‌عنوان مثال اگر کمینه تقسیم‌بندی خطکشی میلی‌متر باشد باید یک رقم بعد از اعشار گزارش شود مانند ۴۲/۱ mm
- اگر تعداد رقم‌های اعشاری خطا، بیشتر از تعداد رقم‌های اعشاری عدد گزارش شده باشد، باید خطا را رو به بالا طوری گرد کنید که تعداد رقم‌های اعشاری عدد و خطا یکسان شود:

$$۴/۲ \text{ cm} \pm ۰/۲۵ \text{ cm} \Rightarrow ۴/۲ \text{ cm} \pm ۰/۳ \text{ cm}$$

$$۲۷^\circ \text{C} \pm ۲/۵^\circ \text{C} \Rightarrow ۲۷^\circ \text{C} \pm ۳^\circ \text{C}$$

مثال

کمینه تقسیم‌بندی (دقت) خطکشی سانتی‌متر است. گزارش‌های اندازه‌گیری درست و نادرست را مشخص کنید.

(پ) ۸/۱۲ cm

(ب) ۴۲/۰ cm

(آ) ۴۲ cm

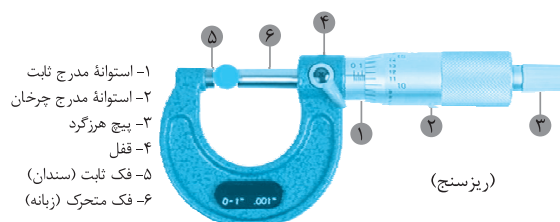
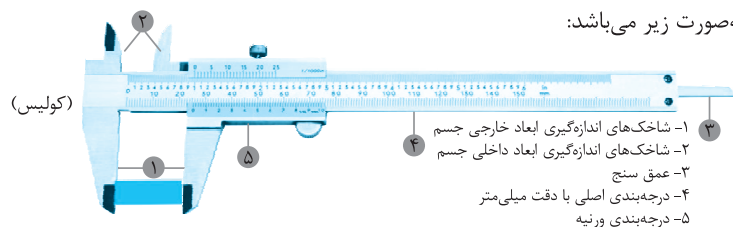
(ث) ۷/۲۰ cm

(ت) ۸/۱ cm

**پاسخ:** کمینه تقسیم‌بندی، یک سانتی‌متر است بنابراین باید رقم حدسی کم‌تر از یک سانتی‌متر باشد یعنی یک رقم بعد از اعشار داشته باشیم بنابراین گزینه‌های (ب) و (ت) صحیح هستند.

## کولیس و ریزسنج

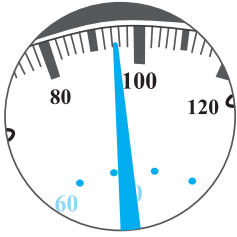
- این دو وسیله برای اندازه‌گیری طول با دقت بالا استفاده می‌شود. دقت کولیس‌ها و ریزسنج‌های استفاده شده در آزمایشگاه‌ها متفاوت هستند ولی معمولاً کمینه تقسیم‌بندی کولیس ۰/۱ mm است، بنابراین به‌عنوان مثال نحوه گزارش عدد باید به صورت  $۲/۴۰ \text{ mm} \pm ۰/۰۵ \text{ mm}$  باشد. همچنین اگر کمینه تقسیم‌بندی ریزسنج ۰/۰۱ mm باشد، عدد گزارش شده باید به صورت  $۴/۱۵۰ \text{ mm} \pm ۰/۰۰۵ \text{ mm}$  باشد.
- قسمت‌های مختلف کولیس و ریزسنج به صورت زیر می‌باشد:



- استوانه مدرج ثابت
- استوانه مدرج چرخان
- پیچ هرزگرد
- قفل
- فک ثابت (سندان)
- فک متحرک (زبان)

(ریزسنج)

۲۱. اعداد نمایش داده شده توسط ریزسنج و کولیس دیجیتال به ترتیب به صورت  $14/026\text{mm}$  و  $24/13\text{mm}$  است. عدد غیرقطعی و خطای هر وسیله را بیان کنید.



۲۲. با توجه به صفحه تندی سنج اتومبیل، تندی را بیان کرده و رقم غیرقطعی را بیان کنید.

۲۳. اعداد به دست آمده توسط چند وسیله دیجیتال به صورت زیر هستند. عدد غیرقطعی و خطای اندازه‌گیری را در هر حالت مشخص کنید.

پ)  $t = 10/954\text{s}$

ب)  $L = 89/4\text{cm}$

آ)  $m = 12/25\text{g}$

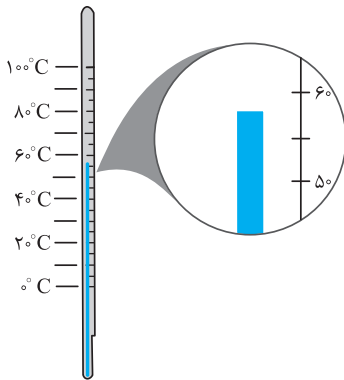
۲۴. اندازه‌گیری‌های زیر توسط وسایل غیر دیجیتال انجام شده‌اند. تعداد ارقام با معنا، رقم غیرقطعی و کمینه تقسیم‌بندی وسیله را بیان کنید.

ب)  $24/5A \pm 0/5A$

آ)  $82/0\text{mm} \pm 1\text{mm}$

ت)  $86\text{kg} \pm 4\text{kg}$

پ)  $14^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$



۲۵. عدد دماسنج را گزارش کرده و تعداد ارقام با معنی، رقم غیرقطعی و خطا را بیان کنید.

۲۶. در هر یک از شکل‌های (آ) تا (پ) طول جسم را چقدر گزارش می‌کنید؟ رقم غیرقطعی و خطای وسیله را مشخص کنید.



۲۷. یک دماسنج دیجیتال، دمای داخل و بیرون گلخانه را به ترتیب  $24^\circ\text{C}$  و  $12^\circ\text{C}$  نشان می‌دهد. عدد غیرقطعی و خطای دماسنج را مشخص کنید.

۲۸. با توجه به کمینه تقسیم‌بندی هر وسیله، کدام گزارش صحیح نیست؟

آ) دماسنج  $3^\circ\text{C} : 83/5^\circ\text{C} : 15^\circ\text{C}$

ب) خطکش  $1\text{mm} : 12/2\text{mm} : 1/14\text{mm}$

۲۹. آزمایش‌های زیر را طراحی کنید:

آ) تعیین جرم و حجم قطره

ب) تعیین ضخامت یک سیم نازک یا نخ به وسیله خطکش



## پاسخ‌های تشریحی

رقم غیرقطعی

$$16/2 \pm 0/5 \text{ mm}$$

خطای اندازه‌گیری

رقم غیرقطعی

$$2/0 \pm 0/5 \text{ cm}$$

خطای اندازه‌گیری

(ب)

(پ) انتهای جسم دقیقاً روی ۲ است.

۲۷ آ آخرین رقم سمت راست، غیرقطعی است.  $12^\circ\text{C}$  و  $24^\circ\text{C}$

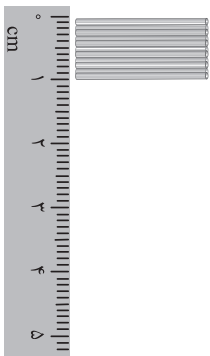
یعنی ۴ و ۲ غیرقطعی هستند. خطای یک واحد از آخرین رقم است، بنابراین خطای  $\pm 1^\circ\text{C}$  است.

۲۸ آ) کمیته تقسیم‌بندی  $2^\circ\text{C}$  است بنابراین رقم غیرقطعی و حدسی نباید اعشار داشته باشد و می‌تواند رقم حدسی رقم فرد باشد بنابراین  $83/5^\circ\text{C}$  نادرست ولی  $15^\circ\text{C}$  درست است.

ب) کمیته تقسیم‌بندی  $1\text{ mm}$  است بنابراین رقم غیرقطعی و حدسی می‌تواند یک رقم اعشاری داشته باشد بنابراین  $12/2\text{ mm}$  درست ولی  $1/14\text{ mm}$  نادرست است.

۲۹ آ) جرم: به کمک قطره‌چکان، تعداد قطرات زیادی را روی کفه یک ترازوی حساس بریزید تا عددی مانند  $1/5\text{ g}$  را نشان دهد. سپس جرم کل را تقسیم بر تعداد قطرات کنید (اگر امکان ریختن قطرات روی کفه ترازو نبود، از ظرفی استفاده کنید و قبل از ریختن قطرات، جرم ظرف را هم لحاظ کنید).

حجم: درون یک ظرف مدرج به کمک قطره‌چکان، آنقدر آب بریزید تا حجم آب به مقیاس‌بندی روی ظرف برسد، سپس حجم را بر تعداد قطرات تقسیم کنید.



ب) یک تکه سیم نازک را برداشته و به قطعات کوچک تقسیم کنید و آن‌ها را مطابق شکل، کنار هم و بدون فاصله قرار دهید. طول خوانده شده روی خطکش را بر تعداد سیم‌ها تقسیم کنید تا ضخامت هر سیم به دست آید.

۲۱  $14/026\text{ mm}$ : عدد ۶، رقم غیرقطعی است و  $\pm 0/001\text{ mm}$  خطای ریزسنج است.

$24/13\text{ mm}$ : عدد ۳، رقم غیرقطعی است و  $\pm 0/01\text{ mm}$  خطای کولیس است.

۲۲ فاصله هر دو خط  $2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  است، بنابراین خطای  $\pm 1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  است.

$$95 \frac{\text{km}}{\text{h}} \pm 1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

رقم ۵ غیرقطعی است.

۲۳ آخرین رقم، غیرقطعی است و یک واحد از آخرین رقم، خطای اندازه‌گیری است.

۵ آ، رقم مشکوک و غیرقطعی و خطای  $\pm 0/01\text{ g}$  است.

۴ ب، رقم غیرقطعی و  $\pm 0/8\text{ cm}$  خطای اندازه‌گیری است.

۴ پ، رقم غیرقطعی و  $\pm 0/001\text{ s}$  خطای اندازه‌گیری است.

۲۴ آ)  $82/0 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$   
کمیته تقسیم‌بندی  $2\text{ mm}$   $1 \times 2 = 2\text{ mm}$  رقم با معنا

ب)  $24/5 \text{ A} \pm 0/5 \text{ A}$   
کمیته تقسیم‌بندی  $1\text{ A}$   $0/5 \times 2 = 1\text{ A}$  رقم با معنا

پ)  $14^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$   
کمیته تقسیم‌بندی  $4^\circ\text{C}$   $2 \times 2 = 4^\circ\text{C}$  رقم با معنا

ت)  $86 \text{ kg} \pm 4 \text{ kg}$   
کمیته تقسیم‌بندی  $8 \text{ kg}$   $4 \times 2 = 8 \text{ kg}$  رقم با معنا

۲۵ سطح مایع دماسنجی بین  $55^\circ\text{C}$  و  $60^\circ\text{C}$  است.

کمیته تقسیم‌بندی  $5^\circ\text{C}$  است بنابراین خطای  $\pm 2/5^\circ\text{C}$  است و به صورت  $\pm 3^\circ\text{C}$  گرد می‌شود.

رقم حدسی

$$58^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$$

دو رقم با معنا

۲۶ آ) طول بین  $1\text{ cm}$  و  $2\text{ cm}$  است و حدس می‌زنیم حدود  $1/8$  است:

رقم غیرقطعی

$$1/8 \text{ cm} \pm 0/5 \text{ cm}$$

خطای اندازه‌گیری



## درسنامه ۴

### تخمین مرتبه بزرگی

در موارد زیر معمولاً از برآورد یا تخمین استفاده می‌شود:

(۱) عدم اهمیت دقت بالا در محاسبات، (۲) عدم وجود وقت کافی برای محاسبه‌های دقیق، (۳) عدم دسترسی به اطلاعات کامل و دقیق. یکی از تخمین‌های مهم، تخمین مرتبه بزرگی است. در تخمین مرتبه بزرگی، عدد را به صورت توانی از  $10^0$  بیان می‌کنند و برای تبدیل عدد به توان  $10^0$ ، پس از تبدیل اعداد به نمادگذاری علمی، از قاعده کلی زیر استفاده می‌کنند:

$$1 \leq x < 10 \Rightarrow x \sim 10^0 \quad ; \quad 10^1 \sim 10^0 \quad ; \quad 10^1 \leq x < 10^2 \Rightarrow x \sim 10^1 \quad ; \quad 10^2 \sim 10^1$$

**توجه:** پس از تعیین مرتبه بزرگی، گاهی اوقات ممکن است مرتبه بزرگی پاسخ با پاسخ واقعی یک یا دو مرتبه تفاوت داشته باشد و به همین دلیل در سؤالات تستی تعیین مرتبه بزرگی، توان‌های  $10^0$  با یکدیگر بیش از ۲ عدد فرق دارند.

**مثال** در شهری با مساحت  $140 \text{ km}^2$  در یک روز بارانی، باران باریده است. مرتبه بزرگی تعداد قطره‌های باران را تخمین بزنید. (قطر هر قطره باران را  $4/0 \text{ mm}$  فرض کنید.)

**پاسخ:** ابتدا مرتبه مساحت (A) و ارتفاع بارندگی (d) و حجم باران (V) را تعیین می‌کنیم:

$$A = 140 \text{ km}^2 = 140 \times 10^6 \text{ m}^2 = 14 \times 10^8 \text{ m}^2 \sim 10^9 \times 10^8 \text{ m}^2 \sim 10^{17} \text{ m}^2$$

$$d = 4/0 \text{ mm} = 4 \times 10^{-3} \text{ m} \sim 10^1 \times 10^{-3} \text{ m} \sim 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = Ad = (10^{17} \text{ m}^2) \times (10^{-2} \text{ m}) \sim 10^{15} \text{ m}^3$$

اگر قطره را به صورت کره در نظر گرفته و قطر هر قطره باران را  $4/0 \text{ mm}$  فرض کنیم:

$$V' = \frac{4}{3} \pi R^3 = \left( \frac{4}{3} \times 3/14 \right) \times (2/0 \times 10^{-3} \text{ m})^3 \sim 4 \times 8/0 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 3/2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \sim 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$N = \frac{V}{V'} \sim \frac{10^{15} \text{ m}^3}{10^{-8} \text{ m}^3} \sim 10^{23}$$

۳۰. مرتبه بزرگی تعداد اسکناس‌هایی که باید روی هم قرار دهید تا ارتفاعی برابر برج میلاد (حدود  $412 \text{ m}$ ) داشته باشند را تعیین کنید. (ضخامت کاغذ پول را  $0/1 \text{ mm}$  در نظر بگیرید)

۳۱. طی یک باستان‌شناسی، شهری با قدمت ۳۴۰۰ سال یافت شده است. مرتبه این زمان برحسب دقیقه چقدر است؟

۳۲. مرتبه بزرگی تعداد بال زدن مگس در طول عمر حدوداً ۲۰ روزه خود چقدر است؟ (زمان بال زدن مگس حدوداً ۳ میلی ثانیه است.)

۳۳. تخمین بزنید در هر شبانه‌روز چند لیتر بنزین در شهر تهران مصرف می‌شود؟

۳۴. فشار هوا در سطح زمین  $10^5 \text{ Pa}$  است و مساحت ایران حدوداً  $1/65 \times 10^6 \text{ m}^2$  است. مرتبه بزرگی جرم هوای بالای ایران چند کیلوگرم است؟

۳۵. اگر هر شخص ایرانی روزانه یک لیوان در مصرف آب صرفه‌جویی کند، مرتبه بزرگی صرفه‌جویی در ماه چند لیتر می‌شود؟

## پاسخ‌های تشریحی

۳۳ جمعیت شهر تهران حدود ۱۲ میلیون نفر است و به‌طور متوسط خانواده‌های تهران سه نفره هستند و هر خانواده به‌طور میانگین یک اتومبیل دارد. اگر هر اتومبیل طی ۱۰ شبانه‌روز ۶۰ لیتر بنزین (حدوداً یک باک) مصرف داشته باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{12 \times 10^6}{3} = 4 \times 10^6 \text{ خانواده} \sim 10^7 \times 10^6 = 10^6 \text{ اتومبیل}$$

$$\frac{60 \text{ L}}{10 \text{ day}} = 6 \frac{\text{L}}{\text{day}} \sim 10 \frac{\text{L}}{\text{day}}$$

بنزین مصرفی هر اتومبیل در شبانه‌روز

$$\Rightarrow \text{هر اتومبیل} \times \frac{10^1 \text{ L}}{10^6} \sim 10^7 \text{ L}$$

حجم کل بنزین مصرفی

$$A = 1/65 \times 10^6 \text{ m}^2 \sim 10^7 \times 10^6 \text{ m}^2 \sim 10^6 \text{ m}^2 \quad 34$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow 10^5 \text{ Pa} \sim \frac{F}{10^6 \text{ m}^2} \Rightarrow F \sim 10^{11} \text{ N}$$

$$F = mg \Rightarrow m \sim \frac{10^{11} \text{ N}}{10} \sim 10^{10} \text{ kg}$$

۳۵ جمعیت ایران حدود ۸۰ میلیون نفر است و حجم هر لیوان حدود  $\frac{1}{5}$  لیتر است:

$$V = 80 \times 10^6 \text{ نفر} \times \frac{1}{5} \text{ L} \times 30 \text{ روزه} = 8 \times 10^7 \times 0.2 \times 3 \times 10^1$$

$$= (8 \times 10^7) \times (2 \times 10^{-1}) \times (3 \times 10^1)$$

$$\sim (10^1 \times 10^7) \times (10^0 \times 10^{-1}) \times (10^0 \times 10^1) \sim 10^8 \times 10^{-1} \times 10^1 \sim 10^8 \text{ L}$$

۳۰ ضخامت کاغذ پول حدود  $0.1 \text{ mm}$  است.

$$N \times 0.1 \text{ mm} = 412 \text{ m}$$

$$\Rightarrow N = \frac{412 \text{ m}}{1 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \text{ m}} = 412 \times 10^6 \sim 10^8 \times 10^6 \sim 10^6$$

۳۱

$$3400 \text{ year} \times \frac{365 \text{ day}}{1 \text{ year}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ day}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$$

$$= 3400 \times 365 \times 24 \times 60 \text{ min}$$

$$= 3/4 \times 10^3 \times 3/65 \times 10^2 \times 2/4 \times 10^1 \times 6/10 \times 10^1 \text{ min}$$

$$\sim (10^0 \times 10^3) \times (10^0 \times 10^2) \times (10^0 \times 10^1) \times (10^1 \times 10^1) \text{ min}$$

$$\sim 10^3 \times 10^2 \times 10^1 \times 10^2 \text{ min} \sim 10^8 \text{ min}$$

۳۲ مدت زمان بال زدن مگس در حدود میلی ثانیه است و تقریباً نیمی از عمر خود را در حال پرواز است یعنی ۱۰ روز:

$$10 \text{ day} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ day}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 10 \times 24 \times 3600 \text{ s}$$

$$= 1 \times 10^1 \times 2/4 \times 10^1 \times 3/6 \times 10^3 \sim (10^0 \times 10^1) \times (10^0 \times 10^1) \times (10^0 \times 10^3)$$

$$\sim 10^5 \text{ s}$$

$$\text{تعداد بال زدن} = \frac{10^5 \text{ s}}{3 \times 10^{-3} \text{ s}} \sim \frac{10^5}{10^0 \times 10^{-3}} \sim 10^8$$