فصل اول

فیزیک و اندازه‌گیری

۱-۱ فیزیک: دانش بنیادی

اهمیت مطالعه و یادگیری فیزیک- فیزیک یکی از بنیادی‌ترین دانش‌هاست و شالوده‌ی تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هایی است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در زندگی ما نقش دارند.

- ✓ **دانشمندان فیزیک برای توصیف و توضیح پدیده‌های طبیعی، اغلب از قانون، مدل و نظریه استفاده می‌کنند.**
- ✓ **لازم است که قوانین، مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی توسط آزمایش مورد آزمون قرار گیرند.**
- ✓ **همواره این امکان وجود دارد تا نتایج آزمایش‌های جدید منجر به بازنگری مدل یا نظریه‌ای شود و حتی ممکن است نظریه‌ای جدید جایگزین آن شود.**
- ✓ **نقطه‌ی قوت دانش فیزیک ویژگی آزمون پذیری و اصلاح نظریه‌های آن است.**

۱-۲ مدل‌سازی در فیزیک

فرآیندی است که طی آن یک پدیده‌ی فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

- ❖ **هنگام مدل‌سازی یک پدیده‌ی فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرات مهم و و تعیین کننده را.**

شکل ۱-۱ شکل سمت راست حرکت توپ بیسبال در هوا رانشان می‌دهد و شکل سمت چپ مدل آرمانی توپ بیسبال را نشان می‌دهد.

۱-۳ اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

کمیت: هرآن‌چه در فیزیک قابل اندازه‌گیری باشد و بتوان یکای مناسبی به آن اختصاص داد.

یکا یا واحد اندازه‌گیری: به مقدار مشخصی از هر کمیت گفته می‌شود که به عنوان مقیاس انتخاب شده است.

کمیت فیزیکی عددی (اسکالر): هر عدد به همراه یکای آن، که برای توصیف یک پدیده‌ی فیزیکی به کار می‌رود، کمیت فیزیکی عددی یا اسکالر نامیده می‌شود. مثل انرژی

کمیت برداری: برای بیان کمیت‌های برداری، افزون بر عدد و یکا، لازم است جهت آن‌ها را نیز مشخص کنیم. مثل جابجایی

۱-۴ اندازه‌گیری و دستگاه بین‌المللی یکاها

برای انجام اندازه‌گیری‌های دقیق و قابل اطمینان به یکاهای اندازه‌گیری‌ای نیاز داریم که: ۱. تغییر نکنند ۲. قابلیت بازتولید داشته باشند.

کمیت اصلی: به کمیتی گفته می‌شود که با توافق بین المللی برای آن یکای استاندارد تعریف شده است.

یکای کمیت اصلی: یکای کمیت‌های اصلی را می‌گویند که اساس دستگاه‌های بین المللی یکاها را تشکیل می‌دهند.

جدول ۱-۱ کمیت‌های اصلی و یکاهای آن‌ها

کمیت	نام یکا	یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	شمع	cd

یکای فرعی: به یکایی گفته می‌شود که برحسب یکای کمیت‌های اصلی بیان می‌شود. مثل متر بر ثانیه

دستگاه بین المللی (SI): دستگاه یکاهایی که بیشتر مهندسان و دانشمندان علوم در سراسر جهان به کار می‌برند.

جدول ۱-۲ تعریف یکاهای SI برای کمیت‌های اصلی طول، جرم و زمان

یکا	تعریف اصلی	تعریف فعلی
متر	یک ده میلیونیم ($\frac{۱}{۱۰^{۷}}$) فاصله‌ی استوا تا قطب شمال	مسافتی که نور در مدت $۳٫۳\times۱۰^{-۹}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند
کیلوگرم	جرم ۰٫۰۰۱ متر مکعب آب	جرم استوانه‌ای از جنس پلاتین-ایریدیوم که در مزه سِور فرانسه نگهداری می‌شود
ثانیه	$\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ روز خورشیدی	مدت زمانی است که اتم سزیم-۱۳۳ ($Cs-۱۳۳$) در حالت پایه ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ بار نوسان می‌کند

تمرین ۱-۱

آ- یکای نجومی (AU) برابر میانگین فاصله‌ی زمین تا سطح خورشید($۱٫۵\times۱۰^{۱۱}m$) است. قطر خورشید ($۱٫۴\times۱۰^{۹}m$) بر حسب یکای نجومی چقدر است؟

ب- مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید یک سال نوری (ly) می‌نامند. فاصله‌ی کوازرها از منظومه‌ی شمسی $1{,}00\times10^{26}\,m$ برآورد شده است. این فاصله را برحسب سال نوری پیدا کنید. تندی نور در خلأ را $3{,}00\times10^{8}$ متر بر ثانیه بگیرید.

بازه‌ی زمانی: مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد.

پیشوندهای SI: هرگاه در اندازه‌گیری‌ها با اندازه‌های بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر از یکای اصلی آن کمیت مواجه شویم از پیشوندها ی جدول ۱-۳ استفاده می‌کنیم.

نمادگذاری علمی: در نمادگذاری علمی هر مقدار را به صورت عددی بزرگ‌تر یا مساوی یک و کوچک‌تر از ۱۰ و ضریبی با توان صحیحی از ۱۰ و همراه با یکای آن می‌نویسند. به عنوان مثال سرعت نور به صورت $3\times10^{8}\,\frac{m}{s}$ و جرم الکترون به صورت $9{,}109\times10^{-31}\,kg$ نوشته می‌شود.

جدول ۱-۵ پیشوندهای یکاهای SI

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
10^{24}	یوتا	Y	10^{-24}	یوکتو	Y
10^{21}	زتا	Z	10^{-21}	زپتو	z
10^{18}	اگزا	E	10^{-18}	اتو	a
10^{15}	پتا	P	10^{-15}	فمتو	f
10^{12}	ترا	T	10^{-12}	پیکو	p
10^{9}	گیگا	G	10^{-9}	نانو	n
10^{6}	مگا	M	10^{-6}	میکرو	μ
10^{3}	کیلو	K	10^{-3}	میلی	m
10^{2}	هکتو	H	10^{-2}	سانتی	c
10	دکا	Da	10^{-1}	دسی	d

پیشوندهایی که با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند کاربرد بیشتر دارند و بهتر است آن‌ها را به خاطر بسپارید.

تمرین ۱-۲

مقدار بار الکتریکی الکترون $1{,}60\times10^{-15}\,C$ است. مقدار بار این الکترون را برحسب کولن و با نمادگذاری علمی بنویسید.

تمرین ۱-۳

با توجه به پیشوندهای یکاهای SI و نمادگذاری علمی تبدیلات زیر را انجام دهید.

آ- $7{,}0\times10^{-6}\,km=(\quad)\,mm$ ب- $42{,}5\times10^{-4}\,g=(\quad)\,\mu g$ پ- $0{,}023\times10^{7}\,ns=(\quad)\,Ms$

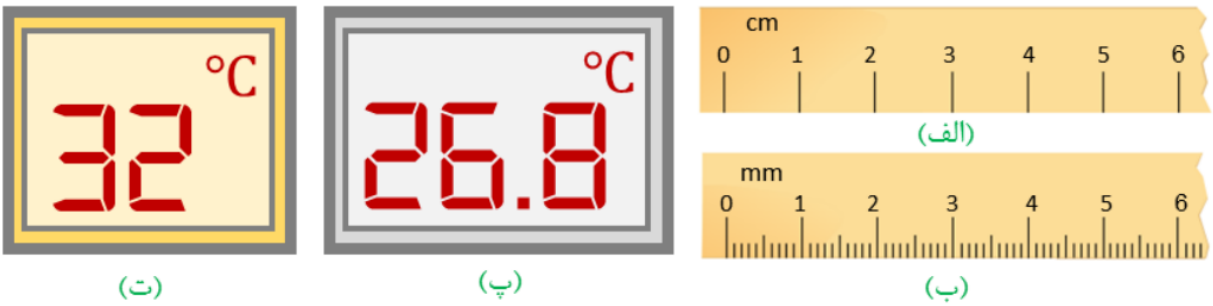
ت- $35\,cm^{2}=(\quad)\,mm^{2}$ ث- $0{,}0801\,lit=(\quad)\,cm^{3}$ ج- $7{,}8\,\frac{g}{cm^{3}}=(\quad)\,\frac{kg}{m^{3}}$

۱-۵ اندازه‌گیری: خطا و دقت

با انتخاب وسیله‌های دقیق و روش صحیح اندازه‌گیری می‌توان مقدار خطا را کاهش و دقت اندازه‌گیری را افزایش داد.

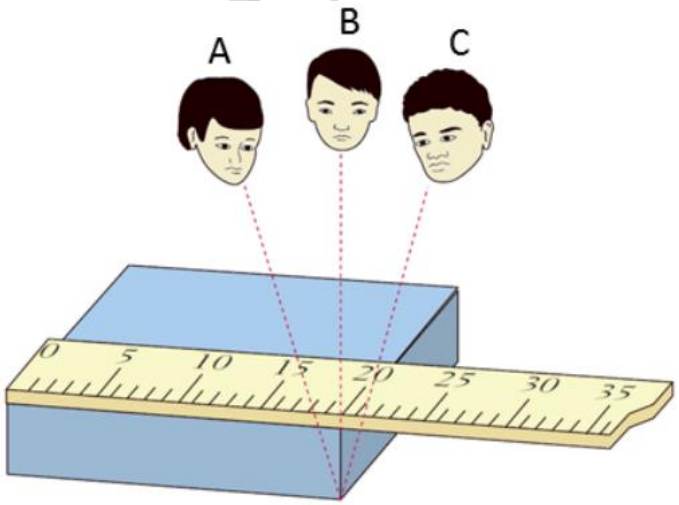
نکته: دقت اندازه‌گیری به حساسیت وسیله، مهارت شخصی که اندازه‌گیری می‌کند و تعداد دفعاتی بستگی دارد که اندازه‌گیری تکرار می‌شود.

۱. **دقت (حساسیت) وسیله‌ی اندازه‌گیری: خطای اندازه‌گیری وسیله‌های درجه‌بندی شده، نصف تقسیم‌بندی کمینه‌ی مقیاس آن وسیله است و برای وسیله‌های رقمی (دیجیتالی) یک واحد از آخرین رقمی است که می‌خوانند.**



شکل ۱-۲ خطای اندازه‌گیری (الف) با خط‌کش سانتی‌متری برابر ۰٫۵cm، (ب) خط‌کش میلی‌متری ۰٫۵mm، (پ) و (ت) با دماسنج‌های رقمی به ترتیب ۰٫۱°C و ۱°C است.

۲. **یکی از این مهارت‌ها نحوه‌ی خواندن نتیجه‌ی اندازه‌گیری است که در شکل زیر نشان داده شده است.**



شکل ۱-۳ خطای مشاهده، ناشی از اختلاف منظر، در خواندن و گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری تأثیر مهمی دارد.

۳. **تعداد دفعات اندازه‌گیری: برای کاهش خطا در اندازه‌گیری (برای صحت اندازه‌گیری) هر کمیت، معمولاً اندازه‌گیری را چند بار تکرار کرده و میانگین آن‌ها به عنوان نتیجه‌ی اندازه‌گیری پذیرفته می‌شود. (البته اگر یک یا دو عدد با بقیه‌ی اعداد اختلاف زیادی داشته باشند در میانگین‌گیری به حساب نمی‌آیند).**

رقم حدسی یا غیر قطعی: آخرین رقم سمت راست حاصل از اندازه‌گیری را می‌گویند.

روش گرد کردن:

1. **اگر اولین عددی که قرار است از سمت چپ حذف شود کوچک‌تر از ۵ باشد آن عدد و تمام اعداد سمت راست آن کنار گذاشته می‌شوند. مثال: اگر قرار است ۳۵/۸۷۴۹۳۳ به عددی با چهار رقم بامعنا گرد شود به صورت ۳۵/۸۷ در می‌آید.**
2. **اگر اولین عددی که قرار است از سمت چپ حذف شود بزرگ‌تر یا مساوی ۵ باشد، آن عدد و تمام اعداد سمت راست آن را حذف کرده و به آخرین رقم یک واحد اضافه می‌کنیم. مثال: اگر قرار است ۳۵/۸۷۴۹۳۳ به عددی با سه رقم بامعنا گرد شود به صورت ۳۵/۹ در می‌آید. یا ۹۹/۹۸ به صورت $۱۰/۰\times۱۰^{۱}$ با سه رقم بامعنا گرد می‌شود.**

رقم‌های با معنا: رقم‌هایی را که بعد از اندازه‌گیری یک کمیت فیزیکی ثبت می‌کنید رقم‌های با معنا می‌گویند.

نکته: تعداد ارقام با معنا دقت اندازه‌گیری را می‌رساند. به عبارتی هرچه اندازه‌گیری دقیق‌تر باشد تعداد ارقام با معنای نتیجه‌ی اندازه‌گیری نیز بیشتر خواهد بود.

نکته: رقم حدسی نیز جزو رقم‌های بامعنا محسوب می‌شود.

نکته: برای تعداد ارقام با معنا صفرهایی که قبل از اولین رقم غیر صفر سمت چپ نوشته می‌شوند را نباید شمرد. صفرهای سمت راست نیز ممکن است با معنا باشند یا نباشند. مثال:

۶۰ به صورت ۶×۱۰^{۱} یک رقم با معنا و به صورت $۶/۰\times۱۰^{۱}$ دو رقم با معنا

۰/۶۰ دو رقم با معنا

۰/۰۰۶۰ دو رقم با معنا

۰/۰۶۰۰۶ چهار رقم با معنا

نکته: در هنگام تبدیل واحد نباید تعداد ارقام با معنی تغییر کند. مثال

$$۴۰/۰mm = ۴/۰۰cm = ۰/۰۴۰۰m = ۰/۰۰۰۰۴۰۰km$$ **یا**

$$۵/۲kg = ۵/۲\times۱۰^{۳}g = ۵۲\times۱۰^{۲}g$$

نکته: هنگامی‌که اعداد در هم ضرب یا بر هم تقسیم می‌شوند تعداد رقم‌های بامعنا در نتیجه‌ی محاسبه نمی‌تواند بیشتر از تعداد رقم‌های بامعنای عددی باشد که کم‌ترین رقم بامعنا را دارد. مثال:

$۳/۱۴۱۵\times۲/۹۲۳\times۷/۱۲ = ۶۵/۳۸۰۱۴۴۰۴$ **ولی باید با سه رقم با معنا ۶۵/۴ بیان شود.**

نکته: در عملیات جمع و تفریق پس از یکسان نمودن واحدها باید مرتبه‌ی غیر قطعی حاصل جمع یا تفریق برابر با بزرگ‌ترین مرتبه‌ی غیرقطعی اعداد مورد نظر باشد.

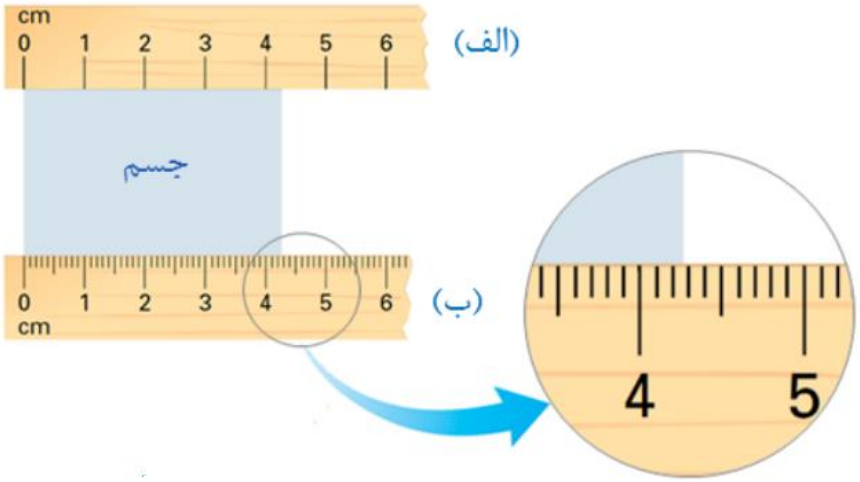
گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری: گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری در شکل ۱-۴ الف به صورت

$4.2\ \text{cm} \pm 0.5\ \text{cm}$ (دو رقم بامعنا؛ ۰.۵ cm: خطای وسیلهٔ اندازه گیری) یا $4.3\ \text{cm} \pm 0.5\ \text{cm}$ (رقم حدسی و غیرقطعی)

گزارش نتیجه‌ی اندازه‌گیری در شکل ۱-۴ ب به صورت

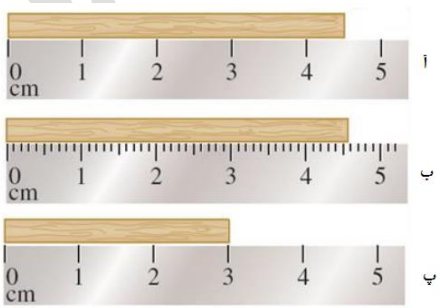
$42.7\ \text{mm} \pm 0.5\ \text{mm}$ (سه رقم بامعنا؛ ۰.۵ mm: خطای وسیلهٔ اندازه گیری) یا $42.8\ \text{mm} \pm 0.5\ \text{mm}$ (رقم حدسی و غیرقطعی)

نوشته می‌شود.



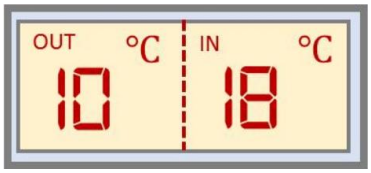
شکل ۱-۴ اندازه‌گیری طول یک جسم با دو خط‌کش با درجه بندی و دقت متفاوت

تمرین ۱-۴



۱. **در هر یک از شکل‌های آ تا پ، طول جسم را چقدر گزارش می‌کنید؟ در گزارش خود، هم رقم غیرقطعی و هم خطای وسیله را مشخص کنید.**

۲. شکل روبرو یک دماسنج رقمی را نشان می‌دهد که دمای خارج و داخل گلخانه‌ای را به ترتیب ۱۰°C و ۱۸°C می‌خواند. عدد غیر قطعی و خطای دماسنج را مشخص کنید.



تمرین ۱-۵ توسط یک ریز سنج که کمینه‌ی تقسیم‌بندی آن ۰/۰۱ میلی‌متر است، ضخامت جسمی اندازه‌گیری شده است. کدام‌یک از مقادیر زیر می‌تواند گزارش این اندازه‌گیری باشد؟

۱) $۱۵٫۳۵mm \pm ۰٫۰۰۵mm$ ۲) $۱۵٫۳۵۲mm \pm ۰٫۰۰۱mm$ ۳) $۱۵٫۳۵۲mm \pm ۰٫۰۰۵mm$ ۴) $۱۵٫۳۵mm \pm ۰٫۰۱mm$

تمرین ۱-۶ کدام‌یک از مقادیر زیر نمی‌تواند گزارش اندازه‌گیری توسط یک خط‌کش میلی‌متری باشد؟

۱) $۲٫۴mm \pm ۰٫۵mm$ ۲) $۲۴۳\times۱۰^{-۱}mm \pm ۰٫۵mm$ ۳) $۴٫۱۲\times۱۰^{۱}mm \pm ۰٫۵mm$ ۴) $۵٫۶۴\times۱۰^{۲}mm \pm ۰٫۵mm$

تمرین ۱-۷ یک ترازوی رقمی تا دهم گرم را نشان می‌دهد. کدام‌یک از موارد زیر گزارش اندازه‌گیری با این ترازوست؟

۱) $۷۲۸٫۳g \pm ۰٫۰۵g$ ۲) $۷۲۸٫۳g \pm ۰٫۱g$ ۳) $۷۲۸٫۳۵g \pm ۰٫۰۰۵g$ ۴) $۷۲۸٫۳۵g \pm ۰٫۰۱g$

تمرین ۱-۸ طول یک جسم با خط‌کشی که بر حسب میلی‌متر مدرج شده اندازه‌گیری شده است. گزارش این اندازه‌گیری بر حسب سانتی‌متر کدام گزینه است؟

۱) $۴٫۵ \pm ۰٫۵$ ۲) $۴۵۵\times۱۰^{-۳} \pm ۰٫۰۵$ ۳) $۰٫۴۵۵۰\times۱۰^{۲} \pm ۰٫۰۵$ ۴) $۴٫۵۵ \pm ۰٫۵$

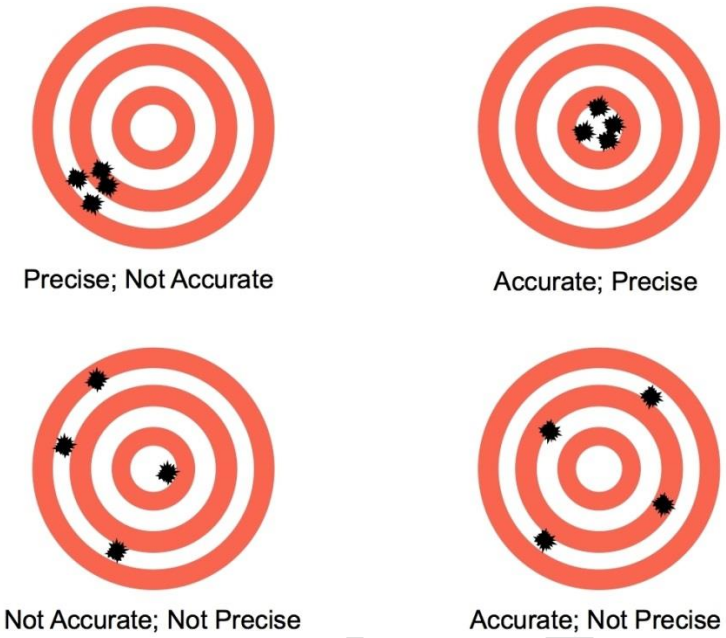
تمرین ۱-۹ گزارش اندازه‌گیری با خط‌کشی به صورت $۰٫۰۵۲m \pm ۰٫۵mm$ است. عدد غیر قطعی آن ----- و کمینه‌ی تقسیم بندی آن ----- است.

تمرین ۱-۱۰ گزارش چهار بار اندازه‌گیری از طول یک جسم با وسایل مختلف به صورت ۲٫۴۲mm، ۲٫۴۳۶mm، ۳٫۸۷۵mm و ۰٫۲۴۵cm است. نتیجه‌ی حاصل از این اندازه‌گیری را بدست آورید.

تمرین ۱-۱۱ در اندازه‌گیری سه طول مختلف، اعداد ۱۳٫۶، ۲۲۳ و ۰٫۰۸ سانتی‌متر به‌دست آمده است. حاصل جمع این سه طول کدام‌یک از مقادیر زیر است؟

۱) ۲۳۶ ۲) ۲۳۶٫۶۸ ۳) ۲۳۶٫۷ ۴) ۲۳۷

تفاوت صحت (Accuracy) و دقت (Precision) اندازه‌گیری: نزدیکی توافق بین مقدار میانگین حاصل از تعداد زیادی از نتایج آزمون و مقدار مرجع پذیرفته شده را صحت و دقت به معنای نزدیکی توافق بین نتایج آزمون است. در واقع صحت به معنای نتیجه‌ی صحیح و دقت به معنای تکرار یک نتیجه‌ی مشخص است(شکل ۱-۵)



شکل ۱-۵ تفاوت بین صحت و دقت اندازه‌گیری

۱-۶ تخمین مرتبه‌ی بزرگی در فیزیک

برخی اوقات برای شناخت بهتر یک موضوع و کمیت‌های وابسته به آن، نیاز داریم اندازه‌ای هر چند غیر دقیق (تقریبی) را در علم یا حتی زندگی روزمره‌ی خود بکار ببریم. برای این کار از فرآیند تخمین یا برآورد استفاده می‌کنیم.

- **معمولاً در موارد زیر از تخمین استفاده می‌شود:**
  - **دقت بالا در محاسبه‌ها، اهمیت چندانی نداشته باشد.**
  - **زمان کافی برای محاسبه‌های دقیق نداشته باشیم.**
  - **همه یا بخشی از داده‌های مورد نیاز، در دسترس نباشد.**

تخمین از مرتبه‌ی بزرگی: در این نوع تخمین نتیجه به صورت توانی از ۱۰ بیان می‌شود. ابتدا اعداد به صورت نمادگذاری علمی نوشته شده و آنگاه از قاعده‌ی کلی زیر استفاده می‌کنیم:

اگر $1 \le x < 5$ باشد در این صورت: $x \sim 10^0$	اگر $5 \le x < 10$ باشد در این صورت: $x \sim 10^1$

مثال: $۱۳۶ = ۱٫۳۶ \times ۱۰^{۲} \approx ۱۰^{۲}$ **یا** $۹۲۱۳۷ = ۹٫۲۱۳۷ \times ۱۰^{۴} \approx ۱۰^{۵}$ **یا** $۰٫۰۰۰۴۹۹ = ۴٫۹۹ \times ۱۰^{-۴} \approx ۱۰^{-۴}$

تمرین ۱-۱۲ مساحت شهری ۱۰۸ کیلومتر مربع است. اگر در یک روز ۱۶ میلی‌متر باران ببارد، مرتبه‌ی بزرگی تعداد قطره‌های باران را تخمین بزنید. قطر یک قطره‌ی باران را ۴ میلی‌متر در نظر بگیرید.

تمرین ۱-۱۳ تخمین بزنید که قلب یک نفر در طول عمرش چند لیتر خون را به سرخرگ آئورت پمپ می‌کند. قلب در هر ضربان ۷۰ سانتی‌متر مکعب خون به سرخرگ آئورت پمپ می‌کند. میانگین عمر انسان را ۷۵ سال در نظر بگیرید. قلب در ۰/۸ ثانیه یک بار خون را به سرخرگ پمپ می‌کند. هر سال تقریباً ۳×۱۰^{۷} ثانیه است.

تمرین ۱-۱۴ مرتبه‌ی بزرگی جرم جو زمین را تخمین بزنید. شعاع زمین حدوداً ۶۰۰۰ کیلومتر و فشار جو زمین را $۱۰^{۵}$ پاسکال در نظر بگیرید.

تمرین ۱-۱۵ در شهری ۱۲۰ جایگاه سوخت‌گیری وجود دارد. تخمین بزنید در هر شبانه روز چند لیتر بنزین وارد هوای این شهر می‌شود؟ فرض کنید به طور متوسط در باک هر اتومبیل ۲ لیتر بخار بنزین وجود دارد و در هر ساعت ۸ اتومبیل از هر جایگاه سوخت‌گیری می‌کند.

۱-۷ چگالی

اگر ماده‌ی همگنی دارای جرم m و حجم V باشد چگالی ρ آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

و یکای آن در SI کیلوگرم بر متر مکعب $kg/m^{۳}$ است.

دیگر یکاهای متداول:

$$۱ g/cm^{۳}\,(kg/L) = ۱۰۰۰\, kg/m^{۳}\,(g/L)$$

پرسش- چگالی بنزین $۶٫۸۰\times۱۰^{۲}\, kg/m^{۳}$ است. توضیح دهید چرا آب مایع مناسبی برای خاموش کردن بنزین شعله‌ور نیست.

تمرین ۱-۱۶ جرم قطعه‌ای از فلز اسمیوم با چگالی $۲۲٫۵\times۱۰^{۳}\, kg/m^{۳}$ و حجم $۲۳٫۰ m^{۳}$ چند کیلوگرم است؟(با رعایت تعداد ارقام با معنا)

تمرین ۱-۱۷ $۴٫۷۰ L$ خون با چگالی $۱٫۰۵ kg/L$ چند کیلوگرم است؟(با رعایت تعداد ارقام با معنا)

مقایسه‌ی چگالی دو ماده‌ی مختلف:

$$\frac{\rho_{۲}}{\rho_{۱}} = \frac{m_{۲}}{m_{۱}} \times \frac{V_{۱}}{V_{۲}}$$

تمرین ۱-۱۸ چگالی مایع A، $\frac{۴}{۵}$ چگالی مایع B است. اگر حجم ۸kg از A برابر ۱۰ لیتر باشد، حجم ۵kg از مایع B برابر چند لیتر است؟

جدول ۱-۶ چگالی اشکال هندسی منظم

حجم	توپر	توخالی با شعاع داخلی b
استوانه	$\pi r^۲ h$	$\pi(r^۲ - b^۲)h$
کره	$\frac{۴}{۳}\pi r^۳$	$\frac{۴}{۳}\pi(r^۳ - b^۳)$

تمرین ۱-۱۹ شعاع یک کره‌ی فولادی توپر با چگالی $۷/۸ g/cm^۳$ به جرم ۳۹۰ گرم را محاسبه کنید.(π=۳)

تمرین ۱-۲۰ دو استوانه‌ی همگن A و B دارای جرم و ارتفاع مساوی‌اند. استوانه‌ی A توپر و استوانه‌ی B توخالی است. اگر شعاع خارجی این دو استوانه با هم برابر و شعاع داخلی استوانه‌ی B نصف شعاع خارجی آن باشد، چگالی استوانه‌ی A چند برابر چگالی استوانه‌ی B است؟

نکته: اگر یک جسم جامد حل نشدنی را درون یک ظرف محتوی مایع بریزیم، حجم جسم جامد برابر تغییر حجم مایع است.

تمرین ۱-۲۱ درون استوانه‌ی مدرجی آب وجود دارد. گلوله‌ی توپری به جرم ۴۲ گرم را داخل آب می‌اندازیم. سطح آب از درجه‌ی $۵۰cm^۳$ به $۵۴cm^۳$ می‌رسد. چگالی گلوله چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟

تمرین ۱-۲۲ یک قطعه فلز را که چگالی آن $۲/۷ g/cm^۳$ است کاملاً در ظرفی پر از الکل به چگالی $۰/۸ g/cm^۳$ وارد می‌کنیم و به اندازه‌ی ۱۶۰ گرم الکل از ظرف بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز چند گرم است؟

تمرین ۱-۲۳ اگر یک قطعه فلز به جرم ۹۰g را درون آب داخل استوانه‌ای بریزیم، قطعه فلز کاملاً در آب فرو رفته و سطح آب درون استوانه ۱/۲cm بالا می‌آید. اگر سطح مقطع داخلی استوانه $۱۰cm^۲$ باشد، چگالی فلز چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟

نکته: اگر درون یک شمش فلزی حفره‌ای وجود داشته باشد، می‌توان گفت:

$$V_{\text{واقع}} = \frac{m}{\rho} \quad \text{و} \quad V_{\text{حفره}} = V_{\text{ظاهر}} - V_{\text{واقع}}$$

تمرین ۱-۲۴ درون یک قطعه طلا به حجم ظاهری $۱۲cm^۳$ و جرم ۱۹۹/۵g، حفره‌ای وجود دارد. اگر چگالی طلا $۱۹۰۰۰ kg/m^۳$ باشد، حجم حفره‌ی خالی چند $cm^۳$ است؟

چگالی مخلوط(آلیاژ): اگر حجم $V_۱$ از ماده‌ای با چگالی $\rho_۱$ را با حجم $V_۲$ از ماده‌ای با چگالی $\rho_۲$ مخلوط کنیم، چگالی مخلوط از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\rho' = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

تمرین ۱-۲۵ ۳L آب به چگالی $1kg/L$ با ۵L لیتر مایع به چگالی $0/8kg/L$ مخلوط می‌شود. هرگاه تغییر حجم صورت نگیرد، چگالی مخلوط چند کیلوگرم بر لیتر است؟

تمرین ۱-۲۶ چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیه‌ی V_A و V_B، $0/75g/cm^3$ است. اگر چگالی مایع A برابر $600g/L$ و چگالی مایع B برابر $800g/L$ باشد، V_A چند برابر V_B است؟

تمرین ۱-۲۷ در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می‌شود و حجم مخلوط $5cm^3$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب شده چند گرم است؟