

## مبانی اندازه‌گیری دقیق

هدف‌های رفتاری: در این فصل فراگیر ابتدا به طور مختصر با تاریخچه متر و یارد استاندارد و آخرین تعریف متر و یارد استاندارد آشنا می‌شود. سپس، واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی را فرا می‌گیرد و در ادامه کمیت‌های اصلی، فرعی، مفاهیم و اصطلاحات پایه که در اندازه‌گیری ابعاد رایج است، آموزش می‌بیند. در این صورت می‌تواند:

- ۱- تاریخچه متر و یارد استاندارد را بیان کند.
- ۲- دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی را شرح دهد.
- ۳- اصول و مفاهیم پایه در اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۴- خطاهای اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۵- شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری را توصیف نماید.

### عناوین این فصل عبارتند از 8

✓ تاریخچه

✓ دستگاه یکاهای اندازه‌گیری (سیستم‌های اندازه‌گیری)

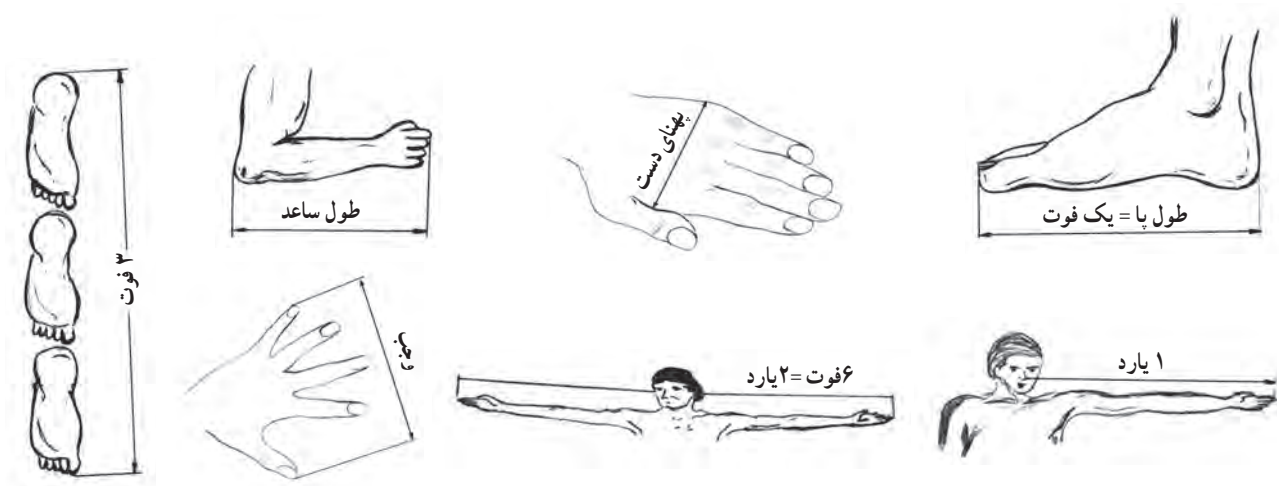
✓ اصول و مفاهیم پایه

✓ شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری

✓ اصول کلی استفاده و نگهداری وسایل اندازه‌گیری

## تاریخچه اندازه گیری

به طور کلی اندازه گیری قدیمی به اندازه تاریخ دارد و زندگی انسان با تکامل و پیشرفت تکنولوژی توسعه یافته و همگام با آن استانداردها شکل گرفته و استانداردهای طول که از اولین استانداردهاست، تغییر و تکامل یافته است. از دیرباز، بشر برای اندازه گیری طول از ابزارهای قابل دسترس، که طبعاً این وسایل می توانند اعضای بدن انسان باشند، استفاده می نموده است. از آن جمله از طول پا، قدم، و جب، بهنای چهار انگشت، فاصله نیک انگشت وسط تا آرنج، فاصله نیک بینی تا سر انگشت دست و... استفاده می شده است. معمولاً مقدار شاخص های فوق براساس طول اعضای بدن پادشاهان و حاکمان انتخاب می شده، که با تغییر حکومت ها در اثر جنگ ها و سایر عوامل و ایجاد پادشاهی ها و حکومت های جدید، نوع شاخص ها و مقدار آن ها تغییر می یافته است. هم چنین، با توجه به توسعه و گوناگونی جمعیت ها و کشورها، واحدهای اندازه گیری طول ثابت نمانده و متعدد شده اند، که این موضوع در ارتباط بین قومیت ها و ملیت ها ایجاد مشکل کرده است. تصاویر زیر، نمونه هایی از شاخص های اندازه گیری طول را نشان می دهد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نمونه هایی از شاخص های اندازه گیری طول

## دستگاه یکاهای اندازه گیری (سیستم های اندازه گیری)

دستگاه یکاهای متریک (سیستم متریک): این دستگاه از متداول ترین دستگاه های اندازه گیری است که اکثر کشورهای دنیا از آن استفاده می کنند. مشخصه بارز این سیستم ددهی بودن آن است، به این معنی که در تبدیل واحدها هیچ مقداری از بین نمی رود و اشتباهات آن نیز کم تر است و نمایش آن می تواند به صورت خطی باشد، نه کسری و چنانچه کسری باشد مخرج آن به صورت مضرب عدد ده نوشته می شود. هم چنین دقت تجهیزات اندازه گیری با یکاهای متریک نسبت به یکاهای انگلیسی نیز بالاتر است. برای مثال، دقت کولیس های ورنیه دار اینچی به  $0.01$  inch می رسد، که معادل  $0.254$  mm می شود، در حالی که دقت کولیس های ورنیه دار میلی متری به  $0.02$  mm می رسد. این سیستم (متریک)، با توجه به گسترش و فراگیرش در دنیا، به نام دستگاه بین المللی یکاها (SI) معروف شده است.

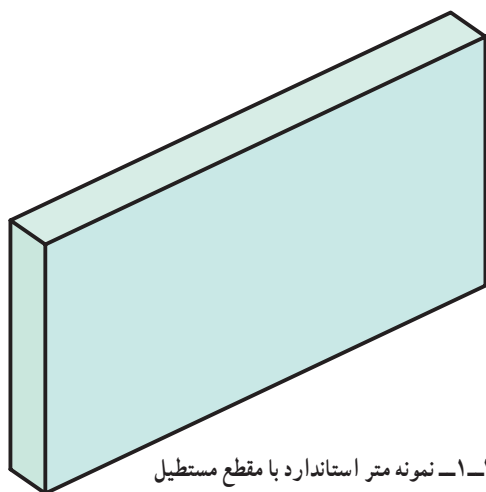
واحد اصلی طول در دستگاه یکاهای متریک، متر است که با مضرب ده قابل تبدیل به یکاهای بزرگ تر و کوچک تر است.

مبنای متر استاندارد : تاکنون تعاریف مختلفی برای متر استاندارد ارائه شده که اولین و آخرین آن عبارت است از :  
 اولین تعریف متر استاندارد : در سال ۱۷۹۱ میلادی متر بر مبنای طول نصف النهار کره زمین که از پاریس می‌گذشت تعریف شد .



شکل ۱-۲- متر استاندارد

بر این اساس  $\frac{1}{40,000,000}$  طول نصف النهار کره زمین، که از پاریس می‌گذشت به عنوان متر استاندارد شناخته شد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۳- نمونه متر استاندارد با مقطع مستطیل

**توجه :** براساس تعریف فوق دو نمونه متر استاندارد مطابق زیر ساخته شده است :  
 «در سال ۱۷۹۹ میلادی منشوری از جنس پلاتین و با مقطع مستطیل شکل و به ابعاد (۲۵×۴ mm) ساخته شد (شکل ۱-۳)».



شکل ۱-۴- نمونه متر استاندارد با مقطع X

«در سال ۱۸۸۹ میلادی منشوری با مقطع X و از جنس آلیاژ پلاتین ایریدیم ساخته و به نام متر مبنای شناخته شد و در اولین کنفرانس اوزان و مقادیر مورد تصویب قرار گرفت. متر مبنای هنوز هم در موزه لوور فرانسه نگهداری می‌شود (شکل ۱-۴)».

## ۱- آخرین تعریف متر استاندارد: در اکتبر سال ۱۹۸۳ میلادی و در هفدهمین کنفرانس اوزان و مقادیر (در پاریس) تعریف

زیر برای متر استاندارد براساس سرعت سیر نور در خلأ ارائه شد:

◀ یک متر عبارتست از مسافتی که نور در خلأ در کسری از ثانیه ( $\frac{1}{299,792,458}$ ) طی می‌نماید.

برای متر، واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تری مطابق جدول زیر تعریف شده است:

جدول ۱-۱ - واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک

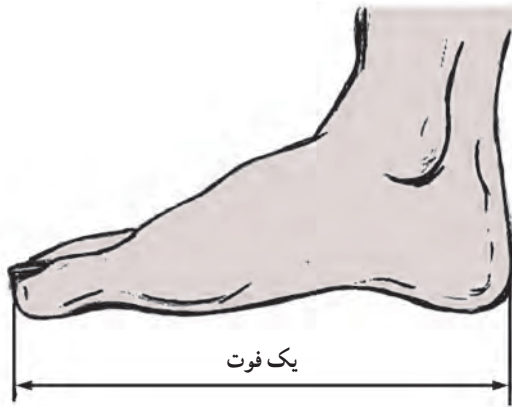
ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (m)
۱	پیکومتر	Pm	Pico meter	$10^{-12}$
۲	آنگسترم	A	Angstrom	$10^{-10}$
۳	نانومتر	nm	Nano meter	$10^{-9}$
۴	میکرون	Mm	Micro meter	$10^{-6}$
۵	میلی‌متر	mm	Mili meter	$10^{-3}$
۶	سانتی‌متر	Cm	Canti meter	$10^{-2}$
۷	دسی‌متر	dm	Deci meter	$10^{-1}$
۸	متر	m	meter	۱
۹	دکامتر	d	Deca meter	۱۰
۱۰	هکتومتر	h	Hecto meter	$10^2$
۱۱	کیلومتر	Km	Kilo meter	$10^3$
۱۲	مگامتر	Mm	Mega meter	$10^6$
۱۳	گیگامتر	Gm	Giga meter	$10^9$
۱۴	ترامتر	Tm	Tera meter	$10^{12}$

### دستگاه یکاهای انگلیسی (سیستم انگلیسی): این دستگاه که به نام سیستم اینچی نیز معروف است در کشورهای اروپایی،

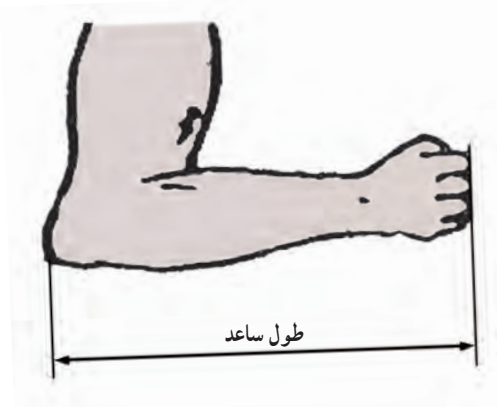
آمریکایی و کشورهای که از تجهیزات با سیستم اندازه‌گیری اینچی استفاده می‌نمایند کاربرد دارد. در خصوص مبنای طول در این دستگاه گفتنی است:

۱- حدود سال ۱۳۵۰ میلادی ادوارد اول پادشاه انگلیس طول استخوان زیرین ساعد (ULNA) خود را به عنوان واحد اندازه‌گیری طول معرفی نمود. «بر این اساس یک اولنا عبارت است از طول ساعد ادوارد اول پادشاه انگلیس». واحد بزرگ‌تر اولنا، پرچ است و هر پرچ معادل پنج‌ونیم اولناست (شکل ۱-۵).

۲- در قرن سیزدهم میلادی هنری اول پادشاه انگلستان طول پای خود را به عنوان یک فوت برای اندازه‌گیری طول معرفی نمود (شکل ۱-۶).

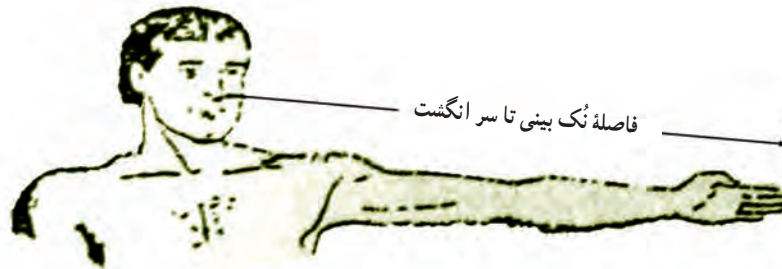


شکل ۱-۶- طول پا



شکل ۱-۵- طول ساعد انسان

هم چنین فاصله نَک بینی تا سر انگشت دست خود را نیز به عنوان یارد استاندارد اعلام نمود (شکل ۱-۷).



شکل ۱-۷- فاصله نَک بینی تا سر انگشت

**۲- آخرین تعریف یارد استاندارد:** در سال ۱۹۶۰ میلادی در آمریکا هر یارد معادل  $\frac{3600}{3937} = 0.9144$  متر استاندارد

تعریف شد. به عبارتی تعریف بنیادین برای یارد استاندارد براساس متر استاندارد می باشد ( $1 \text{ Yard} \cong 91/44$ ). جدول (۱-۲) واحدهای کوچک تر و بزرگ تر از یارد را نشان می دهد.

جدول ۱-۲- واحدهای اندازه گیری طول در دستگاه یکاهای انگلیسی (اینچی)

ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (Yard)
۱	اینچ	in	Inch	$\frac{1}{36}$ Yard
۲	فوت	ft	Foot	$\frac{1}{3}$ Yard
۳	یارد	yd	Yard	۱ Yard
۴	مایل	ml	Mile	۱۷۶۰ Yard

### توجه:

۱- ضرائب تبدیل یکاهای دستگاه یکاهای انگلیسی به دستگاه بین المللی یکاها

$$1 \text{ yd} = 3 \text{ ft} = 36 \text{ in} = 91.44 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} = 30.48 \text{ cm} = 304.8 \text{ mm}$$

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{64} \cdot \frac{1}{128}$$

۲- اجزای اینچ

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{10000}$$

و هم چنین:

## واحدهای اندازه گیری زاویه

برای اندازه گیری زوایا در دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی از واحدهای زیر استفاده می شود:

جدول ۳-۱- واحدهای اندازه گیری زاویه

ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (درجه)
۱	درجه	°	Degree	۱
۲	دقیقه	'	Minute	$\frac{1}{60}$
۳	ثانیه	"	Second	$\frac{1}{3600}$
۴	رادیان	R	Radian	$\frac{1}{180}$
۵	گراد	G	Grad	$\frac{1}{100}$
نسبت های تبدیل:				$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} = \frac{G}{400}$

در جدول فوق:

D = مقدار زاویه بر حسب درجه

R = مقدار زاویه بر حسب رادیان

G = مقدار زاویه بر حسب گراد

## اصول و مفاهیم پایه

**کمیت:** به هر چیز که قابل افزایش و کاهش باشد و نیز بتوان تساوی میان دو مقدار از آن را به دقت بیان کرد «کمیت فیزیکی»

گویند.



**کمیت پایه / اصلی:** به کمیتی که به صورت مستقل از سایر کمیت‌ها در یک دستگاه کمیت قرار داشته باشد «کمیت پایه» یا «کمیت اصلی» گویند، مانند کمیت طول، کمیت جرم، کمیت زمان و ... .

**کمیت فرعی:** کمیتی است که بر مبنای کمیت‌های پایه تعریف می‌شود، مانند کمیت سرعت، کمیت نیرو، کمیت شتاب و ... .  
**کمیت تأثیر گذار:** در اندازه‌گیری کمیت‌ها برخی کمیت‌های دیگر روی کمیت مورد اندازه‌گیری اثر می‌گذارد در حالی که خود مورد اندازه‌گیری قرار نمی‌گیرند. مانند کمیت دما در اندازه‌گیری کمیت طول. به‌عنوان مثال طول یک میله فولادی در دمای ۲۰ درجه با طول همان میله در دمای ۳۰ درجه تفاوت دارد.

**یکای اندازه‌گیری (واحد اندازه‌گیری):** مقیاسی است برای سنجش کمیت‌ها از همان جنس. مانند متر برای اندازه‌گیری طول، کیلوگرم برای اندازه‌گیری جرم و ... .

**نماد یکای اندازه‌گیری:** علامتی است که به طور قراردادی برای نمایش یکای اندازه‌گیری مشخص می‌شود. مانند m برای متر، kg برای جرم و ... .

**دستگاه کمیت‌ها:** به مجموعه‌ای از کمیت‌ها به مفهوم عام که میان آن‌ها رابطه تعریف شده‌ای وجود دارد، «دستگاه کمیت‌ها» گویند. مانند دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، دستگاه یکاهای انگلیسی (FPS)

جدول ۱-۴ - یکاهای پایه

نماد	نام	کمیت
m	متر	طول
kg	کیلوگرم	جرم
S	ثانیه	زمان
A	آمپر	جریان الکتریکی
K	کلوین	دما
mol	مول	مقدار ماده
Cd	کاندلا	شدت روشنایی

**دستگاه بین‌المللی یکاها (SI):** این دستگاه براساس هفت یکای پایه مطابق (جدول ۱-۴) تدوین شده است.

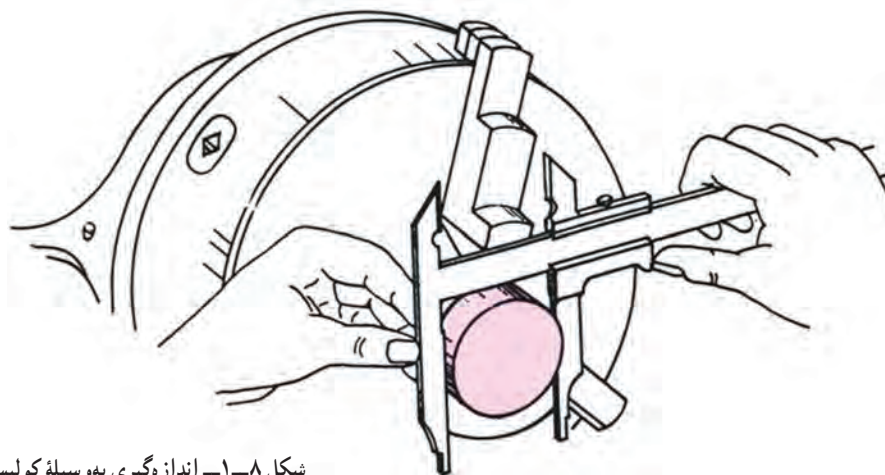
جدول ۱-۵ - یکاهای فرعی

نماد	نام	کمیت
N	نیوتن	نیرو
J	ژول	انرژی
Pa	پاسکال	فشار

برخی از یکاهای فرعی و نمادهای ویژه آن‌ها در سیستم بین‌المللی در جدول ۱-۵ آمده است:

**اندازه‌شناسی:** به دانش اندازه‌گیری ابعادی «اندازه‌شناسی» یا «اندازه‌شناختی» گویند. بیان این مفهوم با کلمه مترولوژی نیز رایج است.

**اندازه‌گیری:** به مجموعه عملیاتی که انجام می‌شود تا اندازه یک کمیت فیزیکی براساس یکی از یکاهای قانونی تعیین شود، اندازه‌گیری گویند، مانند اندازه‌گیری به وسیله کولیس (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱- اندازه‌گیری به وسیله کولیس

**وسیلۀ اندازه‌گیری:** به وسیله‌ای که برای انجام اندازه‌گیری یا اندازه‌گیری‌های مشخص به کار می‌رود، «وسیلۀ اندازه‌گیری» گویند، مانند خط‌کش، کولیس، میکرو متر و... (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- صفحه خط‌کش تخت

**استاندارد وسایل اندازه‌گیری:** وسایل اندازه‌گیری جزء تجهیزات استاندارد شده می‌باشند و براساس استانداردهای بین‌المللی یا ملی طراحی، ساخته و آزمایش می‌شوند. این استانداردها راهنمایی برای مشخصات، قابلیت تفکیک، گستره اندازه‌گیری، جنس، روش‌های درجه‌بندی، مقدار خطاهای مجاز، اندازه اجزا، روش ساخت، اندازه‌گیری و کالیبراسیون می‌باشند. به‌عنوان مثال: استاندارد ISIRI ۱۹۸۰ مخصوص کولیس ورنیه ۱/۱۰ و ۵/۱۰ میلی‌متر و استاندارد ISO ۸۵۱۲-۱، ISO ۸۵۱۲-۲، مخصوص صفحه صافی‌ها و استاندارد.

DIN ۸۷۵ : مخصوص گونیاها است.

وسایل اندازه‌گیری به دو دسته ثابت و متغیر تقسیم می‌شوند.

**وسایل اندازه‌گیری متغیر:** با یک نوع وسیله می‌توان یک

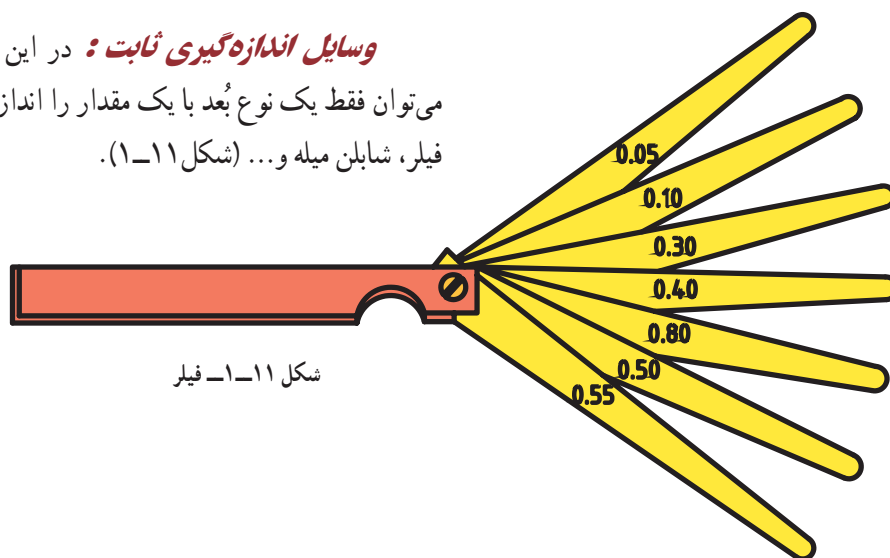
یا چند نوع بُعد با اندازه‌های مختلف را به لحاظ مقدار، اندازه گرفت. مانند کولیس، میکرومتر، زاویه سنج و... (شکل ۱۰-۱).



شکل ۱۰-۱- میکرومتر



**وسایل اندازه‌گیری ثابت:** در این دسته از وسایل، با یک نوع وسیله می‌توان فقط یک نوع بُعد با یک مقدار را اندازه‌گیری نمود، مانند شابلن شعاع‌سنج، فیلر، شابلن میله و... (شکل ۱-۱۱).



شکل ۱-۱۱- فیلر



شکل ۱-۱۲- فرمان دهان دوسر

**کنترل:** به عملیاتی که به منظور بررسی و مقایسه ابعادی یک قطعه به وسیله ابزار مربوطه انجام می‌شود، «کنترل ابعادی» گویند. مانند کنترل به وسیله انواع فرمان (شکل ۱-۱۲).  
**توجه:** بعضی از تجهیزات اندازه‌گیری ابعادی مانند ترازها، هم وسیله اندازه‌گیری و هم وسیله کنترل می‌باشند.

جدول ۱-۶ دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

**قابلیت تفکیک:** کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیله اندازه‌گیری را «قابلیت تفکیک» گویند. این واژه با کلمات، زینه‌بندی، ریزنگری، تفکیک‌پذیری، قابلیت تشخیص، وضوح و... نیز بیان می‌شود.

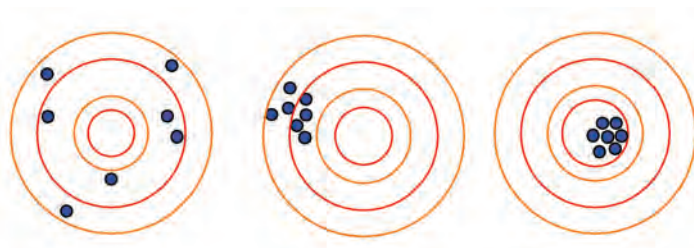
**دقت:** به نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به یک‌دیگر «دقت» گویند.

**درستی یا صحت:** به نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به (مقدار واقعی)، «درستی» یا «صحت» گویند. مفهوم دقت و صحت را می‌توان در عمل تیراندازی بهتر درک نمود. (شکل ۱-۱۳).



شکل ۱-۱۳

در عمل تیراندازی چنانچه همه تیرها در محدودهٔ خال وسط قرار گیرد تیرانداز از دقت و صحت لازم در عمل تیراندازی برخوردار است و اگر تیر به یک محل به غیر از خال وسط اصابت نماید، تیرانداز دقت داشته ولی فاقد صحت بوده و در صورتی که تیرها به صورت پراکنده در محل‌های مختلف قرار گیرد، تیرانداز از دقت و درستی برخوردار نمی‌باشد (شکل ۱۴-۱).



شکل ۱۴-۱- نمایش دقت و درستی

### مثال

در کنترل چهار میکرومتر با قابلیت تفکیک  $0.01$  میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری (۰-۲۵) میلی‌متر و خطای مجاز  $0.01$  میلی‌متر به وسیلهٔ مرجع (بلوک سنج) به ضخامت  $20$  میلی‌متر اندازه‌هایی مطابق جدول زیر به دست آمده است. وضعیت این میکرومترها به لحاظ دقت و درستی چگونه است؟

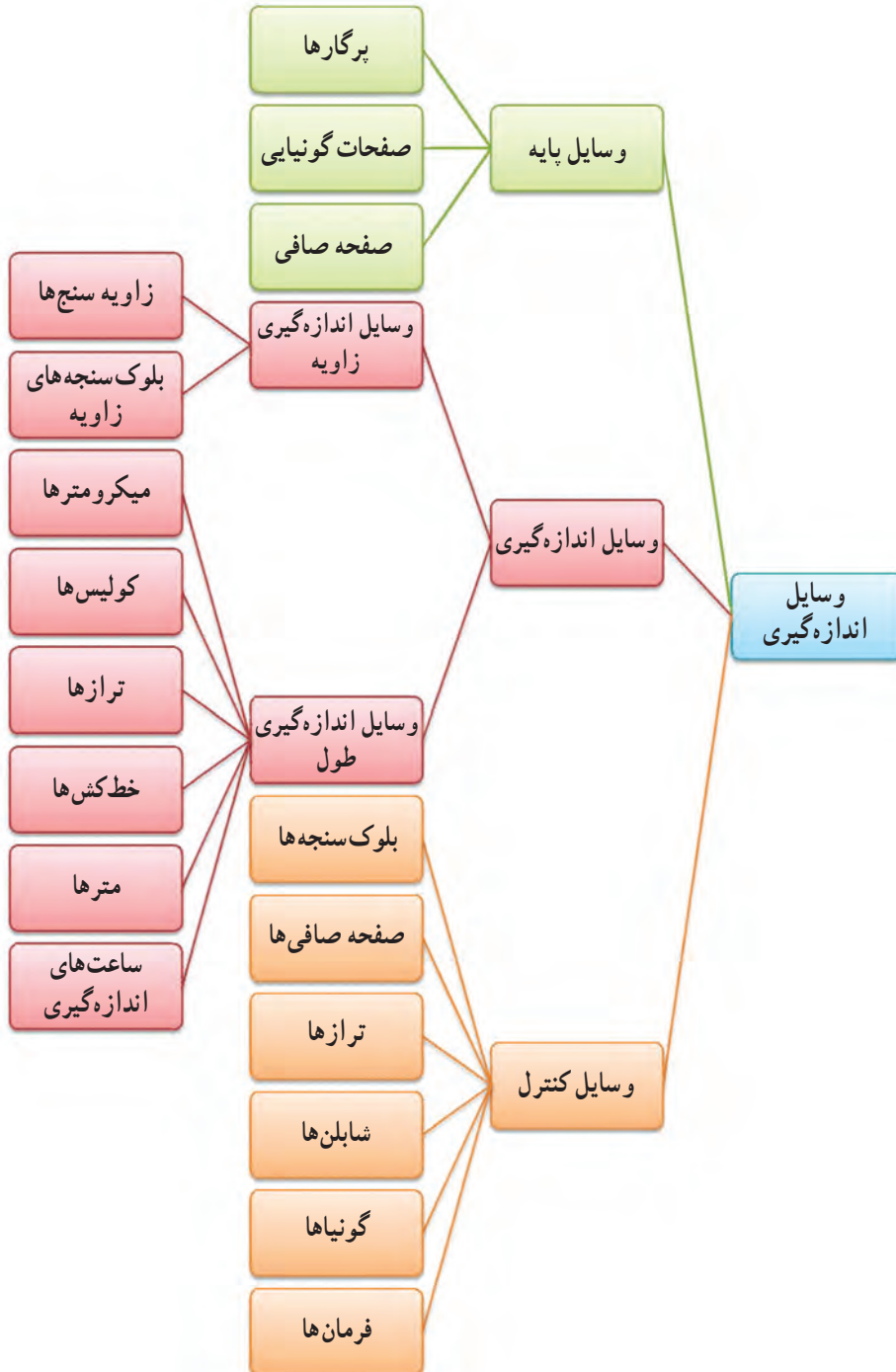
میکرومتر ۴	میکرومتر ۳	میکرومتر ۲	میکرومتر ۱
۱۹/۹۹	۱۹/۹۹	۱۹/۹۵	۱۹/۹۸
۲۰/۰۰	۱۹/۹۹	۱۹/۹۵	۱۹/۹۹
۲۰/۰۱	۱۹/۹۹	۱۹/۹۵	۱۹/۹۷
۱۹/۹۹	۱۹/۹۹	۱۹/۹۵	۲۰/۰۲
۱۹/۹۹	۱۹/۹۹	۱۹/۹۵	۱۹/۹۶

### جواب:

با توجه به مثال فوق:

- ۱- میکرومتر ۱ دقت ندارد، درستی ندارد.
- ۲- میکرومتر ۲ دقت دارد، درستی ندارد.
- ۳- میکرومتر ۳ دقت دارد، درستی دارد.
- ۴- میکرومتر ۴ دقت دارد، درستی دارد.

جدول ۶-۱- دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری





شکل ۱۵-۱- میکرومتر با گستره اندازه‌گیری (۲۵-۵۰) میلی‌متر

**گستره نامی:** به حد فاصل بین حداقل اندازه تا حداکثر اندازه‌ای که یک وسیله اندازه‌گیری می‌تواند مشخص کند، «گستره نامی» یا «گستره اندازه‌گیری» و یا «دامنه اندازه‌گیری» گویند. برای مثال، کولیس (۱۵۰-۰) می‌تواند حداکثر اندازه ۱۵۰ میلی‌متر را اندازه‌گیری نماید. هم‌چنین میکرومتر با گستره اندازه‌گیری (۷۵-۵۰) می‌تواند ابعاد بین ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر را اندازه بگیرد (شکل ۱۵-۱).

**واسنجی (کالیبراسیون):** به حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری و سنجش تحت شرایط

مشخص، «واسنجی» یا «کالیبراسیون» گویند.

**وسایل واسنجی:** وسایل کالیبراسیون ابزارهایی هستند که از آن‌ها برای کنترل و کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری استفاده

می‌شود. مانند بلوک‌سنجه‌های طول، بلوک‌سنجه‌های زاویه و... (شکل ۱۶-۱).



شکل ۱۶-۱- بلوک‌سنجه زاویه

**رده‌بندی:** همان‌طوری که ذکر شد، تجهیزات اندازه‌گیری به‌طور عام به سه دسته «وسایل اندازه‌گیری»، «کنترل» و «کالیبراسیون»

تقسیم می‌شوند. وسایل اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک مشخص می‌شوند. برای مثال، کولیس  $0.1 \text{ mm}$ ، میکرومتر  $0.01 \text{ mm}$ . از این وسایل می‌توان در کارگاه ساخت، عملیات بازرسی و هم در آزمایشگاه اندازه‌گیری استفاده نموده و مشخصه دقتی آن‌ها همان قابلیت تفکیک است، لیکن بعضی از وسایل، از جمله گونیاها و بلوک‌سنجه‌ها، فاقد قابلیت تفکیک می‌باشند آن‌گونه که در وسایل اندازه‌گیری مطرح است بلکه دارای رده‌بندی دقتی می‌باشند. به‌عنوان مثال گونیای رده (۰۰) دارای بالاترین سطح دقتی در سری گونیاها و بلوک‌سنجه طول با رده (۳) دارای پایین‌ترین سطح دقت در سری بلوک‌سنجه‌های طول می‌باشند (شکل ۱۷-۱).



شکل ۱۷-۱- بلوک سنجه طول

**رواداری (تولرانس) :** خطایی را که در مورد یک اندازه‌گیری می‌توانیم مجاز بدانیم، «تولرانس» یا «رواداری» گویند. به عبارت دیگر خطای مجازی را که طراح روی نقشه مشخص می‌کند را تولرانس گویند.

**خطا:** اشتباه در اندازه‌گیری با وسایل اندازه‌گیری را خطا گویند.

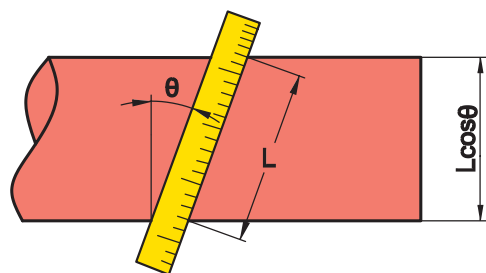
**مقدار خطا:** تفاضل بین نتیجه اندازه‌گیری با مقدار واقعی اندازه را مقدار خطا گویند.

چنانچه قبلاً ذکر شد و از مفهوم عمومی کلمه نیز مشتق می‌شود، اشتباه را خطا گویند. اشتباهات اندازه‌گیری ممکن است از ناحیه تجهیزات و لوازم اندازه‌گیری، روش‌های کاری، شخص اندازه‌گیر، شرایط محیطی و سایر موارد پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده باشد، که در هر صورت از دقت و درستی اندازه‌گیری کاسته می‌شود. خطاها به صورت‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند، از آن جمله :

## الف) خطاهای روشمند

این خطاها به صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشند، که البته قابل کاهش اند و رسانیدن آن‌ها به حداقل مقدار وجود دارد به عبارتی خطاهایی که قابل پیش‌بینی بوده و امکان پیش‌گیری آن‌ها نیز وجود دارد جزء خطاهای روشمند می‌باشند از جمله :

**۱- فشار درگیری :** فشار وارد به فکین وسایل اندازه‌گیری از جمله کولیس علاوه بر این که موجب خسارت و خرابی وسیله می‌گردد. در اندازه‌گیری اجسام انعطاف‌پذیر و یا نرم باعث خطا در اندازه‌گیری می‌شود. لذا توصیه می‌شود در اندازه‌گیری با کولیس‌های ورنیه‌دار یا سایر وسایلی که نیروی وارد بر ابزار تحت کنترل در نیامده به میزانی فشار داده شود که انگشت شست روی زائده آج‌دار کولیس ورنیه (شستی) سُر بخورد.



**۲- خطای مثلثاتی (خطای کسینوسی) :** در اثر عدم انطباق محوری کار با ابزار خطای مثلثاتی یا کسینوسی ایجاد می‌شود (عمود نبودن بُعد مورد اندازه‌گیری برفک‌های وسیله اندازه‌گیری) (شکل ۱۸-۱).

شکل ۱۸-۱- خطای مثلثاتی (کسینوسی)

**۳- خطای روش‌های اندازه‌گیری:** برای اندازه‌گیری می‌بایست از روش و وسیله مناسب استفاده نمود. برای مثال اندازه‌گیری قطر داخلی یک سیلندر موتور احتراق داخلی، داخل‌سنج ساعتی و یا میکرومتر سه فکته بسیار مناسب‌تر از میکرومتر دونقطه و یا انتقال اندازه به روی میکرومتر اندازه‌گیر خارج به کمک اندازه‌گیر تلسکوپی است.

**۴- عدم کالیبره بودن وسایل اندازه‌گیری و کنترل:** کلیه وسایل اندازه‌گیری و کنترل باید در موعد مقرر توسط شرکت‌ها و افراد ذی‌صلاح کالیبره شوند تا از دقت و درستی عملکردشان اطمینان حاصل گردد. بنابراین، اطمینانی به نتایج اندازه‌گیری و کنترل با تجهیزاتی که کالیبره نشده‌اند وجود ندارد.

**۵- آلودگی:** از جمله خطاهای متداول در اندازه‌گیری آلودگی است که چون بُعد دارد نتیجه اندازه‌گیری را تغییر می‌دهد. بنابراین اندازه‌گیری صحیح مستلزم داشتن محیطی تمیز، وسایل و قطعات مورد اندازه‌گیری عاری از آلودگی، دست‌ها و لباس‌های بدون گرد و غبار است. باید در نظر داشت که هر نوع آلودگی دارای بُعدی در اندازه هزارم و صدم میلی‌متر است بنابراین، در شروع اندازه‌گیری باید دقت فراوان نمود تا آلودگی به حداقل برسد که به خطا در اندازه‌گیری منجر نشود.

**۶- دما:** چنان‌چه میله فولادی استاندارد را که طول دقیق آن ۳۰۰ میلی‌متر است برای مدت کوتاهی (در حد چند ثانیه) در دست خود نگاه داریم و یا در برابر لامپ (لامپ مقاومتی) قرار دهیم و سپس طول آن را اندازه بگیریم. ملاحظه خواهیم نمود که طول آن در حدود چند هزارم میلی‌متر افزایش پیدا کرده است بنابراین، باید دقت نمود که اولاً قطعات را در دست نگاه نداریم، ثانیاً از اندازه‌گیری قطعات گرم خودداری کنیم و ثالثاً دمای آزمایشگاه را همواره استاندارد نگاه داریم.

**۷- رطوبت:** رطوبت، علاوه بر این که موجب زنگ زدگی قطعات و وسایل می‌شود. دارای بُعد است و در مقدار اندازه ایجاد خطا می‌نماید.



شکل ۱۹-۱ خطای دید در اندازه‌گیری

**۸- خطای دید یا خطای چشمی:** این خطا در اثر درست نگاه نکردن به مقدار اندازه رخ می‌دهد. بنابراین همیشه باید به تقسیم‌بندی‌های وسایل اندازه‌گیری به صورت عمودی نگاه کرد. (شکل ۱۹-۱)

**۹- ارتعاش:** وجود ارتعاش با هر منشائی، اعم از وسیله اندازه‌گیری، صفحه صافی، میز اندازه‌گیری، لرزش دست شخص اندازه‌گیر و ساختمان آزمایشگاه که باشد ایجاد خطا می‌نماید. بنابراین، ساختمان آزمایشگاه نباید در کنار محل‌های پر رفت و آمد خودروها، طبقات بالای مجتمع‌ها، پل‌ها و محل‌های پر ازدحام قرار داشته باشد، هم‌چنین دست شخص اندازه‌گیر نباید دچار لرزش باشد ضمناً میز کار باید کاملاً محکم باشد.

**۱۰- خطای کمانشی:** چنان‌چه قطعه کار بلند باشد و برای اندازه‌گیری آن نیاز به استقرار روی پایه باشد. باید موقعیت پایه‌ها را به گونه‌ای در نظر بگیریم که کمانش قطعه کار به حداقل اندازه برسد.

**۱۱- خطای اندازه‌گیر:** شخص اندازه‌گیر باید دانش، مهارت، دقت، تجربه، حوصله و بینایی مطلوب داشته باشد تا این عوامل باعث خطا در اندازه‌گیری نشوند.

**۱۲- خطای خواندن نادرست:** درست نخواندن اندازه باعث بروز خطا در مقدار اندازه می‌شود. بنابراین در قرائت اندازه‌ها باید دقت نمود عدد ۱۴/۲۵ را ۱۴/۲۰ یا ۵۲/۲۲ را ۵۲/۲۴ نخوانیم.

**۱۳- خطای ریاضی:** ممکن است در جمع و تفریق اعداد در اندازه‌گیری اشتباه رخ دهد که به این نوع خطا، خطای ریاضی گفته می‌شود.

**۱۴- حوزه مغناطیسی:** با توجه به این که وسایل اندازه‌گیری و قطعات کار عموماً فلزی و از جنس آهن هستند. چنانچه این مجموعه در حوزه مغناطیس قرار بگیرند احتمال مغناطیس شدن آن‌ها وجود دارد و ثانیاً وجود جاذبه مغناطیسی در حوزه اندازه‌گیری ممکن است باعث تغییر و افزایش فشار به وسیله و قطعه مورد اندازه‌گیری شود.

## **(ب) خطاهای اتفاقی**

هر نوع خطایی را که به صورت ناگهانی رخ بدهد «خطای اتفاقی» گویند، به عبارت دیگر خطاهایی که قابل پیش‌بینی هستند ولی قابل پیش‌گیری نیستند خطاهای اتفاقی گویند. بنابراین آنچه به صورت ناگهانی و اتفاقی در عملیات و فضای اندازه‌گیری رخ می‌دهد که در اندازه‌گیری تأثیر می‌گذارد و باعث خطا می‌گردد، خطای ناگهانی گفته می‌شود. خطاهای اتفاقی فراوانی ممکن است در اندازه‌گیری رخ دهد، از آن جمله:

**۱- ارتعاش ناگهانی:** ارتعاش پیش‌بینی نشده و ناگهانی باعث لرزش در سیستم اندازه‌گیری و در نتیجه باعث خطا می‌شود.

**۲- تغییر شرایط محیطی ناگهانی:** تغییر دما و رطوبت که در اثر خرابی سیستم دما و رطوبت رخ می‌دهد شرایط محیطی آزمایشگاه را برهم می‌زند.

**۳- جریان هوای ناگهانی:** در اندازه‌گیری‌های دقیق، جریان هوای ناگهانی به آشفتگی و جابه‌جایی ذرات معلق در هوا منجر شده و احتمال نشستن این ذرات معلق روی سطح کار و وسیله اندازه‌گیری وجود دارد که در نهایت باعث خطا می‌شود.

## **شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری ابعادی**

با توجه به انواع خطاهایی که در بالا بیان گردید، آزمایشگاه اندازه‌گیری باید از شرایط ویژه‌ای مطابق زیر برخوردار باشد:

### **شرایط ساختمانی**

- ۱- با توجه به نوع و حجم فعالیت و تجهیزات، مساحت مناسب انتخاب می‌شود.
- ۲- ساختمان آزمایشگاه باید به دور از هر گونه ازدحام و سرو صدا باشد.
- ۳- ساختمان آزمایشگاه باید به دور از محل کارگاه‌های سنگین و پرس و صدا باشد.
- ۴- در رنگ‌آمیزی آزمایشگاه باید از رنگ‌های روشن استفاده شود.
- ۵- در و پنجره‌های آزمایشگاه باید به‌طور کامل آب‌بندی شوند (استفاده از پنجره دوجداره)
- ۶- کف آزمایشگاه باید با مصالح سخت پوشیده شود (می‌توان از رزین اپوکسی سخت و یا سنگ‌های ساختمانی سخت استفاده نمود).

۷- ساختمان آزمایشگاه باید به دور از مواد رادیواکتیو باشد.

۸- ساختمان آزمایشگاه باید به دور از حوزه مغناطیسی باشد.

### **شرایط محیطی**

۱- دمای آزمایشگاه مترولوژی  $2 \pm 2^\circ$  درجه سانتی‌گراد، با تغییرات ۱ درجه سانتی‌گراد در ساعت؛

۲- دمای آزمایشگاه کالیبراسیون  $1 \pm 2^\circ$  درجه سانتی‌گراد، با تغییرات ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در ساعت؛

- ۳- رطوبت نسبی ۳۵ تا ۵۵ درصد؛
- ۴- فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه؛
- ۵- نور به اندازه کافی و بدون ایجاد سایه در روی میز کار. ضمناً باید از نور سرد استفاده کرد؛
- ۶- صدا کم‌تر از ۷۵ db؛
- ۷- ماکزیم لرزش  $g = 9/81 \frac{m}{S^2}$ ؛ (۰/۰۰۳)؛
- ۸- پیش‌بینی سیستمی جهت ثبت دما و رطوبت به صورت شبانه‌روزی؛
- ۹- نصب سیستمی جهت تأمین سرمایش و گرمایش، به صورت اتوماتیک؛
- ۱۰- نصب سیستمی جهت تأمین رطوبت، به صورت اتوماتیک.

### اصول کلی استفاده و نگهداری وسایل اندازه‌گیری:

- ۱- قبل از استفاده از وسایل اندازه‌گیری باید با طرز کار آن‌ها کاملاً آشنا شد.
- ۲- از وسایلی که با آن‌ها آشنایی ندارید استفاده نکنید.
- ۳- از دست‌کاری و تعمیر وسایل اندازه‌گیری، چنان‌چه از آن اطلاع دقیق ندارید و فاقد مهارت لازم هستید خودداری کنید.
- ۴- وسایل اندازه‌گیری را باید همیشه تمیز نگهداری نمود.
- ۵- وسایل اندازه‌گیری را باید در جعبه و محافظ مخصوص بایگانی و نگهداری نمود.
- ۶- شرایط محیطی نگهداری وسایل اندازه‌گیری باید استاندارد باشد.
- ۷- متعلقات وسایل اندازه‌گیری همیشه همراه آن‌ها باشد و هیچ‌وقت آن‌ها را از هم جدا نکنید.
- ۸- در هنگام بایگانی وسایل، آن‌ها کاملاً بسته و روی صفر تنظیم شوند و بیچ قفل آن‌ها نیز سفت باشد. (مماس و بدون ایجاد فشار).
- ۹- وسایل اندازه‌گیری با قطعات کار مخلوط نشوند.
- ۱۰- وسایل اندازه‌گیری در آزمایشگاه برحسب نوع کاربرد و دقتشان مرتب و نگهداری شوند.

**« در آزمایشگاه اندازه‌گیری همه چیز باید مرتب و در محل مربوطه قرار داشته باشد. »**







- ۱- چهارصدوسی و پنج سانتی متر، چند میلی متر و چند میکرون متر است؟
- ۲- سی و دو نیم میکرون متر، چند میلی متر و چند آنگسترم است؟
- ۳- هشتاد و چهار میکرون چند نانو متر و چند پیکومتر است؟
- ۴- دو بیست و شصت و سه یارد، چند فوت و چند اینچ است؟
- ۵- دو بیست و چهل و هشت و نیم فوت، چند یارد و چند اینچ است؟
- ۶- چهل اینچ چند فوت و چند یارد است؟
- ۷- یکصد و بیست و هشت اینچ، چند میلی متر است؟
- ۸- یکصد و چهل و دو یارد، چند میلی متر و چند نانو متر است؟
- ۹- یکصد و چهل و شش یارد، چند فوت، چند اینچ، چند سانتی متر و چند میلی متر است؟
- ۱۰-  $۶۸/۴۴$  سانتی متر چند میلی متر، چند میکرون متر و چند اینچ است؟
- ۱۱-  $۲۸/۳۷$  فوت چند یارد و چند میلی متر است؟
- ۱۲-  $(۱, \frac{۳}{۱۶}, \frac{۵}{۱۲۸})$  اینچ چند میلی متر است؟
- ۱۳- یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $\frac{۱}{۱۲۸}$  اینچ و  $۰/۵$  میلی متر مقدار  $(\frac{۷}{۱۲۸}, \frac{۵}{۱۶}, ۲)$  اینچ را نشان می‌دهد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی متر نشان می‌دهد.
- ۱۴- اولاً مقدار  $۲۸۵$  میلی متر چند اینچ است؟ ثانیاً این مقدار را به صورت ترکیبی از عدد صحیح و کسره‌های  $\frac{۱}{۱۶}, \frac{۱}{۳۲}, \frac{۱}{۶۴}, \frac{۱}{۱۲۸}$  نمایش دهید. چنانچه مقداری از عدد در هر حالت نادیده گرفته می‌شود، این مقدار چه قدر است و علت آن چیست؟
- ۱۵- اولاً مقدار  $۵۳/۴۲$  میلی متر چند اینچ است؟ ثانیاً این مقدار را به صورت ترکیبی از عدد صحیح و دو کسر  $\frac{۱}{۱۲۸}, \frac{۱}{۱۶}$  نمایش دهید. چنانچه مقداری از عدد در آنها نادیده گرفته می‌شود، چه مقدار است؟ و علت آن چیست؟
- ۱۶- سی و چهار درجه و ده دقیقه، چند دقیقه است؟
- ۱۷- شش صد و هفتاد و هشت دقیقه، چند درجه است؟
- ۱۸- دو بیست و پنجاه و چهار ثانیه، چند دقیقه و چند درجه است؟
- ۱۹- حاصل جمع (چهل و سه درجه و بیست دقیقه) و (سی درجه و پنجاه و هشت دقیقه) چه قدر است؟
- ۲۰- بیست و چهار درجه و چهل و شش دقیقه چند رادیان است؟
- ۲۱- یک صدوسی و نه رادیان چند (درجه، دقیقه و ثانیه) می‌شود؟
- ۲۲- چهار صد و شصت و چهار درجه چند رادیان و چند گراد است؟
- ۲۳- زاویه سنجی مقدار یک زاویه را  $۱۰۹$  درجه و  $۴۸$  دقیقه نشان می‌دهد. مقدار زاویه بر حسب دقیقه و ثانیه چه قدر است؟



- ۲۴- کولیس ورنیه ارتفاع سنج مقدار  $(\frac{13}{1000}, \frac{23}{400}, 1)$  اینچ را نشان می‌دهد. چنانچه این کولیس دارای تقسیم‌بندی  $0.02$  میلی‌متر نیز باشد قاعدتاً قسمت میلی‌متری آن باید چه عددی را نشان دهد؟
- ۲۵- بیست و چهار گراد، چند رادیان و چند درجه و چند دقیقه است؟
- ۲۶- حاصل عبارت  $A+B-C$  چه قدر است در صورتی که...
- A :  $40$  درجه و  $28$  دقیقه
- B :  $15$  درجه و  $43$  دقیقه
- C :  $20$  درجه و  $55$  دقیقه
- ۲۷- میکرومتر اینچی مقدار  $2/6365$  اینچ را نشان می‌دهد. معادل میلی‌متری آن روی میکرومتر با تقسیمات  $0.001$  میلی‌متر چه قدر است؟
- ۲۸- چنانچه ساعت شروع کلاس اندازه‌گیری هشت صبح باشد و خطای مجازی در حدود  $\pm 5$  دقیقه برای ورود هنرجویان در نظر گرفته شود وضعیت دقت و درستی آمدن هنرجویان به کلاس را در پنج حالت زیر مشخص کنید.
- الف) همهٔ هنرجویان پنج دقیقه مانده به ساعت هشت در کلاس حاضر می‌شوند.
- ب) همهٔ هنرجویان هشت و پنج دقیقه در کلاس حاضر می‌شوند.
- ج) همهٔ هنرجویان رأس ساعت هشت در کلاس حاضر می‌شوند.
- د) هنرجویان از ده دقیقه به هشت تا هشت و پانزده دقیقه در کلاس حاضر می‌شوند.
- ه) همهٔ دانشجویان یک ربع مانده به هشت در کلاس حاضرند.

