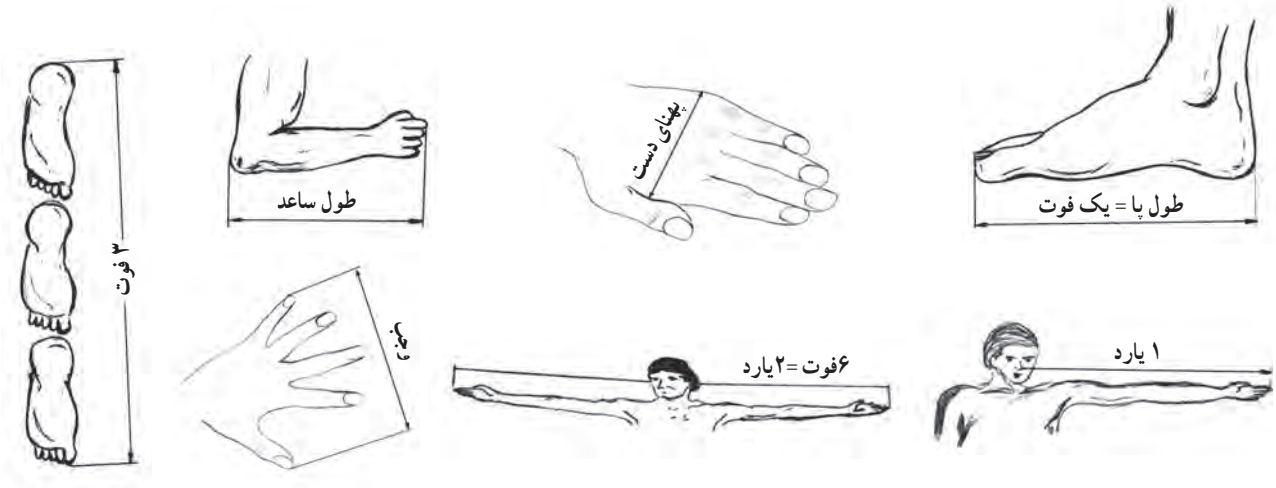
تاریخچهٔ اندازه‌گیری

به‌طور کلی اندازه‌گیری قِدمتی 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 اندازه‌گیری طول از ابزارهای قابل دسترس، که طبعاً این وسایل می‌توانند اعضای بدن انسان باشند، استفاده می‌نموده است. از آن جمله از طول پا، قدم، وجب، پهنای چهار انگشت، فاصلهٔ نُک انگشت وسط تا آرنج، فاصله نُک بینی تا سر انگشت دست و... استفاده می‌شده است . معمولاً مقدار شاخص‌های فوق براساس طول اعضای بدن پادشاهان و حاکمان انتخاب می‌شده، که با تغییر حکومت‌ها در اثر جنگ‌ها و سایر عوامل و ایجاد پادشاهی‌ها و حکومت‌های جدید، نوع شاخص‌ها و مقدار آن‌ها تغییر می‌یافته است. هم‌چنین، با توجه به توسعه و گوناگونی جمعیت‌ها وکشورها، واحدهای اندازه‌گیری طول ثابت نمانده و متعدد شده‌اند، که این موضوع در ارتباط بین قومیت‌ها و ملیت‌ها ایجاد مشکل کرده است. تصاویر زیر، نمونه‌هایی از شاخص‌های اندازه‌گیری طول را نشان می‌دهد (شکل ۱ــ۱).



شکل ۱ــ۱ــ نمونه‌هایی از شاخص‌های اندازه‌گیری طول

دستگاه یکاهای اندازه‌گیری (سیستم‌های اندازه‌گیری)

دستگاه یکاهای متریک (سیستم متریک) : این دستگاه از متداول‌ترین دستگاه‌های اندازه‌گیری است که اکثر کشورهای دنیا از آن استفاده می کنند . مشخصهٔ بارز این سیستم ده‌دهی بودن آن است، به این معنی که در تبدیل واحدها هیچ مقداری از بین نمی‌رود و اشتباهات آن نیز کم‌تر است و نمایش آن می‌تواند به صورت خطی باشد، نه کسری و چنان‌چه کسری باشد مخرج آن به صورت مضرب عدد ده نوشته می‌شود. هم‌چنین دقت تجهیزات اندازه‌گیری با یکاهای متریک نسبت به یکاهای انگلیسی نیز بالاتر است. برای مثال، دقت کولیس‌های ورنیه‌دار اینچی به ۰/۰۰۱ inch می‌رسد، که معادل ۰/۰۲۵۴ mm می‌شود، در حالی که دقت کولیس‌های ورنیه‌دار میلی‌متری به ۰/۰۲ mm می‌رسد. این سیستم (متریک)، با توجه به گسترش و فراگیریش در دنیا، به نام دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) معروف شده است.

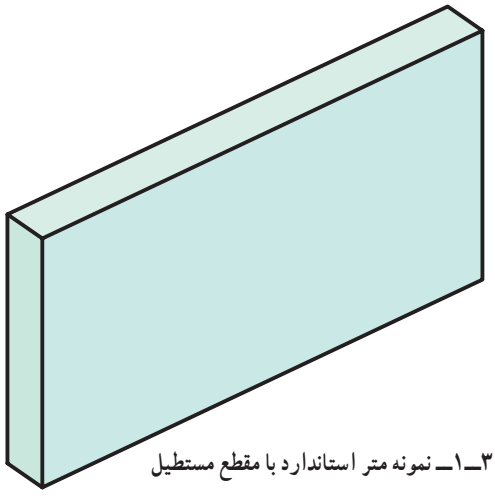
واحد اصلی طول در دستگاه یکاهای متریک، متر است که با مضرب ده قابل تبدیل به یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر است.

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 نصف‌النهار کره زمین که از پاریس می‌گذشت تعریف شد.

شکل ۲ــ۱ــ متر استاندارد

➢ بر این اساس $\frac{۱}{۴۰,۰۰۰,۰۰۰}$ طول نصف‌النهار کرهٔ زمین، که از پاریس می‌گذشت به عنوان متر استاندارد شناخته شد (شکل ۲ــ۱).



شکل ۳ــ۱ــ 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 (۴×۲۵ mm) ساخته شد (شکل ۳ــ۱)».

شکل ۴ــ۱ــ 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 مبنا شناخته شد و در اولین کنفرانس اوزان و مقادیر مورد تصویب قرار گرفت. متر مبنا هنوز هم در موزهٔ لوور فرانسه نگه‌داری می‌شود (شکل ۴ــ۱)».

۱ـ 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 ($\frac{۱}{۲۹۹,۷۹۲,۴۵۸}$) طی می‌نماید.

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

جدول ۱ــ۱ ــ واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک

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

دستگاه یکاهای انگلیسی (سیستم انگلیسی): این دستگاه که به نام سیستم اینچی نیز معروف است در کشورهای اروپایی، آمریکایی و کشورهایی که از تجهیزات با سیستم اندازه‌گیری اینچی استفاده می‌نمایند کاربرد دارد. در خصوص مبنای طول در این دستگاه گفتنی است :

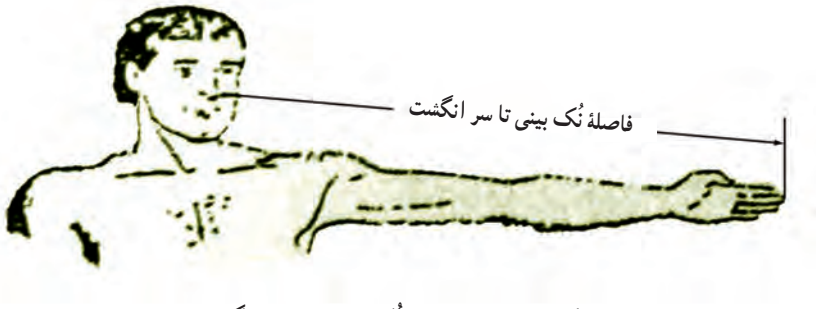
۱ــ حدود سال ۱۳۵۰ میلادی ادوارد اول پادشاه انگلیس طول استخوان زیرین ساعد (ULNA) خود را به عنوان واحد اندازه‌گیری طول معرفی نمود. «بر این اساس یک اُولنا عبارت است از طول ساعد ادوارد اول پادشاه انگلیس». واحد بزرگ‌تر اولنا، پِرچ است و هر پِرچ معادل پنج‌ونیم اولناست (شکل ۵ــ۱).

۲ــ در قرن سیزدهم میلادی هِنری اول پادشاه انگلستان طول پای خود را به عنوان یک فوت برای اندازه‌گیری طول معرفی نمود (شکل۶ــ۱).

شکل ۵ــ۱ــ طول ساعد انسان

شکل ۶ــ۱ــ طول پا

هم‌چنین فاصلهٔ نُک بینی تا سر انگشت دست خود را نیز به‌عنوان یارد استاندارد اعلام نمود (شکل ۷ــ۱).



شکل ۷ ــ۱ــ فاصلهٔ نُک بینی تا سر انگشت

۲ـ آخرین تعریف یارد استاندارد: در سال ۱۹۶۰ میلادی در آمریکا هر یارد معادل $\frac{۳۶۰۰}{۳۹۳۷} = ۰/۹۱۴۴$ متر استاندارد تعریف شد. بـه‌عبارتـی تعریف بنیادین بـرای یـارد استاندارد بـراساس متر استانـدارد مـی‌بـاشد (۱Yard ≅ ۹۱/۴۴). جدول (۲ــ۱) واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر از یارد را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۱ــ واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای انگلیسی (اینچی)

ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (Yard)
۱	اینچ	in	Inch	$\frac{۱}{۳۶}$Yard
۲	فوت	ft	Foot	$\frac{۱}{۳}$Yard
۳	یارد	yd	Yard	۱Yard
۴	مایل	ml	Mile	۱۷۶۰Yard

توجه:

۱ــ ضرائب تبدیل یکاهای دستگاه یکاهای انگلیسی به دستگاه بین‌المللی یکاها

$1yd = 3ft = 36in = 91/44\ cm$

$1ft = 12in = 30/48\ cm = 304/8\ mm$

$1in = 2/54\ cm = 25/4\ mm$

۲ــ اجزای اینچ $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \frac{1}{128}$

و هم‌چنین : $\frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{10000}$

واحدهای اندازه‌گیری زاویه

برای اندازه‌گیری زوایا در دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی از واحدهای زیر استفاده می‌شود :

جدول ۳ــ۱ــ واحدهای اندازه‌گیری 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	۰/۰۱۷
۵	گراد	G	Grad	۱/۱۱۱
نسبت‌های تبدیل :				$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} = \frac{G}{400}$

در جدول فوق :

D = مقدار زاویه برحسب درجه

R = مقدار زاویه برحسب رادیان

G = مقدار زاویه برحسب گراد

اصول و مفاهیم پایه

کمیّت: به هر چیز که قابل افزایش و کاهش باشد و نیز بتوان تساوی میان دو مقدار از آن را به دقت بیان کرد «کمیّت‌فیزیکی» گویند.

کمیّت پایه / اصلی: به کمیّتی که به صورت مستقل از سایر کمیّت‌ها در یک دستگاه کمیّت قرار داشته باشد «کمیّت‌پایه» یا «کمیّت‌اصلی» گویند، مانند کمیّت‌طول، کمیّت جرم، کمیّت‌زمان و... .

کمیّت فرعی: کمیّتی است که بر مبنای کمیّت‌های پایه تعریف می‌شود، مانند کمیّت سرعت، کمیّت نیرو، کمیّت شتاب و ...

کمیّت تأثیرگذار: در اندازه‌گیری کمیّت‌ها برخی کمیّت‌های دیگر روی کمیّت مورد اندازه‌گیری اثر می‌گذارد در حالی که خود مورد اندازه‌گیری قرار نمی‌گیرند. مانند کمیّت دما در اندازه‌گیری کمیّت طول. به‌عنوان مثال طول یک میلهٔ فولادی در دمای ۲۰ درجه با طول همان میله در دمای ۳۰درجه تفاوت دارد.

یکای اندازه‌گیری (واحد اندازه‌گیری): مقیاسی است برای سنجش کمیّت‌ها 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 کمیّت‌ها: به مجموعه‌ای از کمیّت‌ها به مفهوم عام که میان آن‌ها رابطهٔ تعریف شده‌ای وجود دارد، «دستگاه کمیّت‌ها»گویند. مانند دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، دستگاه یکاهای انگلیسی (FPS)

جدول ۴ــ۱ــ یکاهای پایه

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

دستگاه بین‌المللی یکاها (SI): این دستگاه براساس هفت یکای پایه مطابق (جدول ۴ــ۱) تدوین شده است.

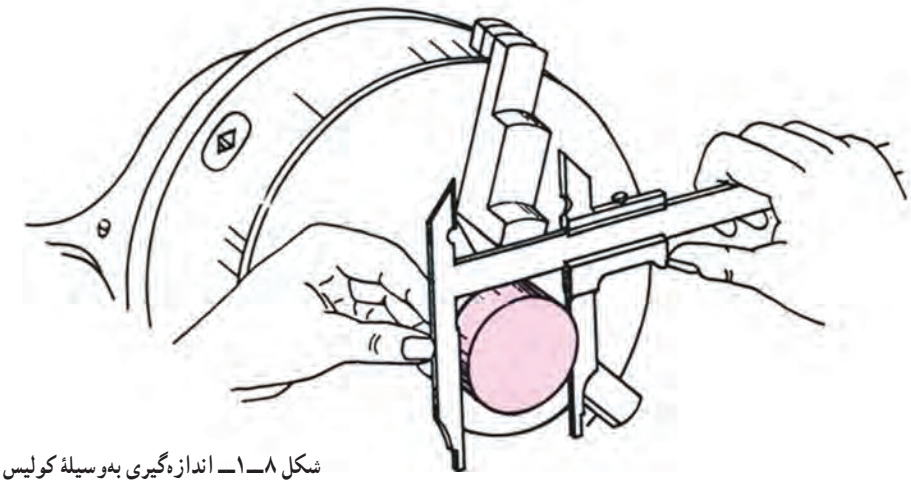
جدول ۵ــ۱ــ یکاهای فرعی

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

برخی از یکاهای فرعی و نمادهای ویژهٔ آن‌ها در سیستم بین‌المللی در جدول ۵ــ۱ آمده است :

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

اندازه‌گیری : به مجموعه عملیاتی که انجام می‌شود تا اندازهٔ یک کمیّت فیزیکی براساس یکی از یکاهای قانونی تعیین شود، اندازه‌گیری گویند، مانند اندازه‌گیری به وسیله کولیس (شکل۸ــ۱).



شکل ۸ــ۱ــ اندازه‌گیری به‌وسیلهٔ کولیس

وسیلهٔ اندازه‌گیری : به وسیله‌ای که برای انجام اندازه‌گیری یا اندازه‌گیری‌های مشخص به‌کار می‌رود، «وسیلهٔ اندازه‌گیری» گویند، مانند خط‌کش، کولیس، میکرو متر و... (شکل۹ــ۱).

شکل ۹ ــ۱ــ صفحهٔ خط‌کش تخت

استاندارد وسایل اندازه‌گیری : وسایل اندازه‌گیری جزءِ تجهیزات استاندارد شده می‌باشند و براساس استانداردهای بین‌المللی یا ملی طراحی، ساخته و آزمایش می‌شوند. این استانداردها راهنمایی برای مشخصات، قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، جنس، روش‌های درجه‌بندی، مقدار خطاهای مجاز، اندازهٔ اجزا، روش ساخت، اندازه‌گیری و کالیبراسیون می‌باشند. به‌عنوان مثال : استاندارد ISIRI ۱۹۸۰ مخصوص کولیس ورنیه ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌متر و استاندارد ISO ۸۵۱۲ــ۱, ISO ۸۵۱۲ــ۲ مخصوص صفحه صافی‌ها و استاندارد.

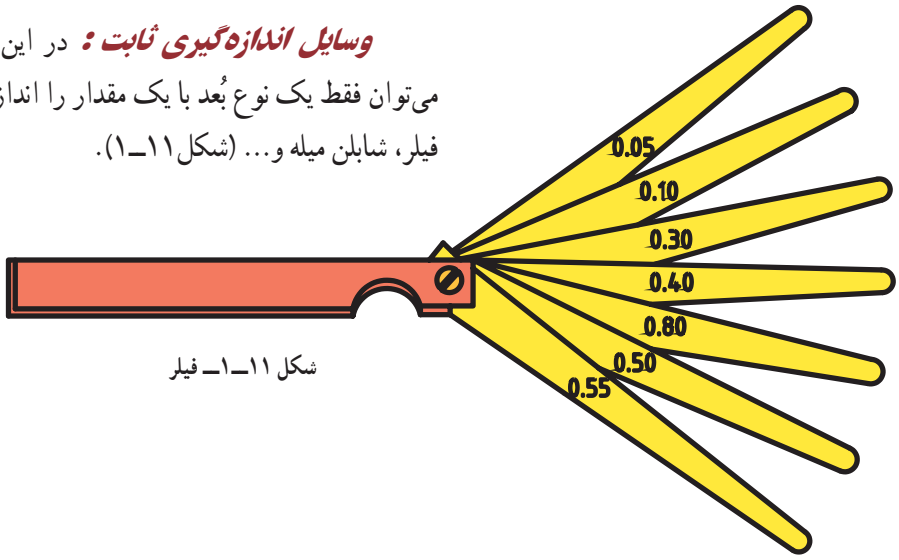
DIN ۸۷۵ : مخصوص گونیاها است.

وسایل اندازه‌گیری به دو دستهٔ 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 ... (شکل۱۰ــ۱).

شکل ۱۰ــ۱ــ 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 ۱۱ــ۱).



شکل ۱۱ــ۱ــ فیلر

شکل ۱۲ــ۱ــ فرمان دهان دوسر

کنترل : به عملیاتی که به منظور بررسی و مقایسه ابعادی یک قطعه به وسیلهٔ ابزار مربوطه انجام می‌شود، «کنترل ابعادی» گویند. مانند کنترل به وسیلهٔ انواع فرمان (شکل ۱۲ــ۱).

توجه : بعضی از تجهیزات اندازه‌گیری ابعادی مانند ترازها، هم وسیله اندازه‌گیری و هم وسیله کنترل می‌باشند.

جدول ۶ــ۱ دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری را نشان می دهد.

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

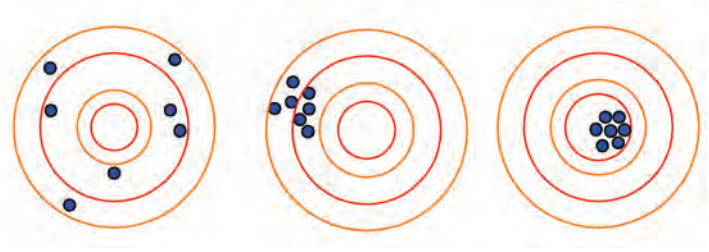
دقت : به نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به یک‌دیگر «دقت» گویند.

درستی یا صحت : به نزدیکی خروجی‌های یک وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت به (مقدار واقعی)، «درستی» یا «صحت» گویند.

مفهوم دقت و صحت را می‌توان در عمل تیراندازی بهتر درک نمود. (شکل ۱۳ــ۱).

شکل ۱۳ــ۱

در عمل تیراندازی چنان‌چه همهٔ 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 (شکل۱۴ــ۱).



شکل ۱۴ــ۱ــ نمایش دقت و درستی

مثال

در کنترل چهار میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری (۲۵ــ۰) میلی‌متر و خطای مجاز ۰/۰۱ میلی‌متر به‌وسیلهٔ مرجع(بلوک‌سنجه) به ضخامت ۲۰ میلی‌متر اندازه‌هایی مطابق جدول زیر به دست آمده است. وضعیت این میکرومترها به لحاظ دقت و درستی چگونه است؟

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

جواب:

با توجه به مثال فوق:

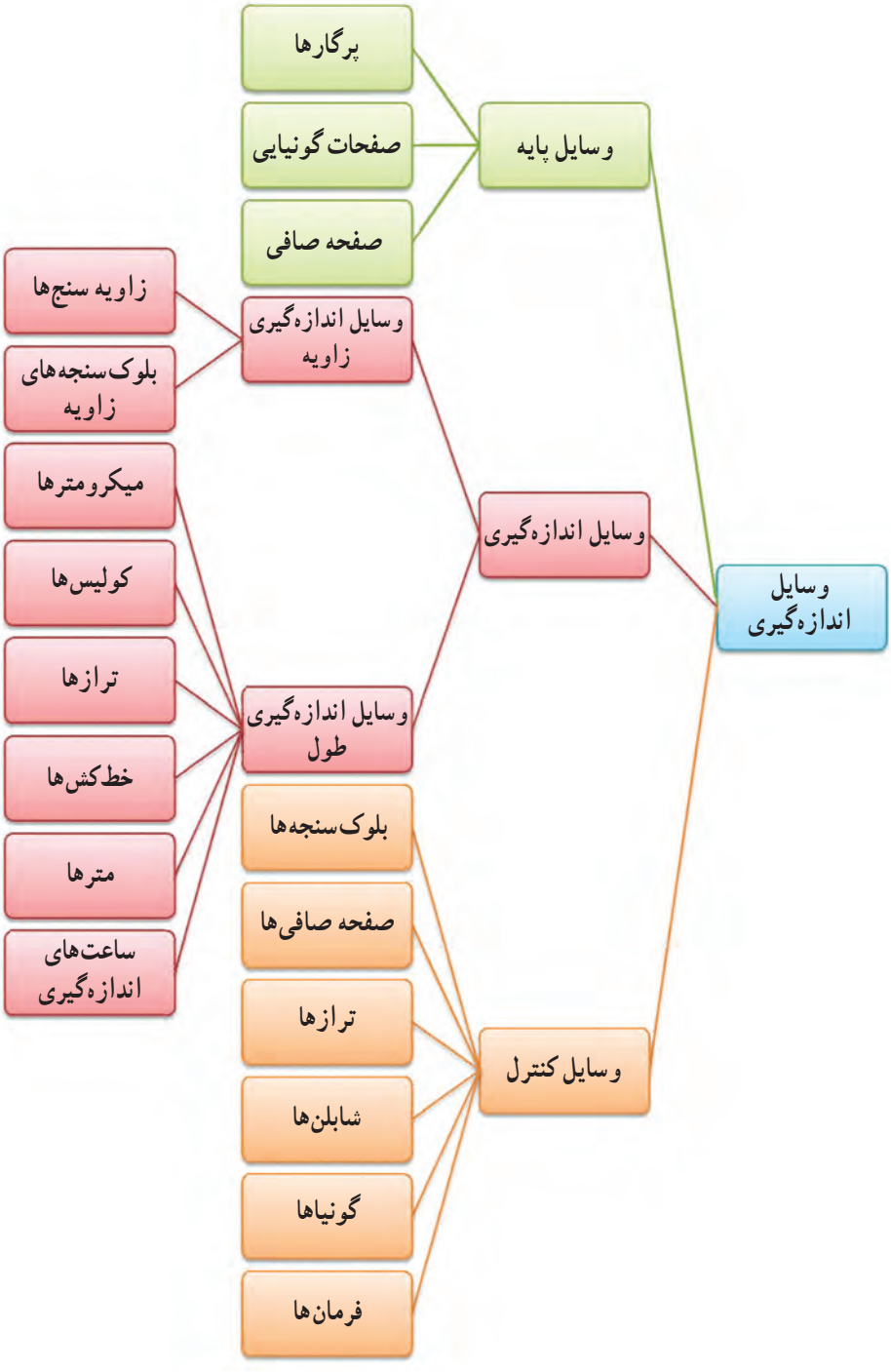
۱ــ میکرومتر ۱ دقت ندارد، درستی ندارد.

۲ــ میکرومتر ۲ دقت دارد، درستی ندارد.

۳ــ میکرومتر ۳ دقت دارد، درستی دارد.

۴ــ میکرومتر ۴ دقت دارد، درستی دارد.

جدول ۶ ــ ۱ــ دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری



شکل ۱۵ــ۱ــ میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری (۵۰ــ۲۵) میلی‌متر

گسترهٔ نامی: به حد فاصل بین حداقل اندازه تا حداکثر اندازه‌ای که یک وسیلهٔ اندازه‌گیری می‌تواند مشخص کند، «گسترهٔ نامی» یا «گسترهٔ اندازه‌گیری» و یا «دامنهٔ اندازه‌گیری» گویند. برای مثال، کولیس (۱۵۰ــ۰) می‌تواند حداکثر تا اندازه ۱۵۰ میلی‌متر را اندازه‌گیری نماید. هم‌چنین میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری (۷۵ــ۵۰) می‌تواند ابعاد بین ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر را اندازه بگیرد (شکل۱۵ــ۱).

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... (شکل۱۶ــ۱).

شکل ۱۶ــ۱ــ بلوک سنجهٔ 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 ۰/۰۱ mm، میکرومتر ۰/۰۱ mm. از این وسایل می‌توان در کارگاه ساخت، عملیات بازرسی و هم در آزمایشگاه اندازه‌گیری استفاده نموده و مشخصهٔ دقتی آن‌ها همان قابلیت تفکیک است، لیکن بعضی از وسایل، از جمله گونیاها و بلوک سنجه‌ها، 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 بلوک‌سنجهٔ طول با ردهٔ (۳) دارای پایین‌ترین سطح دقت در سری بلوک‌سنجه‌های طول می‌باشند (شکل ۱۷ــ۱).

شکل ۱۷ــ۱ــ بلوک سنجهٔ 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 نتیجهٔ 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.

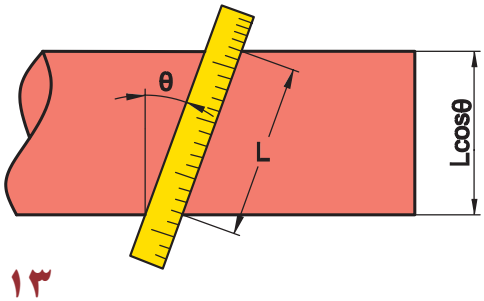
خطاها به صورت‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند، از آن جمله :

الف) خطاهای روشمند

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

۱ـ 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.

۲ـ خطای مثلثاتی (خطای کسینوسی) : در اثر عدم انطباق محوری کار با ابزار خطای مثلثاتی یا کسینوسی ایجاد می‌شود (عمود نبودن بُعد مورد اندازه‌گیری برفک‌های وسیلهٔ اندازه‌گیری) (شکل ۱۸ــ۱).



شکل ۱۸ــ۱ــ خطای مثلثاتی (کسینوسی)

۳ـ 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 فکه بسیار مناسب‌تر از میکرومتر دونقطه و یا انتقال اندازه به روی میکرومتر اندازه‌گیر خارج به کمک اندازه‌گیر تلسکوپی است.

۴ـ 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.

۵ـ آلودگی : از جمله خطاهای متداول در اندازه‌گیری آلودگی است که چون بُعد دارد نتیجهٔ 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 اندازهٔ 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.

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

۷ـ رطوبت : رطوبت، علاوه براین‌که موجب زنگ زدگی قطعات و وسایل می‌شود. دارای بُعد است و در مقدار اندازه ایجاد خطا می‌نماید.

۸ـ 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. (شکل۱۹ـ۱)

شکل۱۹ـ۱ـ خطای دید در اندازه‌گیری

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

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

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

۱۲ـ 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.

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

۱۴ـ حوزهٔ 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 جاذبهٔ مغناطیسی در حوزهٔ اندازه‌گیری ممکن است باعث تغییر و افزایش فشار به وسیله و قطعهٔ مورد اندازه‌گیری شود.

ب) خطاهای اتفاقی

هر نوع خطایی را که به‌صورت ناگهانی رخ بدهد «خطای اتفاقی» گویند، به عبارت دیگر خطاهایی که قابل پیش‌بینی هستند ولی قابل پیش‌گیری نیستند خطاهای اتفاقی گویند. بنابراین آن‌چه به‌صورت 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 :

۱ـ ارتعاش ناگهانی: ارتعاش پیش‌بینی نشده و ناگهانی باعث لرزش در سیستم اندازه‌گیری و درنتیجه باعث خطا می‌شود.

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

۳ـ 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 وسیلهٔ 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

۱ــ با توجه به نوع و حجم فعالیت و تجهیزات، مساحت مناسب انتخاب می‌شود.

۲ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از هر گونه ازدحام و سرو صدا باشد.

۳ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از محل کارگاه‌های سنگین و پر سر و صدا باشد.

۴ــ در رنگ‌آمیزی آزمایشگاه باید از رنگ‌های روشن استفاده شود.

۵ــ در و پنجره‌های آزمایشگاه باید به‌طور کامل آب‌بندی شوند (استفاده از پنجرهٔ دوجداره)

۶ــ کف آزمایشگاه باید با مصالح سخت پوشیده شود (می‌توان از رزین اپوکسی سخت و یا سنگ‌های ساختمانی سخت استفاده نمود).

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

۸ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از حوزهٔ مغناطیسی باشد.

شرایط محیطی

۱ــ دمای آزمایشگاه مترولوژی ۲۰ ± ۲ درجهٔ سانتی‌گراد، با تغییرات ۱ درجهٔ سانتی‌گراد در ساعت ؛

۲ــ دمای آزمایشگاه کالیبراسیون ۲۰ ± ۱ درجهٔ سانتی‌گراد، با تغییرات ۰/۵ درجهٔ سانتی‌گراد در ساعت ؛

۳ــ رطوبت نسبی ۳۵ تا ۵۵ درصد ؛

۴ــ فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه ؛

۵ــ نور به اندازهٔ کافی و بدون ایجاد سایه در روی میز کار. ضمناً باید از نور سرد استفاده کرد ؛

۶ــ صدا کم‌تر از db ۷۵؛

۷ــ ماکزیمم لرزش g ۰/۰۰۳ ؛ $(g = ۹/۸۱ \frac{m}{S^۲})$

۸ــ پیش‌بینی سیستمی جهت ثبت دما و رطوبت به صورت شبانه‌روزی؛

۹ــ نصب سیستمی جهت تأمین سرمایش و گرمایش، به صورت اتوماتیک؛

۱۰ــ نصب سیستمی جهت تأمین رطوبت، به صورت اتوماتیک.

اصول کلی استفاده و نگه‌داری وسایل اندازه‌گیری :

۱ــ قبل از استفاده از وسایل اندازه‌گیری باید با طرز کار آن‌ها کاملاً آشنا شد.

۲ــ از وسایلی که با آن‌ها آشنایی ندارید استفاده نکنید.

۳ــ از دست‌کاری و تعمیر وسایل اندازه‌گیری، چنان‌چه از آن اطلاع دقیق ندارید و فاقد مهارت لازم هستید خودداری کنید.

۴ــ وسایل اندازه‌گیری را باید همیشه تمیز نگه‌داری نمود.

۵ــ وسایل اندازه‌گیری را باید در جعبه و محافظ مخصوص بایگانی و نگه‌داری نمود.

۶ــ شرایط محیطی نگه‌داری وسایل اندازه‌گیری باید استاندارد باشد.

۷ــ متعلقات وسایل اندازه‌گیری همیشه همراه آن‌ها باشد و هیچ‌وقت آن‌ها را از هم جدا نکنید.

۸ــ در هنگام بایگانی وسایل، آن‌ها کاملاً بسته و روی صفر تنظیم شوند و پیچ قفل آن‌ها نیز سفت باشد. (مماس و بدون ایجاد فشار).

۹ــ وسایل اندازه‌گیری با قطعات کار مخلوط نشوند.

۱۰ــ 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. »