# فصل اول

## « اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه‌گیری »

**استاندارد (Standard)**

استاندارد نظمی است مبتنی بر نتایج استقرار علوم فنون و تجارب بشری در رشته‌ای از فعالیت‌های عمومی که به صورت مقررات، نظامنامه و قواعد به منظور ایجاد هماهنگی و وحدت، توسعهٔ تفاهم، تسهیل ارتباطات، صرفه‌جویی کلی در اقتصاد ملی، حفظ سلامت و ایمنی عمومی و گسترش مبادلات بازرگانی داخلی و خارجی به کار می‌رود. به طور خلاصه استاندارد را می‌توان چنین تعریف کرد:

**" استاندارد یعنی پیدا کردن مشخصه‌هایی برای همگن کردن نوع تولید "**

**کیفیت (Quality)**

سازمان بین‌المللی استاندارد ISO (International Standard Organization) ، کیفیت را به صورت زیر تعریف کرده است:

**" توانایی مجوعه‌ای از ویژگی‌های ذاتی یک محصول، سیستم یا فرآیند در برآورده کردن نیازمندی‌ها "**

**کمیت**

خصیصهٔ ذاتی یک پدیده؛ جسم یا ماده که بتوان بطور کیفی تشخیص داد و بطور کمّی تعیین کرد. مانند: طول، زمان، جرم، جریان الکتریکی، دما، مقدار ماده و شدت روشنایی.

**مترولوژی (Metrology)**

مترولوژی یا علم اندازه‌گیری دانشی است که راجع به اندازه‌گیری و کنترل ابعاد، زوایا و کیفیت قطعات صنعتی بحث می‌کند.

**اندازه‌گیری (Measurment)**

اندازه‌گیری عبارت است از مقایسه کمیتی با واحد مقرر قانونی توسط ابزار مربوطه (وسیله اندازه‌گیری). به عبارت دیگر اندازه‌گیری به مجموعه اعمالی گفته می‌شود که به منظور تعیین اندازهٔ یک کمیت فیزیکی بکار می‌رود و ممکن است به صورت خودکار یا نیمه خودکار صورت گیرند.

**★ در استفاده از وسایل اندازه‌گیری بایستی تعاریف زیر مورد ارزیابی قرار گیرد:**

## ویژگی‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری

**صحت (Accuracy)**

صحت تفاوت یکسری اندازه‌گیری‌ها و مقدار واقعی می‌باشد. در حقیقت، صحت (درستی) به نزدیکی خروجی‌های یک وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت به مبدأ مورد نظر (مقدار واقعی) اطلاق می‌گردد.

**دقت (Precision)**

دقت مقدار پراکنش در اطراف میانگین می‌باشد. به عبارت دیگر، دقت نزدیکی خروجی‌های یک سیستم نسبت به یکدیگر است. لازم به توضیح است که دقت زیاد به مفهوم درستی بالای اندازه‌گیری نیست.

**مثال۱: نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر، چه نام دارد؟**

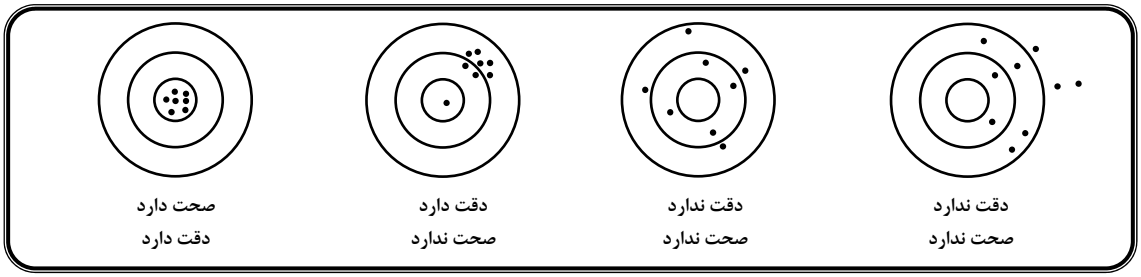
۱) صحت ۲) دقت ۳) خطا ۴) حساسیت

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» به نزدیکی خروجی‌های یک وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر، دقت (Precision) گویند.

www.modaresanesharif.ac.ir

**گرایش (Biad)**

گرایش معرف خطای ثابتی است که در کل گسترهٔ اندازه‌گیری وسیلهٔ اندازه‌گیری وجود دارد. این خطا معمولاً از طریق تنظیم قابل رفع است. مفهوم دقت و صحت را می‌توان در عمل تیراندازی بهتر درک نمود. در اشکال زیر چنانچه همهٔ تیرها در محدودهٔ خال وسط قرار گیرند تیرانداز از دقت و صحت لازم در عمل تیراندازی برخوردار است و اگر تیرها به یک محل به غیر از خال وسط اصابت نمایند، تیرانداز دقت داشته ولی فاقد صحت بوده و در صورتی که تیرها به صورت پراکنده در محل‌های مختلف قرار گیرند، تیرانداز از دقت و درستی برخوردار نمی‌باشد.




**خطا (Error)**

هرگاه $T$ اندازهٔ واقعی و $I$ اندازهٔ خوانده شده توسط وسیله اندازه‌گیری باشد انواع خطاها را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

خطای نسبی RELATIVE ERROR

$$e_r = \frac{I-T}{T}$$

خطای مطلق ABSOUTE ERROR

$$e_a = I - T$$

درصد خطای نسبی % RELATIVE ERROR

$$\%\, e_r = \frac{I-T}{T} \times ۱۰۰$$

**مثال۲: اگر وزنه‌ای به مقدار ۱۰ کیلوگرم علامت‌گذاری شده باشد اما مقدار اندازه گرفته شدهٔ آن ۱۰/۰۸ کیلوگرم باشد؛ خطای مطلق، خطای نسبی و درصد خطای نسبی آن چقدر است؟**

☑ **پاسخ:**

خطای مطلق $e_a = I - T = ۱۰/۰۸ - ۱۰ = ۰/۰۸\,kg$

خطای نسبی $e_r = \frac{I-T}{T} = \frac{۱۰/۰۸-۱۰}{۱۰} = ۰/۰۰۸$ (واحد ندارد)

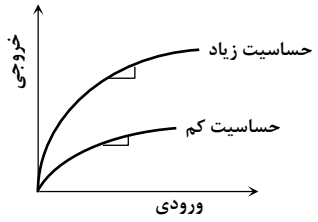
درصد خطای نسبی $\%e_r = \left(\frac{۱۰/۰۸-۱۰}{۱۰}\right) \times ۱۰۰ = \%۰/۸$

**توجه : ضریب تصحیح (Correction Factor) برابر است با اندازهٔ واقعی منهای اندازهٔ خوانده شده:**

$$C = T - I$$

**حساسیت (Sensitivity)**

شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی را حساسیت گویند. به عبارت دیگر میزان تغییر در خروجی وسیله‌ی اندازه‌گیری را حساسیت دستگاه اندازه‌گیری می‌نامند و هنگامی به وجود می‌آید که کمیت مورد اندازه‌گیری به مقدار معلومی تغییر پیدا کند.




$$\text{حساسیت} = \frac{\text{دامنه خروجی دستگاه}}{\text{دامنه ورودی دستگاه}}$$

★ **حساسیت، دقت و قیمت یک وسیله اندازه‌گیری با یکدیگر رابطه مستقیم دارند.**

www.modaresanesharif.ac.ir

**قدرت تشخیص (Resolution)**

قدرت تشخیص (قابلیت تفکیک) یک وسیله اندازه‌گیری برابر است با کمترین تغییر مقدار کمیت مورد اندازه‌گیری (ورودی دستگاه) که توسط وسیله اندازه‌گیری با اطمینان قابل تشخیص و تفکیک باشد. به عنوان مثال هرگاه صفحه مدرج یک ساعت اندازه‌گیری ۱۰ قسمتی بوده و حداکثر بتوان توسط آن تا ۱ میلی‌متر را اندازه‌گیری نمود؛ بنابراین هر قسمت بیانگر $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر خواهد بود. چنانچه درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیر به نحوی باشد که تا $\frac{۱}{۱۰}$ هر قسمت قابل تشخیص باشد قابلیت تفکیک (ریزنگری) آن $\left(R=\frac{۱}{۱۰}\times\frac{۱}{۱۰}=\frac{۱}{۱۰۰}mm\right)$ می‌باشد.

**مثال ۳: قابلیت تفکیک در کدام گزینه درست تعریف شده است؟**

۱) کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیله‌ی اندازه‌گیری است.
۲) شیب تغییرات خروجی به ورودی یک سیستم اندازه‌گیری می‌باشد.
۳) حداکثر اندازه‌ای که وسیله‌ی اندازه‌گیری می‌تواند اندازه‌گیری کند.
۴) تفاوت بین میانگین یک سری اندازه‌گیری‌ها و مقادیر واقعی می‌باشد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیلهٔ اندازه‌گیری را « قابلیت تفکیک» گویند. این واژه با کلمات زینه‌بندی، ریزنگری، تفکیک‌پذیری، قابلیت تشخیص ، وضوح و ... نیز بیان می‌شود.

**تکرارپذیری (Repeatability)**

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هر دستگاه اندازه‌گیری تکرارپذیری نتایج اندازه‌گیری آن است بدین معنی که اگر یک آزمایش در زمان‌های مختلف با ورودی‌های یکسان تکرار شود نتایج حاصلهٔ تمامی آنها مشابه یکدیگر باشند.

**زمان پاسخ (Response time)**

زمان پاسخ مدت زمانی است که طول می‌کشد تا بعد از تغییر ناگهانی ورودی یک دستگاه اندازه‌گیری، عقربهٔ آن به حالت جدید پایدار خود بازگشته و کاملاً بحالت سکون درآید.

**سرعت پاسخ (Response speed)**

سرعت پاسخ سرعتی است که دستگاه اندازه‌گیری نسبت به تغییر در ورودی از خود عکس‌العمل نشان می‌دهد.

**پرش اضافه (Over Shot)**

پرش اضافه مختص دستگاه‌های مکانیکی بوده و وسایل دیجیتالی پرش اضافه ندارند لذا می‌توان گفت پرش اضافه‌ی یک دستگاه اندازه‌گیری بیشترین مقداری است که عقربه از محل نقطه پایدار خود دور می‌شود.

**فضای مرده (باند مرگ) (Dead Band)**

فضای مرده به صورت محدوده مقادیر مختلف ورودی تعریف می‌شود که در آن تغییری در مقدار خروجی وجود ندارد.

**شفافیت (Transparence)**

توانایی دستگاه اندازه‌گیر در تغییر ندادن اندازه دِه.

**بارگذاری (Loading)**

تأثیر دستگاه اندازه‌گیر در اندازه دِه.

**آستانهٔ اندازه‌گیری (Threshold)**

اگر ورودی دستگاه اندازه‌گیری به تدریج از صفر شروع به اندازه‌گیری کند قبل از آن که تغییر مقدار خروجی آن به قدری بزرگ باشد که بتوان آن را تشخیص داد ورودی باید به حداقل سطح معینی برسد؛ این حداقل سطح ورودی را آستانهٔ دستگاه اندازه‌گیری می‌نامند.

**قابلیت ردیابی**

قابلیت مرتبط ساختن خصوصیات یک وسیله اندازه‌گیری با استانداردهای اندازه‌گیر ملی یا بین‌المللی را قابلیت ردیابی اندازه‌گیری گویند.

**راندمان**

راندمان دستگاه اندازه‌گیری عبارت است از نسبت بیشترین مقدار قابل خواندن توسط دستگاه به توان گرفته شده از کمیت مورد اندازه‌گیری هنگامی که دستگاه بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت با افزایش راندمان یک دستگاه توان مصرفی وسیلهٔ اندازه‌گیری کاهش یافته و اندازه‌گیری دقیق‌تر خواهد بود.

**دامنهٔ (گستره) اندازه‌گیری (Range)**

دامنه (میدان) وسیله‌ی اندازه‌گیری حد فاصل حداقل و حداکثر اندازه‌ای است که توسط وسیلهٔ اندازه‌گیری می‌توان مورد تشخیص قرار داد. به عبارت دیگر منظور از گستره، محدودهٔ نشان‌دهی دستگاه است و بیانگر حداقل و حداکثر مقادیر کمیتی است که سیستم اندازه‌گیری برای آن طراحی شده است.

www.modaresanesharif.ac.ir

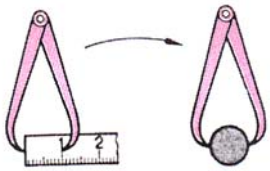
**گستردگی (Span)**

قدر مطلق تفاضل دو حد گستره است. به عنوان مثال گستردگی میکرومتری که میدان اندازه‌گیری آن (۷۵–۵۰) میلی‌متر درجه‌بندی گردیده برابر است با:

$$۷۵ - ۵۰ = ۲۵\,mm$$

**کنترل (Control)**

عمل بررسی و مقایسه ابعاد یک قطعه بر مبنای انحراف اندازه‌های مجاز آن را که طراح روی نقشه مشخص کرده است به وسیله ابزار مربوطه را کنترل می‌نامند.



کنترل قطر یک میله به وسیله پرگار خارجی

**پایداری (Stability)**

توانایی یک وسیلهٔ اندازه‌گیری در حفظ خصوصیات اندازه شناختی آن دستگاه نسبت به زمان را پایداری گویند.

**تولرانس (Tolerance)**

میزان خطای مجاز مشخص شدهٔ قطعه بوسیله طراح را دقت ابعادی (رواداری ـ تولرانس) گویند. به عبارت دیگر حداکثر خطایی که انتظار می‌رود در مقدار مشخصی وجود داشته باشد را تولرانس می‌نامند.

**بیـــراهی**

حداقل و حداکثر انحراف از اندازهٔ اسمی (خط مبنا ـ خط صفر) بیراهی نام دارد.

**عدم قطعیت (Uncertainty)**

میزان خطای مجاز دستگاه یا ابزار را گویند که توسط شرکت سازنده مشخص می‌شود. عدم قطعیت یک عامل همراه با نتیجه اندازه‌گیری است که محدوده مقادیری را معین می‌کند که کمیت اندازه‌گیری منطقاً می‌تواند داشته باشد.

**کالیبراسیون (Calibration)**

عمل تست و تنظیم وسایل اندازه‌گیری را کالیبراسیون گویند. هدف از کالیبراسیون تعیین خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری تحت آزمون نسبت به استاندارد مرجع است.

**مثال۴: حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری به چه نامی معروف است؟**

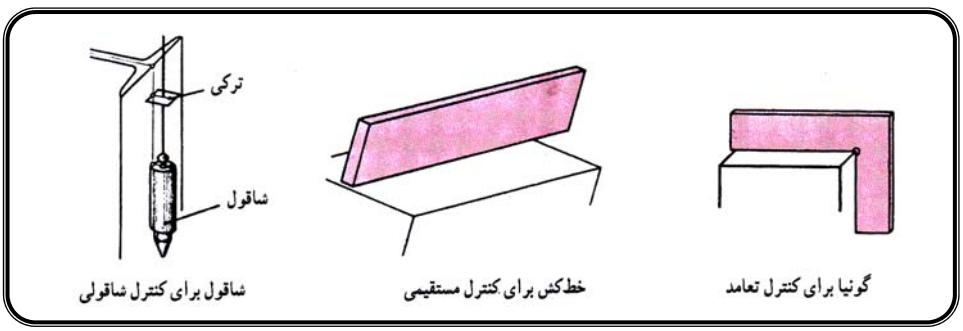
۱) رده‌بندی ۲) کالیبراسیون ۳) گستره نامی ۴) ریزنگری

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» به حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری و سنجش تحت شرایط مشخص، واسنجی یا کالیبراسیون گویند.

## وسایل آزمایشگاه اندازه‌گیری

**وسایل کنترل**

به وسایلی گفته می‌شود که بتوانند صحت در حد اندازه و یا فرم هندسی قطعه‌ای را به سرعت کنترل کنند. مانند خط‌کش برای کنترل مستقیمی یا گونیا برای کنترل تعامد سطوح.

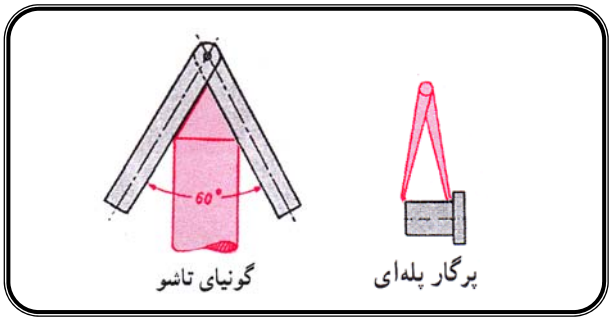



شاقول برای کنترل شاقولی — خط‌کش برای کنترل مستقیمی — گونیا برای کنترل تعامد

www.modaresanesharif.ac.ir

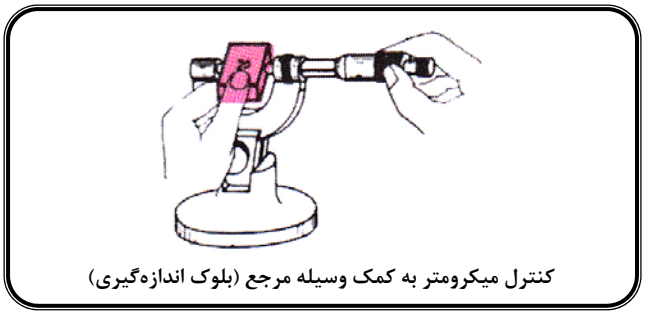
### وسایل نقل اندازه

ابزارهایی هستند که اندازه را از روی قطعه‌کار، به وسیله اندازه‌گیری یا وسیله کنترل منتقل می‌کنند مانند پرگار و گونیا.



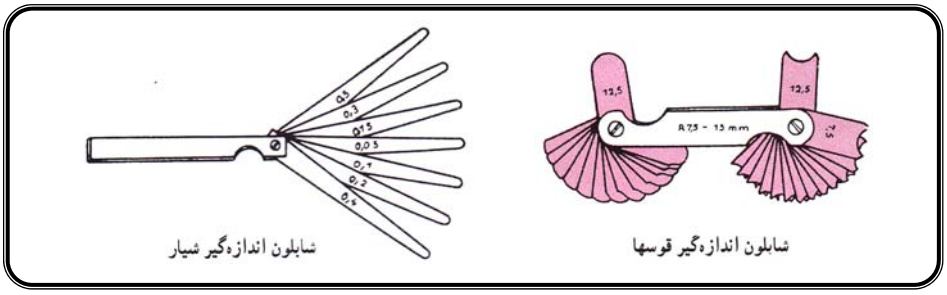

### وسیله مرجع (Reference Material)

جسمی که مقادیر یک یا چند خصوصیت آن به اندازه کافی همگن و تثبیت شده است تا برای کالیبراسیون یک دستگاه، ارزیابی یک روش اندازه‌گیری یا تعیین مقدار برای مواد به کار رود. به عبارت دیگر وسیله (ماده) مرجع ابزاری است که در آزمایشگاه اندازه‌گیری برای کنترل وسایل اندازه‌گیری و وسایل کنترل به آن مراجعه می‌شود مانند پارچه‌های اندازه‌گیری (Gauge Block) که برای کنترل میکرومتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.


کنترل میکرومتر به کمک وسیله مرجع (بلوک اندازه‌گیری)

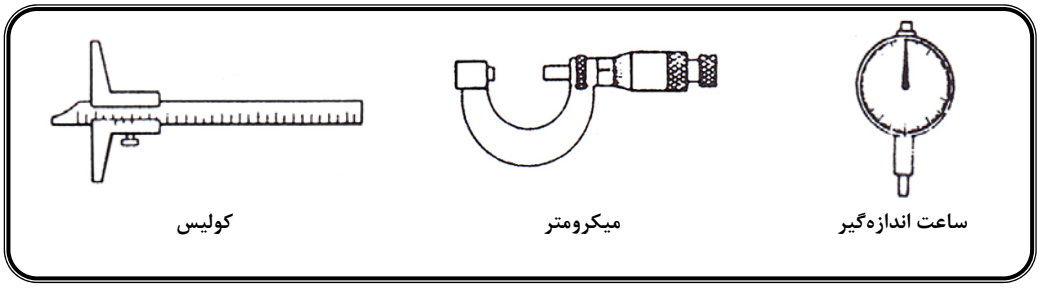
### اندازه‌گیرهای ثابت

ابزارهایی هستند که بوسیله آنها می‌توان تنها یک بُعد یا یک اندازهٔ ثابت را اندازه‌گیری یا کنترل نمود مانند شابلون‌های اندازه‌گیری، بلوک‌های اندازه‌گیری.




### اندازه‌گیرهای متغیر

به اندازه‌گیرهایی گفته می‌شود که به وسیله آنها می‌توان اندازه‌های مختلف را اندازه‌گیری کرد مانند کولیس، میکرومتر و ساعت اندازه‌گیر.




**مثال۵: شابلون اندازه‌گیر قوس و میکرومتر به ترتیب جزء کدام اندازه‌گیرها هستند؟**

۱) وسایل نقل اندازه، اندازه‌گیرهای متغیر
۲) اندازه‌گیرهای ثابت، اندازه‌گیرهای متغیر
۳) اندازه‌گیرهای ثابت، وسایل نقل اندازه
۴) اندازه‌گیرهای ثابت، اندازه‌گیرهای ثابت

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» شابلون اندازه‌گیر قوس جزو اندازه‌گیرهای ثابت و میکرومتر جزو اندازه‌گیرهای متغیر محسوب می‌شوند.

www.modaresanesharif.ac.ir

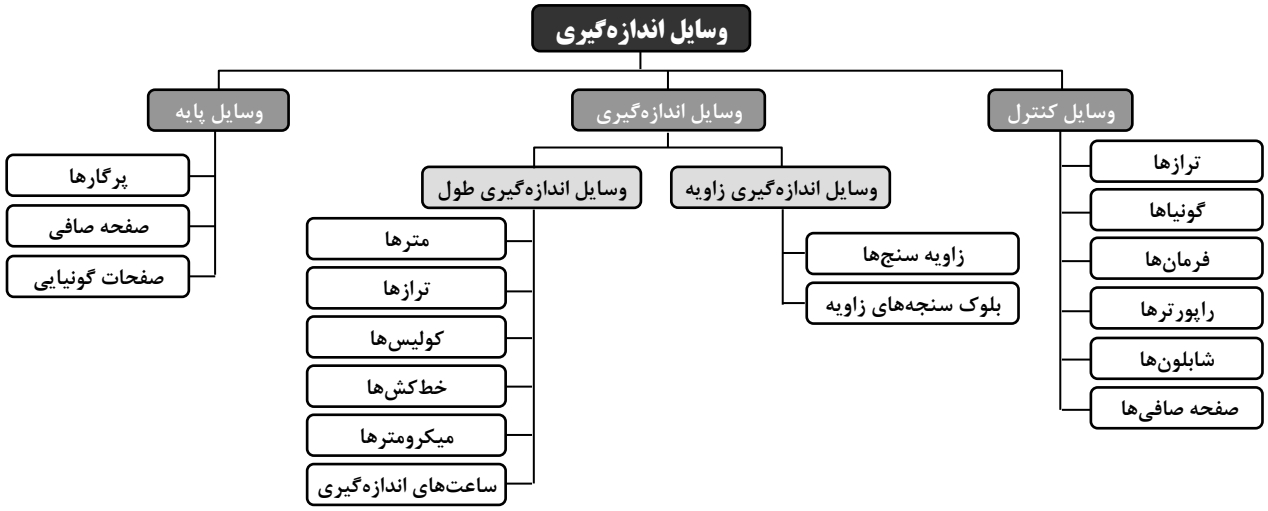
**اندازه‌گیری مستقیم**

در این روش اندازهٔ قطعه‌کار به طور مستقیم از روی وسیلهٔ اندازه‌گیری خوانده می‌شود.

**اندازه‌گیری غیرمستقیم**

در این روش با توجه به اندازهٔ قطعه‌کار، وسیلهٔ اندازه‌گیر با وسیله مرجع تنظیم می‌شود و سپس قطعه‌کار داخل وسیله اندازه‌گیر قرار می‌گیرد تا انحراف از اندازهٔ آن مشخص شود.

## طبقه‌بندی وسایل اندازه‌گیری




**مثال۶: در کدام گزینه فقط وسایل اندازه‌گیری معرفی شده است؟**

۱) گونیای مویی، زاویه‌سنج ساده
۲) دهان اژدر، ساعت اندازه‌گیری
۳) میکرومتر خارجی، کولیس چاقویی
۴) تکه‌های اندازه‌گیری، شابلون میله

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» از جمله وسایل اندازه‌گیری می‌توان به میکرومتر خارجی و کولیس چاقویی اشاره نمود.

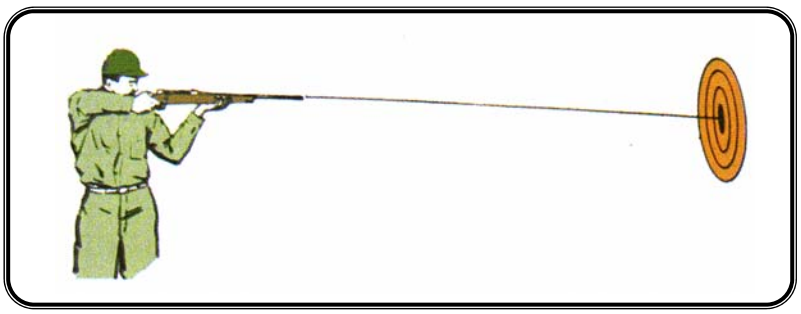
## خطاهای اندازه‌گیری (Systematics Error)

خطاهای اندازه‌گیری را می‌توان به دو دستهٔ خطاهای دائمی (قابل حذف) و خطاهای اتفاقی (غیرقابل حذف) تقسیم‌بندی کرد.

**۱) خطاهای قابل حذف**

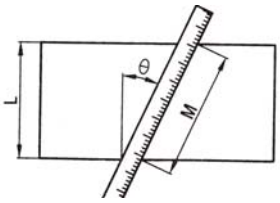
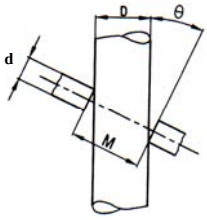
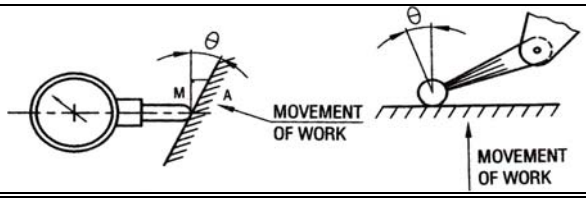
خطاهایی هستند که قابلیت پیش‌بینی و پیشگیری دارند و مربوط به شرایط محیط و یا اپراتور می‌باشند. از قبیل: آلودگی، رطوبت، فشار درگیری، ارتعاش، خطای کسینوسی، خطای روش اندازه‌گیری، خطای چشمی، خطای کالیبراسیون وسیله اندازه‌گیری، خطای کمانشی، خطای اپراتوری و... (این گونه خطاها به خطاهای روشمند نیز معروفند).

★ خطای چشمی (مسیر دید) مربوط به مسیر رویت اپراتور می‌باشد بدین معنی که برای خواندن اندازه باید به محل اندازه‌گیری به طور عمود نگاه کرد در غیر این صورت اندازهٔ خوانده شده از اندازهٔ واقعی بیشتر یا کمتر خواهد بود.



www.modaresanesharif.ac.ir

★ **خطای مثلثاتی (کسینوسی) در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار (عمود نبودن بُعد موردنظر با فکهای وسیله اندازه‌گیری) ایجاد می‌شود.**

| | نوع وسیله اندازه‌گیری | رابطه | شکل |
|---|---|---|---|
| ۱ | خطا در کولیس | $E = M - L$<br>$E = M - M \cdot \cos\theta$<br>$\Rightarrow E = M(1 - \cos\theta)$ |  |
| ۲ | خطا در میکرومتر | $E = M - D$<br>$D = M \cdot \cos\theta - d \cdot \sin\theta$ |  |
| ۳ | خطا در ساعت | $M = A \cdot \cos\theta$<br>$A = \frac{M}{\cos\theta}$ |  |

**مثال۷: در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار کدام خطا ایجاد می‌شود؟**

۱) اپراتوری ۲) چشمی ۳) کسینوسی ۴) کمانشی

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار خطای کسینوسی ایجاد می‌شود.

**مثال۸: میکرومتری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر و قطر فک‌های ۱۰ میلی‌متر و با زاویه انحراف ۱۰۰ ثانیه اندازه قطعه‌ای را ۱۰۰ میلی‌متر می‌خواند. اندازه واقعی قطعه چند میلی‌متر است؟**

۱) ۹۹/۸۸۵ ۲) ۹۹/۹۹۵ ۳) ۹۸/۹۸۵ ۴) ۹۸/۸۹۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$D = M \cdot \cos\theta - d \cdot \sin\theta = \left(100 \times \cos(\frac{1}{36})\right) - \left(10 \times \sin(\frac{1}{36})\right) = 99/995\,mm$$

### ۲) خطاهای غیرقابل حذف (ذاتی)

این خطاها به طور ناگهانی و اتفاقی ایجاد می‌شوند. به عبارت دیگر خطاهایی که قابل پیش‌بینی هستند ولی قابل پیشگیری نیستند خطاهای غیرقابل حذف (Can not Be Eliminated) نام می‌گیرند و عبارتند از:

- پیدایش خطا در اثر تغییر شکل اجزاء تحت تأثیر وزن
- پیدایش خطا در اثر تغییر شکل اجزاء به خاطر آزاد شدن تنش‌های پسماند به مرور زمان
- عیوب الکترونیکی بخاطر خرابی یا فرسوده شدن قطعات الکترونیکی مدار اصلی و سنسورهای اندازه‌گیری و نیز پیدایش اختلالات و پارازیت‌های مغناطیسی، الکتریکی و الکترومغناطیسی در سیستم
- وجود خطاهای ابعادی و کالیبراسیون و سایر خطاها در اجزاء وسیله‌اندازه‌گیری که ناشی از خطای اولیه ساخت، استهلاک آنها در حین کارکرد یا صدمه دیدن آنها به خاطر قرار گرفتن در شرایط محیطی نامناسب یا اعمال نیروهای غیرمجاز است.

**مثال۹: خطاهایی که به صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشند، به چه نامی معروف‌اند؟**

۱) خطای مثلثاتی ۲) خطای رندوم ۳) خطای چشمی ۴) خطای روشمند

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» خطاهای روشمند به صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشد که البته قابل کاهش‌اند وامکان رساندن آنها به حداقل مقدار وجود دارد.

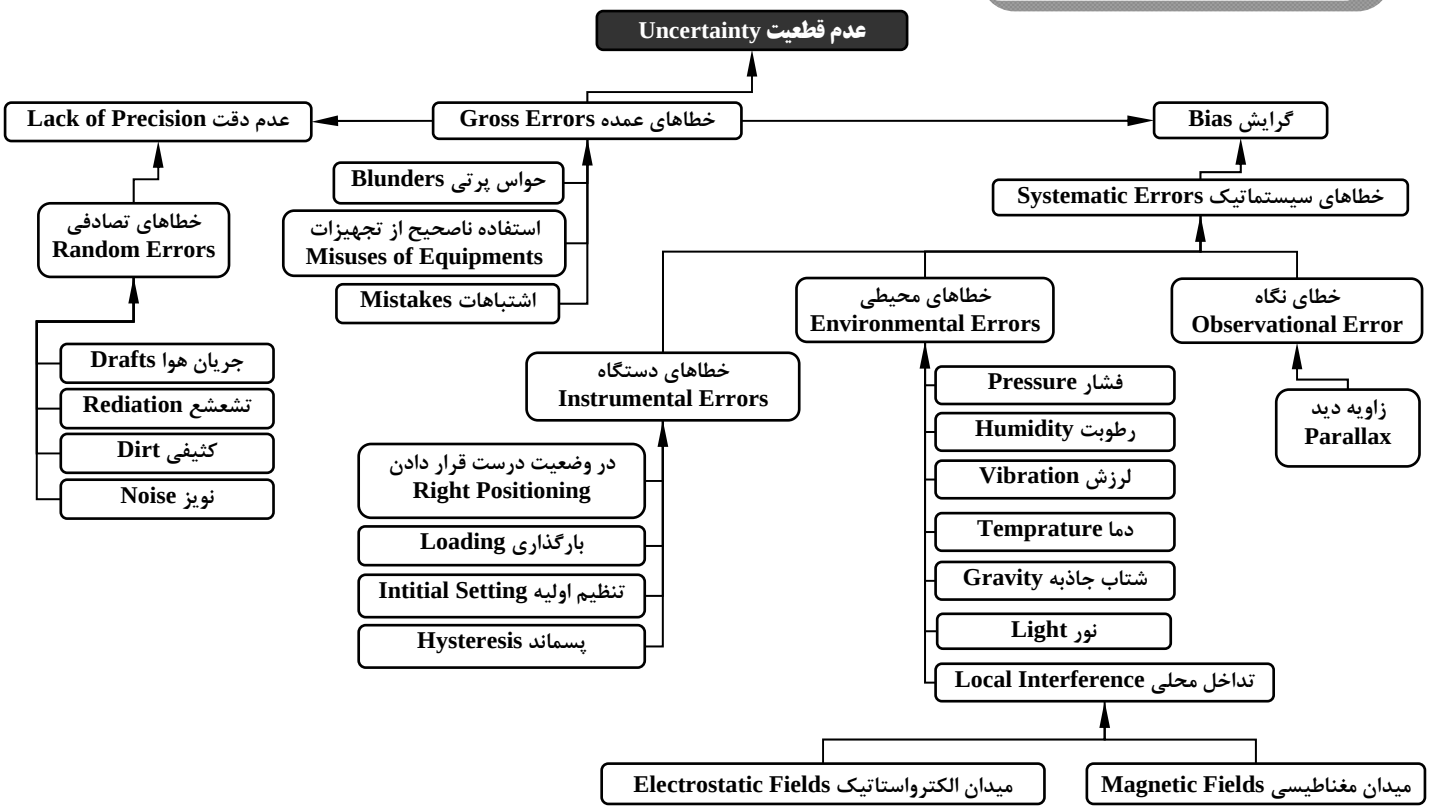
**مثال۱۰: چنانچه ارتعاش ناگهانی باعث لرزش در سیستم اندازه‌گیری شود،خطای به وجود آمده کدام است؟**

۱) خطای اتفاقی ۲) خطای ریاضی ۳) خطای دایمی ۴) خطای اندازه‌گیری

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» هر نوع خطایی را که به صورت ناگهانی رخ بدهد، خطای اتفاقی گویند که در حقیقت قابل پیش‌بینی هستند؛ ولی قابل پیش‌گیری نیستند.

www.modaresanesharif.ac.ir

## تقسیم‌بندی خطاهای اندازه‌گیری




## اصول حاکم بر انتخاب وسایل اندازه‌گیری و کنترل

در انتخاب وسایل اندازه‌گیری و کنترل، عوامل متعددی تأثیرگذارند مانند: جنس قطعه‌کار، شکل هندسی مورد اندازه‌گیری، اندازه حجم قطعه کار، دقت و سیستم اندازه‌گیری، مقدار تولرانس، تعداد و زمان مجاز برای اندازه‌گیری و کنترل و ... .

**مثال۱۱: کدامیک از عوامل زیر، جزو مهمترین اصول حاکم بر انتخاب وسایل اندازه‌گیری نیست؟**

۱) جنس قطعه‌کار ۲) جرم قطعه‌کار ۳) حجم قطعه‌کار ۴) شکل هندسی قطعه‌کار

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» جرم قطعه کار جزو مهمترین اصول حاکم بر انتخاب وسایل اندازه‌گیری نمی‌باشد.

**توجه : در انتخاب وسایل اندازه‌گیری جنس قطعه‌کار از مهم‌ترین فاکتورها محسوب می‌شود بعنوان مثال چنانچه بخواهیم طول قطعه‌ای را اندازه بگیریم اگر جنس قطعه فلزی باشد می‌توان از کولیس یا میکرومتر معمولی بهره گرفت. اگر جنس قطعه پلاستیکی باشد این امر با افزایش سطوح فک‌های وسیله اندازه‌گیری امکان‌پذیر خواهد بود. اگر جنس قطعه از اسفنج یا مواد مشابه باشد دیگر استفاده از وسایل معمولی امکان‌پذیر نیست و برای این منظور لازم است از پروژکتور سطح یا میکروسکوپ ابزار استفاده کرد.**

www.modaresanesharif.ac.ir

## تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

**۱ـ آخرین تعریف متر بر چه مبنائی است؟** (جامدات ـ آزاد ۷۵)

۱) سرعت صوت
۲) سرعت نور در خلاء
۳) طول موج نور نارنجی تشعشع شده از کریپتون ۸۶
۴) $\frac{۱}{۱۰,۰۰۰,۰۰۰}$ ربع طول نصف النهار

**۲ـ مفهوم ریزنگری ( Resolution ) کدام است؟** (سراسری ۸۱)

۱) دقت ابعاد قطعات
۲) کمترین اندازهٔ قابل رؤیت در وسیله اندازه‌گیری
۳) میزان پراکندگی اندازه‌ها
۴) میزان نزدیکی اندازه‌ها به یکدیگر

**۳ـ کدام منحنی ، رابطه بین دقت و قیمت را نشان می‌دهد؟** (سراسری ۸۱)

(۱) (۲) (۳) (۴)

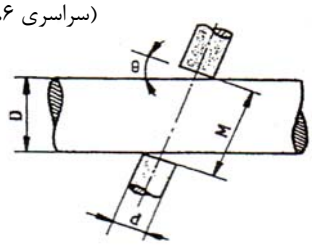
**۴ـ «خطای خواندن»، خطای ..... و «خطای بد خواندن» خطای ..... است.** (علمی کاربردی ـ آزاد ۸۴)

۱) قابل رفع ـ قابل رفع
۲) قابل رفع ـ غیر قابل رفع
۳) غیر قابل رفع ـ قابل رفع
۴) غیر قابل رفع ـ غیر قابل رفع

**۵ـ شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی یک وسیله اندازه‌گیری را ..... گویند.** (علمی کاربردی ـ آزاد ۸۵)

۱) تکرارپذیری (Repeatability)
۲) قدرت تشخیص (Resolution)
۳) حساسیت (Sensitivity)
۴) ضریب تصحیح (Correction Factor)

**۶ـ شکل زیر کدام نوع خطای اندازه‌گیری را نشان می‌دهد؟** (سراسری ۸۶)




۱) اعمال نیروی زیاد
۲) زاویه‌ی دید
۳) کمانش
۴) مثلثاتی یا کسینوسی

**۷ـ کدام‌یک از گزینه‌های زیر اصطلاح درستی یا صحت (Accuracy) را با طور صحیح تعریف می‌کند؟** (علمی کاربردی ـ آزاد ۸۶)

۱) صحت، مقدار پراکنش در اطراف میانگین می‌باشد.
۲) صحت، شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی یک وسیله اندازه‌گیری است.
۳) صحت، تفاضل بیشترین و کمترین مقدار مورد تشخیص وسیله اندازه‌گیری است.
۴) صحت، تفاوت بین میانگین یکسری اندازه‌گیری‌ها و مقدار واقعی می‌باشد.

**۸ـ کدام گزینه مفهوم دقت (Precision ) در اندازه‌گیری را بیان می‌کند؟** (علمی کاربردی ـ صنعت ۸۶)

۱) قابلیت ردیابی اندازه‌ها نسبت به یکدیگر
۲) نزدیکی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر
۳) نزدیکی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به مقدار مرجع
۴) پراکندگی خروجی‌های یک سیستم اندازه‌گیری نسبت به مقدار مرجع

**۹ـ کدام‌یک از مفاهیم زیر در مورد عمل اندازه‌گیری مطرح می‌باشد؟** (سراسری ۸۷)

۱) خطا (Error)
۲) پرش اضافه (Over Shot)
۳) کالیبراسیون (Calibration)
۴) قابلیت تفکیک (Resolution)

www.modaresanesharif.ac.ir

**۱۰ـ کدام یک از واژه‌های زیر در مورد وسیله‌ی اندازه‌گیری (Instrument ) مصداق دارد؟** (علمی کاربردی ـ صنعت ۸۷)

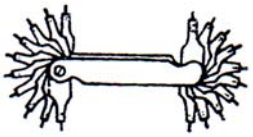
۱) خطای اپراتور ۲) یکای اندازه‌گیری ۳) اندازه‌گیری ۴) قابلیت تفکیک

**۱۱ـ کدام یک از وسایل زیر اندازه‌گیر ثابت محسوب می‌شود؟** (علمی کاربردی ـ صنعت ۸۷)

(۱)

(۲)

(۳)



(۴)

**۱۲ـ تعریف حساسیت (Sensitivity) در یک وسیله اندازه‌گیری، کدام است؟** (سراسری ۸۸)

۱) قابلیت ارتباط دادن بین اندازه‌ها

۲) نسبت تغییرات خروجی به تغییرات ورودی

۳) نزدیکی نتایج اندازه‌گیری یک اندازه در شرایط متفاوت

۴) توانایی یک وسیله اندازه‌گیری در ثابت نگه‌داشتن خصوصیات مترولوژیکی

**۱۳ـ همهٔ گزینه‌ها جزو اصول حاکم بر نحوه‌ی استفاده از وسایل اندازه‌گیری می‌باشد به جز:** (ماشین ابزار ـ علمی کاربردی آزاد ۸۸)

۱) روغن‌کاری وسایل اندازه‌گیری و کنترل

۲) بدون پلیسه بودن قطعه‌ی مورد اندازه‌گیری

۳) جلوگیری از وارد کردن فشار غیر لازم به وسایل اندازه‌گیری

۴) کالیبره کردن وسایل اندازه‌گیری در زمان مشخص

**۱۴ـ ..... ابزاری است در آزمایشگاه مترولوژی که برای کنترل وسایل اندازه‌گیری به آن مراجعه می‌شود.** (قالب‌سازی ـ علمی کاربردی آزاد ۸۸)

۱) وسیله مرجع ۲) وسیله کنترل ۳) وسیله نقل اندازه ۴) اندازه‌گیر ثابت

**۱۵ـ تفکیک‌پذیری "Resolution" در کدام گزینه درست تعریف شده است؟** (علمی کاربردی ـ صنعت ۸۸)

۱) شیب تغییرات خروجی به ورودی یک وسیله‌ی اندازه‌گیری می‌باشد.

۲) تفاوت بین میانگین یک سری اندازه‌گیری‌ها و مقادیر واقعی می‌باشد.

۳) حداقل اندازه‌ای را که وسیله‌ی اندازه‌گیری می‌تواند اندازه‌گیری کند.

۴) حداکثر اندازه‌ای را که وسیله‌ی اندازه‌گیری می‌تواند اندازه‌گیری کند.

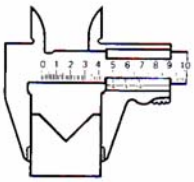
**۱۶ـ زیرنویس کدام شکل نادرست است؟** (علمی کاربردی ـ صنعت ۸۸)

۱) ب ـ د

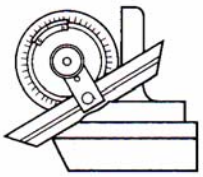
۲) ج ـ د

۳) ب ـ ج

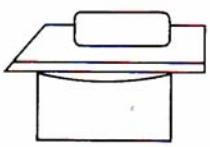
۴) الف ـ ج



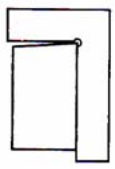
الف ـ اندازه‌گیری



ب ـ کنترل



ج ـ کنترل



د ـ اندازه‌گیری

**۱۷ـ کدام یک از موارد مندرج در جدول ذیل، کمیت تأثیرگذار در اندازه‌گیری کمیت طول هستند؟** (سراسری ۸۹)

| A | B | C | D |
|---|---|---|---|
| جرم و زمان | حرارت و برودت | یکای اندازه‌گیری و جرم | وزن و زمان |

۱) A ۲) D ۳) C ۴) B

www.modaresanesharif.ac.ir

# فصل هفتم

## « وسایل اندازه‌گیری و کنترل زوایا»

برای اندازه‌گیری و کنترل زوایای قطعات کار می‌توان از وسایل ثابت اندازه‌گیری (مانند گونیا) و یا از وسایل متغیر اندازه‌گیری (مانند زاویه سنج) استفاده نمود.

### گونیـا

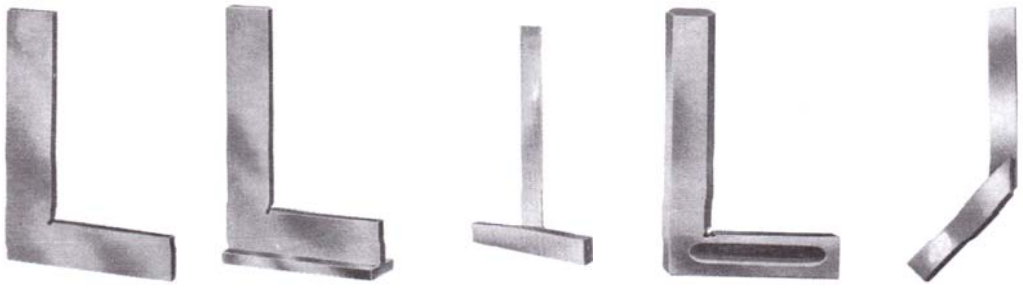
گونیاها (Squares) وسایلی هستند که از آنها برای عملیات خط‌کشی، کنترل زوایا، بعضاً اندازه‌گیری طول و کنترل تعامد، تختـی و مسـتقیمی سـطوح در کارگاه و آزمایشگاه استفاده می‌شود.

### رده‌بندی گونیا

گونیاها فاقد قابلیت تفکیک بوده و دارای رده‌بندی می‌باشند. گونیاها برحسب دقت و درستی در چهار ردهٔ (۲,۱,۰,۰۰) ساخته می‌شوند کـه ردهٔ (۰۰) دارای بالاترین دقت و ردهٔ (۲) دارای کمترین دقت در مجموعهٔ گونیاها است.

### گونیای ثابت

گونیای ثابت از جنس فولاد ابزارسازی ساخته می‌شود و پس از فرم دادن به وسیلهٔ براده‌برداری، با عملیات سخت‌کـاری و سـنگ‌زنـی سـطح آن‌هـا را آمـاده به کار می‌کنند. در شکل زیر نمونه‌ای از انواع گونیا نشان داده شده است:




**نمونه‌هایی از انواع گونیا**

**مثال۱: ابزار شکل زیر جز کدام نوع وسایل اندازه‌گیری محسوب می‌شود؟**

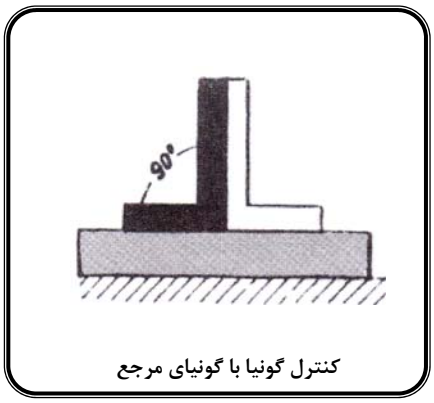
۱) کمکی
۲) مدرج
۳) ثابت
۴) نقل اندازه

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» گونیاها جزو وسایل ثابت اندازه‌گیری محسوب می‌شوند.

www.modaresanesharif.ac.ir

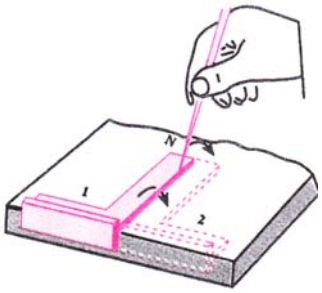
## کالیبراسیون گونیا

قبل از استفاده از گونیا لازم است از کالیبره بودن آن اطمینان حاصل شود. برای این منظور از روش‌های زیر استفاده می‌گردد:



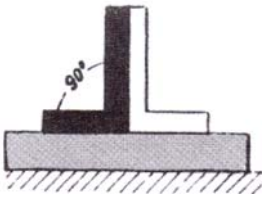
کنترل گونیا با گونیای مرجع

کنترل تعامد گونیا با استفاده از استوانه کنترل



کنترل گونیا با روش خط‌کشی

**مثال۲:** شکل مقابل کدام روش کالیبراسیون گونیا را نشان می‌دهد؟

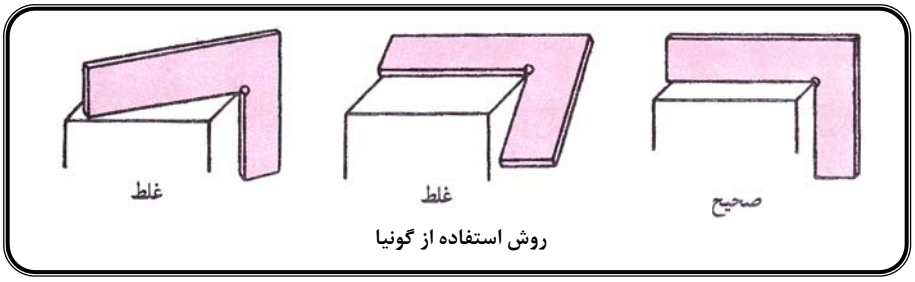



۱) سطح تخت
۲) گونیای مرجع
۳) روش خط‌کشی
۴) استوانه کنترل

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» شکل صورت سوال معرف کالیبراسیون گونیا به کمک گونیای مرجع می‌باشد.

## روش کار و موارد استفادهٔ گونیا

در هنگام کار با گونیا باید توجه داشت که هر دو ضلع گونیا بر سطح کار عمود باشند.



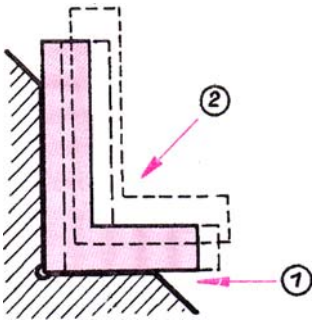
روش استفاده از گونیا

در کنترل تعامد، تا حد امکان از ضلع بزرگ‌تر گونیا به عنوان تکیه‌گاه و از ضلع کوچک‌تر آن برای کنترل استفاده می‌شود.

روش استفاده از گونیا برای کنترل تعامد

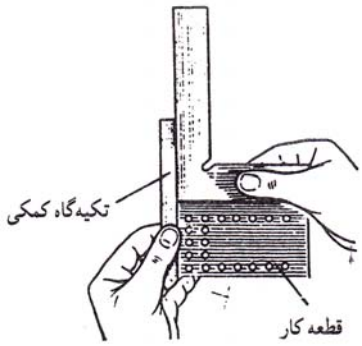
www.modaresanesharif.ac.ir

برای کنترل تعامد زاویه داخلی، ابتدا پایهٔ گونیا را روی سطح افقی قرار می‌دهیم و سپس آن را به سطح عمودی نزدیک می‌کنیم.

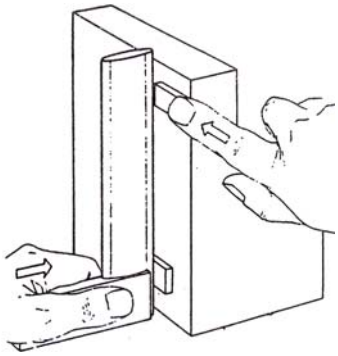


کنترل تعامد زاویه داخلی با گونیا

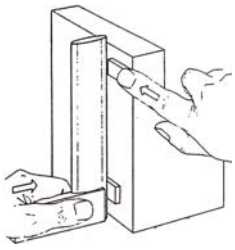
جهت کنترل تعامد دو سطح یک قطعه‌کار به کمک گونیا می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:



کنترل تعامد دو سطح با استفاده از گونیا و تکیه‌گاه کمکی


کنترل تعامد دو سطح به کمک گونیا، راپورتر و صفحه صافی

**مثال ۳:** شکل مقابل معرف کدام گزینه زیر است؟



۱) کنترل تعامد

۲) کنترل گونیایی

۳) کنترل مستقیمی

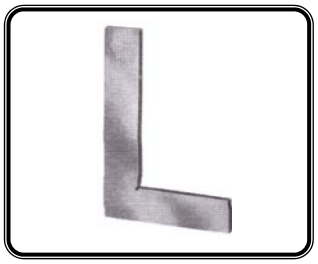
۴) کنترل گونیا با راپورتر

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» شکل صورت تست بیانگر کنترل تعامد دو سطح به کمک گونیا، راپورتر و صفحه صافی می‌باشد.

## انواع گونیـا

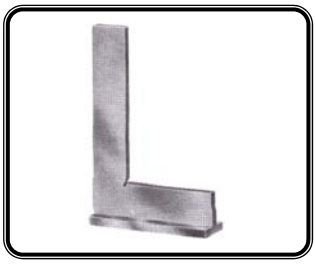
**۱) گونیای ۹۰ درجه معمولی**

این گونیا که ساده‌ترین نوع گونیـای ۹۰ درجـه مـی‌باشـد در کارهـای معمـولی مـورد اسـتفاده قرار می‌گیرد.



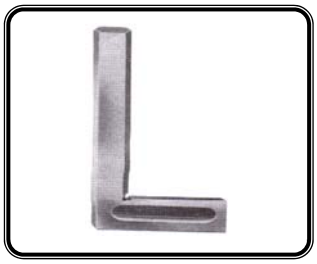
**۲) گونیای لبه‌دار**

از این گونیا برای کنترل قطعات ۹۰ درجه بـا دقت نسبتاً بالا استفاده می‌شود.



**۳) گونیای مویی**

این گونیا به طـور دقیـق بـه صـورت یکپارچـه ساخته می‌شود و از آن برای کنترل زوایای ۹۰ درجه با دقت زیاد استفاده می‌گردد.



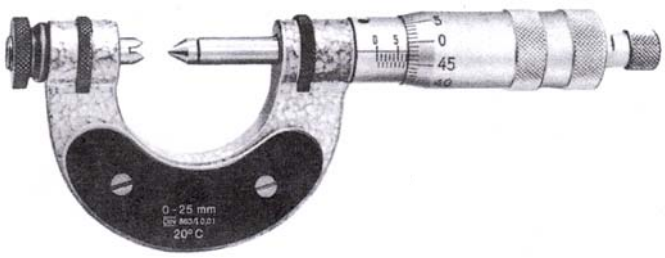
www.modaresanesharif.ac.ir

# فصل دهم

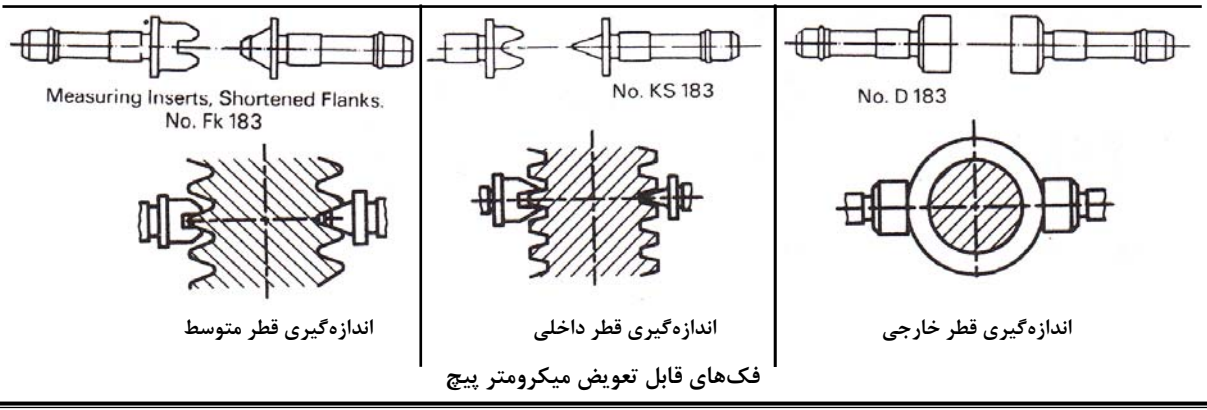
## « مباحث تکمیلی »

### اندازه‌گیری و کنترل پیچ‌ها

برای اندازه‌گیری قطر خارجی، قطر داخلی و قطر متوسط پیچ‌ها می‌توان از میکرومتر پیچ استفاده کرد که بدین منظور فک‌های قابل تعویضی برای کنترل ابعاد پیچ وجود دارد.



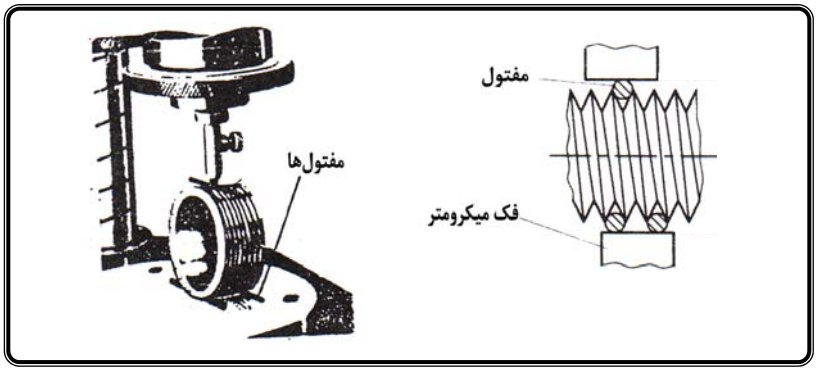

**میکرومتر پیچ**




**اندازه‌گیری قطر متوسط** | **اندازه‌گیری قطر داخلی** | **اندازه‌گیری قطر خارجی**

**فک‌های قابل تعویض میکرومتر پیچ**

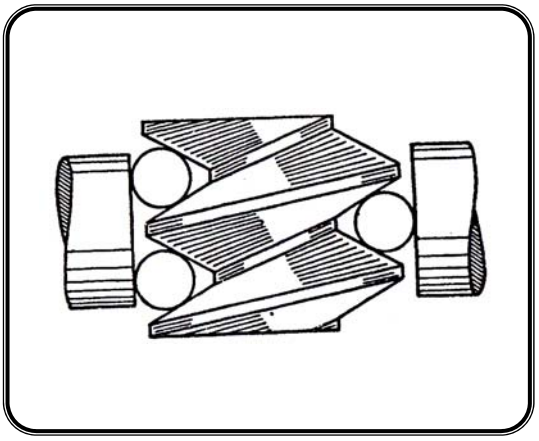
✯ همچنین **قطر متوسط پیچ‌ها** را می‌توان با روش سه میله مطابق شکل زیر اندازه‌گیری و کنترل نمود.

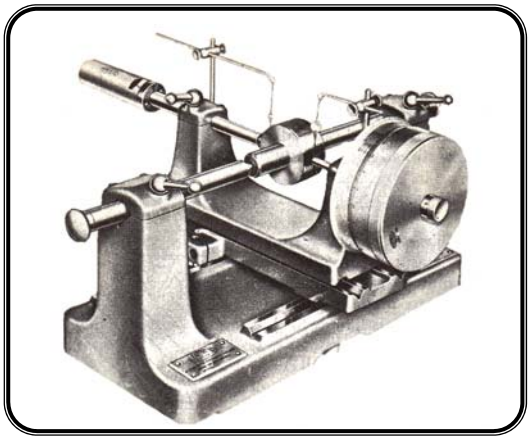



www.modaresanesharif.ac.ir

## اندازه‌گیری پیچ با استفاده از سه میله

در این روش سه میله هم قطر انتخاب کرده و در داخل شیار رزوه‌های پیچ قرار می‌دهیم و اندازهٔ پشت تا پشت میله‌ها را با وسیلهٔ اندازه‌گیر، (کولیس یا میکرومتر) مشخص می‌کنیم. حال برای کنترل صحت اندازه (کنترل پیچ)، فاصلهٔ پشت تا پشت میله‌ها را از طریق فرمول محاسبه کرده و این دو مقدار را با هم مقایسه می‌کنیم که در صورت درست بودن پیچ، این دو مقدار باید با هم برابر باشند. لازم به توضیح است که در انتخاب مفتول‌ها بایستی توجه داشت که قطر میله‌ها به نحوی انتخاب شود که پس از قرار گرفتن در داخل شیار رزوه‌ها، آخرین نقطهٔ آنها از شیار پیچ بیرون بزند تا بتوان عمل اندازه‌گیری را روی مفتول‌ها انجام داد.





### محاسبهٔ اندازهٔ پشت تا پشت میله‌ها

هرگاه G قطر مفتول‌های اندازه‌گیری، P گام پیچ برحسب میلی‌متر و d قطر خارجی پیچ کنترل باشد؛ در این صورت اندازهٔ پشت تا پشت میله‌ها (L) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$L = d - ۱/۵۱۵۵P + ۳G$$

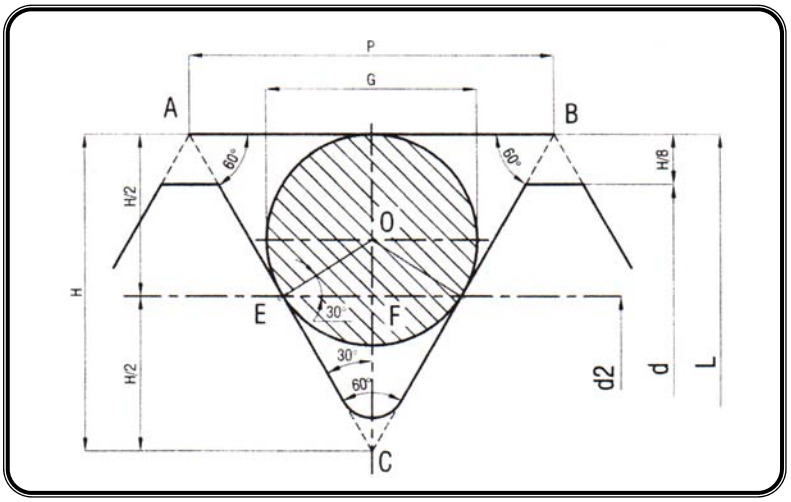
**مثال۱: جهت کنترل پیچ $M16\times2$ از مفتول‌های ۱/۵ میلیمتری استفاده شده است. اندازه‌ای را که ریزسنج بایستی نشان دهد تا دقت ساخت پیچ را تأیید کند چند میلیمتر است؟**

۱) ۱۷/۴۷ ۲) ۱۷/۲۶ ۳) ۱۸/۳۲ ۴) ۱۸/۲۴

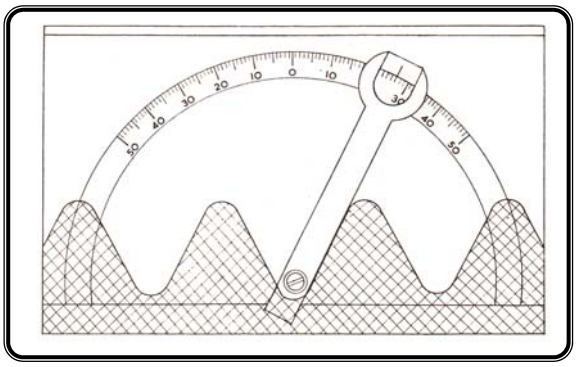
**پاسخ:** گزینه «۱»

$$L = d - (۱/۵۱۵۵P) + ۳G \longrightarrow L = ۱۶ - (۱/۵۱۵۵\times۲) + (۳\times۱/۵) \longrightarrow \boxed{L = ۱۷/۴۶۹\,mm}$$

**نکته:** در کنترل پیچ با روش سه میله، منظور از مفتول مناسب آن است که قطر میله به نحوی انتخاب شود که پس از قرار گرفتن در شیار پیچ محل تماس مفتول با شیار رزوه‌ها دقیقاً روی قطر متوسط پیچ باشد (که به آن مفتول استاندارد گویند).




www.modaresanesharif.ac.ir



✯ برای محاسبهٔ قطر مفتول استاندارد می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$G=\frac{P}{2\cos\theta}=\frac{P}{2\cos 30^\circ}=0/577P$$

در رابطهٔ مذکور P گام پیچ، $\theta$ نصف زاویهٔ رأس رزوه پیچ دنده مثلثی متریک $\left(\theta=\frac{60^\circ}{2}=30^\circ\right)$ و G قطر مفتول استاندارد می‌باشد.

**نکته:** در کنترل پیچ‌ها با روش سه میله چنانچه از مفتول‌های استاندارد استفاده شود، اندازهٔ پشت تا پشت مفتول‌های استاندارد از رابطهٔ زیر نیز قابل محاسبه است:

$$L=d+0/216P$$

**مثال۲: در کنترل پیچ M48×5 به کمک سه مفتول استاندارد، ریزسنج چه اندازه‌ای را باید نشان دهد؟**

۱) ۴۹/۴۸ ۲) ۴۸/۸۸ ۳) ۴۸/۴۸ ۴) ۴۹/۰۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۴»

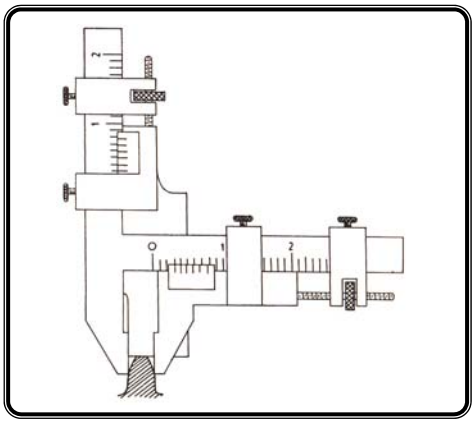
$$L=d+0/216P=48+(0/216\times 5)=48+1/08=49/08\,mm$$

**توجه : در کنترل پیچ‌های دنده مثلثی ویت ورث و دنده ذوزنقه‌ای متریک اندازهٔ پشت تا پشت مفتول‌های اندازه‌گیری از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:**

**پیچ‌های دنده مثلثی ویت ورث** ..... $L=d-1/6008P+3/1657G$

**پیچ‌های دنده ذوزنقه‌ای متریک** ..... $L=d-2/366P+4/8647G$

## اندازه‌گیری و کنترل چرخدنده



به منظور اندازه‌گیری و کنترل چرخدنده‌ها می‌توان از کولیس مخصوص کنترل چرخ دنده، میکرومتر فک بشقابی و یا میکرومتر چرخدنده استفاده نمود.

کولیس چرخدنده از یک فک ثابت و دو فک متحرک مطابق شکل مقابل تشکیل یافته است. از فک متحرک افقی برای کنترل وتر ضخامت دندانه (W) و از فک متحرک عمودی برای تنظیم عمق وسیله اندازه‌گیر (q) استفاده می‌شود.

✯ هرگاه m مدول دندانه‌ها، z تعداد دندانهٔ چرخدنده و $\theta$ ربع زاویه گام دندانه‌های چرخدنده باشد در این صورت:

$$q=m\left[1+z\left(\frac{1-\cos\theta}{2}\right)\right] \qquad W=m.z.\sin\theta \qquad \theta=\frac{90^\circ}{z}$$

**مثال۳: مقدار ارتفاع تنظیمی روی یک کولیس چرخ دنده برای کنترل چرخ دندهٔ ساده‌ای با مدول ۳ میلیمتر و تعداد دندانهٔ ۳۰، چند میلیمتر است؟**

$(\cos 3^\circ=0/998\ ,\ tg12^\circ=0/2126)$

۱) ۲/۴۲ ۲) ۳/۰۹ ۳) ۳/۹۴ ۴) ۴/۴۶

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$\text{زاویهٔ گام}=\frac{360^\circ}{Z}=\frac{360^\circ}{30}=12^\circ \longrightarrow \theta=\frac{1}{4}\times 12^\circ=3^\circ$$

$$q=m\left(1+z\left(\frac{1-\cos\theta}{2}\right)\right)=3\left(1+30\left(\frac{1-0/998}{2}\right)\right) \longrightarrow q=3(1+0/03)=\boxed{3/09\,mm}$$

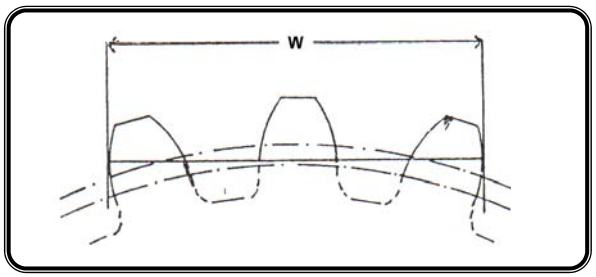
www.modaresanesharif.ac.ir

در مواردی ممکن است گروهی از چرخ‌دنده‌ها با مدول یکسان ولی تعداد دندانه‌های متفاوت، تست و کنترل شوند. لذا برای آن که تعداد دندانهٔ z در محاسبات تأثیرگذار نباشد از روابط زیر استفاده می‌گردد:

$$q = m - \frac{m\pi}{4}\cos\phi.\sin\phi$$

$$W = \frac{m\pi}{2}\cos^2\phi$$

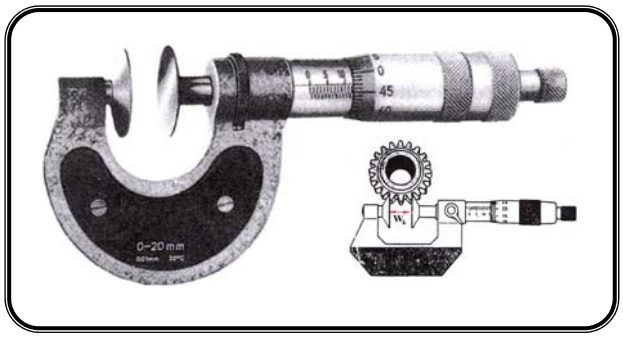
**در روابط مذکور $\phi$ زاویه فشار برحسب رادیان می‌باشد.**




✲ اندازه‌گیری یک دندانه با خطا همراه است؛ بنابراین از **تکنیک مماسی** استفاده می‌کنیم و چندین دندانه را همزمان اندازه‌گیری می‌کنیم، در این حالت داریم:

$$W = mz.\cos\phi\left[tg\phi - \phi + \frac{\pi}{2z} + \frac{k\pi}{z}\right]$$

همچنین در کنترل چرخ‌دنده توسط میکرومتر فک بشقابی مطابق شکل، از رابطه زیر استفاده می‌نماییم:




$$W = m.\cos\phi\left[\left(k - \frac{1}{2}\right)\pi + z.inv\phi\right]$$

$$inv\phi = \tan\phi - \phi$$

**مثال۴: چرخ‌دنده‌ای با مشخصات فوق مفروض است. مقدار W را حساب کنید؟** $\left(m = 2mm\ ,\ Z = 24\ ,\ \phi = 20^\circ\ ,\ k = 3\right)$

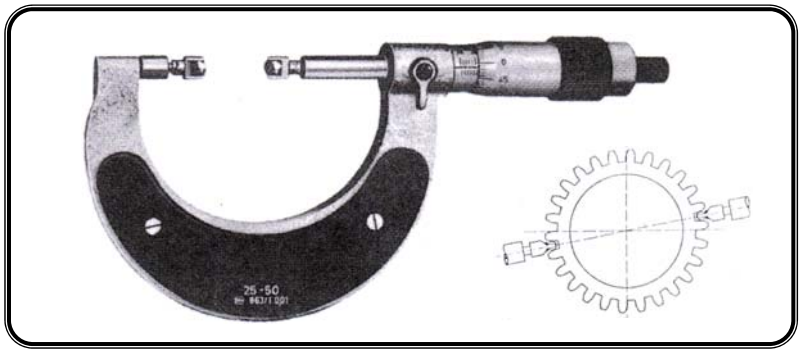
۱) ۱۳/۳۹۶ ۲) ۱۵/۴۲۵ ۳) ۱۶/۲۵۹ ۴) ۱۷/۴۳۱

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$W = m.\cos\phi\left[\left(k - \frac{1}{2}\right)\pi + z.inv\phi\right] \longrightarrow W = 2\cos 20^\circ\left[3/14\times\left(3 - \frac{1}{2}\right) + 24\times inv20^\circ\right]$$

$$\longrightarrow W = (2\times 0/9397)\times\left[(2/5\times 3/14) + (24\times 0/0149)\right] = 15/425\,mm$$

★ برای اندازه‌گیری قطر متوسط چرخ‌دنده‌ها از میکرومتر چرخ‌دنده استفاده می‌شود که فک‌های سرکروی آن برحسب مدول (یا دیامترال) چرخ‌دنده قابل تعویض است.




www.modaresanesharif.ac.ir

## کنترل چرخ‌دنده به کمک میله‌های استاندارد

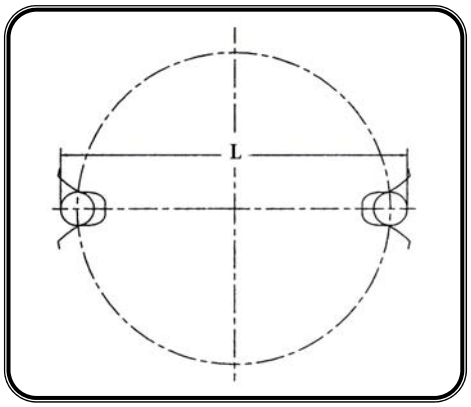
یکی دیگر از روش‌های کنترل چرخدنده‌ها، استفاده از میله‌های استاندارد (Measurment Over Rollers ) است. لازم به توضیح است که انتخاب قطر میله‌ها باید به گونه‌ای باشد که مرکز آنها روی دایره گام چرخدنده قرار گیرد. در این صورت قطر میلهٔ استاندارد از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$d = \left(\frac{m\pi}{2}\right).\cos\phi$$

حال که قطر میلهٔ بهینه جهت کنترل چرخدنده محاسبه شد، تعداد دندانه‌های چرخدنده را شمرده و برحسب زوج یا فرد بودن آن از روش‌های زیر بهره می‌گیریم:

### ★ کنترل چرخدنده با تعداد دندانه زوج

در این حالت دو میلهٔ استاندارد هم قطر را در دو شیار خالی که در طرفین چرخدنده و مقابل هم قرار دارند گذاشته و سپس اندازهٔ پشت تا پشت آنها را توسط میکرومتر فک بشقابی اندازه‌گیری کرده و مقدار آن را با مقدار تئوری مقایسه می‌کنیم:

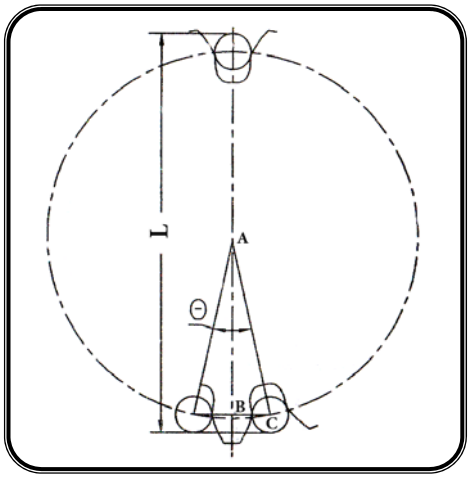



$$L = mz + d$$

### ★ کنترل چرخدنده با تعداد دندانه فرد

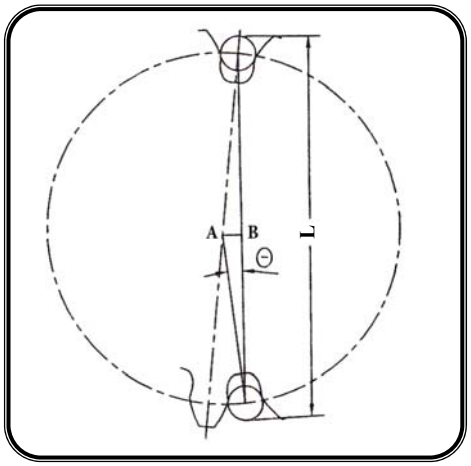
هرگاه تعداد دندانهٔ چرخدنده فرد باشد از یکی از روش‌های زیر بهره می‌گیریم:

● **روش اول:** در این روش دو میله در یک طرف و در دو شیار مجاور و یک میله در شیار طرف مقابل که در وسط دو شیار قبلی باید باشد قرار داده و توسط میکرومتر فک بشقابی اندازهٔ پشت تا پشت میله‌ها را تعیین می‌کنیم. سپس مقدار واقعی $L$ را طبق رابطه زیر محاسبه کرده و نتیجه را مقایسه می‌کنیم:




$$L = d + \frac{mz}{2}\left(1 + \cos\frac{180^\circ}{z}\right)$$

● **روش دوم:** در این روش دو میله استاندارد در داخل شیار طوری قرار می‌گیرند که تعداد دندانه‌های بین آن‌ها $\left(\frac{Z-1}{2}\right)$ شود. سپس اندازهٔ پشت تا پشت میله‌ها توسط میکرومتر فک بشقابی اندازه‌گیری می‌شود و در انتها مقدار واقعی $L$ را طبق رابطه زیر محاسبه کرده و نتیجه را مقایسه می‌کنیم:

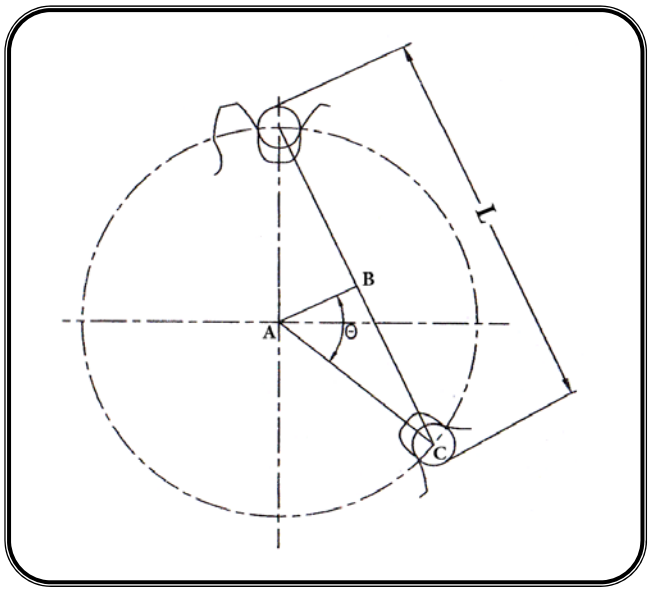



$$L = m.z\cos\left(\frac{90^\circ}{z}\right) + d$$

www.modaresanesharif.ac.ir

**★ کنترل چرخدنده در حالت کلی**

در این روش دو میلهٔ هم قطر را در داخل دو شیار مطابق شکل قرار داده و اندازهٔ پشت تا پشت آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم و مقدار بدست آمده را با مقدار محاسبه شده از رابطهٔ زیر مقایسه کرده و نتیجه‌گیری می‌کنیم. در این روش هرچه تعداد دندانهٔ موجود بین دو مفتول به نصف تعداد دندانه‌ها $\left(\frac{z}{۲}\right)$ نزدیکتر باشد مقدار خطا کمتر خواهد بود.




$$L = mz\sin\theta + d$$

**مثال۵: هرگاه d قطر مفتول‌های اندازه‌گیری و m مدول دندانه‌ها و z تعداد دندانهٔ چرخدنده باشد، در کنترل چرخدنده با تعداد دندانه‌های زوج اندازهٔ پشت تا پشت مفتول‌ها که میکرومتر فک بشقابی بایستی نشان دهد که صحت تولید دندانه‌های چرخدنده را تأیید کند از کدام یک از روابط زیر محاسبه می‌شود؟**

۱) $L = mz + d$

۲) $L = \left(\frac{m\pi}{۲}\right) + d$

۳) $L = d + \frac{mz}{۲}\left(۱ + \cos\frac{۱۸۰}{z}\right)$

۴) $L = m.z\cos\left(\frac{۹۰}{z}\right) + d$

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» هرگاه d قطر مفتول‌های اندازه‌گیری و m مدول دندانه‌ها و z تعداد دندانهٔ چرخدنده با تعداد دندانهٔ زوج باشد، اندازهٔ پشت تا پشت مفتول‌ها که توسط میکرومتر فک بشقابی نشان داده می‌شود از رابطهٔ $(L = mz + d)$ محاسبه می‌گردد.

**مثال۶: در کنترل چرخ دنده ساده‌ای با مدول $(m = ۲mm)$ و تعداد دندانهٔ $(Z = ۱۸)$ توسط مفتول‌های استاندارد قطر مفتول‌های اندازه‌گیری، چند میلی‌متر می‌باشد؟**

۱) ۱/۲۵ ۲) ۲/۹۵ ۳) ۳/۸۵ ۴) ۵/۱۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

قطر مفتول‌های استاندارد $d = \left(\frac{m.\pi}{۲}\right).\cos\phi = \left(\frac{۲\times۳/۱۴}{۲}\right)\times\cos۲۰^\circ = ۳/۱۴\times۰/۹۳۹۶ = ۲/۹۵\,mm$

**مثال۷: با توجه به سئوال قبل، اندازهٔ پشت تا پشت مفتول‌ها جهت تأیید صحت ساخت چرخ دنده، چند میلی‌متر است؟**

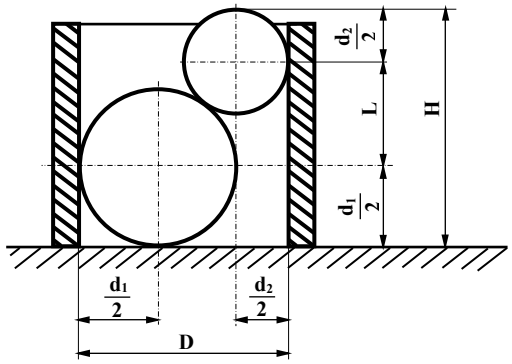
۱) ۲۶/۹۵ ۲) ۳۰/۹۵ ۳) ۳۳/۹۵ ۴) ۳۸/۹۵

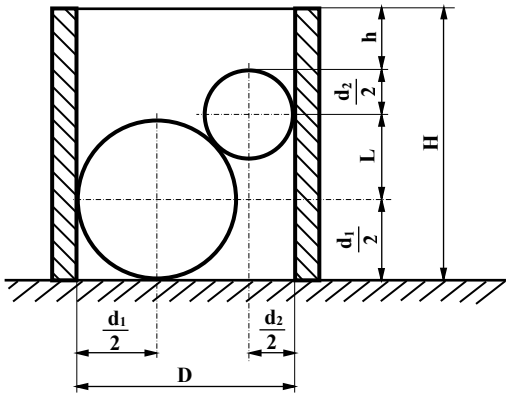
☑ **پاسخ:** گزینه «۴»

اندازهٔ پشت تا پشت مفتول‌های استاندارد $L = (m.z) + d = (۲\times۱۸) + ۲/۹۵ = ۳۸/۹۵\,mm$

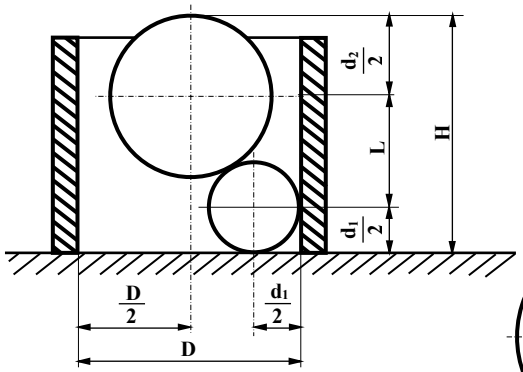
www.modaresanesharif.ac.ir

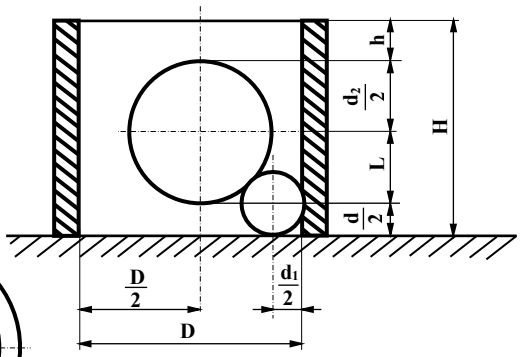
## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی (استوانه)

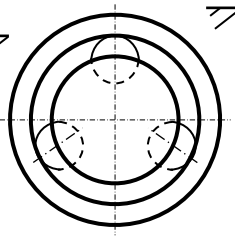



$$D = \frac{d_1 + d_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right)^2 - L^2}$$

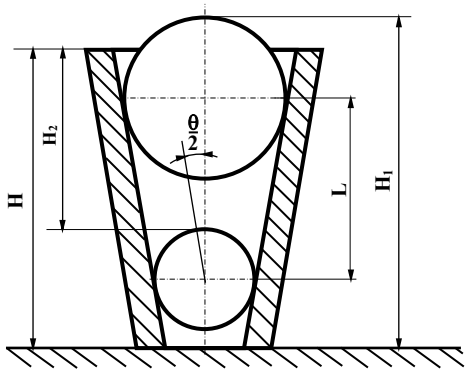


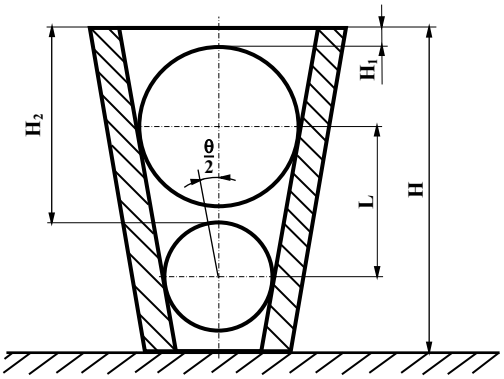



$$D = d_1 + \sqrt{(d_1 + d_2)^2 - 4L^2}$$

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( زاویه مخروط داخلی)

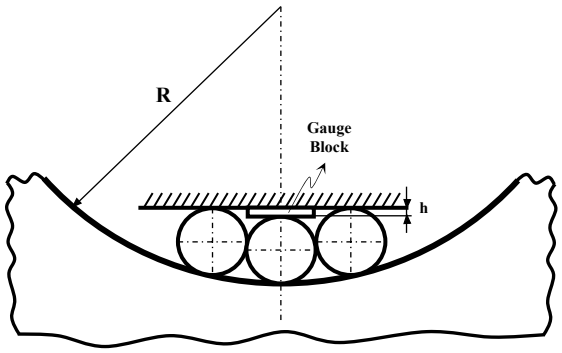


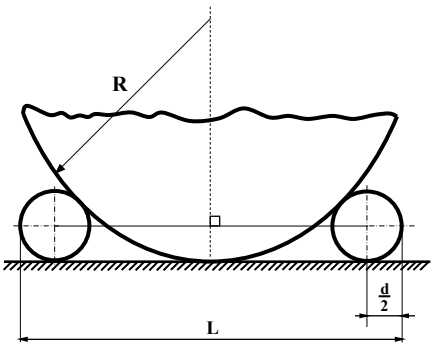

$$\sin\frac{\theta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2L}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی (قطرپولک شکسته خارجی و داخلی)

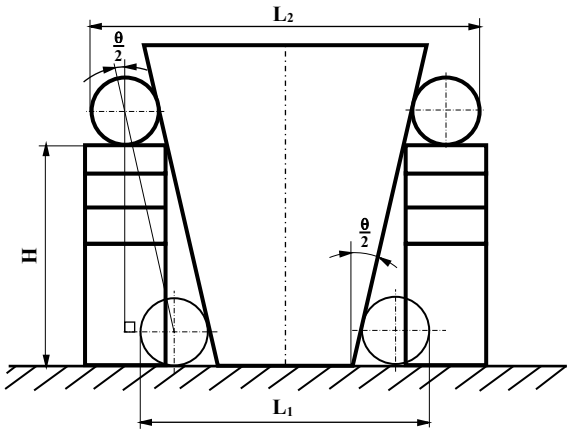



$$D = d\left(1 + \frac{d}{h}\right)$$



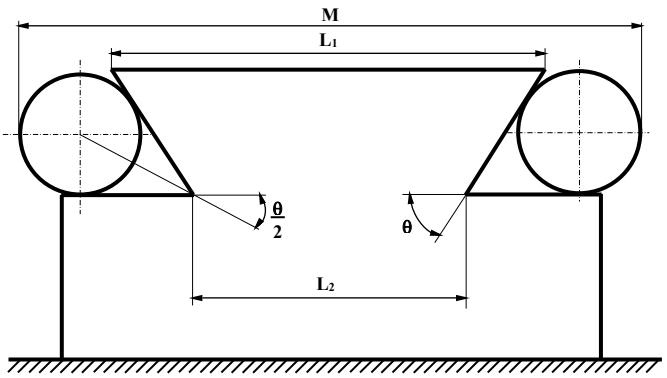

$$D = \frac{(L-d)^2}{4d}$$

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( زاویه مخروط خارجی)




$$tg\frac{\theta}{2} = \frac{L_2 - L_1}{2H}$$

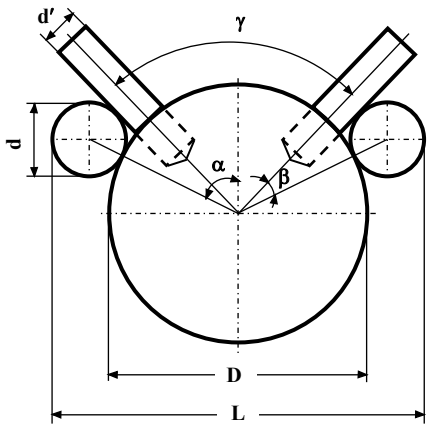
## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( اندازه بالا و پائین دم‌چلچله خارجی)




$$L_2 = M - D\left(1 + \frac{1}{tg\frac{\theta}{2}}\right)$$

www.modaresanesharif.ac.ir

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( زاویه بین دو سوراخ استوانه)

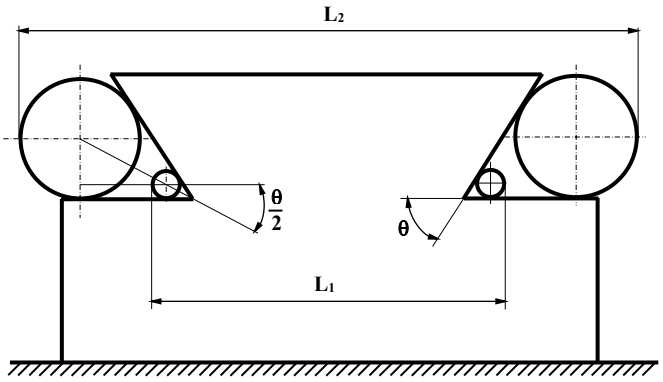



$$\text{Sin}\alpha = \frac{L-d}{D+d}$$

$$\text{Sin}\beta = \frac{d-d'}{D+d}$$

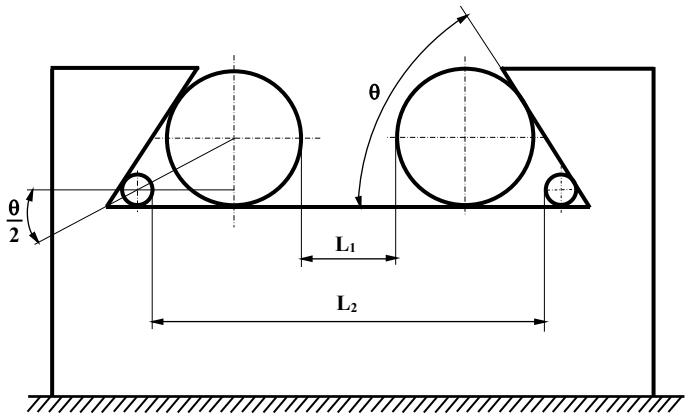
$$\gamma = 2(\alpha - \beta)$$

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( زاویه دم‌چلچله خارجی)




$$\text{tg}\frac{\theta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{(L_2 - L_1) - (d_2 - d_1)}$$

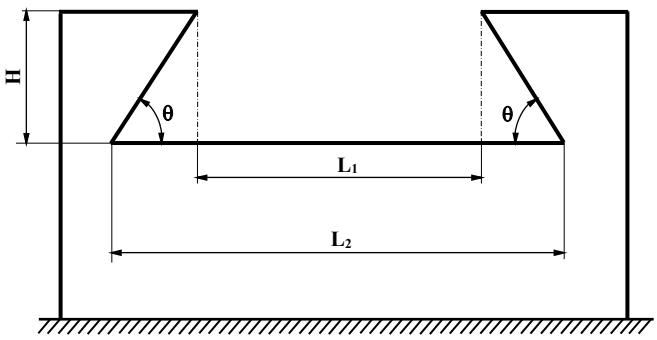
## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( زاویه دم‌چلچله داخلی)




$$\text{tg}\frac{\theta}{2} = \frac{(d_2 - d_1)}{(L_2 - L_1) - (d_2 - d_1)}$$

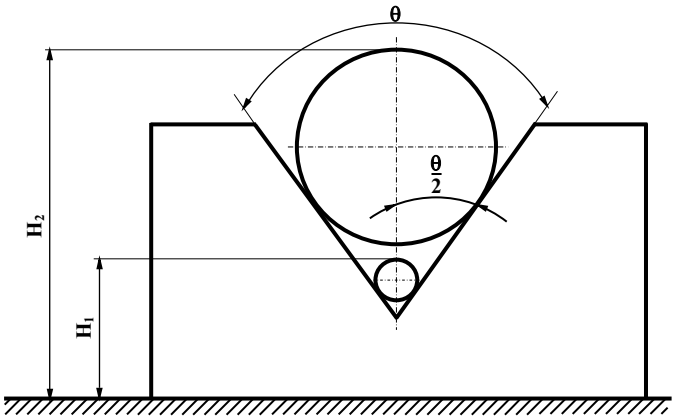
www.modaresanesharif.ac.ir

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( اندازه بالا و پائین دم‌چلچله داخلی)



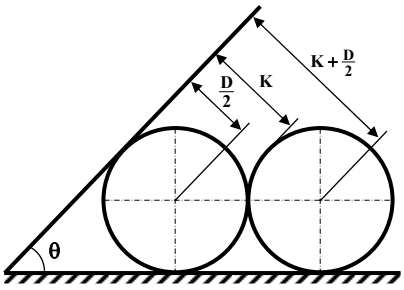

$$L_2 = L_1 + \frac{2h}{tg\theta}$$

## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی ( زاویه جناقی)

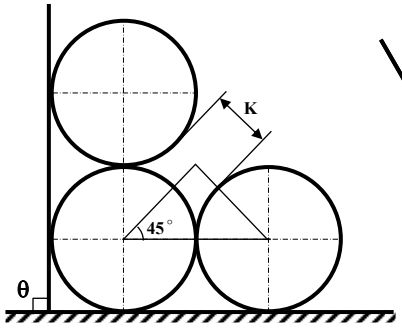



$$\sin\frac{\theta}{2} = \frac{(d_2 - d_1)}{2(H_2 - H_1) - (d_2 - d_1)}$$

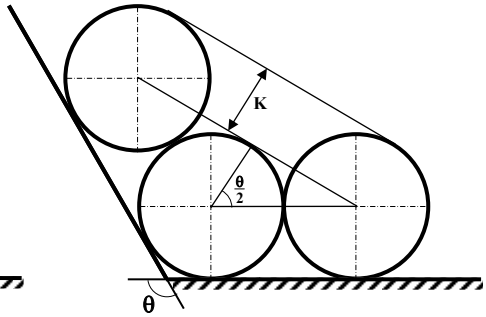
## تکنیک‌های عمومی اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی (تعیین زوایا و سطوح شیب‌دار)




$$\sin\theta = \frac{K}{D}$$




$$\sin\frac{\theta}{2} = \frac{K + D}{2D}$$




$$\cos\frac{\theta}{2} = \frac{K}{D}$$

www.modaresanesharif.ac.ir