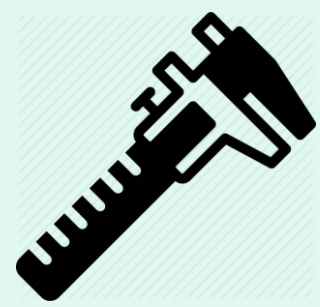




گروه آموزشی فتحی

به نام خدا



سیستم‌های اندازه‌گیری - جلسه دوم

مدرس: احسان فتحی

مدیر و موسس آموزشگاه آزاد فنی و حرفه‌ای فتحی

Telegram & Instagram: @FathiTrainingGroup

Website: FathiTrainingGroup.com

Email: ehsanfathi_eh@yahoo.com

Tel: 09386249330, 05136210687



فصل اول: مسابني اندازه کسيري دقيق



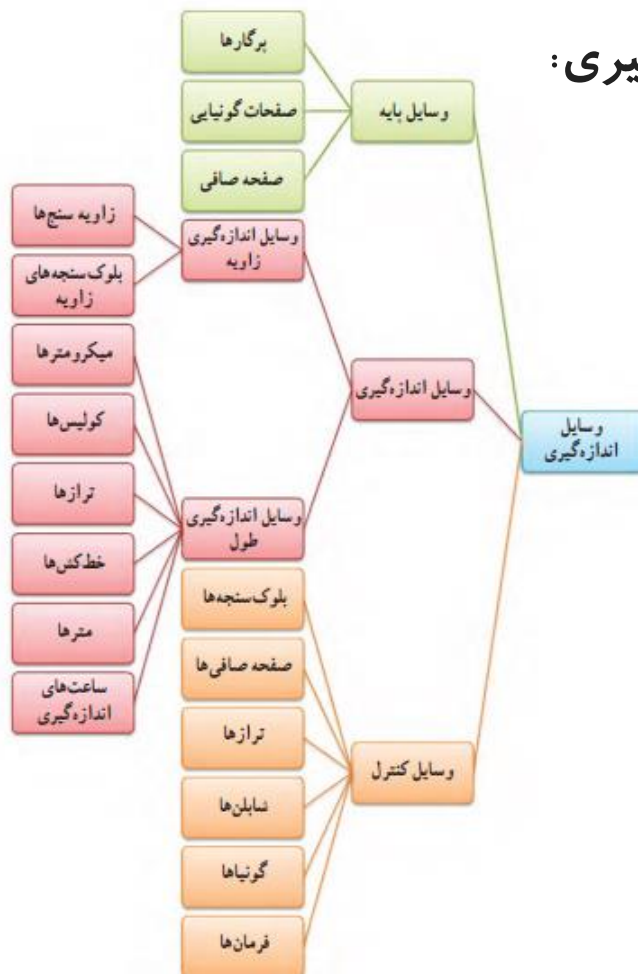
فهرست مطالب

- تاریخچه
- دستگاه یكاهای اندازه گیری
- اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری
- خطاهای ناشی از اندازه گیری
- نیازمندی های آزمایشگاه دستگاه های اندازه گیری
- پرسش های فصل
- مراجع



اصطلاحات و مفاهيم اوليه در اندازه گيري

○ دسته بندی وسایل اندازه گیری:





اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ تکرار پذیری (Repeatability):

تکرار پذیری به این معناست که اگر آزمایش در زمان‌های مختلف با ورودی‌های یکسان تکرار شود نتایج یکسان بدست آید.

✓ قابلیت تکرار اکثر دستگاه‌ها به مرور زمان از بین می‌رود.

✓ قابلیت تکرار متفاوت از صحت دستگاه است. مثلاً اگر صفحه مقیاس وسیله‌ای جابجا شود صحت آن بهم می‌خورد (پیش خطا Bias) ولی قابلیت تکرار آن ممکن است خوب باشد.



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

❖ مثال:

برای ولتاژ معلوم ۱۰۰ ولت مقادیر ۱۰۴، ۱۰۲، ۱۰۵، ۱۰۳ و ۱۰۵ ولت اندازه گیری شده است. صحت و قابلیت تکرار (تنظیم) دستگاه را مشخص نمایید.

❖ جواب:

میانگین اعداد قرائت شده ۱۰۴ ولت است و حداکثر انحراف از مقدار واقعی ۱۰۵ ولت است.

$$Accuracy = \frac{105 - 100}{100} \times 100 = 5\%$$

$$Repeatability = \frac{105 - 104}{100} \times 100 = 1\%$$



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ خطا (Error):

اندازه خوانده شده منهای اندازه واقعی

$$E = I - T$$

E = اندازه خطا

I = اندازه خوانده شده توسط وسیله اندازه گیری

T = مقدار حقیقی کمیت مورد اندازه گیری



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

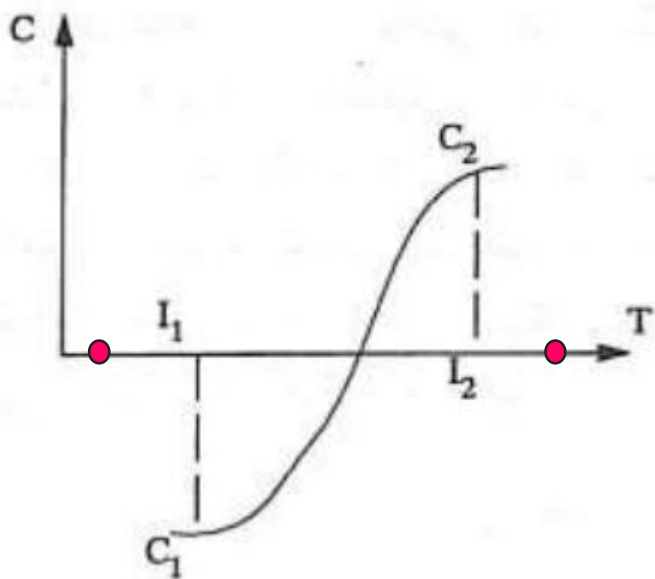
○ ضریب تصحیح (Correction Factor):

اندازه حقیقی منهای اندازه خوانده شده

$$C = T - I$$

$$I_1 = 12.18$$

$$C_1 = 0.12$$

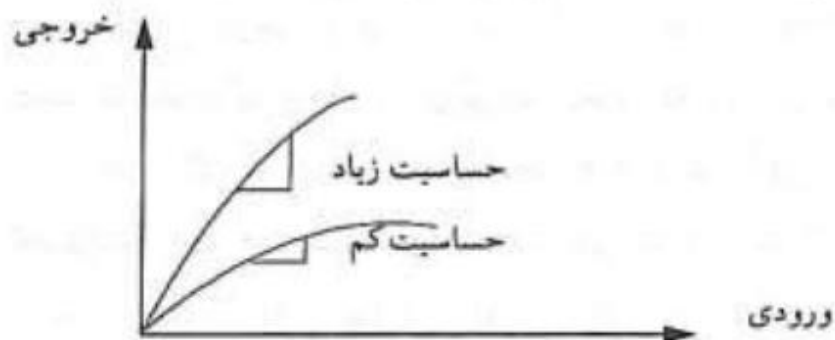




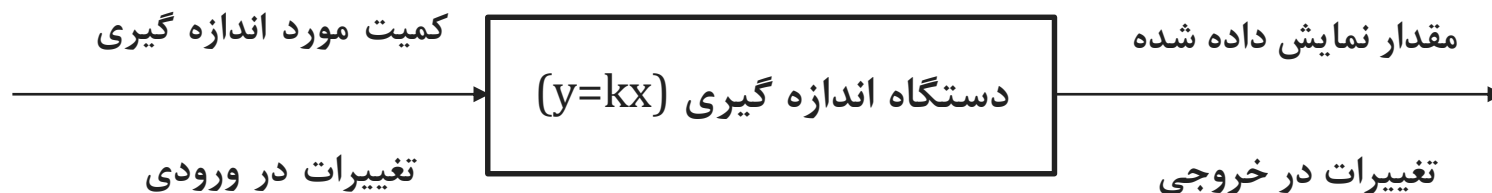
اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ حساسیت (Sensitivity):

شیب تغییرات خروجی به تغییرات ورودی را حساسیت گویند.



$$\text{حساسیت} = \frac{\text{دامنه خروجی دستگاه}}{\text{دامنه ورودی دستگاه}} \Rightarrow S = \frac{\partial q_o}{\partial q_i}$$





❖ مثال ۱:

در یک رنوستا به ازاء 0.5 میلی متر تغییر مکان در دسته آن ولتاژ خروجی ۳ ولت تغییر می کند. حساسیت دستگاه چقدر است؟

$$Sensitivity = \frac{3\text{volt}}{0.5\text{mm}} = 6\text{volts/mm}$$

❖ مثال ۲:

در یک عقربه سنجش جابجایی، به ازاء یک میلی متر جابجایی نوک اهرم، عقربه در صفحه ای بقطر ۴۰ میلی متر یک دور می زند حساسیت این دستگاه چقدر است؟

$$Sensitivity = \frac{3.14 * 40\text{mm}}{1\text{mm}} = 125.6\text{mm/mm}$$



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ قدرت تشخیص (Resolution):

میزان دقت نمایش مقادیر اندازه گیری شده

❖ مثال ۱:

خط کشی دارای ۱۰۰ قسمت بوده که حداکثر می توان تا ۱۰۰ سانتی متر را به کمک آن اندازه گیری کرد. اگر درجه بندی این خط کش به نحوی باشد که تا $\frac{1}{10}$ هر قسمت قابل تشخیص باشد، قدرت تشخیص آن چقدر است؟

$$R = \frac{100}{100 \times 10} = 0.1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$



❖ مثال ۲:

صفحه ساعت اندازه گیری دارای ۱۰ قسمت بوده و حداکثر می تواند تا ۱۰ میلیمتر را اندازه گیری نماید. اگر درجه بندی این ساعت به نحوی باشد که تا $\frac{1}{10}$ هر قسمت قابل رویت باشد، قدرت تشخیص آن چقدر است.

$$R = \frac{10}{10 \times 10} = 0.1 \text{ mm}$$



اصطلاحات و مفاهيم اوليه در اندازه گيري

○ رده بندی:

همان طوری که ذکر شد، تجهیزات اندازه گیری به طور عام به سه دسته «وسایل اندازه گیری»، «کنترل» و «کالیبراسیون» تقسیم می شوند. وسایل اندازه گیری با قابلیت تفکیک مشخص می شوند. برای مثال کولیس ۰.۱ میلیمتر، میکرومتر ۰.۰۱ میلیمتر. از این وسایل می توان در کارگاه ساخت، عملیات بازرسی و هم در آزمایشگاه اندازه گیری استفاده نمود و مشخصه دقتی آن ها همان قابلیت تفکیک است. لیکن بعضی از وسایل، از جمله گونیاهای و بلوک سنجها، فاقد قابلیت تفکیک می باشند آن گونه که در وسایل اندازه گیری مطرح است بلکه دارای رده بندی دقتی می باشند. به عنوان مثال گونیای رده صفر (۰ ۰) دارای بالاترین سطح دقتی در سری گونیاهای و بلوک سنجها طول با رده (۳) دارای پایین ترین سطح دقت در سری بلوک سنجهای طول می باشد.



بلوک سنجه طول



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ دامنه اندازه گیری (Span):

تفاضل بیشترین و کمترین مقدار که توسط وسیله اندازه گیری می توان مورد تشخیص قرار داد.

❖ مثال: دامنه اندازه گیری میکرومتری که بین ۵۰ - ۲۵ میلیمتر درجه بندی گردیده برابر است با ۲۵ میلیمتر.



○ زمان پاسخ (Response Time):

مدت زمانی که طول می کشد تا بعد از تغییر ناگهانی ورودی یک دستگاه اندازه گیری عقربه آن به حالت پایدار جدید خود باز گردد و کاملاً به حالت سکون در آید.

○ سرعت پاسخ (Response Speed):

سرعتی که دستگاه اندازه گیری نسبت به تغییر در ورودی از خود عکس العمل نشان می دهد.

✓ اگر وسیله اندازه گیری عقربه اش سریع تر حرکت کند سرعت پاسخش بیشتر است.

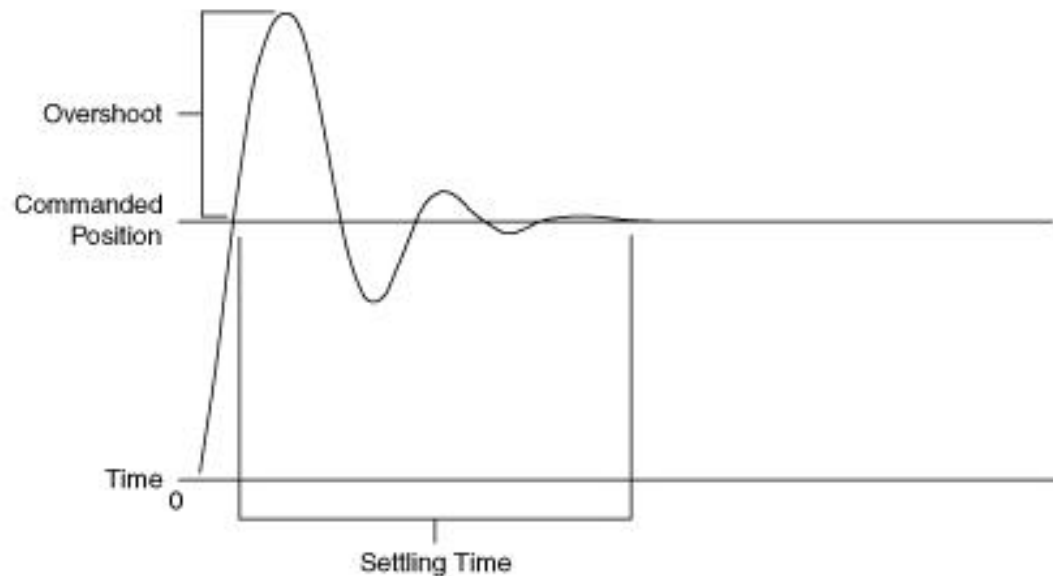


اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ پرش اضافه (Over Shoot):

بیشترین مقداری که عقربه از محل نقطه پایدار خود دور می شود.

✓ دستگاه دیجیتالی پرش ندارد.





اصطلاحات و مفاهيم اوليه در اندازه گيري

خطی بودن (Linearity):

هدف از خطی بودن این است که تغییرات نمایشگر وسایل اندازه گیری با اندازه ورودی رابطه خطی داشته باشد.

✓ هر چقدر تغییرات نمایشگر با اندازه ورودی رابطه خطی داشته باشد خطای دستگاه کمتر شده و سرعت اندازه گیری آن بیشتر می شود.





اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ راندمان (Efficiency):

نسبت بیشترین مقدار قابل خواندن توسط دستگاه به توان گرفته شده از کمیت مورد اندازه گیری هنگامی که دستگاه بیشترین مقدار را نشان می دهد.

$$\left[\text{راندمان} \right] = \frac{\text{بیشترین مقدار قابل خواندن}}{\text{توان گرفته شده به ازای بیشترین اندازه خوانده شده}} = \frac{V_{\max}}{P_{\max}}$$



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

❖ مثال:

اگر حداکثر ولتاژی که یک ولت‌متر با مقاومت داخلی ۱۰ اهم می‌تواند اندازه‌گیری نماید ۲۲۰ ولت باشد و حداکثر جریانی که ولت‌متر در ۲۲۰ ولت می‌کشد ۲۲ آمپر باشد راندمان آن چقدر است؟

$$Efficiency = \frac{V}{P} = \frac{220 V}{220 V \times 22 A} = \frac{1}{22} = 0.045$$

✓ اگر دو ولت‌متر یک عدد ثابت را نشان دهند راندمان ولت‌متری بیشتر است که جریان کمتر یا مقاومت بیشتری داشته باشد.



○ عدم قطعیت (Uncertainty):

اگر هنگام اندازه گیری مقدار معلومی از اندازه واقعی وجود نداشته باشد ولی بوسیله اندازه گیری این اعتماد وجود داشته باشد که در گستره به اضافه یا منهای مقدار مشخصی از اندازه حقیقی کار می کند، می توان گفت که گستره به اضافه یا منهای عدم قطعیت در خواندن وسیله اندازه گیری را بیان می کند.

❖ مثال:

$$P = 100 \text{ kN/m}^2 \pm 1 \text{ kN/m}^2$$



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

✓ در صورت کالیبره شدن دقیق، شخص می تواند از عدم قطعیت پایین تری استفاده کند. در این روش نسبت احتمال مشخصی به عدم قطعیت نسبت داده می شود.

❖ مثال:

$P=100\text{kN/m}^2 \pm 1\text{kN/m}^2$ (با احتمال ۲۰ به ۱)

یعنی آزمایش کننده اعتقاد دارد به احتمال ۲۰ به ۱ فشار اندازه گیری شده در داخل $\pm 1\text{kN/m}^2$ قرار دارد. انتخاب و تشخیص این احتمال بر اساس تجربه شخص اندازه گیر است.



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

○ بیراهی (Aberration – Deflection)

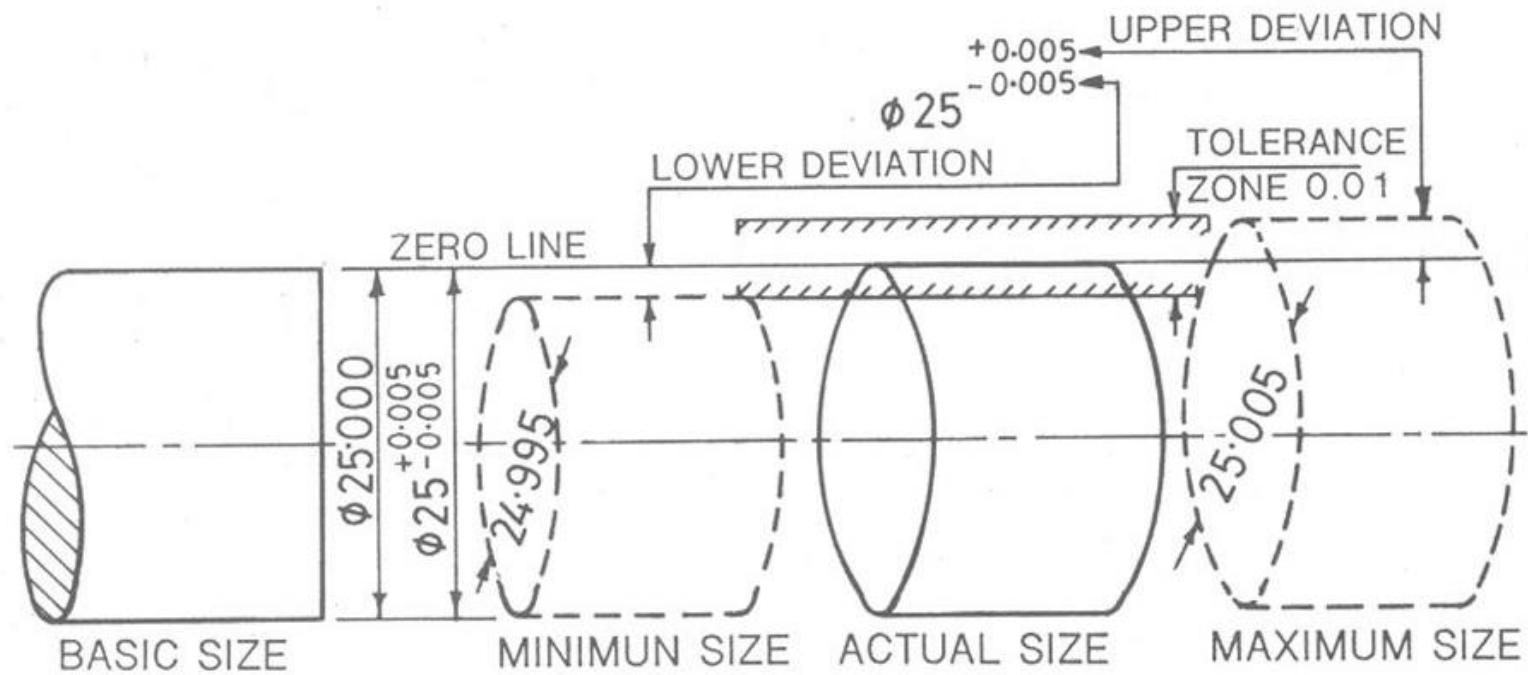
حداکثر و حداقل انحراف از اندازه اسمی را بیراهی گویند.



اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری

رواداری (Tolerance):

حداکثر انحراف یک قطعه ساخته شده از اندازه خاص خودش را گویند.





اصطلاحات و مفاهیم اولیه در اندازه گیری



○ واسنجی (کالیبراسیون):

به حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه گیری و سنجش تحت شرایط مشخص، واسنجی یا کالیبراسیون می گویند.

○ وسایل واسنجی:

وسایل کالیبراسیون ابزارهایی هستند که از آنها برای کنترل و کالیبراسیون وسایل اندازه گیری استفاده می شود. مانند بلوک سنجه های طول، بلوک سنجه های زاویه و ...



خطاهای ناشی از اندازه گیری

○ انواع خطا:

□ خطاهای روشمند (قابل حذف):

این خطاها به صورت دائمی در هر اندازه گیری ممکن است وجود داشته باشند، که البته قابل کاهش اند 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 می باشند.

□ خطاهای اتفاقی (غیر قابل حذف):

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 اندازه گیری رخ میدهد که در اندازه گیری تأثیر می گذارد و باعث خطا می گردد، خطای ناگهانی گفته می شود.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

□ خطاهای قابل حذف:

۱- فشار درگیری:

فشار وارد به فکین وسایل اندازه گیری از جمله کولیس علاوه بر این که موجب خسارت و خرابی وسیله می‌گردد، در اندازه گیری اجسام انعطاف پذیر و یا نرم باعث خطا در اندازه گیری می‌شود. لذا توصیه می‌شود در اندازه گیری با کولیس های ورنیه دار 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) سر بخورد.

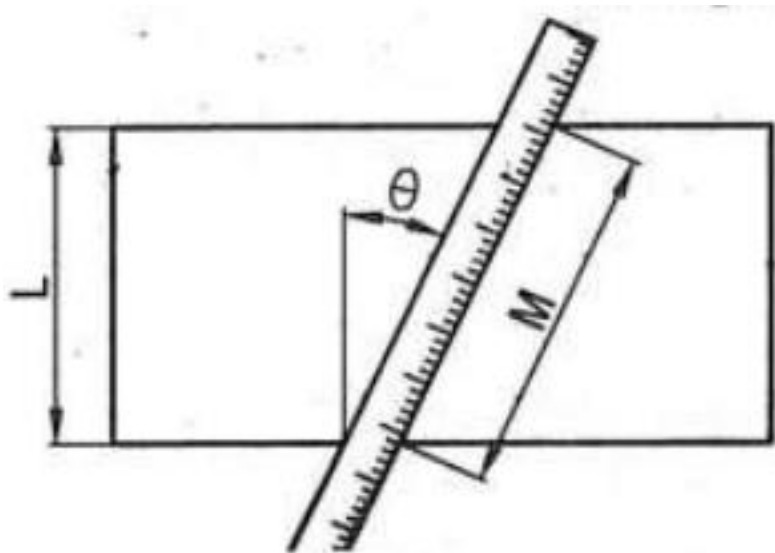


خطاهای ناشی از اندازه گیری

۲- خطاهای مثلثاتی (کسینوسی):

در اثر عدم انطباق صحیح محور کار با ابزار (عمود نبودن بعد مورد اندازه گیری با فک های وسیله اندازه گیری) ایجاد می شود.

❖ مثال ۱: خطا در کولیس



$$E = M - L$$

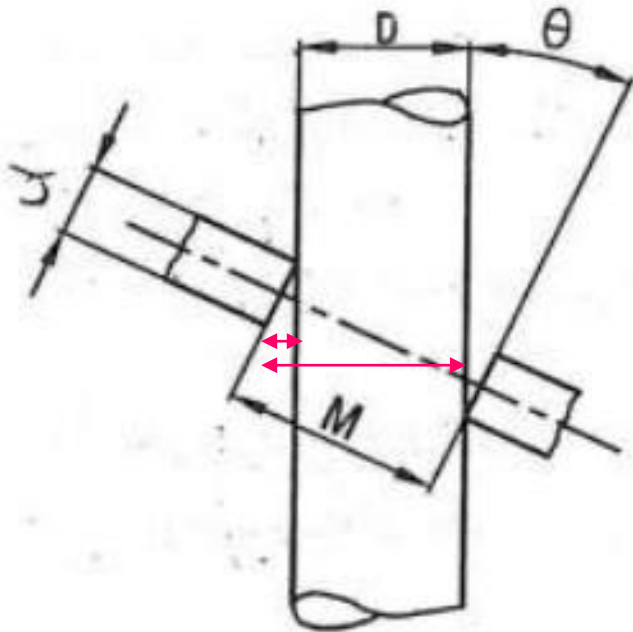
$$L = M \cos(\theta)$$

$$E = M - M \cos(\theta) \rightarrow E = M(1 - \cos(\theta))$$



خطاهای ناشی از اندازه گیری

❖ مثال ۲: خطا در میکرومتر



$$E = M - D$$

$$D = M \cos \theta - d \sin \theta$$

$$E = M - (M \cos \theta - d \sin \theta)$$



خطاهای ناشی از اندازه گیری

❖ سوال: میکرومتری با دقت 0.001 میلیمتر و قطر فکین 10 میلیمتر و با زاویه انحراف 100 ثانیه اندازه قطعه ای را 100 میلیمتر می خواند. اندازه واقعی قطعه چقدر است؟

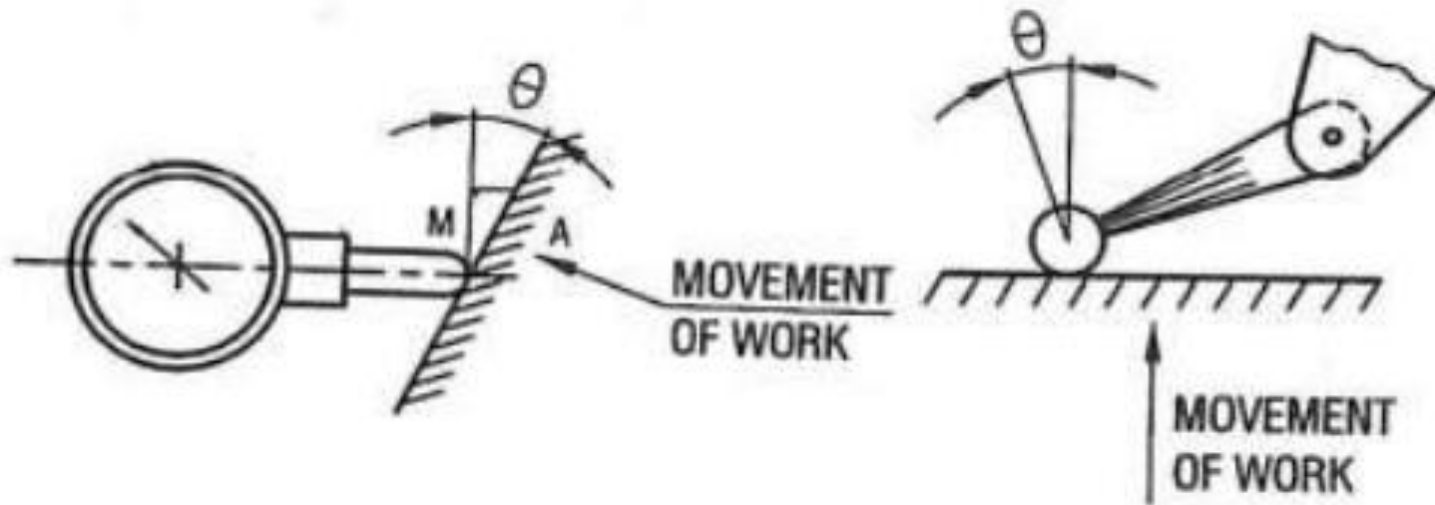
$$D = M \cos(\theta) - d \sin(\theta)$$

$$D = 100 \times \cos\left(\frac{1}{36}\right) - 10 \times \sin\left(\frac{1}{36}\right) = 99.995$$



خطاهای ناشی از اندازه گیری

❖ مثال ۳: خطا در ساعت



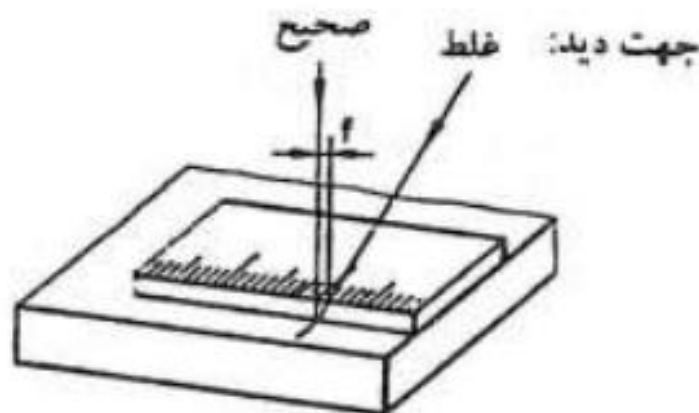
$$M = A \cos(\theta)$$



خطاهای ناشی از اندازه گیری

۳- خطای مسیر دید:

این خطا در اثر درست نگاه نکردن به مقدار اندازه رخ می دهد. بنابراین همیشه باید به تقسیم بندی های وسایل اندازه گیری به صورت عمودی نگاه کرد





خطاهای ناشی از اندازه گیری

۴- خطای روش های اندازه گیری:

برای اندازه گیری می بایست از روش و وسیله مناسب استفاده نمود. برای مثال اندازه گیری قطر داخلی یک سیلندر موتور احتراق داخلی، داخل سنج ساعتی و یا میکرومتر سه فک بسیار مناسبتر از میکرومتر دونقطه و یا انتقال اندازه به روی میکرومتر اندازه گیر خارج به کمک اندازه گیر تلسکوپی است.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

۵- عدم کالیبره بودن وسایل اندازه گیری و کنترل:

کلیه وسایل اندازه گیری 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 اندازه گیری و کنترل با تجهیزاتی که کالیبره نشده اند وجود ندارد.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

۶- آلودگی:

از جمله خطاهای متداول در اندازه گیری آلودگی است که چون بُعد دارد نتیجه اندازه گیری 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 بعدی در اندازه هزارم و صدم میلیمتر است بنابراین، در شروع اندازه گیری باید دقت فراوان نمود تا آلودگی به حداقل برسد که به خطا در اندازه گیری منجر نشود.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

۷- دما:

چنانچه میله فولادی استاندارد 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 چند هزارم میلیمتر افزایش پیدا کرده است. بنابراین، باید دقت نمود که اولاً قطعات را در دست نگه نداریم، ثانیاً از اندازه گیری قطعات گرم خودداری کنیم و ثالثاً دمای آزمایشگاه را همواره استاندارد نگه داریم.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

۸- رطوبت:

رطوبت علاوه بر اینکه موجب زنگ زدگی قطعات و وسایل می شود دارای بعد است و در مقدار اندازه ایجاد خطا می نماید.

۹- ارتعاش:

وجود ارتعاش با هر منشائی، اعم از وسیله اندازه گیری، صفحه صافی، میز اندازه گیری، لرزش دست شخص اندازه گیر و ساختمان آزمایشگاه که باشد ایجاد خطا می نماید. بنابراین، ساختمان آزمایشگاه نباید در کنار محل های پر رفت و آمد خودروها، طبقات بالای مجتمع ها، پل ها و محل های پر ازدحام قرار داشته باشد، همچنین دست شخص اندازه گیر نباید دچار لرزش باشد ضمناً میز کار باید کاملاً محکم باشد.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

۱۰- خطای کمانشی:

چنانچه قطعه کار بلند باشد و برای اندازه گیری آن نیاز به استقرار روی پایه باشد، باید موقعیت پایه ها را به گونه ای در نظر بگیریم که کمانش قطعه کار به حداقل اندازه برسد.

۱۱- خطای اندازه گیر:

شخص اندازه گیر باید دانش، مهارت، دقت، تجربه، حوصله و بینایی مطلوب داشته باشد تا این عوامل باعث خطا در اندازه گیری نشوند.



خطاهای ناشی از اندازه گیری

□ خطاهای اتفاقی (غیر قابل حذف):

۱- ارتعاش ناگهانی

۲- تغییر شرایط محیطی ناگهانی

۳- جریان هوای ناگهانی



خطاهای ناشی از اندازه گیری

○ تصحیح خطا

- ✓ وسایل اندازه گیری پس از استفاده می بایست به صورت دوره ای کالیبره و تست شوند.
- ✓ خطاهای قابل اصلاح از طریق رگلاژ یا تعویض قطعات معیوب رفع شوند.
- ✓ تست تعیین خطا روی وسیله اندازه گیری صورت پذیرد.
- ✓ در وسایلی که امکان رگلاژ آن ها وجود ندارد از ضرایب تصحیح برای جبران خطا استفاده شود. مثل Coordinate Measuring Machine (CMM)



نیازمندی‌های آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق

○ روشنایی:

✓ مقدار نور مورد نیاز بین ۵۰ تا ۱۵۰ فوت شمع است.

✓ نور باید به گونه‌ای تنظیم شده باشد که بر روی میز کار ایجاد سایه نکند.

○ دما:

✓ دمای مورد نیاز برای آزمایشگاه الکترونیک $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ و برای آزمایشگاه مکانیک

$20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ است.



نیازمندی‌های آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق

○ فشار:

✓ مقدار فشار آزمایشگاه باید از فشار بیرون بیشتر باشد. این امر باعث جلوگیری از ورود گرد و غبار به داخل آزمایشگاه می‌شود.

✓ فشار داخل اتاق تمیز تقریباً ۰/۱۲۵ سانتی متر ستون آب از فشار محیط بیشتر باشد.

○ گرد و غبار:

✓ آزمایشگاه‌ها از لحاظ عدم وجود ذرات گرد و غبار به کلاس‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. این کلاس‌ها شامل ۳۰۰۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰، ۱۰۰۰ و بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ است. هر چقدر کلاس کمتر باشد گرد و غبار کمتر می‌باشد.



نیازمندی‌های آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق

○ رطوبت:

✓ مقدار رطوبت نسبی آزمایشگاه باید بین ۳۵ تا ۵۵ درصد باشد.

○ لرزش:

✓ لرزش زیاد در محیط باعث کاهش راندمان در کالیبراسیون دستگاه می‌شود.

○ صدا:

✓ مقدار صدا باید کمتر از ۷۵ دسی بل باشد.

○ کنترل امواج مغناطیسی



○ بخش اول: مفاهیم اولیه

- ۱- انواع خطا را نام برده برای هر کدام دو مثال بزنید.
- ۲- چنانچه ساعت شروع کلاس اندازه گیری هشت صبح باشد و خطای مجازی در حدود ± 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) همه هنرجویان پنج دقیقه مانده به ساعت هشت در کلاس حاضر می شوند.
 - ب) همه هنرجویان هشت و پنج دقیقه در کلاس حاضر می شوند.
 - ج) همه هنرجویان راس ساعت هشت در کلاس حاضر می شوند.
 - د) هنرجویان از ده دقیقه به هشت تا هشت و پانزده دقیقه در کلاس حاضر می شوند.
 - ه) همه دانشجویان یک ربع مانده به هشت در کلاس حاضرند.
- ۳- وسایل اندازه گیری به چند دسته تقسیم می شوند؟ از هر کدام مثالی بزنید.



○ بخش دوم: تبدیل واحد

- ۱- چهارصد و سی و پنج سانتی متر، چند میلی متر و چند میکرومتر است؟
- ۲- سی و دو و نیم میکرومتر، چند میلی متر و چند آنگسترم است؟
- ۳- هشتاد و چهار میکرون چند نانو متر و چند پیکومتر است؟
- ۴- دویست و شصت و سه یارد، چند فوت و چند اینچ است؟
- ۵- دویست و چهل و هشت و نیم فوت، چند یارد و چند اینچ است؟
- ۶- سی و چهار درجه و ده دقیقه، چند دقیقه است؟
- ۷- دویست و پنجاه و چهار ثانیه، چند دقیقه و چند درجه است؟



- سیستم های اندازه گیری دقیق، محمد جواد حریرپوش، محمد تقی محمود زاده، سید مصطفی ضیائی، ۱۳۸۴
- اندازه گیری دقیق، محمد مهرزادگان، ۱۳۹۱
- آزمایشگاه اندازه گیری دقیق، محمد مهرزادگان، ۱۳۹۵



امام حسن عسکری علیه السلام:

بیچ گرفتاری و بلایی نیست مگر آنکه نعمتی از خداوند آن را در میان گرفته باشد.