



نام درس: روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته – ابزارهای اندازه‌گیری و مشخصات کارایی (۱)

جلسه دوم

نام استاد: علی چائی بخش لنگرودی



بررسی انواع ابزارها

ابزارهای اندازه گیری (Measurement Instrument) می توانند بر اساس معیارهای متعددی به دسته های مختلفی تقسیم بندی شوند.

این تقسیمات، در بیان برخی از مشخصات ابزارهای اندازه گیری از قبیل دقت، هزینه و کاربردهای عمومی آنها در موارد مختلف، می تواند مفید می باشند





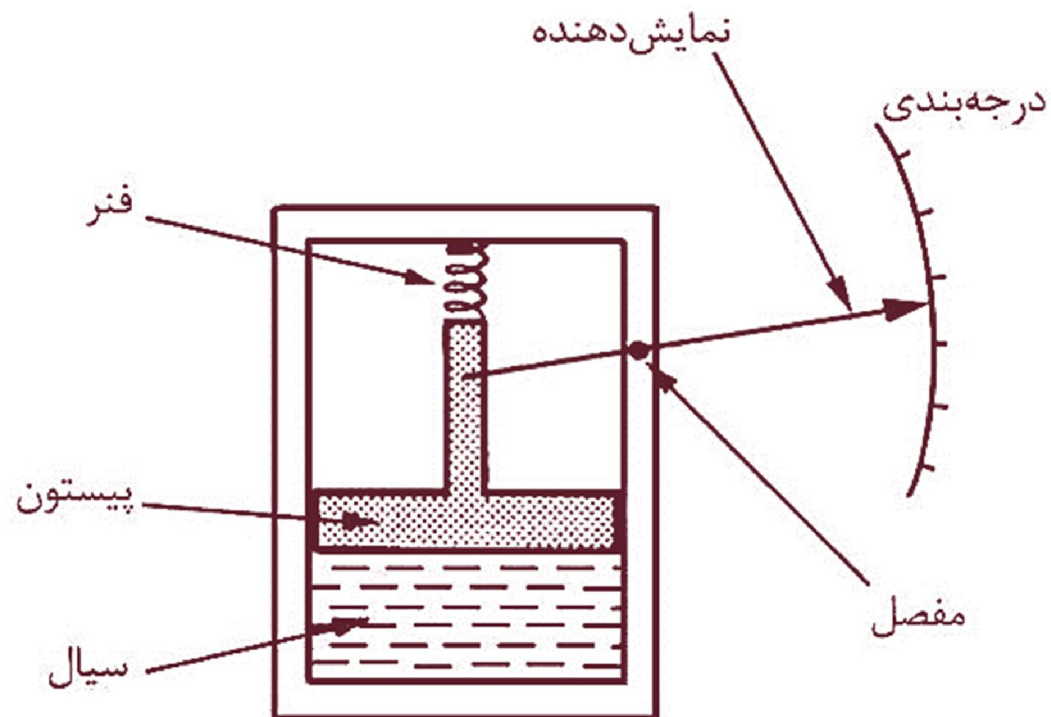
بررسی انواع ابزارها

ابزارهای فعال (Active) و غیرفعال (Passive) 

 ابزارهای اندازه گیری بر اساس آن که خروجی وسیله اندازه گیری مستقیماً توسط کمیت قابل اندازه گیری تولید و یا این که کمیت اندازه گیری شده توسط یک منبع توان خارجی ایجاد گردد، به دو زیرمجموعه فعال و غیر فعال تقسیم می شوند.

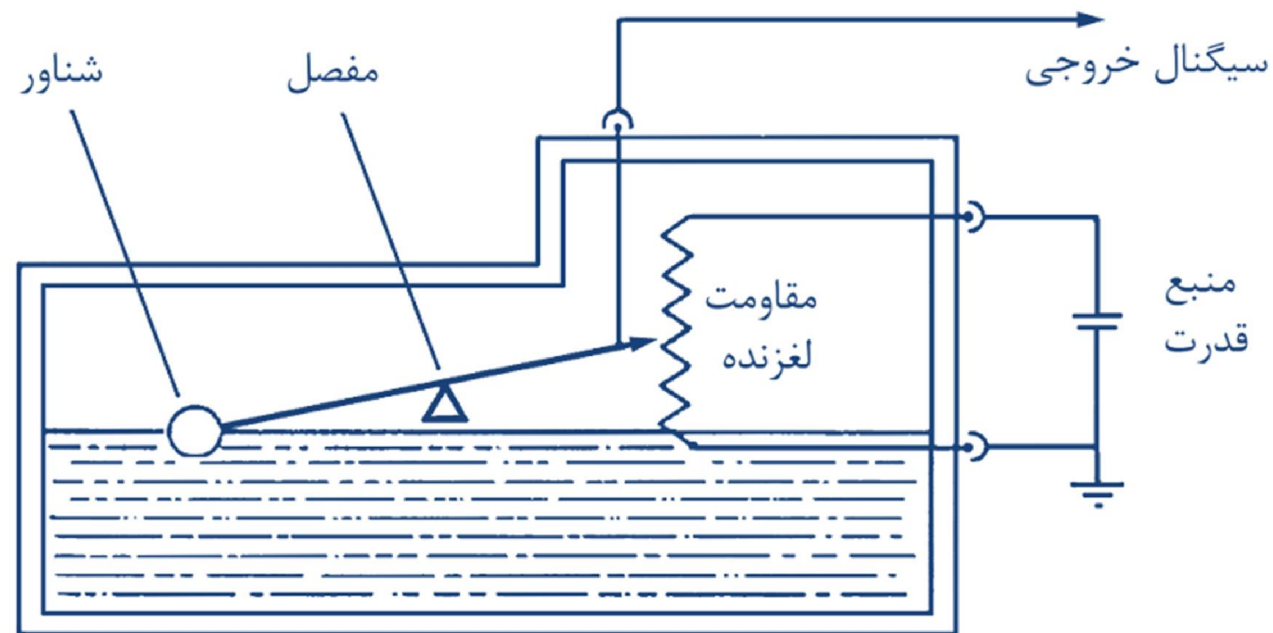
بررسی انواع ابزارها

فشارسنج غیر فعال



بررسی انواع ابزارها

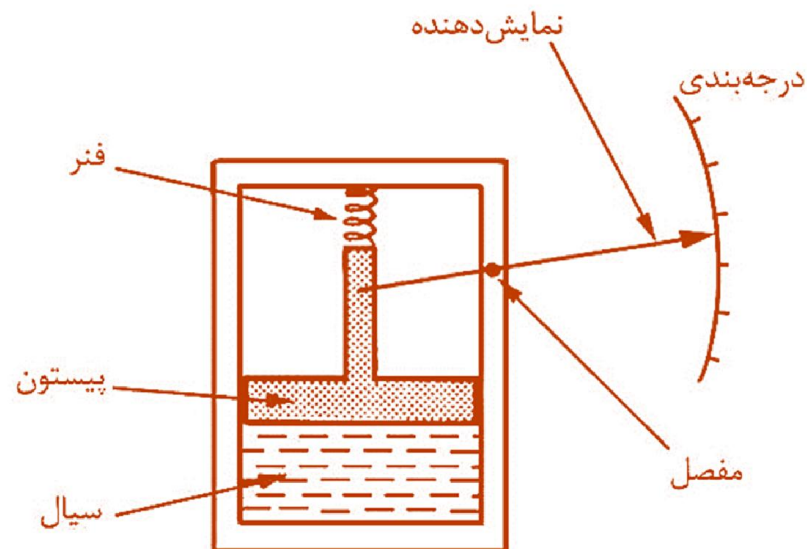
نشانگر سطح باک بنزین (فعال)



بررسی انواع ابزارها

❖ ابزارهای نوع انحرافی (Deflection-type instrument)

- مقدار کمیت اندازه گیری شده بر اساس میزان جابجایی نشانگر نشان داده می شود

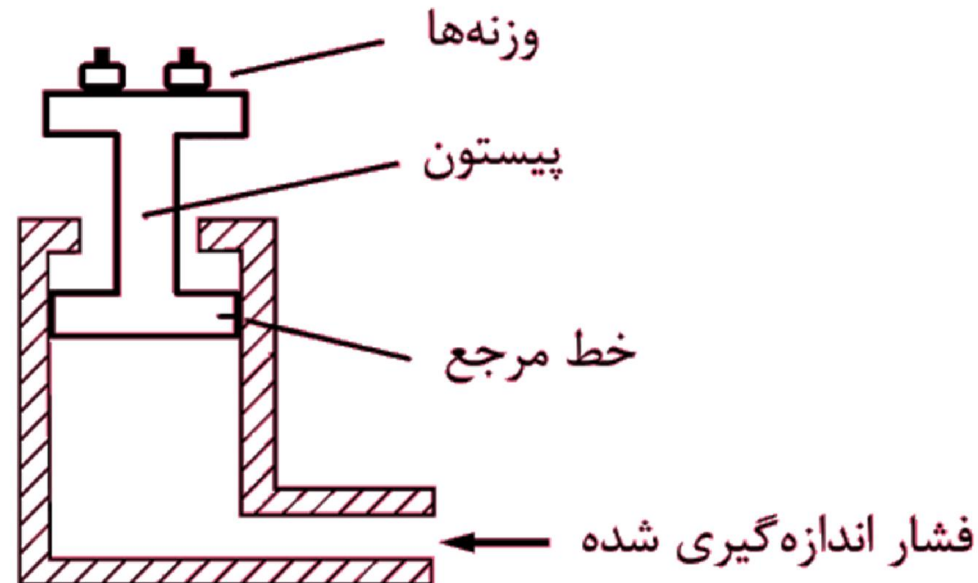


بررسی انواع ابزارها

ابزارهای نوع صفر (Null-type instrument) 

○ گیج وزن-مرده (Dead-weight gauge)

وزنه ها در بالای پیستون قرار داده می شوند تا زمانی که نیروی رو به پایین با فشار سیال به توازن برسد. میزان فشار بر حسب مقدار وزنه های مورد نیاز برای رسیدن به موقعیت صفر محاسبه می شود.



بررسی انواع ابزارها

- ابزارهای آنالوگ (Analogue) و دیجیتال (Digital)





مشخصات استاتیکی ابزارها

● صحت (Accuracy)

- ◀ میزان نزدیکی خروجی خوانده شده توسط ابزار اندازه گیری به میزان واقعی آن
- ◀ استفاده از میزان عدم صحت یا نامعینی اندازه گیری بجای صحت بیشتر مرسوم می باشد .

● عدم صحت

- ◀ بیانگر امکان اشتباه بودن مقدار قرائت شده بوده که اغلب به صورت درصدی از بازه کامل (f.s.) تغییرات کمیت بیان می شود.



مشخصات استاتیکی ابزارها

مثال ۱-۲

یک فشارسنج با محدوده اندازه‌گیری صفر تا ۱۰ بار با عدم صحت $\pm 1\%$ درصد موجود می‌باشد.

الف) حداکثر خطای اندازه‌گیری قابل انتظار برای این وسیله چقدر است؟

ب) در صورتی که این فشارسنج مقدار فشار یک بار را اندازه‌گیری کند، میزان خطای بیان شده به صورت درصدی از میزان خوانده شده چقدر است؟

This is an
example



مشخصات استاتیکی ابزارها

حل مثال ۱-۲

الف) حداکثر خطای اندازه گیری قابل انتظار برای هر مقدار اندازه گیری برابر با 1% در بازه کامل که برای این ابزار مشخص برابر با ۱۰ بار است. بنابراین حداکثر خطای ممکن $0/1$ بار $= 10 \times 1\%$ می باشد.

ب) حداکثر خطای اندازه گیری، صرف نظر از بزرگی مقدار واقعی یک کمیت اندازه گیری، یک مقدار ثابت وابسته به بازه کامل یک ابزار می باشد. در این شرایط حداکثر مقدار خطا برابر با $0/1$ بار خواهد بود. بنابراین، زمانی که فشار ۱ بار اندازه گیری می شود، حداکثر خطای ممکن برای $0/1$ بار برابر با ۱۰ درصد مقدار اندازه گیری شده است.

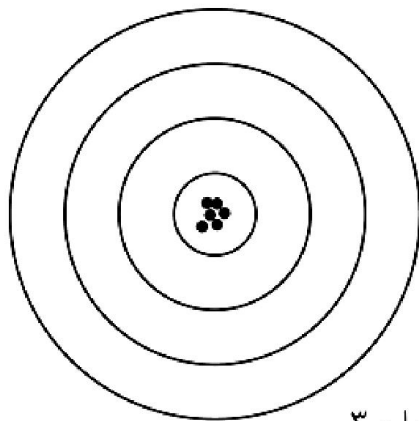


مشخصات استاتیکی ابزارها

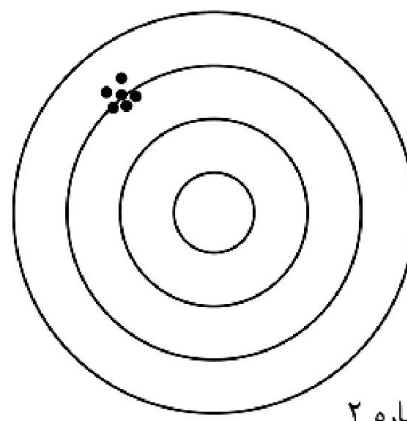
دقت (Precision)



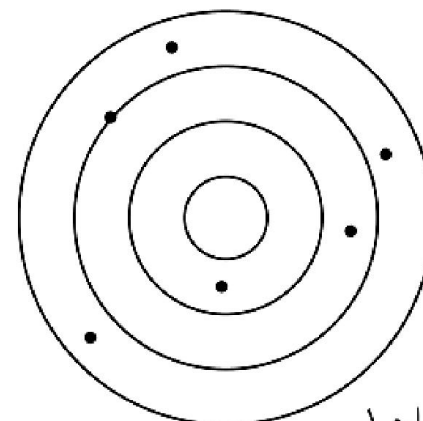
❖ اصطلاحی است که درجه آزادی از خطای تصادفی یک ابزار اندازه گیری را توصیف می کند



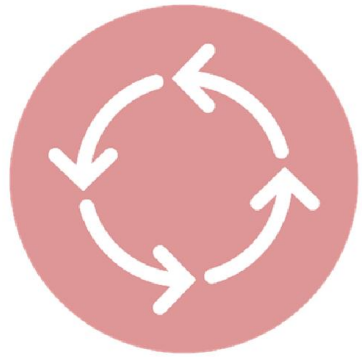
ربات شماره ۳
(ج) دقت زیاد، صحت بالا



ربات شماره ۲
(ب) دقت بالا، صحت کم



ربات شماره ۱
(الف) دقت کم، صحت کم



مشخصات استاتیکی ابزارها

تکرارپذیری (Repeatability)

- بیانگر نزدیکی خروجی قرائت شده در شرایطی است که ورودی های یکسان به صورت مکرر و در یک بازه زمانی کوتاه با شرایط اندازه گیری، ابزار، ناظر، مکان و شرایط عملکرد یکسان اعمال شوند.

قابلیت بازتولید (Reproducibility)

- بیانگر میزان نزدیکی خروجی های خوانده شده برای ورودی های یکسان می باشد در صورتی که روش اندازه گیری، ناظر، ابزارها، مکان، شرایط استفاده و زمان اندازه گیری تغییر کند.



مشخصات استاتیکی ابزارها



تولانس (Tolerance)

T تولانس اصطلاحی است که تقریباً وابسته به صحت بوده، به صورت حداکثر خطای قابل انتظار در مقدار اندازه گیری شده تعریف می شود.

T در صورت توجه به معنی دقیق تولانس، خواهیم دید که تولانس، در واقع یک مشخصه استاتیکی برای ابزارهای اندازه گیری نمی باشد.



مشخصات استاتیکی ابزارها

مثال ۲-۲

یک بسته مقاومت از یک فروشگاه تامین قطعات الکترونیک با مقاومت اسمی 1000Ω و تolerانس تولید ۵ درصد خریداری شده است. مقدار مقاومت حداکثر و حداقل ممکن برای یک مقاومت در انتخاب تصادفی از این مجموعه خاص چقدر می تواند باشد؟

حداقل مقاومت ممکن برابر است با: $1000 \Omega - 5\% = 950 \Omega$

حداکثر مقاومت ممکن برابر است با: $1000 \Omega + 5\% = 1050 \Omega$

مشخصات استاتیکی ابزارها

برد (Range) یا محدوده (Span) 

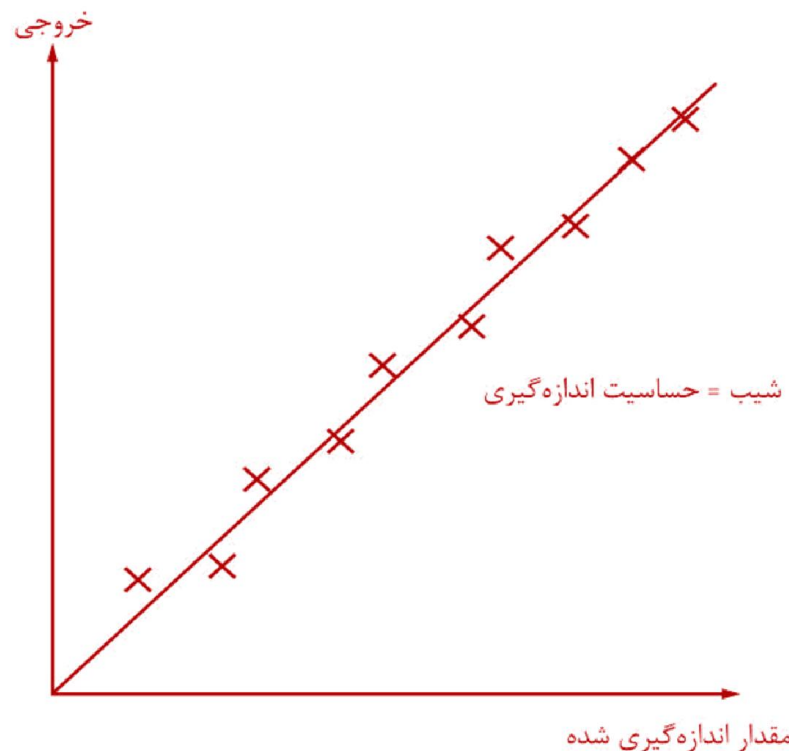
▶ برد یا محدوده یک ابزار اندازه گیری به صورت حداقل و حداکثر مقدار یک کمیت را که آن ابزار برای اندازه گیری آن طراحی شده، تعریف می گردد.



استاتیکی

خطی بودن

این اصطلاح معمولاً بیانگر تغییرات خطی خروجی خوانده شده یک ابزار اندازه گیری متناسب با مقدار کمیت اندازه گیری شده است.





مشخصات استاتیکی ابزارها

❖ حساسیت اندازه گیری (Sensitivity)

بیانگر میزان تغییرات در خروجی ابزار اندازه گیری بوده، زمانی که کمیت اندازه گیری شده به میزان معینی تغییر کند

$$\frac{\text{انحراف در خروجی}}{\text{تغییرات در کمیت اندازه گیری مولد انحراف}}$$



مشخصات استاتیکی ابزارها

مثال ۲-۳

مقدار مقاومت یک دماسنج مقاومتی از نوع پلاتین به ازای دماهای مختلف اندازه گیری شده است. میزان حساسیت دستگاه اندازه گیری را بر حسب $(\Omega/^{\circ}\text{C})$ تعیین کنید.

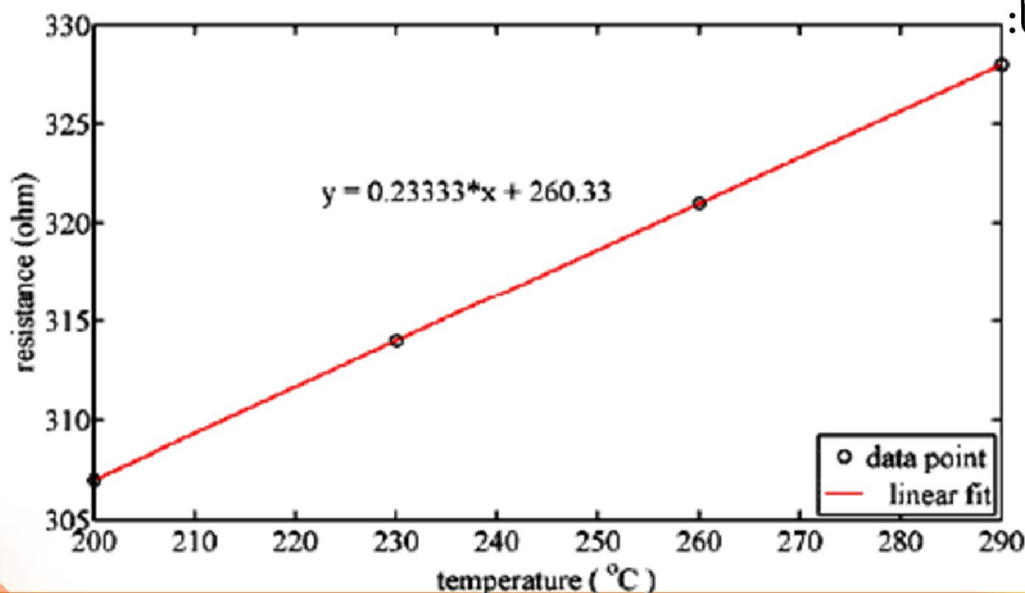
مقاومت (Ω)	دما $(^{\circ}\text{C})$
۳۰۷	۲۰۰
۳۱۴	۲۳۰
۳۲۱	۲۶۰
۳۲۸	۲۹۰



مشخصات استاتیکی ابزارها

حل مثال ۲-۳

اگر مقادیر داده شده به صورت یک نمودار رسم شوند، رابطه بین تغییرات دما و تغییرات مقاومت به صورت یک خط مستقیم مشهود خواهد بود. به ازای هر تغییر دمای 30°C ، تغییر مقاومتی برابر با $7\ \Omega$ ایجاد خواهد شد، بنابراین حساسیت اندازه گیری برابر است با:



$$7(\Omega/^{\circ}\text{C}) \div 30 = 0.2333$$

مشخصات استاتیکی ابزارها



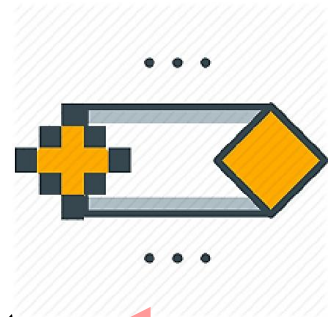
آستانه (Threshold)

در صورت افزایش تدریجی ورودی یک ابزار اندازه گیری از مقدار صفر، برای آشکار شدن تغییرات در خروجی ابزار، ورودی آن می بایست به یک مقدار حداقل مشخص رسیده باشد. این حداقل مقدار ورودی، آستانه یک ابزار اندازه گیری نامیده می شود.

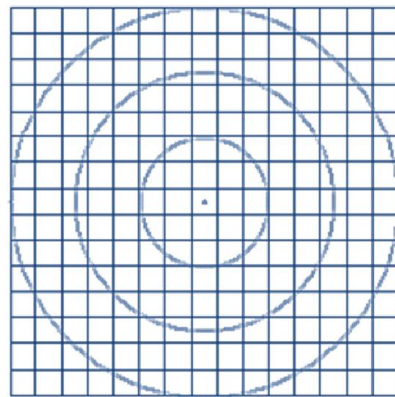


مشخصات استاتیکی ابزارها

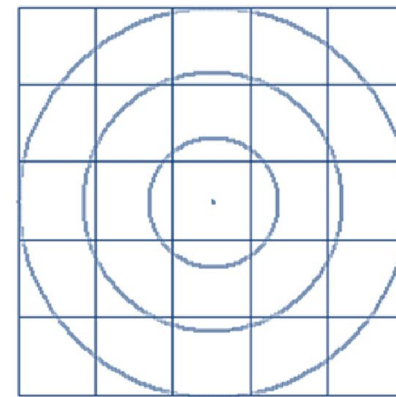
تفکیک (Resolution)



زمانی که یک ابزار اندازه گیری خروجی خاصی را نشان می دهد، به ازای تغییر در دامنه کمیت ورودی، حداقل تغییرات محسوسی در خروجی آن ابزار وجود خواهد داشت که به آن تفکیک گویند.



High Resolution



Low Resolution



مشخصات استاتیکی ابزارها

● حساسیت به اغتشاش

○ در صورت تغییر در شرایط دمایی محیط، ویژگی های استاتیکی ابزارهای اندازه گیری تغییر می کند.
حساسیت به اغتشاش معیاری برای سنجش شدت این تغییرات است

● حساسیت به تغییرات محیطی، ابزارهای اندازه گیری را به دو طریق مختلف تحت تاثیر قرار می دهند

○ انحراف صفر (Zero drift)

○ انحراف حساسیت (Sensitivity drift)



مشخصات استاتیکی ابزارها

■ انحراف صفر یا بایاس

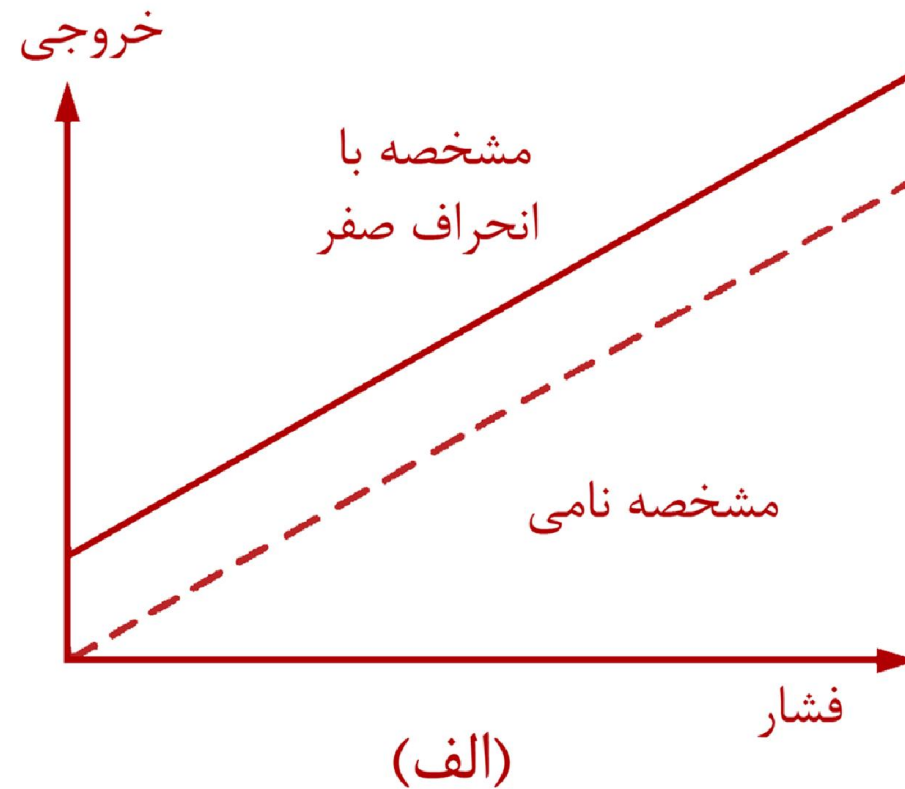
- ▶ بیانگر اثر تغییر در شرایط محیطی بر روی صفر خوانده شده از دستگاه اندازه گیری می باشد.
- ▶ این امر باعث ایجاد خطای ماندگار در بازه کامل تمامی ابزارهای اندازه گیری خواهد شد.
- ▶ به عنوان مثال، نوع مکانیکی ترازوی حمام، یک ابزار اندازه گیری مستعد برای انحراف صفر است.

BIAS



مشخصات استاتیکی ابزارها

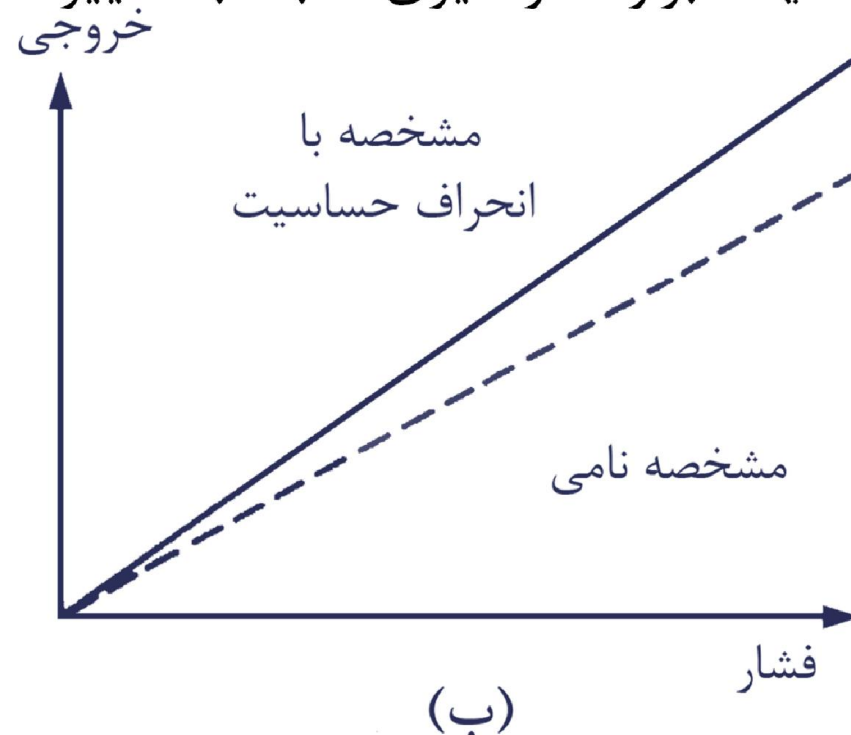
انحراف صفر



مشخصات استاتیکی ابزارها

انحراف حساسیت (ضریب تبدیل مقیاس)

◀ بیانگر میزان تغییر حساسیت یک ابزار اندازه گیری نسبت به تغییرات شرایط محیطی می باشد.





مشخصات استاتیکی ابزارها

مثال ۲-۴ ?

جدول زیر خروجی اندازه گیری یک ولت متر را در دو مجموعه از شرایط مختلف نشان می دهد. (۱) استفاده در دمای 20°C که در آن دما کالیبره شده است. (۲) استفاده در دمای محیط 50°C . با فرض صحیح بودن مقادیر اندازه گیری شده در دمای 20°C ، میزان انحراف صفر در دمای محیط 50°C را محاسبه نمایید. همچنین ضریب انحراف صفر را بدست آورید.

ولتاژ خروجی در دمای 50°C	ولتاژ خروجی در دمای کالیبراسیون 20°C (صحیح)
۱۰/۵	۱۰/۲
۲۰/۶	۲۰/۳
۴۰/۰	۳۰/۷
۵۰/۱	۴۰/۸



مشخصات استاتیکی ابزارها

حل مثال ۲-۴

- ▶ انحراف صفر در دمای 50°C یک مقدار ثابت و برابر با تفاضل هر دو مقدار خروجی خوانده شده متوالی می باشد، که برابر است با 0.3 ولت.
- ▶ ضریب انحراف صفر برابر است با تقسیم مقدار بزرگی انحراف (0.3 ولت) بر بزرگی مقدار تغییرات دمای عامل انحراف (30°C).
- ▶ بنابراین مقدار ضریب انحراف صفر برابر است با

$$0.3 \text{ V}/^{\circ}\text{C} \div 30 = 0.01$$



مشخصات استاتیکی ابزارها

مثال ۲-۵

یک ترازوی فنری در محیطی با دمای 20°C کالیبره شده و مشخصات آن به صورت میزان انحراف بر حسب بار به صورت زیر می باشد.

بار (kg)	۰	۱	۲	۳
انحراف (mm)	۰	۲۰	۴۰	۶۰

سپس این ابزار در محیطی با دمای 30°C مورد استفاده قرار گرفته و مشخصات (انحراف به بار) آن به صورت زیر بدست می آید.

بار (kg)	۰	۱	۲	۳
انحراف (mm)	۵	۲۷	۴۹	۷۱



مشخصات استاتیکی ابزارها

? میزان انحراف صفر و انحراف حساسیت به ازای تغییرات دما بر حسب $^{\circ}\text{C}$ محاسبه نمایید.

حل مثال ۲-۵

در دمای 20°C مشخصه انحراف به بار به صورت یک خط راست است:

$$\text{حساسیت} = 20 \text{ mm/kg}$$

در دمای 30°C مشخصه انحراف به بار نیز به صورت یک خط راست است:

$$\text{حساسیت} = 22 \text{ mm/kg}$$

انحراف صفر (بایاس) = 5 mm (انحراف بی باری)



مشخصات استاتیکی ابزارها

انحراف حساسیت = 2 mm/kg

انحراف صفر به ازای هر درجه سانتی گراد

$$5 \div 10 = 0.5 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$$

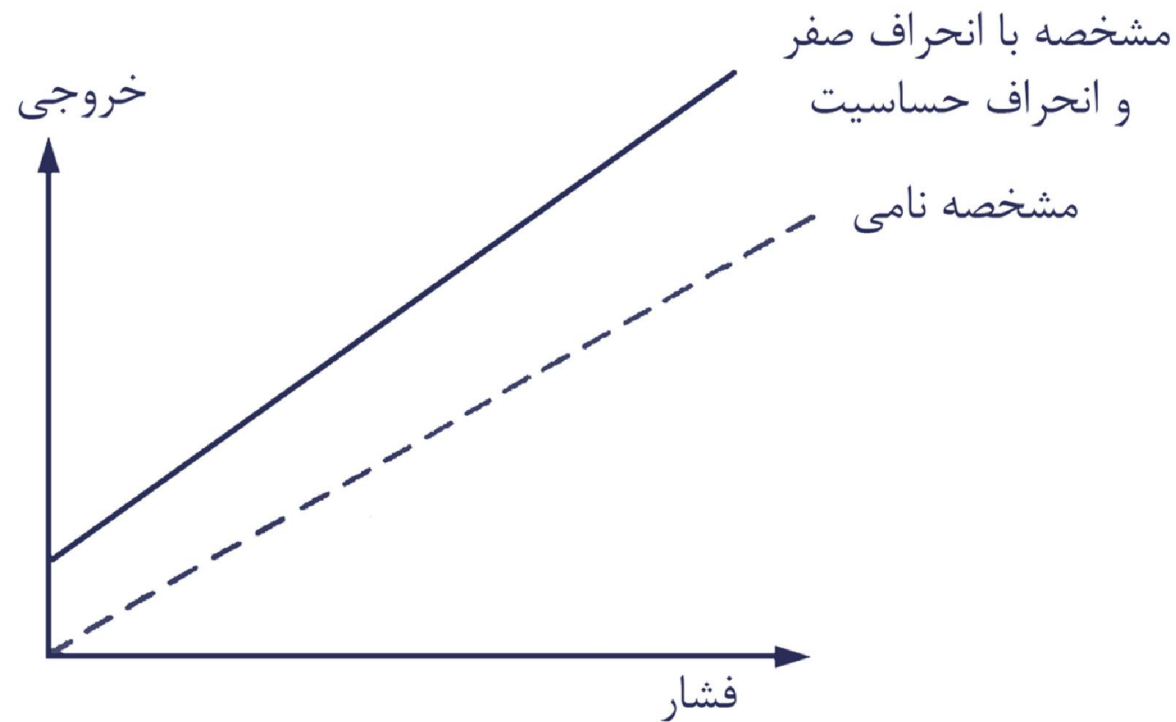
انحراف حساسیت به ازای هر درجه سانتی گراد

$$2 \div 10 = 0.2 \text{ (mm per kg)/}^{\circ}\text{C}$$



مشخصات استاتیکی ابزارها

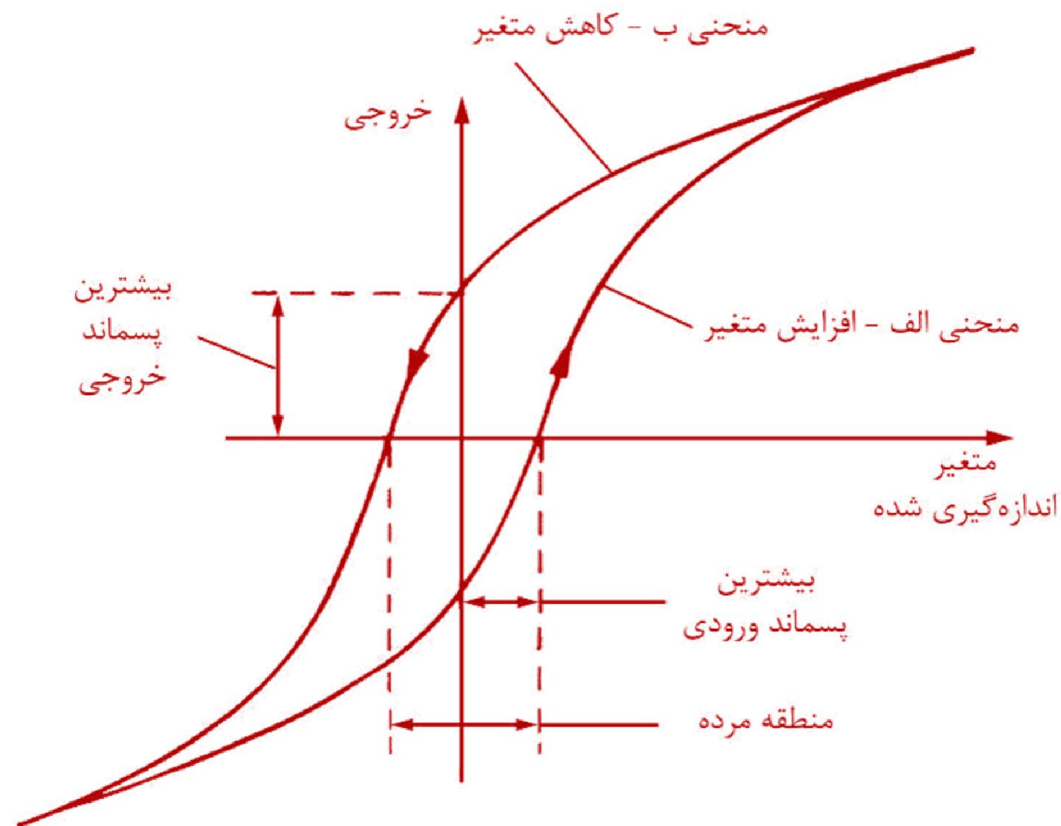
انحراف صفر و انحراف حساسیت همزمان



(ج)

مشخصات استاتیکی ابزارها

◀ اثرات پسماند یا هیستریزیس (Hysteresis)





مشخصات استاتیکی ابزارها

- ❖ اگر مقدار ورودی اندازه گیری شده بطور پیوسته از یک مقدار منفی افزایش پیدا کند، آنگاه خروجی بشکل منحنی (الف) تغییر می کند.
- ❖ چنانچه متغیر ورودی بطور پیوسته کاهش یابد، مقدار خروجی آن به صورت منحنی (ب) تغییر خواهد نمود.
- ❖ عدم انطباق بین این دو منحنی، پسماند یا هیستریزیس نامیده می شود.



مشخصات استاتیکی ابزارها

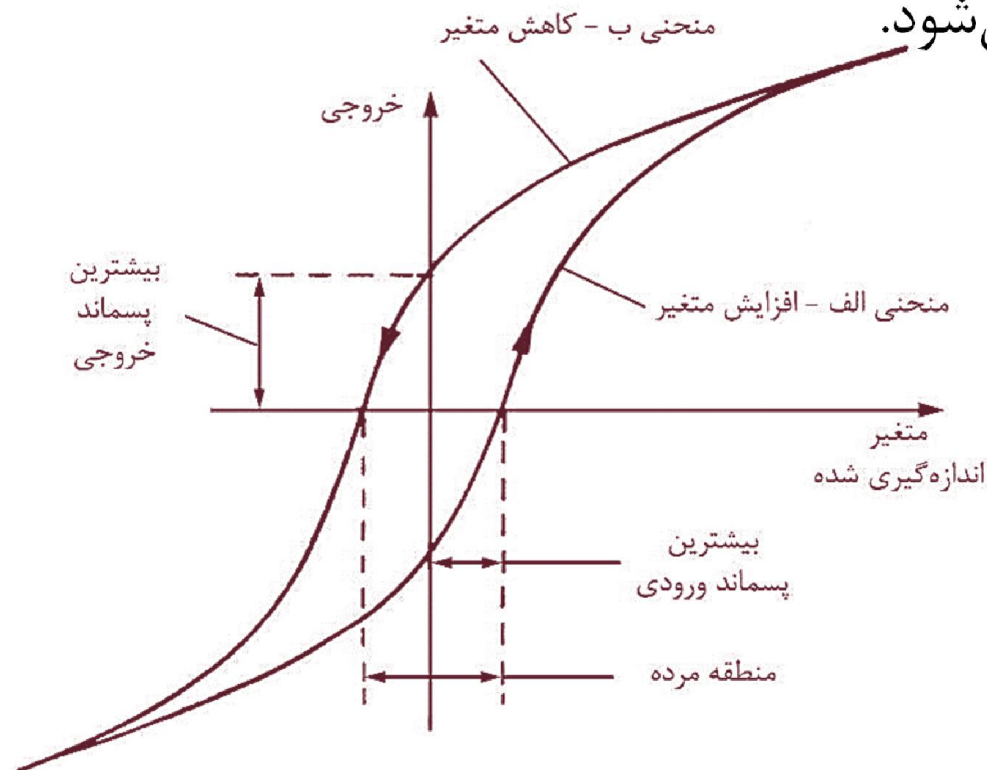
✿ اثرات پسماند

- ▶ اثر پسماند بیشتر در ابزارهایی که در ساختار آنها از فنر استفاده شده باشد، دیده می شود.
- ▶ فشارسنج های غیرفعال
- ▶ ترمز پرونی (Prony break) : برای اندازه گیری گشتاور مورد استفاده قرار می گیرد.
- ▶ سیستم هایی که اثر نیروی اصطکاک وابسته به جهت حرکت آن است نظیر ابزار اندازه گیری جرم آونگی
- ▶ چرخ طیار (فلای بال)
- ▶

مشخصات استاتیکی ابزارها

❖ فضای مرده (Dead space)

بازه ای که در آن، به ازای تغییر در مقادیر ورودی، هیچ تغییری در مقدار خروجی ایجاد نگردد، به عنوان فضای مرده شناخته می شود.





مشخصات استاتیکی ابزارها

امکان وجود فضای مرده در مشخصات خروجی ابزارهایی که حتی اثر پسماند قابل توجهی در آنها دیده نمی شود، نیز هست.

■ وجود لقی (Backlash) در بین چرخ دنده ها نیز یکی از دلایل عمده ایجاد فضای مرده است.



پایان جلسه دوم