

بسم الله الرحمن الرحيم

بخش چهارم

**ابزار اندازه گیری و کنترل
ترم دوم سال تحصیلی ۹۶-۹۷**

محمد مزیدی

Mazidi.blog.ir

Mohammad.mazidi@iran.ir

مبدل فشار

❖ فشار اتمسفر

- فشار وزن ستونی از هوا در بالای نقطه اندازه گیری می باشد.
- در سطح دریا 10^5 پاسکال یا یک اتمسفر می باشد.
- از نوع فشار مطلق است

❖ فشار مطلق

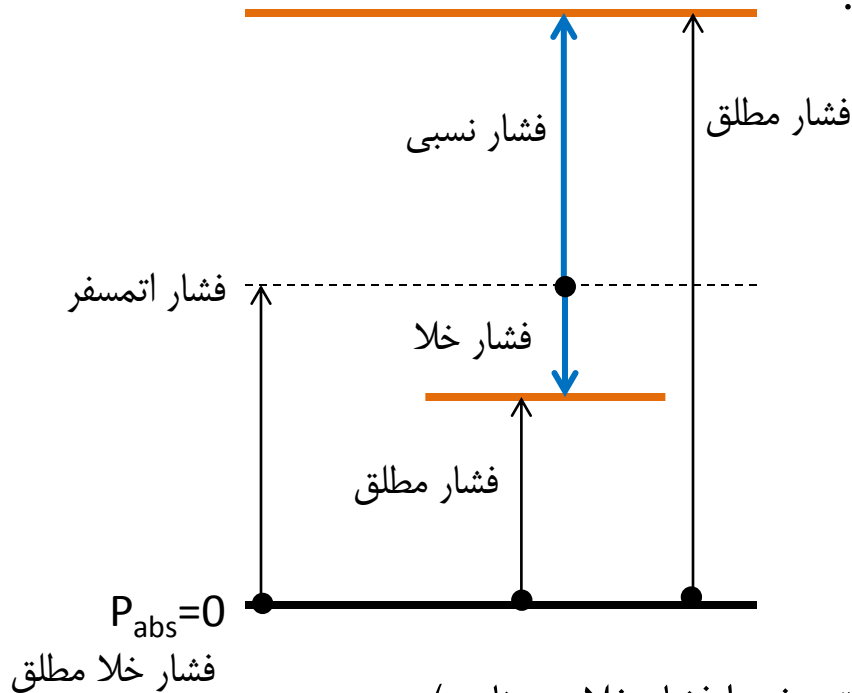
- مستقل از فشار اتمسفر می باشد.
- برای انجام کارهای دقیق استفاده می شود.
- همیشه مثبت می باشد.
- فشار مطلق = فشار نسبی + فشار اتمسفر

❖ فشار نسبی

- وابسته به فشار اتمسفر است.
- برای اندازه گیری های تقریبی فشار مناسب است.
- نقطه مرجع فشار اتمسفر می باشد (کمتر از فشار اتمسفر را فشار خلا می نامند)

❖ فشار تفاضلی

- اختلاف فشار بین دو نقطه



مبدل فشار

❖ روش های اندازه گیری فشار

— هیدرواستاتیک

— مکانیکی

— الکتریکی

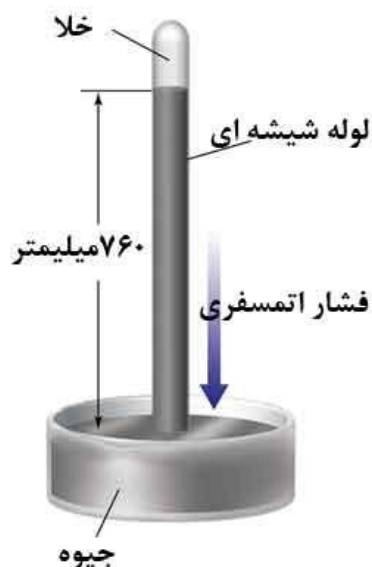
— متفرقه

مبدل فشار

❖ هیدرواستاتیک

➤ بارومتر

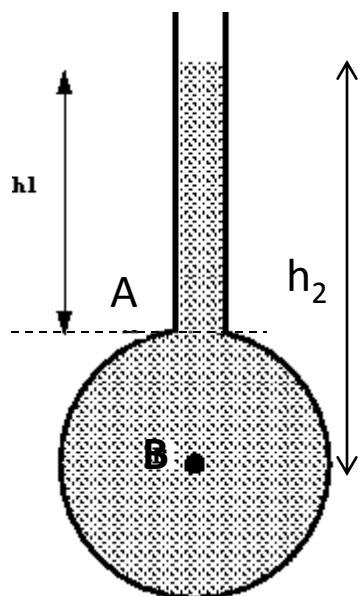
– برای اندازه گیری فشار اتمسفر استفاده می شود.



➤ پیزومتر

– برخلاف بارومتر انتهای لوله باز هست

– برای فشار های مثبت نسبی کوچک استفاده می شود

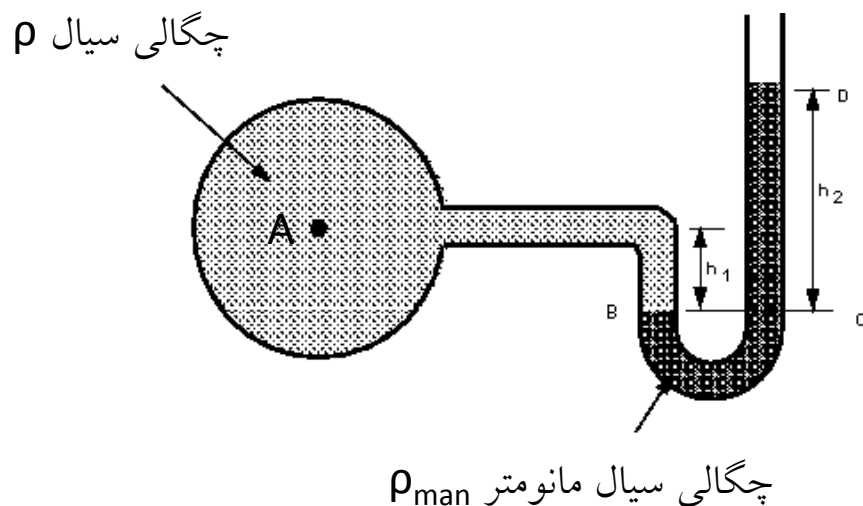


$$P_A = \rho g h_1 + P_a \rightarrow P_A - P_a = \rho g h_1$$

$$P_B = \rho g h_2 + P_a \rightarrow P_B - P_a = \rho g h_2$$

مبدل فشار

➤ مانومتر U شکل



- سیالی که قرار هست فشارش اندازه گیری شود می بایست چگالی کمتری از سیال مانومتر داشته باشد.
- دو سیال نباید مخلوط شوند.

$$P_C = P_B = P_A + \rho g h_1$$

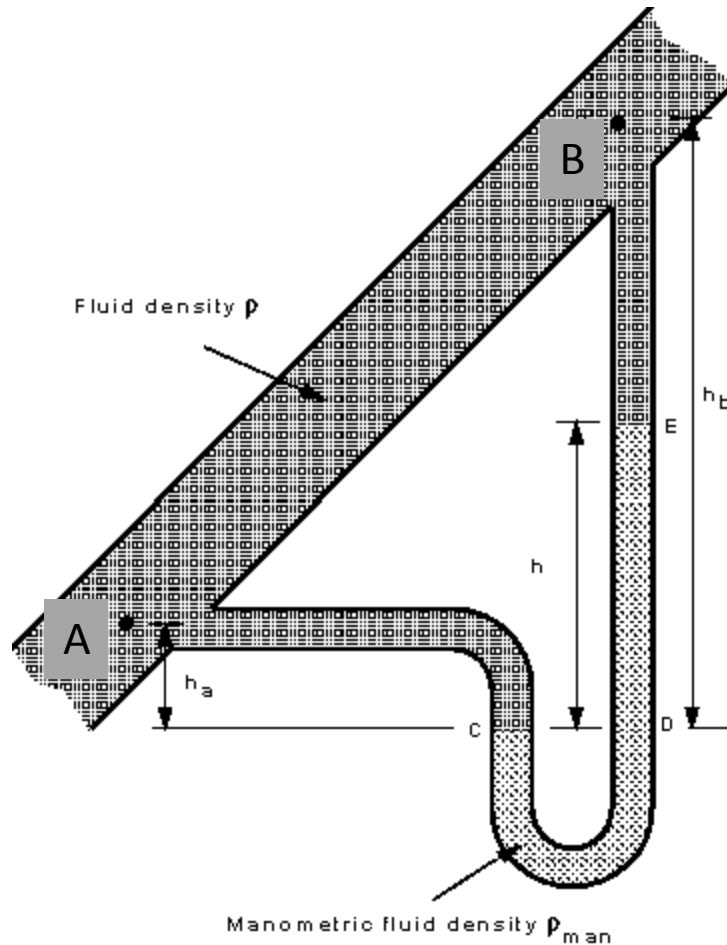
$$P_C = P_a + \rho_{man} g h_2$$

$$P_A = \rho_{man} g h_2 - \rho g h_1$$

- مانومتر U شکل انواع مختلفی دارد که برای اهداف خاصی طراحی شده اند

مبدل فشار

❖ اندازه گیری اختلاف فشار



$$P_C = P_D$$

$$P_C = P_A + \rho g h_a$$

$$P_D = P_B + \rho g (h_b - h) + \rho_{man} g h$$

$$P_A + \rho g h_a = P_B + \rho g (h_b - h) + \rho_{man} g h$$

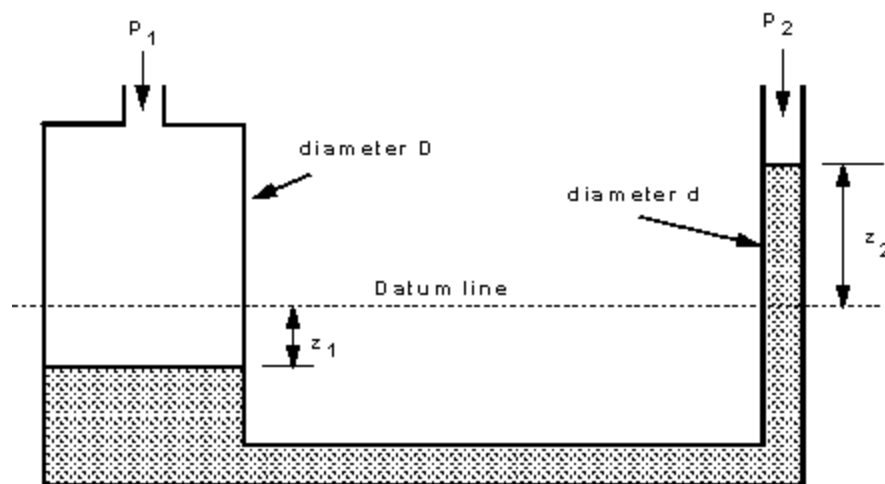


$$P_A - P_B = \rho g (h_b - h) + (\rho_{man} - \rho) g h$$

مبدل فشار

❖ مانومتر چاهکی

- در مانومتر معمولی می بایست ارتفاع دو سمت ستون مایع قرائت شود. برای رفع این مشکل مانومتر چاهکی پیشنهاد می شود.
- براساس قانون تعادل نیروها در یک سمت که مساحت سطح بزرگتری دارد در نتیجه جابجایی خیلی جزئی (Z_1) در مقایسه با جابجایی سمت دیگر (Z_2) دارد.



بدلیل کم بودن Z_1 حذف می شود.

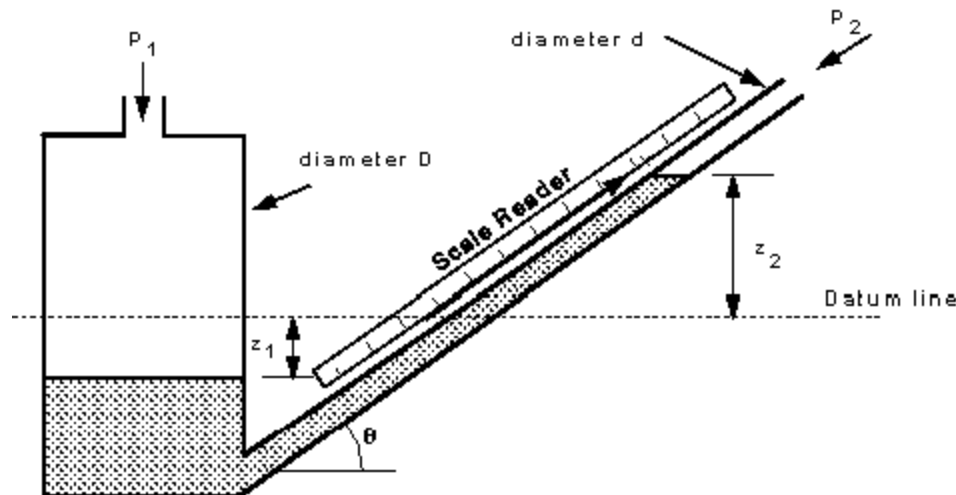
$$P_1 - P_2 = \rho g z_2 + \rho g z_1$$

$$P_1 - P_2 = \rho g z_2$$

مبدل فشار

❖ مانومتر مورب

- در تغییر ارتفاع Z_2 هیچ تغییر رخ نمی دهد.
- با مورب کردن لوله اندازه گیری مایع می بایست مسیر بیشتری را طی کند. در نتیجه دقت اندازه گیری افزایش می یابد.



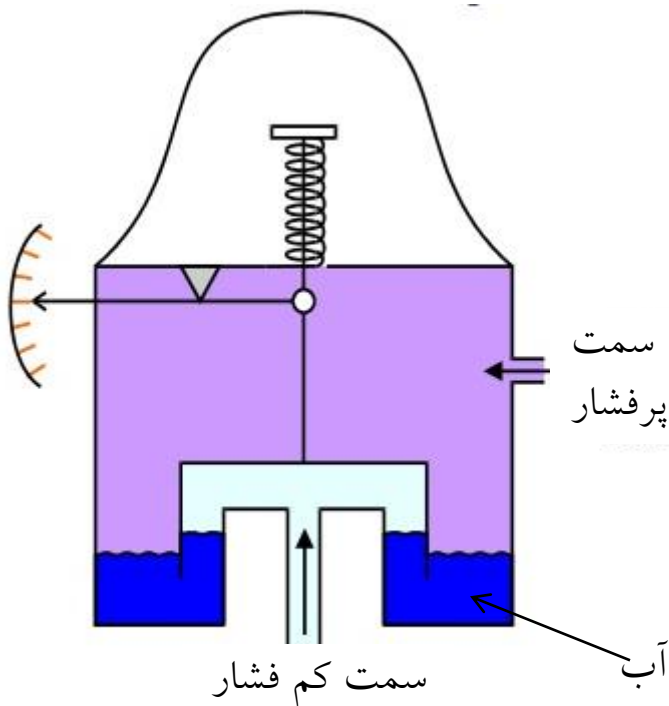
$$P_1 - P_2 = \rho g z_2$$
$$= \rho g X \sin \theta$$

X مسیر مورب می باشد.

مبدل فشار

❖ زنگ وارونه

- اختلاف فشار بین دو سمت زنگ را اندازه گیری می کند.
- آب برای جلوگیری از مخلوط شدن دو سمت پرفشار و کم فشار می باشد.
- برای اندازه گیری فشار در حد چند سانتی متر آب (حد اکثر ۴۰ سانتی متر)
- فشار زیاد در بالا و فشار کم از پایین



مبدل فشار

- ارزیابی روش های هیدرواستاتیک (مخصوصا مانومترها)

➤ مزیت

- ساخت و کاربرد ساده
- ارزان بودن
- عدم نیاز به منبع توان

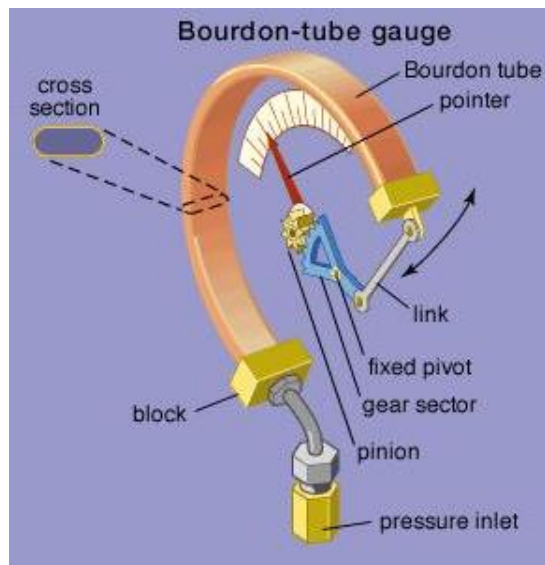
➤ معایب

- برای فشارهای بالاتر نیاز به جیوه می باشد
- سرعت پاسخگویی کم نسبت به تغییرات
- حبابت هوا در مایع و انبساط دمایی می تواند منجر به خطا شود
- قابلیت یکپارچگی کم با سامانه کنترل
- برای اختلاف فشارهای بالا نمی تواند استفاده شود

مبدل فشار

❖ روش های مکانیکی

➤ لوله بوردن



- برای اندازه گیری فشار نسبی استفاده می شود.
- لوله ای با مقطع بیضی که یک سر آن ثابت و سر دیگر آن آزاد است
- در اثر اعمال فشار ورودی سر دیگر آن بسمت بیرون حرکت می کند
- در محدوده معینی این حرکت متناسب با فشار است.

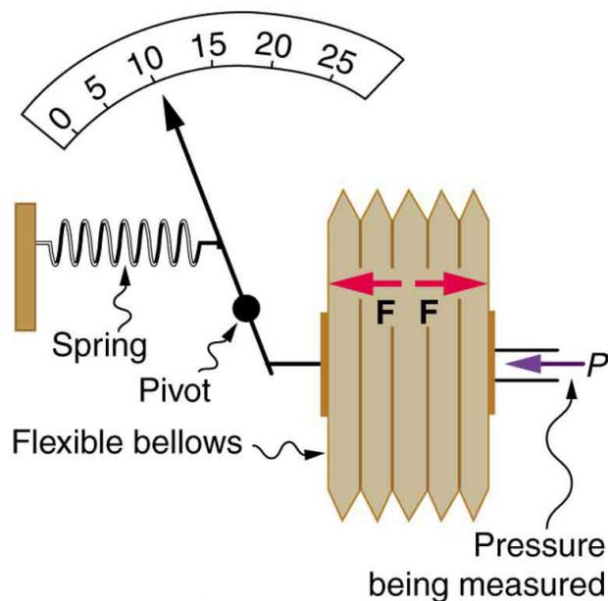
□ از مواد زیر در ساخت لوله های بوردن استفاده می شود:

- فسفر برنز: برای سنجش فشار هوا و آب تا فشار ۱۰۰۰ psi
- آلیاژ فولاد: برای محصولات گوناگون نفتی تا فشار ۳۰۰۰ psi
- بریلیوم-مس: که می تواند جایگزین هردو مورد بالا گردد تا فشار ۱۰۰ psi
- فولاد زنگ نزن: برای فشارهای زیاد بخار و محصولات خورنده و غیره تا فشار ۸۰۰ psi

مبدل فشار

➤ فانوس

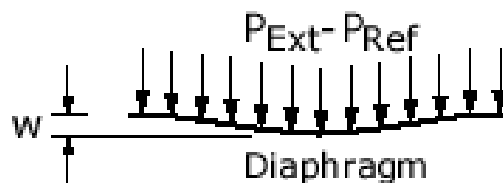
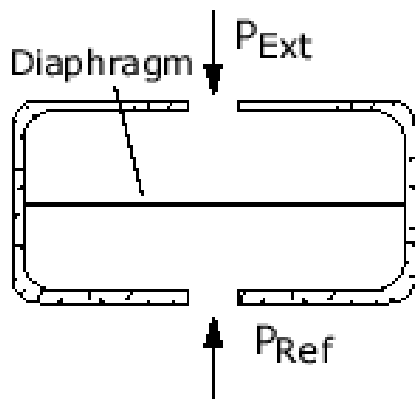
- انحراف فانوس ها معمولاً خطی تر از لوله های بوردون
- برگشت پذیر و پسماند کم
- کاربرد در سیستم های پنوماتیک بعنوان ترانسدیوسر فشار / جابجایی
- معمولی ترین کاربرد در فشار سنج های بدون مایع ارزان
- خاصیت کشسانی با توان سوم ضخامت دیواره ها متناسب است
- درجه فنری با مربع قطر بیرونی فانوس نسبت عکس دارد



مبدل فشار

➤ دیافراگم

- برای اندازه گیری فشارهای کم استفاده می شوند.
- جسم ارتجاعی مسطح که در محیط خود آب بندی شده است متناسب با اختلاف فشار دوطرفش حرکت خطی می کند.
- طرف مرجع می تواند به فشار اتمسفر وصل باشد تا فشار نسبی اندازه گیری شود.
- اگر سمت مرجع پس از خلا بسته شود یا فشار ثابتی متصل شود می تواند فشار مطلق را اندازه گیری کند.
- برای تبدیل حرکت دیافراگم به یک کمیت قابل اندازه گیری می توان از اهرم و عقربه یا کرنش سنج استفاده کرد.



مبدل فشار

❖ روش الکتریکی

➤ کرنش سنج

➤ خازنی

➤ پیزوالکتریکی

- فشار سنج های الکتریکی فشار را مستقیماً به کمیت الکتریکی تبدیل می کنند و برخلاف انواع مکانیکی و هیدرواستاتیکی نیازی به اجزای کمکی ندارند.

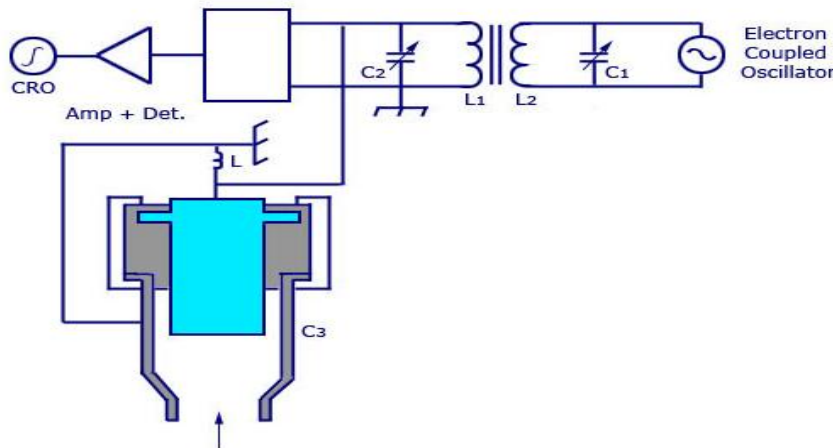
مبدل فشار

➤ کرنش سنج

- به توضیحات کرنش سنج در قسمت نیروسنج ها مراجعه شود ($P=F/A$).

➤ خازنی

- ثابت دی الکتریک مایعات، جامدها و گازها تحت فشار تغییر می کند.
- تغییرات ثابت دی الکتریک به ازای ۱۰ مگاپاسکال نیم درصد می باشد ← برای فشارهای بزرگ کاربرد دارد.

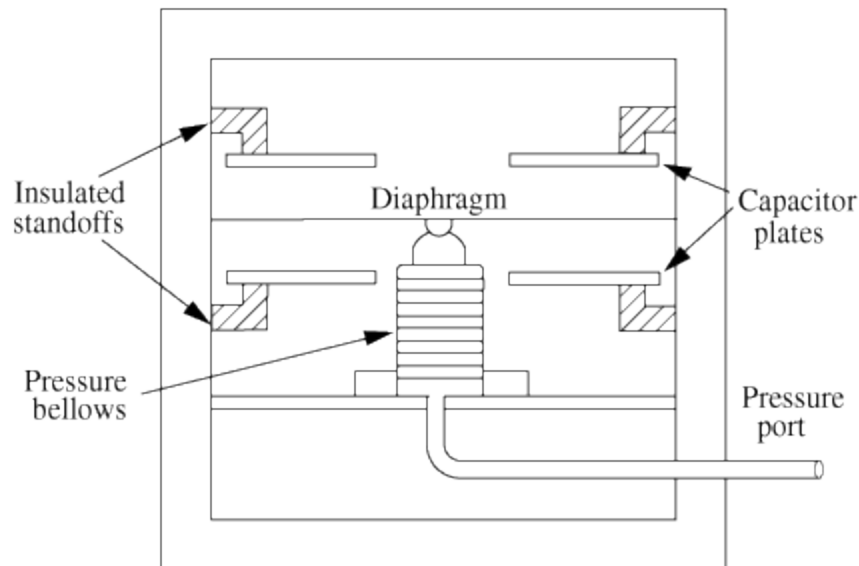


- رابطه فشار-ظرفیت غیرخطی می باشد.
- این مبدل تحت تاثیر دما قرار می گیرد.
- تغییرات ولتاژ توسط مدار روبرو دریافت می شود.

مبدل فشار

➤ خازنی تفاضلی

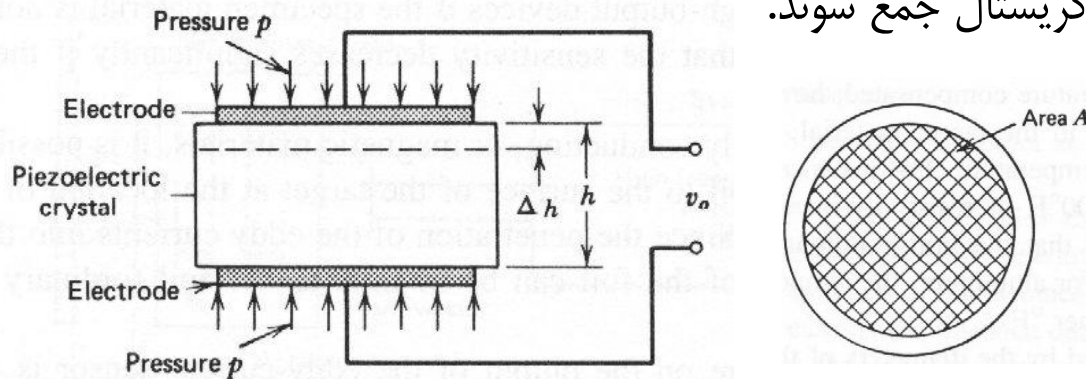
- در ترکیب با کرنش سنج های مکانیکی استفاده می شود.
- حرکت خطی مبدل های مکانیکی منجر به تغییر مکان ثابت دی الکتریک بین دو صفحه خازن می شود.



مبدل فشار

➤ فشار سنج پیزوالکتریک

- مواد پیزوالکتریک وقتی در معرض فشار و یا نیرو قرار گیرند ایجاد بار الکتریکی می‌نمایند.
- این مواد مثل کوارتز یک کریستالی و یا باریوم تیتانیت چند کریستالی دارای ملکولهای خاصی با توزیع بارهای غیر همنام هستند. این مواد وقتی تحت فشار قرار می‌گیرند، تغییر شکل داده و در داخل آن یک جابجائی نسبی بین بارهای مثبت و منفی به وجود می‌آید. جابجائی بارهای داخلی باعث می‌شود بارهای مثبت و منفی در دو سطح خارجی کریستال جمع شوند.



- مقدار بار الکتریکی که در سطح پیزوالکتریک تولید می‌شود به طور مستقیم بستگی به مقدار فشار وارده بر کریستال دارد: $q = S_q A p$
- در رابطه فوق S_q ، حساسیت مربوط به بار کریستال پیزوالکتریک و A سطح مقطع الکتروود است.

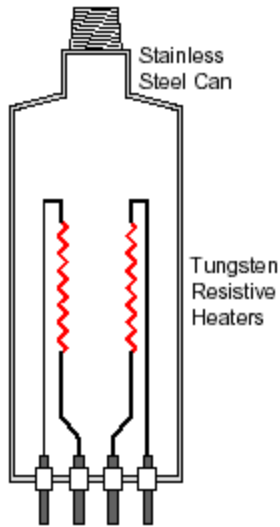
مبدل فشار

❖ متفرقه

- فشارسنج گرمایی پیرانی
- فشارسنج کاتد گرم
- فشار سنج کاتد سرد

مبدل فشار

➤ فشار سنج گرمایی پیرانی



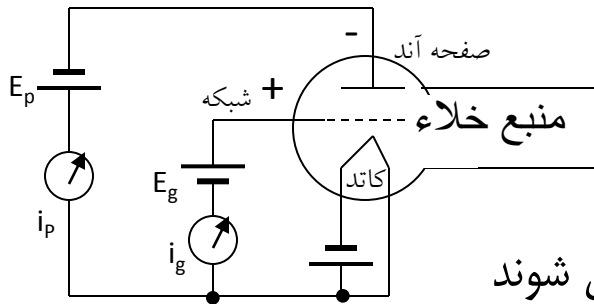
- فشار سنج پیرانی فشار را از طریق تغییر رسانایی گرمایی اندازه می گیرد
- اگر داخل محفظه شیشه ای کاملاً خلاء سیم مقاومتی قرار داده شود و جریان ضعیفی از آن عبور دهیم مقاومت آن به حد معینی می رسد.
- حال اگر محفظه را به گازی با فشار نزدیک صفر مطلق متصل نمائیم مولکولهای گاز وارد محفظه شده و در اثر تماس با سیم و کنوکسیون مقداری از حرارت آن را می گیرد.

- هر چه فشار کمتر باشد دمای سیم بیشتر می گردد
- دمای سیم را می توان توسط یک ترموکوپل اندازه گیری نمود
- در دما سنج پیرانی به جای اندازه گیری دما، مقاومت سیم (تنگستن، پلاتین و...) اندازه گیری می شود

- برای اندازه گیری فشار تا حداکثر ۱ میلی متر جیوه (۱ تور Torr ، ۱۳۳ پاسکال)
- برای فشارهای بالای یک Torr انتقال حرارت گازها چندان با فشار تغییر نمی کند.

مبدل فشار

➤ فشارسنج یونش با کاتد گرم



- برای اندازه گیری فشار های نزدیک خلاء کامل
- لامپی متشکل از سه الکترود کاتد، آند و شبکه (شبیه لامپ رادیو)
- در اثر گرم شدن کاتد بوسیله جریان برق الکترونها متساعد شده و توسط شبکه که دارای پتانسیل $+150$ ولت است شتاب داده و جذب می شوند
- با برخورد الکترونها با مولکول های گاز یونیزه می شوند، یونهای مثبت به سمت آند (-20 ولت) جذب و جریان i_p را بوجود می آورند.
- الکترونها و یونهای منفی توسط شبکه جمع آوری و جریان i_g را بوجود می آورند
- مشخص شده که فشار گاز متناسب با نسبت جریان آند (صفحه) به جریان شبکه است:

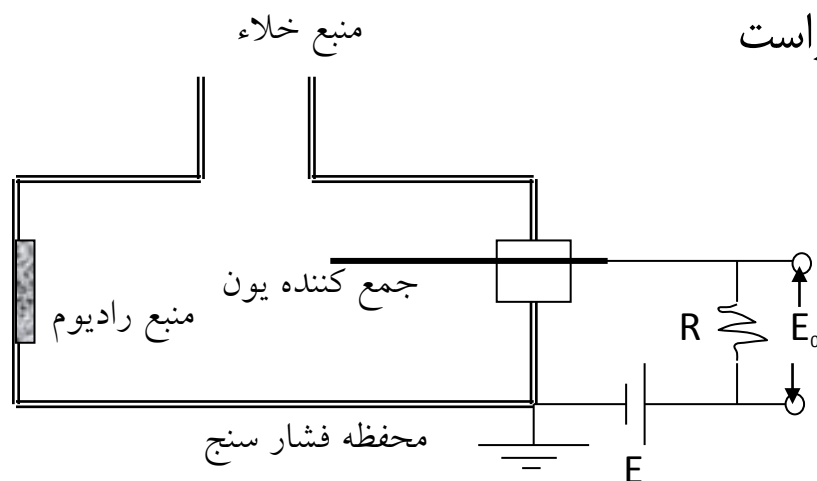
$$P = (1/s) (i_p/i_g)$$

S حساسیت فشار سنج بوده و به نوع گاز، و شکل هندسی لامپ بستگی دارد
 برای ازت $S = 20 \text{ torr}^{-1}$ است (2.67 KPa^{-1})

مبدل فشار

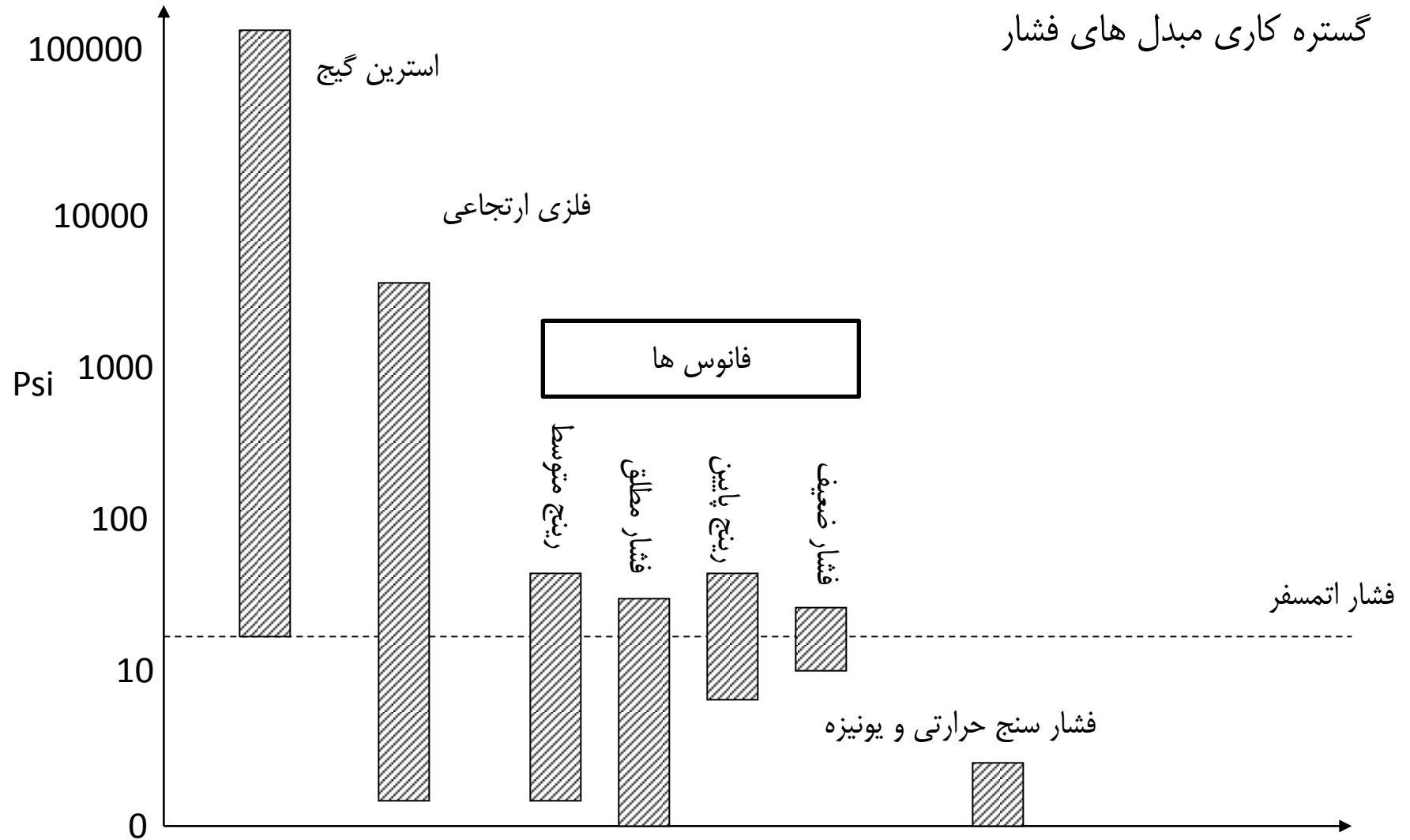
➤ فشارسنج یونش با کاتد سرد

- عیب اصلی فشار سنج با کاتد گرم کاهش عمر مفید آن در اثر تماس مستقیم کاتد داغ با گاز است.
- در فشار های بالا خطر سوختن کاتد وجود دارد.
- در فشار سنج با کاتد سرد به جای کاتد گرم از منبع رادیواکتیو (رادیوم) به عنوان گسیلنده ذرات آلفا استفاده می شود که در درجه حرارت پایین صورت می گیرد و شبیه گسیل الکترون از کاتد گرم است
- ذرات آلفا گاز داخل محفظه را یونیزه می کنند
- چون انرژی تشعشعی خیلی کمتر است حساسیت آن از نوع قبل کمتر است ولی عمر آن طولانی تر است و ثبات کار آن قابل اعتمادتر
- ولتاژ خروجی E متناسب با درجه یونش و فشار گاز است



مبدل فشار

• گستره کاری مبدل های فشار



مبدل فشار

❖ کالیبراسیون فشار

- فشارهای کالیبراسیون با اضافه نمودن وزنه‌های مشخص و استاندارد روی سینی پیستون ایجاد می‌گردد.
- فشار کالیبراسیون با استفاده از رابطه $p = W/A$ محاسبه می‌شود. در این رابطه W شامل وزنه‌های استاندارد و وزن پیستون با سینی مربوطه می‌باشد و A سطح مقطع پیستون است.

➤ شیوه کار:

- بعد از قرار دادن وزنه‌ها پیچ پلانجر را می‌چرخانیم تا کل مجموعه کمی بالا بیاید.
- وزنه‌ها و پیستون را چرخانده تا اصطکاک بین پیستون و دیواره سیلندر از بین برود.
- سپس با افزایش تدریجی وزنه ۱۰ الی ۱۲ فشار برای مقایسه مبدل بدست می‌آید.

