



نام درس: روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته – ابزارهای اندازه‌گیری فشار

جلسه پنجم

نام استاد: علی چائی بخش لنگرودی



فشار

فشار = نیرو بر واحد سطح

$$\Rightarrow 1 Pa = 1 \frac{N}{m^2}$$

$$\Rightarrow 1 kPa = 1 \frac{kN}{m^2} \quad \& \quad 1 MPa = 1 \frac{MN}{m^2}$$

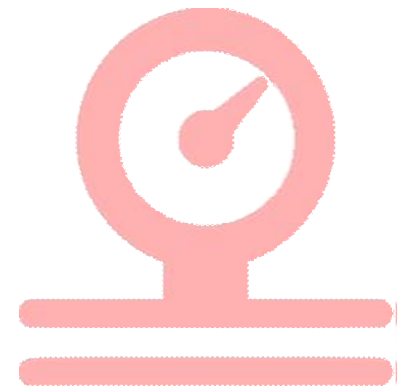
$$\Rightarrow 1 bar = 100 kPa$$

$$\Rightarrow 1 atm = 101.325 kPa \text{ (sea level)}$$

$$\Rightarrow 1 mm Hg = 133.322 Pa$$

$$\Rightarrow 1 \frac{lbf}{in^2} (psi) = 6894.757 Pa$$

$$\Rightarrow 1 bar = 14.503774 psi$$





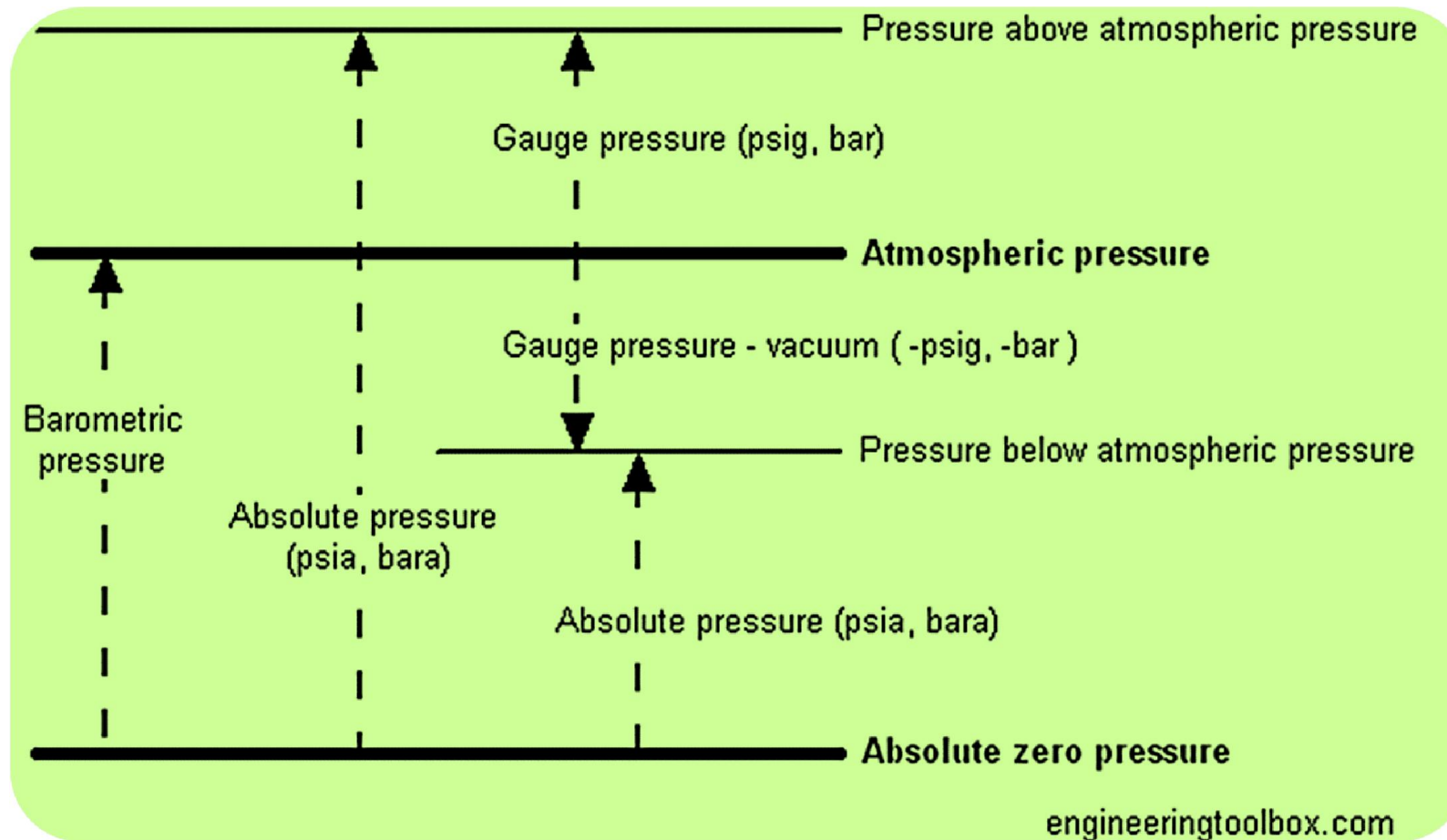
فشار

○ فشار مطلق: تفاوت بین فشار سیال و صفر مطلق فشار

○ فشار گیج: تفاوت بین فشار سیال و فشار اتمسفر

$$\text{فشار اتمسفر} + \text{فشار گیج} = \text{فشار مطلق}$$

فشار





روش های اندازه گیری فشار

◀ مکانیکی

¶ مانومتر U شکل ، لوله بوردن ، دیافراگم و بلو، تست وزن مرده

◀ الکتریکی

¶ کرنش سنج، سنسور خازنی، پتانسیومتری، سیم مرتعش، پیزوالکتریک، مغناطیسی و نوری

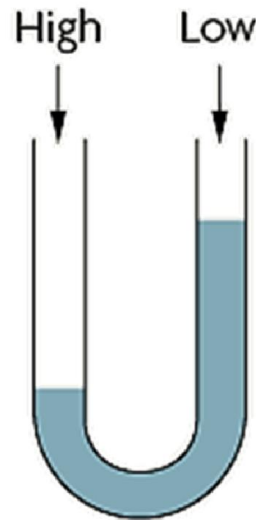
مانومتر (Manometer)

ایده اصلی شامل یک مخزن پر شده با سیال و یک لوله عمودی است

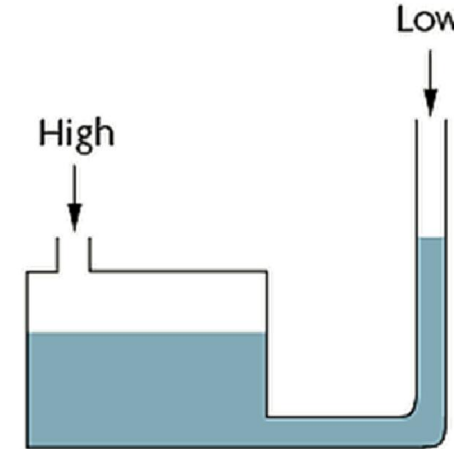
مقدار فشار به صورت $(p_1 - p_2) = h\rho g$ محاسبه می‌شود

برای فشارهای تا ۲ بار

به دلیل اینکه تعیین دقیق سطح خمیده مایع در دو نیمه لوله دشوار می‌باشد، خروجی خوانده شده مانومتر U شکل در معرض خطا می‌باشد.



A) U-Tube Manometer



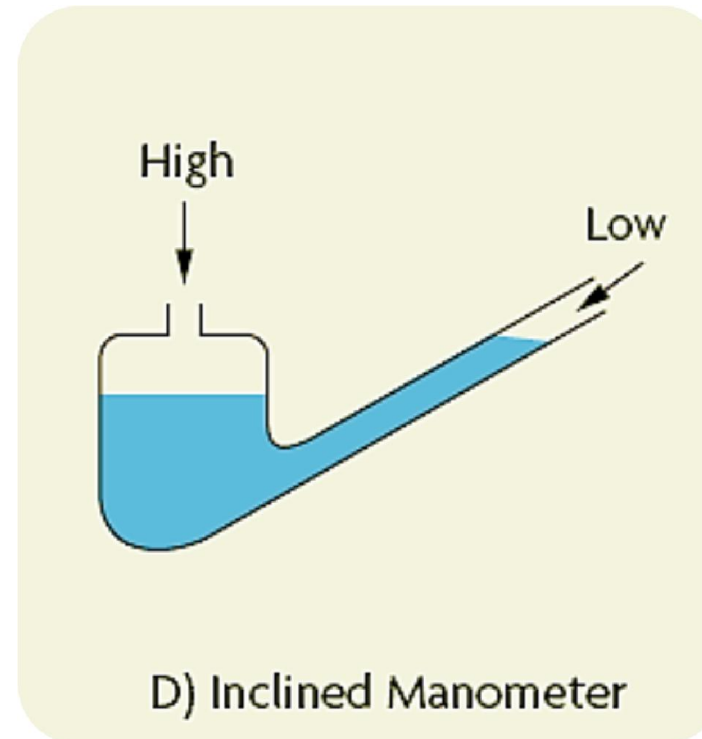
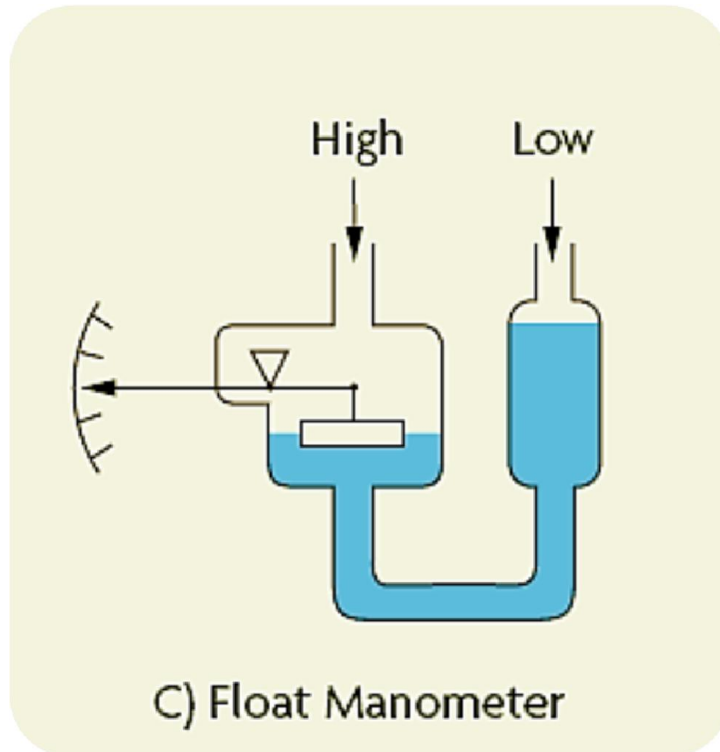
B) Well (Reservoir) Manometer

مانومتر (Manometer)

○ نحوه قرار گیر لوله مانومتر برای نمایش دقیق‌تر مقدار تغییرات فشار

○ استفاده از شناور

○ لوله شیب‌دار

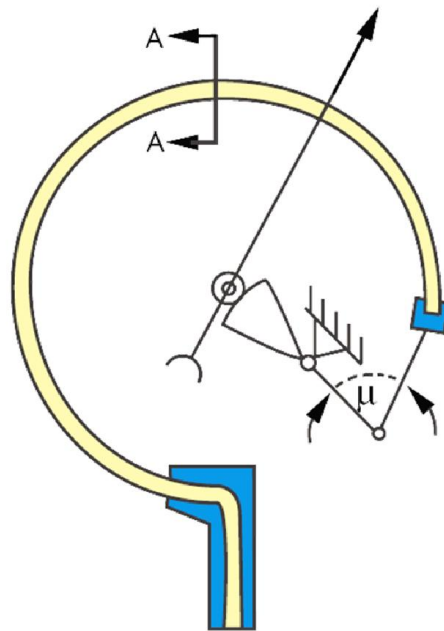




لوله بوردن (Bourdon tube)

- ▶ المانهای الاستیک اندازه گیری فشار
- ▶ به طور معمول برای اندازه گیری فشار گج سیال مایع و گازی استفاده می شود
- ▶ شامل یکی لوله محنی شکل که در یک انتها بسته شده و از طرف دیگر آزاد می باشد
- ▶ هنگامی که فشار وارد قسمت انتهایی باز و ثابت لوله می شود، مقطع بیضی شکل لوله مدورتر می شود. در نتیجه یک جابجایی در انتهای آزاد لوله به وجود می آید.

لوله خوردن



Process
Pressure

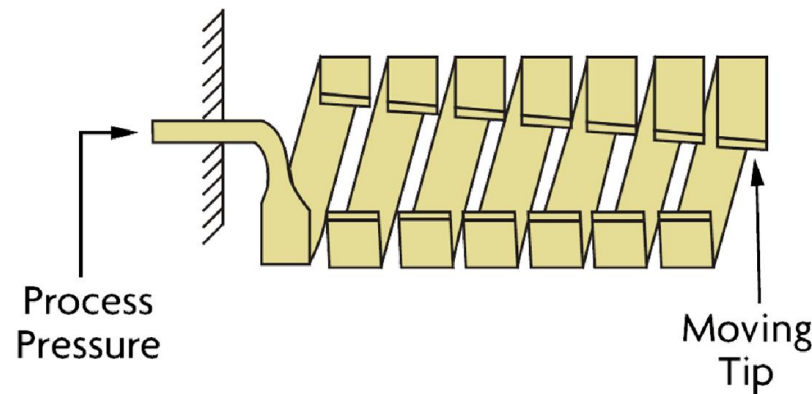
C-Bourdon

سه نوع مختلف از لوله خوردن

۱- مدل C شکل

۲- سیم پیچ

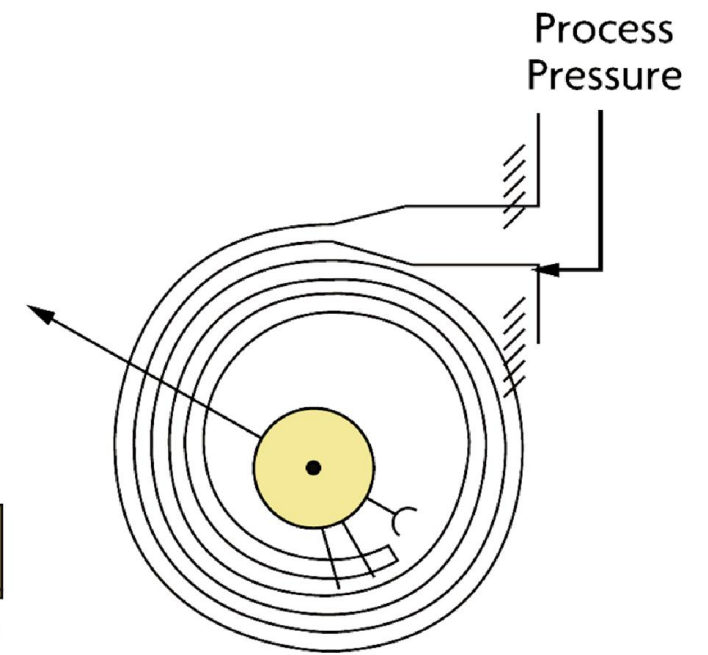
۳- مارپیچ



Process
Pressure

Moving
Tip

Helical

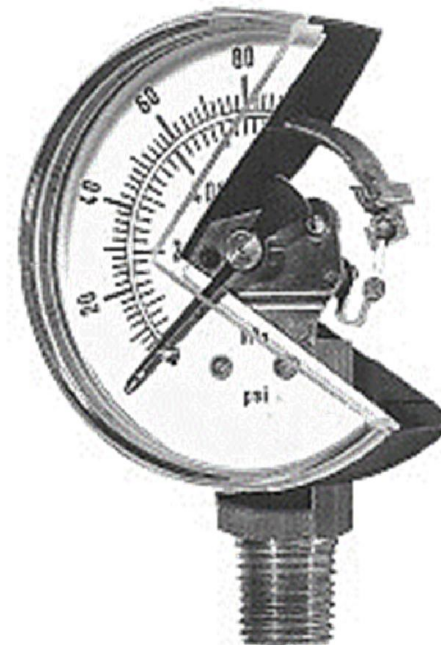


Process
Pressure

Spiral

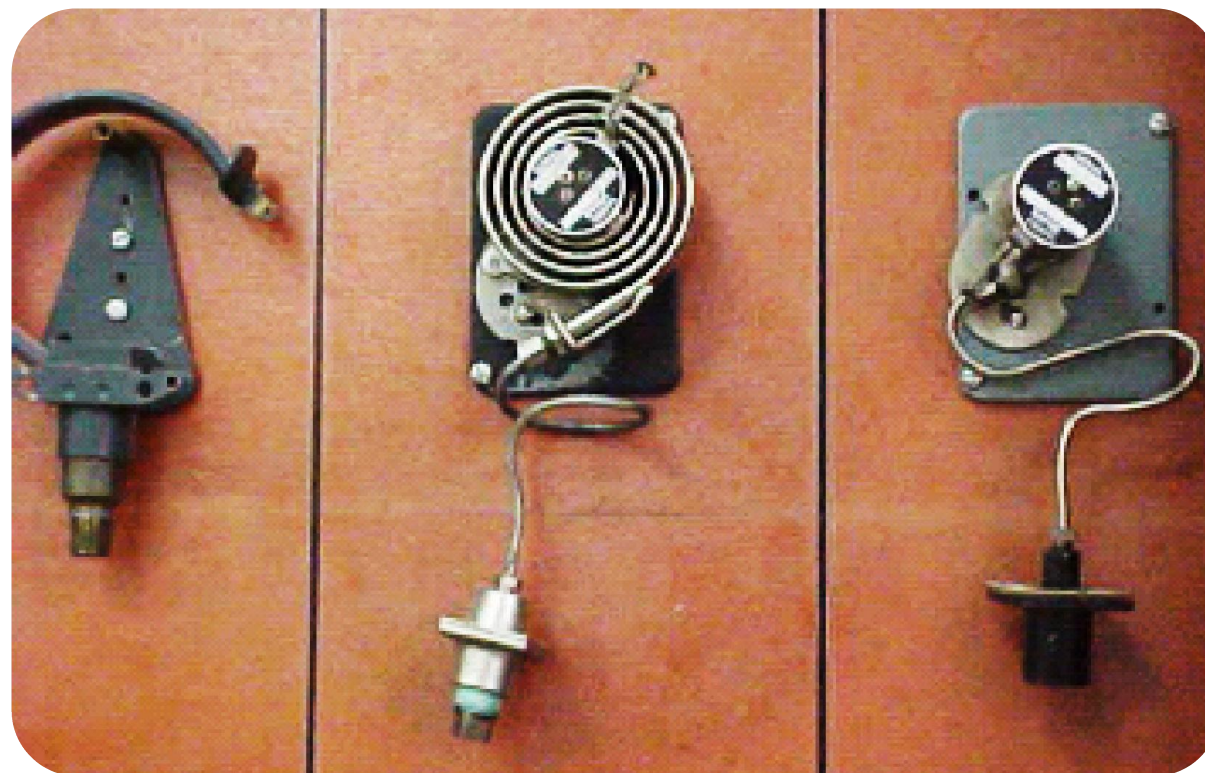
لوله خوردن

- نوع C-type لوله خوردن برای اندازه‌گیری فشار تا ۶۰۰۰ بار
- نامعینی اندازه‌گیری: ± 1 در بازه کامل



لوله بودن

نمونه های قدیمی



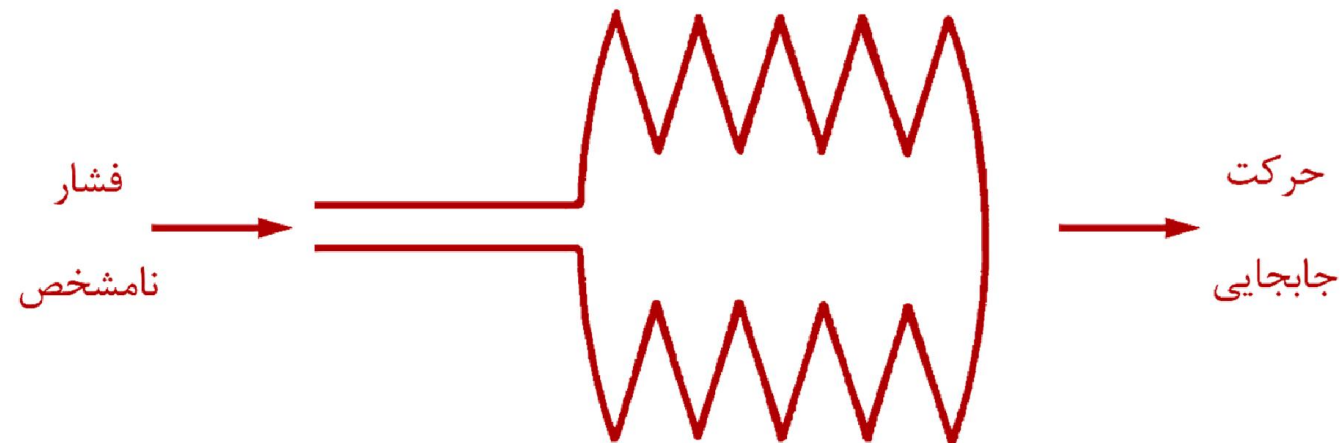
فانوسی (Bellows)

■ سنسور الاستیک که دارای حساسیت بسیار زیادی است.

■ معمولا از لوله بدون درز

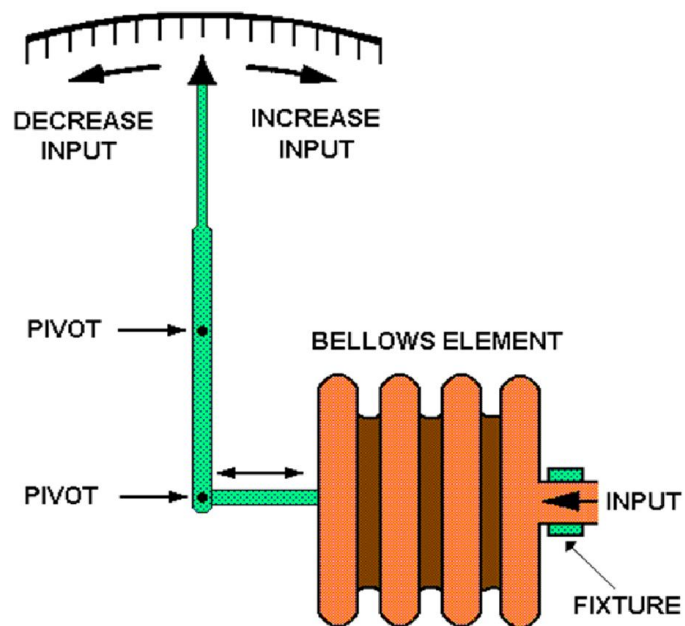
■ شامل فولاد یا آلیاژهای فولادی

■ حرکت جابجایی ایجاد کرده که توسط LVDT قابل اندازه گیری است.



فانوسی (Bellows)

Elastic-element Type Sensor



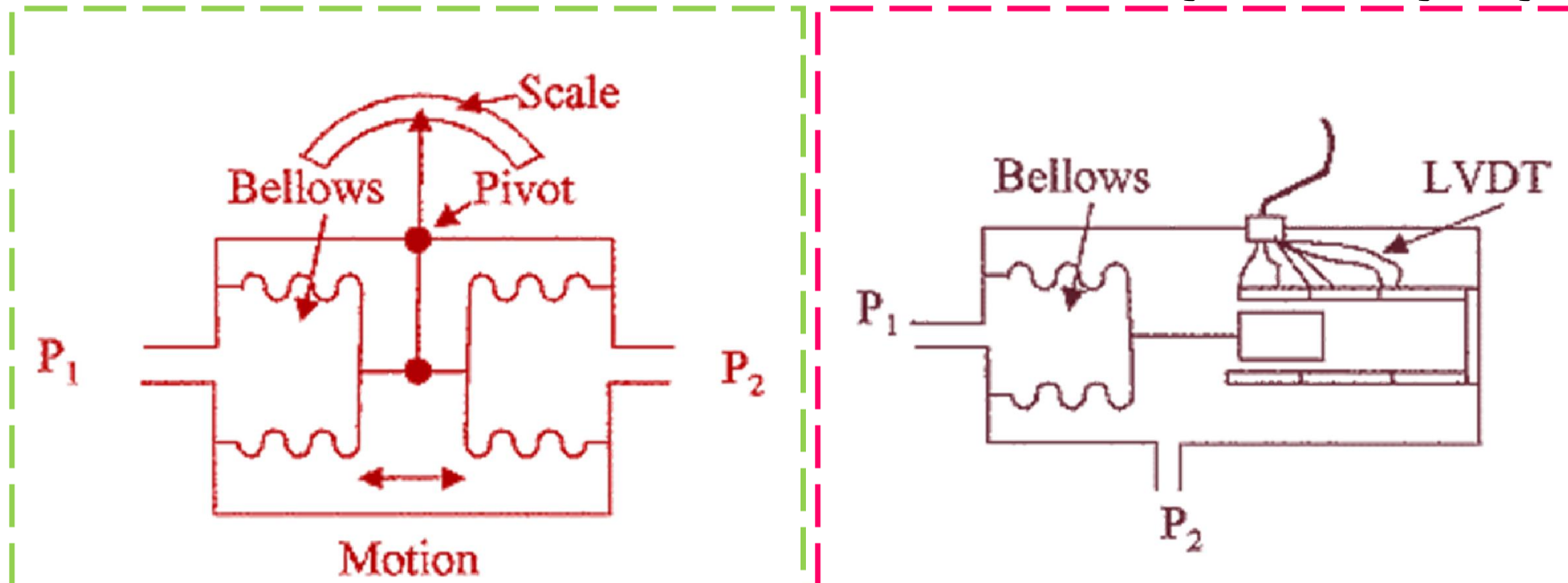
فانوسی (Bellows)

فشار مطلق تا ۲/۵ بار

فشار گیج تا ۱۵۰ بار

فشار تفاضلی تا ۳۰ بار

نامعینی اندازه گیری ۰/۵ ± درصد



فانوسی (Bellows)

نمونه‌ای از سنسور فانوسی فلزی دوقلو برای اندازه‌گیری فشار تفاضلی





دیاфраگم (Diaphragms)

از سنسورهای فشار نوع الاستیک است

پلاستیک: ارزان قیمت

آلیاژهای فولادی، فولاد ضد زنگ: برای شرایط دمایی بالا یا بسیار خورنده

گاها با نام گیج های انروئید (aneroid) شناخته می شوند.

سرامیکی: برای مقاومت در برابر محیط های اسیدی یا بازی



دیافراگم (Diaphragms)

◀ فشار مطلق تا بیش از ۵۰ با

◀ فشار گیج تا بیش از ۲۰۰۰ بار

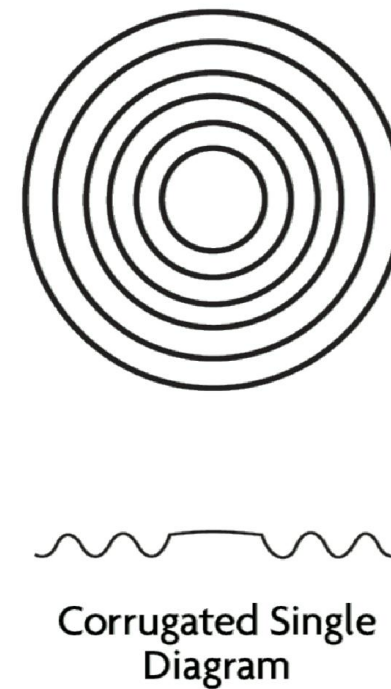
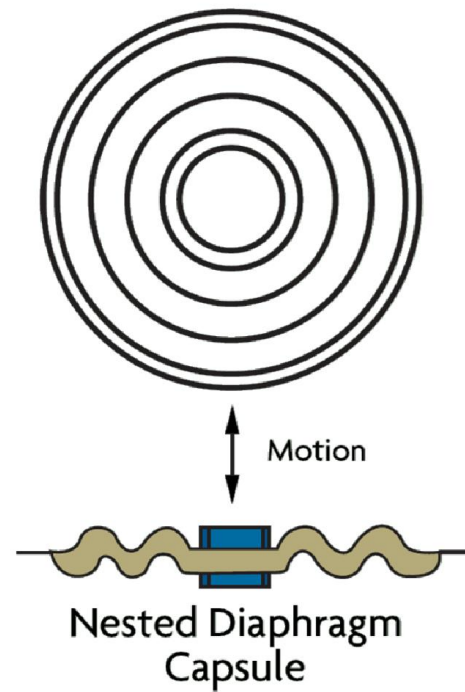
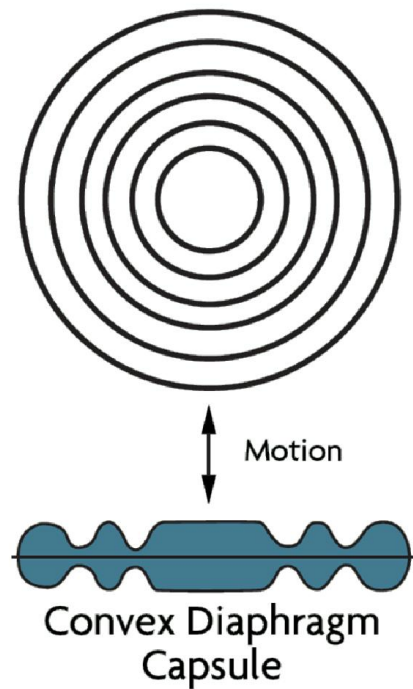
◀ فشار تفاضلی تا بیش از ۲,۵ بار

◀ نامعینی اندازه گیری: $\pm 0.1\%$ در صد F.S.



دیافراگم (Diaphragms)

■ انواع مختلف سنسور دیافراگم



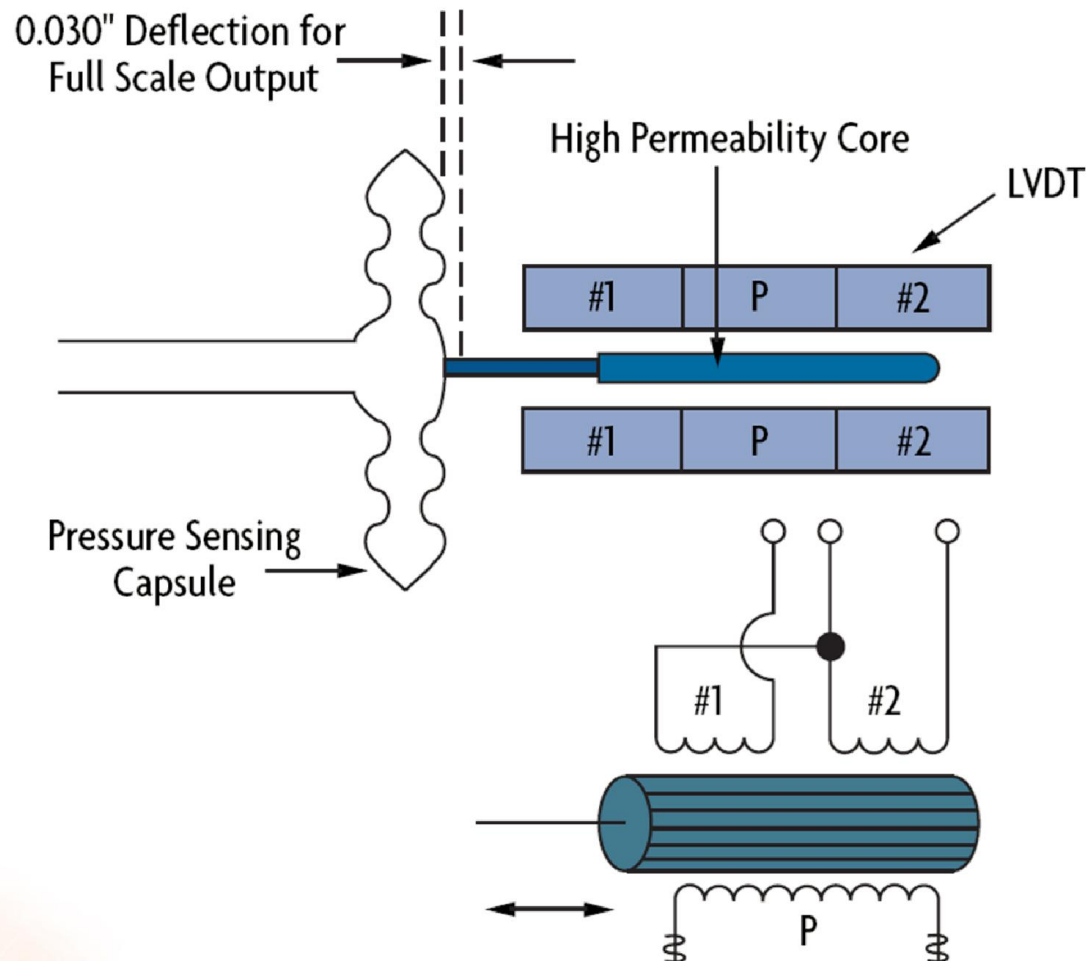
دیافراگم (Diaphragms)

ترانسدیوسر فشار مغناطیسی

برای اندازه‌گیری جابجایی

دیافراگم می‌تواند از یک LVDT

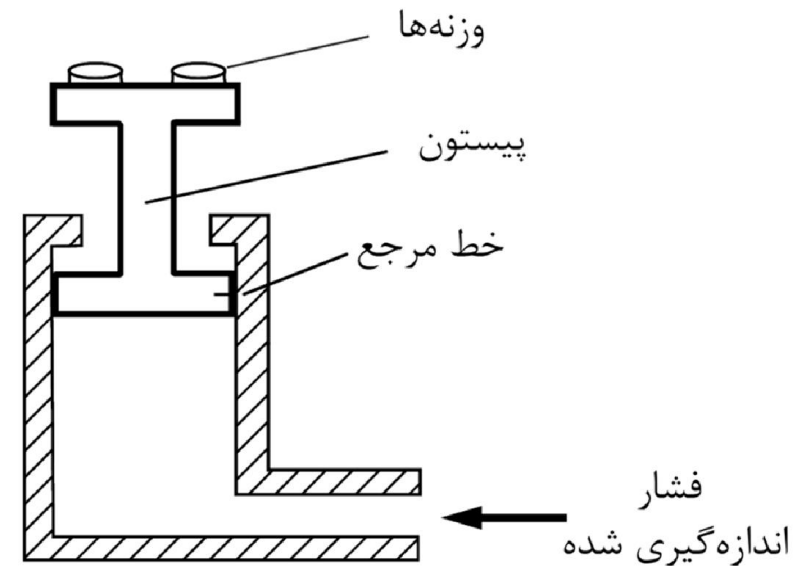
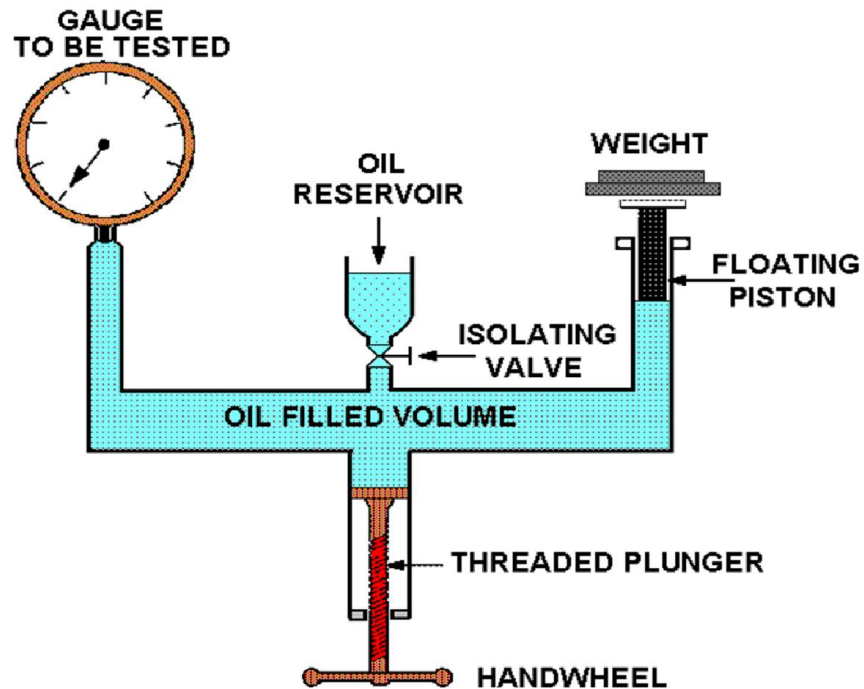
بهره‌برد.



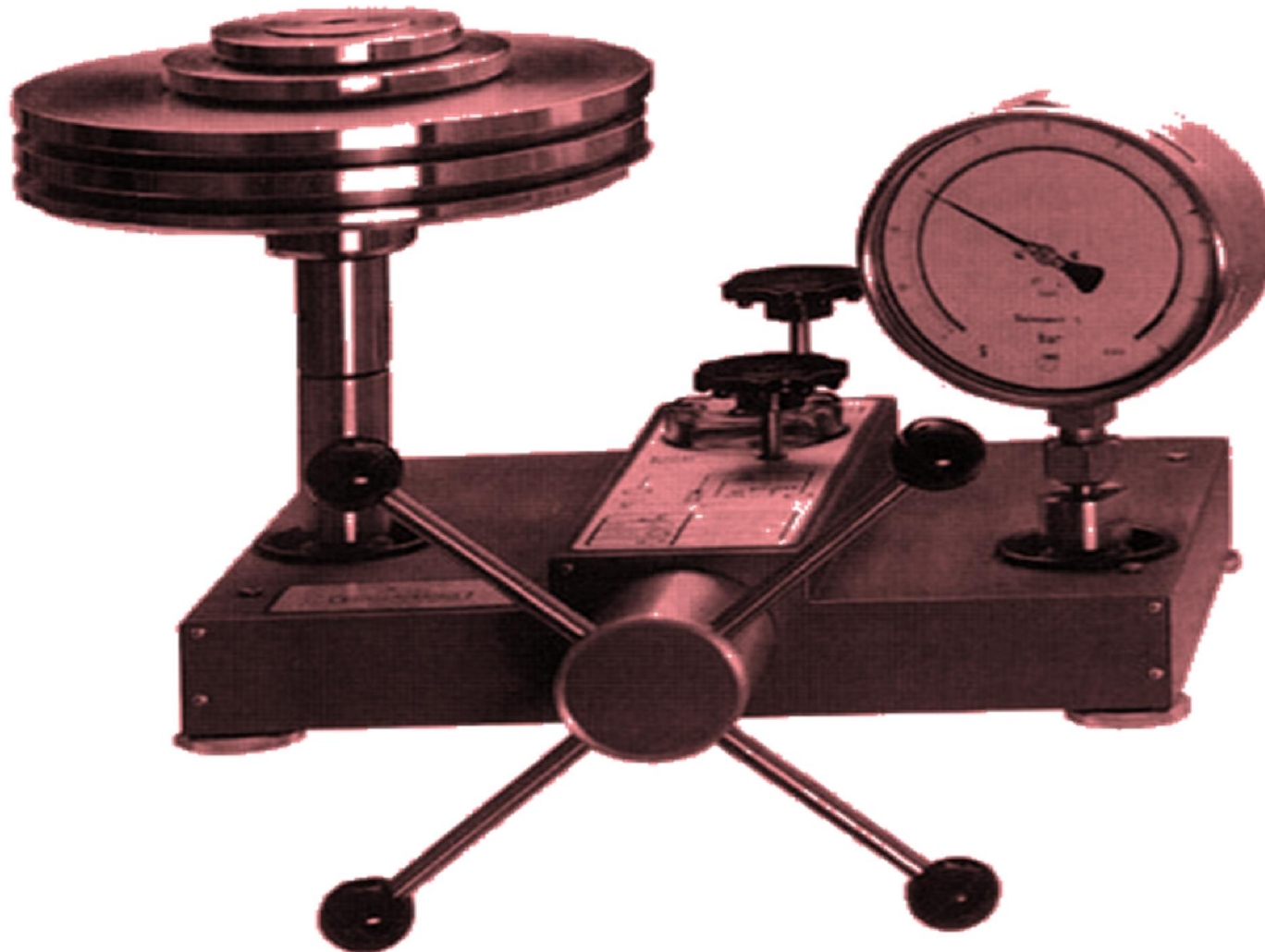
تست وزن مرده (Dead-Weight Tester)

فشار سیال با فشار حاصل از یک وزنه مشخص موازنه می شود.

برای کالیبراسیون گیج های فشار



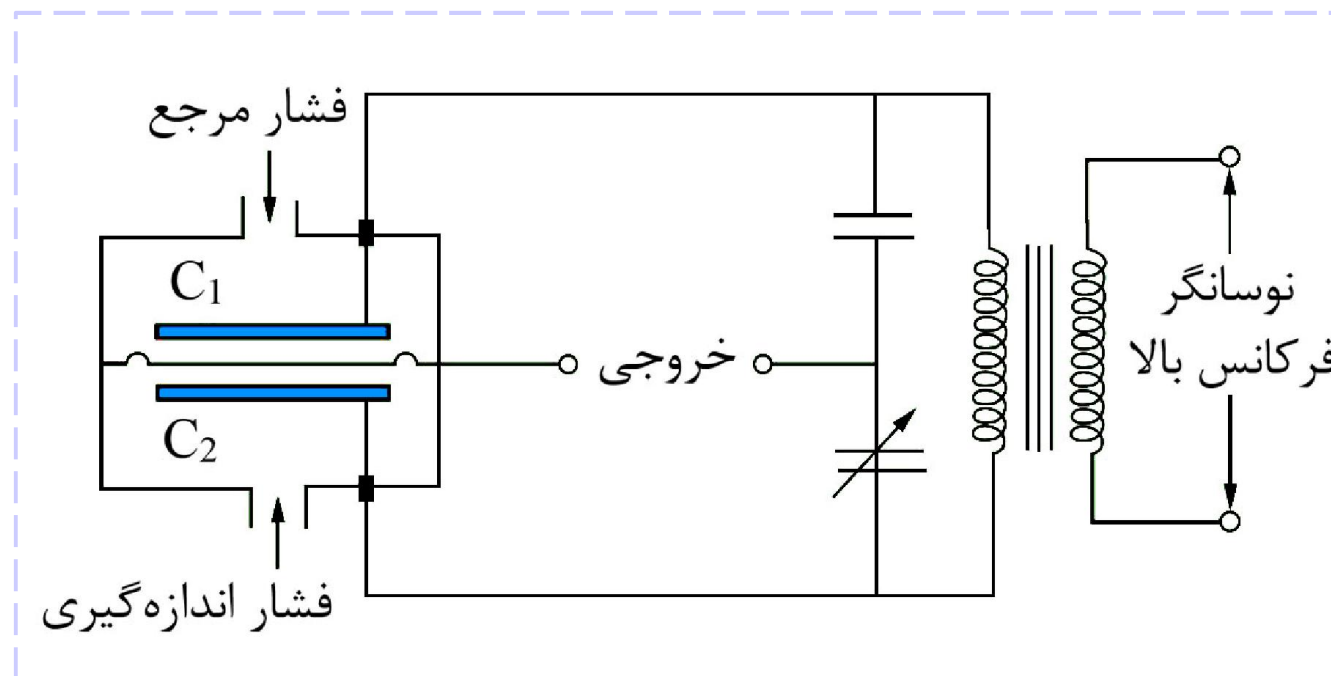
تست وزن مرده



سنسور فشار خازنی (Capacitive Pressure Sensor)

○ ابزار نوع دیافراگمی

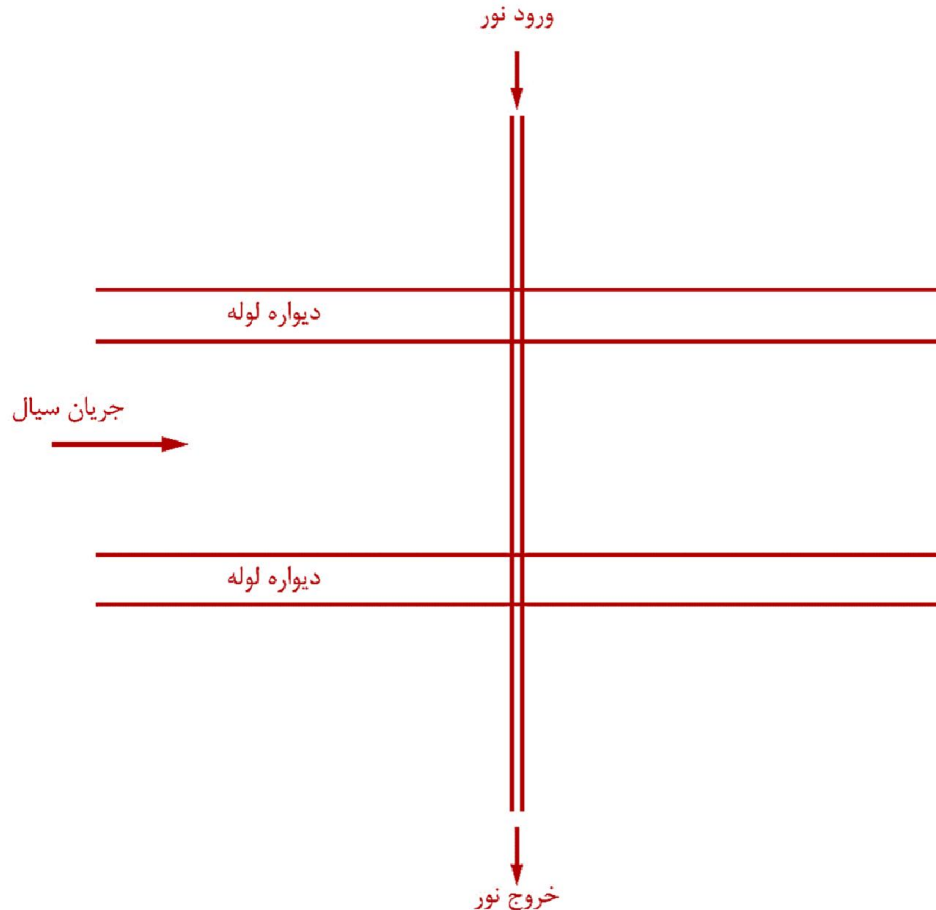
○ نامعینی اندازه‌گیری ۰/۲ درصد در بازه کامل



سنسورهای فشار فیبر نوری

❁ سنسورهای فیبر نوری، یک روش جایگزین برای اندازه‌گیری جابجایی‌ها در سنسورهای فشاردیافراگمی و لوله‌بوردن به وسیله ابزار الکترونیک نوری فراهم است.

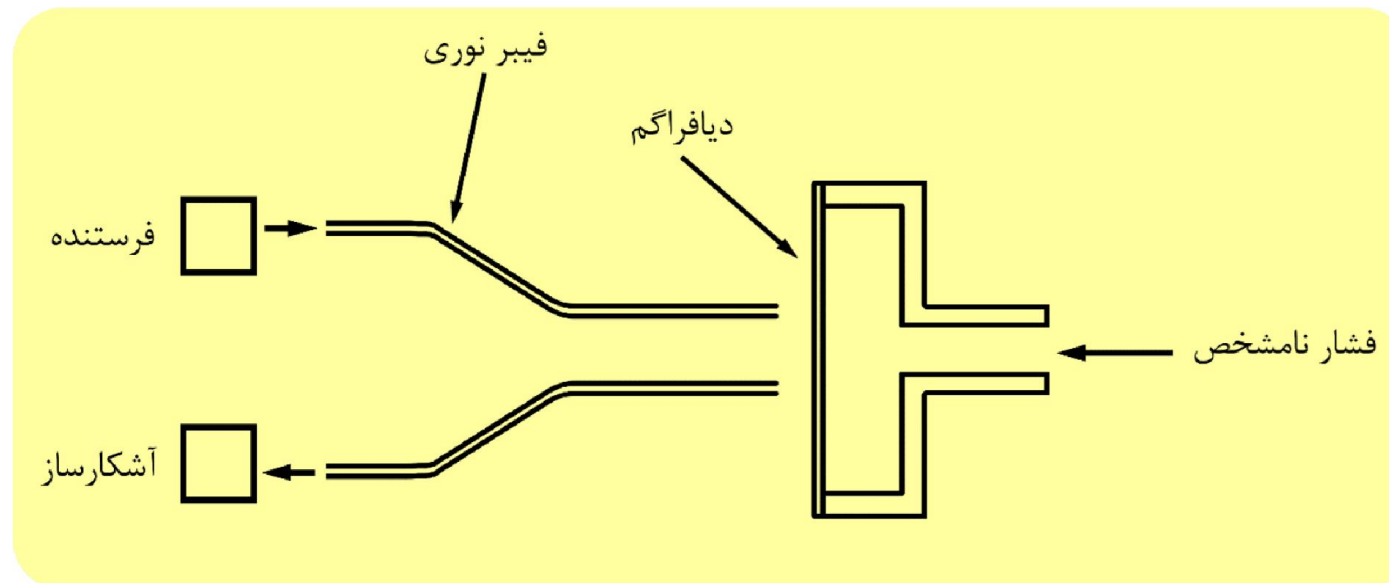
❁ روش اول: استفاده از تغییر ضریب شکست نور در فیبر نوری با تغییر فشار تغییر می‌کند.



سنسورهای فشار فیبر نوری

✿ نور از یک منبع نور گسیل شده، از طریق فیبر نوری به انتهای آن هدایت و پس از انعکاس توسط دیافراگم، از طریق فیبر دوم به سمت آشکارساز نور بازمی گردد.

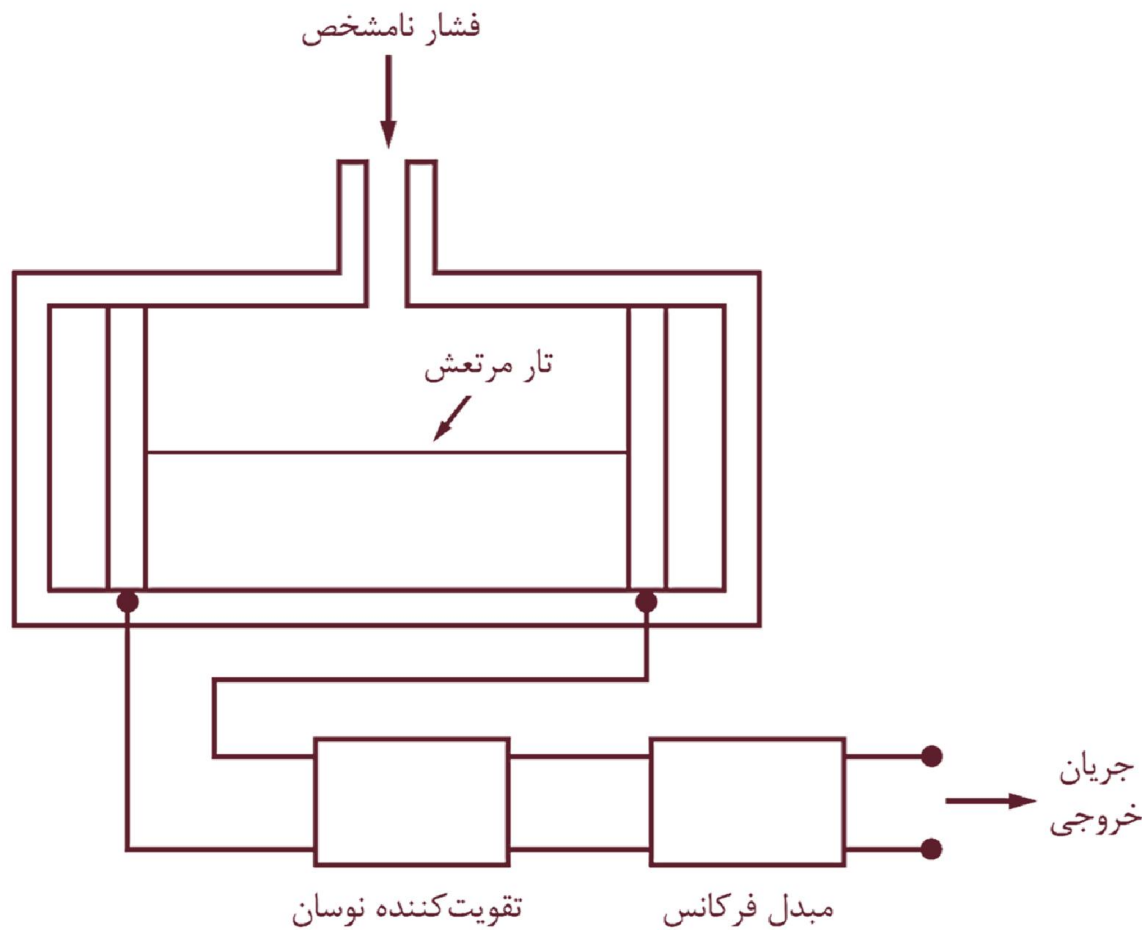
✿ یک رابطه مشخص بین نور بازتابیده شده و فاصله انتهای فیبر تا دیافراگم وجود دارد.



سیم مرتعش (Resonant-wire)

یک سیم در یک محفظه شامل سیالی با فشار نامعلوم و در معرض یک میدان مغناطیسی کشیده شده است.

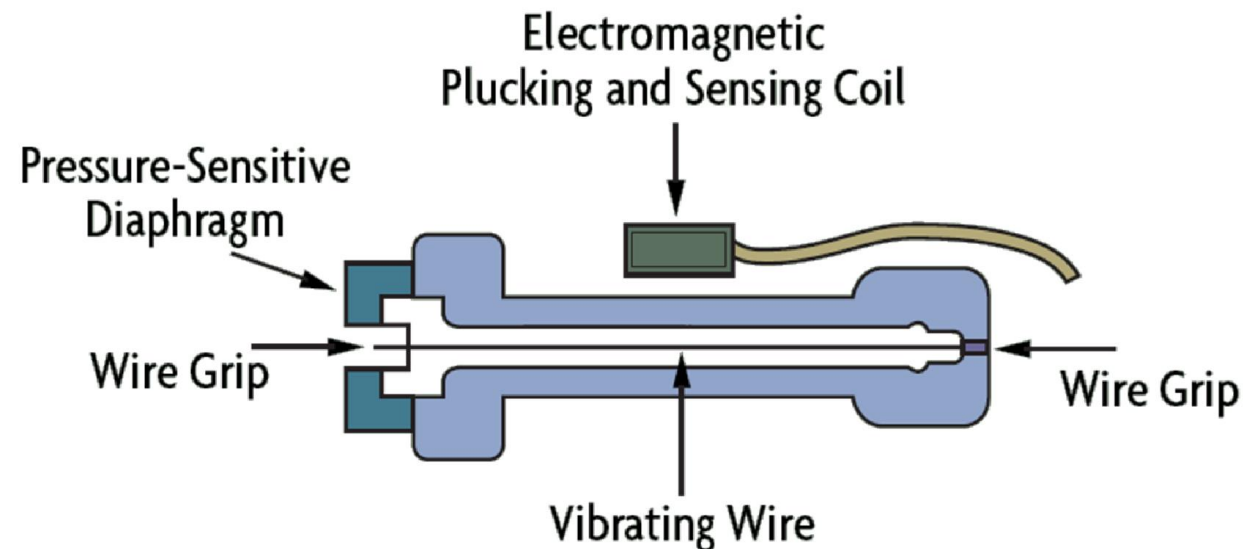
سیم در فرکانس طبیعی خود بر اساس میزان کشش آن نوسان کرده، که بسته به میزان فشار تغییر می کند.



سیم مرتعش

فشارهای بین ۵ mbar و ۲ bar

نامعینی اندازه‌گیری ۰/۲ درصد در بازه کامل

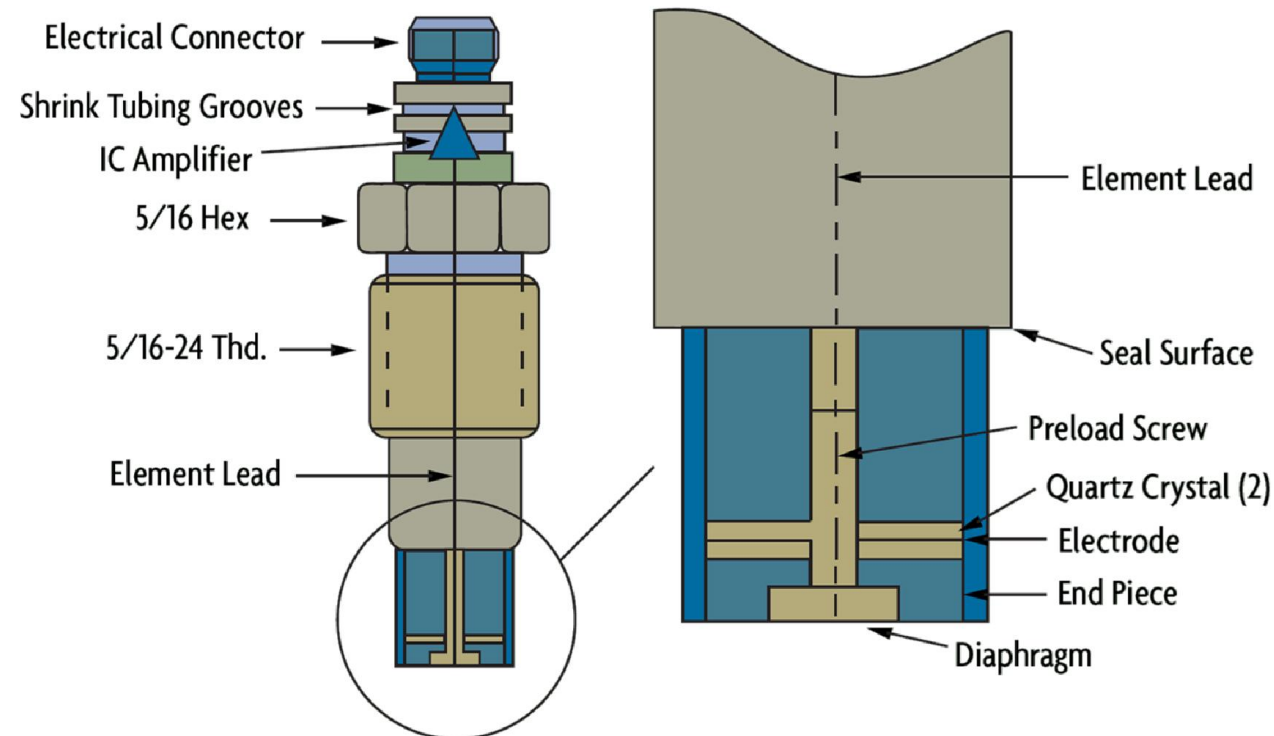


پیزوالکتریک (Piezoelectric)

○ ترانسدیوسر فشار پیزو الکتریک

◀ این سنسور نوع دیافراگمی از یک کریستال پیزو الکتریک برای اندازه‌گیری جابجایی دیافراگم استفاده

می‌کند.

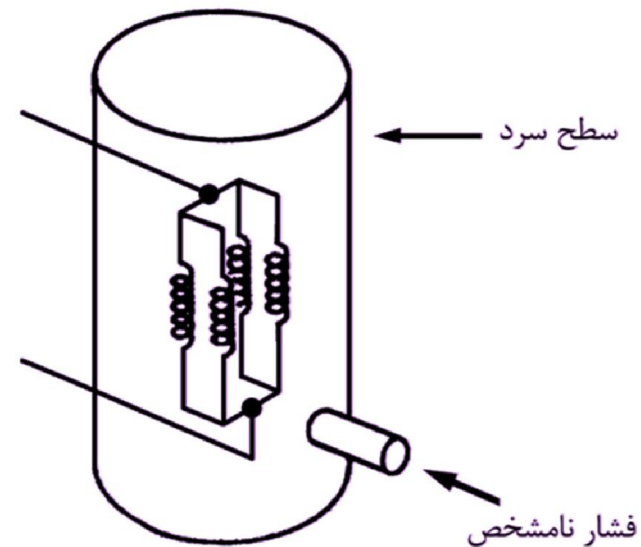
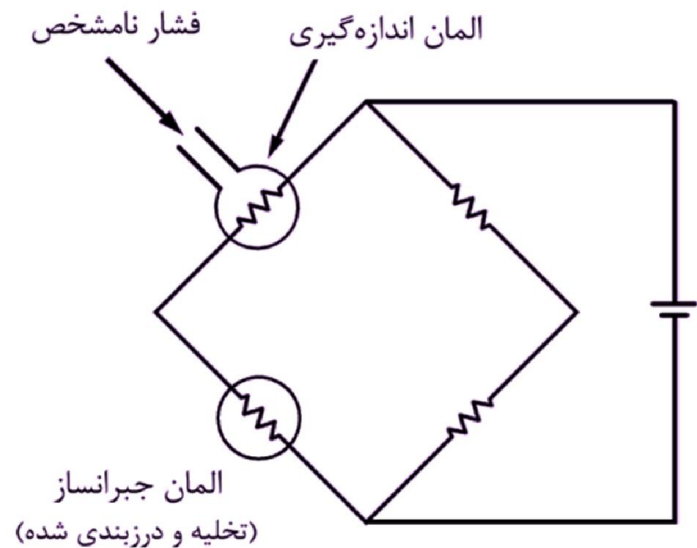


گیج پیرانی (Pirani Gauge)

■ شامل یک المان حرارتی شامل ۴ سیم پیچ تنگستن که به صورت موازی با یک دیگر مطابق با شکل قرار دارند.

■ برای فشارهای بسیار پایین در محدوده 10^{-5} میلی بار تا ۱ میلی بار

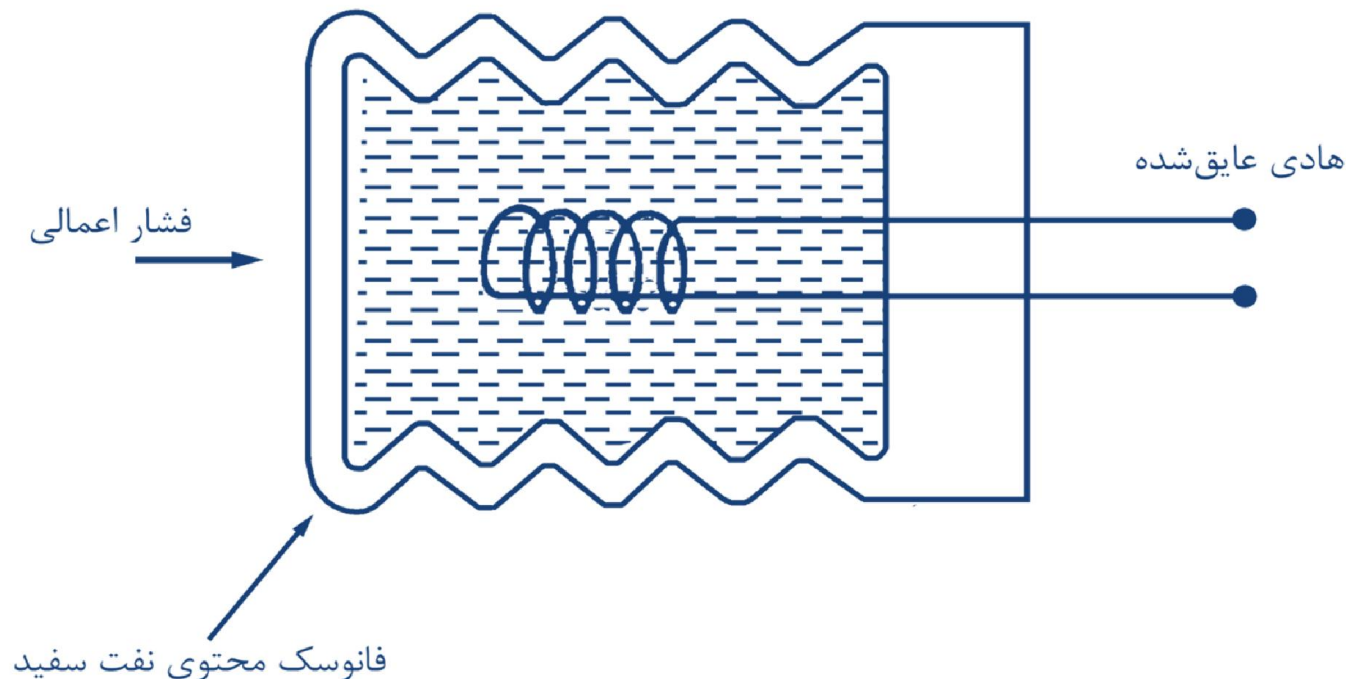
■ مورد استفاده در صنایع لامپ سازی



سنسور برای فشار بسیار بالا

فشار بیش از ۳۰۰۰۰ بار

نامعینی اندازه گیری: $\pm 0.5\%$ درصد



HB



پایان جلسه پنجم