فشاروروشهای اندازه گیری آن

فشار: يعني مقدار نيروي وارد شده بر واحد سطح :

$$P = \frac{F}{A}$$

MODES OF PRESSURE

- **ATMOSPHERIC PRESSURE**
- **GAUGE PRESSURE**
- **NEGATIVE GAUGE PRESSURE (VACUUM)**
- **ABSOLUTE PRESSURE**
- **DIFFERENTIAL PRESSURE**

ATMOSPHERIC PRESSURE

- فشار هوا نیرویی است که هوا بر یک واحد از سطح زمین وارد می کند و مقدار آن در سطح دریای آزاد، برابر است با وزن ستونی از جیوه به ارتفاع ۷۶ سانتیمتر. واحد اندازه گیری فشار هوا در آب و هواشناسی میلی بار یا هکتوپاسکال می باشد.
- هر میلی بار یا هکتوپاسکال برابر با ۱۰۰۰ دین بر سانتی متر مربع می باشد.
- فشار ستون هوا در سطح دریای آزاد ۱۰۱۳ هکتوپاسکال بر سانتی متر مربع می باشد.
- تراکم هوا با ارتفاع کاهش می یابد، با افزایش ارتفاع فشار هوا نیز کم می شود.
- تغییر فشار برحسب ارتفاع چندان منظم نیست؛ به طور کلی تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری سطح زمین به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، فشار هوا حدود ۱۲ هکتوپاسکال کم می شود.

- **فشار مطلق (ABSOLUTE PRESSURE)**
  - عبارتست از تفاضل فشار مایع ومقدار صفر مطلق فشار
  - دراندازه گیری فشارهرگاه مبدا اندازه گیری صفر باشد این فشاررافشارمطلق گویند ((psiAکه درآن Aمعروف Absolueمی باشد)
- **فشار گیج (GAUGE PRESSURE)**
  - عبارتست از تفاضل فشار مایع وفشار اتمسفر
  - اگر مبدااندازه گیری فشارهوای محلی باشد این فشاررافشارنسبی (psiGگفته که درآن Gمعروف Gaugeمی باشد .بدیهی است که گیجهای اندازه گیری مرسوم باید فشارنسبی رااندازه گیری کنند)
- **فشار تفاضلی**: عبارتست از تفاضل دو مقدار فشار مطلق

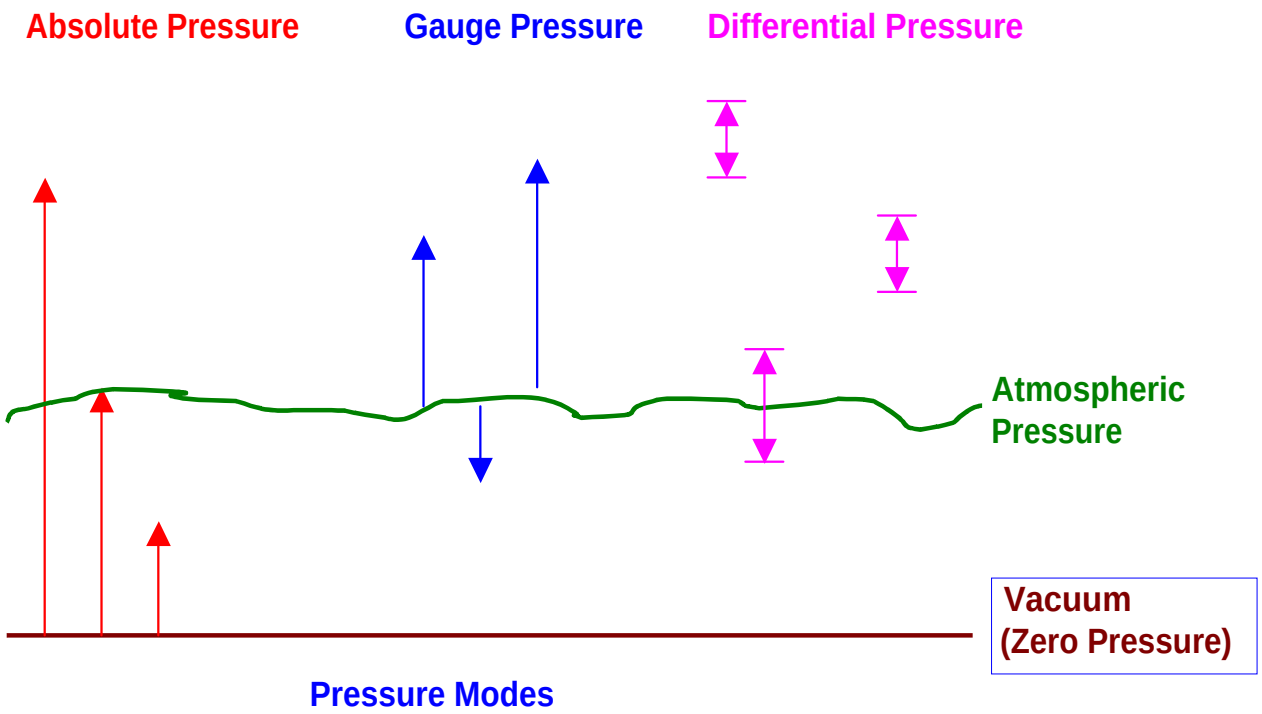
بطور کلی می توان گفت:

فشار اتمسفر +فشاری که فشار سنج نشان می دهد= فشار مطلق

- معمولا" برای گازها ومسائل مربوط به آنها از فشار مطلق و برای مایعات از فشار نسبی استفاده می‌کنیم.

NEGATIVE GAUGE PRESSURE (VACUUM)

- در مقیاس فشار مطلق و در کاربردهای معمولی مهندسی فشار منفی نداریم (مشابه درجه حرارت مطلق) ولی در مقیاس فشار نسبی با اعداد منفی هم سروکار داریم که از آن هم به عنوان مکش Vacuum یاد می‌کنیم.



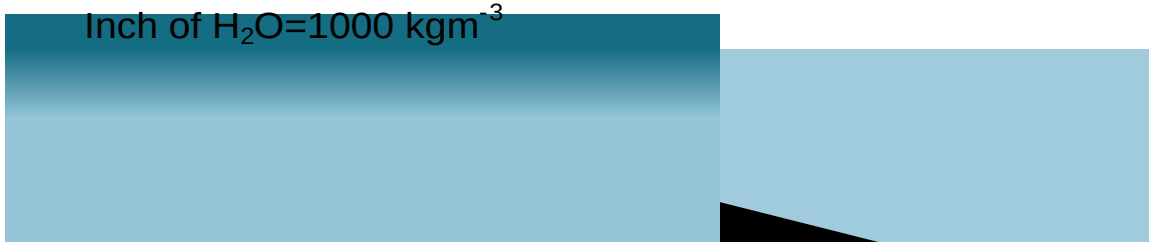
- **Absolute Pressure is** Expressed w.r.t**. Zero (Vacuum) Pressure**
- **Absolute Pressure = Gauge Pressure + Atmospheric Pressure**
- **Gauge Pressure can be *Positive* or *Negative***
- **Below Atmospheric Pressure is *Negative Gauge Pressure***

	Pa	bar	psi (1)	kg/cm² (1)	mmHg (torr) (1)(2)	inHg (1)(2)	mH_2O (1)(3)	inH_2O (1)(3)
1 Pa	1	1.000000 $x10^{-5}$	1.450377 $x10^{-4}$	1.019716 $x10^{-5}$	7.500627 $x10^{-3}$	2.953003 $x10^{-4}$	1.019716 $x10^{-4}$	4.014631 $x10^{-3}$
1 bar	1.000000 $x10^{5}$	1	1.450377 x10	1.019716	7.500627 $x10^{2}$	2.953003 x10	1.019716 x10	4.014631 $x10^{2}$
1 psi	6.894757 $x10^{3}$	6.894757 $x10^{-2}$	1	7.030696 $x10^{-2}$	5.171500 x10	2.036024	7.030696x10^{-1}	2.767990 x10
1 kg/cm²	9.806650 $x10^{4}$	9.806650 $x10^{-1}$	1.422334 10	1	7.355602 $x10^{2}$	2.895906 x10	1.000000 x10	3.937008 $x10^{2}$
1 mmHg (torr)	1.333222 $x10^{2}$	1.333222 $x10^{-3}$	1.933675 $x10^{-2}$	1.359508 $x10^{-3}$	1	3.937008 $x10^{-2}$	1.359508 $x10^{-2}$	5.352394 $x10^{-1}$
1 inHg	3.386384 $x10^{3}$	3.386384 $x10^{-2}$	4.911534 $x10^{-1}$	3.453150 $x10^{-2}$	2.540000 x10	1	3.453150 $x10^{-1}$	1.359508 x10
1 mH_2O	9.806650 $x10^{3}$	9.806650 $x10^{-2}$	1.422334	1.000000 $x10^{-1}$	7.355602 x10	2.895906	1	3.937008 x10
1 inH_2O	2.490889 $x10^{2}$	2.490889 $x10^{-3}$	3.612729 $x10^{-2}$	2.540000 $x10^{-3}$	1.868323	7.355602 $x10^{-2}$	2.540000 $x10^{-2}$	1

(1) Standard gravity : g_n=9.80665 ms^{-2}

(2) Volumic mass of mercury at 0°C and at standard atmospheric pressure (101325 Pa) :
Inch of Hg=13595.08 kgm^{-3}

(3) Volumic mass of water at 4°C and at standard atmospheric pressure (101325 Pa) :
Inch of H_2O=1000 kgm^{-3}



انواع اندازه گیرهای فشار

۱– اندازه گیرهای مانومتری
۲– اندازه گیرهای با خاصیت ارتجاعی در برابر فشار
۳–اندازه گیرهای الکتریکی فشار
۴– اندازه گیری فشار با وزن باری که بر پیستونی با سطح معین(Dead Weight Tester)

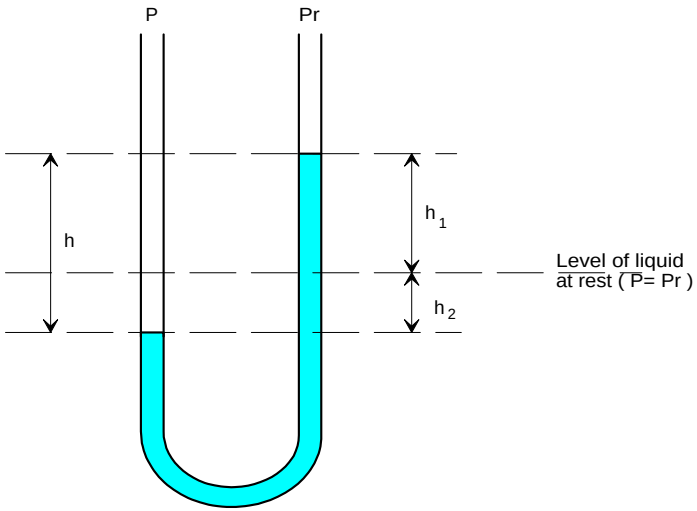
اندازه‌گیرهای مانومتری

جرم مخصوص مایع مانومتر ρ:

h: ارتفاع مایع

g: شتاب جاذبه

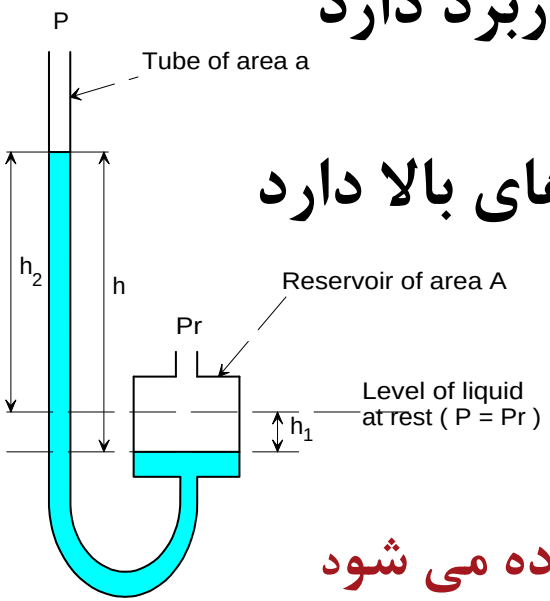
کاربرد آن برای اندازه گیری فشار مطلق ونسبی واختلاف فشار است



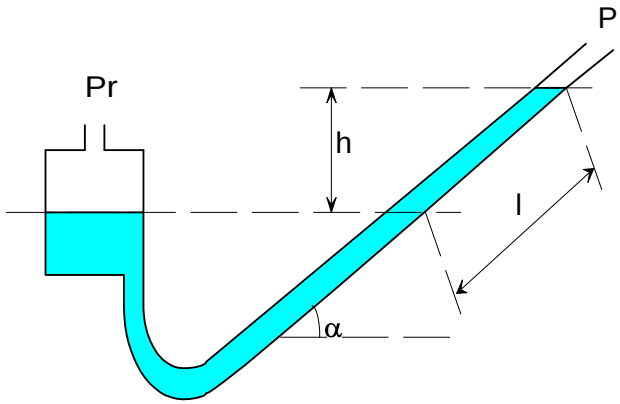
$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho.g.h = \rho.g.(h_1 + h_2)$$

$$P = \rho g h \left(1 + \frac{a}{A}\right)$$

- در صورتی که فشار مورد اندازه گیری بالا باشد کاربرد دارد
- مخزن ذخیره مایع خوبی برای اندازه گیری فشارهای بالا دارد

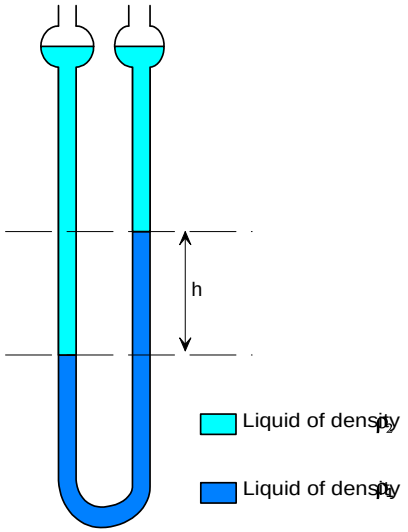


جهت اندازه گیری فشار های خیلی پائین از مدل زیر استفاده می شود



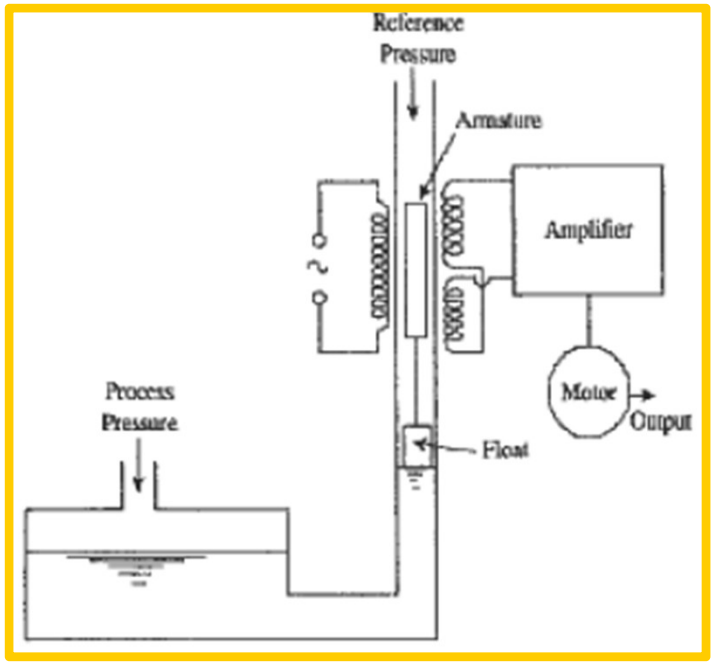
اندازه گیر فشار از روش مانو متری با استفاده از مواد با دو دانسیته مختلف

$$P = (\rho_1 - \rho_2)gh$$



۱ - بهبودبخشیدن در حساسیت سیستم

۲ -توانائی اندازه گیری فشار های خیلی پائین



اندازه گیر مانومتری همراه با آشکارساز LVDT

دونقص این اندازه گیر

۱- تا حدی تبخیر می شود.

۲- چون شفاف است ارتفاع آن دیده نمی شود

معایب آن عبارتند از:

1 - خطر شکستگی

2- تبخیر مایع مانومتری

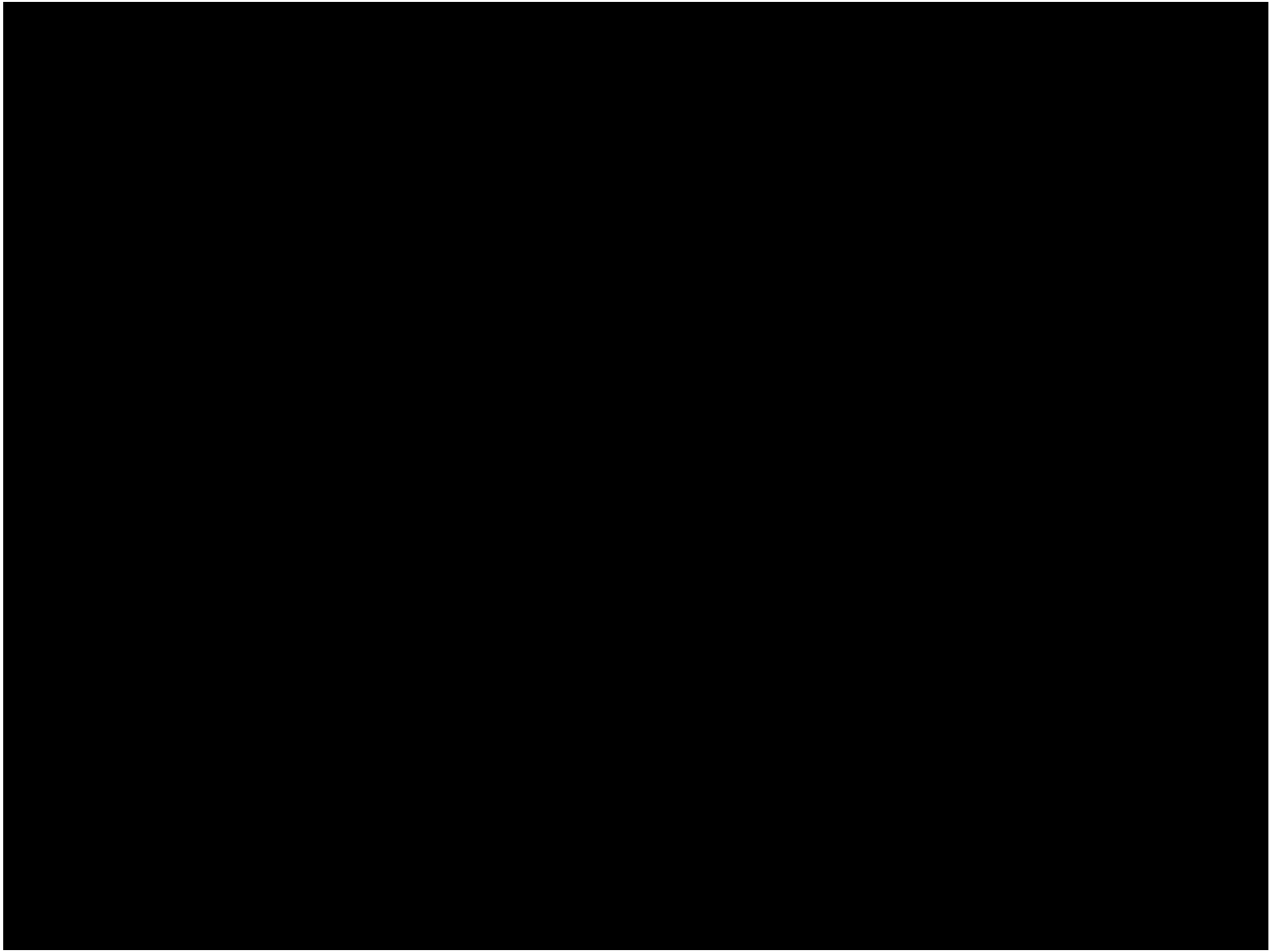
3- تغییر خواص آن در شرایط آب وهوائی ودماهای مختلف

4- حساسیت نسبت به نوسانات

5- کاربرد مطلق در سیستمهای گازی

6- محدود بودن حوزه اندازه گیری

7-کاربرد آن در محیط های تمیز مانند آزمایشگاه هاست

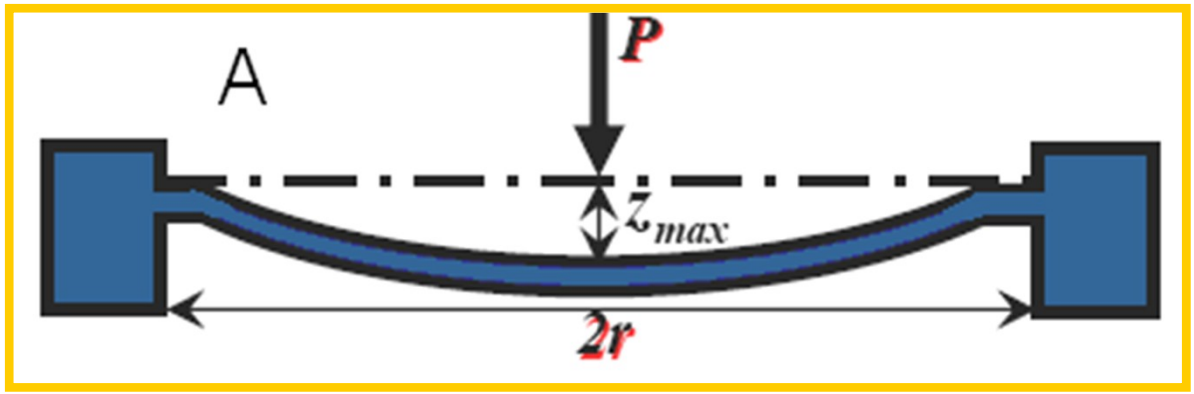


اندازه‌گیرهای فشار با خاصیت ارتجاعی

۱– اندازه‌گیرهای فشار دیا فراگمی
۲– اندازه گیرهای فشار کپسولی
۳– اندازه گیرهای فشار لوله بوردن
۴– اندازه گیرهای فشار دم(بیلوز)

مزیت عمده اندازه گیر
۱– سادگی
۲– استحکام

اندازه‌گیرهای فشار دیافراگمی



$$P = \frac{16Et^3}{3r^4(1-v^2)} z_{\max}$$

E :مدول الاستیسیته

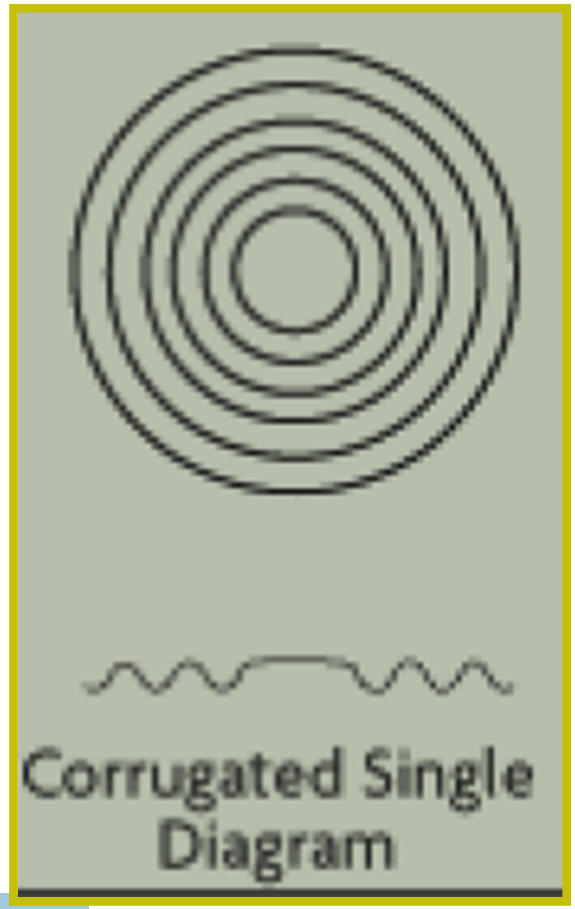
V:نسبت پواسن

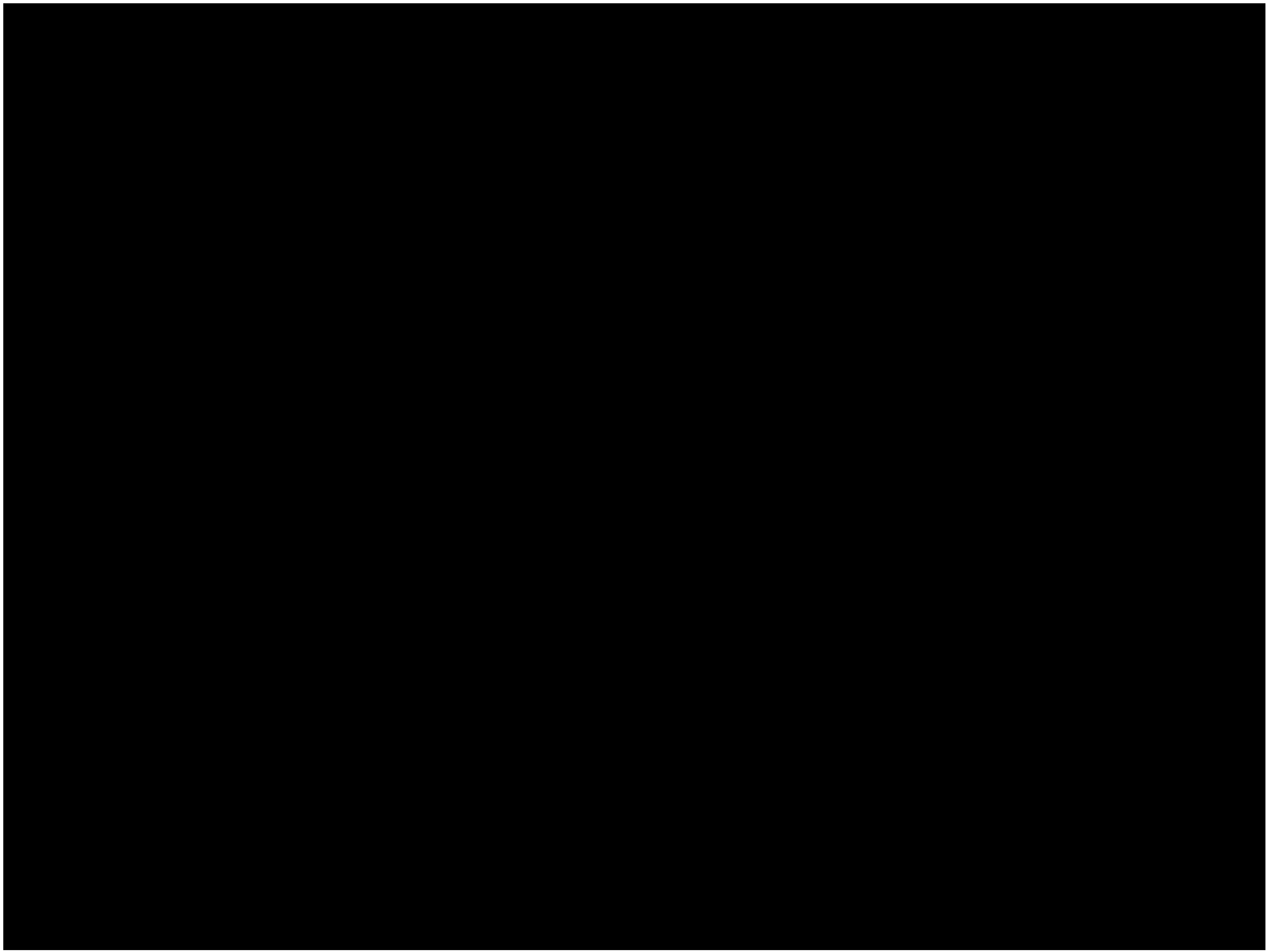
t: عرض دیافراگم

اندازه‌گیرهای فشار دیافراگمی

- جنس دیافراگم می تواند پلاستیک ،چرم،فلز باشد
- هرچه قطر دیافراگم بیشتر باشد فشار بیشتری را تحمل می کند
- دیافراگم های فلزی می تواند از آلیاژهای برنز ،مس،فولادهای ضد زنگ و....باشد
- برای بالابردن تحمل دیافراگم ها سطح آنها را بصورت چین دار می سازند
- معمولا از طریق منی فولد به ترانسمیتر وصل می شود

دیافراگم و ترانسمیتر از نوع دیافراگمی

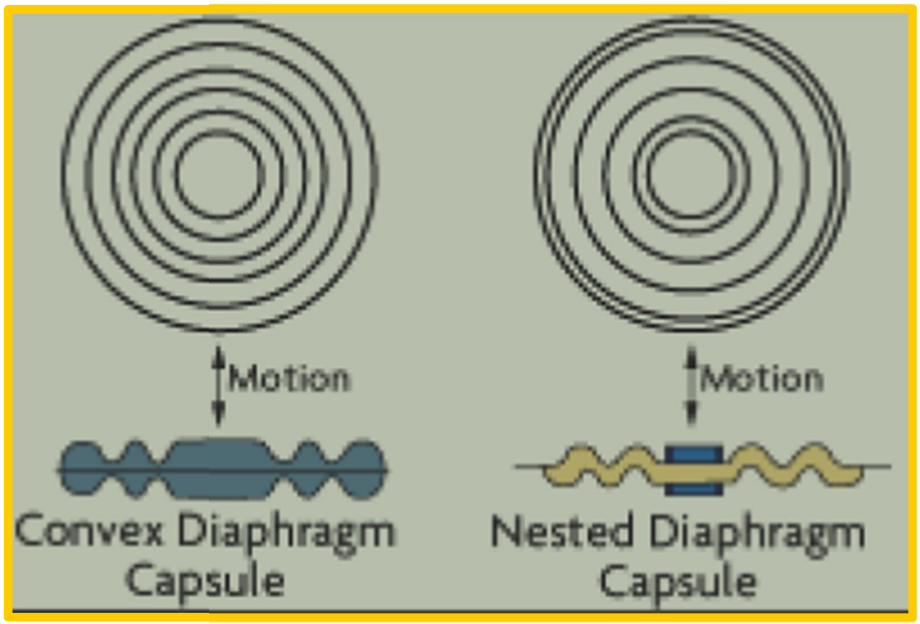


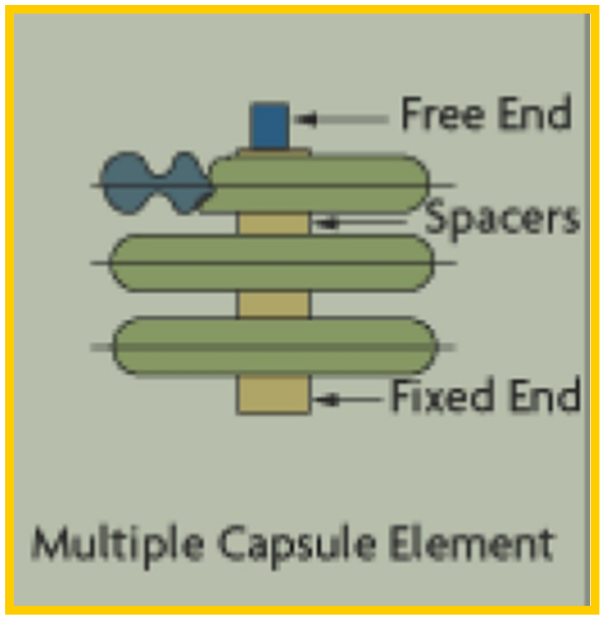


اندازه‌گیرهای فشار کپسولی (cell)

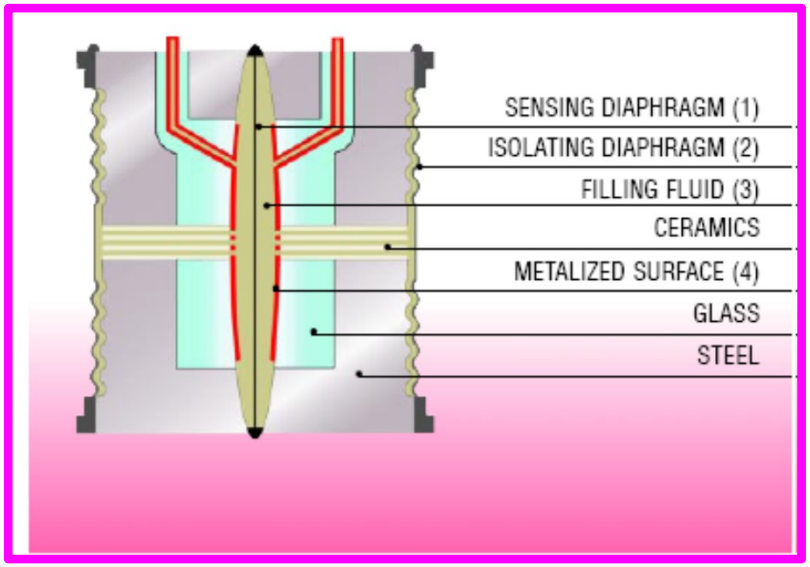
- از دو دیافراگم که به هم جوش داده شده باشد تشکیل شده است
- فضای بین دو دیافراگم از یک ماده تراکم ناپذیر تشکیل شده است
- معمولا برای اندازه گیری اختلاف فشار استفاده می شود
- جهت بالابردن حوزه تغییرات از چندکپسول که با هم سری شده انداستفاده می شود
- در این نوع کپسول ها جابجائی ناشی از فشاربرابر مجموع جابجائی های تک تک کپسول ها است
- کپسولها و دیافراگم ها همجنس هستند

اندازه‌گیرهای فشار کپسولی (cell)





شمای کپسول (cell)



مدار داخلی کپسول

اجزاء مختلف ترانسمیتر فشار

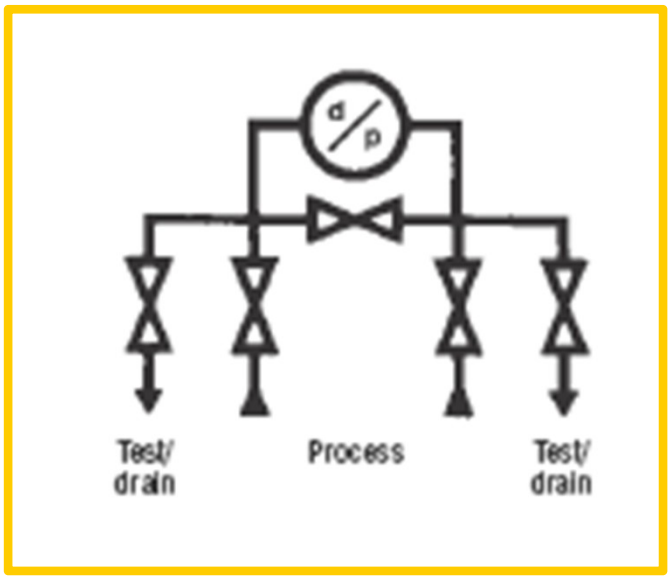
mpany
oseup

اندازه‌گیرهای فشار کپسولی (cell)

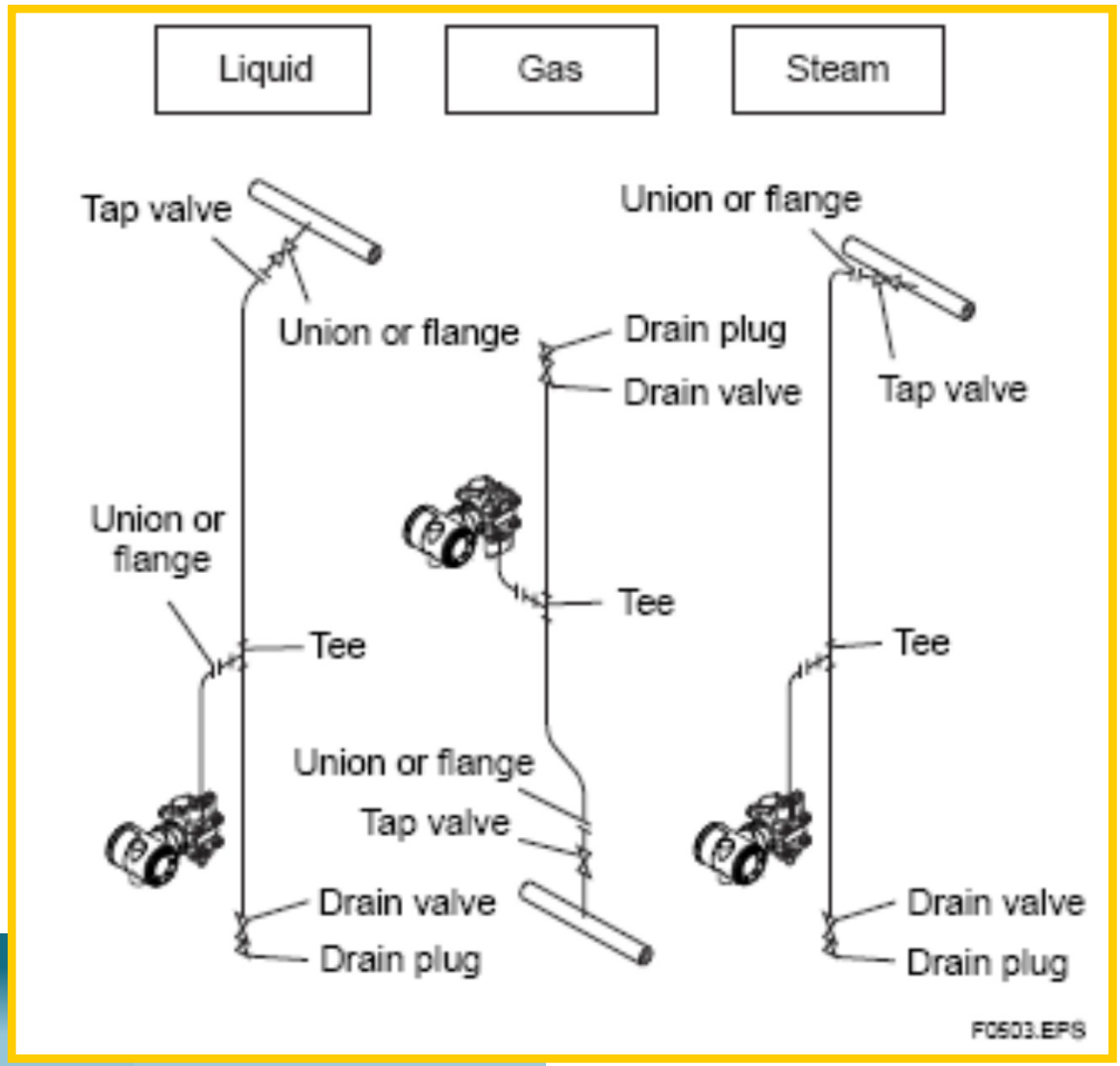
- در کپسولها تغییرات فشار باعث تغییر در ظرفیت خازن شده وتوسط پل وتسون خازنی آشکار می گردد
- ترانسمیترها باید توسط منی فولد های ۵ راهه وسه راهه در سرویس قرار گیرند
- منی فولد با عث ایزوله کردن ترانسمیتر ها در هر زمان می شود

- در صورت اشتباه باز وبسته نمودن ولوهای منی فولد ترانسمیتر در سرویس قرار نگرفته وممکن است خسارت های غیر قابل جبران ایجاد نماید

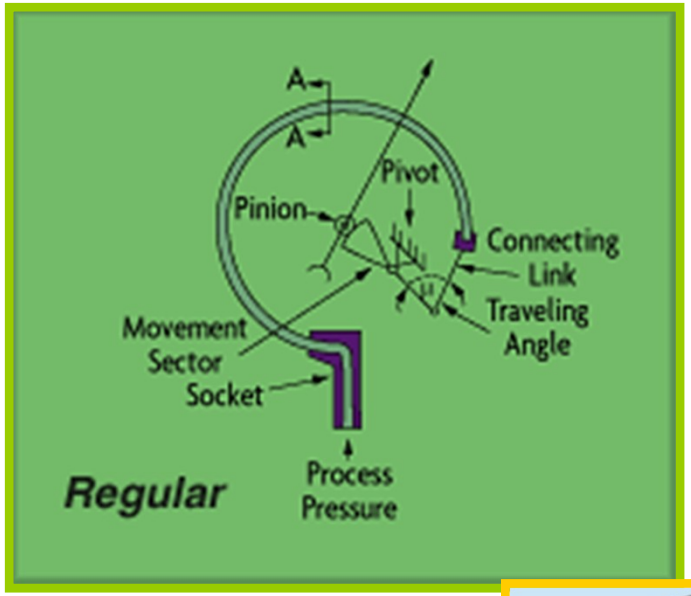
منی فولد پنج راهه

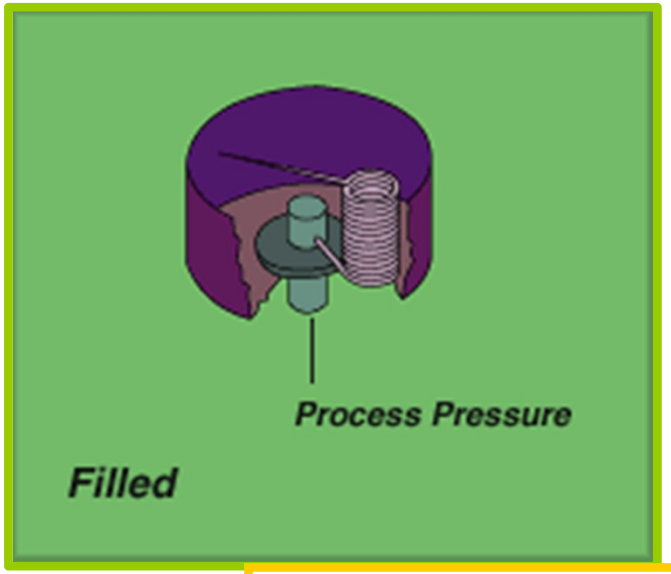


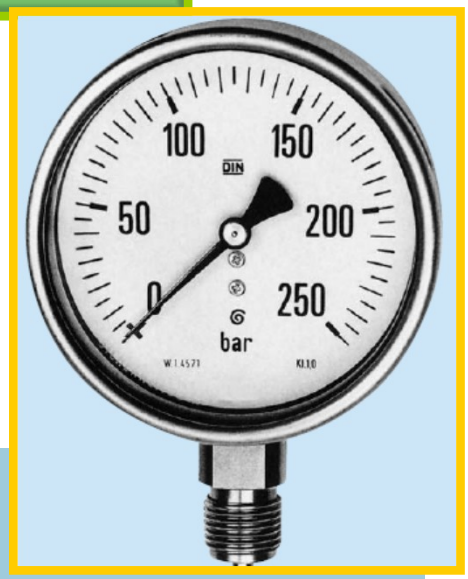
محل قرار دادن ترانسمیتر در مسیرهای مختلف



اندازه‌گیر لوله بوردن







- کلاس دقت اندازه گیری گیج ها عبارتند از:

0.01,0.02,0.05,0.1,0.25,0.5,1.5,1.6,2.5,4.0 %FS

- مایعات مصرفی دردمای $20^{\circ}C$ گیج ها ی فشار عبارتند از:

۱- جیوه با وزن مخصوص $\gamma = 13.591\ {}^{gr}/_{cm^3}$

۲- آب با وزن مخصوص $\gamma = 0.998\ {}^{gr}/_{cm^3}$

۳- الکل اتیلیک با وزن مخصوص $\gamma = 0.790\ {}^{gr}/_{cm^3}$

۴-نفت با وزن مخصوص $\gamma = 0.82\ {}^{gr}/_{cm^3}$

۵- گلسیرین با وزن مخصوص $\gamma = 1.257\ {}^{gr}/_{cm^3}$

- میزان حرکت لوله بوردن بین ۴ تا ۲۵ درصد اینچ می باشد اگر بیشتر از این مقدار باشد لوله خاصیت ارتجاعی خود را از دست می دهد

- گیج های فشار برای اندازه گیری **فشار گیج،فشار مطلق و اختلاف فشار** بکار برده می شود

- گیجی که برای اکسیژن بکار برده می شود در داخل آن با رنگ آبی Oxygenنوشته می شود و نباید برای اندازه گیری فشار روغن استفاده شود زیرا در استفاده دوباره جهت اکسیژن انفجار رخ می دهد

- بهترین گستره کاری برای گیج های فشار بین 25%تا 75%کل رنج کاری است

- حرکت عقربه گیج فشار در جهت عقربه ساعت و لی گیج های خلاء با افزایش خلاءدر جهت خلاف حرکت عقربه های ساعت می باشد

استاندارد گیج های فشار برحسب PSI

0.....10	0.....160	0.....1000	0.....10000
0.....15	0.....200	0.....1600	0.....16000
0.....30	0.....300	0.....3000	0.....20000
0.....60	0.....400	0.....5000	
0.....100	0.....600	0.....6000	

رنج خلاءبر حسب PSI

-10.....0	-15.....0

رنج ترکیبی برحسب PSI

-30Hg.....10	-30Hg.....30	-30Hg.....100	-30Hg.....200
-30Hg.....15	-30Hg.....60	-30Hg.....160	-30Hg.....350

استاندارد گیج های فشار برحسب BAR

0.....0.6	0.....6	0.....60	0.....600
0.....1	0.....10	0.....100	0.....1000
0.....1.6	0.....16	0.....160	0.....1600
0.....2.5	0.....25	0.....250	
0.....4	0.....40	0.....400	

رنج خلاءبر حسب BAR

- 0.6.....0	- 1.....0

رنج ترکیبی برحسب BAR

- 1.....0.6	- 1.....3	- 1.....9	- 1.....24
- 1.....1.5	- 1.....5	- 1.....15	

سایز گیج ها براساس استاندارد DIN

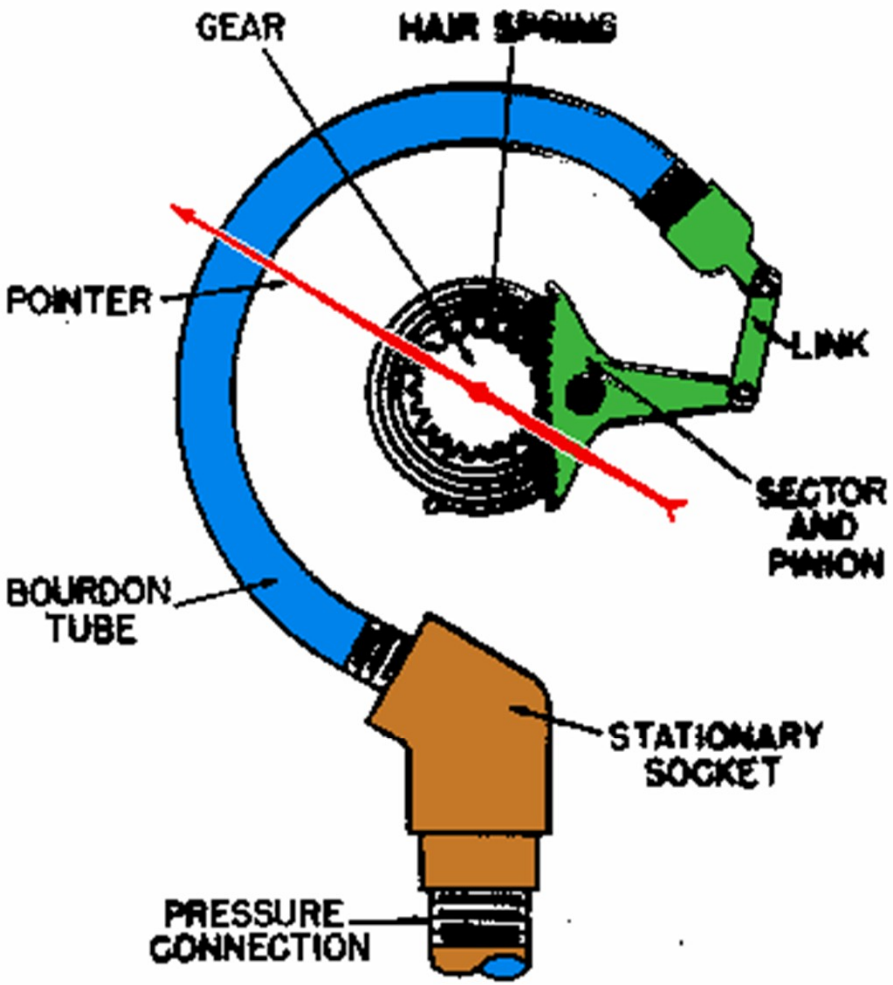
SIZE(mm)	± Accuracy class					
	0.1	0.25	0.6	1.0	1.6	2.5
40						
50						
63						
100						
125						
150						
250						

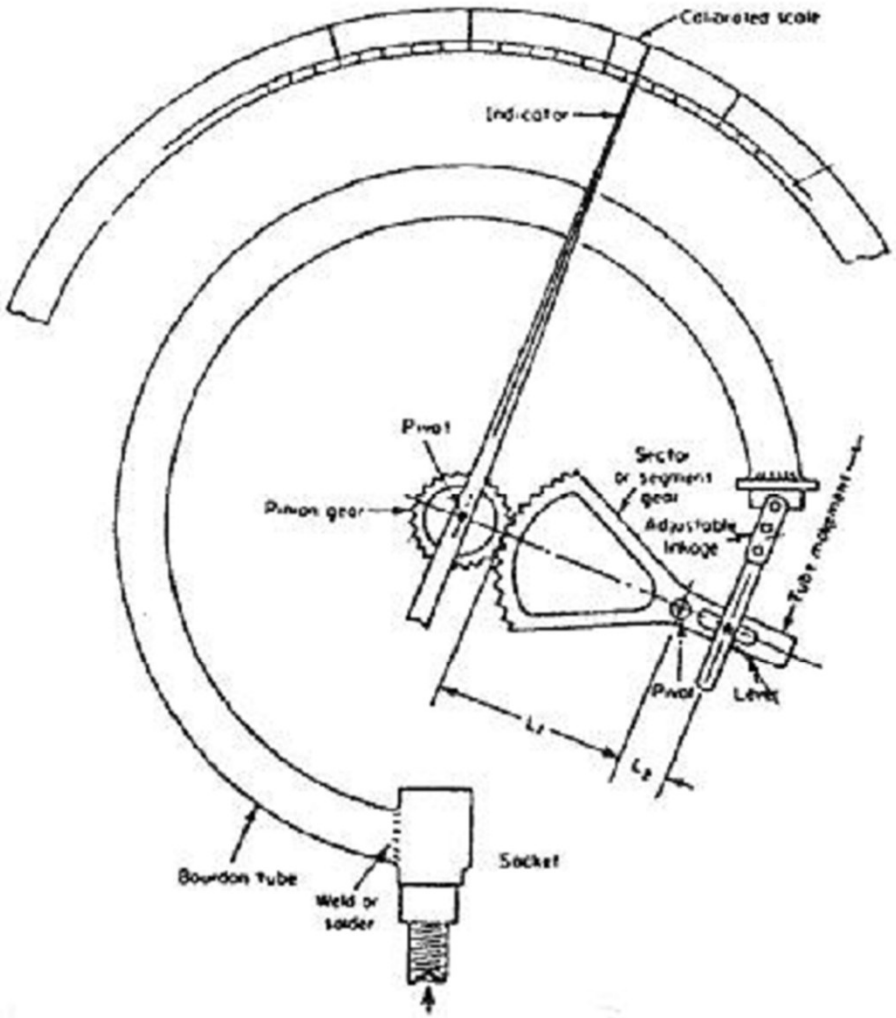
تغییرات ناشی از تاثیر دما در قرائت گیجهای فشار نباید بیشتر از روابط زیر باشد

گیج لوله بردون	$\pm 0.04 \times (t_2 - t_1)\% of\ the\ span$
گیج کپسولی	$\pm 0.06 \times (t_2 - t_1)\% of\ the\ span$
گیج دیافراگمی	$\pm 0.08 \times (t_2 - t_1)\% of\ the\ span$

t_2 : دمای محیط برحسب سانتی گراد

t_1 : دمای دستگاه مرجع


GEAR
HAIR SPRING
POINTER
LINK
SECTOR AND PINION
BOURDON TUBE
STATIONARY SOCKET
PRESSURE CONNECTION


Calibrated scale
Indicator
Pivot
Pinion gear
Sector or segment gear
Adjustable linkage
Tube movement
Pivot
Lever
Bourdon tube
Weld or solder
Socket

روش کالیبراسیون گیج های فشار

- در لوله های بوردن امکان ایجاد سه نوع خطا وجود دارد که عبارتند از:

۱- خطای صفر (Zero error):

فشارسنج در تمام دامنه تغییرات خود، يك مقدار ثابت را زیادتر یا کمتر مي‌خواند.

- الف) اگر خطاي صفر پايين‌تر از 10% دامنه باشد، مي‌توان فشارسنج را با پيچ تنظيمي كه روي عقربه آن تعبيه شده است تنظيم نمود بدون آن‌كه فشاري به لوله بوردوني يا عضو حساس گيج اعمال شود.
- پيچ تنظيم فقط مربوط به گيج‌هايي مي‌باشد كه داراي صفر آزاد نمي‌باشند يعني عقربه روي عدد صفر به يك مانع برخورد مي كند كه پس از آن نمي‌تواند پايين‌تر بيايد.

روش کالیبراسیون گیج های فشار

- ب) اگر خطای صفری بالاتر از ۱۰٪ دامنه باشد عقربه را از روی محور پیستون بیرون آورده سپس فشاری معادل ۱۰٪ دامنه تغییرات به فشارسنج وارد کرده و عقربه را روی آن نقطه سوار کنید.

- اگر به تنظیم دقیق گیج احتیاج باشد، توسط پیچ تنظیم مربوط به عقربه، این کار انجام می شود

روش کالیبراسیون گیج های فشار

۲- خطای ضربدری (Multi Placation Error):

- در این حالت فشارسنج از پایین به طرف بالای رنج تغییراتی به طور تساعدی (یا نزولی)، زیاد (یا کم) می‌خواند و نشان می‌دهد که در هر دو صورت مقدار خطا زیاد می‌شود.
- الف) اگر خطا نسبت به مقدارهای واقعی فشار مرتباً در حال افزایش باشد، چرخ‌دنده قطاعی خیلی سریع حرکت می کند. بنابراین طول محور اتصال چرخ‌دنده قطاعی بایستی بلند شود و این کار به وسیله پیچ تنظیم که در شیار روی محور چرخ‌دنده قطاعی است صورت می‌گیرد.
- ب) اگر خطا نسبت به مقدارهای واقعی فشار در حال نقصان است، سرعت حرکت چرخ‌دنده قطاعی خیلی کم است. بنابراین طول محور چرخ‌دنده قطاعی بایستی کوتاه شود.
- یادآوری: پس از هر تنظیم ضربدری تنظیم نقطه صفر را بازدید نمایید.

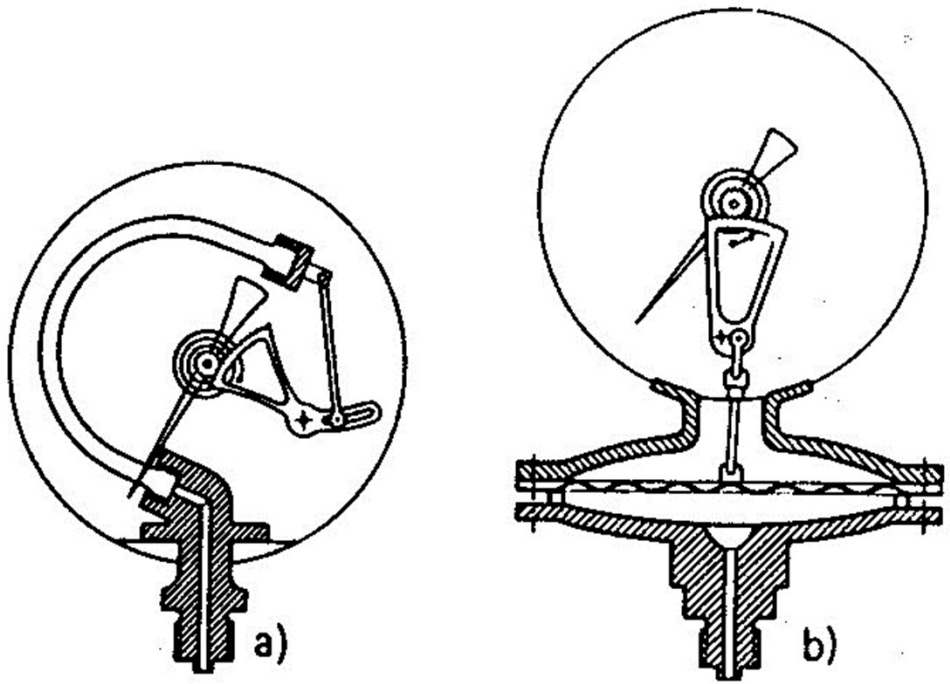
روش کالیبراسیون گیج های فشار

۳- خطای زاویه‌ای (Angularity Error):

- در اثر بروز این خطا، فشارسنج یک خطای متغیر را نشان می‌دهد. به این صورت که نقاط min یا ابتدایی و max یا انتهایی صحیح هستند ولیکن نقاط بین این دو مقدار یا این دو حد فشارسنج دارای خطا می‌باشند.
- برای برطرف کردن این خطا عقربه گیج را با عقربه‌کش یا پولی‌کش خارج کرده و روی نقطه‌ای زیر نقطه واقعی که اندازه آن معادل خطا می‌باشد قرار دهید و در صورت بروز خطای افزایشی یا کاهشی، پیچ تنظیم مربوط به خطای زوایه‌ای که روی اتصال می‌باشد را تنظیم نمایید. این روش ممکن است چند بار تکرار شود تا خطای گیج برطرف شود.

لوله بوردن

- برای اندازه گیری فشار مواد خورنده باید بین لوله بوردن و مایع عبوری از مایعی غیر از مایع خورنده قرار داد
- از دیافراگم نیز می توان استفاده نمود



خصوصیات اندازه گیر لوله بوردن

۱– حوزه اندازه‌گیری لوله بوردن بیشتر از دیافراگم و کپسول می‌باشد

۲– معمولا برای اندازه‌گیری فشارهای ۳۵kpa تا kpa ۱۰۰ مورد استفاده واقع می‌شود

۳– درصورتیکه بخواهیم حوزه اندازه گیری را افزایش دهند لوله بوردن بصورت مارپیچ در نظر گرفته می شود

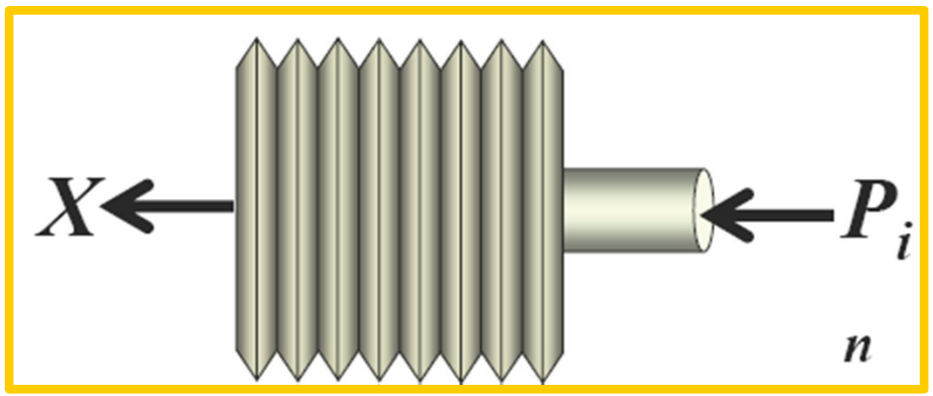
اندازه‌گیر دم (بیلوز)

فشار مورد اندازه‌گيريP:

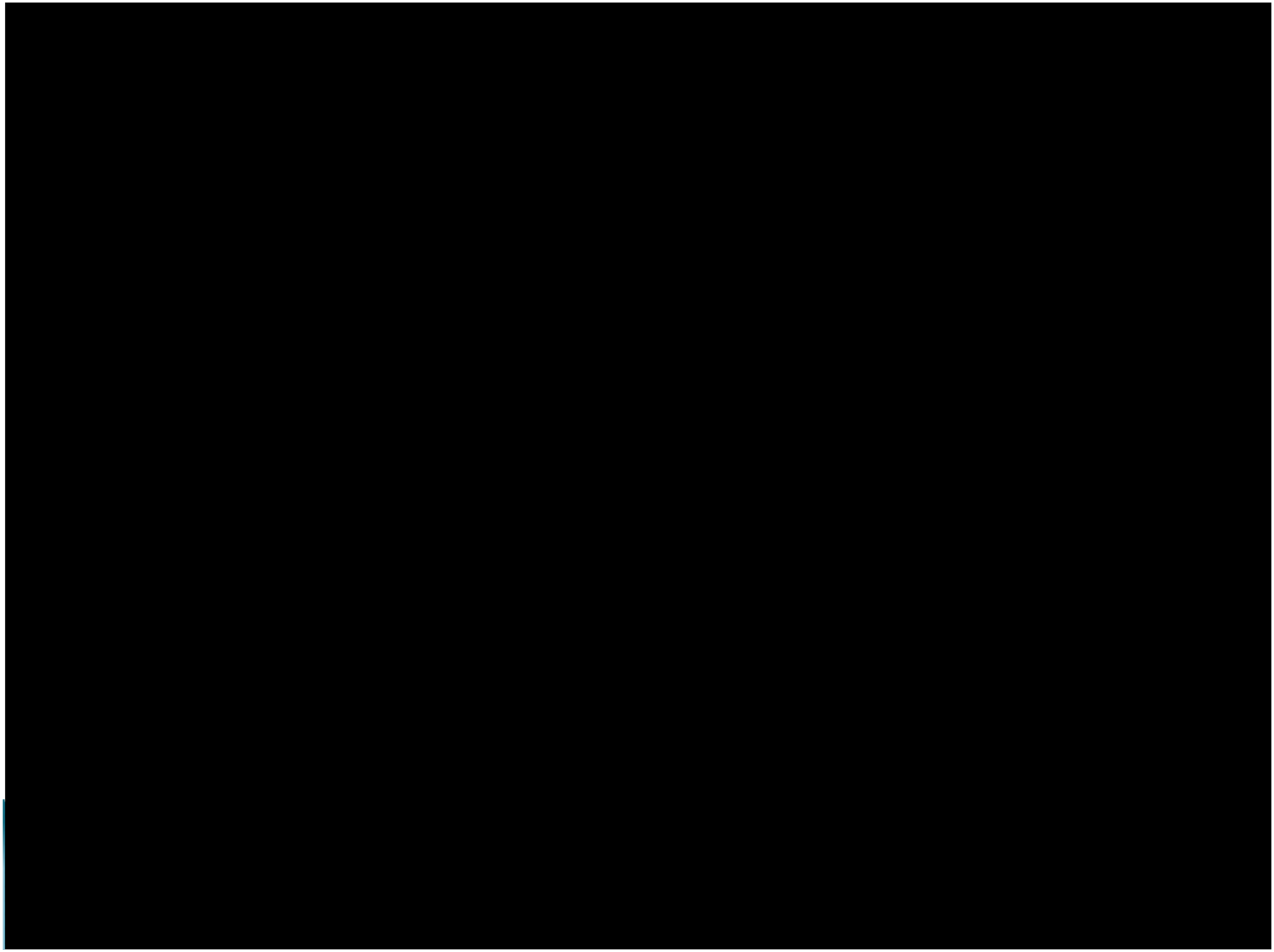
سطح بیلوز: A

ضریب بیلوز (ضریب فنري) Ks:

$$X = K_s(PA)$$

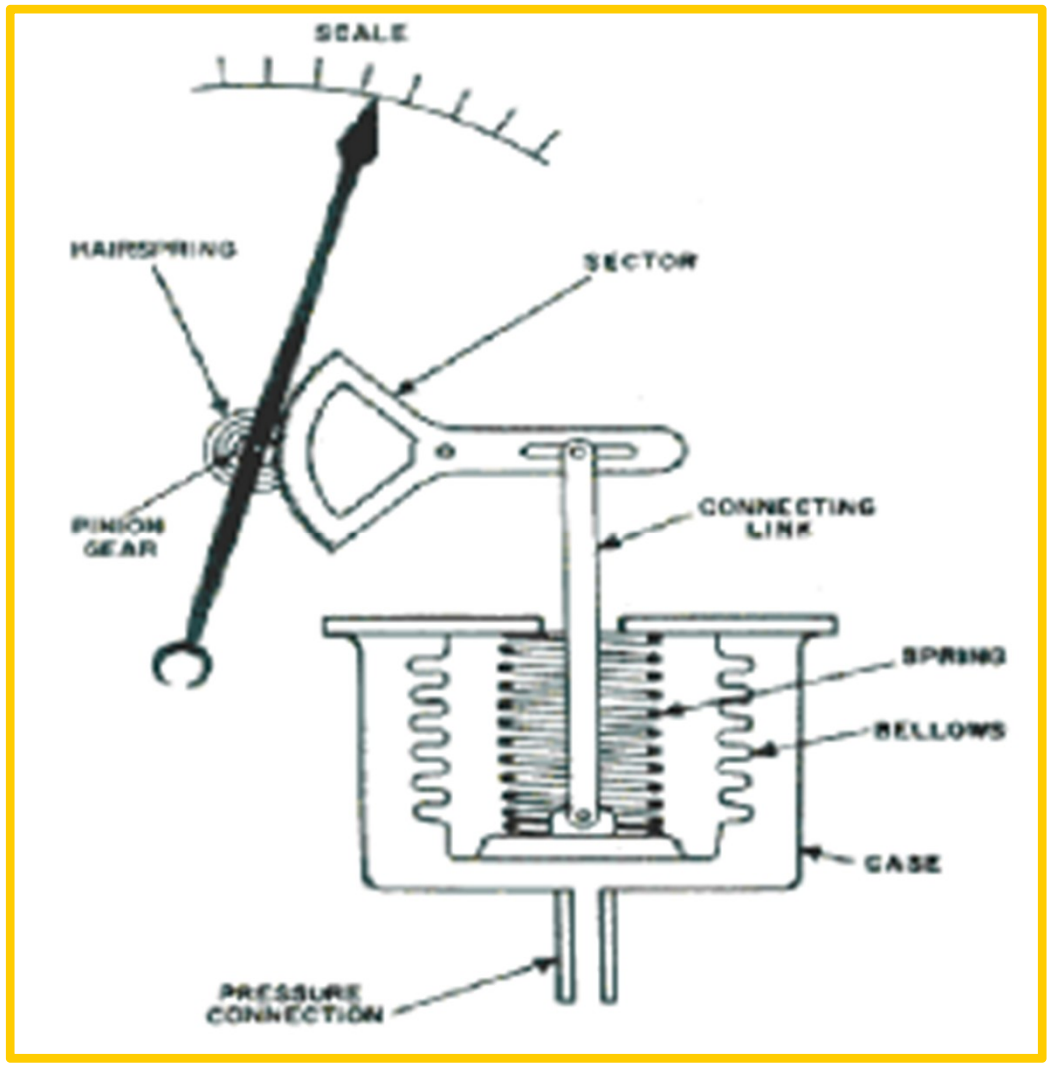


وسیله ای است مانند اکاردون واز جنس دیافراگم های فلزی بطوری که در اثر اعمال فشار های خیلی کم تغییر وضعیت داده وجابجا می شود



اندازه‌گیر دم (بیلوز)

- **میزان جابجائی بیلوز ها در اثر اعمال فشار زیاد نیست وحدودا 10 در صد طول بیلوز می باشد**
- **معمولا برای اندازه گیری های فشار حدود میلی بار استفاده می شود**
- **از بیلوز معمولا در کنترل ولوهای PCV استفاده میگردد.**


SCALE
HAIRSPRING
SECTOR
PINION GEAR
CONNECTING LINK
SPRING
BELLOWS
CASE
PRESSURE CONNECTION

Element	Application	Minimum Range	Maximum Range
Capsule	Pressure	0–0.2 in (0.5 cm) H_2O	0–1000 psig (70.3 kg/cm^2)
	Vacuum	0–0.2 in (0.5 cm) H_2O	0–30 in (76.2 cm) Hg vacuum
	Compound vacuum and pressure	Any span within pressure and vacuum ranges, with a total span of 0.2 in (0.5 cm) H_2O	—
Bellows	Pressure	0–5 in (12.7 cm) H_2O	0–2000 psig (141 kg/cm^2)
	Vacuum	0–5 in (12.7 cm) H_2O	0–30 in (76.2 cm) Hg vacuum
	Compound vacuum and pressure	Any span within pressure and vacuum ranges, with a total span of 5 in (12.7 cm) H_2O	—
Bourdon	Pressure	0–5 psig (0.35 kg/cm^2)	0–100,000 psig (7030 kg/cm^2)
	Vacuum	0–30 in (76.2 cm) Hg vacuum	—
	Compound vacuum and pressure	Any span within pressure and vacuum ranges, with a total span of 12 psi (0.84 kg/cm^2)	—

اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار

- . اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار علاوه بر مزایای خاص اندازه‌گیرهای الکتریکی، فشار را مستقیما به کمیتی الکتریکی تبدیل می‌نمایند
- صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه می‌شود
- دقت اندازه‌گیری نیز افزایش می یابد.
- چند نمونه از اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار عبارتند از:

۱- استرین‌گیج‌ها

۲- اندازه‌گیرهای ظرفیتی(خازنی) فشار

۳- اندازه‌گیرهای پیزو الکتریکی فشار

استرین‌گیج‌ها

- استرین‌گیج‌ها معروف‌ترین اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار هستند
- برای اندازه‌گیری فشارهای بالا مورد استفاده می‌گیرند.
- هرگاه بر جسمی نیرو وارد شود (کشش یا فشار) جسم در جهت نیرو تغییر طول می‌دهد. نسبت این تغییر طول به طول اولیه جسم، کرنش گفته می‌شود

$$\sigma = \frac{\Delta L}{L_0}$$

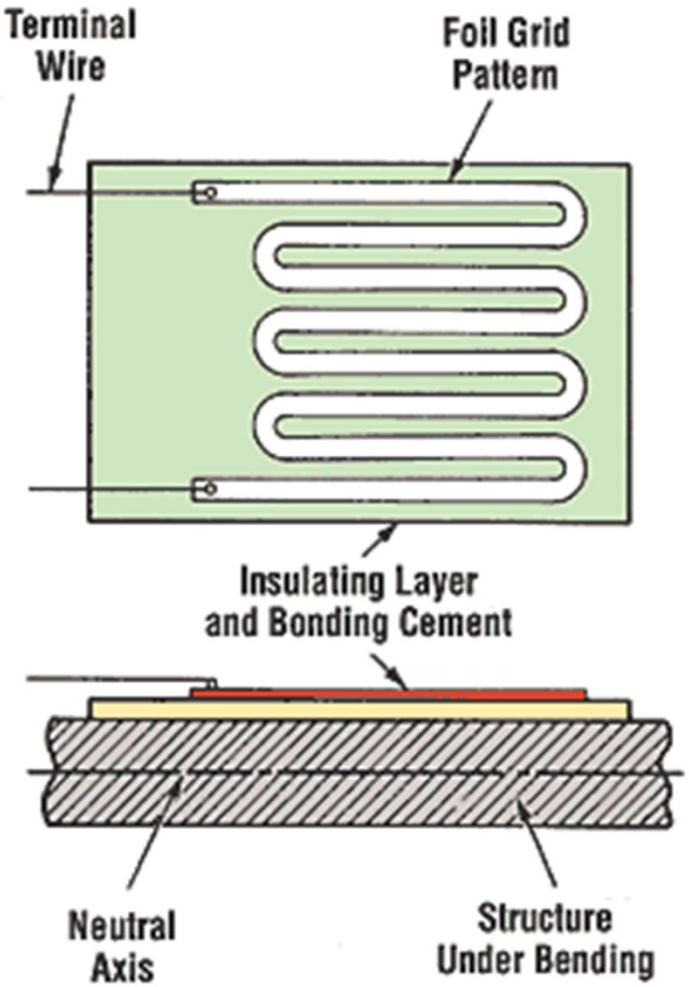
دراین رابطه ،

$$P = \frac{F}{A} = \sigma Y = Y\frac{\Delta L}{L_0}$$

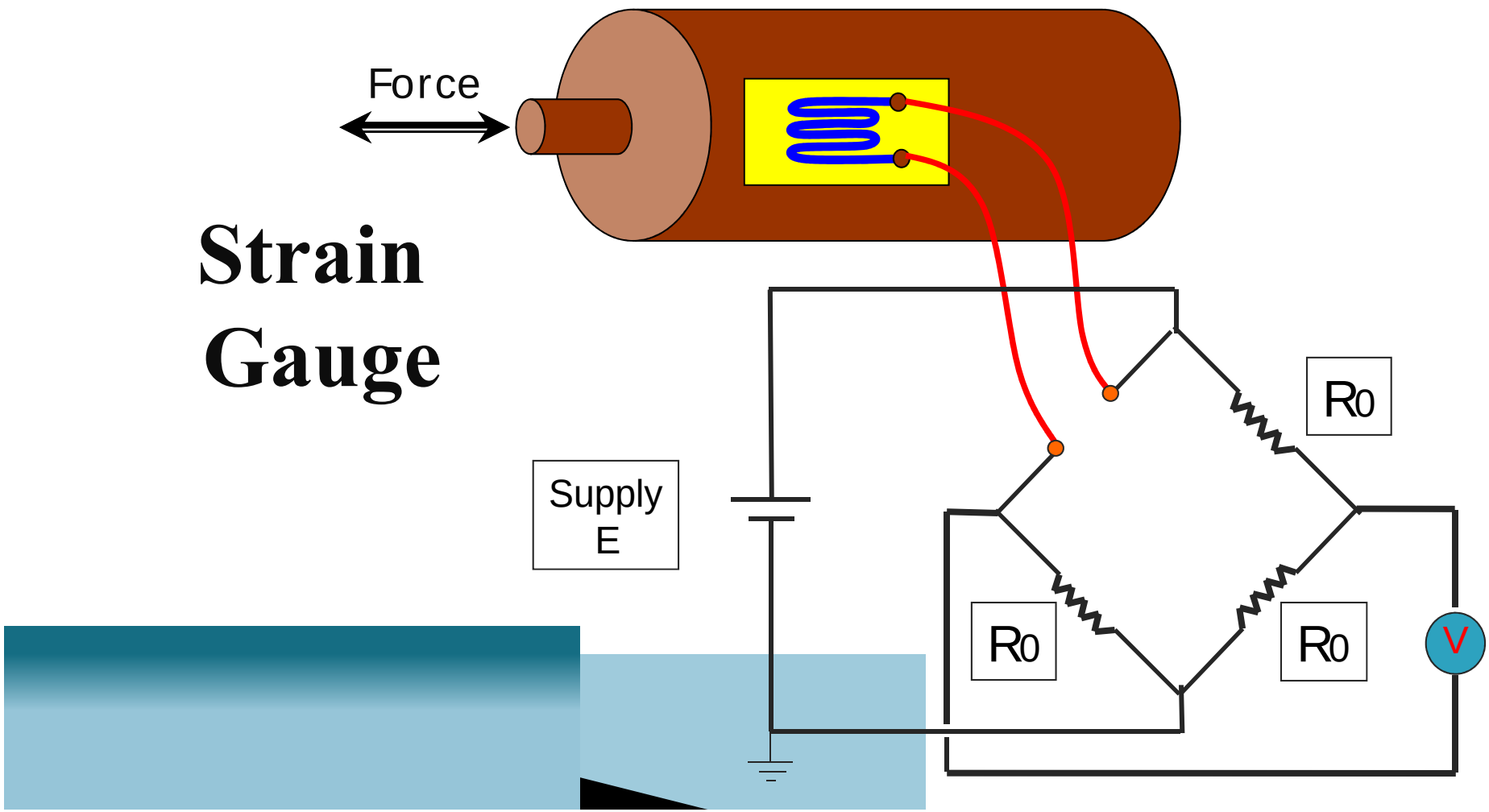
مدول یانگ

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

L
A
F

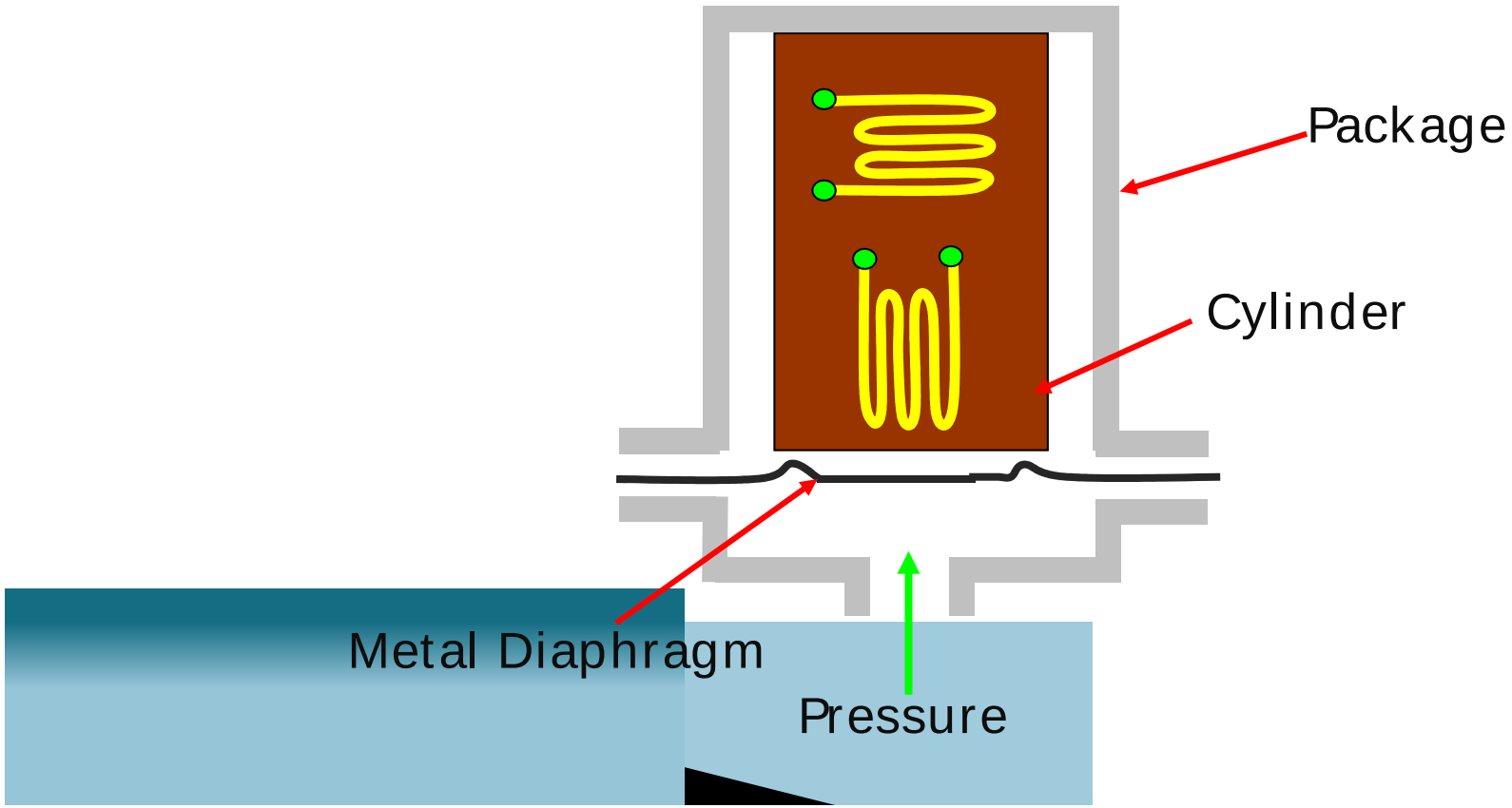

Terminal Wire
Foil Grid Pattern
Insulating Layer and Bonding Cement
Neutral Axis
Structure Under Bending

PRESSURE MEASUREMENT

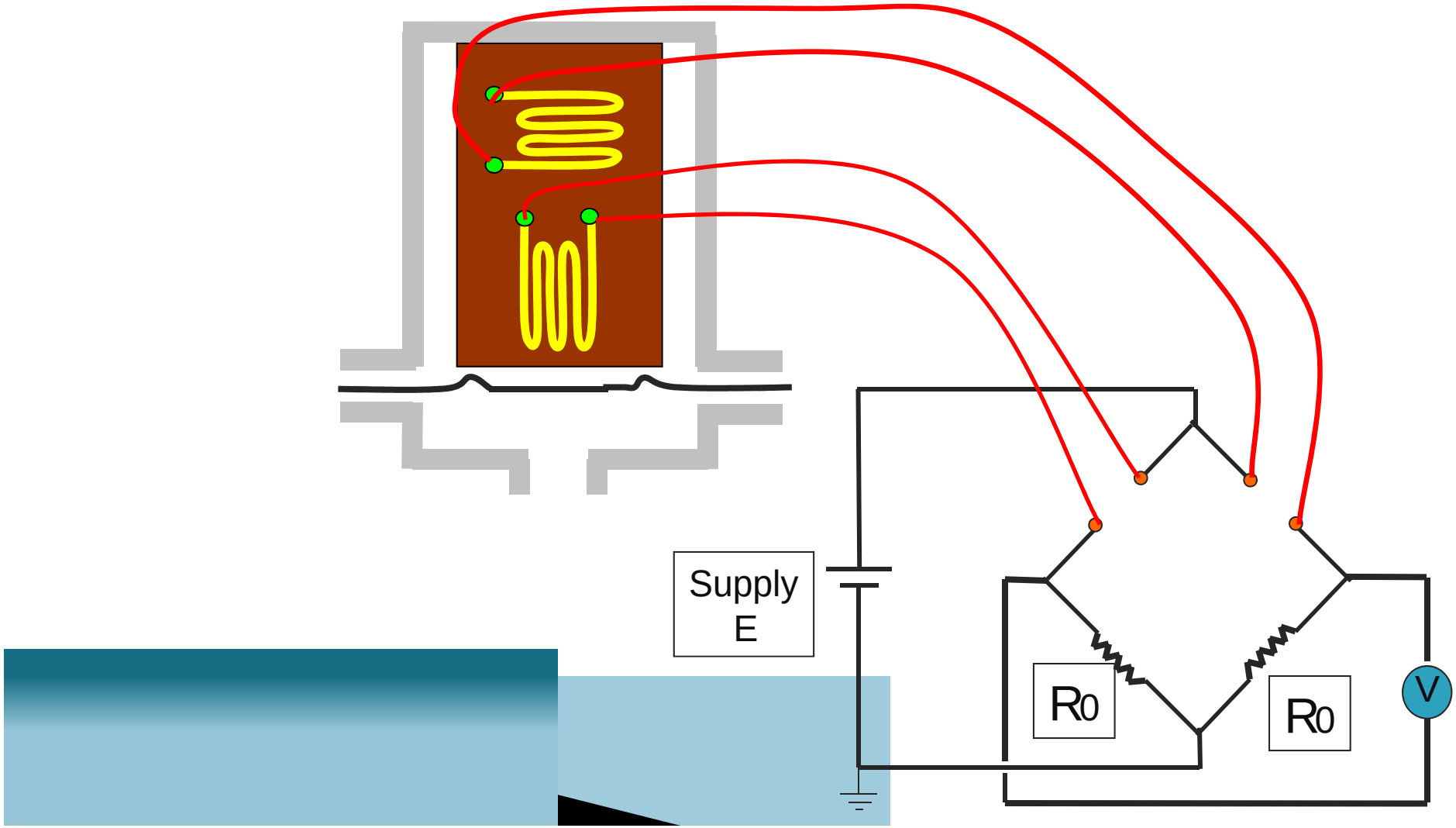


PRESSURE MEASUREMENT

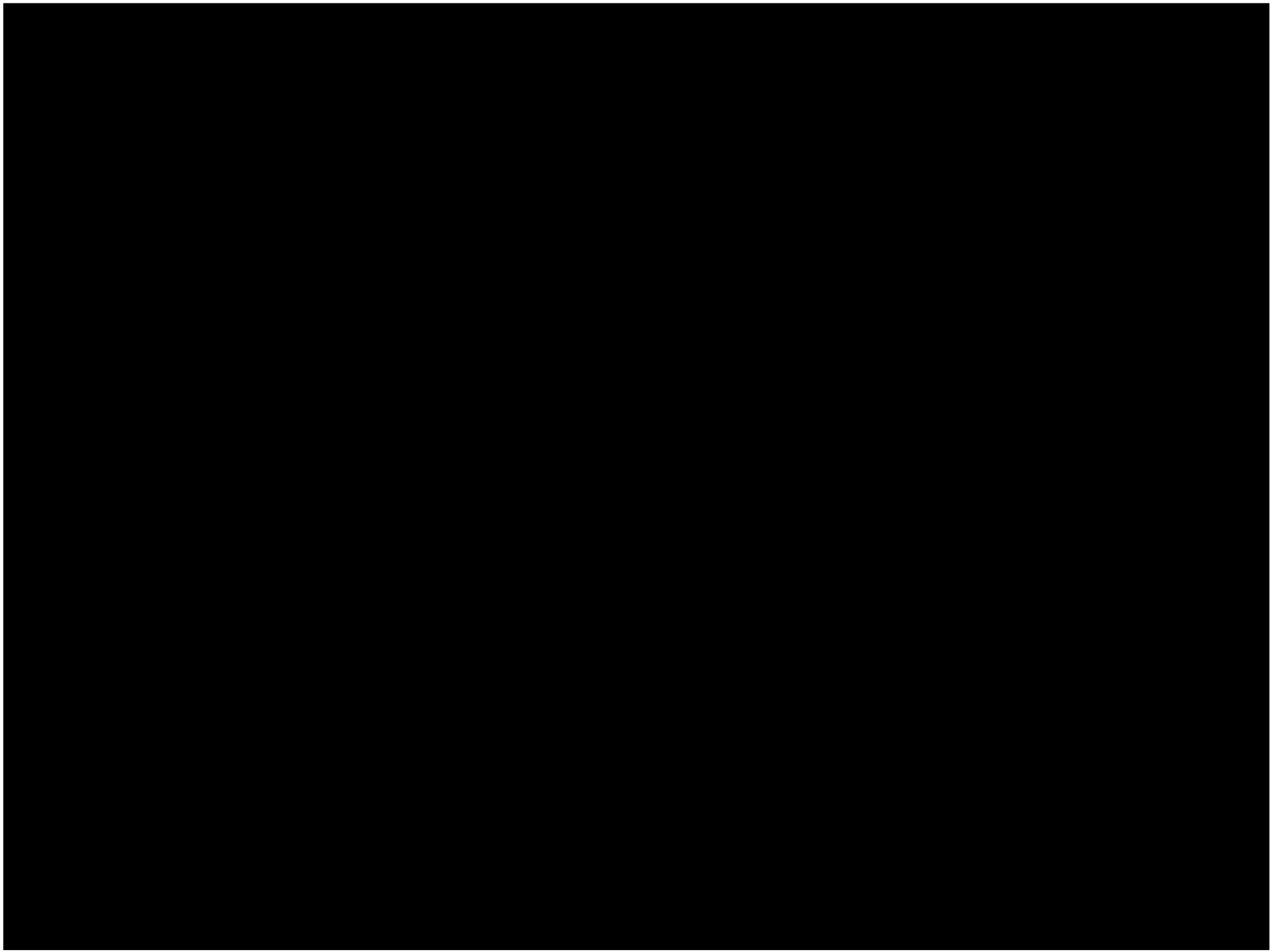
Strain Gauge



PRESSURE MEASUREMENT



Material	Composition, %	Gage Factor	Thermal Coefficient of Resistivity, $^{\circ}C^{-1} \times 10^{-5}$
Constantan (Advance)	Ni 45, Cu 55	2.1	±2
Isoelastic	Ni 36, Cr 8, Mn-Si-Mo 4, Fe 52	3.52 to 3.6	+17
Karma	Ni 74, Cr 20, Fe 3, Cu 3	2.1	+2
Manganin	Cu 84, Mn 12, Ni 4	0.3 to 0.47	±2
Alloy 479	Pt 92, W 8	3.6 to 4.4	+24
Nickel	Pure	−12 to −20	670
Nichrome V	Ni 80, Cr 20	2.1 to 2.63	10
Silicon	*p*-Type	100 to 170	70 to 700
Silicon	*n*-Type	−100 to −140	70 to 700

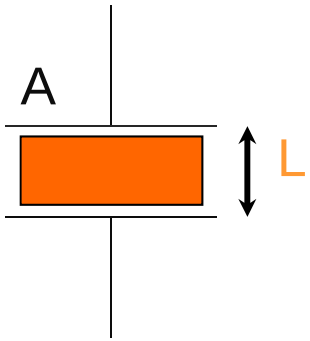


اندازه‌گیرهای ظرفیتی(خازنی) فشار

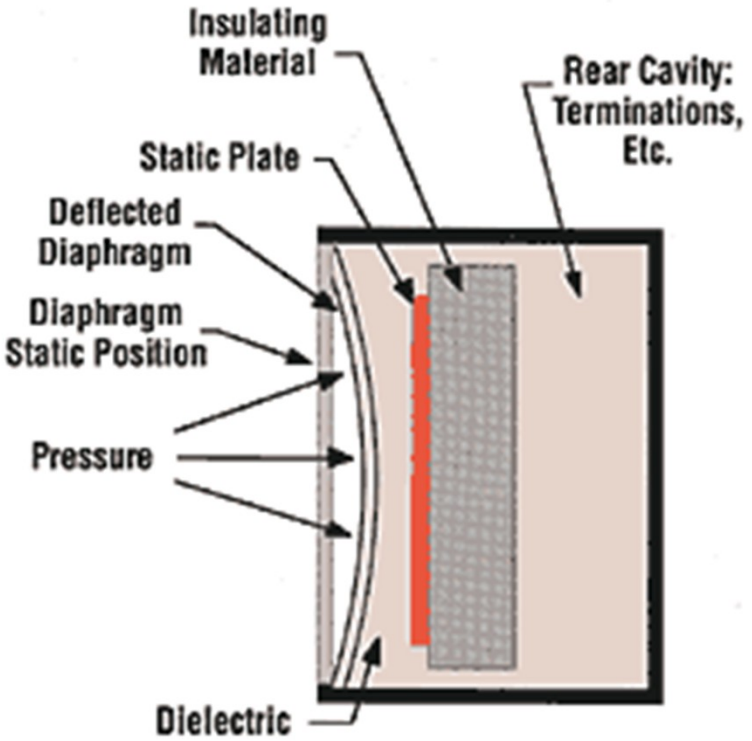
- در این اندازه‌گیر، فشار موجب جابجایی دیافراگم می‌شود و جابجائی دیافراگم نیز فاصله بین دو جوش و نهایتا ظرفیت خازن را تغییر میدهد.
- در اندازه‌گیرهای خازنی، اغلب فشار مورد اندازه‌گیری به جابجایی و تغییر فاصله جوشن‌ها تبدیل می‌شود و تغییر فاصله جوشن‌ها نیز منجر به تغییر طرفیت خازن می‌گردد. تغییر ظرفیت نیز معمولا توسط یک پل AC و یا یک مدار اسیلاتور تبدیل به ولتاژ یا فرکانسی متناسب با فشار می‌گردد.

PRESSURE MEASUREMENT

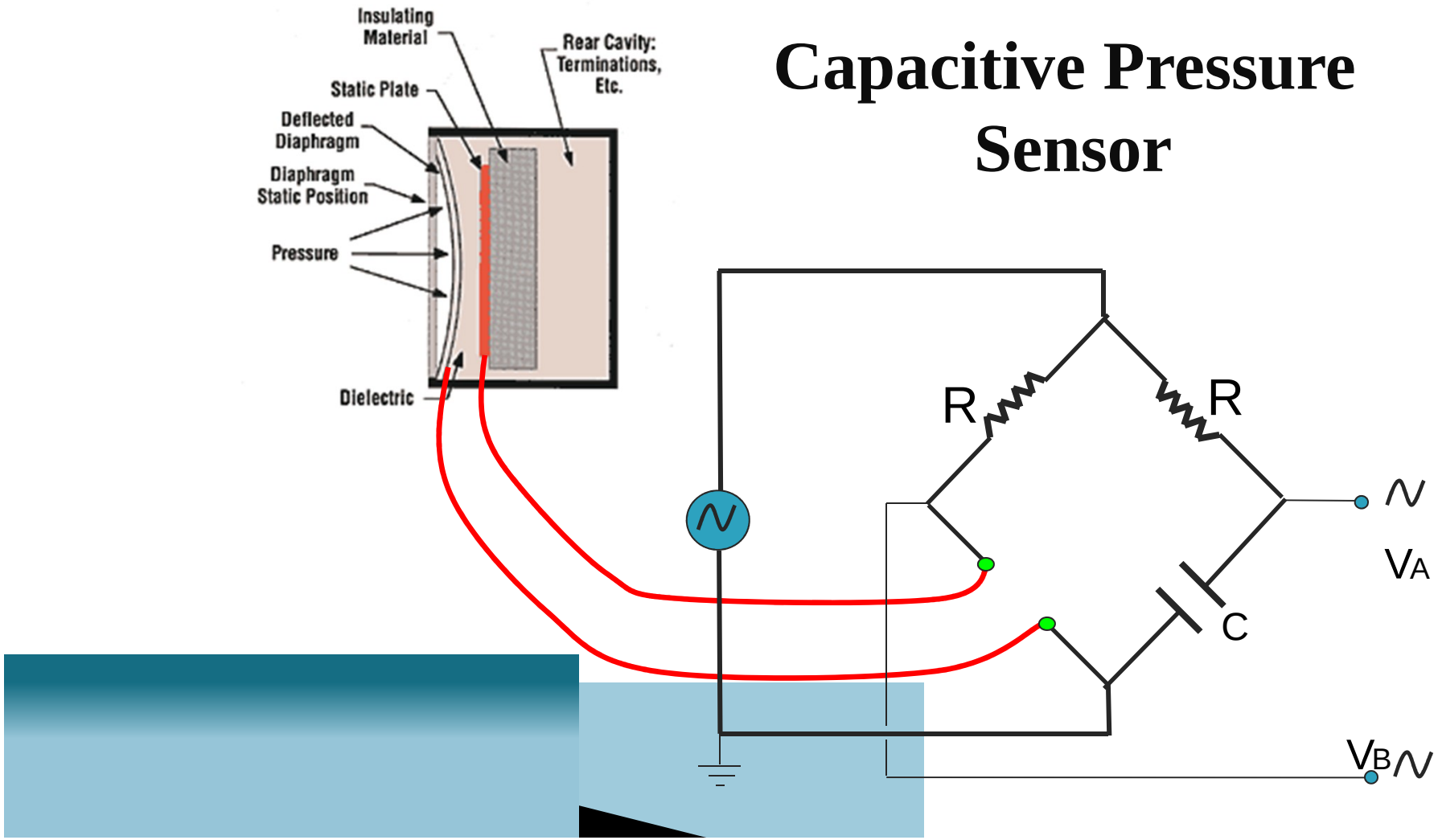
Capacitive Pressure Sensor

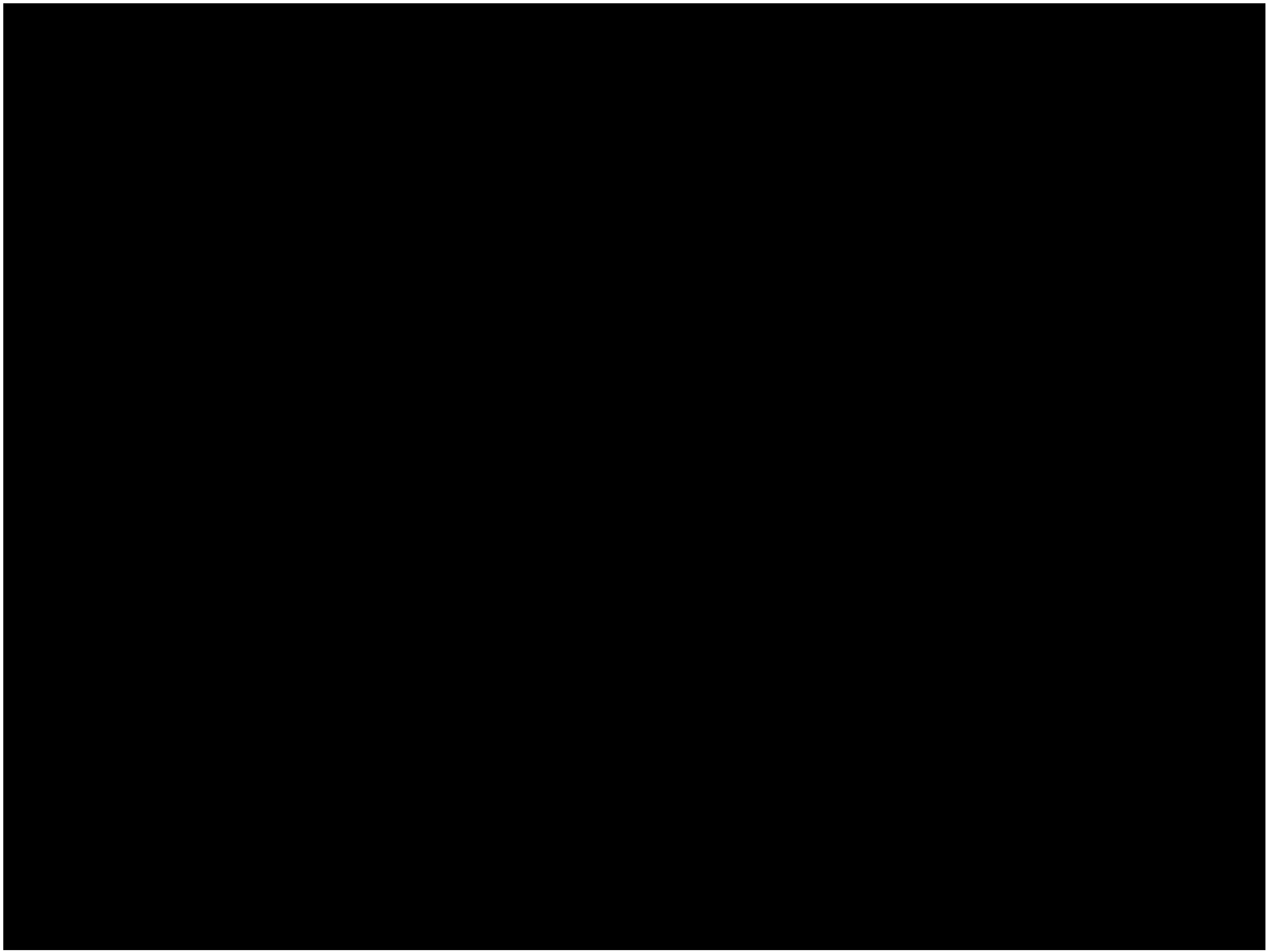


$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$



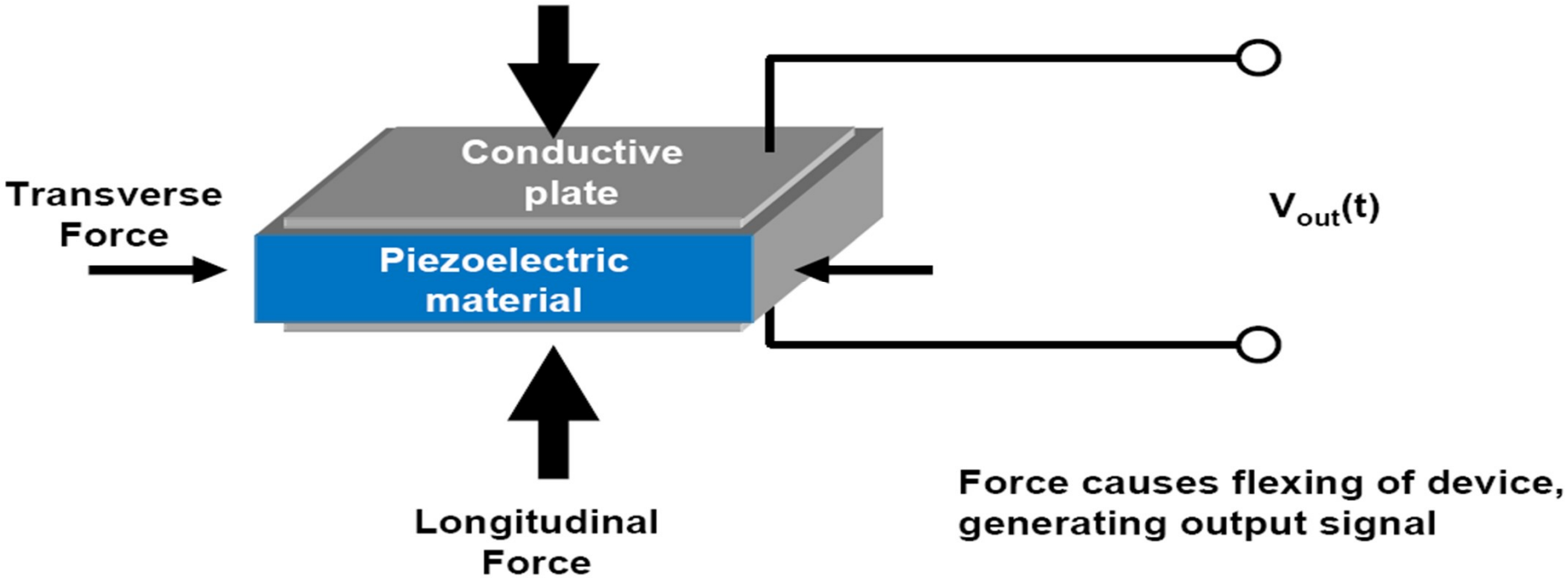
PRESSURE MEASUREMENT

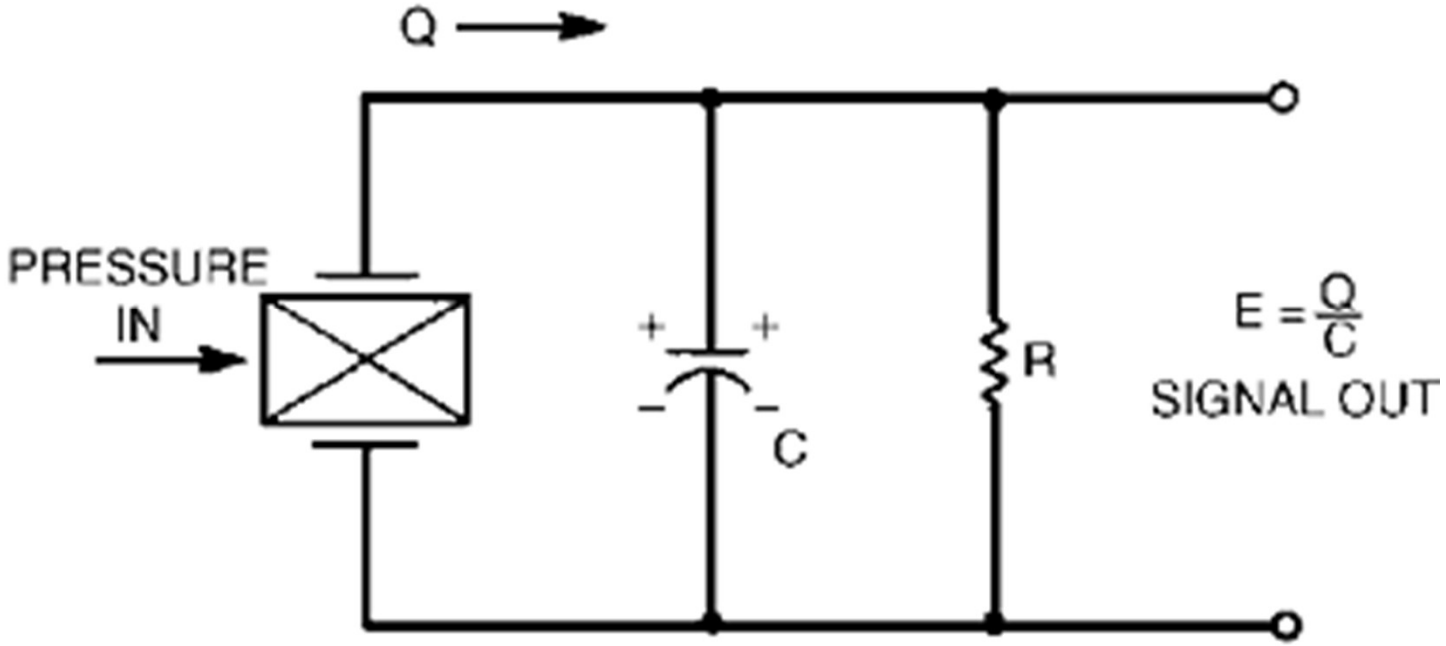


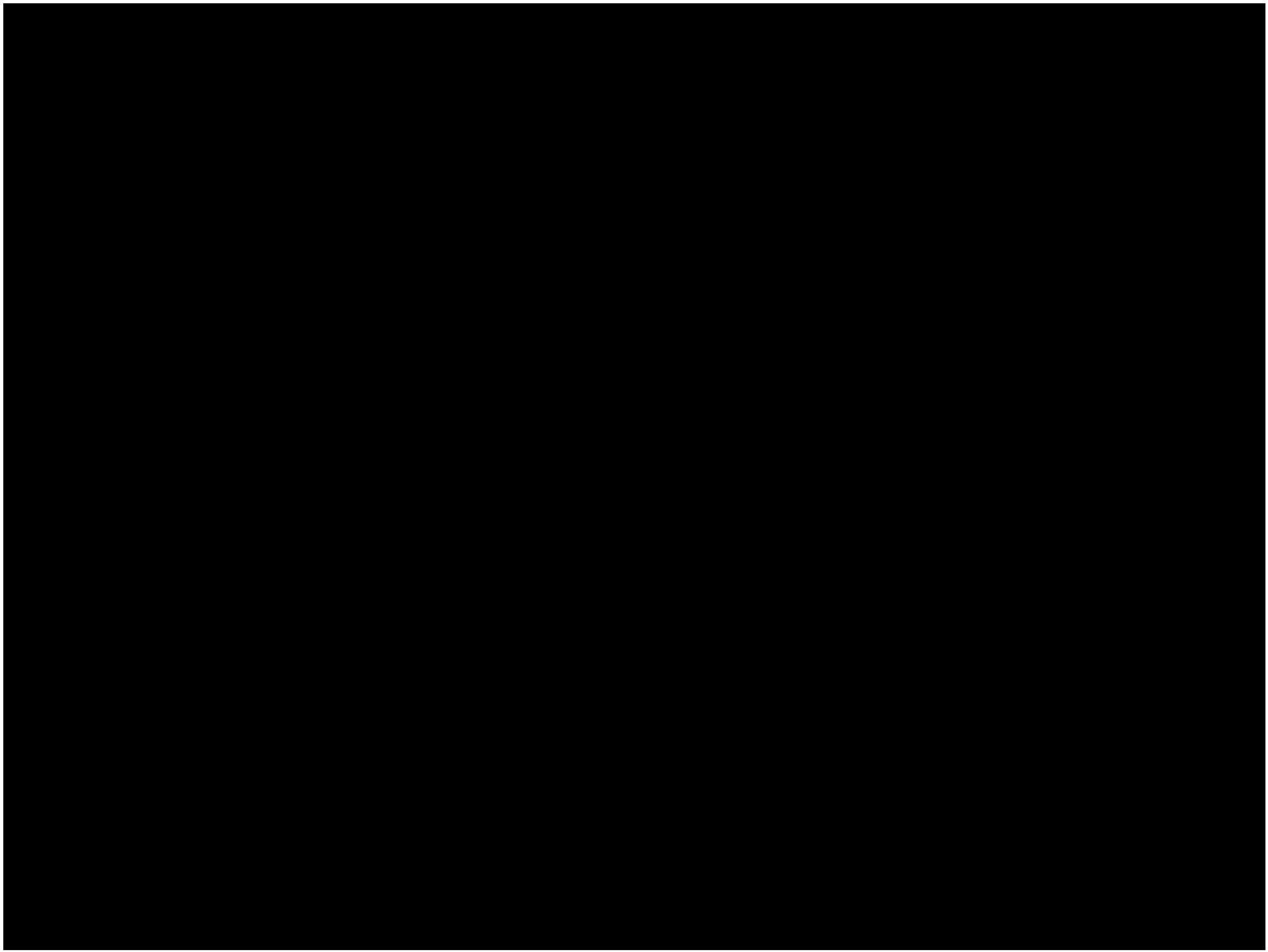


اندازه‌گیرهاي پيزو الكتريكي فشار

- عناصر پیزوالکتریک عناصری با قابلیت تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و بر عکس می‌باشند
- هرگاه یک عنصر پیزو الکترویک مانند کوارتز تحت فشار قرار گیرد میلی ولتمتر ولتاژی متناسب با فشار را نشان خواهد داد




Q
PRESSURE
IN
+
+
–
–
C
R
E = Q/C
SIGNAL OUT



This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.