

## BASINÇ ve ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Basınç (Pressure):

Katı, Sıvı ve Gazlar ağırlıkları nedeniyle bulundukları yüzeye bir kuvvet uygularlar. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete basınç(P), bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete de Basınç kuvveti(F) denir.

Kısaca Birim alana etki eden kuvvettir.  $P = F / A$

SI Birimi: [Pa] (Pascal) = [N/m<sup>2</sup>]

Basınç, mutlak basınç, efektif (gösterge, etkin) basınç ve vakum basıncı olarak ifade edilir.

İçinde yaşadığımız atmosferde hali hazırda mevcut olan bir **atmosfer basıncı** vardır. Bu basınç, atmosfere açık olan gaz ve sıvı sistemlerine tesir eder.

Dolayısıyla atmosfere açık sistemlerde basınç gerçek basınç değildir. Buna bir de atmosferin yaptığı basıncı eklemek gerekir. Bu toplam basınca mutlak basınç denir. Diğer taraftan **atmosferin basıncını** gözönüne almayıp, içinde yaşadığımız çevrenin basıncını sıfır kabul ettiğimiz zaman bulunan basınca ise **efektif (etkin, gösterge) basınç** adı verilir.

Bir noktadaki gerçek basınç ise **mutlak basınçtır**.

**Mutlak basınç**, atmosfer basıncı ile efektif basıncın toplamına eşittir.

$P_{\text{mutlak}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{gösterge}}$ ,

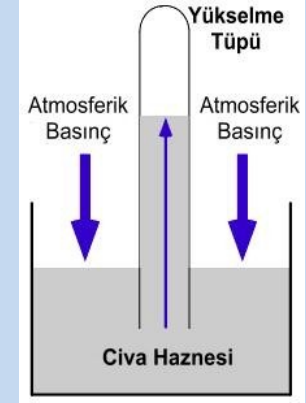
## Barometreler

Atmosfer basıncını gösteren manometrelerdir.

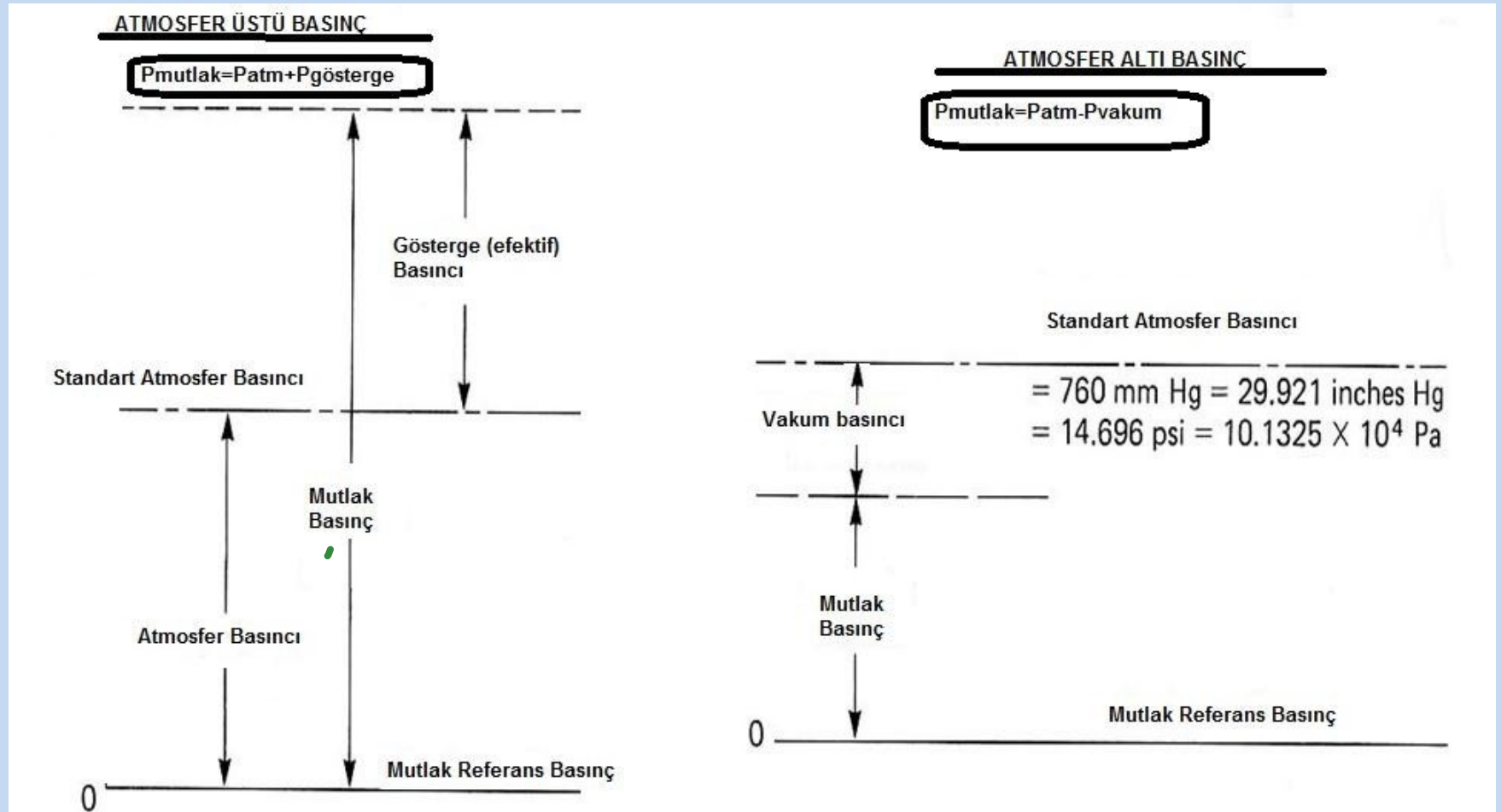
Barometreler genellikle kuyu tipi ve civalı olarak üretilirler.

Atmosfer basıncı ölçümü rüzgarla bile değişebildiğinden atmosfer basıncı nerede kullanılacak ise ölçümün orada yapılması daha sağlıklı olacaktır.

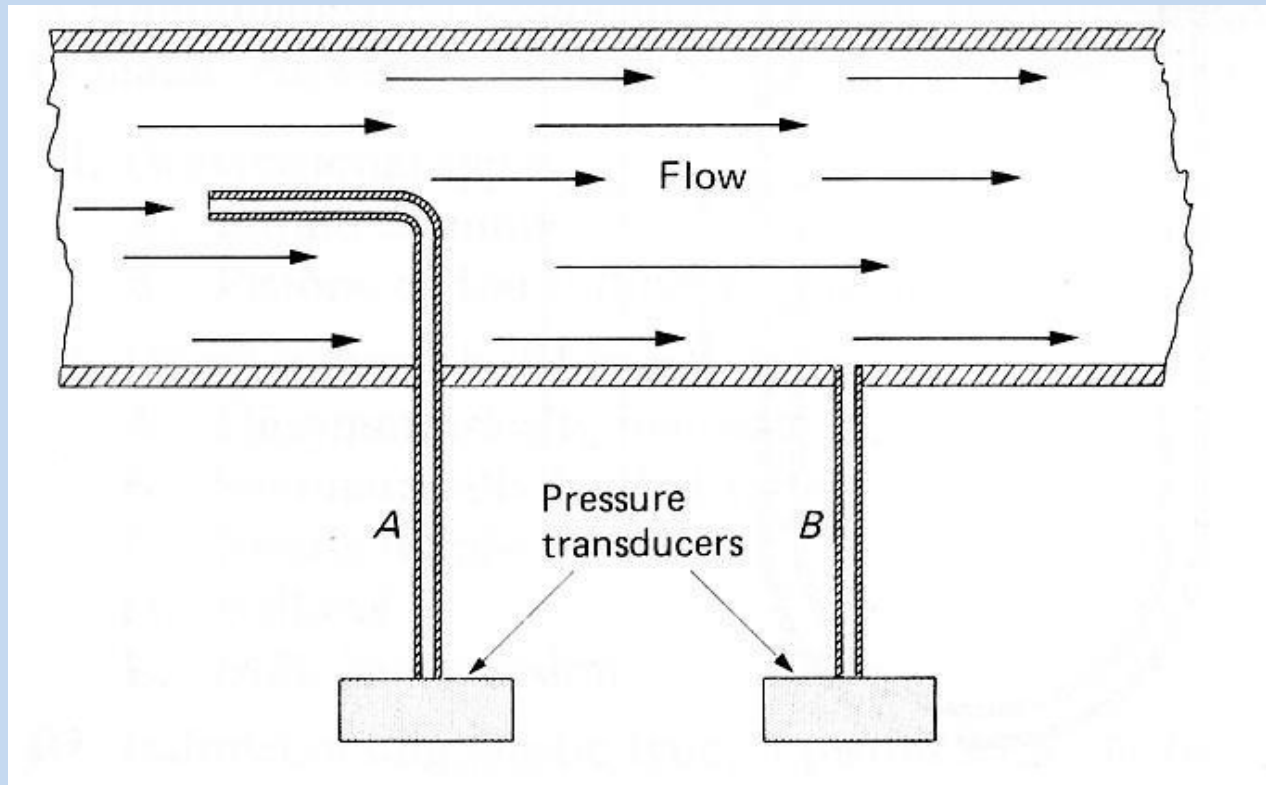
Mutlak basınç kullanılırken gerçek barometrik değer kullanılmalıdır.



Vakum basıncı ise atmosfer basıncının altındaki basınçlardır. Bu durumda,  
 $P_{mutlak} = P_{atm} - P_{vakum}$



# Statik ve Dinamik Basınçlar



$$\text{Dinamik basınç} = A\text{deki basınç} - B\text{deki basınç} = \frac{1}{2}\rho V^2$$

## BASINÇ BİRİMLERİ ve DÖNÜŞÜM TABLOSU

BİRİM	N/m <sup>2</sup> . Pa	kiloPascal. kPa	bar	Kgf/cm <sup>2</sup>	psi	mSS	mmHgS	Atm
<b>Pa</b>	1	0.001	1 x 10 <sup>5</sup>	1.05 x 10 <sup>5</sup>	1.45 x 10 <sup>-4</sup>	1.02 x 10 <sup>-4</sup>	0.0075	
<b>kPa</b>	1000	1	0.01	1.02 x 10 <sup>5</sup>	0.145	0.102	7.5	
<b>bar</b>	100 000	100	1	1.02	14.5	10.2	750.1	
<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>	98.067	98.07	0.981	1	14.22	10	735.6	
<b>psi</b>	6895	6.895	0.069	0.0703	1	0.703	51.72	
<b>mSS</b>	9789	9.789	0.098	0.1	1.42	1	73.42	
<b>mm HgS</b>	133.3	0.133	0.0013	0.0014	0.019	0.014	1	
<b>Atm</b>	101325	101.325						

1 atm = 101325 Pa = 101.325 kPa = 1.01325 bar

1 atm = 14.696 psi

1 atm = 760 mmHg

1 bar = 100000 Pa = 100 kPa

1 Torr = 1 mmHg = 133.322 Pa = 1333.22 microbar

1 microbar = 0.1 Pa

Not: psi= pound/inch<sup>2</sup>. mSS=Metre su sütünü. mm HgS= milimetre civa sutunu.

# Basınç ölçümlerine nerelerde ihtiyaç duyarız?

- Basınç üreten cihazlarda (Güç üreten makinalar, türbinler vb. güç tüketen makinalar kompresör, pompa)
- Pnömatik yada hidrolik olan mekanik elemanlarda
- Biomedikal uygulamalarda (Kan basıncı gibi)
- Boru ve tünellerdeki basınç kayıpları
- Atmosfer şartlarında (hava tahmini, yükseklik)
- Akım hızlarının dolaylı ölçümlerinde
- Basınçlı kaplarda
- Ve daha bunun gibi birçok yerde.....

- WHY MEASURE PRESSURE?
- Quality and Safety of Operation:
- Tire, compressors, etc
- Pressure measurements is used in various
- general, industry and research applications

Akışkan Basıncı: Akışkan molekülleri ve içinde bulunduğu kabın cidarları arasındaki momentum değişiminden ileri gelir.

Toplam momentum değişimi: birim zamanda cidara çarpan molekül sayısı ve moleküllerin ortalama hızı ile orantılıdır.

İdeal gaz:

$$P = \frac{1}{3} N M V^2$$

→ molekül kütlesi (**Molar mass**) [kg/kmol]

→ moleküler yoğunluk (**Number of moles**) [kmol]

$$V = [3 k T / M]^{1/2} \quad : \text{Ortalama (RMS) molekül hızı}$$

$$k = 1.3806 \times 10^{-23} \text{ J/K} \quad : \text{Boltzmann sabiti (Boltzmann's constant)}$$

$$\lambda = [2]^{1/2} / 8 \pi r^2 N \quad : \text{Ortalama serbest yol (Mean Free Path)}$$

→ molekülün etkili yarıçapı

→ moleküllerin iki çarpışma arasında aldığı yol

Ortalama serbest yol (Mean Free Path):

Normal koşullarda (atmosfer basıncı ve sıcaklığında):

$$\lambda \sim 10^{-5} \text{ cm}$$

1  $\mu\text{mHg}$  basınçta:

$$\lambda \sim 1 \text{ cm}$$

Hava için:

$$\lambda = 2.27 \times 10^{-5} T / P \text{ [m]: } T \text{ [K], } P \text{ [Pa]}$$

- Statik basınç ölçmeleri: iyi doğrulukta kolaylıkla yapılabilir.
- Dinamik basınç ölçmeleri: ölçme cihazının yapısına ve akışkanın özelliklerine göre büyük zorluklarla karşılaşılabilir.

Basınç ölçme aletlerinin geçici dinamik cevabı (**transient response**) iki faktöre bağlıdır.

- Basınca duyarlı '**transducer**' elemanının geçici cevabı
- Bağlantı boruları ve basıncı ileten akışkanın cevap özellikleri



- Basınç ölçme sisteminin cevap frekansını belirlemek için direkt kalibrasyon gereklidir.
- Genellikle ikinci faktör tüm basınç ölçüm sisteminin frekans cevabını belirleyen faktördür.

# Transducer nedir?

- Farklı enerjiler arasında dönüşümler yapan elemanlardır ya da bir fiziksel işareti başka bir fiziksel işarete dönüştürürler.
- Elektriksel olmayan işaretler elektriksel işaretlere dönüştürülerek ölçülürler
- Transducer çıkışında; ışık, mekanik, termal, elektrik, magnetik, ve kimyasal gibi fiziksel enerji büyüklükleri elde edilebilir.
- Temel olarak iki çeşit transducer vardır: Aktif(generator) ve pasif(parametrik).
- Aktif dönüştürücüler: Elektromagnetik, piezoelektrik, termoelektrik, fotoelektrik vb. Olabilir.
- Pasif dönüştürücüler: Rezistif, endüktif, kapasitif yada frekans
- Elektriksel olmayan büyüklüklerin ölçümlerinde temaslı ve temassız ölçümler yapılabilir.

# Transducer

Değişik fiziksel büyüklükler arasındaki dönüşümlerin yapılması

<div>ÇIKIŞ ►</div> <div>◄ GİRİŞ</div>	IŞIK	MEKANİK	TERMİK	ELEKTRİK	MAGNETİK	KİMYASAL
IŞIK	FİLTRE			FOTODİYOT		
MEKANİK		DİŞLİ KUTUSU		PİEZO KRİSTAL		
TERMİK			SICAKLIK DEĞİŞTİRİCİ			
ELEKTRİK	LED	PİEZO KRİSTAL		TRANSİSTÖR	BOBİN	ELEKTROD - ELEKTROLİTİK
MAGNETİK				MAGNETİK DİRENÇ	MAGNETİK DEVRE	
KİMYASAL				PH-METRE		

# Basınç Transduceri Tipleri

- Sıvı sütunlu manometreler
- Elastik tüpler, diyaframlar, membranlar (Bunlar deplasman yada gerilme algılayıcı tipinde olabilir)
- Yarı iletken elemanlar (ön yüklemeli elemanlar)
- Piezoelektrik elemanlar (kristal kafes şeklindeki gerilmeleri direk olarak voltaja çevirir)

**Manometre:** Gaz veya sıvı akışkanların basıncını ölçmek için kullanılan alettir.  
**Barometre:** Atmosfer basıncını ölçen alettir.

## Basınç Ölçme Cihazları

- Mekanik Basınç Ölçme Cihazları
  - Akışkanlı Manometreler
  - Ölü Ağırlık Test Cihazı
  - Bourdan Tüplü Basınç Ölçer
  - Diyaframlı ve Körüklü Basınç Ölçerler
  - Bridgman Cihazı
- Bourdon tüplü basınç ölçer ve diyaframlı ve körüklü basınç ölçerler, yer değiştirme ölçerleri (**strain gages**) ile birlikte, elektrik basınç sinyalleri elde edilen basınç 'transducer' ölçme cihazları olarak kullanılabilir.
- Vakum Ölçme Cihazları

**Genel olarak basınç ölçerlerin türlerine göre sınıflandırılması ve ölçme aralıkları**

**Sıvı sütunlu basınç ölçerler**

- U Tipi manometre ✓
- Kuyu tipi manometre ✓
- Eğik manometre ✓
- Mikromanometre ✓
- Barometre ✓
- Çan tipi manometre ✓
- Dairesel dengeli manometre ✓

**Elastik eleman basınç ölçer**

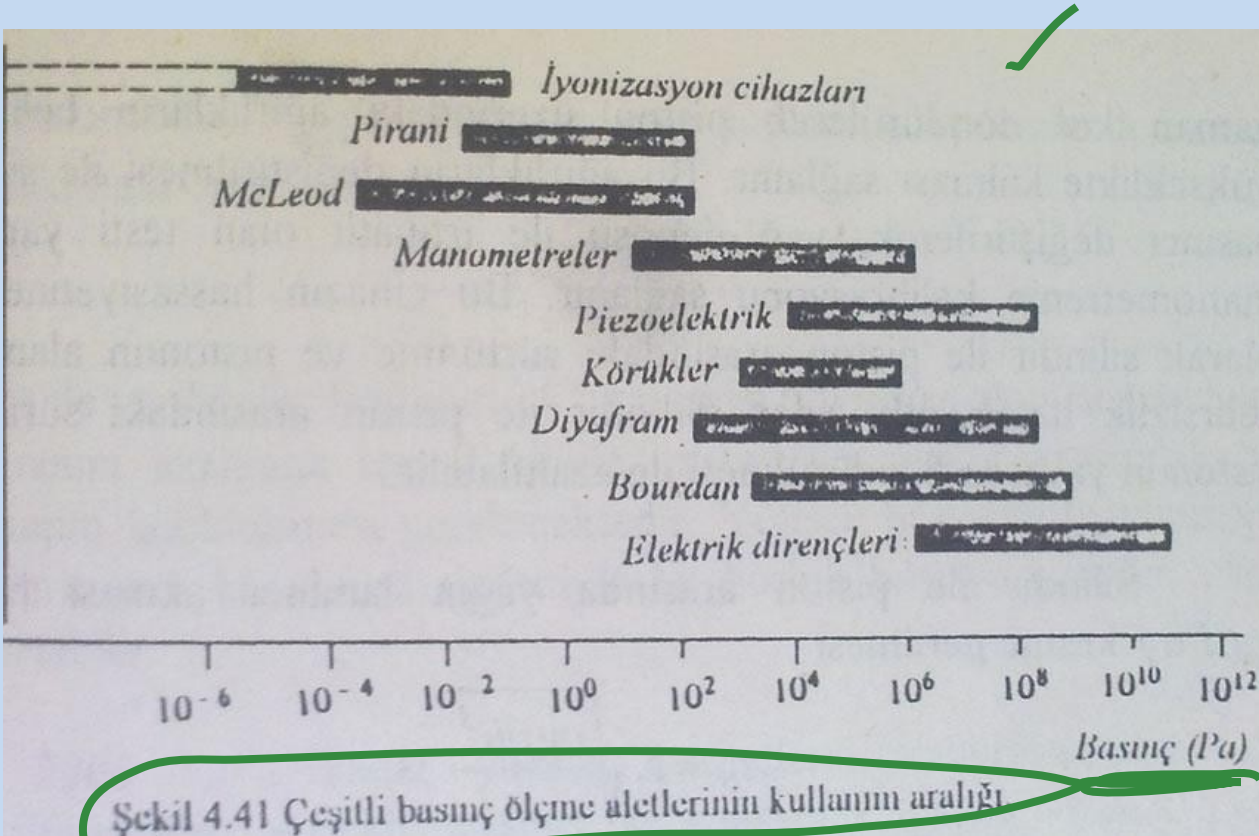
- Bourdan manometre ✓
- Diyaframlar ✓
- Kapsüller ✓
- Körükler ✓

**Piezoelektrik basınç ölçerler**

**Bridgman Basınç ölçer**

**Düşük basınç ölçerler**

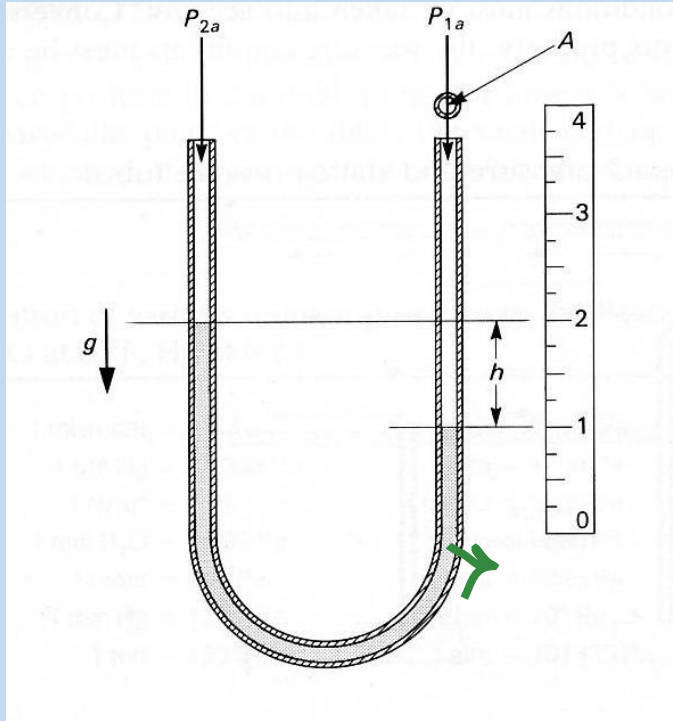
- McLeod Cihazı →
- Knudsen cihazı →
- İyonizasyon cihazı →



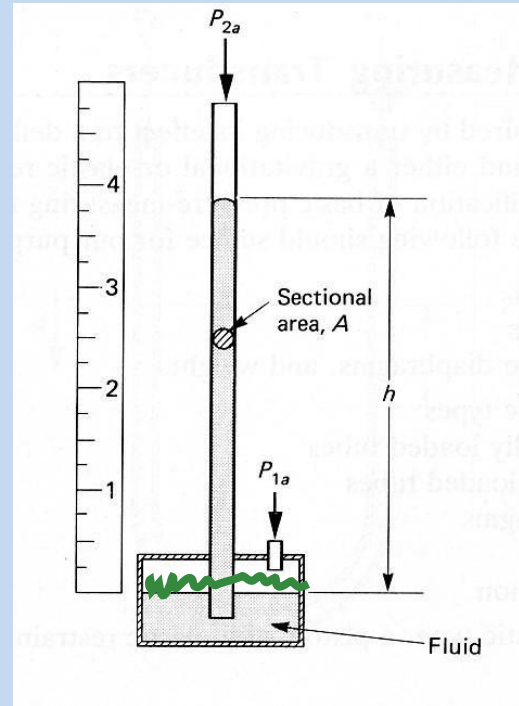
# Sıvı Sütunlu Manometreler

en basit tipten manometreler olup, özellikle laboratuvarlarda sürekli rejimde akışkan basınçlarının ölçülmesi için yaygın olarak kullanılırlar. Bunlara örnek olarak U tipi, kuyu tipi ve eğik manometreler sayılabilir. İçlerine konulan uygun sıvıların yüksekliklerinin ölçülmesi ile doğrudan doğruya istenen basınç veya basınç farklılıkları bulunabilir.

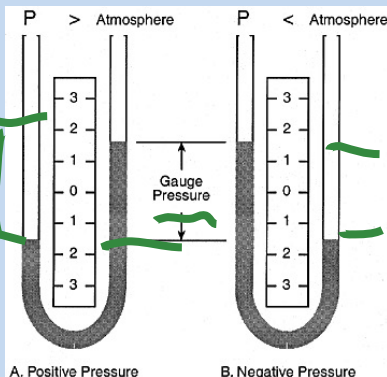
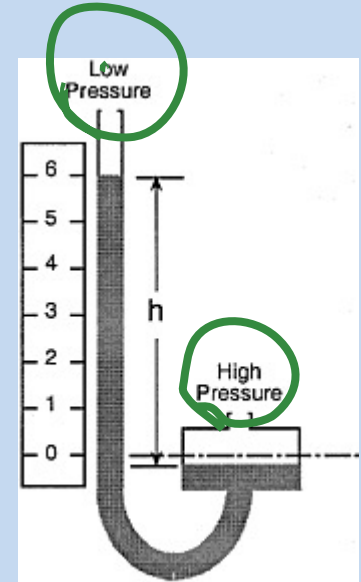
# Sıvı Sütunlu Manometreler



“U borusu” manometre



Kuyu tipi manometre



$$P_{1a} - P_{2a} = \Delta P = \rho g h$$

$$P = \rho g h$$

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

→ sütün içinde bulunan sıvı sütunu

U şeklinde kıvrılmış cam veya plastik gibi şeffaf bir boru içinde yaklaşık orta seviyelerine kadar uygun bir akışkan konulsun. Bu manometrenin iki koluna farklı P1 ve P2 basınçları uygulanacak olursa, manometre kollarındaki sıvı yükseklikleri farklı seviyelerde dengede kalır. Bu seviyeler arasındaki toplam fark h, basıncı ileten akışkanın yoğunluğu  $\rho_f$ , manometrede kullanılan sıvının yoğunluğu  $\rho_m$  ve yerçekimi ivmesi g ise, iki koldaki basınçların dengesi için

$$P_2 + gh_{pm} = P_1 + gh_{pf}$$

veya basınç farkı için

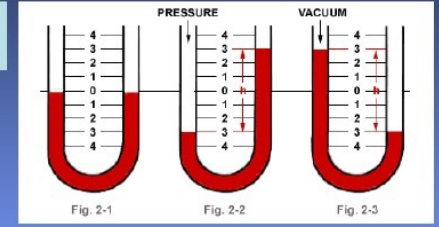
$$P_1 - P_2 = hg(\rho_m - \rho_f)$$

eşitlikleri yazılabilir. Diğer taraftan, eğer basıncı ileten akışkan hava ise, havanın yoğunluğunun manometre sıvısı yoğunluğu yanında çok küçük olması nedeniyle, böyle durumlarda

$$P_1 - P_2 = hg\rho_m$$

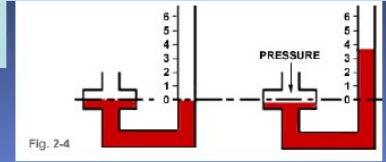
Yaklaşık bağıntısı da kullanılabilir.

U-tüplü manometre  
(U-tube manometer)



$$P - P_a = g h (\rho_m - \rho_f)$$

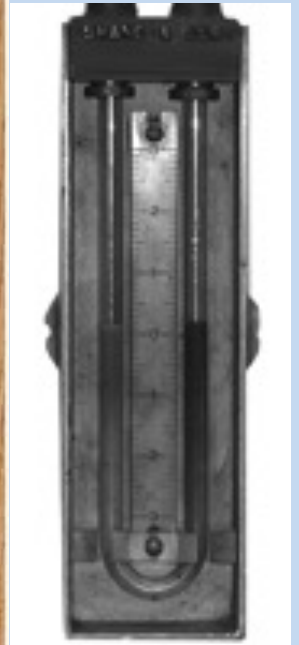
Hazneli manometre  
(Well-type manometer)



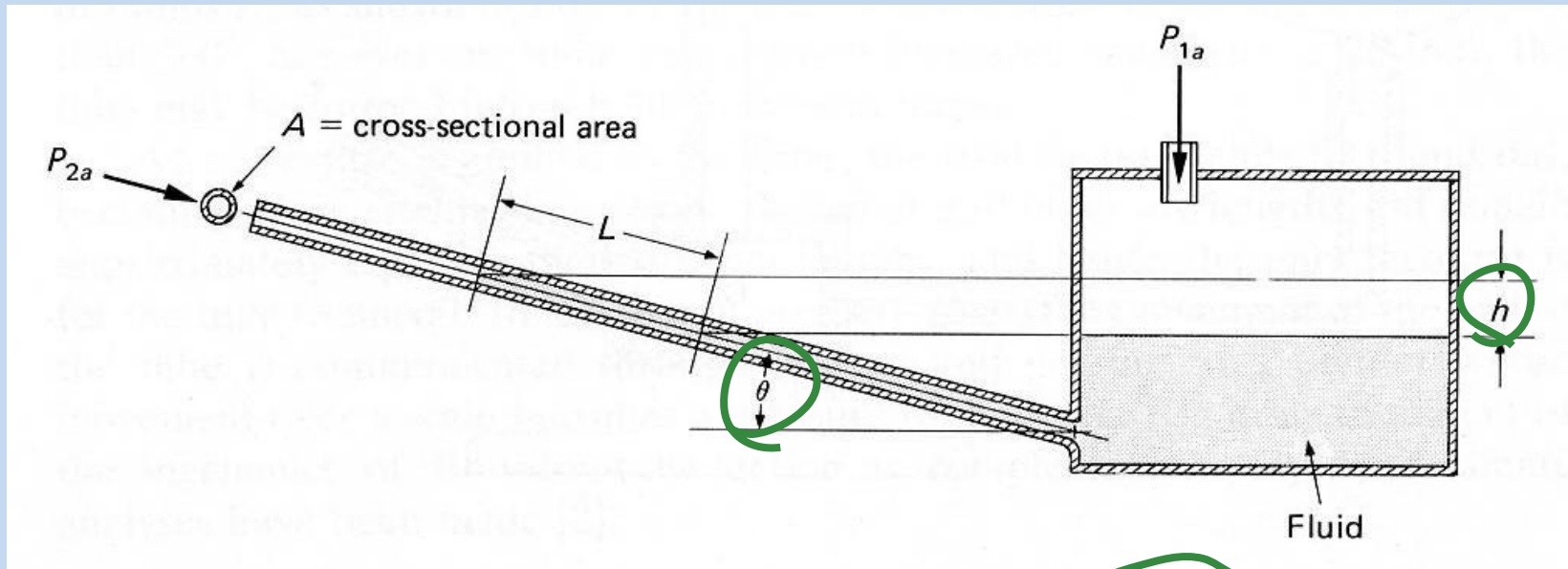
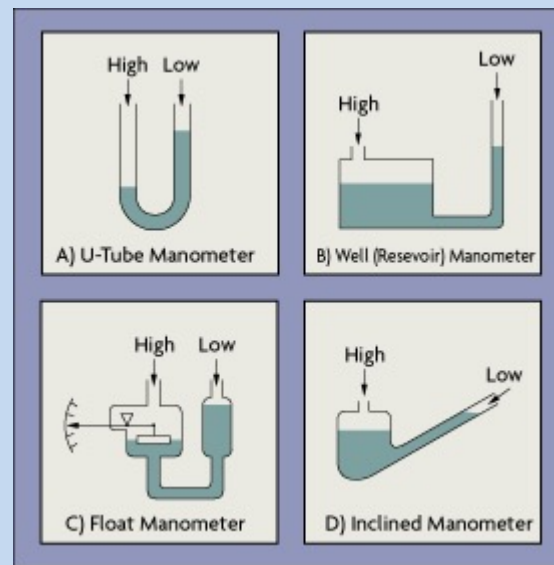
$$P - P_a = g h (\rho_m - \rho_f)$$

$$P - P_a = g h' (A_2/A_1 + 1)(\rho_m - \rho_f)$$

U tipi manometrelerde h yüksekliği çıplak gözle  $\pm 2$ mm hassasiyetle ölçülebilir. Manometrelerde çoğunlukla kullanılan saf su ve cıva gibi akışkanların yoğunlukları, tablolardan genellikle %0.005 hassasiyetle bulunabilir. Görüldüğü gibi, manometre sıvısının yoğunluğunun ölçme hatası üzerine etkisi çok küçüktür. Bu nedenle U tipi manometrelerin hassasiyetini arttırmak için sıvı yüksekliğinin mümkün olduğu kadar hassasiyetle ölçülmesi gerekir.

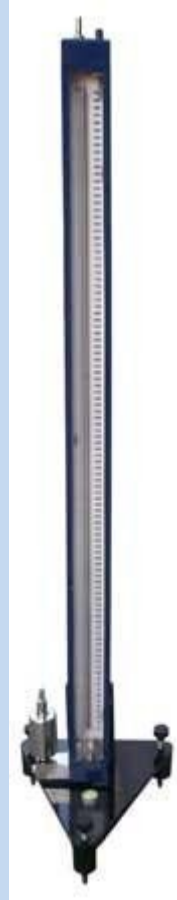
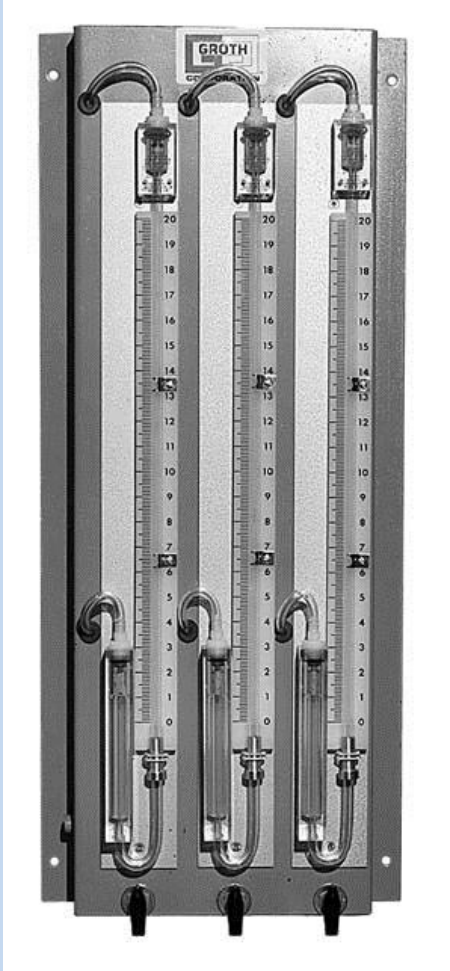


## Eğik Manometre



$$\Delta p = \rho g h = \rho g L \sin \theta$$





Kuyu (hazneli) tip manometreler

## **Mikro Manometreler**

Sıvı seviyeli manometrelerde sıvı seviyelerinin hassas bir şekilde okunabilmesi için, bunlara mikrometre ve optik elemanlar ilave

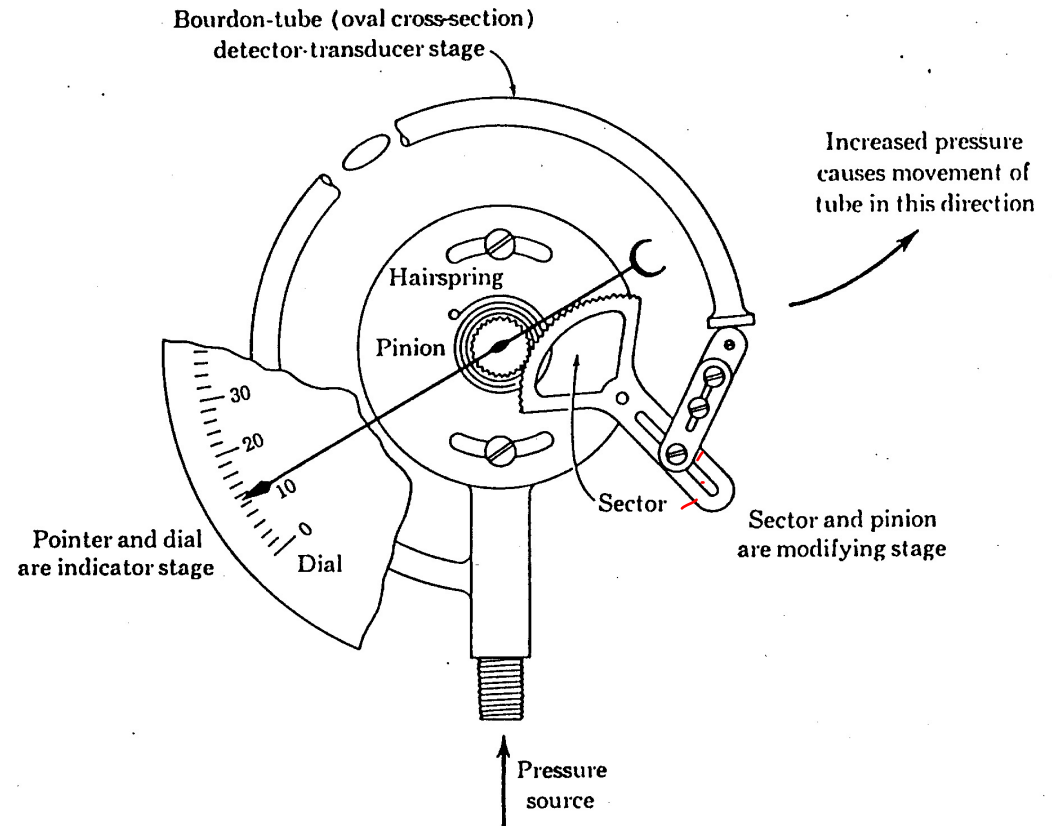
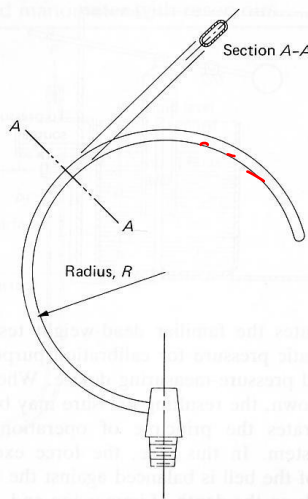
## **Çan Tipi Manometre**

Bu tip manometrenin prensipleri, sıvı içinde yüzen bir çanın basınç farkı nedeniyle yükselip alçalmasının ölçülmesine dayanmaktadır. Bunlarda çan, doğrudan doğruya manometre sıvısı içinde yüzebildiği gibi, sisteme bir yay ilave edilebilir.

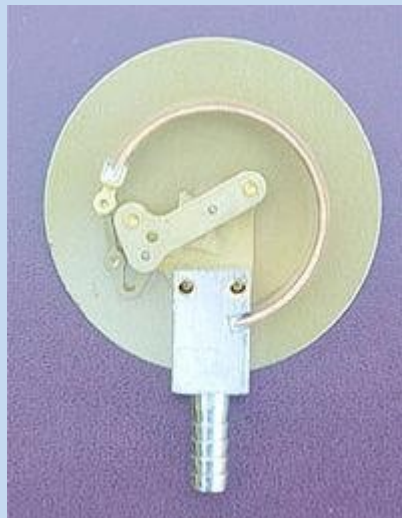
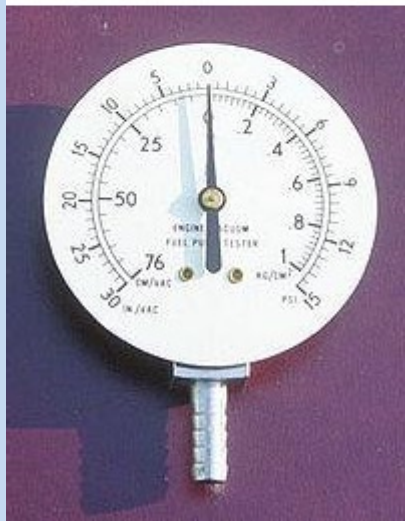
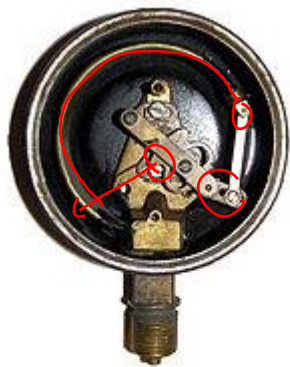
# Bourdan Tüplü Basınç Ölçer (Bourdon-Tube Gage)

- 1 kPa – 1 GPa
- 0-1500 atm
- % 5 belirsizlik
- % 0.5 doğruluk

Figure 14.10 Basic Bourdon tube



Kadran-tip Manometre





Gliserin dolgulu manometre

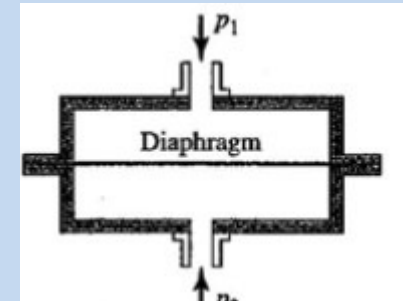
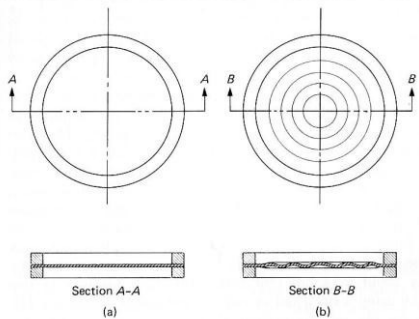


# Diyafram tip manometre

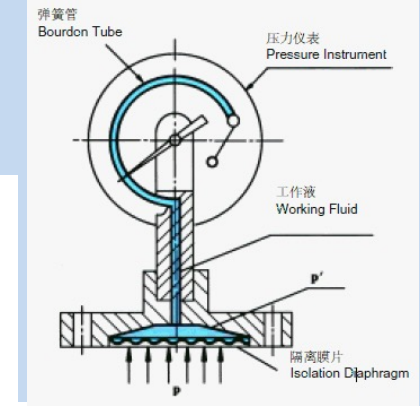
## Diyaframlı Basınç Ölçerler (Diaphragm Gages)

- Diyaframlı cihazlar: daha az esnek  $\Rightarrow$  küçük yer değiştirmelerle yüksek frekanslı ölçümlere uygun.
- 100 Pa-100 MPa
- Çökme miktarı  $< (1/3)t$   $t$ : diyafram kalınlığı
- Çökme miktarı  $\sim \Delta P \Rightarrow$  lineer değişim
- Çökme miktarı  $> (1/3)t \Rightarrow$  Oluklu diyafram
- LVDT (low voltage differential transducer) Diyafram Diferansiyel Basınç Ölçer: 0.25 Pa, düşük basınçların ölçümü

Figure 14.11 (a) Flat diaphragm, (b) corrugated diaphragm



Basıncı ölçmek için, diyafram sapmalarını tespit etmek gereklidir.



Diyaframli manometre

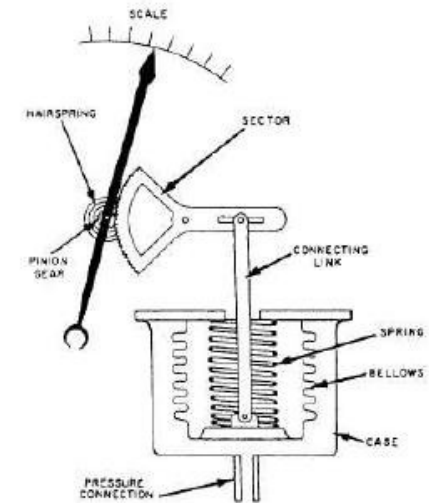
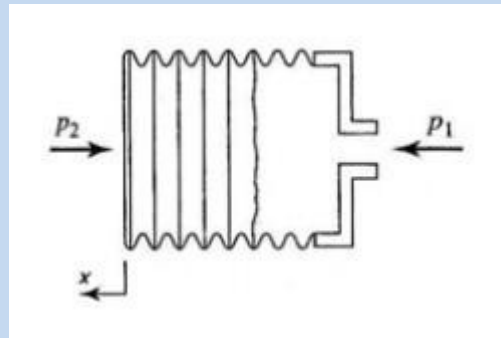
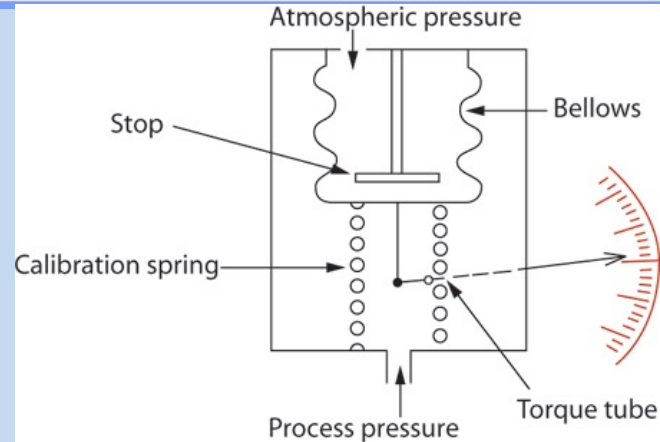
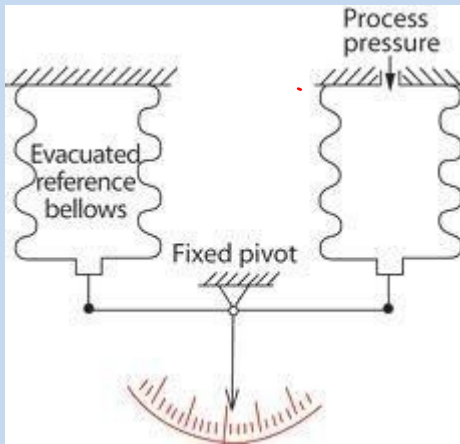


Kapsül diyaframli manometre



## Körüklü Basınç Ölçerler (Bellows Gages)

- Diyaframalı cihazlar:  $\Rightarrow$  büyük yer değiştirmelerle ve kütle ile ilgili, dinamik ölçmelere uygun değil.
- 1 kPa – 1 MPa

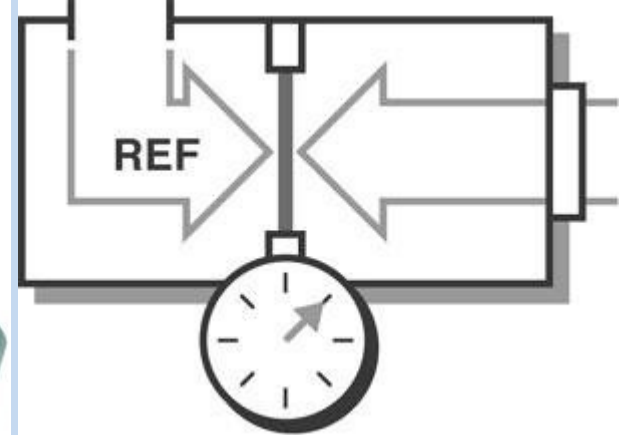
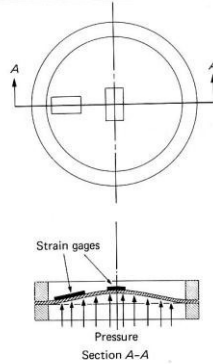


## Bridgman Cihazı (*The Bridgman Gage*)

- İnce tellerin direnci basınçla lineer olarak değişir:  
 $R = R_1 (1 + b\Delta P)$   
 $R_1$  : 1 atm basınçtaki direnç  
 $b$  : direncin basınç katsayısı  
 $\Delta P$  : gösterge basıncı
- Manganin (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni):  $b = 2.5 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$ ,  $R_{\text{toplam}} = 100 \Omega$
- Yüksek basınç ölçümleri için kullanılabilir:
  - 100000 atm basınca kadar ölçebilir
  - 0.1% doğruluk
  - Geçici cevabı oldukça iyi
- Zamanla eskimeye maruz kalacağı için, sık kalibrasyon yapılması gerekir.

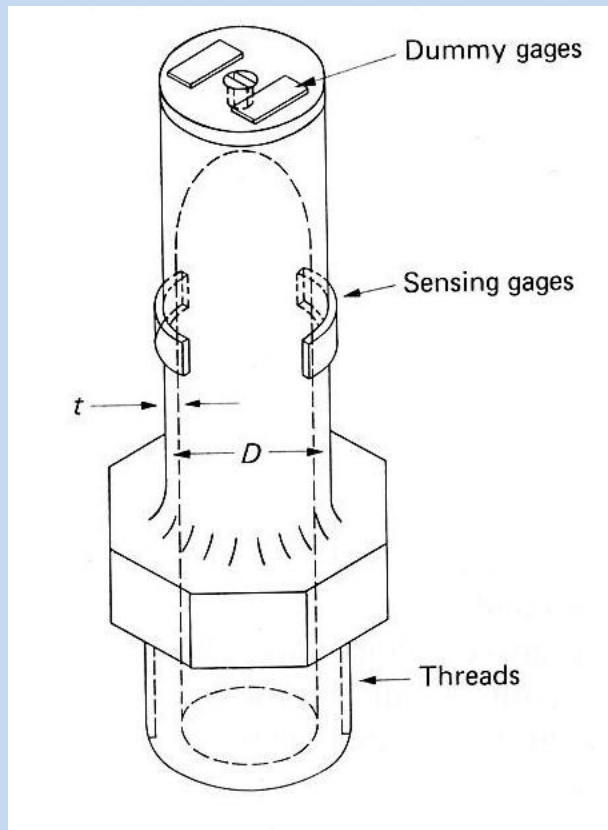
# Gerilme Ölçümlü Diyafram Tip

Figure 14.12 Location of strain gages on flat diaphragm

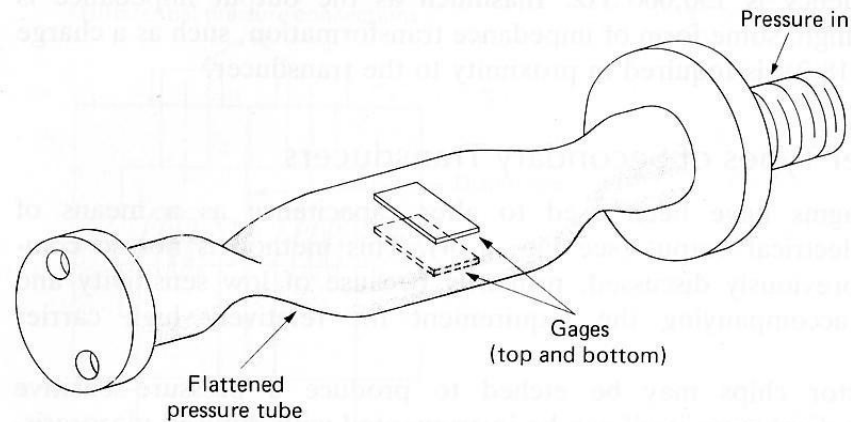


# Elastik Tip Manometre

## Uzama teli (strain gage)

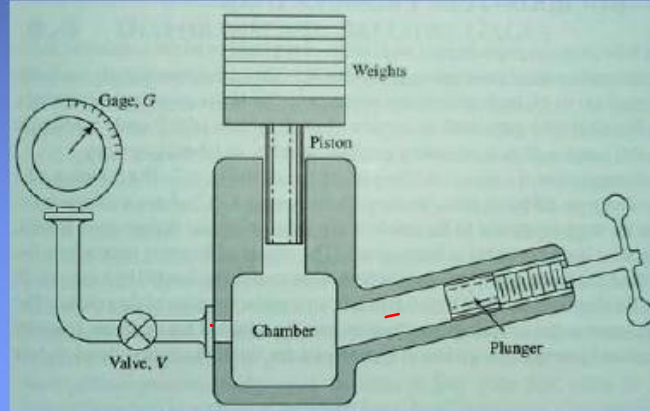


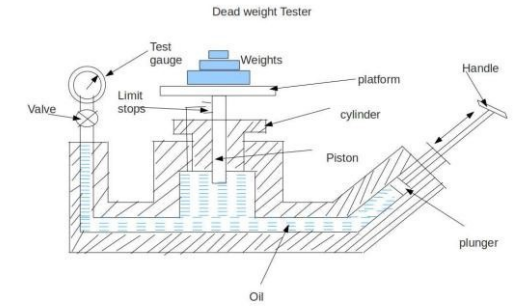
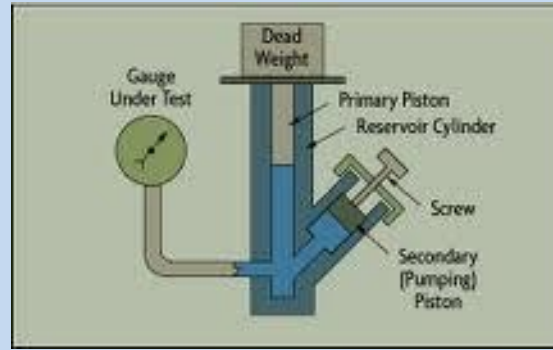
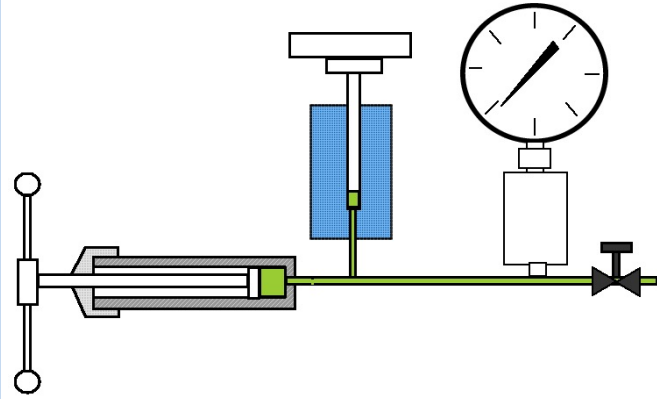
**Figure 14.14** Flattened-tube pressure cell that employs resistance strain gages as secondary transducers



## Ölü Ağırlık Test Cihazı (Dead-Weight-Tester, DWT)

- Sıvı basıncını bilinen bir ağırlıkla dengelemek için kullanılan cihaz.
- Basınç ölçme cihazlarının statik kalibrasyonu için kullanılır.





Kalibrasyon için Ölü Ağırlık Test

## Vakum Ölçme Cihazları

- Düşük Basınç Ölçmeleri:

Düşük Basınç:  $P < 1 \text{ torr}$

(1 torr = 1 mmHg = 133 Pa)

Düşük Vakum	760 – 25 torr
Orta Vakum	25 – $10^{-3}$ torr
Yüksek Vakum	$10^{-3}$ – $10^{-6}$ torr
Çok Yüksek Vakum	$10^{-6}$ – $10^{-9}$ torr
Ultra Yüksek Vakum	$P < 10^{-9}$ torr

## Vakum Ölçme Cihazları

- McLeod Basınç Ölçer (*The McLeod Gage*)
- Pirani Isıl-İletimli Basınç Ölçer  
(*Pirani Thermal-Conductivity Gage*)
- Knudsen Basınç Ölçer (*The Knudsen Gage*)
- İyonizasyonlu Basınç Ölçer (*The Ionization Gage*)
- Alpatron Basınç Ölçer (*The Alpatron Gage*)

## Vakum Ölçme Cihazları

The McLeod	$10^{-2} - 10^2 \mu\text{m}$ (0.0013 – 13.3 Pa)
Pirani Thermal-Conductivity	$1 \mu\text{m} - 1 \text{ torr}$ (0.1 – 100 Pa)
Knudsen Gage	$10^{-5} - 10 \mu\text{m}$ ( $10^{-6} - 1$ Pa)
Ionization Gage	$10^{-5} - 1 \mu\text{m}$ ( $1.3 \cdot 10^{-6} - 0.13$ Pa)
The Alphasatron	$10^{-3} - 10^3 \text{ torr}$ (0.1 – $10^5$ Pa)

# Vakum Ölçme Cihazları

## The McLeod Gage (**The McLeod Gage**)

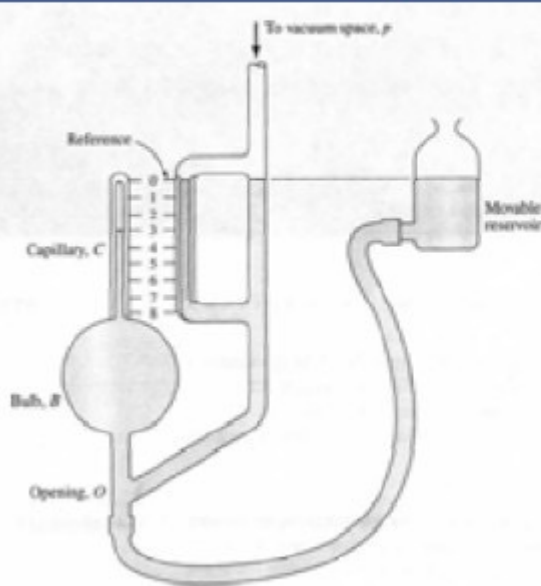


Figure 6.13 The McLeod gage.

- Hareketli hazneye sahip değiştirilmiş civa manometresi.
- Sıkışan gazların yoğunlaşmasına karşı duyarlı
- Vakum basıncı:  
$$P = a y^2 / (V_B - a y)$$
$$P = a y^2 / V_B \quad (V_C = a y \ll V_B)$$
- Kuru gazlar için:  
 $10^{-2} - 10^2 \mu\text{m}$  (0.0013-13.3 Pa)
- Kullanması zor, daha çok diğer vakum ölçerlerin kalibrasyonu için kullanılır.

## Vakum Ölçme Cihazları

### Pirani Isıl-İletimli Basınç Ölçer (Pirani Thermal-Conductivity Gage)



Figure 6.16 Schematic of Pirani gage.

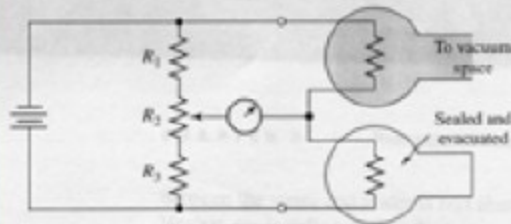
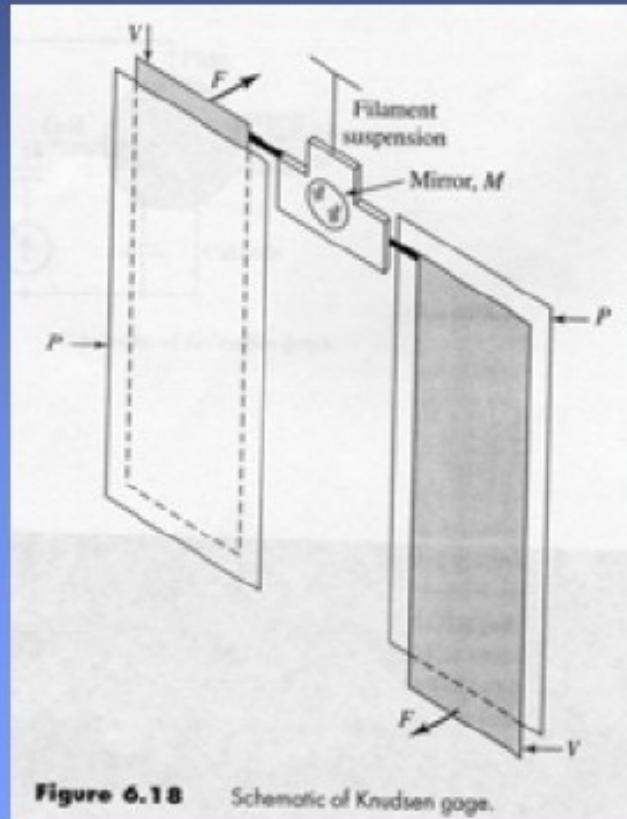


Figure 6.17 Pirani-gage arrangement to compensate for change in ambient temperature.

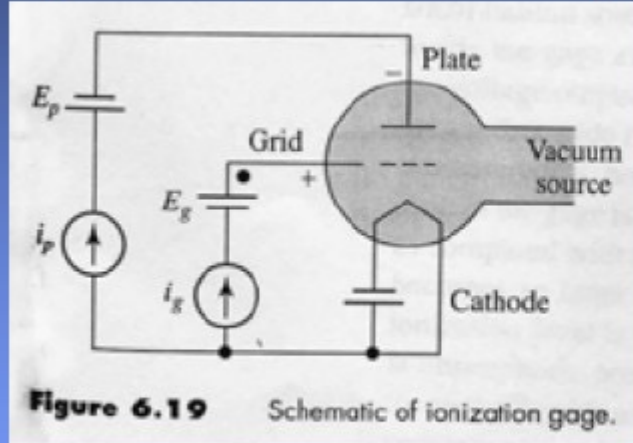
- Düşük basınçlarda, gazların efektif ısı iletkenliği basınçla azalır.
- Vakum içine yerleştirilen ve ısıtılan ince teldeki ısı kaybı, gazın iletkenliğine ve telin sıcaklığına bağlıdır.
- Basınç düştükçe gazın ısı iletkenliği düşer ve dolayısıyla verilen bir elektrik enerjisi girişi için telin sıcaklığı artar.
- $q = C(T_f - T_w)P_{vac}$

## Knudsen Basınç Ölçer (The Knudsen Gage)



- ( $10^{-6} - 1$  Pa)
- 2 plaka (vane), 1 ayna (mirror) ve 2 ısıtılmış plaka (plate) kullanır.
- Momentum değişiminden dolayı aynanın açısal değişimi ölçülür.
- $P = 4 F T_g / (T - T_g)$
- Çok doğru
- Kalibrasyon aracı olarak kullanılabilir.

## Iyonizasyonlu Vakum Ölçer (**The Ionization Gage**)



- $(1.3 \times 10^{-6} - 0.13 \text{ Pa})$

- $P_{\text{vac}} = i_+ / s i_-$

$s$  : duyarlılık

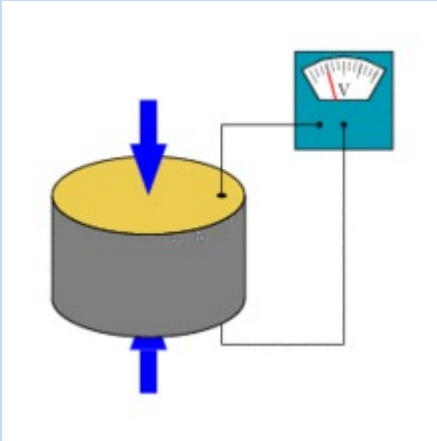
$i_+$  : grid akımı

$i_-$  : plaka akımı

- Kalibrasyonu yapıldıktan sonra oldukça güvenilir.



## Piezoelektrik etki



Bir piezoelektrik disk deformasyona uğradığı zaman bir voltaj üretir.

**Piezoelektrik Mekanik sıkıştırma neticesi voltaj üreten; voltaj tatbik edildiğinde mekanik titreşim elde edilen bazı kristal ve seramiklere has özellik. Mekanik enerjiden voltaj üretimine piezo olayı; voltajdan mekanik titreşim üretimine de ters piezo olayı denir. Bu prensip Basınç ölçme sensörü olarak kullanılır.**

Baryum titanat, kurşun zirkonat titanat ve potasyum sodyum niobat gibi bazı seramikler de piezoelektrik olayı meydana getirecek özelliktedir.

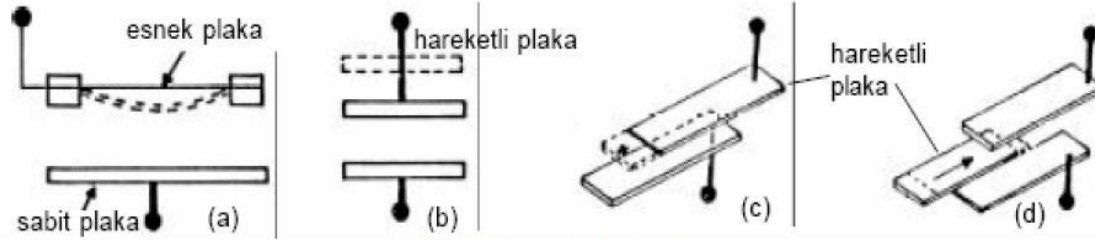
## BASINÇ SENSÖRLERİ

Her türlü fiziki kuvvet ve basınç değişimini algılayan ve bu değişimi elektriksel sinyale çeviren elemanlara basınç sensörü denir.

Basınç sensörleri, çalışma prensibine göre dört grupta incelenebilir.

1. Kapasitif basınç ölçme sensörleri
2. Strain gage (şekil değişikliği) sensörler
3. Load cell (yük hücresi) basınç sensörleri
4. Piezoelektrik özellikli basınç ölçme sensörleri

#### 4.2.1. Kapasitif Basınç Ölçme Sensörleri



Şekil 4.1: Kapasitif sensörler

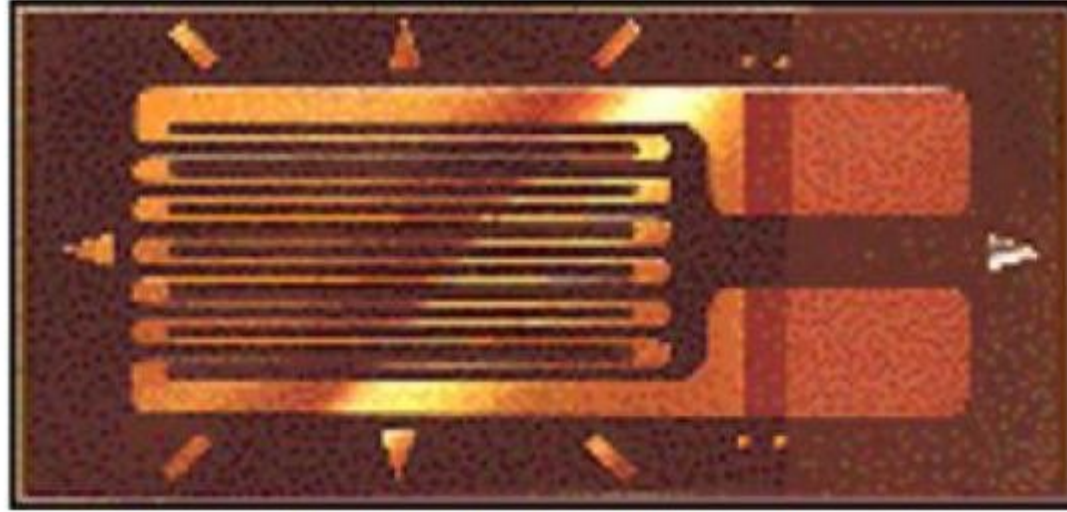
Kondansatörler yapıları gereği elektrik yükü depolayabilir. Kondansatörlerin yük depolayabilme kapasiteleri ise kondansatör plakalarının boyutlarına, bu plakalar arasındaki mesafenin uzaklığına ve iki plaka arasındaki yalıtkan malzemenin özelliğine bağlıdır. Sonuç olarak kondansatör plakaları birbirinden uzaklaştırılırsa ya da esnetilirse veya iki plaka arasındaki dielektrik malzeme hareket ettirilirse, kondansatörün kapasitesi değişir. Kondansatörün kapasitesi ile beraber alternatif akıma gösterdiği direnç de değişir. İşte bu prensipten hareketle kapasitif basınç sensörleri üretilmiştir.

Şekil 4.1.a'da esnek plakalı bir kapasitif sensör gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi plakanın biri sabit diğeri esnektir. Esnek plakaya bir basınç uygulandığında basınçla orantılı olarak kondansatörün kapasitesi ve kapasitif reaktansı (kondansatörün AA'ya karşı direnci) değişecektir. Bu direnç değişimi ile orantılı olarak basınç büyüklüğünü tespit edebiliriz.

Şekil 4.1'deki diğer şekillerde de kondansatör plakalarının uzaklaşıp yaklaşması gösterilmiştir. Az önce bahsettiğimiz gibi plakaların uzaklığı da kondansatörün AA direncini değiştirdiğinden bu direnç değişimi ile hareketin miktarını bulabiliriz.

Kapasitif prensiple çalışan sensörler basınç sensörü olarak kullanıldığı gibi yaklaşım ve pozisyon sensörü olarak da kullanılmaktadır.

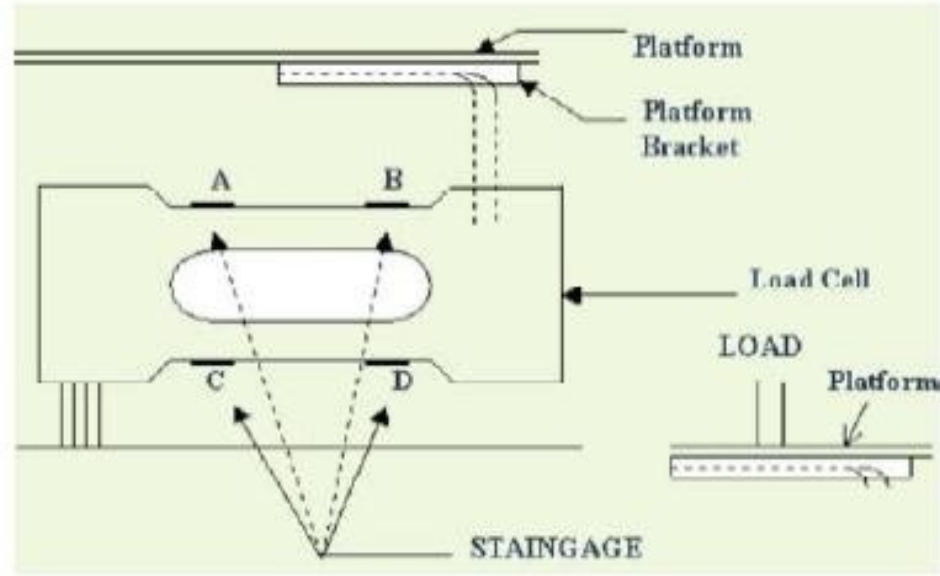
#### 4.2.2. Strain Gage (Şekil Değişikliği) Sensörler



Şekil 4.2: Strain gagenin iç yapısı

Temel olarak strain gageler esneyebilen bir tabaka üzerine ince bir telin veya şeridin çok kuvvetli bir yapıştırıcı ile yapıştırılmasından oluşmuştur. Üzerindeki basıncın etkisinden dolayı tabakanın esnemesi ile birlikte iletken şeridin de gerilerek uzamasına sebep olacaktır. Bu uzama esnasında telin boyu uzayarak kesiti azalacaktır. Bilindiği gibi iletkenlerin kesiti azaldıkça dirençleri artacağından uygulanan kuvvete bağlı olarak iletkenin direncinde değişim olacaktır. Bu direnç değişimine bağlı olarak uygulanan kuvvetin miktarını tespit edilebilir.

#### 4.2.3. Load Cell (Yük Hücresi) Basınç Sensörleri



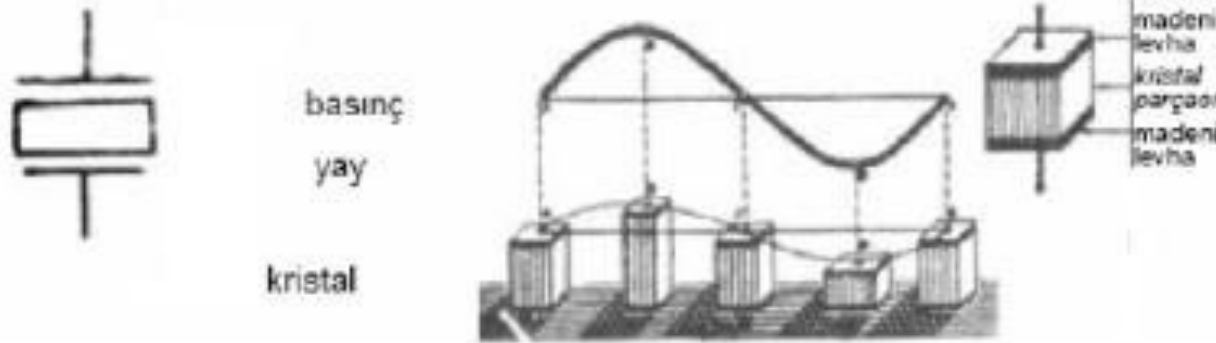
Şekil 4.6: Load cell'in iç yapısı

Yük hücresi (load cell) daha çok elektronik terazilerin yapımında kullanılan basınç sensörüdür. Asıl çalışma prensibi strain gage gibidir. Yukarıda 4 noktadan ölçme yapan bir yük hücresi görülmektedir. Tek noktadan ya da iki noktadan ölçüm yapanları da bulunmaktadır. Şekil 4.6'da A, B, C, D noktalarındaki strain gagelerin dirençleri basınca bağlı olarak değişir. Bu değişim ile orantılı olarak da basınç miktarını tespit edebiliriz.



Şekil 4.7: Load cell örnekleri

#### 4.2.4. Piezoelektrik Basınç Ölçme Sensörleri



Şekil 4.8: Piezoelektrik basınç sensörleri

Basıncın elektrik akımına dönüştürülme yollarından biri de piezoelektrik olayıdır. Piezoelektrik özellikli algılayıcılarda kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapılı maddeler kullanılır. Bu elemanlar üzerlerine gelen basınca göre küçük değerli bir elektrik gerilimi ve akımı üretir. Bu elektrik akımının değeri basıncın değeri ile doru orantılıdır. Piezoelektrik özellikli elemanlar hızlı tepki verdiklerinden ani basınç değişikliklerini ölçmede yaygın olarak kullanılır.



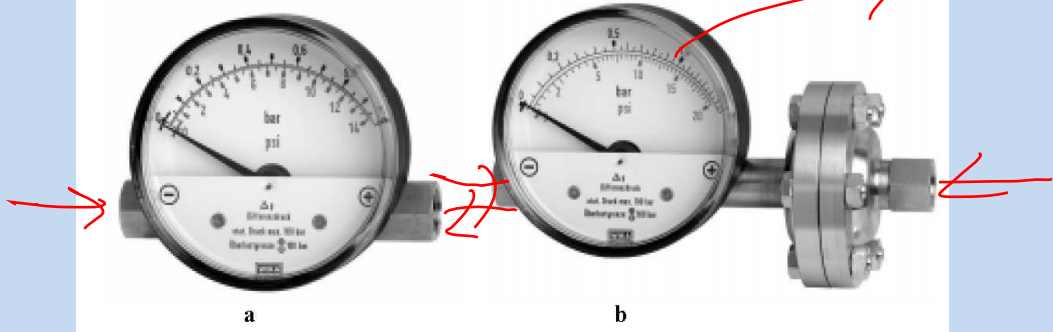


## DİJİTAL MANOMETRELER

# FARK (DİFERANSİYEL) BASINÇ MANOMETRELERİ

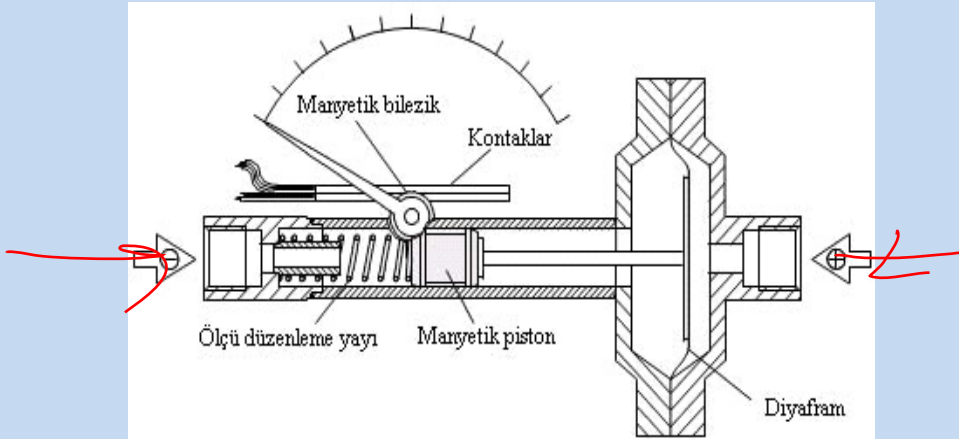
basınç ölçülen sistemde iki farklı basınç arasındaki farkı görmek için kullanılır. Genellikle filtrelerdeki giriş ve çıkış basınç farklarını, ısıtma ve

soğutma sistemlerinde çıkış ve geri dönüş basınçları arasındaki farkı görmek için kullanılır.



Resim 1.55: Diferansiyel manometre örnekleri a) Bourdon tüplü b) Diyaframlı

Şekil 1.59’da diferansiyel elemanlarla basınç ölçme sisteminin iç yapısı verilmiştir.



Basınçölçer iki girişe sahiptir. Bunlar “+” ve “-” olarak işaretlenmiştir. Montaj esnasında önce pozitif basınç sisteme verilmelidir. Skala üzerinde ölçülen basınç, iki basınç arasındaki farktır. Bu cihazlara fark basınçölçerleri de denilmektedir. Bu ölçüm, bourdon tüplü manometreyle veya diyaframlı manometreyle yapılır. Bu cihazlar, darbe ve titreşimin olduğu yüksek dinamik yük altındaki test noktalarında basınç ölçülürken sönümleyici akışkanla (genellikle gliserinle) doldurulur.

# FARK (DİFERANSİYEL) BASINÇ MANOMETRELERİ

## Hava Kontrol Cihazları / Air Control Instruments

Basınç farkı göstergeleri ve manometreler havalandırma ve klima sistemlerinde basınç fark değerlerinin tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Basınç farkı değerleri filtrelerin doluluk oranının ve kullanım süresinin tespit edilmesi açısından önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır.

- Fark Basınç Göstergeleri (DPG)
- Fark Basınç Anahtarları (PS)
- Tube Manometreler (MM)
- Fark Basınç Cihazları (DPT)

Pressure difference indicators and manometers are used in the ventilating and air conditioning systems for identifying the pressure difference values. Pressure difference values are used as significant indicators in terms of establishing the occupancy ratio and life cycle of the filters.





FARK (DİFERANSİYEL) BASINÇ MANOMETRELERİ

Type of pressure to be measured	Pressure Measuring instrument to be used
Low pressure	Manometer
High and medium pressure	Bourdon tube pressure gauge. Diaphragm gauge. Bellows Gauges.
Low vacuum and ultra high vacuum	McLeod vacuum gauge thermal conductivity gauges. Ionisation gauges.
Very high pressures	Bourdon tube pressure gauge. Diaphragm gauge. Bulk modulus pressure gauge.

# SCHRADER GAUGE

- Uses a piston connected to a spring
- Simple & sturdy construction
- Not particularly accurate
- Common use is in simple tyre pressure gauges
- Performs better than bourdon-tube under dynamic loads



$$F = PA$$
$$kx = F$$
$$x = (A/k)P$$

