

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

Departman: Energetika i procesna tehnika

Predmet: MERENJE I REGULISANJE

Poglavlje #5:

MERENJE PRITISKA

Predmetni nastavnik:

dr Miroslav Kljajić, Vanr. prof.

Prostorija 3, Blok F, SP

kljajicm@uns.ac.rs

Asistent:

Vladimir Munćan, MSc

Prostorija 9, Blok F, SP

vladimirmuncan@uns.ac.rs

OSNOVNI POJMOVI

Ako je sila F normalna na površinu A i ravnomerno raspoređena na čitavoj površini A , onda se **pritisak** p može definisati na sledeći način:

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

Jedinica za pritisak se naziva paskal (Pa) i jednaka je pritisku koji proizvodi sila od jednog njutna koja je ravnomerno raspoređena i deluje na površinu od jednog kvadratnog metra.

Prema tome paskal (Pa) je jednak njutn po kvadratnom metru (N/m^2)

→ Pritisak od 100.000 Pa = 1 bar.

OSNOVNI POJMOVI

Kod tečnosti i gasova razlikujemo nekoliko vrsta pritisaka:

- Pritisak okoline nazivamo **atmosferski pritisak** (oznaka p_o)
- Višak pritiska iznad atmosferskog nazivamo **nadpritisak** (oznaka p_n)
- Manjak pritiska ispod atmosferskog nazivamo **podpritisak ili vakuum** i označavamo ga sa p_v

Stvarni pritisak kod tečnosti ili gasa nazivamo **apsolutnim pritiskom** i označavamo ga sa p .

→ U skladu sa izrečenim definicijama vredi odnos među pojedinim pritiscima:

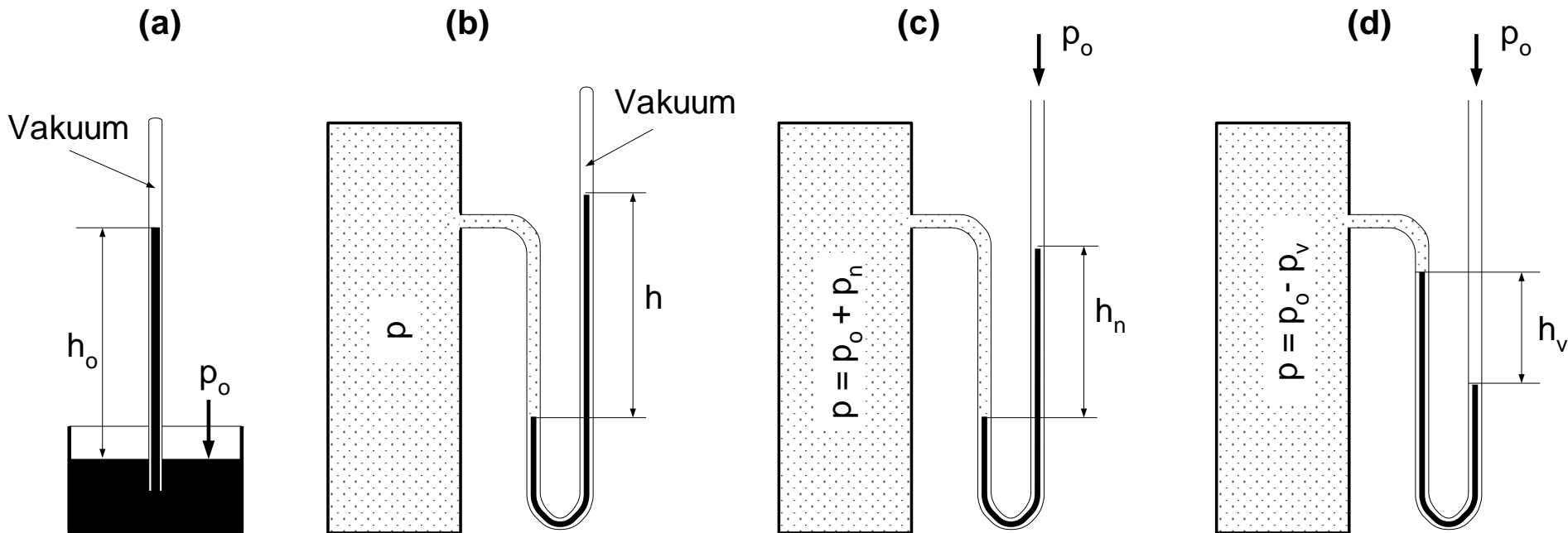
$$p = p_o + p_n$$

ili

$$p = p_o - p_v$$

OSNOVNI POJMOVI

merenje atmosferskog pritiska (a), apsolutnog pritiska (b), nadpritiska (c) i podpritiska (vakuuma) (d).



Klasifikacija uređaja za merenje pritiska

PO PRINCIPU DEJSTVA uređaje (pribore) za merenje pritiska delimo na sledeće osnovne grupe:

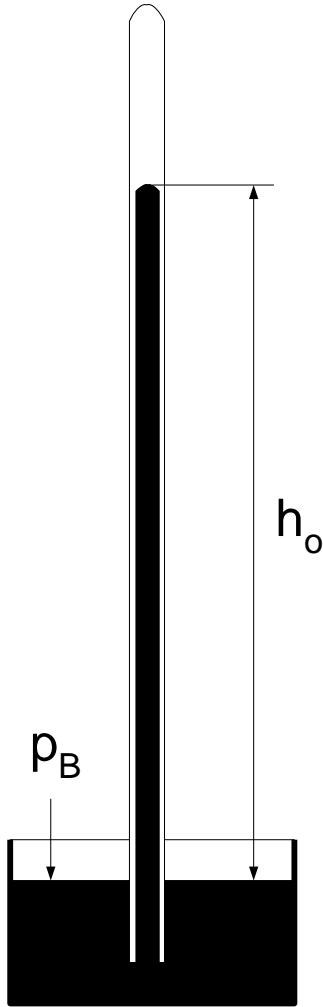
- **Uređaji sa tečnošću** kod kojih se promena pritiska uravnotežava sa pritiskom stuba tečnosti odgovarajuće visine;
- **Deformacioni uređaji** kod kojih promenu pritiska određujemo u zavisnosti od veličine deformacije različitih elastično osetljivih elemenata ili po razvijenoj sili u njima;
- **Klipni uređaji** kod kojih merimo ili reprodukujemo pritisak uravnotežen sa pritiskom koga stvaraju klip i tegovi;
- **Električni uređaji** dejstvuju na principu zavisnosti električnih parametara manometarskog pretvarača od merenog pritiska.

Klasifikacija uređaja za merenje pritiska

PO NAMENI razlikujemo sledeće osnovne uređaje (pribore):

- **Manometri** su uređaji za merenje pritiska ili razlike pritisaka (opšta namena),
- **Barometri** služe za merenje barometarskog (apsolutnog) pritiska atmosferskog vazduha,
- **Manometri nadpritiska** služe za merenje nadpritiska, koji je ravan razlici između apsolutnog i barometarskog (atmosferskog) pritiska,
- **Vakuu-metri** služe za merenje vakuuma (pritiska nižeg od atmosferskog). Takođe, služe za merenje apsolutnog pritiska
- **Manovakuu-metri** služe za merenje nadpritiska i vakuuma,
- **Diferencijalni manometri** služe za merenje razlike dva pritiska od kojih ni jedan nije pritisak okoline (upotrebljavaju se do razlike pritisaka do 10 bar)

BAROMETAR



Stakleni stacionarni barometri

▶ NAMENA

Stakleni barometar je najtačniji pribor za merenje **barometarskog pritiska**.

▶ PRINCIP RADA

Barometarski pritisak atmosferskog vazduha uravnotežava se u staklenom barometru sa stubom žive odgovarajuće visine.

▶ OPSEG

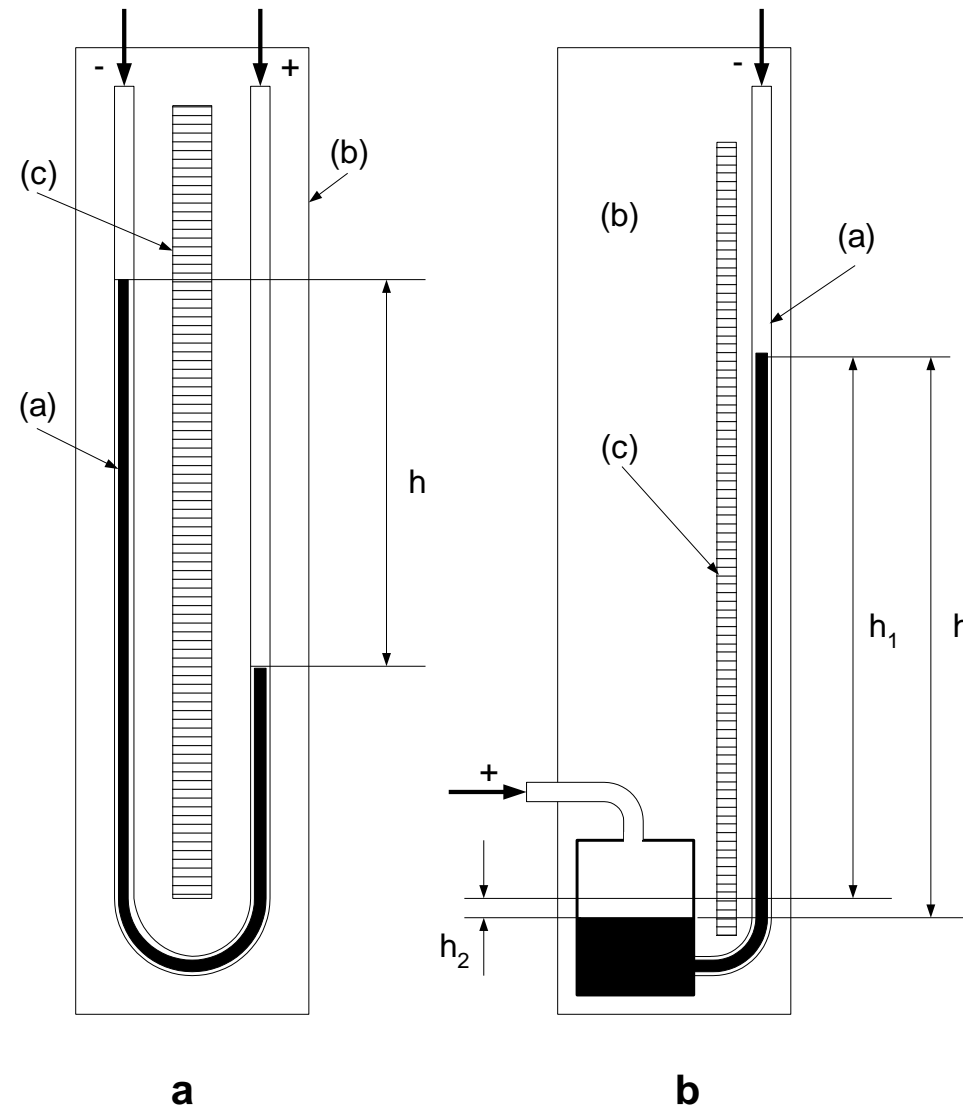
Stacionarni barometri sa čašom mogu da mere apsolutne pritiske u predelu 680 do 1070 mbar. Podela skale je 1 mbar.

BAROMETAR



$$0,02952998751 \times P \text{ [mbar]} = P \text{ [inHg]}$$

MANOMETRI SA TEČNOŠĆU



► PRINCIP RADA: visina stuba tečnosti je veličina koja služi za određivanje pritiska.

► Postoje dva osnovna oblika ovih manometara, i to: dvocevni i jednocevni

$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

$$p = h \cdot \rho \cdot g = (h_1 + h_2) \cdot \rho \cdot g = h_1 \cdot \rho \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a}{A}\right)$$

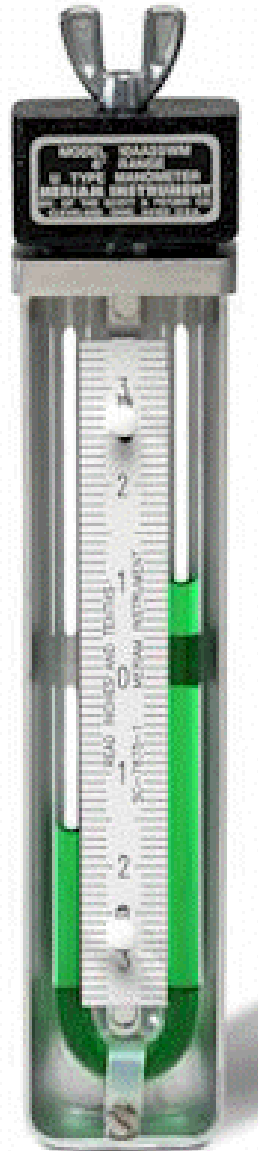
► Ovi manometri su veoma jednostavni i dovoljno tačni. Služe za određivanje nižih pritisaka, koji retko prelaze **2 bar**.

► Najčešće se primenjuju pri ispitivanjima i kontrolnim merenjima.

MANOMETRI SA TEČNOŠĆU



MANOMETRI SA TEČNOŠĆU

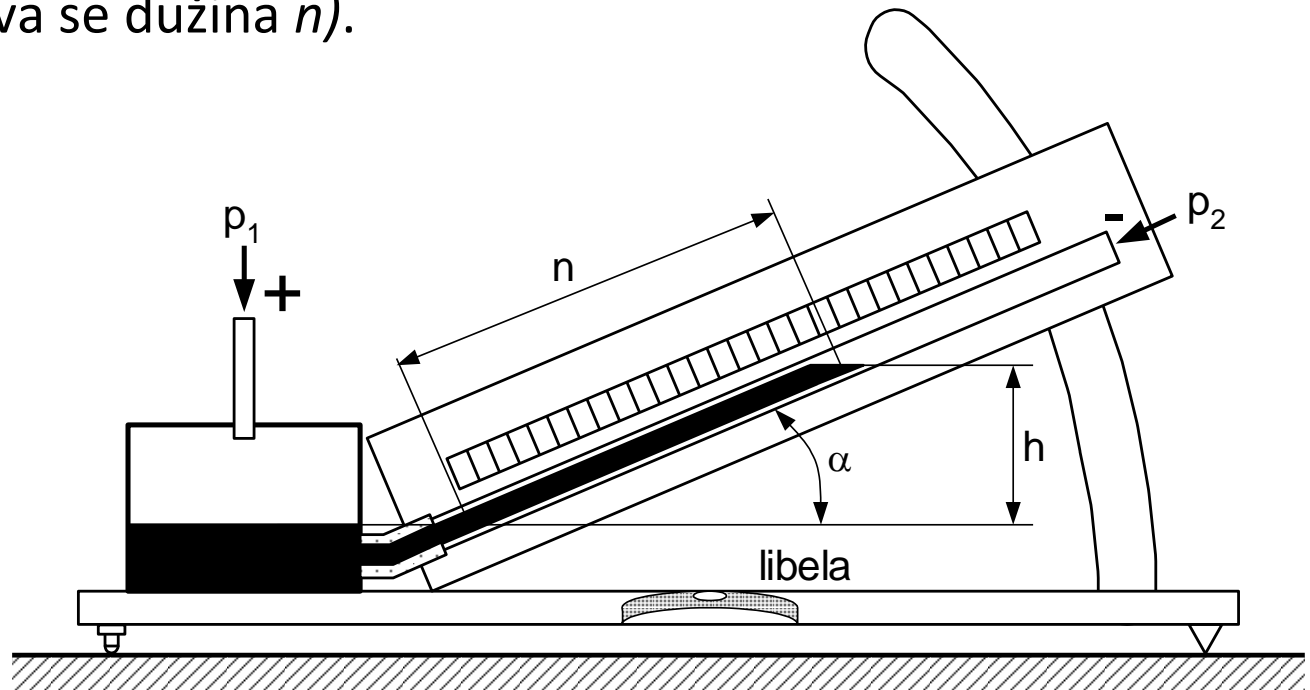


MANOMETRI SA TEČNOŠĆU

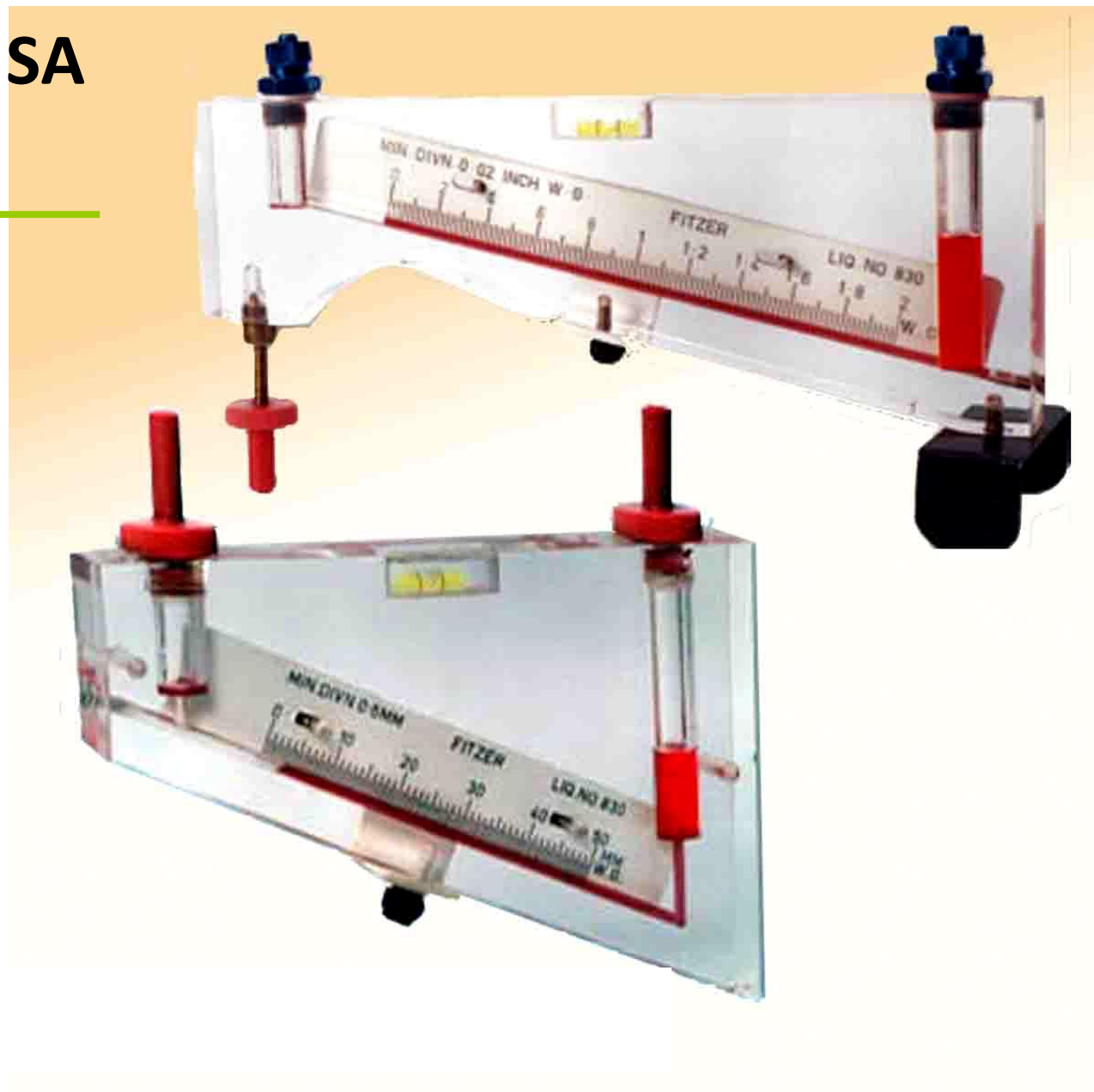
Ukoliko su mereni pritisci mali, greške koje se javljaju pri merenju mogu biti veoma velike. U takvim slučajevima, primenjuju se tzv. **MIKRO-MANOMETRI**,

Mikro-manometar u osnovi je istovetan sa jednocevnim manometrom, samo ima nagnutu cev (pod uglom α), što utičnja očitavanje (umesto h očitava se dužina n).

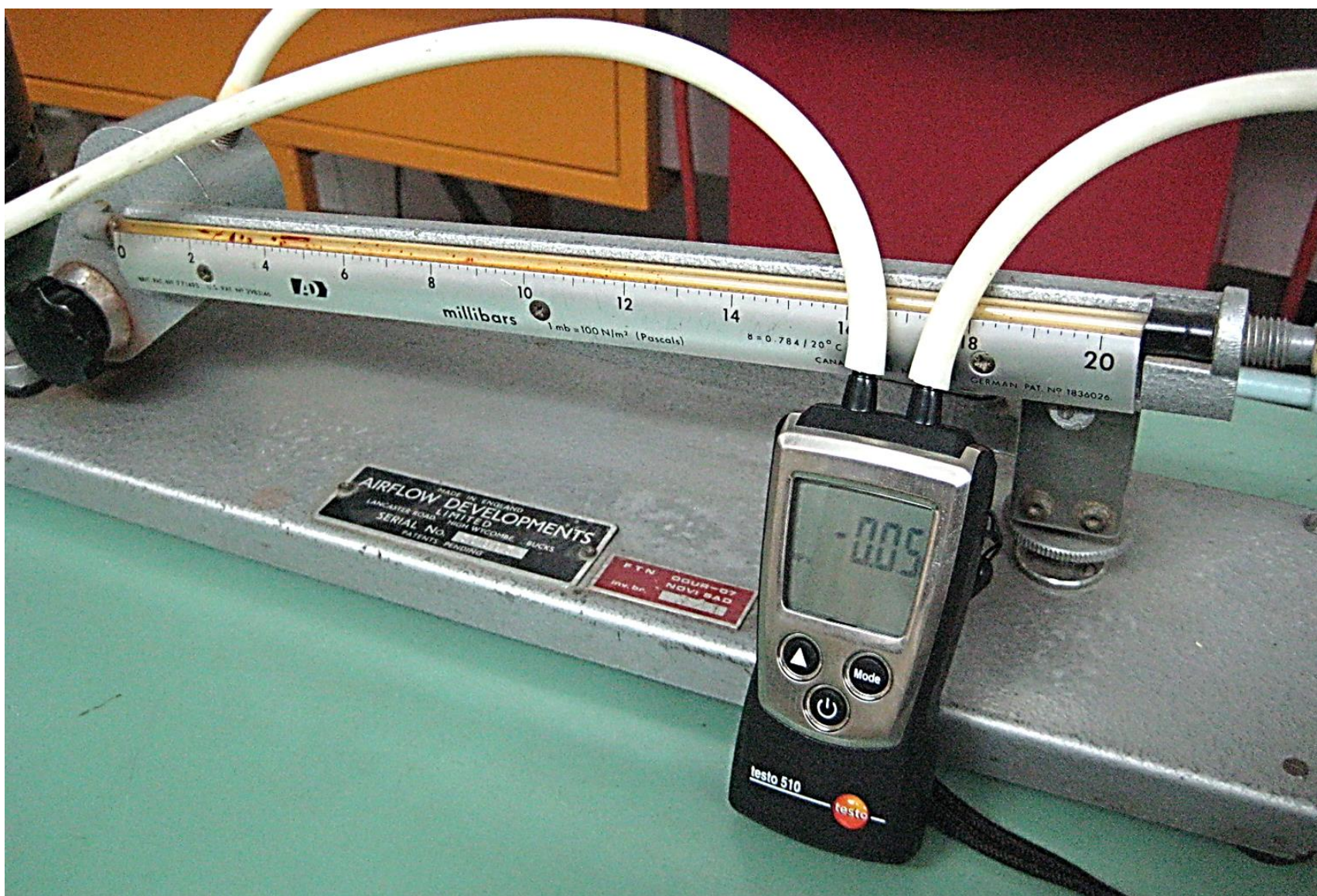
$$h = n \times \sin \alpha$$



MANOMETRI SA TEČNOŠĆU



MANOMETRI SA TEČNOŠĆU



TAČNOST MANOMETARA SA TEČNOŠĆU

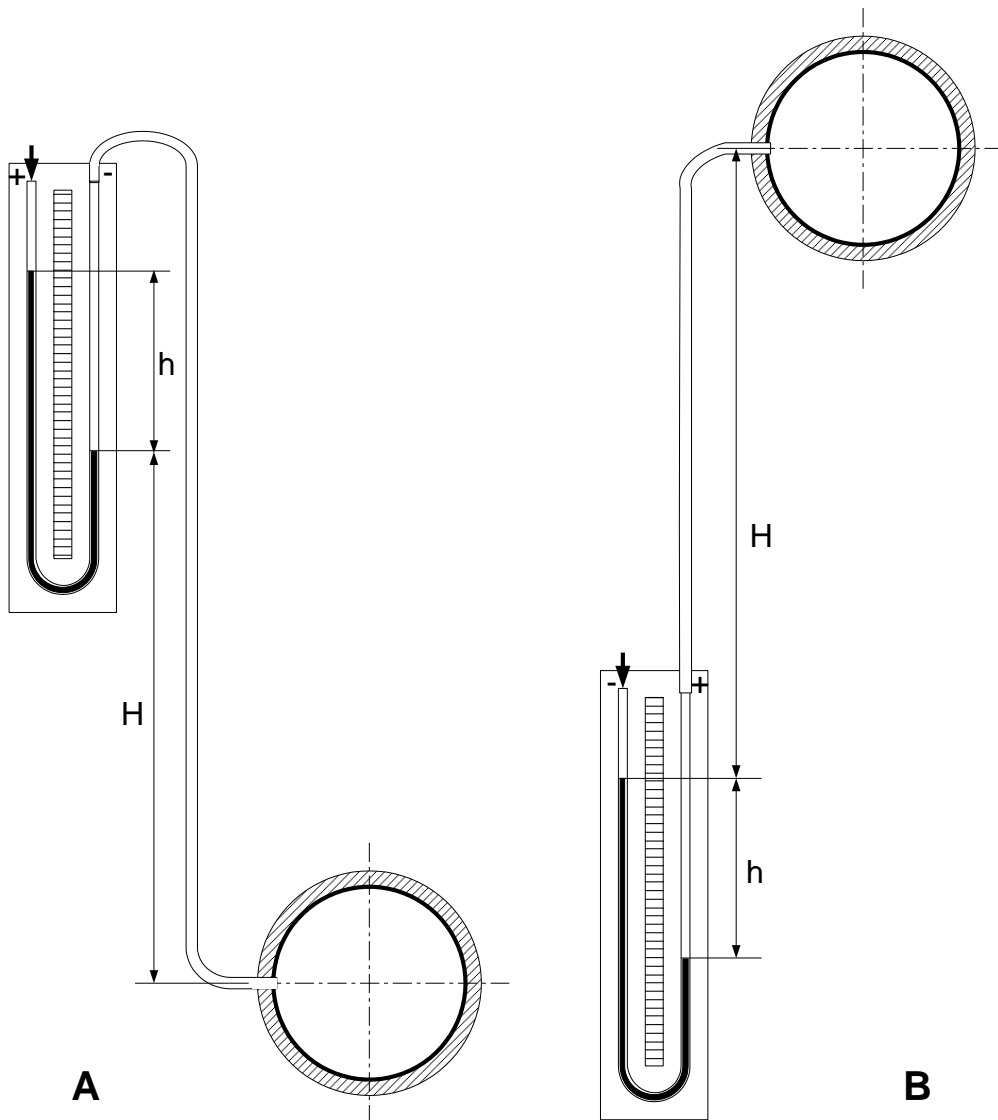
Greške koje nastaju pri merenju su:

$$p = h_o \cdot g \cdot \rho_o = \frac{h}{1 + \beta \cdot t} \cdot g \cdot \rho_o$$

- **Greške očitavanja.** Ako se posmatranje vrši golim okom, ove greške iznose od 0,5 do 1 mm visine stuba tečnosti, što se primenom vizira i nonijusa može znatno smanjiti.
- **Greške koje nastaju usled promene temperature stuba tečnosti.** Obično se skala baždari za gustinu tečnosti pri normalnoj temperaturi, koja za vodu iznosi 4°C, a živu 0°C, itd. Kako je obično okolna temperatura različita od specificirane normalne temperature, potrebno je uraditi korekciju.
- **Greška nastala kapilarnom depresijom.** Ova greška se uzima u obzir samo u slučaju ako se merenje vrši jednocevnim manometrom, jer će usled površinskog napona nivo tečnosti u staklenoj cevčici biti unekoliko niži od njegove stvarne veličine.

Popravka na kapilarnost se uzima u obzir samo kod žive, dok se kod drugih tečnosti zanemaruje, jer je njihov površinski napon veoma mali (alkohol ima, na primer, 22 puta manji površinski napon od žive).

TAČNOST MANOMETARA SA TEČNOŠĆU



► Tačnost merenja pritiska manometrima koji su punjeni tečnim fluidom **zavisi i od ispravnog očitavanja**.

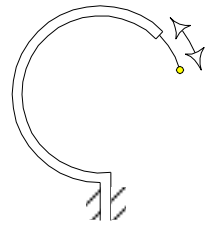
► Zato je neophodno da se manometar postavi vertikalno, i to na mestima koja nisu podvrgnuta vibracijama ili povišenim temperaturama.

► Ukoliko je manometar postavljen više ili niže od tačke u kojoj se oduzima pritisak, mora se izvršiti korektura dodatnog stuba tečnosti ili gasa.

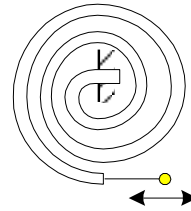
DEFORMACIONI MANOMETRI

PRINCIP DEJSTVA

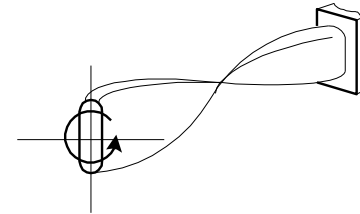
deformacionih manometara zasnovan je na korišćenju elastične deformacije specijalnih vrsta opruga, membrana ili mehova, koja nastaje delovanjem pritiska koji se meri.



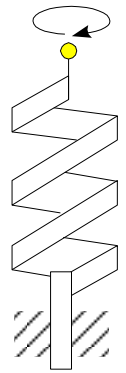
C - tip



Spiralni

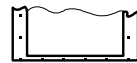


Zavojni

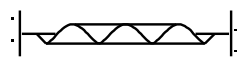


Helikoidalni

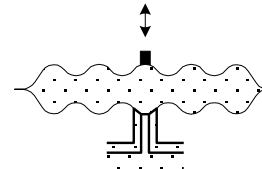
Tipovi Burdonove cevi



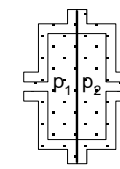
Ravna



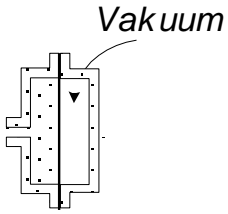
Talasasta membrana



Kapslovana membrana

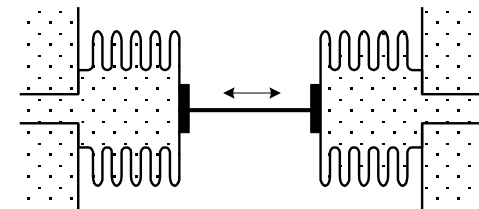
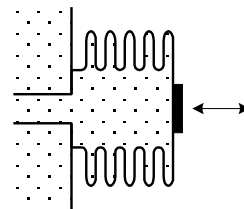


Diferencijalni pritisak



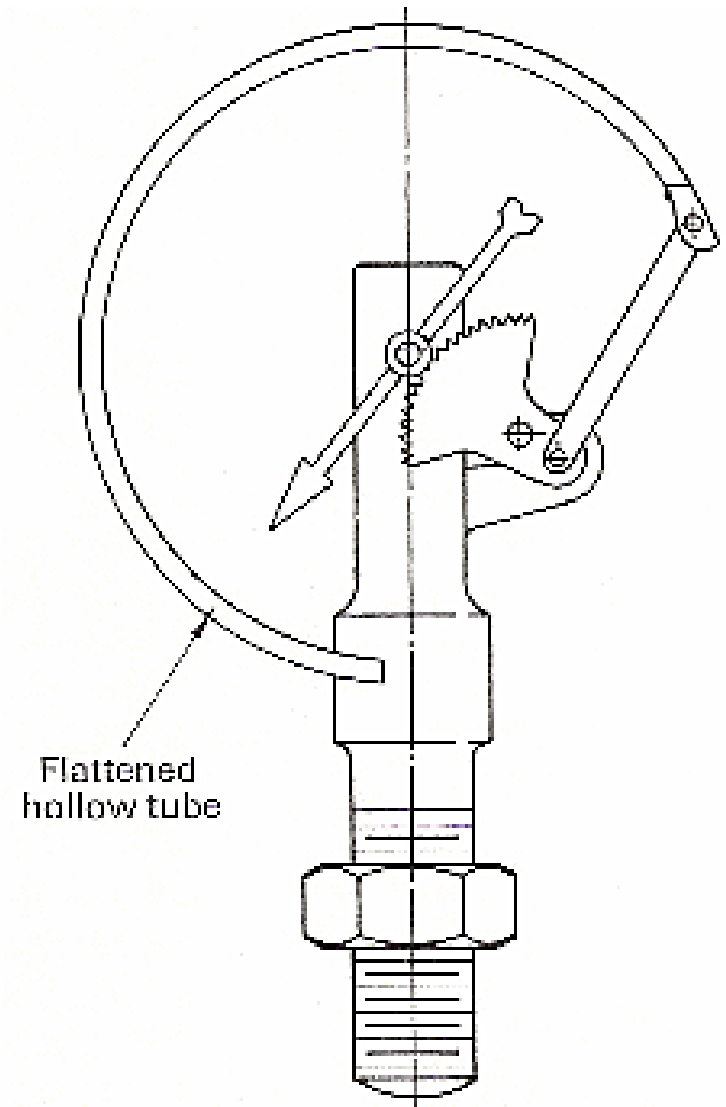
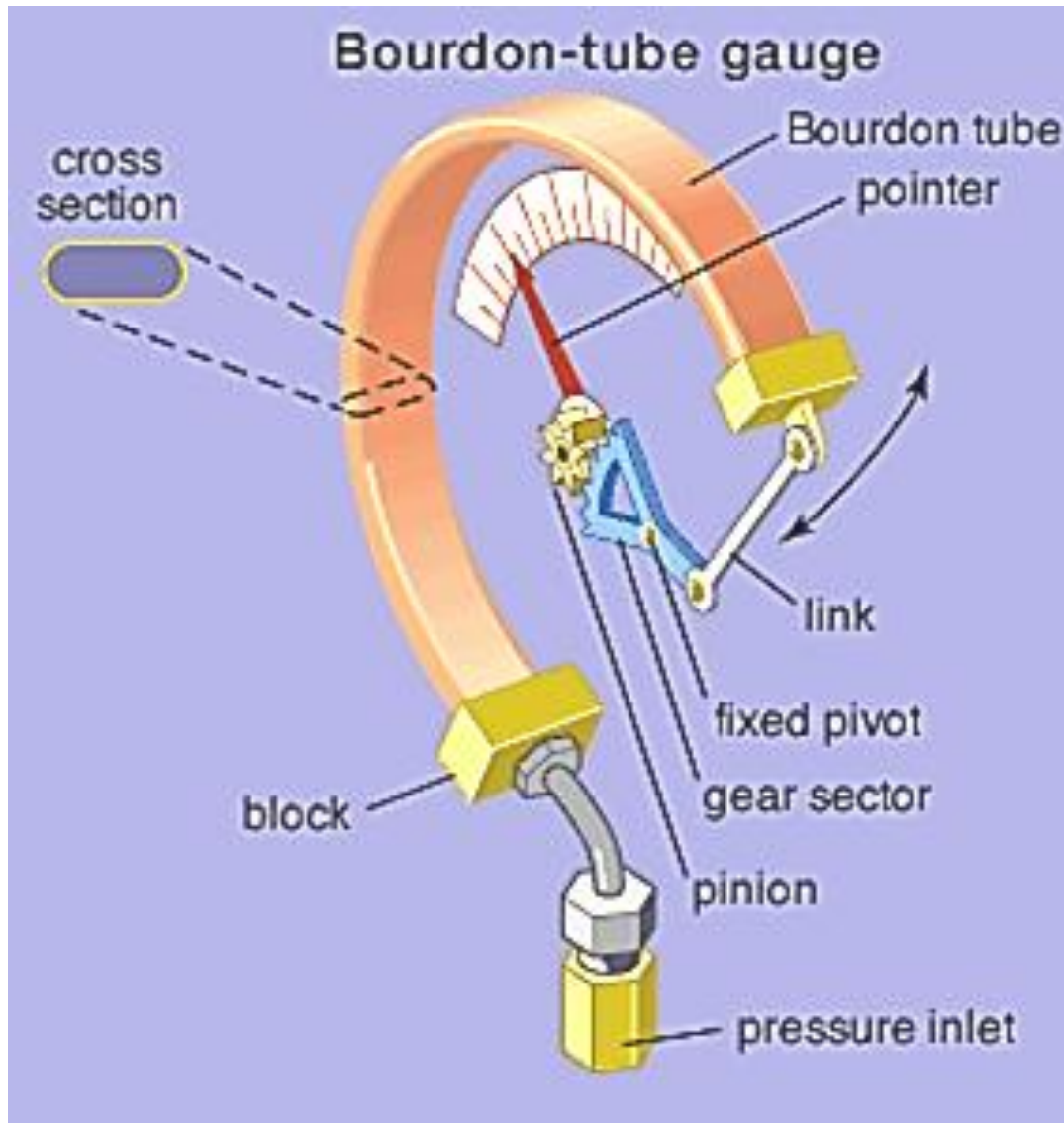
Apsolutni pritisak

Tipovi membranskih deformacionih manometara



Tipovi deformacionih manometara u obliku meha

DEFORMACIONI MANOMETRI tipa burdonove cevi

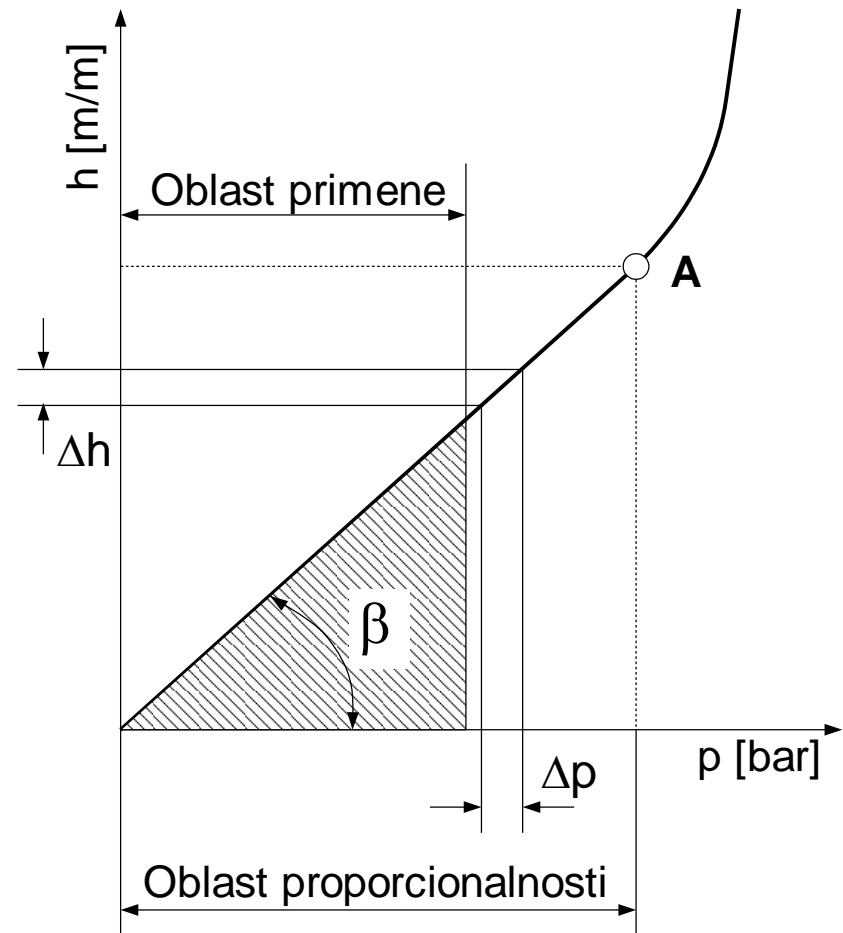


DEFORMACIONI MANOMETRI - Osetljivost

► **Osetljivost Burdonove cevi** je definisana odnosom $\Delta h/\Delta p$. Oblast primene manometra obično iznosi oko 50% veličine oblasti proporcionalnosti.

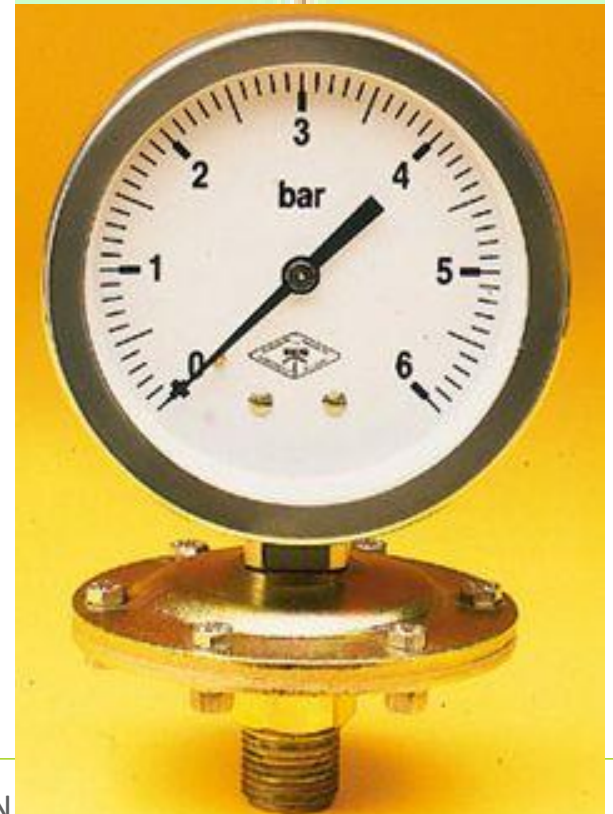
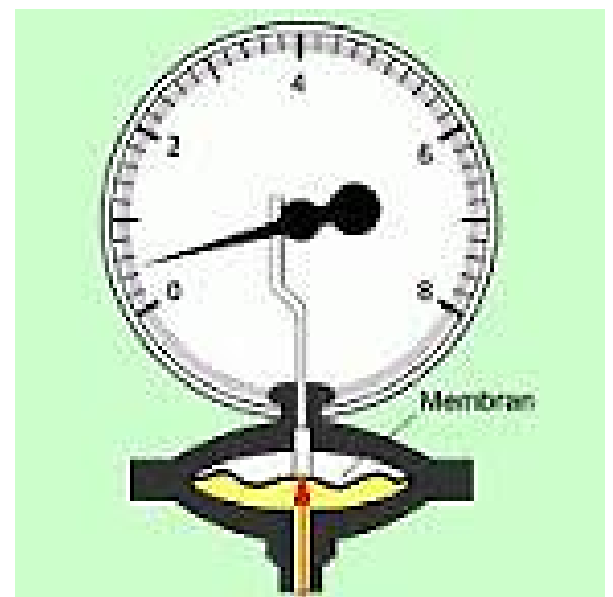
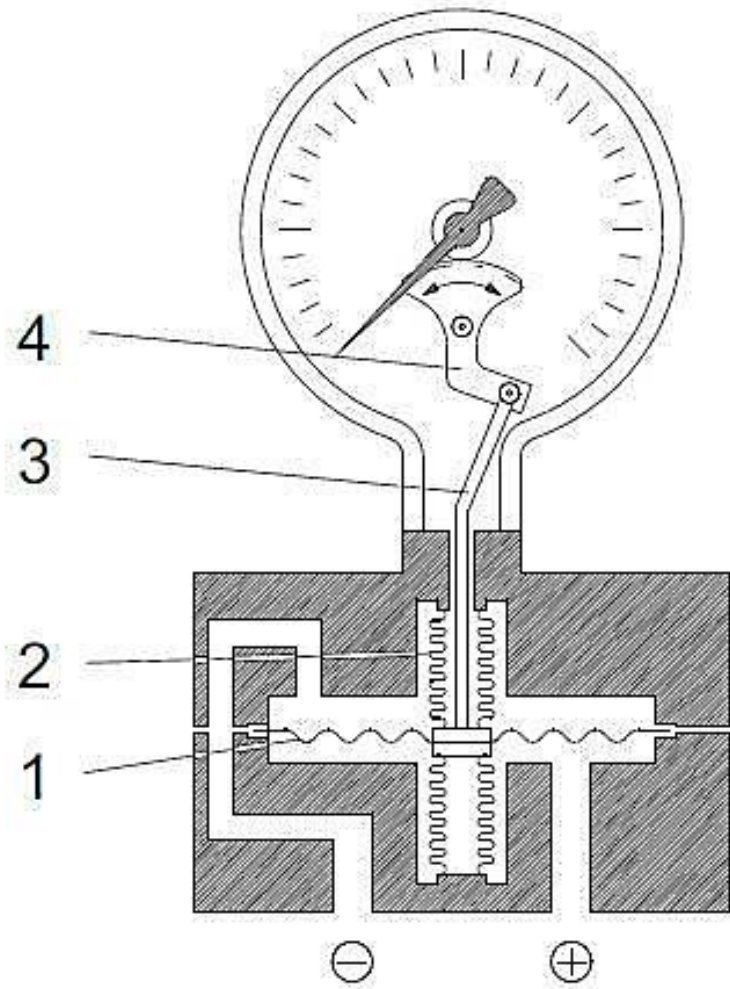
► Najveći uticaj na **tačnost merenja** ima tzv. **elastično dejstvo opruge**.

Elastično dejstvo manometra sa oprugom znatno snižava klasu tačnosti ove vrste manometara



Linearna zavisnost pritiska i premeštanja kraja Burdonove cevi

DEFORMACIONI MANOMETRI sa membranom



DEFORMACIONI MANOMETRI - PRIMENA

sa
membranom

► Manometri sa membranom primenjuju se najčešće za merenje pritiska do **25 bar**.

Membrana se izrađuje u obliku koncentričnih talasa, što povećava njenu elastičnost.

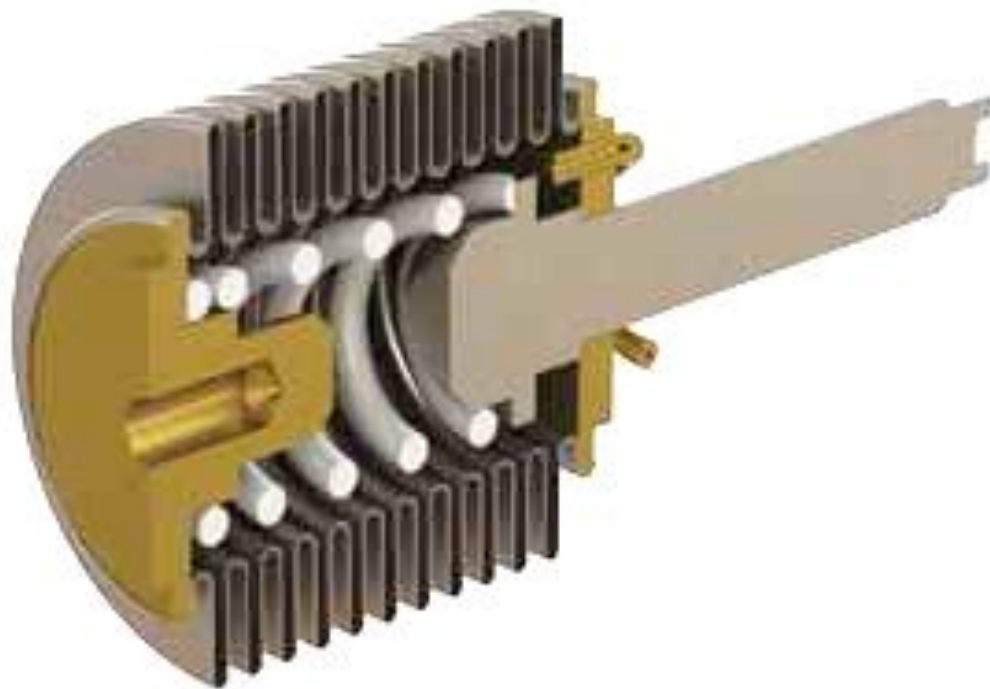
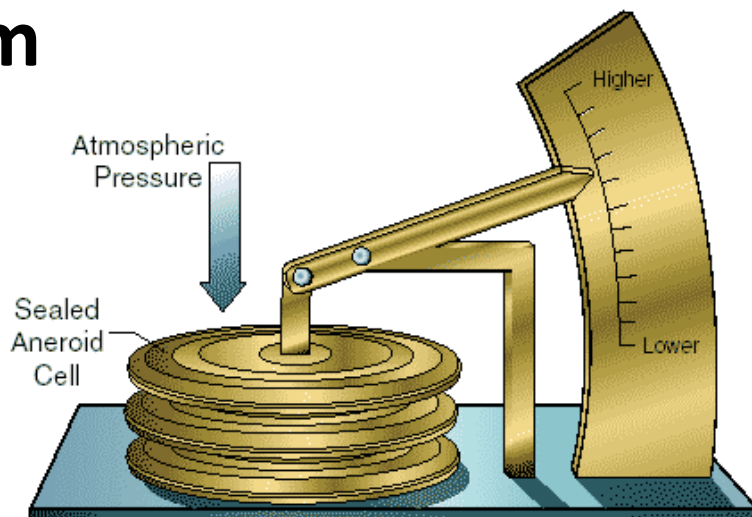


DEFORMACIONI MANOMETRI - PRIMENA

- ▶ **Prednost** ove vrste manometara u odnosu na prethodno opisane, je u tome što oni mogu da se upotrebljavaju za merenje pritisaka viskoznih i agresivnih fluida, jer je membranu veoma lako zaštititi od hemijskog dejstva fluida zaštitnom folijom, koja može da se izradi od plemenitih metala ili od plastičnih materijala.
- ▶ Osim toga, ovi manometri su povoljniji u uslovima za rad u sredinama sa vibracijama od manometara s oprugom. Klasa tačnosti manometara sa membranom iznosi 2,5 i 4.
- ▶ Za veoma niske pritiske, do 4.000 Pa, upotrebljavaju se manometri sa mehom, koji obično imaju klasu tačnosti 1,5.

DEFORMACIONI MANOMETRI

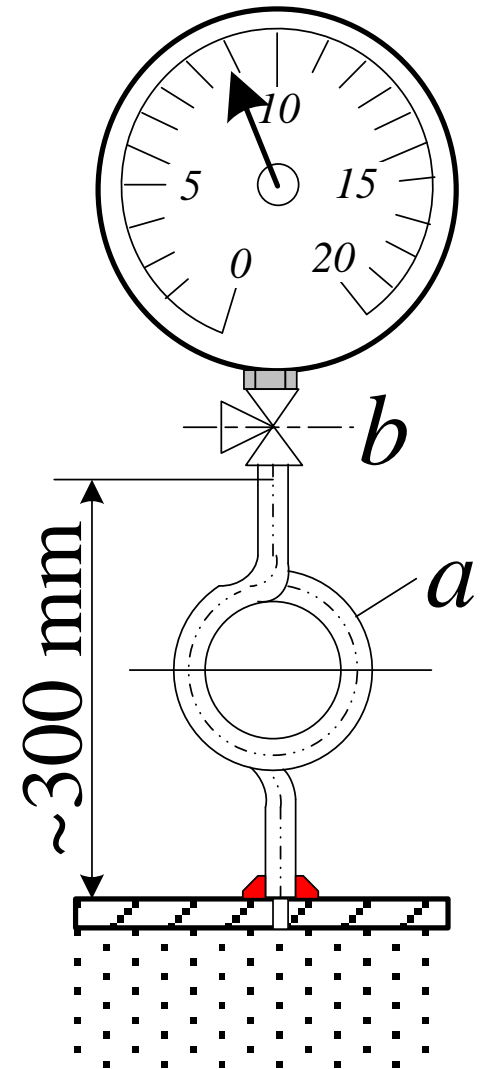
sa mehrom



DEFORMACIONI MANOMETRI – IZBOR/UGRADNJA

- ▶ **Pravilan izbor i pravilna ugradnja** manometara ima veoma veliki uticaj na tačnost merenja.
- ▶ Skala manometra obično se usvaja tako da maksimalni n mirnom opterećenju, pokazuje vrednost koja se nalazi na 01 pokazivanja skale.
- ▶ Ukoliko je opterećenje promenljivo, ova vrednost smanji slučaja je poželjno da je minimalna merena vrednost veća o pokazivanja skale.

Pokazivanje manometra s oprugom u velikoj meri zavisi od temperature opruge, jer se usled **promene temperature menjaju njena elastična svojstva**. U cilju da se odstrani nepoželjan uticaj visoke ili niske temperature, manometar se postavlja na sifonsku cev (a), koja stvara hidraulički čep, što štiti manometar od dejstva previsokih ili preniskih temperatura merenog fluida.



TAČNOST DEFORMACIONIH MANOMETARA

Manometri sa oprugama pri merenju imaju sledeće **GREŠKE**:

1. **Osnovnu grešku**, koja se određuje na osnovu atesta manometra;
2. **Grešku koja zavisi od položaja manometra** i koja se određuje isto kao kod manometra sa tečnošću;
3. **Temperatursku grešku**, koja potiče od temperatura okoline manometra i njenog odstupanja od temperature pri kojoj je manometar baždaren. Može se usvojiti da ova greška kod manometra sa jednocevnom oprugom iznosi približno $\pm 0,4\%$ u opsegu temperatura od -40°C do $+60^{\circ}\text{C}$.

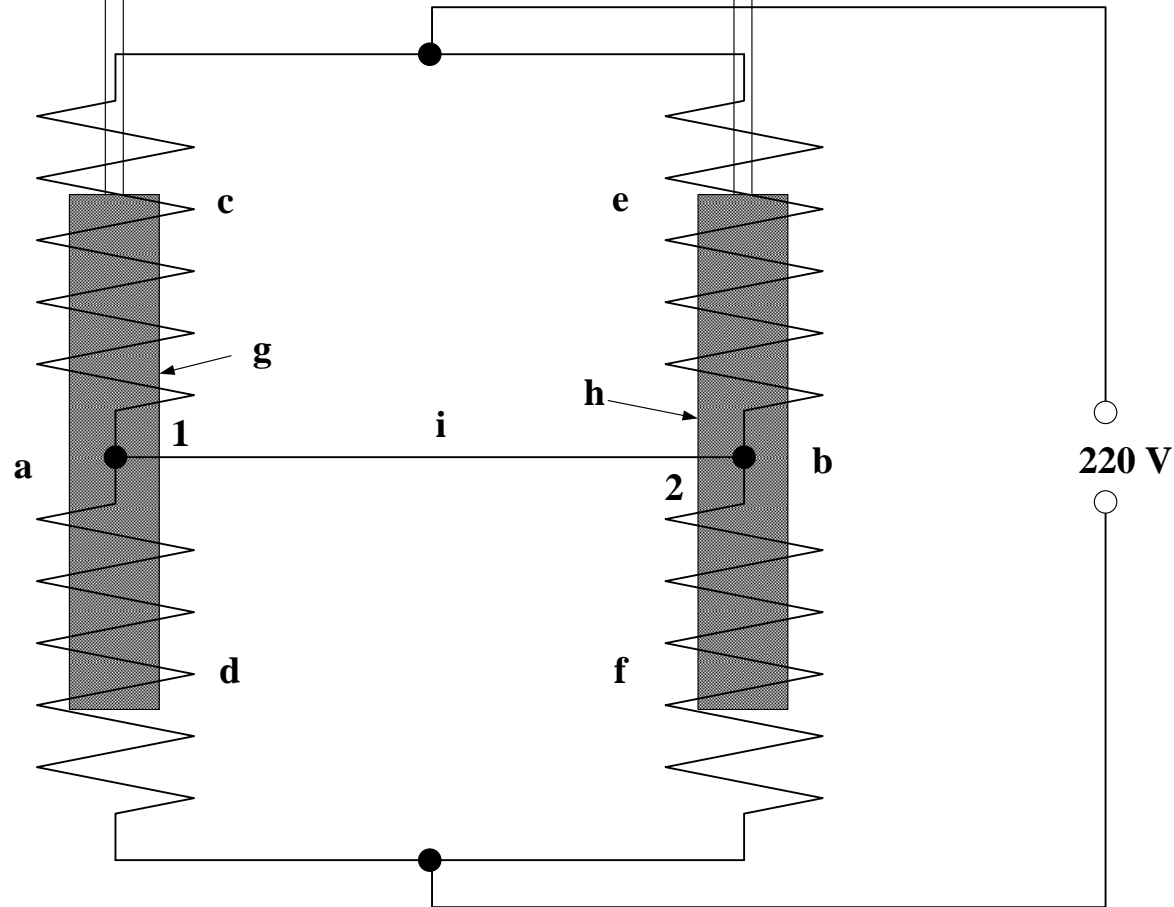
DEFORMACIONI MANOMETRI – PRENOS SIGNALA

Često je potrebno obezbediti daljinsko pokazivanje manometra. To je moguće izvesti s uravnoteženim induktivnim mostom

Manometar s uravnoteženim induktivnim mostom

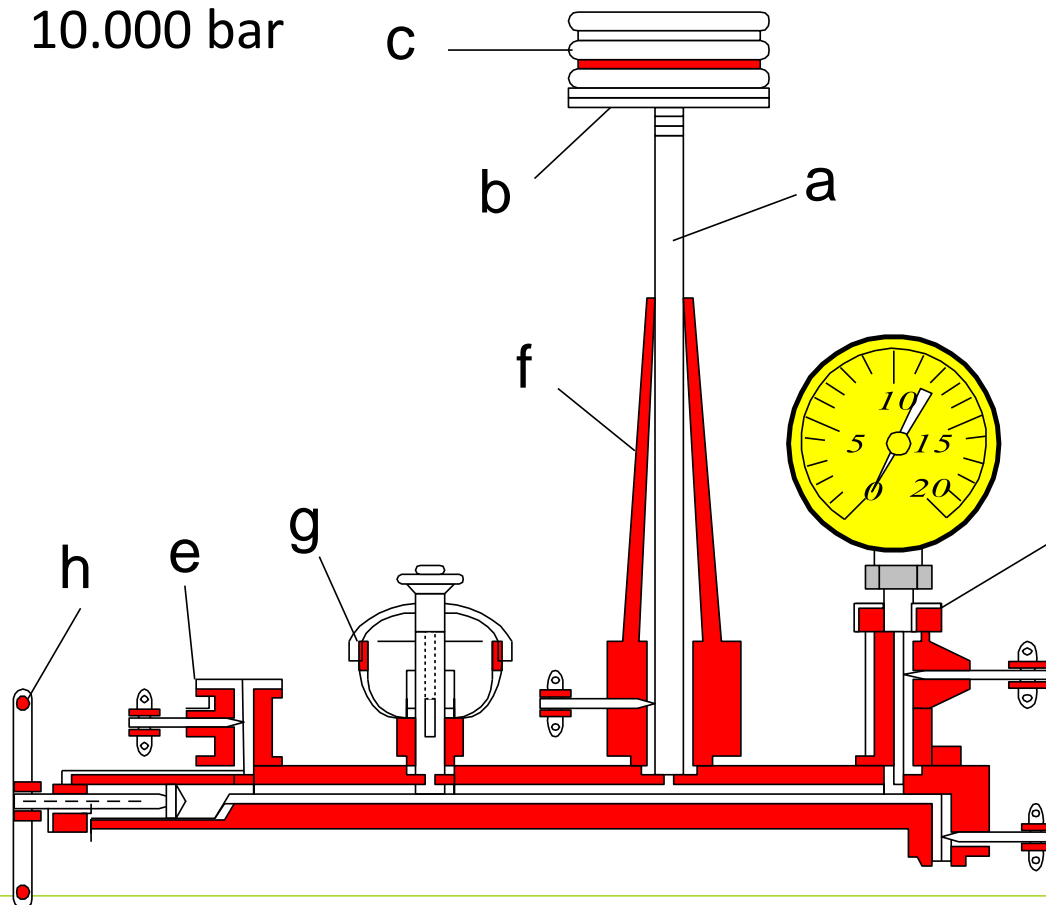
Priključak sa manometrom

Spoj sa sekundarnim pokazivačem



KLIPNI MANOMETRI

► **Primena:** upotrebljavaju se, uglavnom za proveru (kontrolu) do sada opisanih manometara (kao i kontrolnih manometara), a njima se mogu meriti i veoma visoki pritisci i do 10.000 bar



► **Princip rada** ovih manometara sastoji se u postizanju uravnoteženja između sile koju stvara pritisak tečnosti na klip manometra (a) i sile koju stvara težina klipa, tanjirića (b) i kalibriranih tegova (c)

► **Osnovne karakteristike:**

- d1. visoka tačnost
2. veliki opseg merenja
3. jednostavan postupak
4. lako održavanje.

MIKRO-MANOMETRI

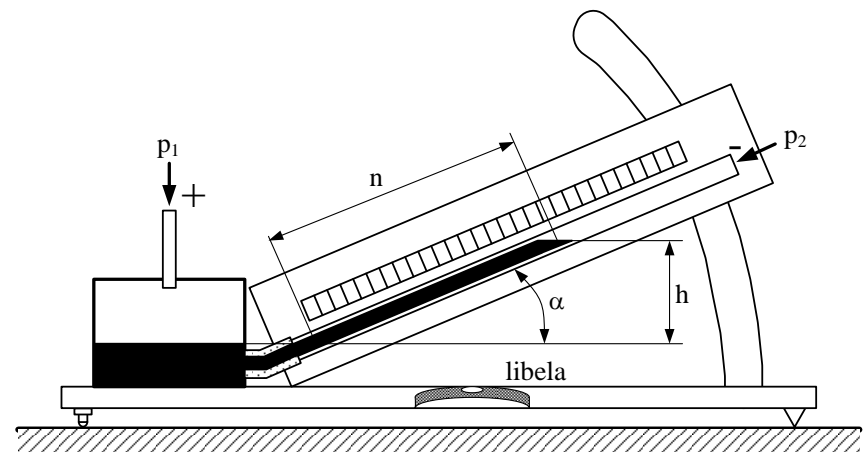
Mikro- manometri služe za merenje malih pritisaka, odnosno depresije vazduha, ili produkata sagorevanja i obično imaju skalu graduisanu u **Pa** ili **mmH₂O** ili **mmHg**

GENERALNO: mikromanometri, mikrovakuum-metri, vakuum-metri i diferencijalni mikromanovakuum-metri su instrumenti namenjeni za merenje malih pritisaka, vakuuma i razlike pritisaka gasnih sredina

sve do 4.000 mmH₂O ili ~ 40.000 Pa (0,4 bar)

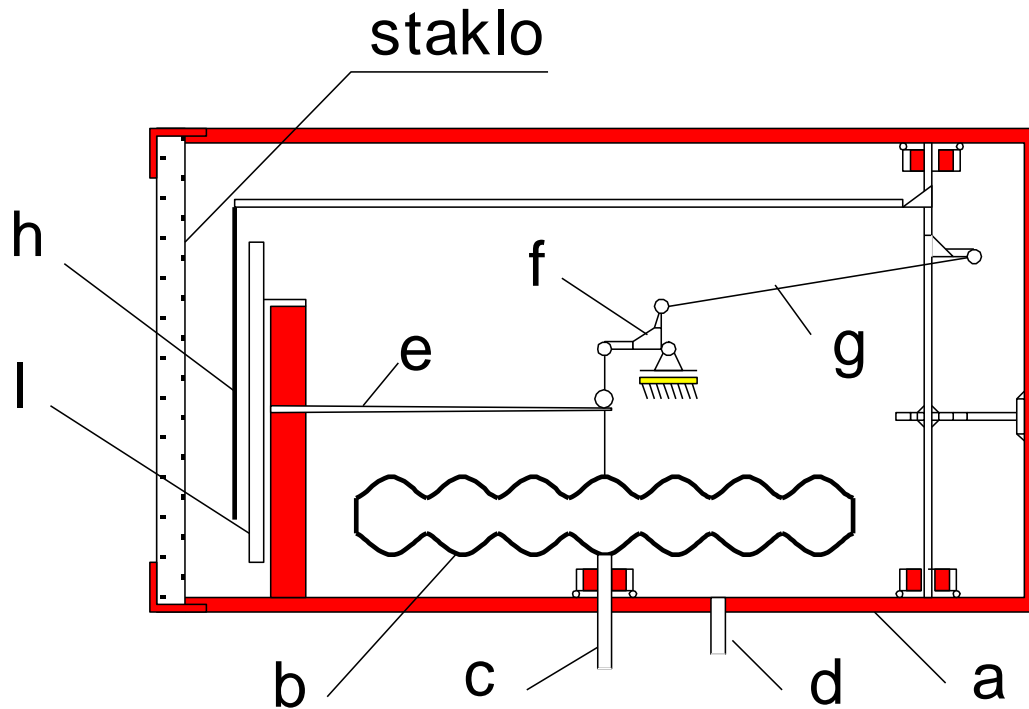
*Pri čemu je: 1 mmH₂O = 9,806 Pa
1 mmHg = 133,3 Pa*

Najjednostavniji mikromanometar je konstruktivno istovetan sa manometrom “sa kosom cevi” i primenjuje se kod laboratorijskih i kontrolnih merenja.



MIKRO-MANOMETRI

Membranski mikro- manometar služi za merenje malih pritisaka, i obično imaju skalu graduisanu u Pa ili mm H₂O

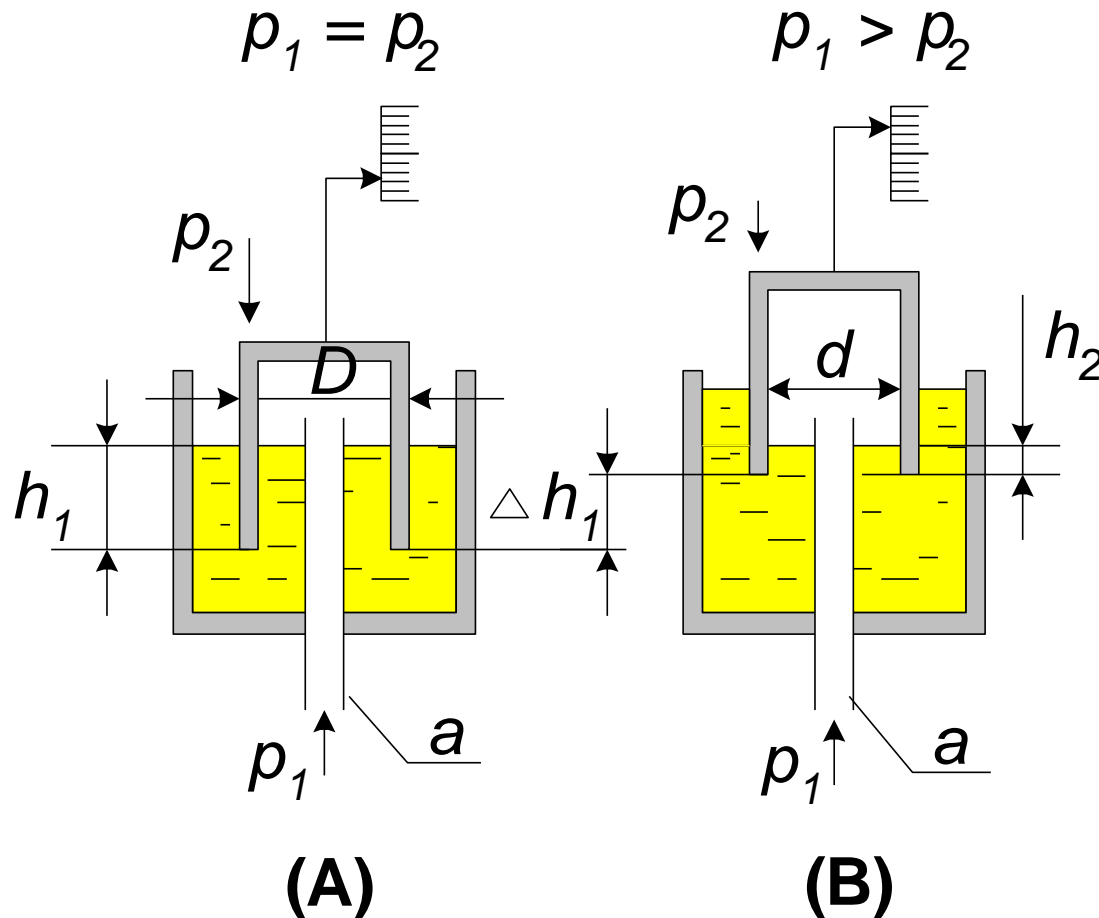


► **Princip rada:**
Deformacije membranske doze prenose se preko poluga (f) i (g) na pokaznu skazaljku (h), iza koje se nalazi skala instrumenta (i)

Merno područje membranskih mikro-manometara retko prelazi **5.000 Pa**

MIKRO-MANOMETRI

Zvonasti mikro-manometri rade na principu promene dubine potapanja zvona u radni fluid, tj. transformatorsko ili vazelinsko ulje



- ▶ Podizanje zvona linearno proporcionalno porastu pritiska Δp
- ▶ Izrađuju za merenje pritiska od svega nekoliko desetina mmH_2O

(1 mmH_2O = 9,8 Pa)

MIKRO-MANOMETRI

Ravnoteža mase (u mirnom stanju)

$$M = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h_1 \cdot \rho$$

- gde je **M** masa zvona, a **ρ** gustina fluida

Pri povećanju pritiska u vodu (a), doći će do podizanja zvona. Ravnoteža sila je tada:

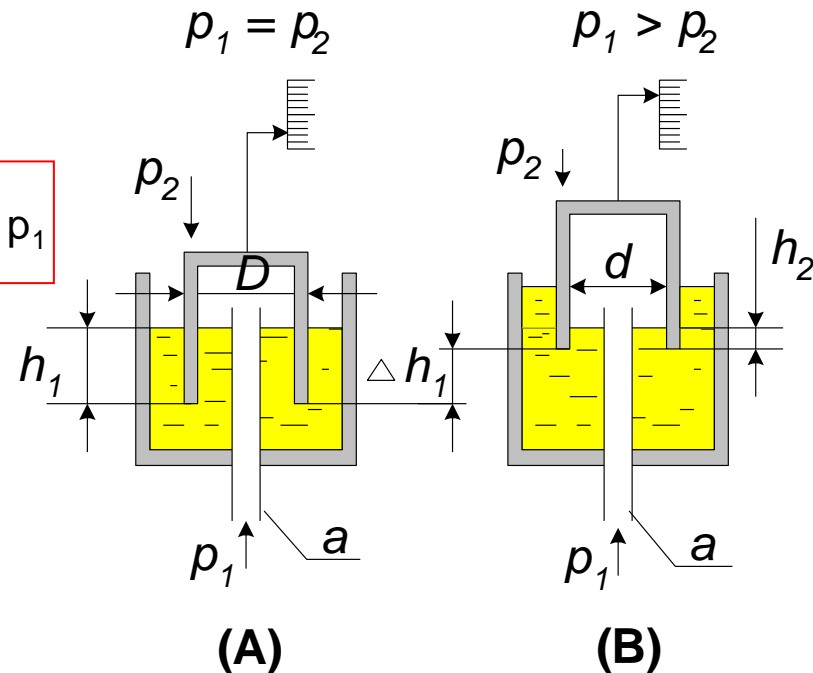
$$g \times M + \frac{\pi \times d^2}{4} \times p_2 = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times h_2 \times g \times \rho + \frac{\pi \times d^2}{4} \times p_1$$

ako se M iz gornjeg izraza zameni:

$$(D^2 - d^2) \cdot (h_1 - h_2) \cdot g \cdot \rho = d^2 \cdot (p_1 - p_2)$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{d^2}{D^2 - d^2} \cdot \frac{p_1 - p_2}{g \cdot \rho} = K \cdot \Delta p$$

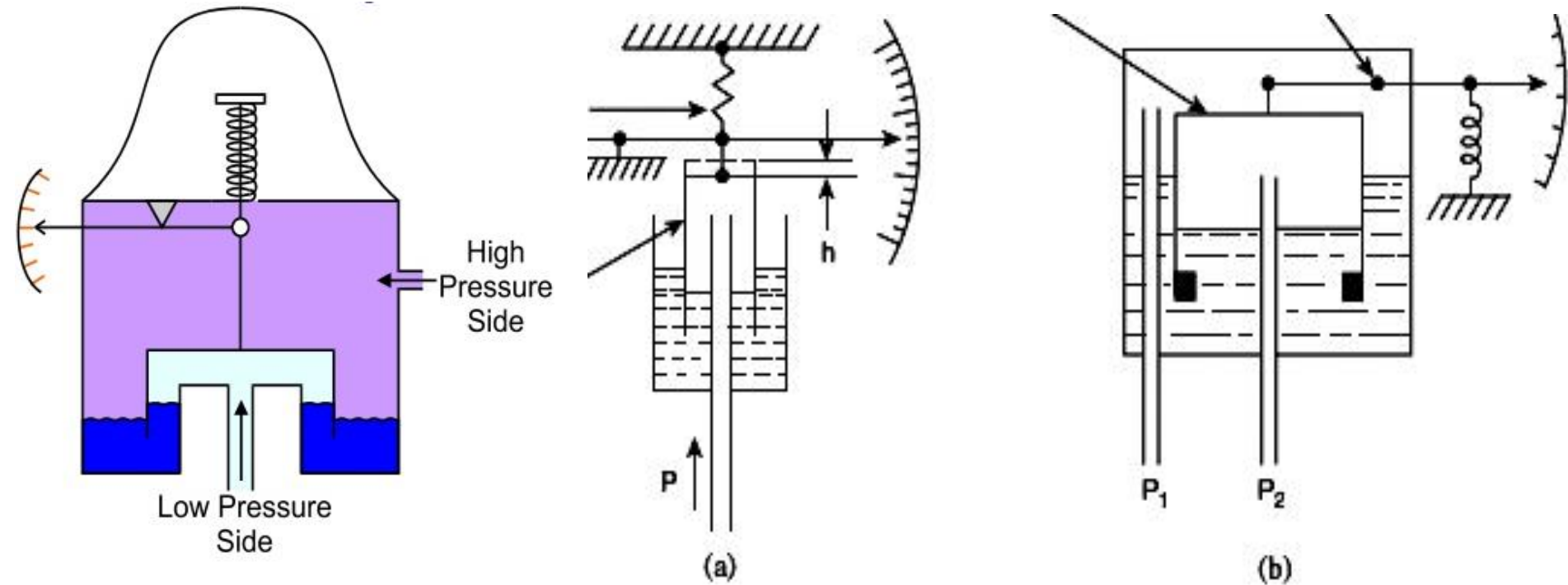
Arhimedov zakon: na svako telo potopljeno u tečnost deluje sila potiska koja je jednaka težini telom istisnute tečnosti.



► Na osnovu poslednjeg izraza može da se zaključi da je podizanje zvona linearno proporcionalno porastu pritiska Δp .

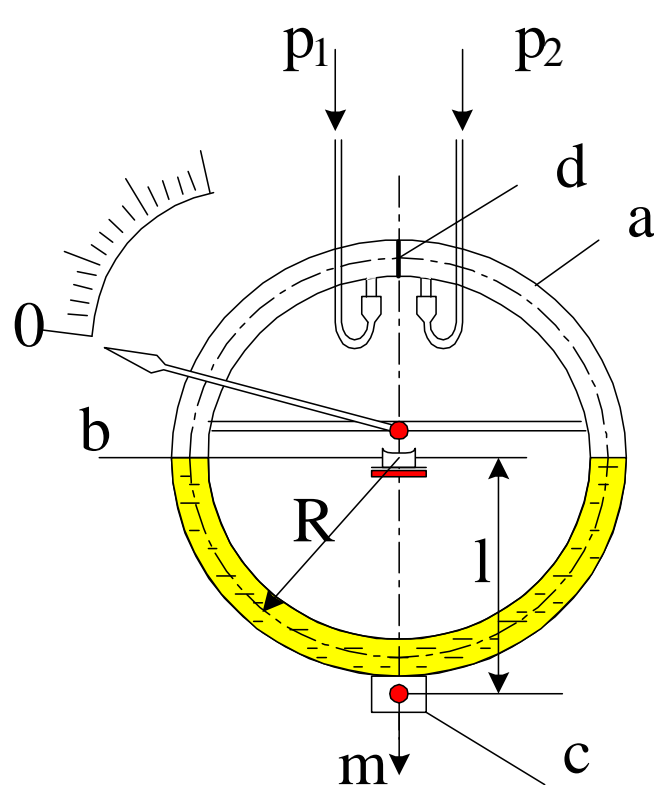
MIKRO-MANOMETRI

Zvonasti mikro-manometri

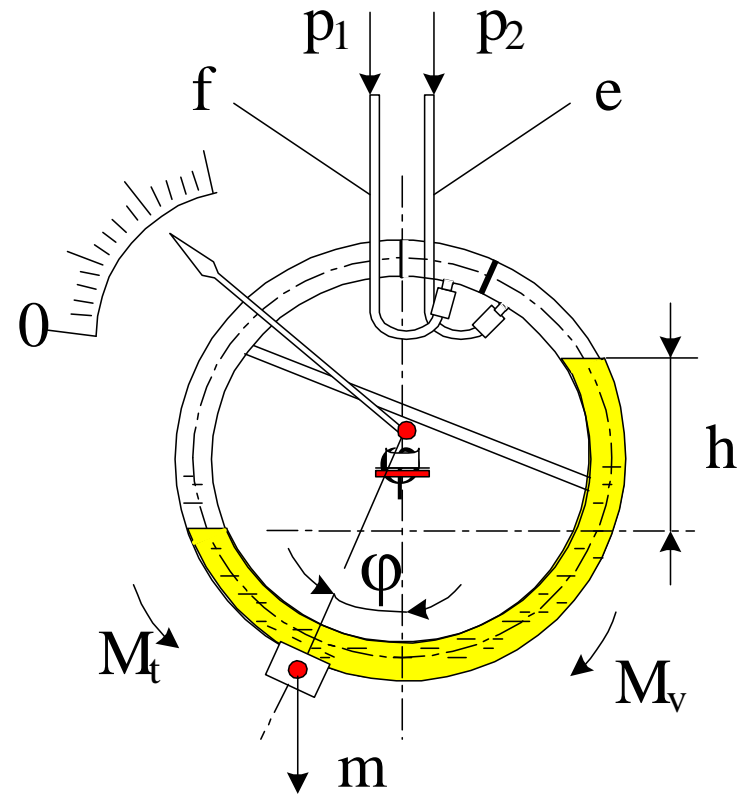


MIKRO-MANOMETRI

Mikro-manometar u obliku prstenaste vage, je instrument koji se primenjuje ne samo kao pribor za merenje malih razlika pritiska, već i kao nezamenljiv uređaj za registraciju i regulaciju.



$$p_1 = p_2$$



$$p_1 > p_2$$

MIKRO-MANOMETRI

Ako se pritisak u cevčici (f) poveća (p_1), nivo radne tečnosti u levom delu prstenaste cevi se spusti, dok se u desnom delu poluge podigne do izjednačenja razlika pritiska sa visinom stuba radne tečnosti.

Tada pojave se **momenti istisnutog stuba vode (M_v) i tega (M_t)**, koji su suprotnog predznaka i koji se izjednače pri ravnoteži:

$$M_v = h \cdot g \cdot \rho \cdot F \cdot R = \Delta p \cdot F \cdot R$$

$$M_t = g \cdot m \cdot l \cdot \sin \varphi$$

gde je:

m = masa tega (kg),

l = rastojanje težišta od tačke oslanjanja prstenaste vage (mm),

F = svetli presek prstenaste vage (mm^2).

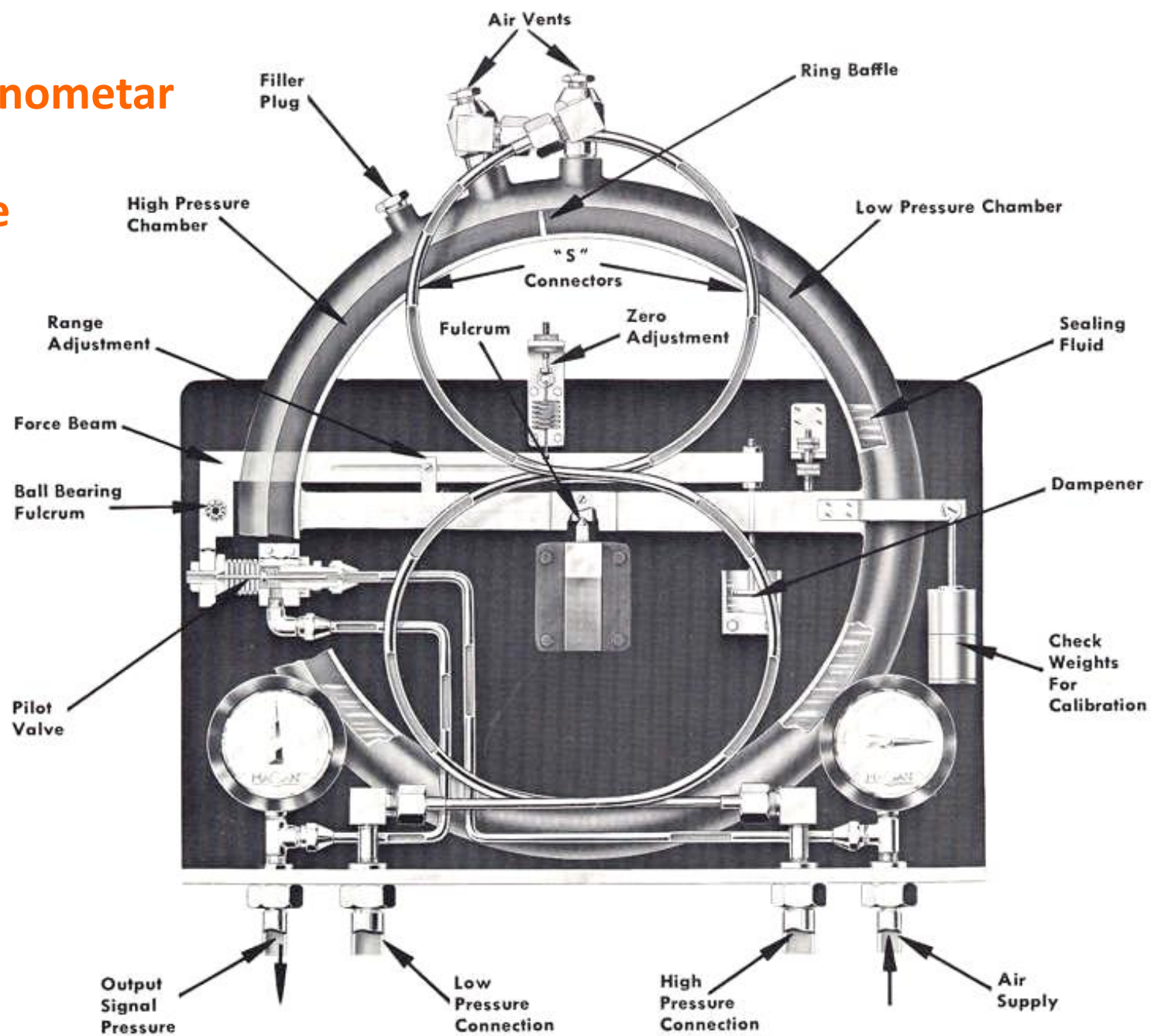
→ odavde sledi da je ugaono pomeranje proporcionalno porastu pritiska Δp →

$$\sin \varphi = \frac{R \cdot F}{m \cdot l} \cdot \Delta p = k \cdot \Delta p$$

► Da bi eliminisali sinusnu podelu skale, ugrađuje se specijalni prenosni mehanizam za lineraizaciju skale.

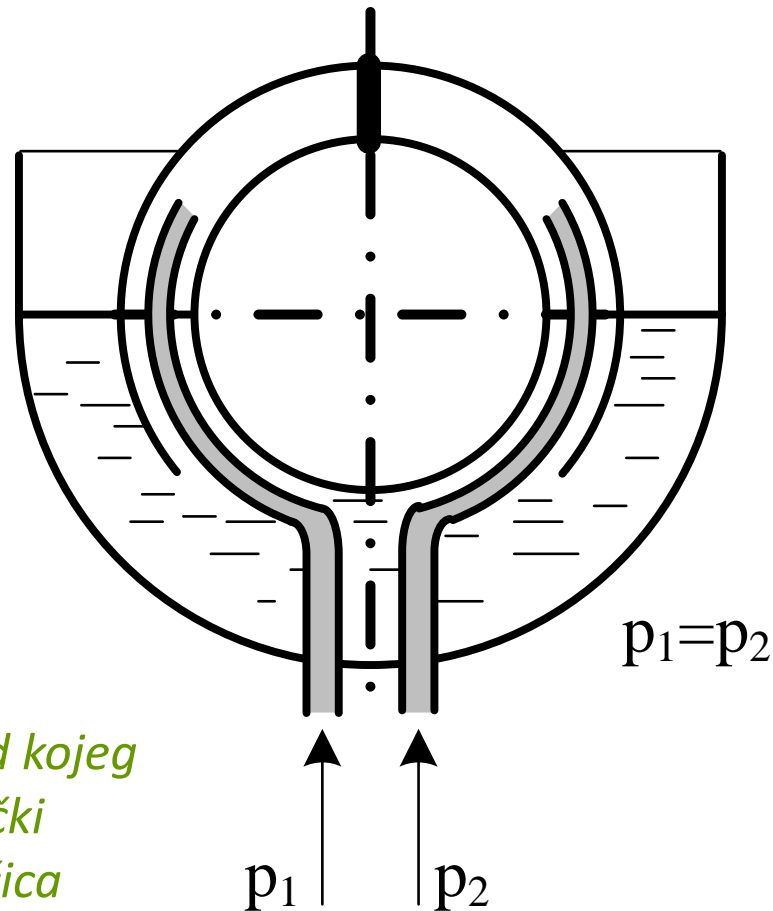
► Promenom tega ili samo njegovog rastojanja od tačke okretanja, odnosno promenom gustine radne tečnosti, može da se promeni **MERNI OPSEG** instrumenta, što predstavlja veliku prednost ovog uređaja.

Mikro-manometar u obliku prstenaste vage



MIKRO-MANOMETRI

- Konstruktivno se prisustvo izvesnog mehaničkog otpora elastičnih spojnih cevčica eliminiše konstruktivnim rešenjem prikazanim na slici

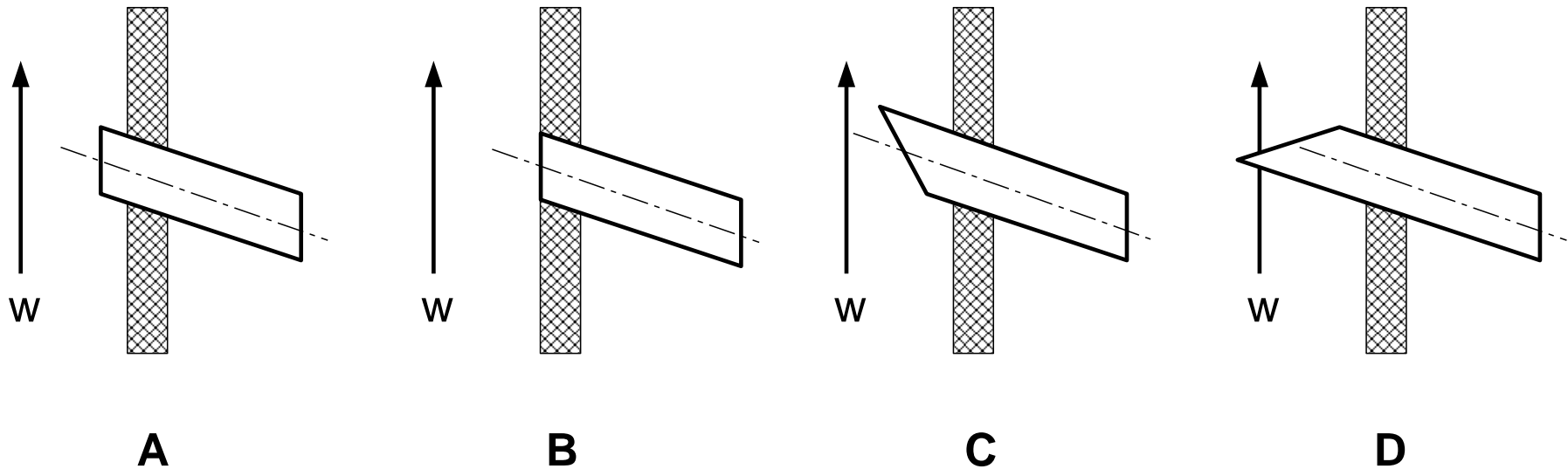


*Prstenasti
mikromanometar kod kojeg
je eliminisan mehanički
otpor priključnih cevčica*

MIKRO-MANOMETRI

Postavljanje cevčice koja dovodi pritisak u mikromanometar

Pri merenju niskih pritisaka bitno je pravilno postaviti cevčicu koja dovodi pritisak u mikro-manometar. Na mestu na kojem se oduzima pritisak, mora kraj cevčice biti odsečen u istom pravcu u kojem struji fluid



Osim toga, cevčice koje dovode pritisak u mikromanometar moraju biti nagnute **pod nagibom 3 do 5%**, a najnižim krajevima mora da se ugradi ventil za eliminisanje eventualno nastalog kondenzata.

VAKUUM-METRI

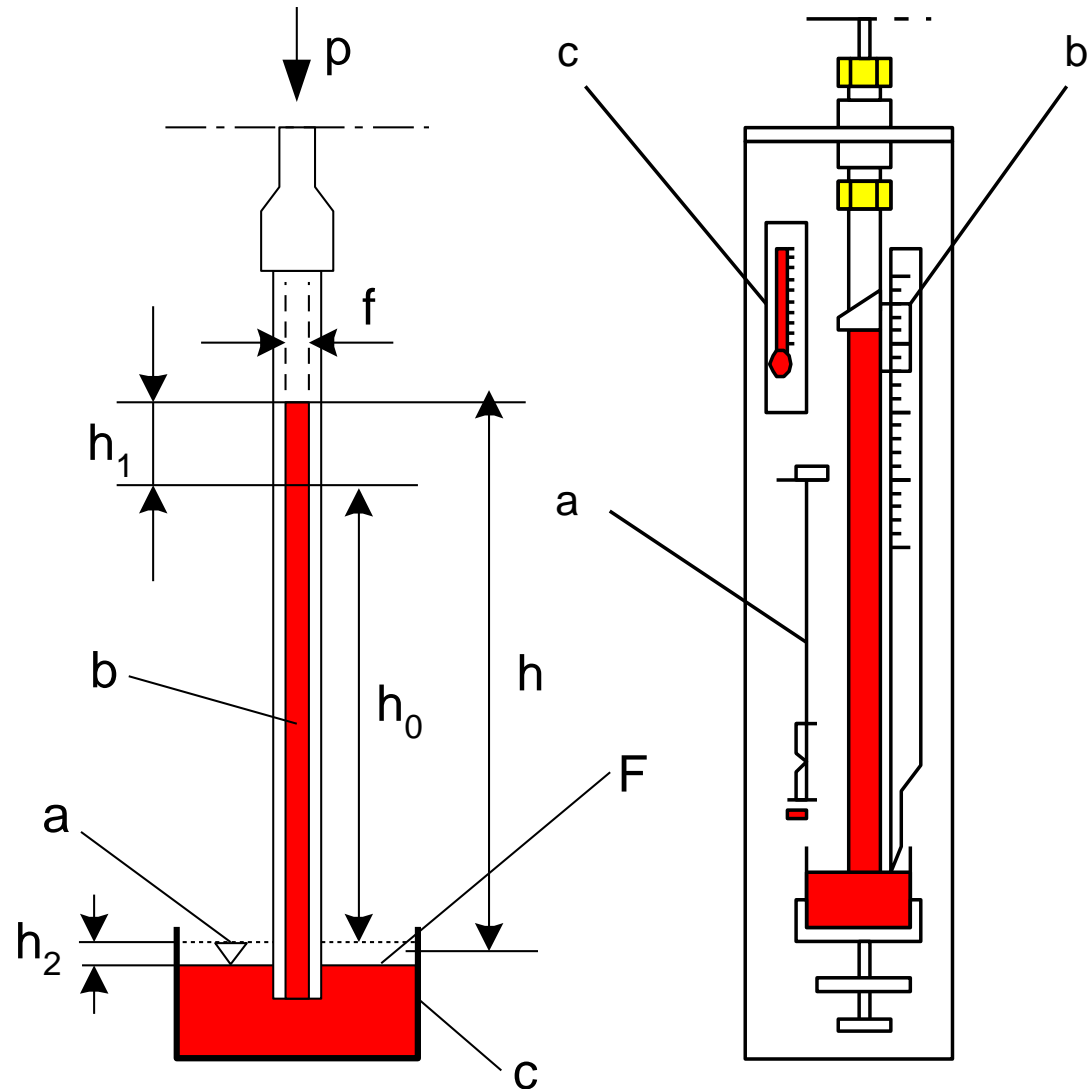
Na osnovu konstruktivnog rešenja možemo vakuum-metre podeliti na

► **vakuum-metre sa**

oprugom, koji su, u principu analogni opružnim manometrima sa jednocevnom oprugom, membranom, odnosno mehom, i na

► **živine staklene**

vakuum-metre, koji su konstruktivno slični manometrima sa tečnim fluidom, te mogu biti izvedeni kao jednocevni i dvocevni vakuum-metri.



VAKUUM-METRI

Pretpostavimo da se pri određenom vakuumu početak skale nalazi na nivou žive u čašici (a). Povećanjem vakuuma do visine živinog stuba h_1 nivo žive u čašici spusti se za visinu h_2 , usled čega će se veličina vakuuma odrediti po jednačini:

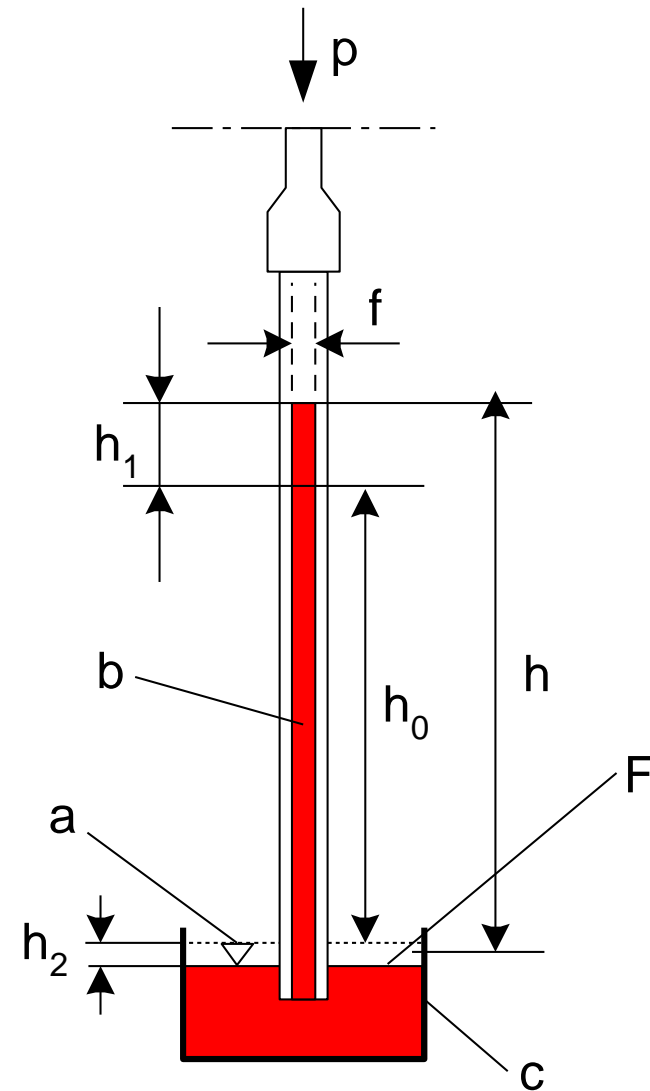
$$h = h_0 + h_1 + h_2$$

Pošto je zapremina žive istisnuta iz čašice jednaka zapremini žive koja je ušla u cevčicu, važi relacija:

$$h_1 \cdot f \cong h_2 \cdot (F - f)$$

Eliminacijom h_2 iz gornjih jednačina konačno dobijamo vrednost za veličinu vakuuma u zavisnosti od konstruktivnih karakteristika vakuum-metra, tj. od preseka cevčice (b) i spoljne površine čašice (c):

$$h = h_0 + h_1 \cdot \left(1 + \frac{f}{F - f} \right)$$



VAKUUM-METRI

► U tehničkoj praksi se veličina vakuuma izražava u procentima u odnosu na srednji atmosferski pritisak 1,01325 bar:

$$V = \left(1 - \frac{b_0 - h_0}{760} \right) \cdot 100 \text{ [%]}$$

gde su :

b_0 = barometarski pritisak pri 0°C (mmHg);

h_0 = vakuum pri 0°C (mmHg).

VAKUUM-METRI - primer

Potrebno je odrediti apsolutni pritisak pare na izlazu iz kondenzacione turbine ako živin vakuum-metar pokazuje 725 mmHg, pri temperaturi okoline 28 °C. Pritisak atmosferskog vazduha pri temperaturi 0 °C, iznosi 753 mmHg.

► Visina stuba žive pri 0 °C bila bi:

$$h_0 = \frac{h}{1 + \beta \cdot t} = \frac{725}{1 + 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 28} = 721,3 \text{ mm Hg}$$

► Apsolutni pritisak u kondenzatoru iznosi:

$$h = 753 - 721,3 = 31,7 \text{ mmHg} = 0,0013332 \text{ [bar/mmHg]} \cdot 31,7 \text{ [mmHg]} \\ = 0,0423 \text{ bar} = 42,3 \text{ mbar}$$

► Vakuum izražen u procentima iznosi:

$$V = \left(1 - \frac{753 - 721,3}{760} \right) \cdot 100 = 95,8 \%$$

VAKUUM-METRI



VAKUUM-METRI

Oznake vakuuma u tehničkoj primeni:

► Niski vakuum (*eng. Low vacuum*):

100 kPa - 3 kPa

► Srednji vakuum (*eng. Medium vacuum*):

3 kPa - 100 mPa

► Visoki vakuum (*eng. High vacuum*):

100 mPa - 1 μ Pa

► Vrlo visoki vakuum (*eng. Ultra high vacuum*):

100 nPa - 100 pPa

► Ekstremno visoki vakuum (*eng. Extremely high vacuum*): < 100 pPa

exa	E	10000000000000000000
peta	P	1000000000000000000
tera	T	100000000000000000
giga	G	10000000000000000
mega	M	1000000000000000
kilo	k	1000
hecto	h	100
deca	da	10
deci	d	0.1
centi	c	0.01
milli	m	0.001
micro	μ	0.000001
nano	n	0.000000001
pico	p	0.0000000000001
femto	f	0.0000000000000001
atto	a	0.0000000000000000001

ELEKTRIČNI MANOMETRI

U termotehničkim procesima u većini slučajeva deformacioni manometri omogućuju zadovoljavajuće merenje pritiska, **kako po dijapazonu, tako i po tačnosti.**

Međutim, pri merenju:

1.veoma visokih pritisaka,

2.visokih vakuuma ili

3.pulzirajućih pritisaka sa visokom frekvencijom,

deformacioni manometri ne daju zadovoljavajuće rezultate.

→ U takvim slučajevima primenjuju se **ELEKTRIČNE METODE MERENJA PRITISKA.**

#1. ELEKTROOTPORNI MANOMETRI

Merenje veoma visokih pritisaka, od nekoliko hiljada bar-a, može se izvršiti pomoću elektrootpornih manometara ili rezistorskih manometara.

Princip rada elektrootpornih manometara se zasniva na merenju elektrootpora (R) provodnika, koji se menja u zavisnosti od pritiska.

Relativna promena otpornosti je jednaka:

$$\frac{\Delta R}{R} \cong K \cdot p$$

Koeficijent K je brojčano veoma mali.

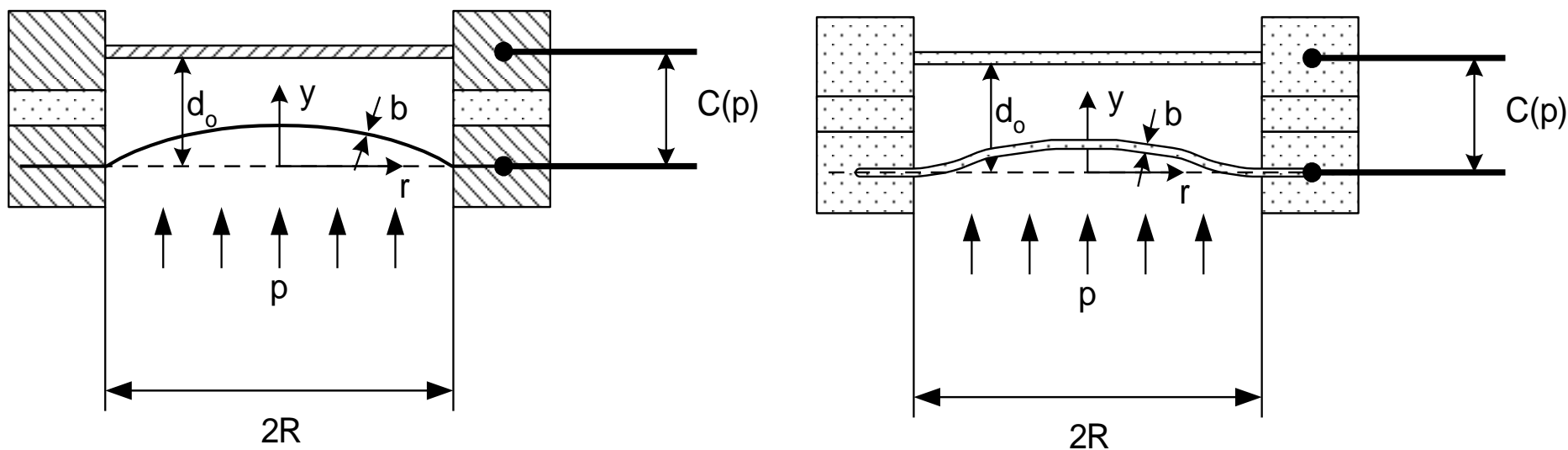
MATERIJALI: Primenjuju se materijali čiji otpor ne zavisi od drugih veličina, naročito temperature.

Obično se bira **MANGANIN**, koji ima vrlo mali temperaturni koeficijent. Za manganin je koeficijent $K \sim 2 \times 10^{-6}$ [1/bar].

Pri merenju pritiska na 1.000 bar otpor takvog manometra se menja približno za svega 0,2%. Tako mala promena otpora dovodi do usložnjavanja merne šeme.

#2. KAPACITIVNI UREĐAJ ZA MERENJE PRITISKA

- ▶ Kapacitivni manometar je konstruktivno električni kondenzator.
- ▶ Razlikujemo kapacitivni manometar sa tankom i debelom membranom



- ▶ **PRINCIP RADA:** Pod dejstvom pritiska membrana se deformiše dobijajući oblik dela lopte, pri čemu se menja **kapacitivnost kondenzatora**.

DEFINICIJA: Kapacitivnost je odnos veličine naelektrisanja svake od elektroda i napona među njima.

ELEKTRIČNI KONDENZATOR čini sistem od dva provodna tela (elektrode ili obloge kondenzatora) razdvojena dielektrikom, naelektrisana istom količinom naelektrisanja, ali suprotnog znaka.

Za **DIELEKTRIK**, između obloga kondenzatora najčešće se primjenjuju: vazduh, keramika, plastična masa, papir i sl.

Naelektrisanja na elektrodama stvaraju električno polje, čije linije prolaze sa pozitivno naelektrisane elektrode, a završavaju na negativnoj (*pri ovome se pretpostavlja da u blizini kondenzatora nema drugih provodnika ili električnih naelektrisanja – to je izvor smetnji*).

Između elektroda naelektrisanog kondenzatora postoji potencijalna razlika, odnosno **NAPON**.

Između potencijalne razlike – napona U i naelektrisanja Q postoji linearna zavisnost:

$Q = C \times U$ gde se koeficijent proporcionalnosti **C** - naziva **kapacitivnost kondenzatora**, koja zavisi od oblika, dimenzija, međusobnog položaja elektroda kao i od karakteristika dielektrika između elektroda.

KAPACITIVNI UREĐAJ ZA MERENJE PRITISKA

Kapacitivni manometar sastoji se od **TANKE MEMBRANE** (pokretne ploče kondenzatora) i **FIKSNE PLOČE**, postavljene na rastojanju d_0 u neopterećenom stanju manometra.

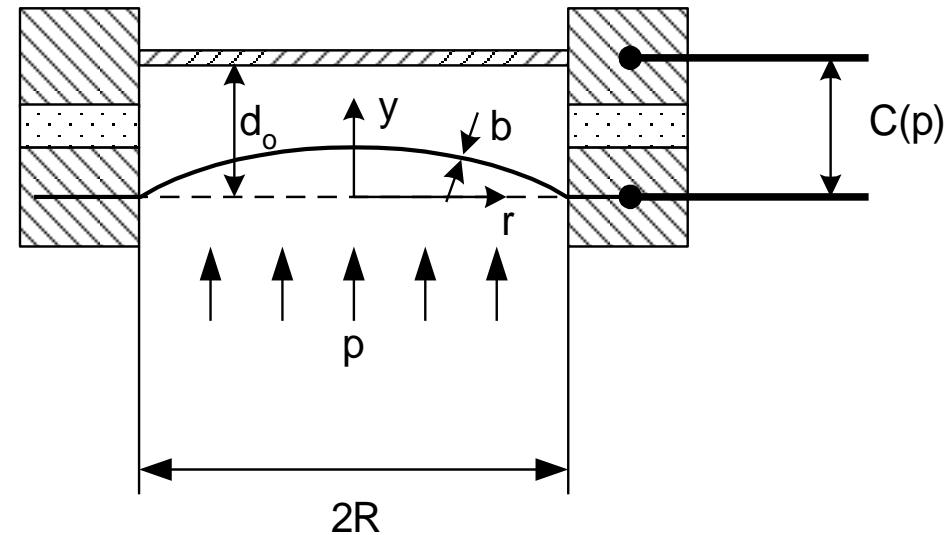
Polazeći od pretpostavke da je polje pritiska homogeno, kapacitivnost elementarnog prstena membrane poluprečnika r jednaka je:

$$dC = \frac{\epsilon_0 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr}{d_0 - y} \approx \frac{\epsilon_0 \cdot 2 \cdot \pi}{d_0} \cdot \left(1 + \frac{y}{d_0}\right) \cdot r \cdot dr$$

$$C = \int_0^R dC = C_0 \left(1 + \frac{p \cdot R^2}{8 \cdot S \cdot d_0}\right)$$

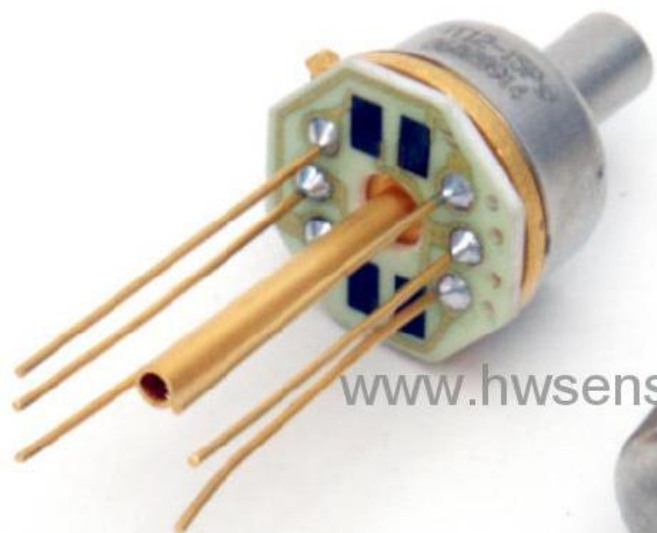
Gde je: $C_0 = \frac{\epsilon_0 \cdot \pi \cdot R^2}{d_0}$ kapacitivnost neopterećene membrane

$$y = f(p) \quad y = \frac{p}{4 \cdot M} \cdot (R^2 - r^2)$$



Iz jednačine sledi da je kapacitivnost linearno zavisna od pritiska koji se meri

KAPACITIVNI UREĐAJI ZA MEREŃJE PRITISKA



www.hwsensor.com



www.hwsensor.com



www.hwsensor.com

KAPACITIVNI UREĐAJ ZA MERENJE PRITISKA



KAPACITIVNI UREĐAJ ZA MERENJE PRITISKA



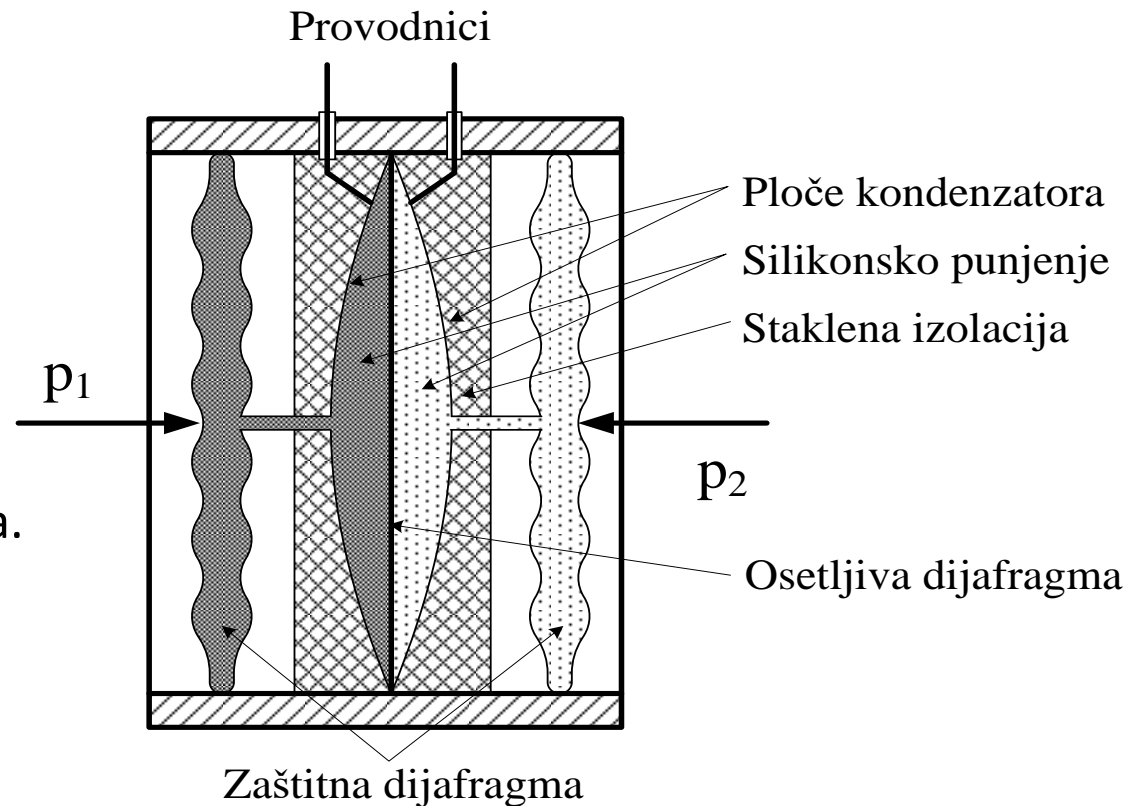
DIFERENCIJALNI KAPACITIVNI MANOMETRI

Konstrukcija: Postoje dve fiksne ploče kondenzatora i pokretna membrana između njih. Kod ovih manometara se u dobroj meri kompenzuje uticaj promene temperature okoline i poboljšava se osetljivost i linearnost manometra.

Pri pomeranju membrane zbog razlike pritisaka p_1 i p_2 promene kapacitivnosti kondenzatora C_1 i C_2 su suprotnog smera.

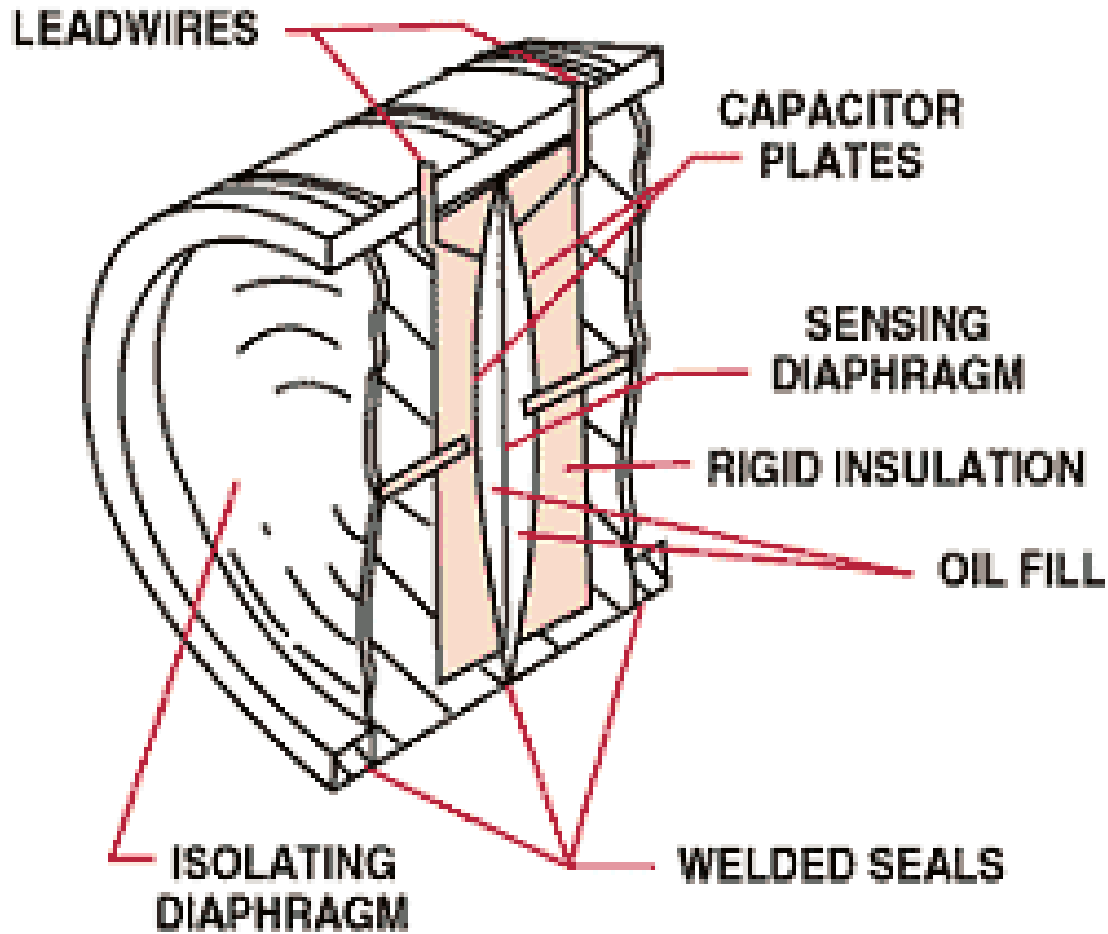
► Pri tome će se dobiti jednosmerni izlazni napon proporcionalan promenama kapacitivnosti, odnosno pritisaka.

► **Znak izlaznog napona određuje smer pomeranja membrane.**



Komercijalni kapacitivni manometri služe za merenje pritiska od 0.03 do 4000 bar

DIFERENCIJALNI KAPACITIVNI MANOMETRI



#3. PIEZOELEKTRIČNI UREĐAJI ZA MERENJE PRITISKA

Visokofrekventne promene pritiska mogu da se mere pomoću manometara, čiji princip rada bazira na korišćenju piezoelektričnog efekta.

Princip rada:

Pod **piezoelektričnim efektom** podrazumevamo pojavu električnog punjenja na površini nekih kristalnih dielektrika pri njihovoj deformaciji ili pojavu deformacije pod dejstvom spoljnog električnog polja.

Primena:

Merenje pulzirajućih pritisaka sa visokom frekvencijom.

Konstrukcija/materijali:

Kod piezoelektričnih manometara osnovni element je pretvarač mehaničkih napona u promene električnog kola. Za tu svrhu se obično koristi **KVARC**.

#3. PIEZOELEKTRIČNI UREĐAJI ZA MERENJE PRITISKA

Kvarc:

mineral – modifikacija silicijum dioksida (SiO_2), veoma rasprostranjen u prirodi, nalazi se u stenama i pesku.

Od kristalnog (ili topljenog) kvarca izrađuju se cilindrične ili pravougaone pločice debljine nekoliko milimetara.

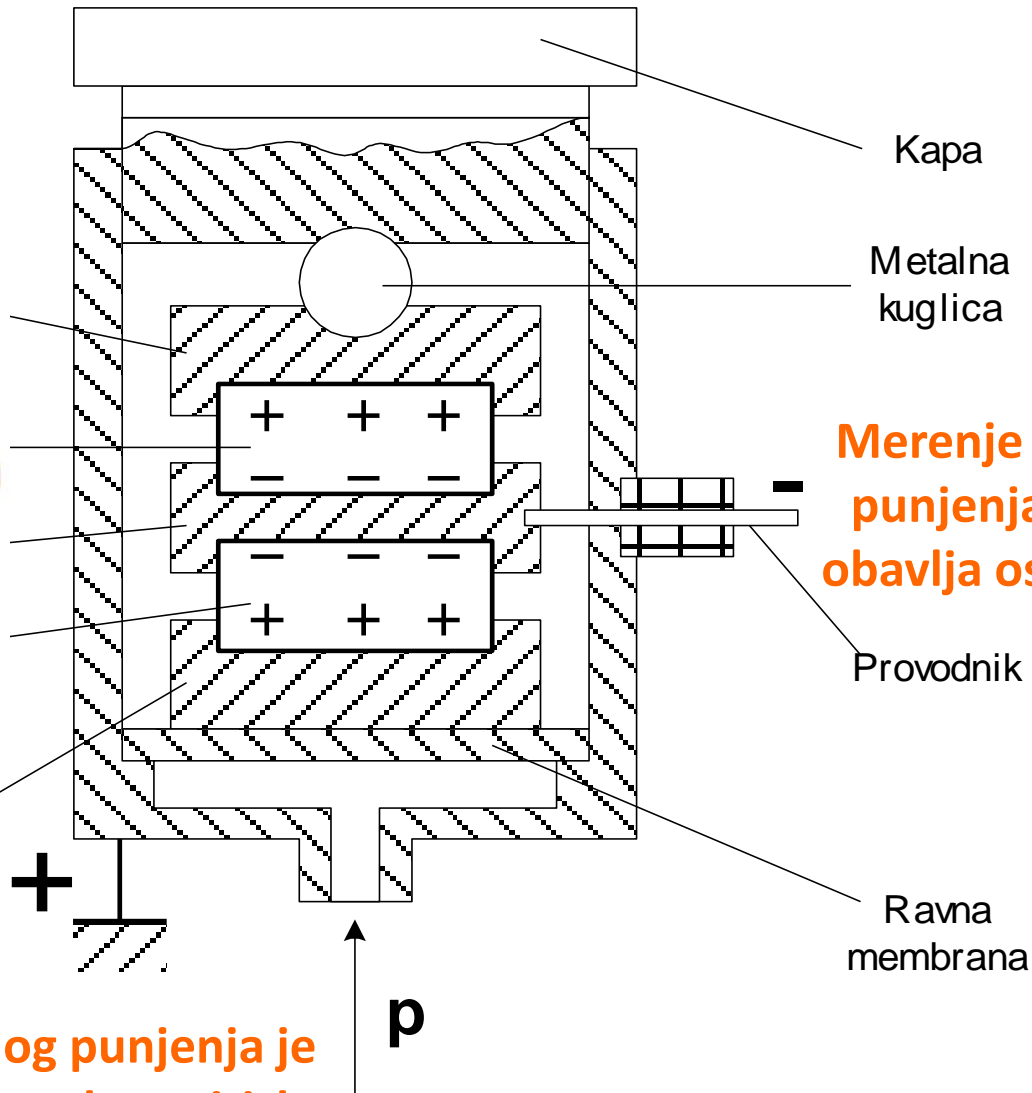
Površina pločice određuje se konstruktivnim uslovima, računajući sa dopuštenim opterećenjem kvarca od 8 kN/cm^2 .



#3. PIEZOELEKTRIČNI UREĐAJI ZA MERENJE PRITISKA



Kvarcni cilindar
Kvarcne pločice prenose negativno električno punjenje na elektrode
Metalni drzac



Merenje električnog punjenja obično se obavlja osciloskopom

Veličina električnog punjenja je direktno proporcionalna pritisku

ELEKTRIČNI MANOMETRI PIEZOELEKTRIČNI UREĐAJI ZA MERENJE PRITISKA



ELEKTRIČNI MANOMETRI

PIEZOELEKTRIČNI UREĐAJI ZA MERENJE PRITISKA

