FLUID MECHNICS

❖ **Fluid statics**- (Study of fluid in static conditions properties
- Pressure Measurment
- Hydrostatic force & Buoyancy
- Fluid in Static equilibrium

❖ **Fluid Kinematics**:- (Studyof Fluid without consederirg force
- Continaity eqvation)

❖ **Fluid dynamic:**- (study of fluid with consideration of force)
- Energy eqvation & application
- Flow through pipe
- Laminar & Turbalent flow
- Dimensional Analysis & Drag force
- Flow through orifice & mouth pieces
- Flow through Notch & weirs

❖ **Open channel flow (OCF):-**
- Open channel energy eqvation

❖ **Hydroalic machine (HM):-**
- Pump & turbine

CHAUHAN SIR, ALWAR
7891777353

UNIT-I
Fluid & it's properties

❖ **Fluids**-:यह वो तत्व है जो small या Negligiable Shear force लगाने पर permanently deform हो जाता है

Ex:- liquid, Gas, Vapour

(a) **Liquid**:- Liquid पर temprature व pressure का effect बहुत कम पडता है इसलिए liquid को incompressible भी कहा जाता है

Standard liquid:- Water

(b) **Gas**:- Gas की Properties पर temprature व pressure का effect पड़ता है

eq. of state for perfect gas

P= PRT Or P.V.= M.R.T.

Where

P= Pressure

ρ = density

R= Gas constant

T= Temprature

M= Mass

V= Volume

$T\uparrow \rightarrow \rho\downarrow$, $P\uparrow \rightarrow \rho\uparrow$

Standard gas = Air and Hydrogen

(C) **Vapour**:- यह वो Gas है जिसका temprature व pressure liquid के लगभग बराबर होता है

Ex:- Steam

NOTE:-

Continumn:- जब flulid बढता है तो इसके अणु के बीच मे बहुत कम gap होता है इसलिए इसे fluid को continous mass मान लिया जाता है जिसे continumn कहते है

❖ UNIT MEASUREMENT:-

1. 1 N= 1 K-m/sec^2
2. 1 Dyne=1gm-cm/sec^2
3. 1 N=1Kg-m=10^{3}gm-10^{2}cm/sec^2=10^{5}gm-cm/sec^2

   1 N=10^{5}dyne
4. 1N/m^2=1 Pascal
5. 1 N/mm^2=10^{6}N/m^2=10^{6}Pascal = 1 mpa

   1 N/mm^2=1mpa
6. 1Kg=9.8 N

UNIT MULTIPLER & PERFIX:-

Perfix	Unit multipler	Perfix	Unit multipler
Deca	10^1	Deci	10^{-1}
Hecto	10^2	Centi	10^{-2}
Kilo	10^3	Milli	10^{-3}
Mega	10^6	Micro	10^{-6}
Giga	10^9	Nano	10^{-9}
Tera	10^{12}	Pico	10^{-12}
Peta	10^{15}	Fento	10^{-15}
Exa	10^{18}	Etto	10^{-18}

(A) Density / mass density / specific mass (P):- एक Unit Volume में उपस्थित mass को density कहा जाता है।

$$P=\frac{M}{V} \quad \frac{kg}{m^3}$$

Unit:- M.K.S. = kg/m^3 (dimension = $m^1\, 6^{-3}\, T^0$)

C.G.S. = gm/cm^3

NOTE:-

(1) $$\frac{1gm}{cm^3}=\frac{10^{-3}kg}{(10^{-2})^3 m^3}=\frac{10^{-3}kg}{10^{-3}m^3}=\frac{10^3 kg}{m^3}$$

1gm / cm^3= 10^{3}kg/m^3

[2] P of water @ 4°c = 1000 kg/m^3 = 1gm/cm^3

(3) Density of mercury = 13500 kg/m^3 = 13600 kg/m^3

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891177353

(4) Density of air = 1.2 kg/m^3

(5) Liquid की density पर pressure व temprature का effect कम पडता है

(6) Gas की density pressure के साथ increase व temprature के साथ decrease है

$$P = P.R.T. \qquad P = \frac{P}{R.T.}$$

$$P\uparrow = P\uparrow \qquad T\uparrow = P\downarrow$$

(B) **Unit weight/weight density/specific weight(Y)** :- Unit volume में उपस्थित fluid के weight को unit weight कहा जाता है ।

Unit:- SI $\rightarrow$ N/M^3

$$M.K.S. \rightarrow \frac{1kg - m}{sec^2} x \frac{1}{m^3} = \frac{kg}{m^2 - sec^2}$$

$$C.G.S. \rightarrow \frac{gm}{cm^2 - sec^2}$$

Dimension:- $M^1\ L^{-2}\ T^{-2}$

NOTE :- Y WATER :- P.G. = 1000x9.81 = 9810 N/M^3 = 9.81 KN/M

Y HG:- P.G. = 13600x9.81 = 13243 N/M^3, 13.24 KN/M^3

(C) **SPECIFIC VOLUME** :- Unit weight में उपस्थित volume को specific volume कहा जाता है

$$V = \frac{v}{w}$$

Unit $\rightarrow$ S.I. m^3/n

$$M.K.S. \rightarrow \frac{m^3}{kg - m/sec^2} \Rightarrow \frac{m^2 - sec^2}{kg}$$

Dimension :- $M^{-1}\ C^2\ T^2$

(D) **Specific gravity (G) :-**

$$G = \frac{yfluid}{Ystand.fluid} = \frac{Pfluid}{Psta.fluid} = \frac{Wfluid}{Wsta.fluid} = \frac{Mfluid}{Msta.fluid}$$

यह किसी भी fluid के standard fluid की तुलना मे हल्केपन या भारीपन को बताती है

Unit:- unit less

Dimension:- $M^o\ L^o\ T^o$

NOTE:- (1) G water = @ 4°c = 1

(2) G Hg = 13.5 - 13.6

(3) Sp. gravity of fluid = density of fluid in C.G.S system

Ex. $\frac{G \rightarrow}{P \rightarrow}\ 1\left[gm/cm^3\right]$

(E) **Elasticity and compressibility**:- fluid को compress करने पर उसका volume कम हो जाता है व उस पर से pressure को हटाने पर वह पुरानी अवस्था मे आ जाता है fluid की इस properties को elasticity कहते है जिसे Bulk moduls of elasticity द्वारा दर्शाया जाता है fluid के compress होने की properties को compressib कहा जाता है यह elasticity का opposite होता है

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353

Bulk moduls of elasticity $K = \frac{dp}{\left(\frac{-dv}{v}\right)}$

(-) Sign = to make K positive

Unit:-
- $\rightarrow S.I. \rightarrow n/m^2$
- $\rightarrow M.K.S. \rightarrow kg\frac{-m}{sec^2} x \frac{1}{m2} = \frac{kg}{m-sec^2}$

Dimension:- $m^1 L^{-1} T^{-2}$

Compressibility = $\left[B = \frac{1}{k}\right]$

m.k.s. unit = $\frac{m-sec^2}{kg}$ dimension = $m^{-1} L^1 T^2$

S.I. = m^2/n

NOTE:- Kair = $1.03x10^5$ n/m^2

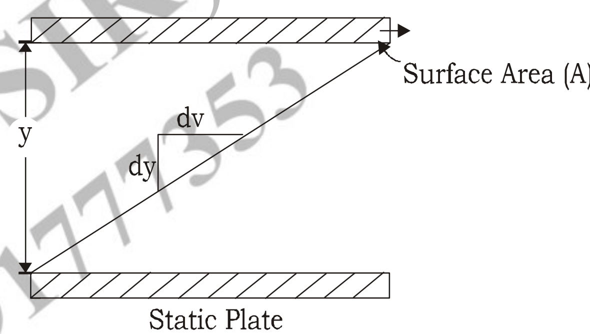
K water = $2.06x10^9$ n/m^2

K steel = 2.06×10^{11} n/m^2

NOTE:- Air को water के compaire में 20,000 गुना अधिक compress किया जा सकता है

Water को steel के compaire में 100 गुना अधिक compress किया जा सकता है

(F) **Viscocity:**- यह fluid की वह propeprties है जिसके कारण fluid की एक layer, दुसरी layer के flow में अवरोध उत्पन्न करती है इसके कारणं shear stress उत्पन्न होता है जिसे न्यूटन के viscocity law के द्वारा ज्ञात किया जाता है



DIAGRAMME

❖ **VISCOCITY ARE TWO TYPES:-**

(1) Dynamic viscocity

(2) Kinematic viscocity

(1) **Dynamic viscocity**:- unit angular deformation उत्पन्न करने के लिए आवश्यक shear stress की value dynamic viscocity कहलाती है इसे newton's के viscocity law के द्वारा ज्ञात किया जाता है

$$\mu = \frac{\tau}{(dv/dy)}$$

Unit S.I.$\rightarrow$ n/m^2 - s = pa-s

M.K.S. $\rightarrow \frac{kg-m}{sec^2} x \frac{sec}{m^2} \Rightarrow \frac{kg}{m-sec}$

C.G.S. $\rightarrow \frac{dyne}{cm^2} = s \Rightarrow \frac{gm-cm}{sec^2} x \frac{sec}{cm^2} \Rightarrow \frac{gm}{cm-sec} = 1poi$

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353

NOTE:-

(1) $\frac{1N-\sec}{m^2} \Rightarrow \frac{10^5 dyne-\sec}{m^2} \Rightarrow \frac{10^5 dyne-\sec}{10^4 cm^2} = \frac{10dyne-}{cm^2} = 10poise$

1 poise $\rightarrow$ 100 centi poise

1 pa-s $\rightarrow$ 10 poise

(2) μ water $\rightarrow$ 50-55 liair

0.001 pa-s $\rightarrow$ 0.000018 pa. sec.

1 centi poise $\rightarrow$ 0.018 centi poise

(3) Liquid व gas दोनो की dynamic viscocity पर pressure का बहुत कम प्रभाव पडता है

(4) Temprature बढने के कारण liquid की viscocity decrease व gas की viscocity increase होती है

$\mu \text{Liquid} \propto \frac{1}{T}$ (Due to breaking of bond)

$\mu \text{gas} \propto$ T (Due to random movement of molecule

(2) **Kinematic viscocity** :- mathmatical calculation में dynamic viscocity में density का भाग दिया जाता है जिसे एक term द्वारा denote करते है इस term को kinematic viscocity सकहा जाता है

$$V = \frac{\mu}{\rho}$$

Unit:- SI $\rightarrow \left(\frac{N-\sec}{m^2}\right)\frac{m^3}{kg}$

M.K.S.:- $\frac{kg-m}{\sec^2} x \frac{\sec}{m^2} x \frac{m^3}{kg} = \frac{m^2}{\sec}$

C.G.S:- $\frac{cm^2}{\sec} \Rightarrow$ stoke

Dimension:- $m^o L^2 T^{-1}$

NOTE :-

(1) $\frac{1m^2}{\sec} = \frac{10^4 cm^2}{\sec} = 10^4$ stoke

(2) Vair $\geq$ 15 ν water

(3) Liquid की kinematic viscocity pressure बढने के साथ constant रहती है

(4) Gas की kinematic viscocity pressure के साथ धटती है

(5) Liquid की kinematic visocity temprature बढाने के साथ decrease होती है

(6) Gas की kinematic viscocity temprature बढाने के साथ बढती है

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353

Dynamics viscocity	Pressure $(\uparrow)$	Temprature
Water	X	$\downarrow$
Air	X	$\uparrow$
Kinematic viscocity		
Water	Constant	$\downarrow$
Air	$\downarrow$	$\uparrow$

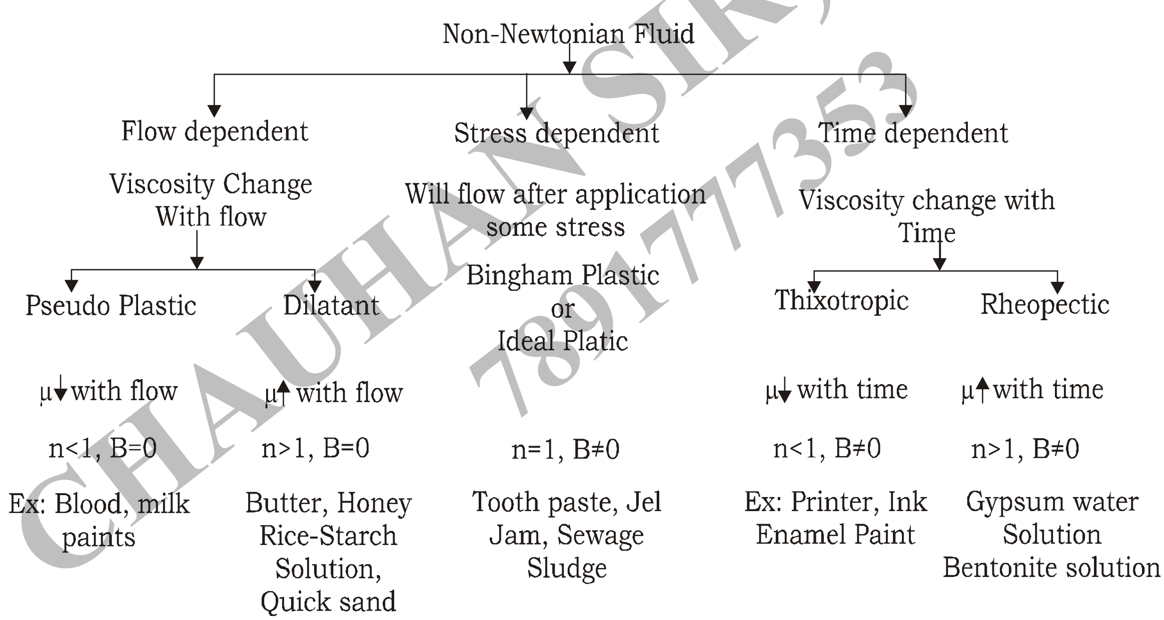
❖ **Newtonian & Non- Newtonian** :-- Fluid= वो fluid जो Newton के Viscosity के नियम का पालन करते है Newtonian fuid कहलाते है अत: इन fluid मे Shear

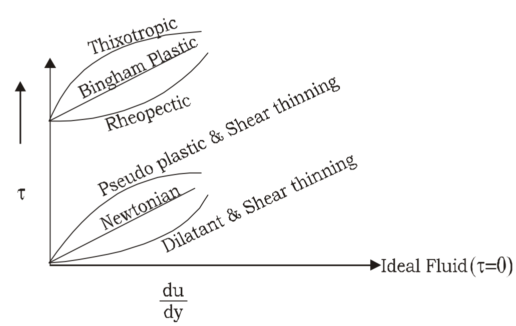
Stress $\tau=\mu\left(\frac{du}{dy}\right)$

Ex:- Water, Glacerin Krosene

❖ **Non- Newtonian Fluids**:- वो fluid जो Newton के viscocity नियम का पालन नही करते है Non-Newtonian fluid कहलाते है अत: इन fluid में shear stress

$$\tau=\mu\left(\frac{du}{dy}\right)^{A}+B$$





CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353

NOTE:

(1) **Ideal fluid**:- Non- viscous, in compressible fluid को ideal fluid कहा जाता है

(2) **Real fluids**:

- viscous, compressible fluid real fluid कहलाते है

(3) **Viscoplastic fluids**:- में वो fluid है जिनमें liquid व solid दोनो की properties होती है

Ex:- Molten Rubber

Rheology:- Non-Newtonian fluid की study को Rheology कहलाता है

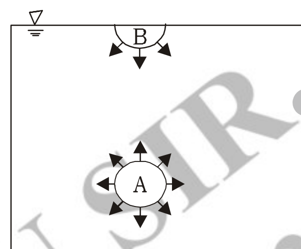
❖ **Surface tension**:- Liquid के surface पर inter molecular cohssion के कारण tensile force उत्पन्न होता है जिसे surface tension कहते है इसे unit length पर calculate किया जाता है

$$\text{unit} :-\left\{\sigma=\frac{F}{L}\right\}=\frac{N}{M}$$

Unit:- SI $\rightarrow$ N/M

M.K.S. $\rightarrow$ kg = $m/sec^2 \times \frac{1}{m} = kg/sec^2$

Dimension $\rightarrow$ $(m^1 L^o T^{-2}$



Liquid surface के नीचे वाले सभी molecules पर चारो तरफ से equal cohessive force लगता है इसलिए यह molecale equillibrium में होता है लेकिन liquid surface पर उपस्थित molecule में downward force रलगता है जिसकें कारण इस पर surface tension उत्पन्न होती है

❖ **Effect of surface tension:-** Capillarity, droplet, jet, soop bubble formotion, मच्छर का पानी की सतह पर तैरना

NOTE:-

(I) σ water = 0.0736 n / m @ 20^{o}c

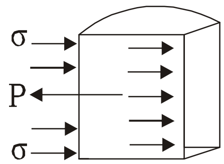
(II) σ Hg = 0.4944 n / m @ Normal temp

(III) $\sigma \alpha \frac{I}{T}$

Temprature बढने के साथ surface tension घटती है

(vi) Same volume के लिए sphbare का surface area minimum होता है

❖ **Pressure intensity calculation by surface tension**

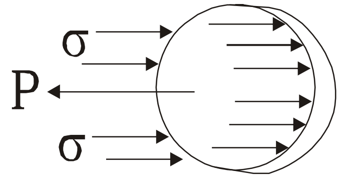
(a) 

$$P(2R\times L)=\sigma(2L)$$

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353

$$\left[P = \frac{\sigma}{R}\right]$$

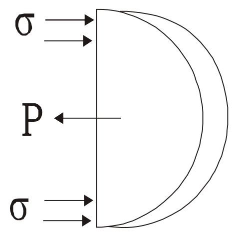
(b) For droplet:



$$P \times \pi R^2 = \sigma(2\pi R)$$

$$\left[P = \frac{2\sigma}{R}\right]$$

(c) For bubble:



$$P \times \pi R^2 = \sigma(2\pi R) + \sigma(2\pi R)$$

$$\left[P = \frac{4\sigma}{R}\right]$$

❖ **Capillarity**:- 3mm से कम size की tube को liqcohesion व solid surface से adhesion के कारण tube मे liquid का level origonal liquid level से अधिक या कम हो जाता है जिसे capillarity कहते है

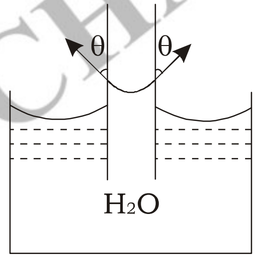
Capillarity tube में liquid का rise व fall cohesion व adhesion की value पर निर्भर करता है

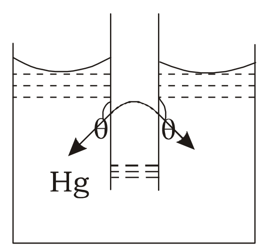
अगर adhesion, cohesion से अधिक होता है तो contact angle 90° से कम बनता है और liquid Rise होता है इस condition में liquid, solid surface को गीला कर देता है

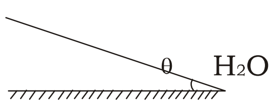
Ex:- water, glass contact

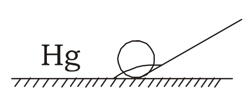
अगर cohesion की value adhesion से अधिक होती है तो contact angle 90° से अधिक होता है और liquid fall होता है इस condition मे liquid solid surface को गीला नही कर पाता है

Ex:- Hg glass contact









Adhesion > Cohesion
@ < 90°
Surface Will Wet

Cohesion > adhesion
@ > 90°
Surface Remains dry

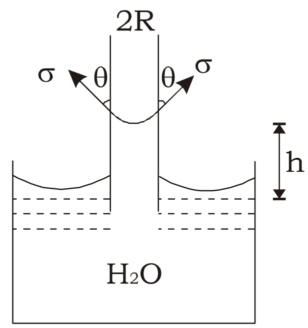
CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353

Capillarity effect:- Root zone में पानी का आना पेन की स्याही का चढना दीपक में तेल का चढना

Liquid	**Solid Surface**	**Contact Angle**
Pure Water	Clean Glass	0°
Ordinary Water	Glass	8-18°
Water	Silver	90°
Mercury	Glass	128°

❖ **Calculation of height or falls :-**

(a)



For capillarity tube :-

$\Sigma Fy = 0$

Pressure force= Surface Tension =0

Pressure force = Surface tension

$$P\left(\pi R^2\right) = \sigma\cos\theta \times 2\pi R$$

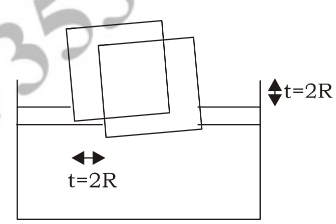
$$\rho.gh\left(\pi R^2\right) = \sigma\cos\theta 2\pi R$$

$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{\rho.g.R}$$

Note: For pure water of clean glass $h = \frac{2\sigma}{\rho.g.R}$

(b) For parallel plate: $h = \frac{2\sigma\cos\theta}{\rho.g.t}$

$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{\rho.g.2R} = \left[\frac{\sigma\cos\theta}{\rho.g.R}\right]$$



Note: h capillarity tube = 2 h parallel plate

❖ **Pressure and hydrostatic force**:- liquid के surface के पर लगे force को pressure कहा जाता है यह एक scalar quantity होती है यह pressre static condition में surface के prependicular लगता है इसका कोई भी componen tengential नही लगता है अत: static fluid द्वारा कोई shear stress उत्पन्न नही होता यह pressure height के साथ change होता है

$$\left[\frac{dp}{dz} = pg\right] p = pgh$$

यहॉ पर Z बिन्दु से ऊपर fluid की depth को दर्शाता हैं

For dz = o ⇒ dp=o

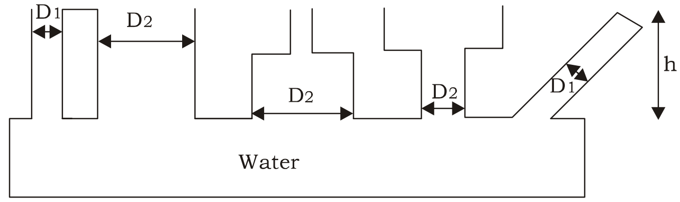
Thus pressure on horizontal surface is constant (equal)

अत: same level पर स्थित सभी point पर pressure की value same होती है

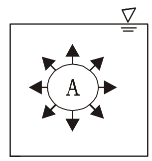
NOTE:-

Pressure केवल height पर निर्भर करता है यह liquid की shape व size पर निर्भर नही करता है लेकिन pressure force shape पर निर्भर करता है

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353



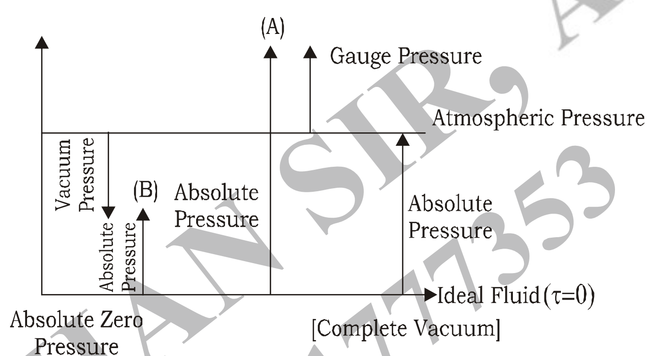
❖ **Passal law:-** इस नियम के अनुसार liquid के किसी भी point पर सभी direction में pressure same रहता है



❖ **Different type of pressures:-**

(1) **Absolulte pressures**:- इसे complete vaccume या zero Atmosic pressure से मापा जाता है इसकी value हमेशा (+)ve होती है

(2) **Gauge pressures**:- इसे Atmospheric pressure level से ऊपर मापा जाता है इसकी value (+)ve या (-)ve कुछ भी हो सकती है



NOTE:- (-)ve gauge pressure $\Rightarrow$ Vaccum pressure
(-)ve vaccum pressure $\Rightarrow$ Gauge pressure

❖ **Different unit of pressure:-**

(1) 1 atm = 101325 $n/m^2 \Rightarrow 1.0132 \times 10^5$ pa

(2) 1 bar = 10^5 $n/m^2 \Rightarrow 10^5$ pa.

(3) 1kgf/cm^2=0.981×10^5n/m^2=0.981×10^5pa.

(4) 1 atm = 10.33m of water (5) 1 atm = 0.76m of Hg

NOTE:- 1 atm > 1 bar > 1 kg f/cm²

❖ **Pressure measurement:-**

Device

- Manometer
  - Simple
    - Piezometer
    - Simple U-tube
  - Differential
    - 2- Piezometer
    - Differential Manomete
    - Inverted U-tube
- Mechanical
  - Bourden Gauge
  - Diaphram Gauge
  - Bellow Gauge
  - Dead Weight Gauge

CHAUHAN SIR, ALWAR 7891777353