Date
15/Feb./2019

FLOW OF FLUIDS

JAY MAA SHARDE

Fluid Mechanics-

The branch of chemical engineering science which deals with the behaviour of Fluids at rest or in motion is called Fluid Mechanics.

Fluid Mechanics is divided in three parts-

1. Statics Mechanics
2. kinematic Mechanics
3. Dynamic Mechanics

1. Static Mechanics-

static Fluid Mechanics Fluid की study rest condition में velocity gradiant और shear stress की value zero (0) होती है।

Statics को दो भागो में divide किया गया है। या statics की भी दो sub- Branches है-

(A) Hydrostatic Fluid Mechanics-

इसमें incompressible fluid की study करते हैं। सभी Liquids की study कर सकते हैं। Hydrostatic मतलब water है। इसमें liquid की study करते हैं।

(B.) Aerostatic Fluid Mechanics-

इसमें Air & gases की study की जाती है।

2. Kinematics Fluid Mechanics -

kinematics Fluid Mechanics की वह Branch है। जिसमे Fluid की study motion condition के अन्तर्गत करते हैं।

Scanned with CamScanner

परन्तु उस Force [External] को consider नही किया जाता है जिसके कारण वह Flow हो रहे हैं।

3. Dynamics Fluid Mechanics -

Dynamics Fluid Mechanics की वह Branch है, जिसमें Fluid की study motion condition के अन्तर्गत की जाती है और उन force को भी consider किया जाता है। जिसके कारण वह Flow हो रहे हैं।

Fluid -

Fluid वह substance होते हैं जो Flow करने में सक्षम होते हैं। जैसे - Liquid, gas, Plasma

Gases $\xrightarrow{\text{Ionization}}$ Plasma

Fluid वह substance होते हैं जिनमें external force के कारण continuously deformation होता है।

Properties of Fluid →

1. Density
2. Weight Density (specific weight)
3. Specific Volume.
4. Specific gravity
5. Viscosity
6. vapour pressure
7. surface tension and capillary
8. Compressiblity and elasticity
9. Thermal conductivity

Scanned with CamScanner

1. Density (mass density)-

Density or mass density of a fluid is the mass of the fluid per unit volume. It is denoted by ρ.
The unit of density is kg/m³, gm/cm³.

$$\text{Density} = \frac{\text{mass}(m)}{\text{volume}(v)}$$

water की density 4 °c पर 1000 kg/m³ & gm/cm³ होती है।

$$\rho_{Hg} = 13600 \ kg/m^3$$

$$\rho_{air} = 1.1 \ kg/m^3$$

Density of air at 0 °c and 760 mm of Hg = 1.28 kg/m³

$$\text{Density of Hg} = 13.6 \times 10^3 \ kg/m^3$$

substance की density pressure के समानुपाती और Temperature के व्युत्क्रमानुपाती होती है। इसे specific mass भी कहते हैं।

2. Weight Density-

Weight density of a fluid is define as the weight of fluid per unit volume at standard Temperature and pressure and denoted by W.

OR-
यदि किसी matter के weight को volume से Devide कर दिया जाये या weight per unit volume को specific weight or weight density कहते हैं इसे W से denote करते हैं

Weight Density = Mass density × gravity.

Scanned with CamScanner

$$W = \rho \cdot g$$

OR.

$$\text{specific weight} = \frac{\text{matter. wt}}{\text{volume}} = \frac{mg}{V}$$

$$W = \rho \cdot g$$

Hence $g = 9.81\ m/sec^2$

weight density की unit N/m^3 होती है।

Newton के लिए इसकी value.

$$\omega_{H_2O} = 9810\ N/m^3.$$

3. Specific Volume –

specific volume of a fluid is define as the volume of fluid per unit ~~weight~~ mass.

OR –

Reciprocal of the density is called specific volume & denoted by v.

specific volume Density के उल्टे को specific volume कहते हैं।

$$\frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$$

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$$

4. Specific Gravity –

specific gravity is defined as the ratio of density of given fluid to density of standard fluid & ~~density~~ denoted by S.g.

Scanned with CamScanner

$$\text{Specific Gravity} = \frac{\text{Density of given Fluid}}{\text{Density of standard fluid}}$$

यदि mercury की specific gravity 13.6 है, इसका मतलब यह है कि mercury water की तुलना में 13.6 Times ज्यादा भारी है और अधिक dence है। यदि fluid की specific gravity 1 से कम होती है। इसका मतलब यह है कि दूसरा Fluid standard fluid पर में flat तैरता है (sg<1). यदि fluid की specific gravity 1 से अधिक है। तब fluid, standard fluid में डूब जायेगा। (sg>1).

Density of standard for Liquid = H_2O

Density of standard for Gas = Air.

Viscosity –

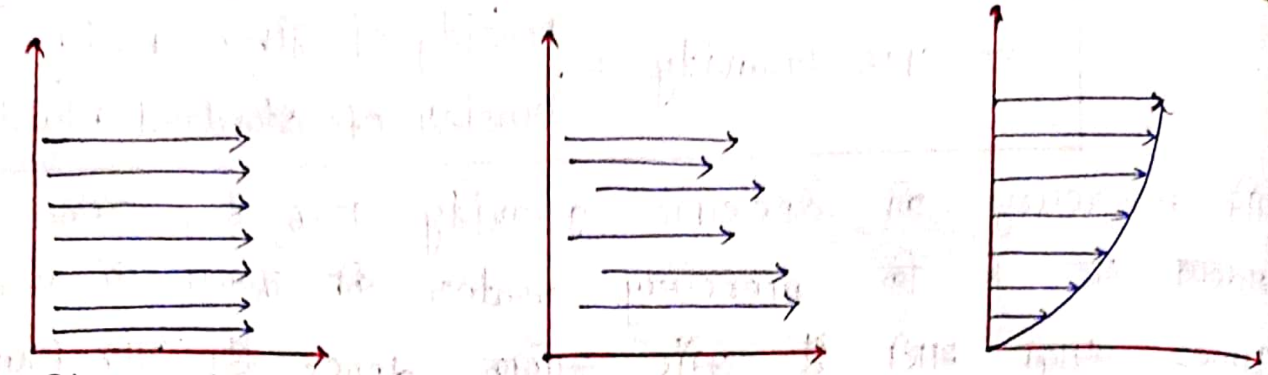
Viscosity fluid की properties होती है जो Flow होने का विरोध करती है। Fluid में viscosity Cohesive forces and momentum force के कारण होती है।

Viscosity is a property of Fluid which offer resistance by a fluid to its continuous deformation.

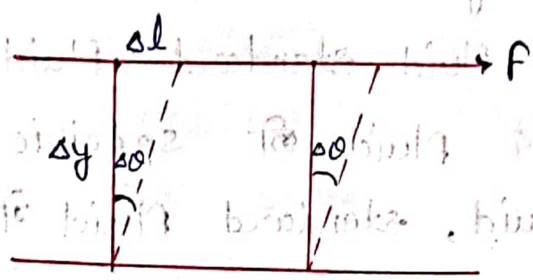
Viscosity के द्वारा Deformation में उत्पन्न Resistance को measure कर लिया जाता है।

हम जानते हैं कि जब किसी fluid में deformation का कारण stress होता है। Fluid में shear deformation shear strain present होता है। इसलिए fluid में shear stress भी present होता है।

Scanned with CamScanner



Fluid at rest Fluid at motion.



माना दो Fluids की दो layers जिनके बीच की दूरी dy है।
ऊपर वाली layer पर external force लगाने पर उसमें
Δθ angular deformation हुआ।

then Δθ is very small $\tan\theta = \Delta\theta$

$$\Delta\theta = \frac{\Delta l}{\Delta y}$$

$$d\theta = \frac{dl}{dy}$$ चाल $= \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$

we know that

$$dl = dv.dt$$

then

$$d\theta = \frac{dv.dt}{dy}$$

$$\boxed{\frac{d\theta}{dt} = \frac{dv}{dy}} \quad \text{——} \ (1)$$

equation (1) यह present करती है कि Rate of Deformation is equal to velocity gradient and also called Rate of shear strain (Shear Rate).
हम जानते हैं कि Rate of deformation के कारण shear stress produce होता है।

Scanned with CamScanner

और यह shear stress, Rate of deformation के समानुपाती होता है। shear को τ से represent करते हैं।

$$\tau \propto \frac{dv}{dy}$$

$$\boxed{\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}} \quad \text{—— (2)}$$

OR.

Newton's law के अनुसार - यदि fluid flow करता है तो fluid की layer के बीच होने वाले angular deformation shear stress के directly proportional होता है।

$$\tau \propto \frac{dv}{dy}$$

$$\boxed{\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}} \quad \text{—— (3)}$$

equation (3) represent of Newton's law of viscosity

general equation of that equation.

$$\boxed{\tau = \mu\left(\frac{dv}{dy}\right)^n + c} \quad \text{—— (A)}$$

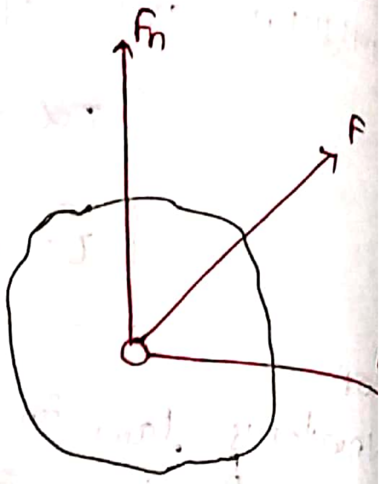
Equation (A). Ostwald Dewelly Equation को represent करती है। इसको power law भी कहते हैं।

Shear Stress -

Shear Stress वह force होता है जिसके कारण fluid की layer एक - दूसरे के ऊपर slide करती हैं।

परन्तु इसकी Direction slide direction या flow direction या flow direction के ↓ proportional होती है। Inversely

"Oposite and tangential force per unit area is called shear stress."



$$F_R = \tau \cdot A$$

$$\text{Shear stress} = \frac{F_R}{A}$$

$$\text{pressure} = \frac{F_n}{A}$$

Units of viscosity-

We know that

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} = \frac{N/m^2}{1/sec} = \frac{N \cdot sec}{m^2}$$

$$\mu = Pa \cdot sec. \text{ (SI unit)}$$

$$\mu = \frac{kg \cdot m \times sec}{sec^2 \cdot m^2} = kg/m\,sec$$

viscosity की C.G.S unit gm/cm·sec होती है। जिसे poise भी कहते है।

$$1 \; Pa \cdot sec = 10 \; poise$$

viscosity of H_2O at 20 °C = 1 Centipoise = 0.01 poise

Effect of Temperature on viscosity –

We know that viscous force और momentum forces के कारण viscosity होती है। Liquid में cohesive forces की मात्रा momentum forces से ज्यादा होती है।

Scanned with CamScanner

अत: liquid को Temperature देने पर cohesive forces weak हो जाते हैं। जिससे viscosity कम हो जाती है। परन्तु जब gases की बात करते हैं। तो इसमें momentum forces का amount अधिक होता है। जैसे ही हम Temp. देते हैं तो momentum force increase होता है। जिससे gases के molecules के resistance बढ़ जाता है। अत: gases की viscosity बढ़ जाती है।

$$\mu \propto \frac{1}{T}$$

Liquid

$$\mu \propto T$$

Gases

where μ = viscosity

Effect of Pressure on viscosity –

Normaly (ordinary) pressure पर Fluid की viscosity pressure से स्वतन्त्र होती है। वस्तुत: High pressure पर Fluid की viscosity pressure increase करने पर likely increase होती है।

कुछ oil के लिए ही True है।

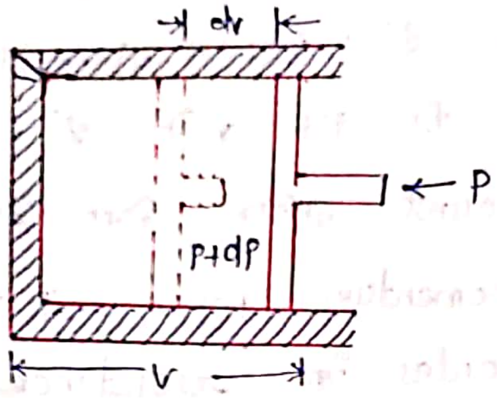
Compressibility And Bulk Modeulus of Elasticity –

compressibility Fluid की वह property है जिसके कारण external pressure के द्वारा इसके volume में change होता है। compressibility का use उस condition में किया जाता है। जब Fluid velocity Round की velocity के लगभग percentage के पास हो या अधिक हो। – 10

* compressibility and Bulk Modeulus of Elasticity –

Bulk Modeulus of elasticity is defined as the ratio of compressive stress to volumetric strain.

Scanned with CamScanner



OR -

Bulk Modeulus -

हुक के नियम की सीमाओं के अन्दर लघु strain के लिए किसी वस्तु में उत्पन्न आयतन प्रतिबल तथा आयतन विकृति के अनुपात को उस वस्तु के पदार्थ का आयतनात्मक प्रत्यास्थता गुणांक (Bulk Modeulus) B कहते हैं। यह द्रव ~~अवस्था~~ अथवा gas के volume में होने वाले change उस Liquid अथवा gas द्वारा किये गये विरोध को measure करता है। इसे B अथवा K से present करते हैं।

$$Bulk = \frac{\text{आयतन प्रतिबल (stress)}}{\text{आयतन विकृति (strain)}} = \frac{F/A}{-\frac{\Delta V}{V}}$$

$$K = \frac{\Delta P}{-\frac{\Delta V}{V}}$$

$$K = -V\frac{\Delta P}{\Delta V}$$

यहाँ Negative चिन्ह यह represent करता है कि pressure के बढ़ाने पर volume में कमी आती है।

OR-

Bulk Modeulus of is defined as the ratio of compressive stress to volumetric strain.

Scanned with CamScanner

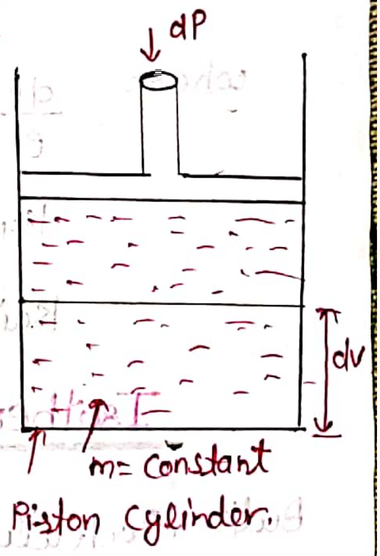
Note- Bulk Modeulus की value, gases के लिए बहुत कम तथा liquids के लिए बहुत अधिक होती है।

Compressibility-

compressibility Fluid की वह property है, जिसके कारण external pressure के द्वारा इसके volume में change होता है। compressibility का use उस condition में किया जाता है। जब Fluid velocity की velocity के लगभग percentage के पास हो या अधिक हो।

compressibility, Bulk Modeulus के व्युत्क्रम के बराबर होती है।

$$\text{Compressibility} = \frac{1}{\text{Bulk Modeulus}}$$



gases की compressibility अधिक तथा Liquids की बहुत कम होती है। इस arrangment में constant mass का Fluid Fill है, जिसका initial pressure P_1 & initial volume V_1 है। जब इस piston cylinder arrangment में pressure को increase P_1V_1 किया जाता है। जिसके कारण constant mass के Fluid का volume decrease होने लगता है। इसलिए हम कह सकते हैं, कि

$$dP \propto \left(-\frac{dv}{v}\right)$$

यह Negative चिन्ह pressure के बढने पर volume में कमी को बताता है।

$$dP = K\left(-\frac{dv}{v}\right)$$

$$K = \frac{dP}{-\frac{dv}{v}} \quad N/m^2$$

K = Bulk modeulus

$\frac{dv}{v}$ = volumetric stric

we know that

$$m = \rho . v$$

$$dm = \rho . dv + v . d\rho$$

$$0 = \rho dv + v . d\rho$$

$$\frac{dv}{v} = -\frac{d\rho}{\rho}$$

then

$$K = \frac{dP}{\frac{d\rho}{\rho}} \quad N/m^2$$

where $\frac{d\rho}{\rho}$ = density strain

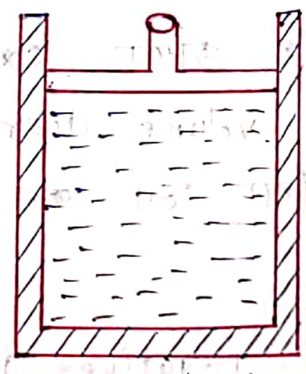
$$K_{H_2O} = 2.0 \times 10^8 \ N/m^2$$

$$K_{air} = 1.05 \times 10^5 \ N/m^2$$

Isothermal compressibility –

Bulk Modeulus

$$K = \frac{dP}{-\frac{dv}{v}} \quad \text{—} \ (1)$$



T = constant

dT = 0

we know that

$$Pv = mRT$$

$$Pv = \text{constant}$$

$$P\,dV + V\,dP = 0$$

$$-\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P} \quad \text{—— (2)}$$

from equation (1) & (2)

$$k = \frac{dP}{\frac{dP}{P}}$$

$$\boxed{k = P}$$

- Constant temperature पर bulk modulus, applied pressure के equal होता है।

अतः compressibility

$$\boxed{\beta_c = \frac{1}{k} = \frac{1}{P}}$$

Adiabatic Compressibility –

we know that for adiabatic process

$$PV^\gamma = \text{constant}$$

$$P\gamma V^{\gamma-1} dV + V^\gamma dP = 0$$

$$k = \frac{dP}{-\frac{dV}{V}} \quad \text{—— (1)}$$

$$-\frac{V^{\gamma-1}\,dV}{V^\gamma} = \frac{dP}{\gamma P}$$

$$-\frac{dV}{V} = \frac{dP}{\gamma P} \quad \text{—— (2)}$$

from equation (1) + (2)

$$k = \frac{dP}{\frac{dP}{\gamma P}}$$

$$K = \gamma P \quad N/m^2$$

Compressibility $$\beta_c = \frac{1}{K} = \frac{1}{\gamma P} \quad m^2/N$$

Capillary -

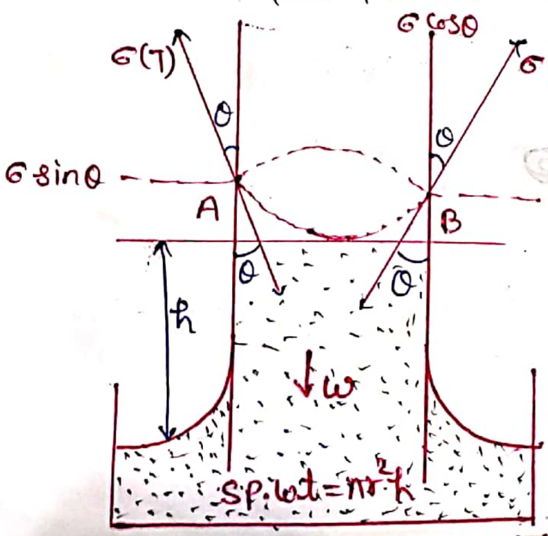
केश (बाल) के समान बारीक छिद्र वाली नली को केशनली कहते हैं। जब glass की दोनों सिरों पर खुली स्वच्छ capillary को किसी liquid में खड़ा करते हैं तो -

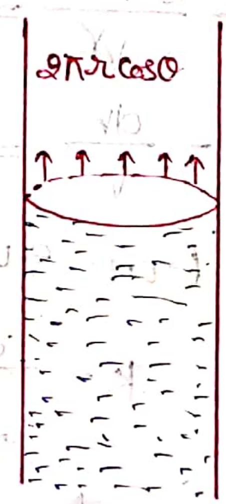
1. वे liquid जो glass को गीला नहीं करते हैं तथा जिनके लिये स्पर्श कोण का मान 90° से अधिक होता है। अथवा जिनका पृष्ठ उत्तल होता है। Capillary में कुछ नीचे उतर जाते हैं। जैसे - Hg.

अर्थात capillary में liquid के rise तथा fall की परिघटना को capillarity कहते हैं।

Capillarity का मुख्य कारण surface tension अथवा cohesive तथा adhesive दोनों के कारण होती है।

capillary की value, tube के diameter, surface Tension और specific weight पर depend करती है।





Force in upword direction (pulling force)

$= \sigma \cos\theta \times 2\pi r$

Force in downward direction

$w = sp.wt\ (\rho \times g) \times \pi r^2 h$

equillibrium की condition में upword तथा downword force बराबर होते हैं।

$$\sigma \cos\theta \times 2\pi r = sp.wt\ (\rho.g) \times \pi r^2 h$$

$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{sp.wt\ (\rho.g).r}$$

Vapour Pressure

सभी liquid vaporise या evaporate की tendency रखते हैं इस case में liquid phase, vapour phase में convert होती है और liquid particles (molecules) gas phase में transfer होते हैं। Liq. vapour के particle के द्वारा liquid की surface के पर लगाये गये pressure को vapour pressure कहते हैं vapour pressure, Temp. Increase करने पर Increase होता है।

Kinematic Viscosity

Fluid की viscosity को उसकी density से भाग कर दिया जाये, तो इसे kinematic viscosity कहते हैं। इसे ν से represent करते हैं।

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

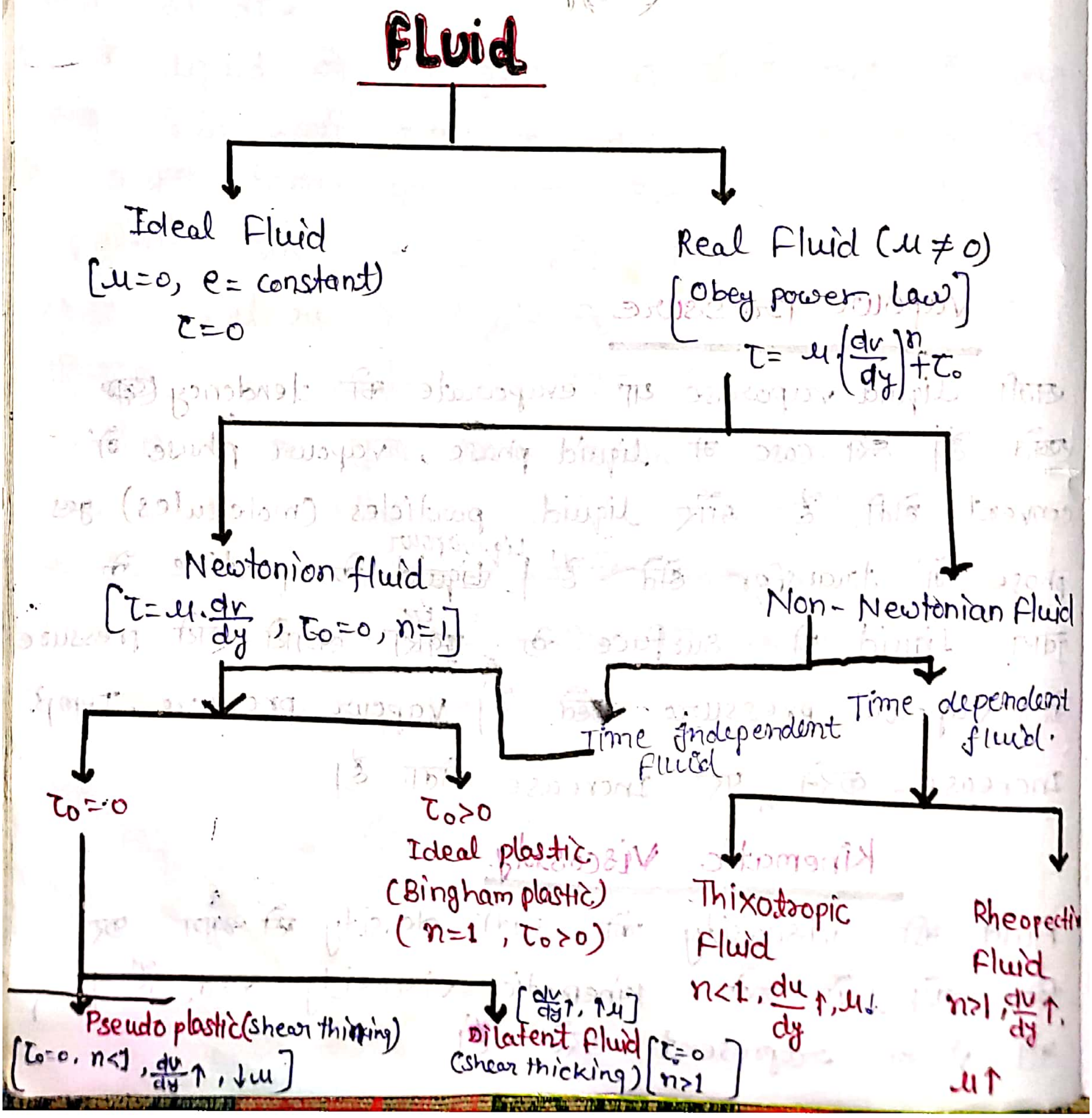
where

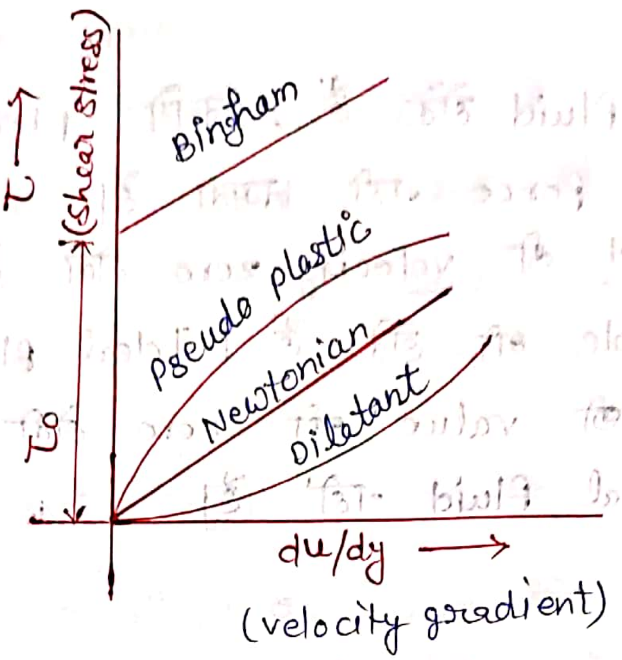
μ = viscosity of fluid

ρ = Density of Fluid

इसकी SI & M.K.S में unit m^2/sec & C.G.S में cm^2/sec या stoke कहते हैं।

Classification of Fluid





YASHPAL VERMA [C/E]

Fluid को दो भागों में devide कर सकते हैं।

1. Ideal Fluid-

Ideal Fluid वे fluid होते हैं, जिनमें Flow के दौरान कोई resistance force नहीं लगता है। अर्थात् इन Fluid की velocity zero होती है और यह Fluid incompressible भी होते हैं। Ideal fluid के लिये surface tension की value भी zero होती है। वास्तव में कोई भी ideal Fluid नहीं है।

2 Real Fluid-

Real Fluid वह Fluid होते है जिनमें Flow के दौरान resistance force work करते हैं। Real Fluid को निम्न आधार पर विभाजित कर सकते हैं-

(i) Fluid के Behaviour के आधार पर
(ii) Rate of deformation के आधार पर

(i) Fluid के Behaviour के आधार पर-

A. Compressive Fluid-

Compressive fluid वे Fluid होते हैं जिनकी density Temperature & pressure के कारण change होती है।
Ex- Gas को compressive Fluid में रखा गया है।

B. Incompressive Fluid-

Incompressive Fluid वे Fluid होते हैं जिनकी density pressure & Temperature के कारण change नहीं होती है।
As- Liquid को incompressive Fluid में रखा गया है।

Scanned with CamScanner

(ii) Rate of Deformation के आधार पर -

A. Newtonion Fluid -

Newtonion Fluid वह Fluid होते हैं जो Newton viscosity law को follow करते हैं।

Ex- All gases, pure liquid, carocen, Alcohal, glesren, Benzene, Hexlene, Ether, Air, Sugar, solution in water.

B. Non - Newtonion Fluid -

Non- Newtonion Fluid वह Fluid होते हैं जो Newton viscosity law को follow नहीं करते हैं। इनके लिए yield shear stress की value zero या zero से बडी होती है। और power index (n) की value 1 के equal नहीं होती है।

Ex- Tooth paste, Paint, Gally etc.

Non- Newtonion Fluid को viscosity change के आधार पर दो भागों में devide किया गया है।

ⓐ. Time independent Fluid

ⓑ. Time dependent Fluid.

ⓐ Time independent Fluid -

Time independent Fluid वह fluid हैं जिनकी viscosity केवल Temperature & velocity gradient पर depend करती है। Time independent Fluids yield shear stress के आधार पर दो भागों में devide किया गया है।

1 $\tau = 0$ [Thresould stress=0]

Scanned with CamScanner

इन Fluid को दो भागों में बांटा गया है।

(i) Pseudo plastic Fluid

(ii) Dilatent Fluid

(i) Pseudo plastic Fluid-

Pseudo plastic वह Fluid होते हैं जिनकी viscosity Rate of shear strain के साथ घटती है। इन Fluid को shear thinning Fluid भी कहते हैं।

Pseudo plastic Fluid के लिए power index की value 1 से कम होती है।

Ex- Blood, solution of High molecular weight polymer, Power pulk, mud, slurry, paper pulp etc.

(ii) Dilatent Fluid-

~~Diat~~ Dilatent Fluid वह Fluid है जिनकी viscosity Rate of Deformation बढ़ने के साथ बढ़ती है। इन Fluid को shear thicking Fluid भी कहते हैं।

इन Fluid के लिये power index की value 1 से अधिक होती है।

Ex- Pulp in water, sand filled emulsions, suspensions of starch in water

Bingham Plastic-

Bingham plastic वह Fluid होते हैं जो certain stress तक solid का Behave करते हैं। परन्तु certain shear stress से अधिक का stress लगाने पर इसमे Deformation start हो जाता है।

Ex- Tooth past, Sludge.

Scanned with CamScanner

इन Fluid के लिए power index की value (n) 1 तथा thresold stress की value zero से बडी होती है।

2. Time Dependent Fluid-

Time dependent fluid वह fluid होते हैं, जिनकी viscosity gradient के अलावा time पर भी depend करती है। यह दो प्रकार के होते हैं।

(i) Thereotropic Fluid-

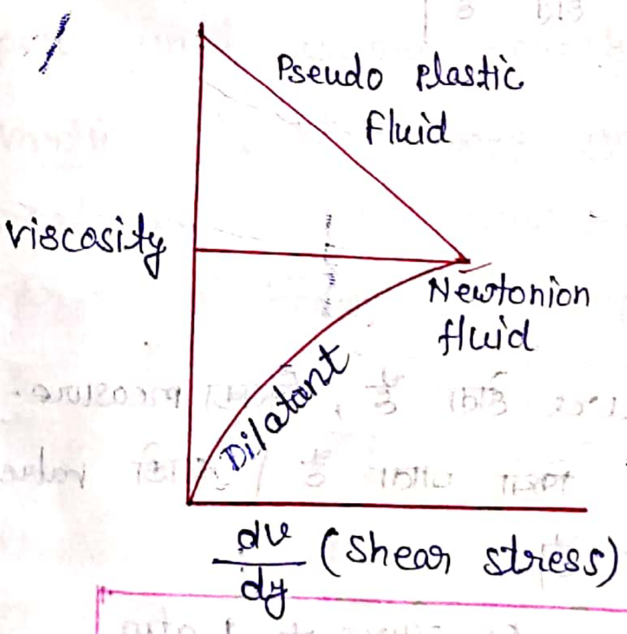
Thereotropic Fluid वह Fluid होते हैं, जिनकी velocity time के साथ decrease होती है। जबकि उन पर constant shear stress कार्य करता है।

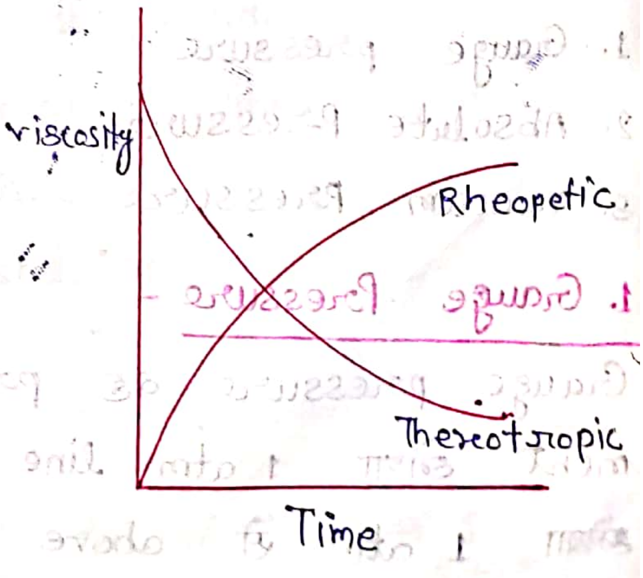
Ex- Some polymer solution & some paints.

(ii) Rheopective-

Rheopective Fluids वह fluid हैं, जिनकी viscosity time के साथ increase होती है। जबकि इन पर constant shear stress कार्यरत होता है।

Ex- Some lubricants, Gypsum, printer etc.





Pressure-

Pressure, static Fluid की एक Basic property है, जब Fluid का certain mass किसी vessel में present होता है, तब Fluid के mass के द्वारा vessel के Base पर लगाये गये perpendicular force को pressure कहते हैं।

Pressure is defined as the normal force by the Fluids on the unit area of the surface is called fluid pressure.

Pressure and intensity of pressure is given by

$P = \frac{F}{A}$, pressure की unit pascal, Bar, mm of Hg, torr, N/m^2 etc. हैं।

$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ KPa} = 101.325 \times 10^3 \frac{N}{m^2} \text{ (Pa)}$

$= 760 \text{ mm of Hg (torr)} = 14.7 \text{ PSI}$

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Types of Pressure

Pressure three types के होते हैं।

1. Gauge pressure
2. Absolute Pressure
3. vaccum Pressure.

1. Gauge Pressure -

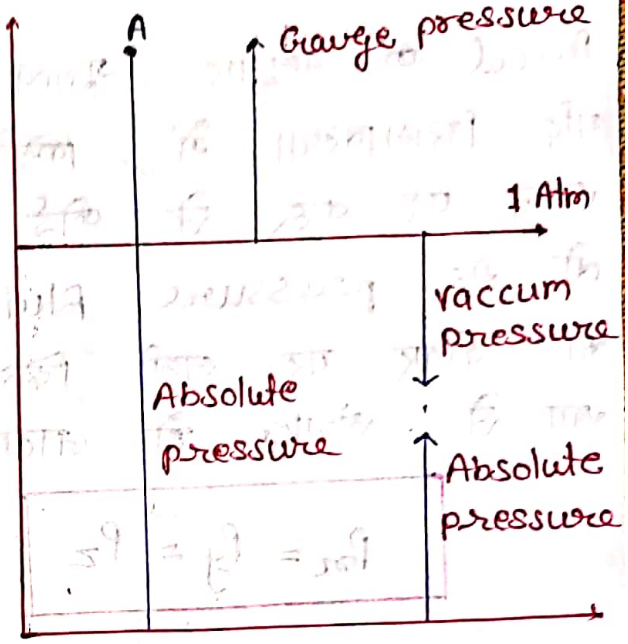
Gauge pressure वह pressure होता है, जिसका measurement हमेशा 1 atm line से किया जाता है। इसकी value हमेशा 1 atm से above होता है।

Absolute Pressure = Gauge Pressure + 1 atm

Scanned with CamScanner

2. Absolute pressure -

Absolute pressure वह pressure होता है, जिसका measurement absolute line या zero line से किया जाता है। Absolute pressure की value 1 atm से बड़ी या छोटी हो सकती है।



3. vaccum pressure -
(Negative gauge pressure)

vaccume pressure वह pressure होता है, जिसकी value 1 atm से कम होती है और इसका measurement 1 atm line से किया जाता है।

$$1 \text{ atm} = \text{vaccume pressure} + \text{Absolute pressure}$$

Pressure Head -

Pressure head is defined as the pressure energy per unit weight density of the fluid.

vartical height above any point in the liquid at rest is called pressure head.

pressure head is expressed as -

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{P.V}{m.g}$$

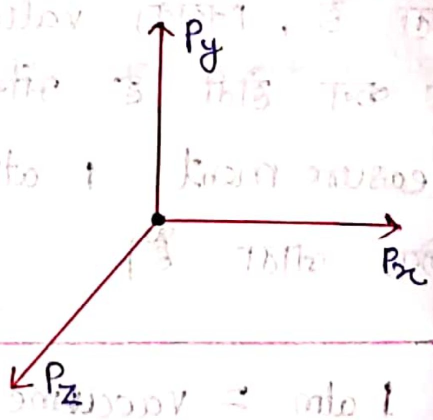
Pressure head की unit length की unit के बराबर होती है।

Pascal Law –

Pascal law pressure intensity at any point in a fluid at rest has the same magnitude in all direction.

Pascal के अनुसार – गुरुत्व के प्रभाव को नगण्य मानते हुये यदि विरामावस्था में किसी असम्पीड्य तरल के किसी स्थान पर बाहर से कोई pressure लगाया जाता है। तो यह pressure fluid के प्रत्येक भागों में तथा बर्तन की दीवार पर सभी दिशाओं में एक समान तथा अपरिवर्तित रूप से संचरित हो जाता है।

$$P_x = P_y = P_z$$

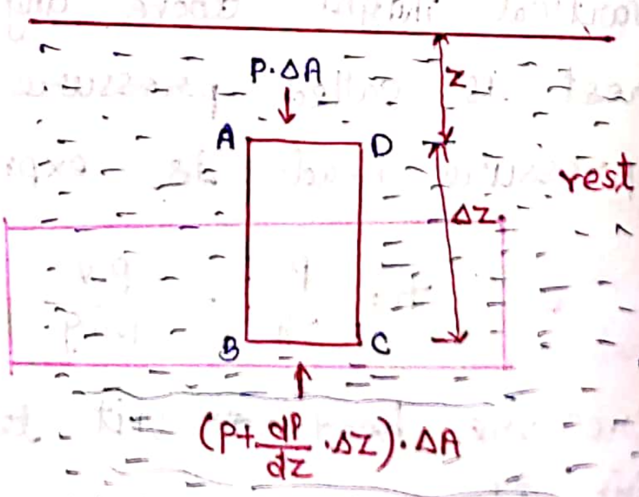


अनुप्रयोग –

इस Law का use द्रव चालित मशीनों (द्रव चालित प्रेस, द्रव चालित ब्रेक) में किया जाता है।

Hydrostatic Law

माना Rest fluid के अन्दर एक small fluid element ABCD free surface से z depth पर present है। इस fluid element का cross sectional Area ΔA व Height Δz है।



Scanned with CamScanner

At equillibrium Condition –

The force कार्यरत acting on Fluid element are –

1. Pressure force on $AB = P \cdot \Delta A$ and acting perpendicular to surface AB in down word direction

2. Pressure force on phase $CD = \left(P + \frac{dP}{dz} \cdot \Delta z\right) \cdot \Delta A$ and its acting perpendicular to surface CD in vertical upword direction.

3. weight of fluid element $= Mg = \rho \times \Delta A \times \Delta z \times g$ its acting vertical downward.

4. Pressure force on surface BC & AD are equal and opposite.

$$P \cdot \Delta A - \left(P + \frac{dP}{dz} \cdot \Delta z\right) \cdot \Delta A + \rho \cdot \Delta A \cdot \Delta z \cdot g = 0$$

$$P \cdot \Delta A - P \cdot \Delta A - \frac{dP}{dz} \cdot \Delta z \cdot \Delta A + \rho \cdot \Delta A \cdot \Delta z \cdot g = 0$$

$$-\frac{dP}{dz} \cdot \Delta z \cdot \Delta A = -\rho \cdot \Delta A \cdot \Delta z \cdot g$$

$$\boxed{\frac{dP}{dz} = \rho g} \longrightarrow (1)$$

$$\boxed{dP = dz \cdot \rho g}$$

~~on inte~~

equation (1) Represent Hydrostatic law which state the rate of increase of pressure invention downword direction must be equal to the specific weight of the fluid at that point.

MANOMETER

Manometer एक device है, जिसके द्वारा fluid के अन्दर किसी point पर fluid column को balance करके pressure measure कर सकते हैं।
यह दो प्रकार के होते हैं।

1. Simple Manometer
2. Differential

1. Simple Manometer -

Simple manometer के द्वारा fluid के किसी एक point पर pressure को measure किया जाता है। simple manometer के द्वारा gauge pressure measure किया जाता है। simple manometer commonlly three types के होते हैं।

A. Piezomanometer

Piezo Manometer, manometer की सबसे simple form है। इसके द्वारा negative gauge pressure (vaccum pressure) को measure नहीं कर सकते हैं। Piezo manometer एक 'L' shape की simple glass tube होती है। जिसका एक सिरा (छोटा सिरा) उस point से connect किया जाता है। जिस पर pressure ज्ञात करना है और दूसरा सिरा surrounding में open छोड़ दिया जाता है।
Pizo Mamometer के छोटे सिरे को fluid के अन्दर 'A' point से connect किया जाता है, तब वह fluid pizo meter के लम्बी वाली tube में अन्दर की ओर चढ़ने लगता है और कुछ समय बाद fluid column की height में चढ़ना बंद हो जाता है, fluid column की height को measure करके उस point पर pressure

निम्न formula से ज्ञात कर सकते हैं। 2

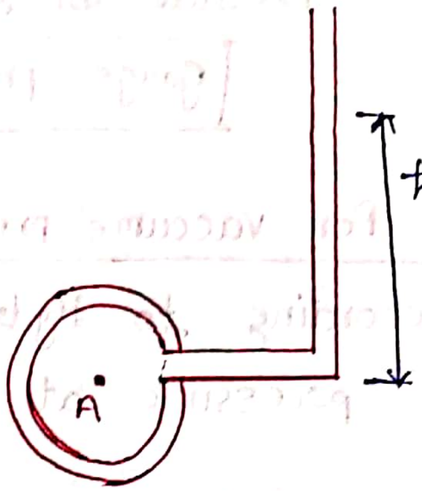
$$P = \rho g h$$

where

ρ = density of fluid

g = gravity

h = height of fluid column

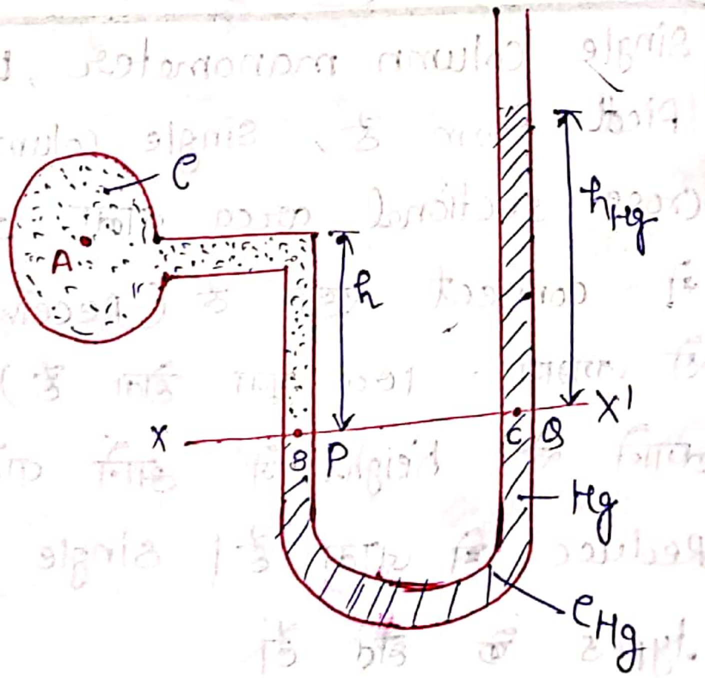


B. U-Tube Manometer

(i) For Gauge pressure.

U-Tube manometer में एक U-shape की कांच की tube होती है। जिसके अन्दर एक manometeric Fluid (Hg) भरा होता है और उसका एक सिरा उस point से connect रहता है, जिस point पर pressure ज्ञात करना हो और दूसरा सिरा atmospheric surrounding में open रहता है।

For hydrostatic law dattum line के arround pressure measure करने पर pressure at point 'P' equal to pressure at point Q.



$$P = Q$$

$$P_A + \rho g h = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg}$$

$$P_A = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} - \rho g h$$ (gauge pressure)

Note- किसी भी numerical में हम हमेशा absolute pressure का ही प्रयोग करते हैं।

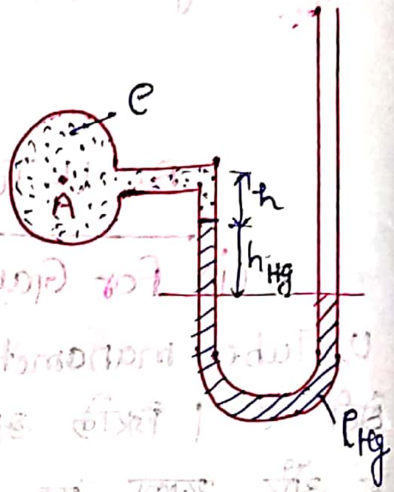
Gauge pressure = Absolute pressure − 1 atm

(b) For vaccume pressure -

According to Hydrostatic law, pressure at point 'p' pressure at 'a'

$$P_A + \rho g h + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} = 0$$

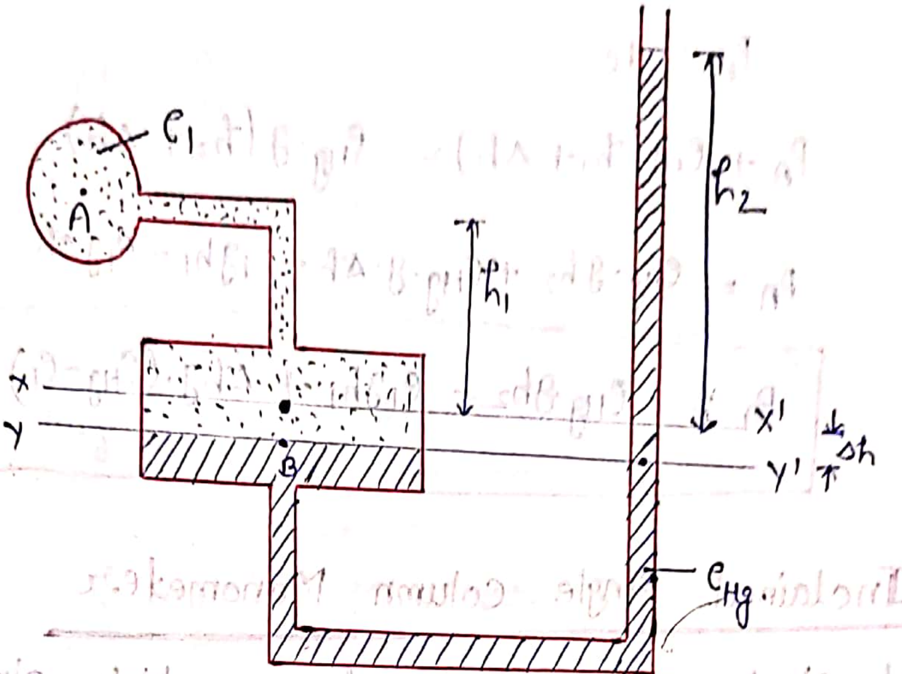
$$P_A = -(\rho g h + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg})$$



Single Column Manometer OR Well Type Manometer OR Micro Manometer -

Single column manometer, U- tube manometer की modified form है, single column manometer में एक large cross sectional area वाला receiver, tube की एक arms से connect रहता है (Receiver का area tube के area से लगभग 100 गुना होता है) Left arms में receiver लगाने से height में आने वाले उतार- चढ़ाव (fluctuation) Reduce हो जाता है। single column manometer two types के होते हैं।

A. Verticle Single Column Manometer



verticle single column manometer का use high pressure & modinate pressure को measure करने के लिए किया जाता है। इसमें एक receiver होता है। जिसका area tube के area के लगभग 100 गुना होता है। verticle single column manometer को उपरोक्त figure में दर्शाया गया है।

माना receiver का area A तथा Tube का area a है। इस manometer को point से connect करने पर manometric fluid की height से Δh कमी आती है। जिसके कारण right arms में h_2 height manometeric fluid की increase हो जाती है।

Receiver में manometeric fluid का volume = Right side tube में manometeric fluid का volume

$$A \times \Delta h = a \times h_2$$

$$\boxed{\Delta h = \frac{a}{A} \times h_2}$$

Applying Hydrostatic law arround datum line YY'

5

$$P_B = P_C$$

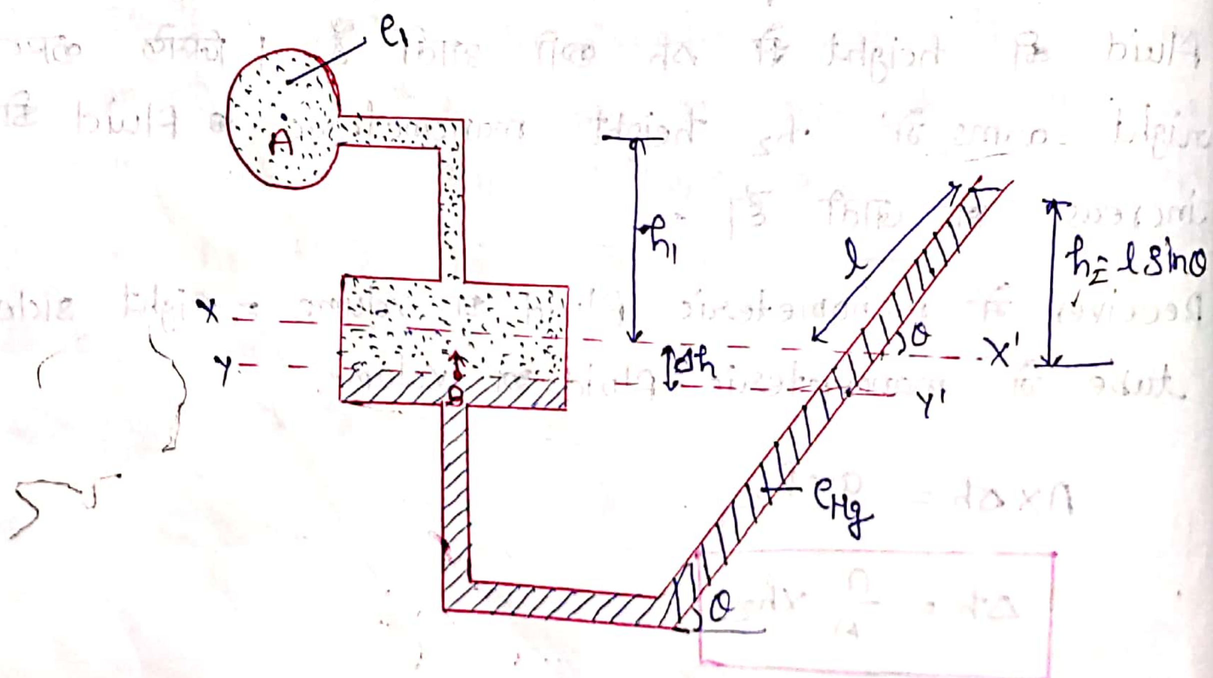
$$P_A + \rho_1 g(h_1 + \Delta h) = \rho_{Hg} \cdot g(h_2 + \Delta h)$$

$$P_A = \rho_{Hg} \cdot g h_2 + \rho_{Hg} \cdot g \cdot \Delta h - \rho_1 g h_1 - \rho_1 g \Delta h$$

$$\boxed{P_A = \rho_{Hg} g h_2 - \rho_1 g h_1 + \Delta h g \cdot (\rho_{Hg} - \rho_1)}$$

2. Inclained Single Column Manometer

Inclained single column manometer, verticle single column manometer से अधिक sensetive होते हैं। इसका अर्थ यह है कि इनके द्वारा high accuracy प्राप्त होती है।
Inclained single column manometer में manometer की right arm या limb θ angle पर inclained होती है।
उपरोक्त figure में inclained single column manometer दर्शाया गया है।



From figure.

$$h_2 = l\sin\theta$$

$$\Delta h = \frac{a}{A} \times h_2$$

$$\boxed{\Delta h = \frac{a}{A} \times l\sin\theta}$$

$$\boxed{P_A = \rho_{Hg} \cdot g \cdot l\sin\theta - \rho_1 g h_1 + \Delta h g (\rho_{Hg} - \rho_1)}$$

2. Differential Manometer

Differential manometer के द्वारा किन्ही दो points के बीच pressure difference measure किया जाता है। Differential manometer के द्वारा absolute pressure measure किया जाता है।

Differential manometers two types के होते हैं –

(i) U-Tube differential manometer

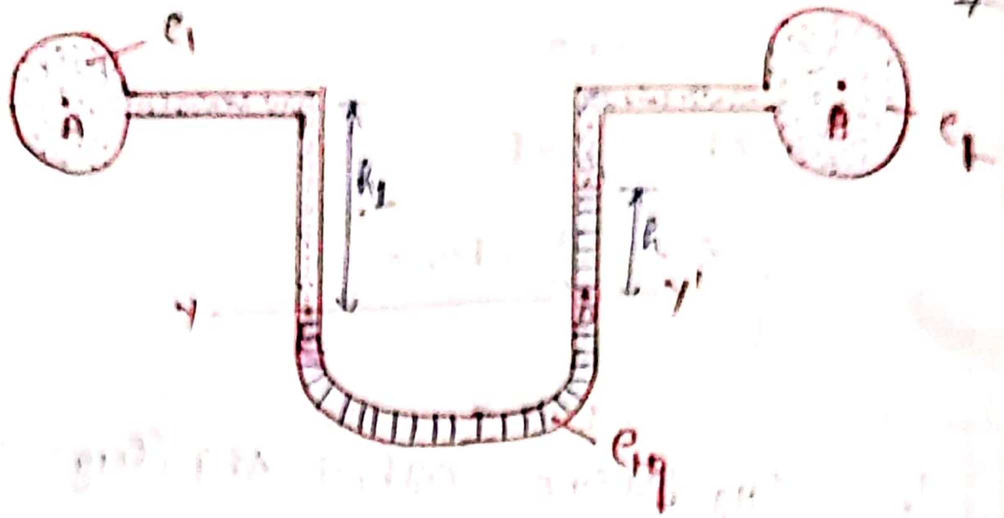
(ii) Inverted U-Tube differential Manometer

(i) U-Tube differential Manometer –

U-Tube differential manometer में एक U shape की glass की tube होती है और इसके अन्दर एक manometric fluid होता है इसके अन्दर एक manometeric fluid होता है।

Differential manometer के दो case होते हैं –

Case 1 - जब point (A & B same level पर हो।



pressure balance arround datum line YY'

$$P_C = P_D$$

$$P_A + \rho_1 g h_1 = P_B + \rho_1 g (h_1 - h) + \rho_{Hg} \cdot g h$$

$$P_A - P_B + \rho_1 g h_1 = \rho_1 g h_1 - \rho_1 g h + \rho_{Hg} \cdot g h$$

$$\boxed{P_A - P_B = g h (\rho_{Hg} - \rho_1)}$$

Differential U-Tube manometer का use high pressure और modivate pressure measure करने तथा vaccume pressure measure करने के लिए किया जाता है।

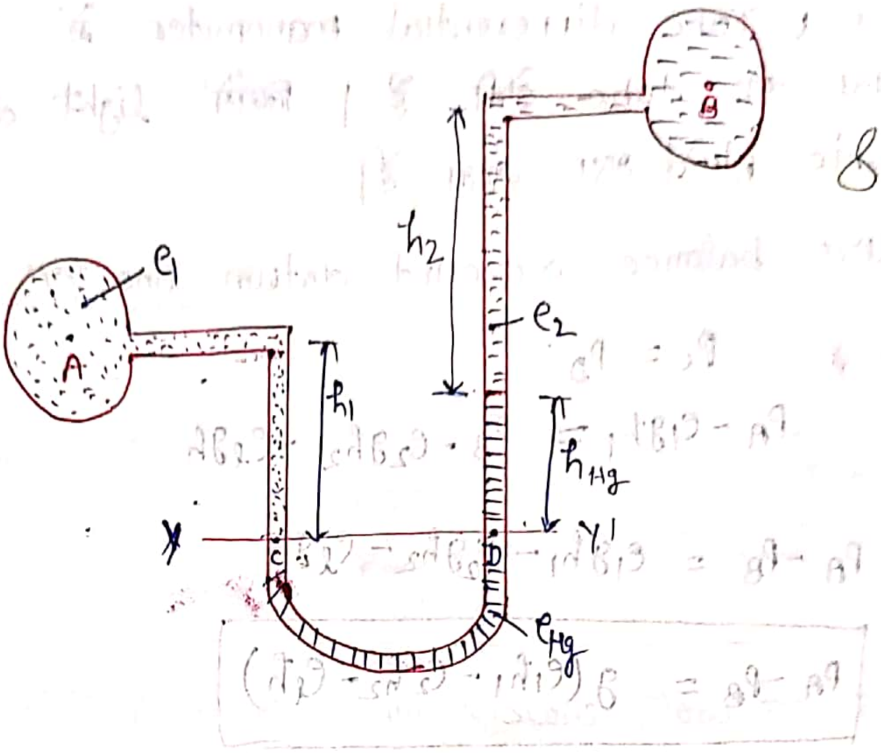
Case-II - If point A & B at difference level and have differend fluid.

pressure balance arround datum line YY'

$$P_C = P_D$$

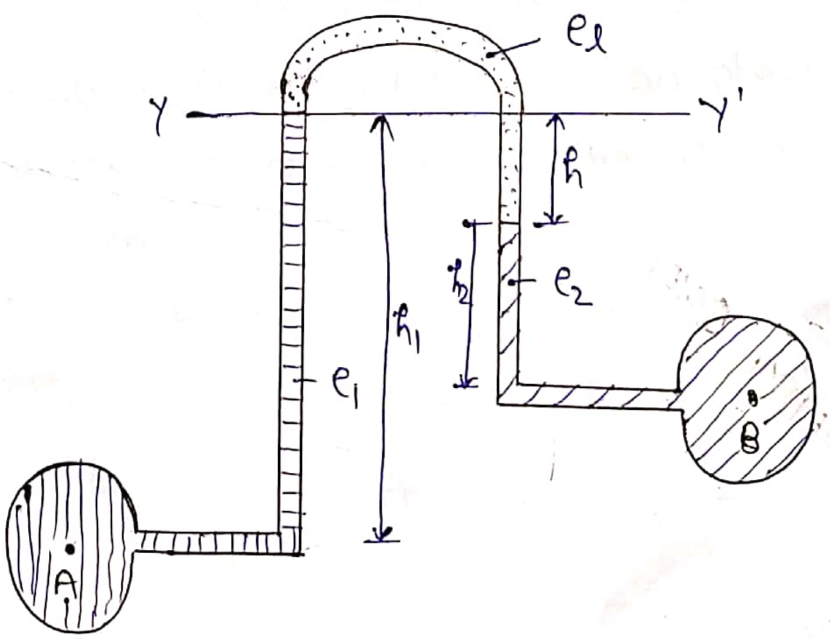
$$P_A + \rho_1 g h_1 = P_B + \rho_2 g (h_2) + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg}$$

$$\boxed{P_A - P_B = \rho_2 g h_2 + g h_{Hg} \rho_{Hg} - \rho_1 g h_1}$$



(ii) Inverted U-Tube differential Manometer –

Inverted U-Tube differential Manometer का use pressure different measure करने के लिए किया जाता है। Mostly pressure different में accuracy measure करने के लिए किया जाता है।



Inverted U-Tube differential manomater में U-Shape की एक कांच की tube होती है। जिसमें light density का manomateric fluid भरा रहता है।

Pressure balance around datum line YY' 9

$$P_C = P_D$$

$$P_A - \rho_1 g h_1 = P_B - \rho_2 g h_2 - \rho_l g h$$

$$P_A - P_B = \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2 - \rho_l g h$$

$$\boxed{P_A - P_B = g(\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2 - \rho_l h)}$$

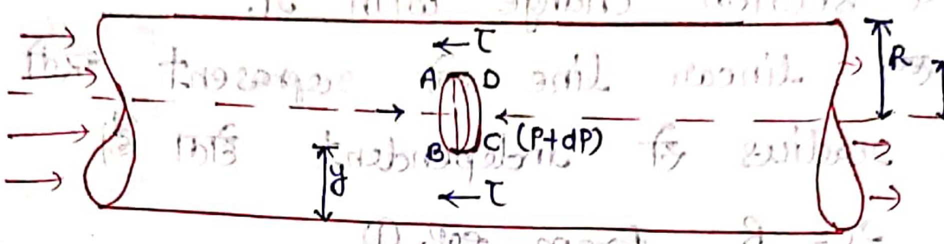
Yashverma

YASHPAL VERMA (CIE)

Date
20|Feb.|2019.

FLOW OF INCOMPRESSIBLE FLUIDS IN PIPE

Imp: **Shear stress Distribution and velocity distribution in a circular pipe.**



माना एक incompressible fluid viscous flow में एक Horizontal pipe में flow हो रहा है। माना pipe की radius R है।

माना एक disk shape fluid element जिसकी radius r तथा length dl है। माना इस fluid element पर ~~अब~~ up stream से pressure p तथा down stream से pressure (opposite) (p+dp) लग रहा है।

force acting on the fluid element are -

1. pressure force $(p \times \pi r^2)$ on phase AB
2. The pressure force $(p+dp)\cdot\pi r^2$ on phase CD
3. Shear stress $(\tau \times 2\pi r)\cdot dl$ on the surface of fluid element.

The sum of all forces acting on fluid element in the direction of flow must be zero (0).

$$p\pi r^2 - (p+dp)\pi r^2 - (\tau \times 2\pi r)\cdot dl = 0$$

$$p\pi r^2 - p\pi r^2 - dp\,\pi r^2 - \tau \times 2\pi r\, dl = 0$$

$$\tau \times 2\pi r\, dl = -dp\,\pi r^2$$

Scanned with CamScanner

$$\tau = -\frac{r\,dP}{2\,dl} \quad \text{—— (1)}$$

equation (1) represent shear stress distribution across a section change with r.

eqn (1) एक linear line को represent करती है। और pressure radius से independent होता है

when $r = R$ from eqn. (1)

$$\tau_w = \frac{r_w(R)}{2}\frac{dP}{dl}$$

$$\frac{dP}{dl} = -\frac{2\tau_w}{r_w(R)} \quad \text{—— (2)}$$

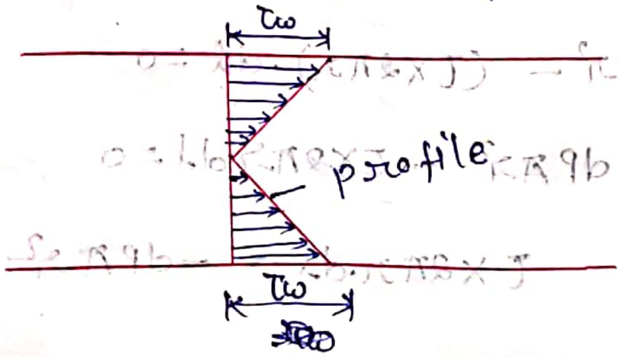
from eqn. (1) & (2)

$$\tau = -\frac{r}{2}\left[-\frac{2\tau_w}{r_w(R)}\right]$$

$$\tau = \frac{r}{2} \cdot \frac{2\tau_w}{r_w}$$

$$\frac{\tau}{r} = \frac{\tau_w}{r_w} \quad \text{—— (3)}$$

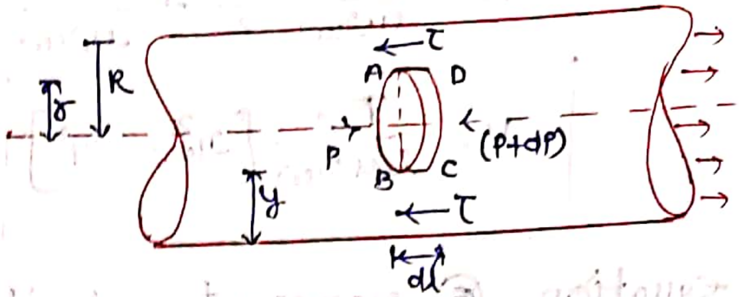
Here τ_w shear stress at wall (pipe) surface and r_w radius of pipe



Velocity distribution in a circular pipe –

from Newtons' viscosity law

$$\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}$$



from figure

$$y = r_w - r$$

$$dy = 0 - dr$$

$$dy = -dr$$

so

$$\tau = -\mu \cdot \frac{dv}{dr} \quad \text{—} (4)$$

from equation (3)

$$\tau = \frac{\tau_w \cdot r}{r_w} \quad \text{—} (5)$$

from eq^n (4) & (5)

$$-\mu \frac{dv}{dr} = \frac{\tau_w \cdot r}{r_w}$$

$$dv = -\frac{\tau_w \cdot r\,dr}{\mu \cdot r_w}$$

$$dv = -\frac{\tau_w}{\mu \cdot r_w} \cdot r\,dr$$

Integral both side

$$v = -\frac{\tau_w}{\mu \cdot r_w} \cdot \frac{r^2}{2} + c$$

when $r = r_w$ then $v = 0$

$$0 = -\frac{\tau_w}{\mu \cdot r_w} \cdot \frac{r_w^2}{2} + c$$

$$c = \frac{\tau_w}{\mu r_w} \cdot \frac{r_w^2}{2}$$

Scanned with CamScanner

Then

$$v = -\frac{\tau_w}{\mu r_w}\cdot\frac{r^2}{2} + \frac{\tau_w}{\mu r_w}\cdot\frac{r_w^2}{2}$$

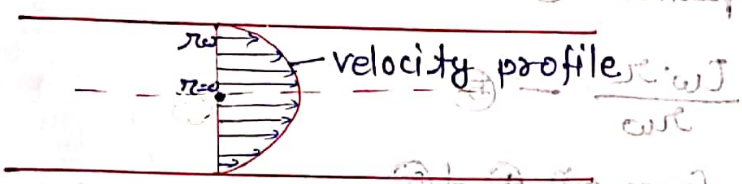
$$\boxed{v = \frac{\tau_w}{2\mu r_w}\left[r_w^2 - r^2\right]} \quad \text{— } 6$$

equation (6) represent velocity distribution in a circular pipe & this eqn represent a parabolic eqn. in r^2.

when $r = r_w$ then $v = 0$

when $r = 0$ then

$$\boxed{V_{max} = \frac{\tau_w \cdot r_w}{2\mu}}$$



Ratio of Maximum velocity to Average velocity -

Average velocity को pipe के discharge से को उसके cross sectional area से devide करके प्राप्त किया जाता है।

Average velocity $\bar{v}$ is defined as

$$\bar{v} = \frac{1}{A}\int v \cdot dA$$

from equation (6)

$$\bar{v} = \frac{1}{A}\int \frac{\tau_w}{2\mu r_w}\left[r_w^2 - r^2\right] \cdot dA$$

$$\bar{v} = \frac{1}{A}\cdot\frac{\tau_w}{2\mu r_w}\int\left[r_w^2 - r^2\right] 2\pi r \cdot dr$$

$$\bar{v} = \frac{2\pi \times \tau_w}{2\pi r_w^2 \cdot \mu r_w}\int\left[r_w^2 \cdot r - r^3\right] \cdot dr$$

$$\bar{v} = \frac{\tau_w}{\mu \cdot r_w^3}\left[r_w^2 \frac{r^2}{2} - \frac{r^4}{4}\right]_0^{r_w}$$

$$\bar{v} = \frac{\tau_w}{\mu \cdot r_w^3}\left[\frac{r_w^4}{2} - \frac{r_w^4}{4}\right]$$

$$\bar{v} = \frac{\tau_w}{\mu \cdot r_w^3}\left[\frac{r_w^4}{4}\right]$$

$$\boxed{\bar{v} = \frac{\tau_w \cdot r_w}{4\mu}}$$

So-

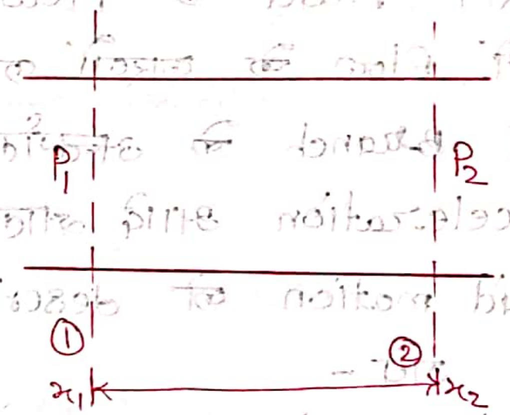
$$\frac{V_{max}}{\bar{v}} = \frac{\tau_w r_w}{2\mu} \cdot \frac{4\mu}{\tau_w r_w}$$

$$\boxed{\frac{V_{max}}{\bar{v}} = 2}$$

Pressure drop for a given Length of pipe

we know that

$$\bar{v} = \frac{\tau_w r_w}{4\mu} \quad \text{— ①}$$



$$\tau_w = -\frac{r_w}{2} \cdot \frac{dP}{dl} \quad \text{— ②}$$

from eqn ① & ②

$$\bar{v} = -\frac{r_w^2}{8\mu} \cdot \frac{dP}{dl}$$

$$-dP = \bar{v} \cdot \frac{8\mu \cdot dl}{r_w^2}$$

Integrating on both side

$$-\int_1^2 dP = \bar{v}\,\frac{8\mu}{r_w^2}\int_1^2 dl$$

$$P_1 - P_2 = \bar{v}\,\frac{8\mu}{r_w^2}(x_2 - x_1)$$

Scanned with CamScanner

$$P_1 - P_2 = \bar{v}\frac{8\mu}{r_0^2}\cdot L$$

$$\boxed{\Delta P = \frac{32\,\mu\cdot\bar{v}\cdot L}{D^2}} \quad -(3) \qquad \left[\because r_0 = \frac{D}{2}\right]$$

eq^n (3) is called Hegen - poiseuille equation.
इस equation का use pipe में given length के लिए pressure drop ज्ञात करने में करते हैं। इस eq^n की सहायता से fluid की viscosity भी ज्ञात कर सकते हैं यदि pressure drop given हो।

Part - Second

Fluid Kinetics -

Fluid kinetics, Fluid mechanics की वह Branch है, जिसमें Fluid के Flow की study की जाती है। But इसमें Flow के कारणों का अध्ययन नहीं किया जाता है। इस Branch के अन्तर्गत हम Fluid की velocity, acceleration आदि ज्ञात करते हैं।
Fluid motion को describe करने के लिए दो method दिये गये -
1. Lagrangian
2. Eulerian

1. **Lagrangian** - इस method में Fluid motion में Fluid के किसी एक particle को consider किया जाता है और इस particle की velocity, acceleration, density, pressure etc property को find किया जाता है।

2. **Eulerian method** - इस method में Fluid motion में एक point को consider किया जाता है।

Scanned with CamScanner

और उस point से गुजरने वाले प्रत्येक particle को describe (find velocity, Acceleration etc) किया जाता है। इस method का commonly use किया जाता है।

Types of Fluid Flow-

1. Steady state & Unsteady state flow
2. Uniform & Non-uniform Flow
3. Laminar & turbulent Flow
4. compressible & Incompressible flow
5. Rotational & IRRotational Flow
6. 1, 2, & 3 dimensional flow

1(a). Steady State Flow -

Steady state Flow, Flow का वह type है, जिसमें fluid की characteristics time के respect में change नहीं होती है। (velocity, pressure, density etc).

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)_{x_0, y_0, z_0} = \left(\frac{\partial \rho}{\partial t}\right)_{x_0, y_0, z_0} = \left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)_{x_0, y_0, z_0} = 0$$

where- x_0, y_0, z_0 is a fixed point in a Fluid Field.

Ex- Flow through a prismatic (same size) or Non-prismatic Condiut at a constant flow rate Q m³/sec. is steady [A prismatic condiute has a constant size shape and has a velocity equation in the form of $u = ax^2 + bx + c$]

$$\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) \neq 0$$

1(b). Unsteady state Flow –

Unsteady state Flow, Flow का वह type है जिसमे Fluid की characteristics किसी point पर time के ~~respect~~ साथ change होती है।

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)_{x_0, y_0, z_0} = \left(\frac{\partial \rho}{\partial t}\right)_{x_0, y_0, z_0} = \left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)_{x_0, y_0, z_0} \neq 0$$

Ex – The Flow in a pipe whose valve is being opened or close. [velocity equation is in the form $u = ax^2 + bxt$]

2(a). Uniform Flow –

Uniform Flow, वह Flow है जिसमे Fluid की velocity किसी given ~~timp~~ time पर ~~densi~~ distance के सापेक्ष (space) change नहीं होती है।

$$\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{t = \text{Constant}} = 0$$

Where –
∂v = change in velocity
∂x = displacement in x- direction

Example – Flow through a straight prismatic condiute [Flow through a straight pipe of constant diameter).

2(b). Non- Uniform Flow –

Non- Uniform Flow, वह Flow होते हैं, जिनमें Fluid की velocity space के respect में change होती है।

$$\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{t = \text{Contt}} \neq 0$$

Scanned with CamScanner

Example -

1. Flow through a non-prismatic condiute

2. Flow around a uniform diameter pipe bend.

3.(a). Compressible Flow -

Compressible Flow वह Flow होते हैं जिनमें Flow के दौरान Fluid की density change होती है। अर्थात्

$$\rho \neq \text{constant}$$

Example - Flow of gases through orifice, nozzels, gas turbine etc.

3(b). Incompressible Flow -

Incompressible Flow, वह Flow होते हैं, जिनमें Flow के दौरान Fluid की density point to point change नहीं होती है। या density constant रहती है।

$$\rho = \text{constant}$$

Example -

Subsonic Aero dynamic.

4(a). Rotational Flow -

Rotational Flow वह Flow होते हैं जिनमें Flow के दौरान Fluid particles Flow की अक्ष के परित: Rotate करते हैं।

Ex - Motion of liquid in a Rotating tank.

4(b). Irrotational Flow -

Irrotational Flow, वह Flow होते हैं, जिनमें Flow के दौरान Fluid particles Flow की अक्ष के परित: Rotate नहीं होते हैं।

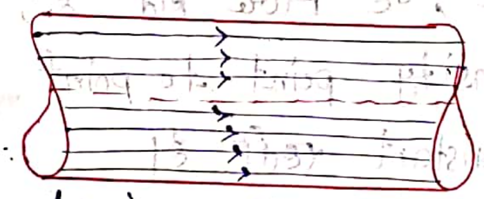
Scanned with CamScanner

Example - Flow above a drain hole of a stationary tank.

5(a). Laminar flow -

Laminar flow, वह Flow होता है जिसमें एक fluid particles, दूसरे fluid particles के path को cross नहीं करते or fluid particles stream line में flow करते हैं। Laminar flow को streamline flow (viscous flow) भी कहते हैं।

Ex - (i) Flow through a cappillary Tube.
(ii) Flow of blood in venus?
(iii) Grounded water flow.

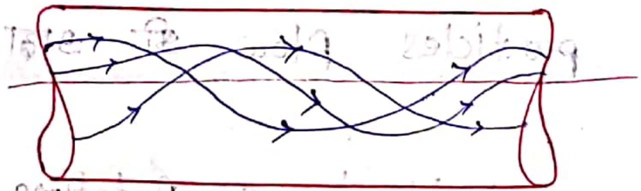


Laminar flow.

5.(b) Turbulent flow -

Turbulent flow वह flow होता है जिसमें fluid particles zig-zag way में moove करते हैं।

Ex - High velocity flow in a conduit of large size.



Turbulent flow.

6(a). One dimensional flow -

One dimensional flow वह flow होता है जिसमें flow parameter केवल एक space co-ordinate or time का function होता है।

Scanned with CamScanner

$$u = f(x,t), \quad v = 0, \quad w = 0$$

where u, v, w respectivily x, y, z direction में velocity है।

Ex- Flow in pipe where average flow parameter are consider for analysis.

6(b). Two dimensional flow -

Two dimensional flow वह flow होता है जिसमें flow parameters X, Y & Time का function होता है।

$$u = f(x,y,t), \quad v = f(x,y,t), \quad w = 0$$

Ex- Flow in main stream of wide ~~reve~~ river.

6(c). Three dimensional flow -

Three dimensional flow वह flow होता है जिसमें flow parameter x, y, z & time का function होता है।

$$u = f(x,y,z,t), \quad v = f(x,y,z,t), \quad w = f(x,y,z,t)$$

Ex- Flow in convergent & divergent section (pipe).

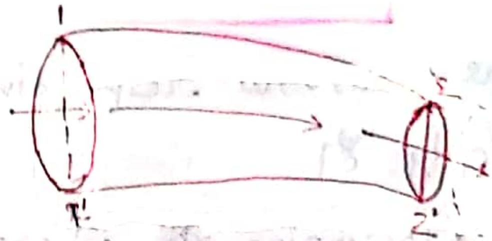
Potential Flow (Ideal Flow) -

Potential flow वह flow होते हैं जिनमें ideal fluids irrotational flow में flow करते हैं। या flow के दौरान layers के बीच लगने वाला shear stress zero होता है।

Ex- Uniform flow with irrotational.

Scanned with CamScanner

CONTINUITY EQUATION



This equation is Based on principle of continuity equation is mass conservation law.

Let एक Fluid की density ρ है, जो किसी pipe के section 1-1' से enter करता है व उसी pipe के section 2-2' से निकलता है। माना section ①-① पर fluid की density ρ_1, velocity V_1 व cross sectional area of pipe A_1 है व similarly section 2-2 पर ρ_2, V_2 व A_2 है।

From mass conservation law

Rate of mass input = Rate of mass output

$$\frac{m_1}{sec} = \frac{m_2}{sec.}$$

$$\frac{\rho_1 A_1 \times L_1}{sec.} = \frac{\rho_2 \times A_2 \cdot L_2}{sec}$$

$$\rho_1 \times A_1 \times V_1 = \rho_2 \times A_2 \times V_2 \quad \text{——— (1)}$$

equation ① represent continuity equation. It is applicable for all Fluids (Compressible & Incompressible Fluids)

For Incompressible Fluid

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

Scanned with CamScanner

This equation is also represent continuity equation for incompressible fluids.

General Form of continuity equation in three dimensions –

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0$$

where u, v, w are velocity in x direction, y & z direction of fluid Respectivily.

Continuity equation in Polar Co-ordinates –

$$\frac{\partial}{\partial r}(r v_r) + \frac{\partial}{\partial \theta}(v_\theta) = 0$$

Discharge or Rate of Flow –

It is defined as the quantity of liquid flowing per second through a section of pipe or channels.

Incompressible Fluid में Discharge $\frac{m^3}{sec}$ में जबकि compressible Fluid के लिए Discharge $\frac{N}{sec}$ में measure करते हैं।

Discharge or Rate of Flow for incompressible fluids.

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

Average Velocity –

Average velocity is defined as the ratio of volumetric flow rate of the pipe to cross sectional area of the pipe

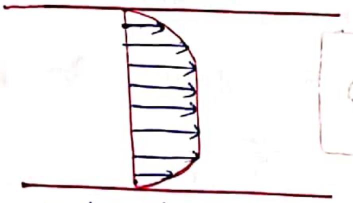
$$\boxed{\bar{u} = \frac{Q}{A}} \Rightarrow \boxed{u = \frac{\rho \cdot Q}{\rho \cdot A}} \Rightarrow \boxed{u = \frac{m^\circ}{\rho A}}$$

Here

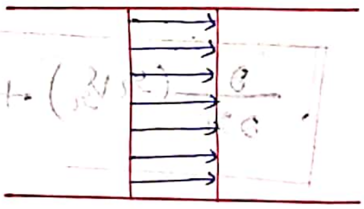
m° = mass flow rate of the fluid

ρ = density of fluid

If flow potential हो तब प्रत्येक layer की velocity same रहती है। But कोई भी flow potential flow नहीं होता है इसलिए प्रत्येक layer की velocity change होती है।



velocity profile for Real fluid



pontential flow profile velocity

Hydrodynamic Zone - यह वह zone होता है। जिसमें fluid अपनी average velocity के 99% पहुँच जाता है।

Mass velocity -

Mass velocity terms का use compressible flow में होता है। mass velocity temp. & pressure से Independent होती है।

Mass velocity is defined as the ratio of mass flow rate of the fluid to cross sectional area of the pipe. & denoted by 'G'

$$\boxed{G = \frac{m^\circ}{A}} \Rightarrow \boxed{G = \frac{\rho \cdot A \cdot V}{A}} \Rightarrow \boxed{G = \rho \cdot V} \quad \frac{kg}{m^2 \cdot sec}$$

where v = Average velocity of Fluid.

इसकी unit $\frac{kg}{m^2 \cdot sec}$ होती है।

Types of Flow Line :-

Flow निम्न प्रकार की होती है -

(i) Path line - Path line Fluid Flow में किसी Fluid particles के path को represent करती है।

path line एक ही Fluid में different हो सकती है।

Path line.

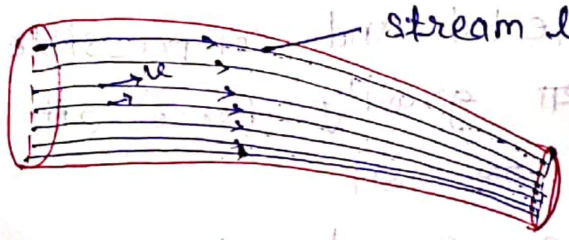
(ii) Stream line -

Stream line एक imaginary line होती है जो Fluid के अन्दर Flow को represent करती है। इन lines के किसी point पर tangent के द्वारा Fluid की velocity ज्ञात कर सकते हैं।

Stream lines कभी दूसरी stream line को cut नहीं करती। ये spacing velocity के inversly होता है।

eqn of stream line in three dimensional Flow

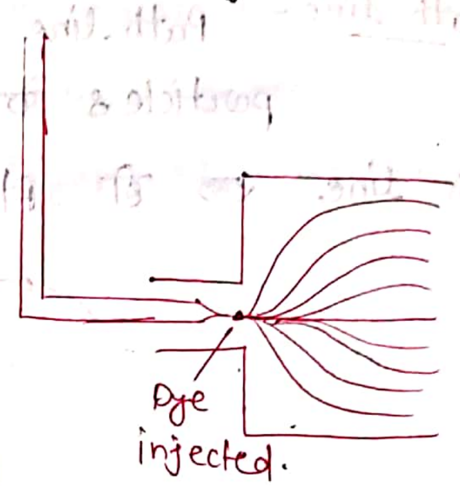
$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w}$$



(iii) streak line-

streak lines वह curve होते हैं जो fluid flow की initial picture को represent करते हैं। जब वह fluid किसी given point से pass होता है।

Example- path taken by smoke coming out the chimmeny.



BERNOULLI'S THEOREM

Bernoulli Theorem conservation of mechanical energy पर आधारित है।

assumption-

1. The fluid is ideal
2. Flow is steady
3. The flow is incompressible
4. The flow is irrotational.

Bernoulli theorem, Flow के उस reason के लिए valid है जहाँ viscous effected and compressible effected की value नगण्य हो या gravity force और pressure force की तुलना में बहुत कम हो।

Bernoulli equation Boundry layer reason or wake reason के लिए valid नहीं है।

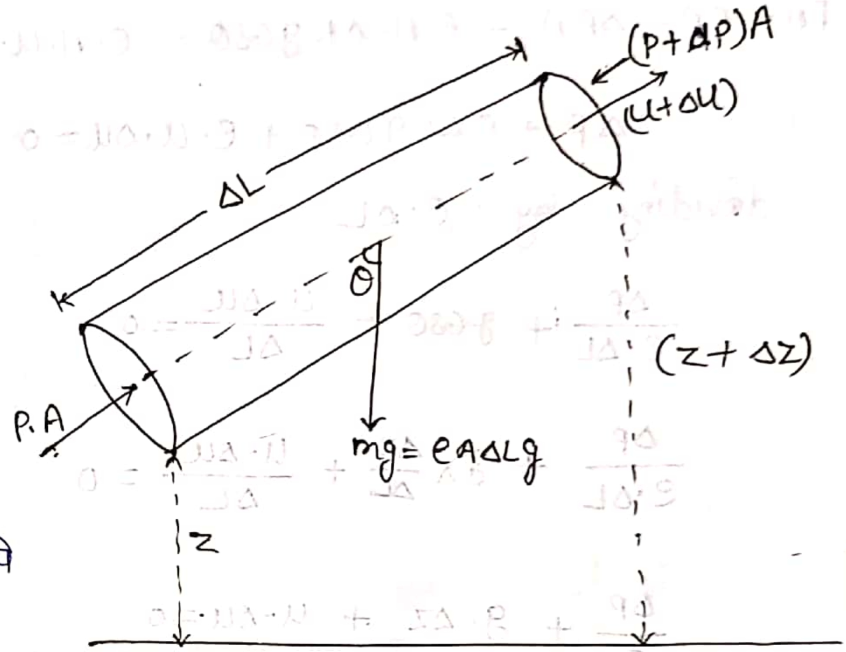
Scanned with CamScanner

Statement -

The sum of kinetic energy, potential energy and flow energy [All per unit mass] of a fluid particles is constant along a stream line during steady flow when compressiblity and fraction ~~effect~~ effect are zero (0).

proof -

माना एक Fluid stream line Flow में है और इस Flow में gravity Force और pressure Force केवल consider किये गये हैं।



माना एक fluid element [Along stream line] fluid element जिसकी length ΔL और constant cross sectional area A है इस Fluid element को उपरोक्त Figure में दर्शाया गया है।

माना Fluid element के entrance पर velocity u तथा pressure P है और fluid element के downstream [Exhaust] पर velocity (u+Δu) और pressure (P+ΔP) है।

The force acting on the fluid element are

1. Pressure force [P.A] in the direction of flow
2. Pressure Force (P+ΔP).A in the opposite direction of Flow
3. Weight of element [ρ.A.ΔL.g]

Force Balance arround Fluid element [Newton's second law of motion].

Net force on Fluid element eq = Rate of change of momentum.

$$PA - (P+\Delta P)A - \rho \cdot A \cdot \Delta L \cdot g \cos\theta = \frac{d}{dt}(m \cdot \Delta u)$$

$$PA - PA - \Delta P \cdot A - \rho \cdot A \cdot \Delta L\, g \cos\theta = \rho \cdot A \cdot u \cdot \Delta u$$

$$\Delta P + \rho \Delta L g \cos\theta + \rho \cdot u \cdot \Delta u = 0$$

deviding by $\rho \cdot \Delta L$

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot \Delta L} + g \cos\theta + \frac{u \cdot \Delta u}{\Delta L} = 0$$

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot \Delta L} + g \times \frac{\Delta z}{\Delta L} + \frac{u \cdot \Delta u}{\Delta L} = 0$$

$\left\{ \text{From figure } \cos\theta = \frac{\Delta Z}{\Delta L} \right\}$

$$\frac{\Delta P}{\rho} + g \cdot \Delta z + u \cdot \Delta u = 0$$

$$\boxed{\frac{dP}{\rho} + g \cdot dz + u \cdot du = 0} \quad \text{--- (1)}$$

equation (1) represent euler theorem (equation) of motion

Integrating eqn (1)

$$\int \frac{dP}{\rho} + \int g \cdot dz + \int u \cdot \Delta u = 0$$

$$\frac{P}{\rho} + g \cdot z + \frac{u^2}{2} = \text{constt}$$

deviding by g.

$$\frac{P}{\rho g} + z + \frac{u^2}{2g} = \text{Constt}$$

$$\boxed{\frac{P}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + z = \text{Constt}} \quad \text{--- (2)}$$

Scanned with CamScanner

equation ③ represent Bernoulli theorem (equation).

Here $\frac{P}{\rho g}$ = pressure energy per unit weight of Fluid [pressure head] [Unit meter]

$\frac{u^2}{2g}$ = kinetic energy per unit weight of Fluid [kinetic head] [unit meter]

z = Potential energy per unit weight of Fluid [Potential head] [unit meter]

Other Form of Bernoulli equation-

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{Constant}$$

Static pressure, kinetic pressure, Hydrostatic pressure

Sum of static pressure & Dynamic pressure is called stagnation pressure.

Eqn. (3) represent Bernoulli statement in term of pressure [Total pressure along a stream line is constant].

Total Pressure-

Total pressure = Static Press^n. + dynamic Press^n. + Hydrostatic press^n.

Term $\frac{P}{\rho}$ is called pressure energy or flow energy.

Term $\frac{v^2}{2}$ is called kinetic Energy

Term gZ is called Potential Energy.

Scanned with CamScanner

Other form of Bernoulli theorem–

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{constant}$$

Press. Head + Kinetic Head + Potential Head

The sum of pressure head, kinetic head and potential head is constant along stream line.

$\left(\frac{P}{\rho g} + z\right)$ is called piezomatric Head.

Kinetic Energy Correction

हम जानते हैं कि किसी chennel में जब कोई fluid flow होता है तो उसके प्रत्येक particles या layer की velocity different होती है। pipe case में pipe के centre पर fluid की velocity maxi. तथा surface पर velocity zero होती है। velocity profile के कारण actual velocity and Avrage velocity में कुछ difference आता है। इस ~~कारण~~ difference को correct करने के लिये एक correction factor 'α' Interduce किया गया। इस corrector factor को kinatic Energy correction factor कहते हैं

kinetic Energy Turms को $\frac{\alpha v^2}{2}$ से Replace करते है। α की laminar flow के लिये value 2, Turbulent flow के लिये [1.1 — 1.4] तक होती है।

Kinetic Energy correction factor is defined as the ratio of kinetic energy of fluid on base on actual velocity to kinetic energy base on average velocity.

$$\alpha = \frac{K\cdot E \text{ Based on actual velocity}}{K\cdot E \text{ Based on average velocity}}$$

Correction for Fluid Friction.

हम जानते हैं कि Real Fluid में viscosity present होती है। viscosity के कारण fraction कार्य करते हैं। जिसके कारण energy loss होता है। इन losses को h_f के द्वारा calculate करते हैं।

h_f is energy losses per kg of fluid.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2} + z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2} + z_2 + h_f \quad \text{--- (1)}$$

Eqn (1) is Applicable for real fluids.

Limitation of Bernoulli Theorem—

1. steady flow
2. viscous effect zero.
3. No shaft work
4. Incompressible flow
5. Heat Transfer zero
6. flow along stream line.

Measurement of Fluid Flow

OR— Application of Bernoulli's Theorem :—

chemical Industry में Fluid flow को measure करने के लिये निम्न flow meter का use किया जाता है।

Flow meters को Two भागों में devide किया गया है।

1. Variable Head Meter
2. Variable Area Meter

Scanned with CamScanner

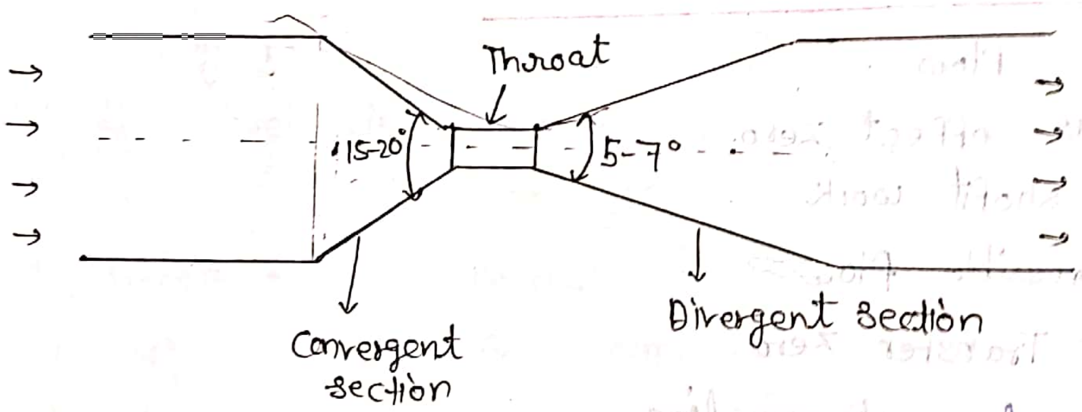
1. Variable Head Meter -

Variable head meter में head के आधार पर Discharge को measure किया जाता है। इसमें Vanturimeter & orifice meter devices आती हैं।

2. Variable Area Meter -

Variable area meter में area continous change होता है। परन्तु उस section का pressure drop constant रहता है। इस principle के आधार पर Discharge measure किया जाता है। इसमें Rotameter Devices आती है।

Venturimeter



venturimeter एक variable head meter है। जिसका use pipe में fluid के flow को measure करने में किया जाता है।

Principle -

Venturimeter Bernoulli theorem पर Based है। यहा venturimeter के cross sectional area में pressure diff. area के Reduce होने के कारण measure करते हैं और इस pressure difference की help से Fluid का Discharge measure करते हैं

construction - Venturimeters के Three parts होते हैं।

1. Convergent section.
2. Throat
3. Divergent section.

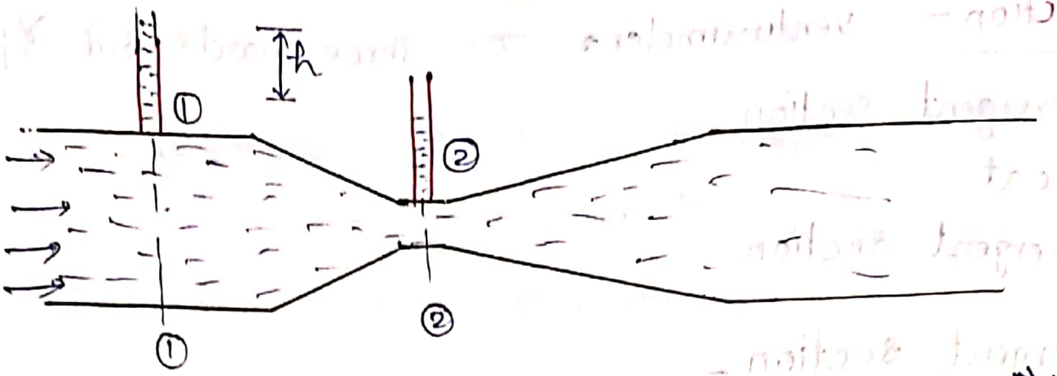
1. Convergent section -

Convergent section fluid की up stream पर लगा रहता है। इसका एक सिरा pipe से connect रहता है तथा दूसरा सिरा Throat से connect रहता है।
convergent section का cone angle 15° - 20° तक होता है। इस section में pressure energy, kinetic Energy में convert होती है।

2. Throat -

Throat section एक cylindrical section होता है। जिसका cross sectional area minimum होता है। Throat का diameter pipe के diameter के 1/3 से 3/4 तक vary करती है। most ly throat का diameter pipe के diameter के 1/2 use किया जाता है।

3. Divergent section :- यह section fluid की down stream पर लगा रहता है। इसका एक सिरा Throat से तथा दूसरा सिरा pipe से connect रहता है।
Divergent section का cone angle - 5-7° होता है। इस में kinetic energy, pressure energy में convert होती होती है। इस section द्वारा लगभग 90% pressure energy recovery की जाती है।



माना कोई venturimeter Horizontal pipe में Fit है और इससे कोई Fluid Flow हो रहा है।

Let d_1 = diameter at inlet (section -1)

P_1 = Pressure at section -①

V_1 = velocity at section -1

A_1 = Area at section -① & $\frac{\pi}{4}d_1^2$

d_2, P_2, V_2, A_2 are corresponding value at section-②

Apply Bernoulli theorem (equation) at section-① & section -②

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

For Horizontal pipe

$$Z_1 = Z_2$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

$$\boxed{V_2^2 - V_1^2 = 2gh} \quad -①$$

$$\left\{ \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = h \right\}$$

Scanned with CamScanner

Applying continuity equation at section ① & section ②

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{A_2 V_2}{A_1}$$

from eqn. ①

$$V_2^2 - \left(\frac{A_2 V_2}{A_1}\right)^2 = 2gh$$

$$V_2^2\left[1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}\right] = 2gh$$

$$V_2^2\left[\frac{A_1^2 - A_2^2}{A_1^2}\right] = 2gh$$

$$\boxed{V_2 = \frac{A_1\sqrt{2gh}}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}}} \quad ②$$

eqn ② represent theortical discharge for venturimeter actual discharge is less than theortical discharge.

$$\boxed{Q = \frac{C_d\, A_1 A_2\sqrt{2gh}}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}}}$$

Here C_d = coefficient of discharge.

Note- C_d की value हमेशा 1 से कम होती है। Well design venturimeter के लिये इसकी value 0.98 होती है और largers size के लिये इसकी value ज्यादा होती है।

coefficient of discharge is define as the ratio of actual discharge to theortical discharge.

$$C_d = \frac{Q_{actual}}{Q_{theortical}}$$

Value of h given by differential U-Tube Manometer:

Case-1- माना differential manometer में present Manometer fluid की density pipe में flowing fluid की density से अधिक है।

$$h = x\left[\frac{\rho_h}{\rho_o} - 1\right]$$

Here- x = difference of manometric fluid level

ρ_h = density of manometer fluid

ρ_o = density of following fluid

Case-II- If differential manometer में present manometer fluid की density flowing fluid की density से कम है। तब

$$h = x\left[1 - \frac{\rho_l}{\rho_o}\right]$$

Here- ρ_l = density of lighter fluid

ρ_o = density of operating fluid.

Case-III- Inclined venturimeter with differential manometer contain heavy fluid

$$h = \left(\frac{P_1}{\rho g} + Z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\rho g} + Z_2\right) = x\left(\frac{\rho_h}{\rho_o} - 1\right)$$

Scanned with CamScanner

Case IV - Inclained venturimeter with differential U-tube manometer contain lighter fluid.

$$h = \left(\frac{P_1}{\rho g}+Z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\rho g}+Z_2\right) = x\left[1-\frac{\rho_l}{\rho_0}\right]$$

Advantage of Venturimeter–

1. High pressure recovery.
2. High accuracy over wide flow ranges.
3. Venturimeter का use compressible & Incompressible fluid. के लिये कर सकते हैं।
4. venturimeter का use small pressure head के लिये किया जाता है।
5. less Power loss.

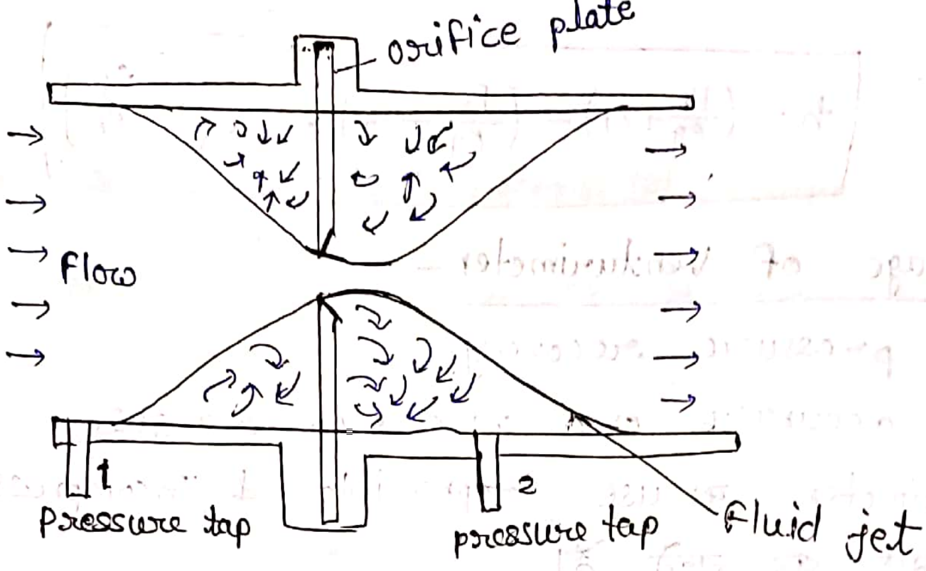
Disadvantage of Venturimeter–

1. venturimeter की construction complex & Expensive है।
2. venturimeter का use high viscous slurries के लिये नहीं कर सकते हैं।
3. इसका use permanent installations के लिये कर सकते हैं।

pressure Recovery in Venturimeter.

Venturimeter में pressure recovery divergent section के द्वारा की जाती है। इस section में लगभग 98% pressure energy को recovery किया जाता है। Only 2% Energy loss होती है।

ORIFIC METER



Orifice meter के द्वारा किसी pipe में liquid का discharge measure किया जाता है। Liquid के discharge measure करने की यह cheapest device है।

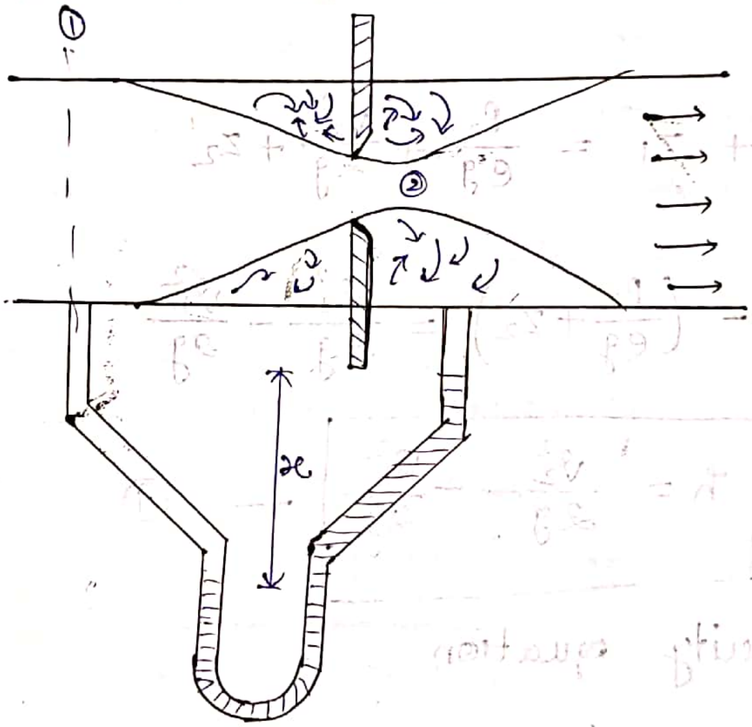
Principle- Orifice meter Bernoulli theorem पर आधारित है या इस device में cross sectional area घटने के साथ pressure difference को measure किया जाता है और इस pressure difference की help से pipe के discharge को measure किया जाता है।

construction-
Orifice meter में एक simple plate circular plate होती है जिसके centre पर एक circular या अन्य किसी shape का hole होता है। जिसे orifice कहते हैं। pipe और orifice संकेन्द्रीय (concentric) होते हैं। Orifice hole का diameter pipe के diameter के 0.2 – 0.85 गुना तक होता है। Generally orifice का diameter pipe के diameter के 0.5 गुना के equal होता है। Orifice plate की thickness pipe के diameter के 0.05 गुना के equal या less होती है।

Scanned with CamScanner

Orifice की एक edge sharpe होती है। जिसका bevel angle 30 – 45° तक होता है। Orifice plate mostly stainless steel की बनी होती है।

✓Orifice plate के around pressure difference measure करने के लिए एक manometer installed करते हैं। जिसका एक arm upstream पर orifice plate से लगभग 1.5 – 2.0 times of pipe diameter distance दूर होती है। और इसका दूसरा सिरा vena contracta पर होता है।



Vena Contracta – (Jet) -

Vena Contracta or jet orifice plate के आगे वह minimum area होता है। जिससे fluid flow होता है। इस minimum area पर velocity maximum, kinetic energy maximum & pressure energy minimum होती है।

Vena contracta is defined as

$$C_c = \frac{a_2}{a_0}$$

Here C_c = Coefficient of contraction

a_2 = Area of vena contracta

a_0 = Area of orifice

C_c की value orifice के hole ~~पर depend~~ के dia. पर depend करती है।

C_c की value हमेशा 1 से कम होती है।

Expression for orifice meter -

Applying Bernoulli theorem at section ① and section ②

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

$$\left(\frac{P_1}{\rho g} + Z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\rho g} + Z_2\right) = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\boxed{h = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}} \longleftarrow ①$$

from continuity equation

$$Q = a_1 V_1 = a_2 V_2$$

$$a_1 V_1 = C_c \cdot a_0 V_2$$

$$V_1 = \frac{C_c \cdot a_0 V_2}{a_1} \longleftarrow ②$$

from eq^n ① & eq^n ②.

$$h = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{C_c^2 \cdot a_0^2 \cdot V_2^2}{a_1^2 \cdot 2g}$$

$$h = \frac{V_2^2}{2g}\left[1 - \frac{C_c^2 \cdot a_0^2}{a_1^2}\right]$$

Scanned with CamScanner

$$2gh = V_2^2\left[\frac{a_1^2 - C_c^2 \cdot a_0^2}{a_1^2}\right]$$

$$V_2 = \frac{a_1\sqrt{2gh}}{\sqrt{a_1^2 - C_c^2 \cdot a_0^2}}$$

Discharge $Q = C_c \cdot a_0 V_2$

$$= \frac{C_c \cdot a_0 \cdot a_1\sqrt{2gh}}{\sqrt{a_1^2 - C_c^2 \cdot a_0^2}}$$

orifice meter में friction losses को consider करने पर kinetic energy correction factor α_1, α_2 और coefficient of contruction के कारण energy loss होता है। इन तीनों factors को remove करके एक new coefficient को interduce कराया। जिसकी सहायता से fraction losses को consider किया जाता है। इस new coefficient को coefficient of orifice meter या coefficient of discharge कहते हैं।

$$\boxed{Q = \frac{C_d \cdot a_0 a_1\sqrt{2gh}}{\sqrt{a_1^2 - a_0^2}}} \quad (3)$$

eqn. (3) represent discharge eqn. for orifice meter.

Advantage of orifice meter—

1. इसकी बनावट simple होती है और यह सबसे सस्ती device है।
2. इसे आसानी से install किया जा सकता है।
3. इसको सभी types के differential manometer के साथ use किया जा सकता है।

Disadvantage of Orifice meter –

1. इस equipment में pressure recovery poor होती है।
2. Orifice meter को slurries type fluid के साथ use नहीं कर सकते।
3. Orifice meter से accurate reading प्राप्त नहीं होती है।

Pressure Recovery in Orifice meter –

हम जानते हैं Orifice meter के लिये coefficient of discharge की value लगभग 0.61 होती है। इस value के आधार पर हम कह सकते हैं कि इस equipment में लगभग 60% pressure energy की recovery होती है। और 40% pressure energy recover नहीं हो पाती है। यह energy losses C_c और kinetic energy correction factor पर depend करते हैं।

Orifice meter (plate) के around लगभग 73% pressure energy का loss होता है।

PITOT TUBE

Pitot tube वह device है जिसके द्वारा Local velocity या point velocity fluid के अन्दर impact pressure और static pressure के बीच difference ज्ञात करके measure कर सकते हैं। जबकि venturimeter & orifice meter के द्वारा हम average velocity ज्ञात कर सकते हैं।

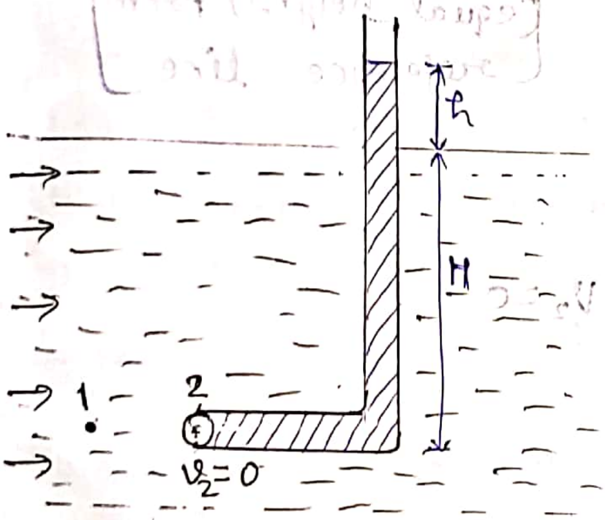
Pitot tube का use open channel & closed channel दोनों के लिये किया जा सकता है।

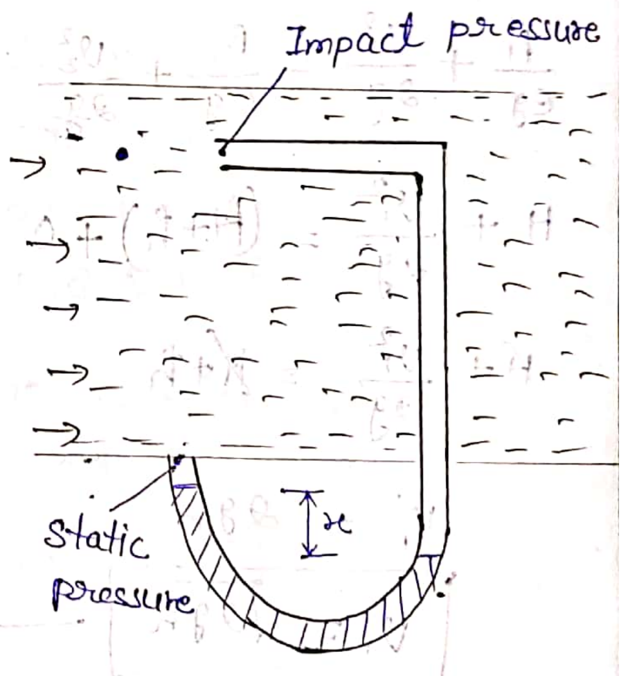
Scanned with CamScanner

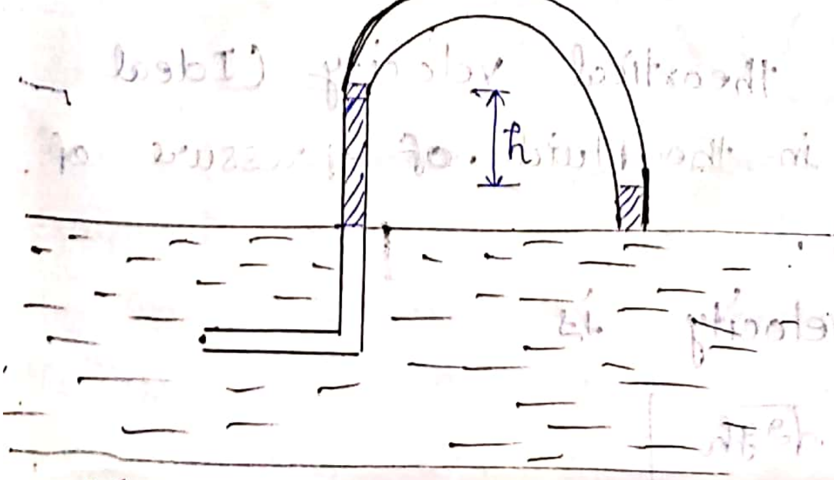
Principle -

Pitot tube का Basic principle Bernoulli theorem है। दूसरे शब्दों में हम fluid के अन्दर किसी particular point पर fluid की velocity zero कर देते हैं और इस point को stagnation point (स्थिर point) कहते हैं। stagnant point पर velocity kinetic energy, pressure energy में completely convert हो जाती है। इस increase pressure Energy की help से इस point पर velocity ज्ञात कर सकते हैं।

Working and construction -







Scanned with CamScanner

Pitot tube एक कांच की L- shape की tube होती है। इस tube की छोटी arm की opening Flow की direction में रखी जाती है। जिससे Fluid इस tube के अन्दर जा सके। Tube को Flow की direction में रखते ही tube में Fluid h height rise कर जाता है।

Applying Bernoulli theorem point ① & ②

point ② is called stagnation point $(V_2 = 0)$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

we know that $Z_1 = Z_2$ [equal height from reference line]

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$H + \frac{V_1^2}{2g} = (H + h) + 0 \qquad | V_2 = 0$$

$$H + \frac{V_1^2}{2g} = H + h$$

$$V_1^2 = 2gh$$

$$\boxed{V_1 = \sqrt{2gh}} \quad \text{——— ①}$$

equation ① represent theortical velocity (Ideal velocity) at point ① in absence of friction in the fluid.

Then actual point velocity is

$$\boxed{V_1 = C_v \cdot \sqrt{2gh}}$$

Here C_v = Co-efficient of pitot tube
(coefficient of velocity)

coefficient of pitot tube is defined as the ratio of actual velocity of the fluid to the theartical velocity of the fluid at same point.

$$C_v = \frac{V_{actual}}{V_{theortical}}$$

C_v की value हमेशा 1 से कम होती है। ($C_v < 1$)

Pitot tube का use velocity distribution ज्ञात करने के लिये भी कर सकते हैं

Pitot tube की help से Laminar flow + Turbulent flow में maximum velocity centre पर ज्ञात कर सकते हैं।

Laminar flow में maximum velocity, average velocity की दुगुनी होती है। जबकि Turbulent flow में maximum velocity average velocity की 1.18 गुना होती है।

Transition reason में maximum velocity average velocity के 1.13 से 1.18 गुना होती है।

[Transition) Reason 4000 से 10000 तक]

ROTAMETER [Variable area meter]

Rotameter एक variable area meter Device है। इस equipment में area variable होता है और इस section के लिए pressure drop constant रहता है।

Variable area की help से liquid का flow rate measure किया जाता है।

Scanned with CamScanner

principle -

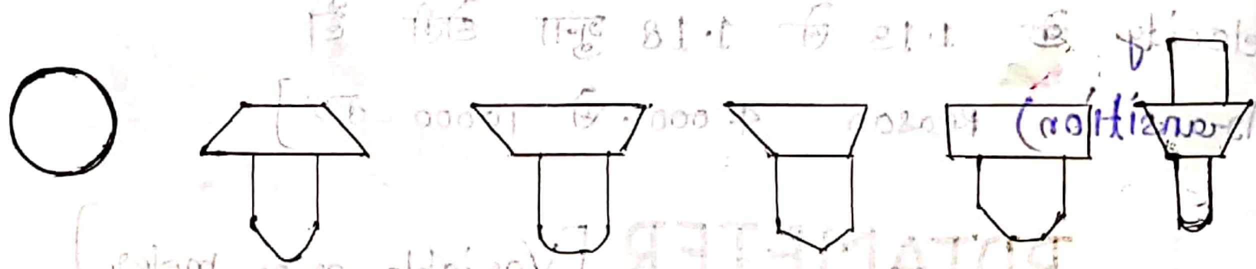
Pressure drop (orifice) Rota meter के around constant रहता है और area flow के सापेक्ष vary करता है। Area और flow को relate करके discharge measure करते हैं।

Construction -

Rotameter में एक tapered glass tube या tapered metal tube vertical frame में रहती है। इसका large सिरा ऊपर की ओर तथा छोटा सिरा नीचे की ओर होता है। दोनों सिरों पर perforated plate या screen float को arrest करने के लिये लगी रहती है।

Tapered tube के centre पर एक guide wire लगा रहता है और इसमें float guide wire के सहारे ऊपर नीचे move करता है। Float mostly corrasion less material का बना रहता है। [Stainless steel, Alumminium, Nickle, Bronze, plastic, Rubber etc.]

Float Material flow range पर depend करता है। Float ~~spa~~ shape निम्न होती है।



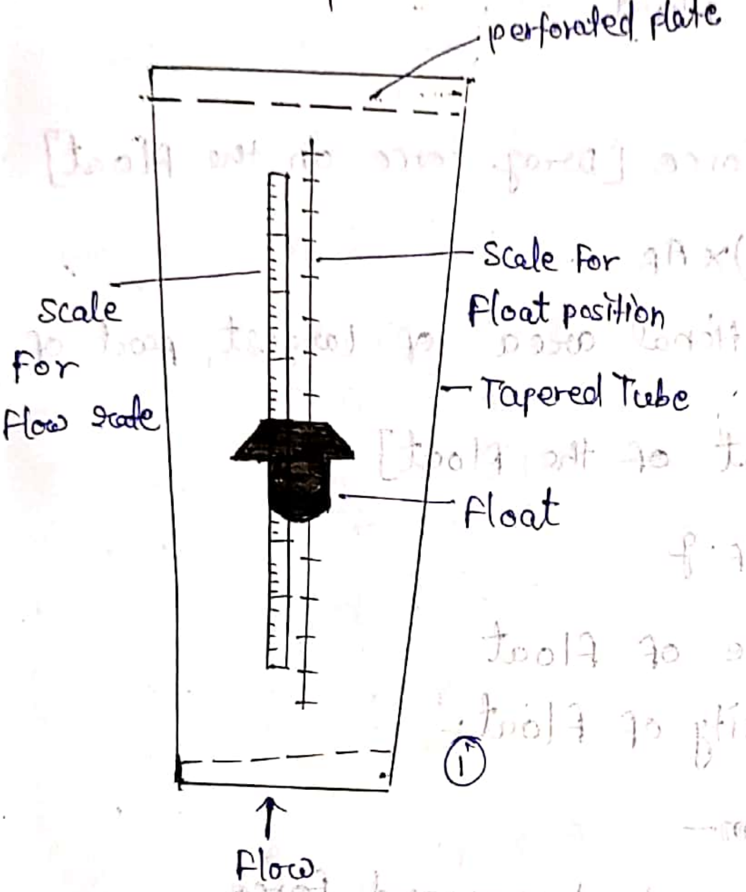
Float एक indicating element है। इसकी reading हमेशा large cross sectional area वाली edge से करनी जाती है।

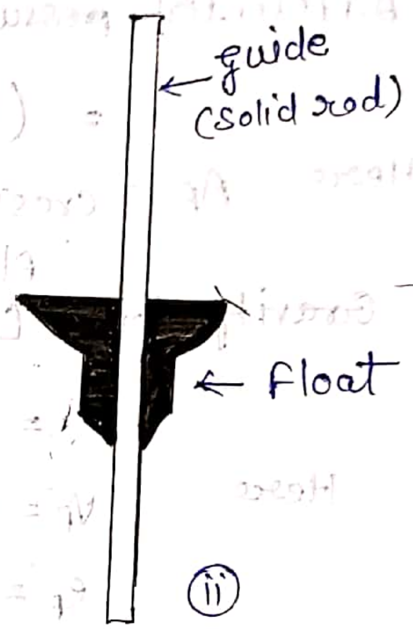
Working -

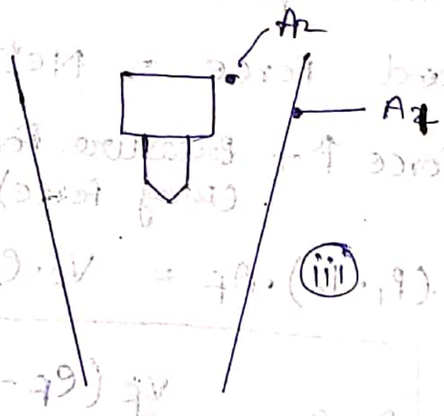
Rotameter में जब ~~flow~~ liquid flow होता है तो liquid के सहारे float ऊपर की ओर move करने लगता है।

Scanned with CamScanner

और कुछ move करके equillibrium में आ जाता है। Equillibrium condition में वह एक स्थान पर रहकर vibrate करता रहता है। Flow rate कम या ज्यादा होने पर वह दुबारा से ऊपर या नीचे move करता है और पुन: equillibrium reach करता है।







Flow equation for Rotameter:-

For given flow rate let P_1 and P_2 be the pressure across the float at its equillibrium.
At equillibrium condition the force acting on float are -

1. Buoyancy force –

Bouyancy force of the liquid acting to lift the float $= V_f \rho g$.

Here – V_f = volume of float

ρ = density of fluid

g = gravity

(2) Differential pressure force [Drag force on the float]

$= (P_1 - P_2) \times A_f$

Here A_f = cross sectional area of largest part of float.

(3) Gravity force [weight of the float]

$= V_f \cdot \rho_f \cdot g$

Here V_f = volume of float

ρ_f = density of float.

For dynamic equilibrium –

Net upward force = Net downward force

Bouyancy force ↑ + Pressure force ↑ (Drag force) = Gravity force

$V_f \cdot \rho \cdot g + (P_1 - P_2) \cdot A_f = V_f \cdot \rho_f \cdot g$

$$P_1 - P_2 = \frac{V_f(\rho_f - \rho)g}{A_f} \quad \text{—— (1)}$$

eqn. (1) represent pressure drop is constant. Let the area of annulus between float and wall of the tube be A_2 at a certain location of the float and the ~~pressure~~ cross-sectional area of the

Scanned with CamScanner

Tube at that location be A_1

Annulus diameter $= D_1 - D_F$

Here - D_F = Diameter of largest portion of the float

D_1 = Diameter of tube at float location.

Annulus area (A_2)

$$A_2 = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - D_F^2)$$

We know that

$$Q = \frac{C_d A_1 A_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}}$$

$$= \frac{C_d \cdot A_2 \cdot \sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

Here $h = \frac{P_1 - P_2}{\rho g}$

$$h = \frac{V_F \cdot (\rho_F - \rho) g}{A_F \cdot \rho g}$$

$$h = \frac{V_F \cdot (\rho_F - \rho)}{A_F \cdot \rho}$$

then

$$Q = \frac{C_D \cdot A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot V_F \cdot (\rho_F - \rho)}{A_F \cdot \rho}}$$

$$\boxed{Q = \frac{C_D \cdot A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot V_F}{A_F} \cdot \frac{(\rho_F - \rho)}{\rho}}} \quad (2)$$

Scanned with CamScanner

eqn. ② represent discharge through Rotameter

velocity given by

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$V_2 = \frac{C_D}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2gV_F}{A_F} \cdot \frac{(\rho_F-\rho)}{\rho}}$$

mass flow rate is given by

$$m^o = \rho \cdot Q$$

$$m^o = \frac{\rho \cdot C_D \cdot A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot V_F}{A_F} \cdot \frac{(\rho_F-\rho)}{\rho}}$$

$$\boxed{m^o = \frac{C_D \cdot \rho \cdot A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2gV_F}{A_F} \cdot \frac{(\rho_F-\rho)}{\rho}}} \quad \text{—③}$$

Here C_D = Co-efficient of discharge of Rotameter

इसकी value Float के shape और Reynold number पर depend करती है।

Find the Density of Float -

we know that

mass flow rate is given that

$$m^o = \frac{C_D \cdot \rho A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot V_F}{A_F} \cdot \frac{(\rho_F-\rho)}{\rho}}$$

$$\frac{dm^{\circ}}{de} = 0$$

$$\frac{d}{de}\left[\frac{C_D \cdot e \cdot A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2gV_F}{A_F} \cdot \frac{(e_F - e)}{e}}\right] = 0$$

$$\frac{d}{de}\left[\sqrt{\frac{e^2(e_F - e)}{e}}\right] = 0$$

$$\frac{d}{de}\left[\sqrt{e(e_F - e)}\right] = 0$$

$$\frac{d}{de}\left[\sqrt{e \cdot e_F - e^2}\right] = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{e e_F \cdot e^2}} \cdot (e_F - 2e) = 0$$

$$(e_F - 2e) = 0$$

$$\boxed{e_F = 2e}$$

Advantage of Rotameter –

1. Rotameter के द्वारा Liquid, gas और vapour तीनों का Flow rate low level पर measure किया जा सकता है।
2. Rotameter certain range के लिये viscosity से independent होता है।
3. Rotameter high accuracy होता है।

Disadvantage of Rotameter –

1. Rotameter को केवल vertical use कर सकते हैं।
2. इसका use high pressure के लिये कम किया जाता है।

Scanned with CamScanner

Difference between orifice meter and Venturimeter:

Orifice Meter	Venturimeter
1. Orifice की construction simple होती है।	2. venturimeter की construction complex होती है।
2. Orifice meter के लिये low space required होती है।	2. Venturimeter के लिए अधिक space required होती है।
3. Orifice meter सबसे सस्ती device है।	3. venturimeter expansive (महंगी) device है।
4. Orifice meter में orifice diameter को change कर सकते हैं।	4. Venturimeter में throat के diameter को change नहीं कर सकते हैं।
5. Orifice meter में pressure recovery poor होती है।	5. venturimeter में pressure recovery high होती है।
6. Orifice meter में C_d की value 0.61 होती है।	6. Venturimeter में C_d की value 0.98 होती है।
7. Orifice में power loss अधिक amount में होता है।	7. venturimeter में power loss small amount में होता है।
8. Orifice meter में minimum area vena contracta पर होता है।	8. venturimeter में minimum area throat पर होता है और vena contracta present नहीं होता है।
9. orifice meter के लिए C_c की value 1 कभी नहीं होती है।	9. Venturimeter के लिए C_c की value 1 होती है।
10. Orifice meter small pressure head के लिए use नहीं कर सकते।	10. venturimeter small pressure head के लिये use कर सकते हैं।

Scanned with CamScanner

Difference between variable head meter and variable area meter –

Variable Head Meter	Variable Area Meter
1. Variable head meters में area of flow constant रहता है और pressure drop flow rate के साथ varry करता है।	1. Variable area meters में pressure drop constant रहता है और area of flow, flow rate के साथ varry करता है।
2. Variable head meters के अन्तर्गत orifice meter, pitot tube, venturimeter आदि device आती है।	2. Variable area meter के अन्तर्गत Rotameter device आती है।
3. variable head meter की construction simple होती है।	3. Variable area meter की construction complex होती है।
4. यह relatively cheap device है।	4. यह relatively costly device है।
5. variable head meter, flow rate की direct reading नहीं देते हैं।	5. variable area meter flow rate की direct reading देते हैं।
6. Variable head meter को straight, inclained और vertical तीनों प्रकार से use कर सकते हैं।	6. variable area meter को केवल vertical use किया जाता है।

Yashverma
Yashpal Verma [C/E]

Scanned with CamScanner

Open channel :-

Flow in open channel is defined as the flow of liquid with a free surface and free surface having one atm pressure.

OR-

1. atm पर किसी passage में liquid flow को open channel कहते हैं।

open channel में flow channel के bed के slop के कारण होता है। इस flow में gravity force प्रबल रूप से work करता है।

Open channel में fluid flow का measurments निम्न devices से कर सकते हैं।:-

1. Rectangular Notch (weir)
2. Triangular Notch (V- Notch)
3. Trapezoidal Notch

Laminar flow and Turbulent flow in open channel:

we know that

Reynold Number :-

$$N_{Re} = \frac{\rho V R}{\mu}$$

Here

ρ = density of the fluid

v = mean velocity of fluid

μ = Dynamic viscosity of fluid

R = Hydrollic Radius or Hydrollic mean depth.

Hydrollic Radius :-

$$\text{Hydrollic Radius} = \frac{\text{cross section area of flow Normal to the direction of flow}}{\text{wetted perimeter.}}$$

Scanned with CamScanner

Hydrollic Radius:-

$$\text{Hydrollic Radius} = \frac{\text{cross section area of flow Normal to the direction of flow}}{\text{Wetted Perimeter}}$$

यदि open flow में flow laminar है तो उसके लिये Reynold Number की value 500 या 600 से कम होती है। यदि flow turbulent है तो Reynold Number की value 2000 से अधिक होती है। 600 और 2000 के बीच में Transition flow होता है।

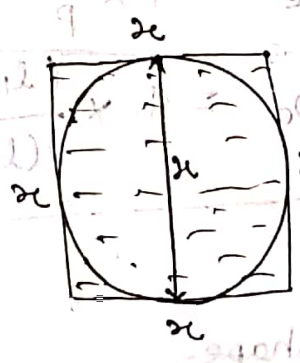
Equivalent Diameter:-

Equivalent diameter का use non-circular pipe के लिए किया जाता है।

Equivalent Diameter = 4 × Hydrollic Radius

Imp. 2019

1. Shape for a square pipe or channel with a side of x



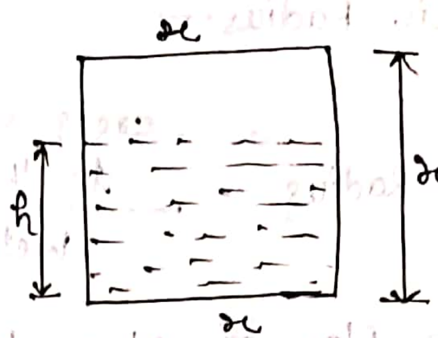
$$De = 4 \times r_H$$

$$De = 4 \times \frac{A}{P}$$

$$De = 4 \times \frac{x^2}{4x}$$

$$\boxed{De = x}$$

2. Shape -

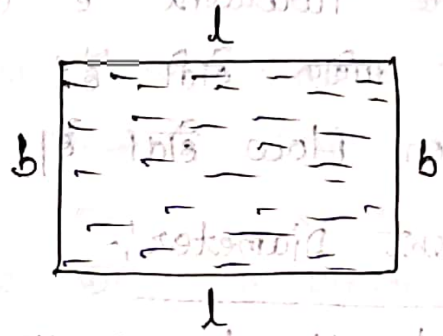


$$De = 4 \times r_H$$

$$= 4 \times \frac{A}{P}$$

$$\boxed{De = 4 \times \frac{x^2}{2h + x}}$$

3. Shape -



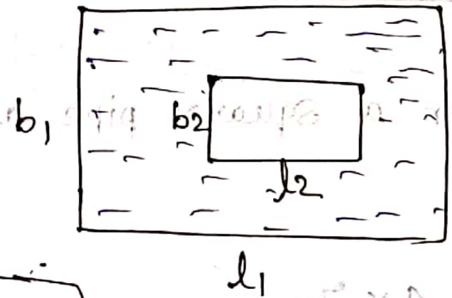
$$De = 4 \times r_H$$

$$De = 4 \times \frac{A}{P}$$

$$De = 4 \times \frac{lb}{2(l+b)}$$

$$\boxed{De = \frac{2lb}{l+b}}$$

4. Shape

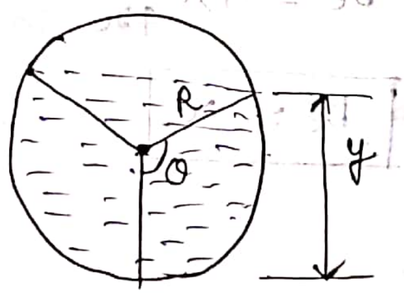


$$De = 4 \times r_H$$

$$De = 4 \times \frac{A}{P}$$

$$\boxed{De = 4 \times \frac{(l_1 b_1 - l_2 b_2)}{2(l_1 + b_1) + 2(l_2 + b_2)}}$$

5. Shape -



Scanned with CamScanner

Notch -

Notch वह device है जिसके द्वारा open channel (small channel या Tank) में liquid का flow rate measure किया जाता है।

Notch tank या channel की एक side में बनी वह opening है जिससे liquid का flow होता है और यह opening liquid surface से हमेशा above रहती है।

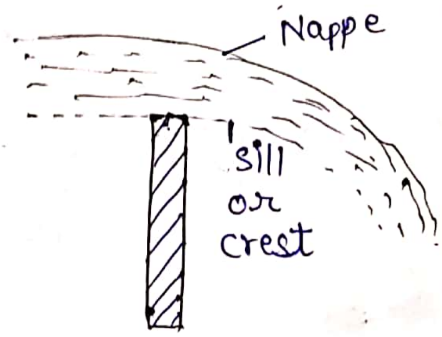
Weir —

Weir concksceate का बना वह structure या wall होती है जिसके ऊपर से liquid flow होता है। Weir mostly क्रंक्रीट की बनी vertical दीवार होती है। इसका use large discharge measure करने में किया जाता है।

जबकि Notch metal की बनी होती है। इनकी use small discharge को measure करने में किया जाता है।

Nappe or Beine :-

The sheet of water flowing through a notch or over a weir is called Nappe

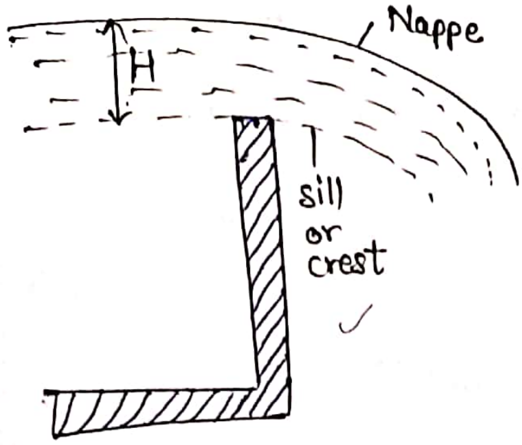


sill or Crest :-

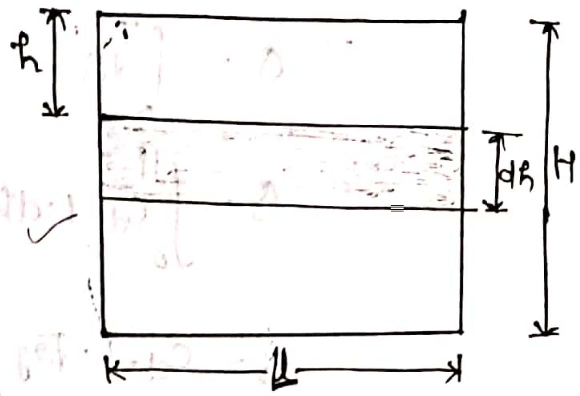
The bottom edge of Notch or top of a weir over which water flow is know sill or crest.

Discharge over a rectangular Notch or Weir :-

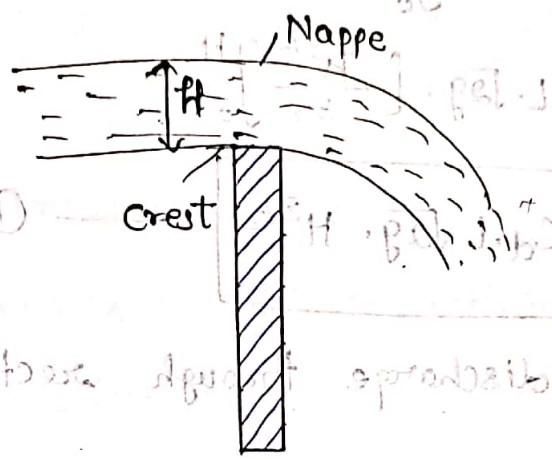
Rectangular Notch or Weir दोनों के लिए discharge का expression same होता है।



(a)



(b) section at crest



Rectangular weir और Notch open channel में water को carry करते हुए उपरोक्त figure में दिखाये गये हैं।

Let

H = Head of water over the crest

L = Length of Notch or weir

माना एक horizontal water strip जिसकी thickness Δh और Length L और free surface से depth h.

Area of strip = $L \cdot dh$

theortical velocity of water flow through strip

$$v = \sqrt{2gh}$$

Discharge (dQ) through the strip

dQ = C_d × Area of strip × Theortical velocity of water through the strip

$$dQ = C_d \times L\,dh \times \sqrt{2gh}$$

Total Discharge Q

$$Q = \int_0^H dQ$$

$$Q = \int_0^H C_d \cdot L \cdot dh \cdot \sqrt{2gh}$$

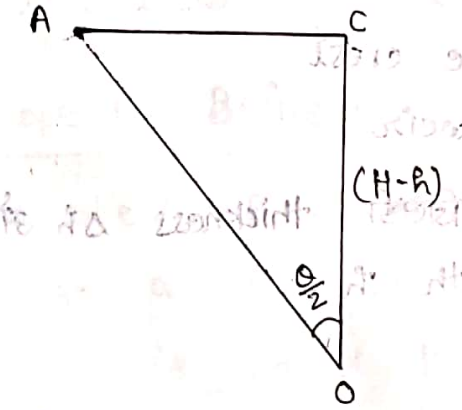
$$Q = C_d \cdot L \cdot \sqrt{2g} \int_0^H \sqrt{h} \cdot dh$$

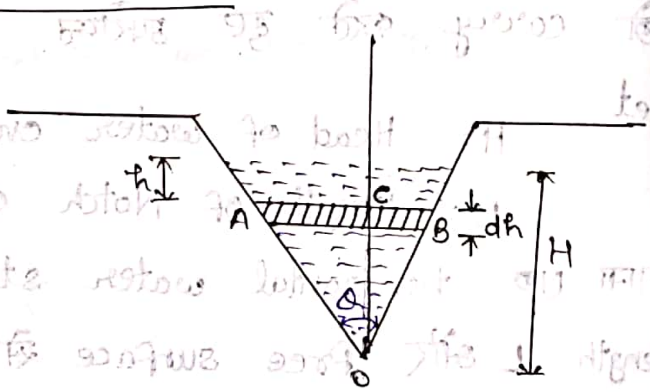
$$Q = C_d \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[\frac{h^{3/2}}{3/2} \right]_0^H$$

$$\boxed{Q = \frac{2}{3} C_d \cdot L \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}} \quad \text{—— (1)}$$

eqⁿ (1) represent discharge through rectangular Notch or weir.

Discharge over a Triangular Notch :-





उपरोक्त figure में एक V-Notch represent की गयी है। इससे water flow हो रहा है।

माना

H = Head of water above V-Notch

θ = Angle of Notch

माना एक horizontal water strip जिसकी thickness Δh तथा free surface से depth h

From figure OCA

$$AC = (H-h)\tan\frac{\theta}{2}$$

$$AB = 2 \times AC = 2 \times (H-h)\tan\frac{\theta}{2}$$

Area of strip

$$= 2 \times (H-h)\tan\frac{\theta}{2} \times dh$$

Maximum velocity (theoretical velocity) of water through strip.

$$v = \sqrt{2gh}$$

Discharge through strip.

dQ = Cd × Area of strip × theortical velocity through strip

$$dQ = C_d \times 2(H-h)\tan\frac{\theta}{2} \times dh \times \sqrt{2gh}$$

Total discharge through V- Notch

$$Q = \int_0^H dQ$$

$$Q = \int_0^H C_d \cdot 2(H-h)\tan\frac{\theta}{2} \cdot \sqrt{2gh} \cdot dh$$

$$Q = C_d \cdot 2\tan\frac{\theta}{2} \cdot \sqrt{2g}\int_0^H (H\sqrt{h} - h^{3/2})\, dh$$

$$Q = 2\, C_d \tan\frac{\theta}{2} \sqrt{2g} \cdot \left[\frac{2}{3}H^{5/2} - \frac{2}{5}H^{5/2}\right]$$

$$Q = 2\sqrt{2g} \cdot C_d \tan\frac{\theta}{2} \times \frac{4}{15} H^{5/2}$$

$$\boxed{Q = \frac{8}{15}\sqrt{2g} \cdot C_d \tan\frac{\theta}{2} \cdot H^{5/2}} \quad \text{— (1)}$$

eq^n (1) represent discharge through V- Notch.

Scanned with CamScanner

For a right angle V- Notch If $C_d = 0.6$
अर्थात् $\theta = 90°$

$$Q = \frac{8}{15} \times 0.6 \times \tan\frac{90°}{2} \times \sqrt{2 \times 9.81} \times H^{5/2}$$

$$\boxed{Q = 1.417 \times H^{5/2}}$$

Hydrollic coefficient -

Hydrollic coefficient तीन प्रकार के होते हैं-

1. coefficient of velocity (C_v) :-

It is defined as the ratio between the actual ~~dise~~ velocity of a jet of liquid at vena contracta and theortical velocity of Jet. It is denoted by C_v.

$$C_v = \frac{\text{Actual velocity of Jet at vena contracta}}{\text{Theortical velocity}}$$

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{2gh}}$$

Here V = Actual velocity

coefficient of velocity की value 0.95 से 0.99 तक varry करती है। C_v की value orifice के shape, size और liquid की head पर depend करती है। C_v की value mostly 0.98 use की जाती है।

2. coefficient of contraction (संकुचन) (C_c) :-

It is defined as the ratio of area of jet at vena contracta to area of orifice and it is denoted by C_c.

$$C_c = \frac{\text{Area of Jet at vena contracta}}{\text{Area of orific}}$$

$$\boxed{C_c = \frac{A_c}{A}}$$

where –
A_c = Area of vena contracta
A = Area of orifice

C_c की value 0.61 से 0.69 तक varry करती है। इसकी value shape, size और liquid के head पर depend करती है।
generally इसकी value 0.64 use की जाती है।

3. co-efficient of discharge :-

It is defined as the ratio of actual discharge from an orifice to the theortical discharge from an orifice and denoted by C_d

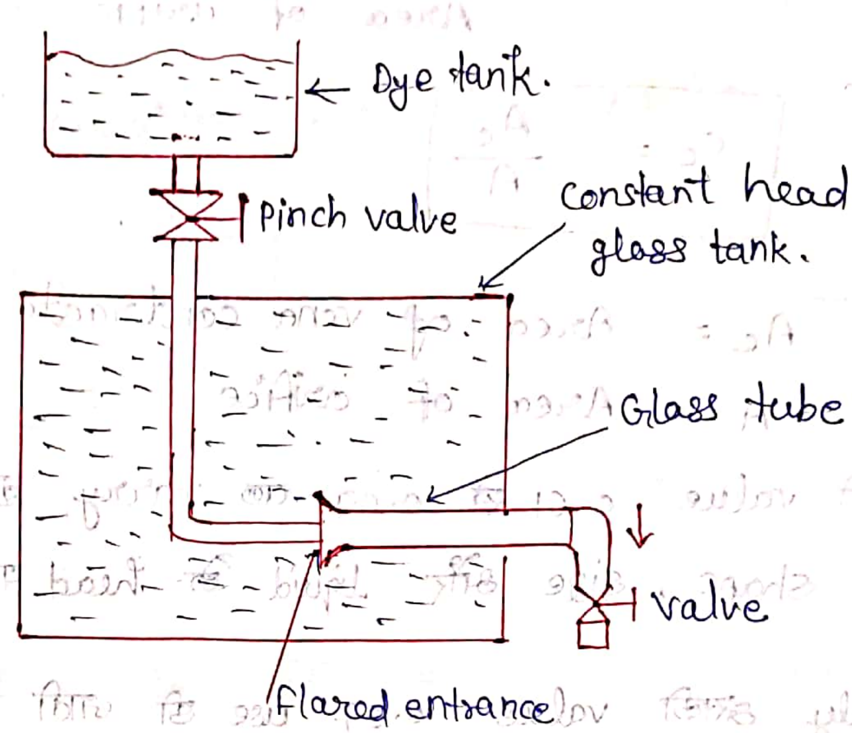
$$C_d = \frac{Q_{actual}}{Q_{theortical}} = \frac{A_c V}{A\sqrt{2gh}}$$

$$C_d = \frac{A_c}{A} \cdot \frac{V}{\sqrt{2gh}}$$

$$\boxed{C_d = C_c \cdot C_v}$$

C_d की value 0.61 से ~~0.69~~ 0.65 तक varry करती है।
generally इसकी value 0.62 ली जाती है।

Reynold Experiment :-



Flow के ~~इस~~ प्रकार से Reynold Number की value ज्ञात करते हैं। इस प्रकार Reynold Number ज्ञात करने के लिये Reynold ने एक apparatus दिया। जिसे Reynold apparatus कहते हैं। Reynold apparatus के निम्न भाग होते हैं -

1. Constant Water Head Tank
2. Small dye Tank
3. A glass tube जिसके एक सिरे पर dye tube बंधा दूसरे सिरे पर ~~Regualt~~ Regulating valve लगा रहता है।

यह तीनो भाग उपरोक्त figure में arrange हैं।
Regulating valve के द्वारा water के flow को कम या ज्यादा कर करते हैं।

Working के दौरान निम्न Result प्राप्त हुए -

1. जब water की velocity कम थी या valve की opening कम थी। तब glass tube में dye flament एक straight line जो glass tube के parallel थी। Represent होती है।

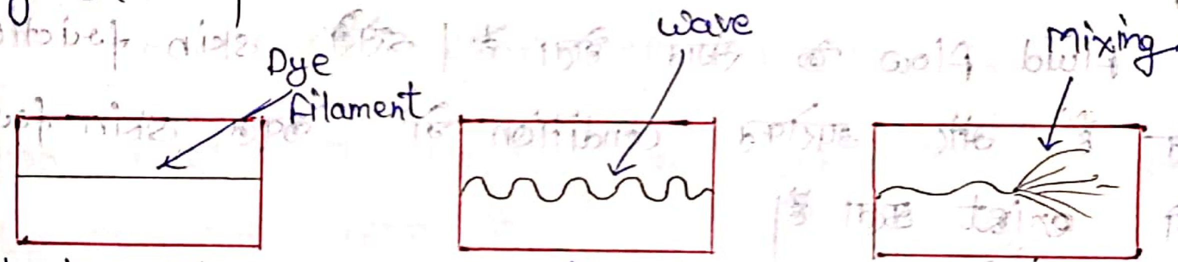
इस case में water का Flow laminar होता है।

2. Water ~~के case~~ की velocity increase करने पर dye filament straight line से waves में convert हो जाती है। इस condition को transition state कहते हैं।

3. Water की velocity और अधिक increase करने पर dye की wave water में defuse होने लगती है या mixe होने लगती है। यह case Turbulent flow को represent करता है।

Laminar flow में pressure head loss velocity के proposnal तथा turbulent flow में pressure head loss velocity के square के proposnal होता है। [यह result Reynold experiment के द्वारा represent किया गया।]

Exactly pressure head loss velocity की power n के proposnal होता है और n की value 1.5 से 2 तक varry करती है।



Laminar Flow   Transition Flow   Turbulent Flow

$$R_{Ne} = \frac{\rho D V}{\mu}$$

Relation Between skin friction and wall shear:-

According to Barnoulli theorem

$$\frac{P_1}{\rho} + g z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + g z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2} + h_f$$

for horizontal pipe

$$z_1 = z_2$$

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2} + h_f$$

P_1 given pipe line की upstream पर pressure को represent करता है और जबकि P_2 उसी pipe line के downstream पर pressure को represent करता है। माना pipe line की height व area equal है।

तब $v_1 = v_2$

$$\frac{P_1}{e} = \frac{P_2}{e} + h_f$$

Let $P_1 = P$ तथा $P_2 = P - \Delta P$

[we know that]

$$\frac{P}{e} = \frac{P - \Delta P}{e} + h_f$$

$$\boxed{h_f = \frac{\Delta P}{e}}$$

pipe में fluid flow के कारण pipe की दिवार और ~~liquid~~ fluid की skin में एक friction produce होता है जो fluid flow के संगत होता है। इसे skin friction कहते हैं और उपरोक्त condition में केवल skin friction ही ~~exist~~ मौजूद करता है।

$$\boxed{h_{fs} = \frac{\Delta P}{e}} \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{h_{fs}}{g} = \frac{\Delta P}{eg}$$

$$\boxed{h'_{fs} = \frac{\Delta P}{eg}}$$

where. h'_{fs} = head loss due to friction under gravity force.

we know that

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2\tau_w}{r_w} = 0$$

$$\Delta P = -\frac{2\tau_w \cdot \Delta L}{r_w} \quad \text{—— ②}$$

from eq^n ① & ②

$$h_{fs} = -\frac{2\tau_w \Delta L}{r_w \cdot \rho} \quad \text{—— ③}$$

$$h_{fs} = \frac{2\tau_w \cdot \Delta L}{r_w \cdot \rho} \quad \text{—— ③}$$

eq^n ③ represent wall shear and skin friction and Negative sign removed by pressure drop turm.
[$P_2 - P_1$ term is always Negative]

Fanning Friction Factor OR:- Friction factor [F].

Friction Factor का mostly use turbulent Flow की study में किया जाता है।
It is defined as the ratio of wall shear stress to product of kinetic energy of the fluid and density and denoted by small f.

$$f = \frac{\tau_w}{\frac{V^2}{2} \times \rho}$$

$$f = \frac{2\tau_w}{\rho \cdot V^2}$$

Scanned with CamScanner

friction factor की unit नहीं होती है या friction factor dimension less होता है।

$$\tau_w = \frac{f \cdot v^2 \cdot \rho}{2} \quad \text{--- (1)}$$

we know that

$$h_{fs} = \frac{2\tau_w \cdot \Delta L}{\rho \cdot r_w} \quad \text{--- (2)}$$

from eq^n (1) & (2)

$$h_{fs} = \frac{2 \times f \cdot v^2 \cdot \rho \times \Delta L}{2 \times \rho \times r_w}$$

$$h_{fs} = \frac{f v^2 \Delta L}{r_w}$$

$$h_{fs} = \frac{2 f v^2 \Delta L}{D} = \frac{4 f v^2 L}{2D} \quad \text{--- (3)}$$

eq^n (3) represent energy loss per unit calculate head loss due to friction is

$$h_{fs} = \frac{h_{fs}}{g} = \frac{4 f v^2 L}{2Dg}$$

from eq^n (3)

$$h_{fs} = \frac{4 f v^2 L}{2D}$$

$$\frac{\Delta p}{\rho} = \frac{4 f v^2 L}{2D}$$

$$\Delta p = \frac{4 \rho f v^2 L}{2D} \quad \text{--- (4)}$$

eq^n (4) represent pressure drop due to friction in a pipe for turbulent flow and this equation is known as fanning eq^n.

Head loss due to friction in laminar flow

Scanned with CamScanner

Head loss due to friction in laminar flow -

$$h'_{fs} = \frac{h_{fs}}{g}$$

$$= \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{32 \mu L v}{\rho g D^2}$$

We know that

$$u = \frac{\tau_w r_w}{4\mu}$$

$$u = \frac{\tau_w D}{8\mu} \quad \text{— (5)}$$

We know that

$$f = \frac{2\tau_w}{\rho u^2}$$

$$f = \frac{2\tau_w \times 64 \mu^2}{\rho \tau_w^2 \cdot D^2}$$

$$f = \frac{128 \mu^2}{\rho \tau_w \cdot D^2}$$

$$f = \frac{128 \mu^2}{\rho D^2 \cdot \frac{8 \mu v}{D}}$$

$$f = \frac{16\mu}{\rho D v} = \frac{16}{\frac{\rho D v}{\mu}} = \frac{16}{N_{Re}}$$

$$f = \frac{16}{N_{Re}} \quad \text{— 6}$$

eqn (6) represent friction factor in term of Reynold Number for laminar flow.

Scanned with CamScanner

Friction factor in Turbulent Flow:-

हम जानते हैं कि Turbulent Flow में eddies present होती हैं। eddies का means यह है कि a circular moment of fluid. Eddies various size की हो सकती है। यह तीनों direction में present होती है। eddies का Turbulent flow में important Roll होता है क्योंकि eddies के कारण different portion में mixing होती है जिसके कारण ~~head~~ heat and mass Transfer rate higher हो जाता है।

fanning friction factor is function of Reynald Number for turbulent flow through a smooth pipe is given by.

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = 4\log\left[N_{Re}\cdot\sqrt{F}\right] - 0.40 \quad \text{--- (1)}$$

eqn (1) represent Nikuradse equation. Nikuradse eqn. friction factor को trail and error की help से प्राप्त की गई है।

Turbulent flow में fanning friction factor की value दूसरे imperial द्वारा ज्ञात कर सकते हैं।

$$F = \frac{0.078}{(N_{Re})^{1/4}}$$

Effect of Roughness:-

अभी तक हमने Fluid की layer के बीच लगने वाले friction factor को consider किया था। परन्तु pipe की Roughness के कारण Fluid की energy में loss होता है। यदि pipe की surface smooth है तो Fluid layer और pipe के बीच minimum ~~loss हो~~ energy का loss होता है।

Scanned with CamScanner

जिस pipe में energy का loss minimum हो, उसे hydraulically smooth pipe कहते हैं। pipe में Roughness को define करने के लिये एक roughness parameter introduce किया गया।

A Roughness parameter is a Length representing the magnitude of surface roughness and denoted by 'K'

Relative roughness is the ratio of Roughness parameter to diameter of pipe

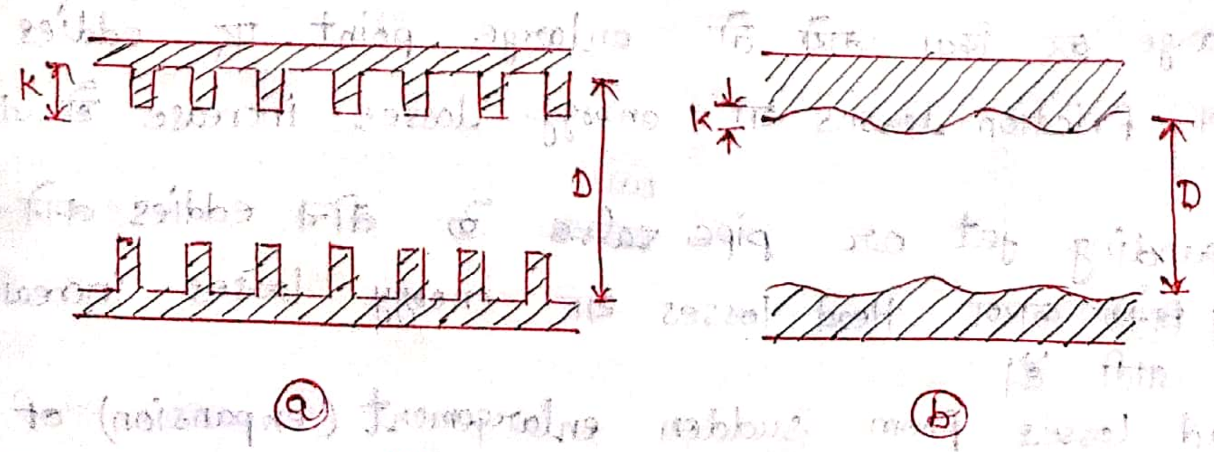
$$= \frac{k}{d}.$$

pipe की roughness को relative roughness से represent किया जाता है।

Friction factor की value low Reynold number के लिये surface roughness से independent होती है।

High Reynold Number के लिए friction factor की value surface roughness का function होती है।

Very high Reynold Number के लिए friction factor की value Reynold number से independent परन्तु surface Roughness का function होती है।



Types of Roughness

Energy Losses [Head Losses] :-

Energy losses two type के होते हैं
(i) Major energy losses
(ii) Minor energy losses

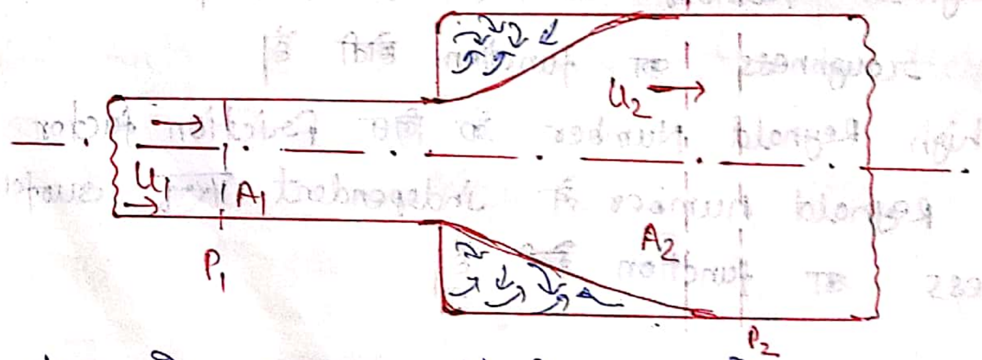
(i) Major Energy losses [Major Head losses] :-

Fluid Flow में layer की frictions के कारण जो energy losses होते हैं। उन्हें major energy losses कहते हैं।

(ii) Minor energy losses -

किसी pipe में minor energy losses fluid की velocity suddenly कम या ज्यादा होने के कारण होते हैं minor energy losses निम्न हैं।

I Head losses from sudden enlargement



यदि pipe के cross sectional को अचानक से enlarge कर दिया जाये तो enlarge point पर eddies के कारण friction losses या energy losses increase हो जाते हैं।
Expanding jet or pipe wall के बीच eddies बनने लगते हैं। जिनके कारण Head losses या energy losses increase हो जाती हैं।
Head losses from sudden enlargement (expansion) of

Scanned with CamScanner

cross - sectional area of pipe for Turbulent flow is proportional to velocity head of the fluid in the smaller pipe.

$$h_{pe} = k_e \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

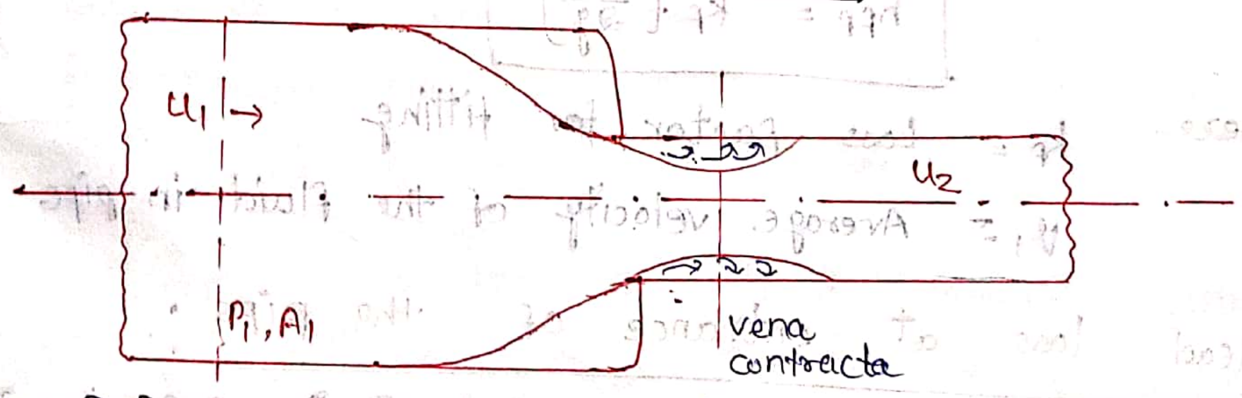
Here,
k_e = propational constant and known as expansion co-efficient
v_1 = Average velocity in smaller pipe

Expansion Loss co-efficient is calculated by

$$k_e = \left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right]^2$$

Here.
A_1 = Cross sectional area of smaller pipe
A_2 = cross sectional area of Larger pipe

Head Loss from sudden contraction :-



जब किसी pipe का cross sectional area अचानक से reduce कर किया जाता है तो कम diameter वाले pipe में एक fluid jet form हो जाता है। जिसे vena contracta कहते हैं।

vena contracta पर fluid accelerate होता है और energy losses उत्पन्न हो जाते हैं। इस case में eddies wall और fluid jet के बीच में produce होती हैं।

Scanned with CamScanner

Head losses from sudden contruction of cross-section of point is proportional to velocity head of fluid in smaller pipe.

$$h_{fc} = k_c \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

Here

k_c = proportional or constant or contraction loss coefficient.

$$k_c = 0.4\left[1 - \frac{A_2}{A_1}\right]$$

3. Head losses in fitting and valve :-

Industry में various types की fitting and valve use किये जाते हैं। fitting of valve के कारण pipe की velocity disturb होती है।

Head losses due to fitting

$$h_{ff} = k_f \left[\frac{v_1^2}{2g}\right]$$

Here

k_f = Loss factor for fitting

v_1 = Average velocity of the fluid in pipe.

Head loss at entrance of the pipe :-

जब कोई fluid किसी tank [receiver] से किसी pipe में flow होता है तो sudden contruction के कारण entrance पर energy losses होते हैं। जिन्हें निम्न formula से ज्ञात कर सकते हैं।

$$h_e = 0.5 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Here

v = velocity in pipe.

Scanned with CamScanner

Head loss at exit of pipe :-

जब किसी pipe से fluid out होता है तो इसमें कुछ energy का losses होता है जिसे निम्न formula के द्वारा ज्ञात कर सकते हैं।

$$h_o = \frac{v^2}{2g}$$

Head loss due to Bend in pipe ;-

pipe में bend होने के कारण fluid velocity में change होते हैं। जिसके कारण Fluid की energy loss होती है।

Head loss due to bend in pipe

$$h_b = k\frac{v^2}{2g}$$

Here

v = velocity of Flow

k = co-efficient of Bend.

k की value निम्न factors पर depend करती है।

(i) Angle of Bend
(ii) Radius of curvature (Bend)
(iii) Diameter of pipe

friction losses in coils :-

Coils mostly helical form की होती हैं। chemical industry में इनका use किसी tank or reactor को ~~head या~~ heat या Coole करने के लिए किया जाता है।

Head losses या pressure drop in a coil is given by-

$$\Delta P_{coil} = \Delta P_{st}\left[1 + \frac{3.54\,D}{D_H}\right]$$

Here - ΔP_{st} = Pressure drop in same length of straight tube

D = Diameter of Tube

D_H = Helical diameter / Hydrollic diameter.

Scanned with CamScanner

PUMP

Pump वह device है जिसके द्वारा supplied mechanical energy को pressure energy में convert किया जाता है। और इस pressure energy की सहायता से fluid को low level से high level lift किया जाता है।

Classification of Pumps

Pump को दो प्रकार से classified किया गया है।

1. Positive displacement pump.
2. Centrifugal pump.

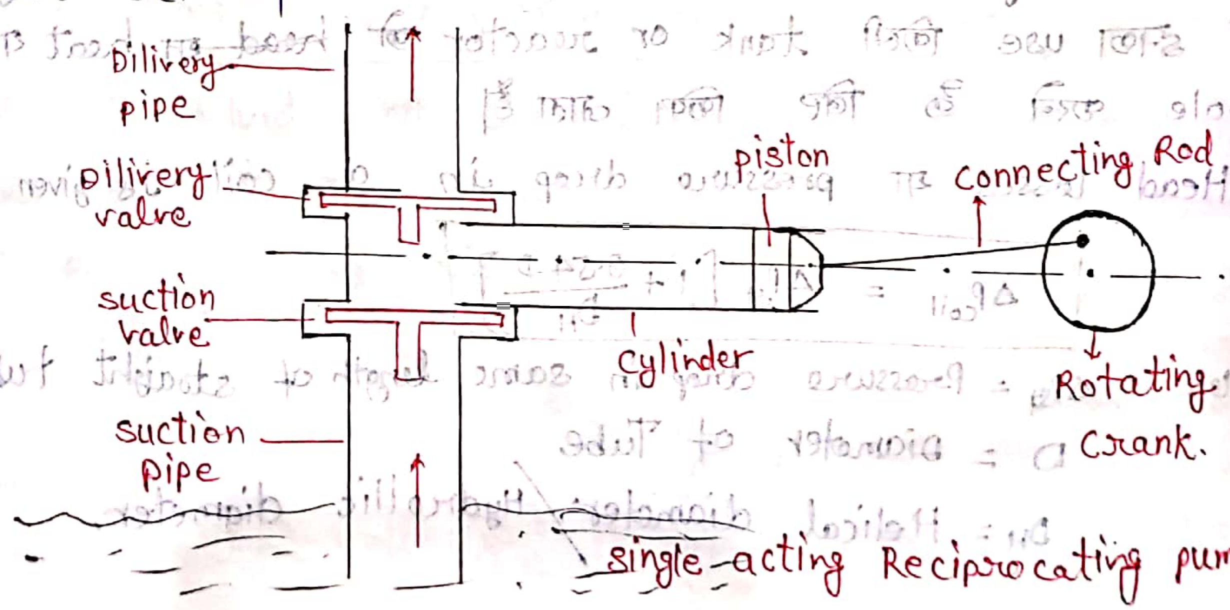
1. Positive Displacement pump :-

Positive displacement pump वह pump होते है। जिनमे flow की direction same रहती है। Positive displacement pump को दो भागो मे devide किया गया है।

(i) Reciprocating pump.
(ii) Rotary pump.

(i) Reciprocating Pump :-

Reciprocating pump piston type pump होते है। इनमे flow की direction piston की axial direction के perpendicular होती है।



single-acting Reciprocating pump.

Reciprocating pump में Stationary cylinder के अन्दर एक piston रहती है। जो Forward & Backward direction में move करती है। Piston को connecting rod की सहायता से Rotating crank से connect करते हैं। Rotating crank का moment 360° होता है।

Cylinder में दो pipe connect रहते हैं। प्रत्येक pipe में एक एक non-returning valve लगा रहता है। जिन्हें suction pipe & Dilivery pipe कहते हैं। जो fluid की direction को one directional or unidirectional बनाता है। suction pipe का दूसरा सिरा sump से connect रहता है और dilivery pipe का दूसरा सिरा उस point से connect रहता है। जिस पर Fluid पहुँचाना है।

working of Reciprocating Pump:-

सबसे पहले Rotating ~~krank~~ crank को Belt की सहायता से motor से connect करते हैं। motor चलाने के साथ Rotating crank moove करने लगती है। Rotating crank के move करने से cylinder पर present piston भी move करती है। Rotating crank का movement 360° होता है। Rotating crank के पहले 180° में piston का moment Backward direction में होता है। Backward direction के कारण piston में vaccum create होता है। जिससे suction pipe में लगा valve open हो जाता है और dilivery pipe में लगा valve close होने के कारण suction pipe में vaccum create होने लगता है। जिसके कारण pipe sump में present fluid low pressure की ओर moove करने लगता है तथा cylinder में fluid suck हो जाता है।

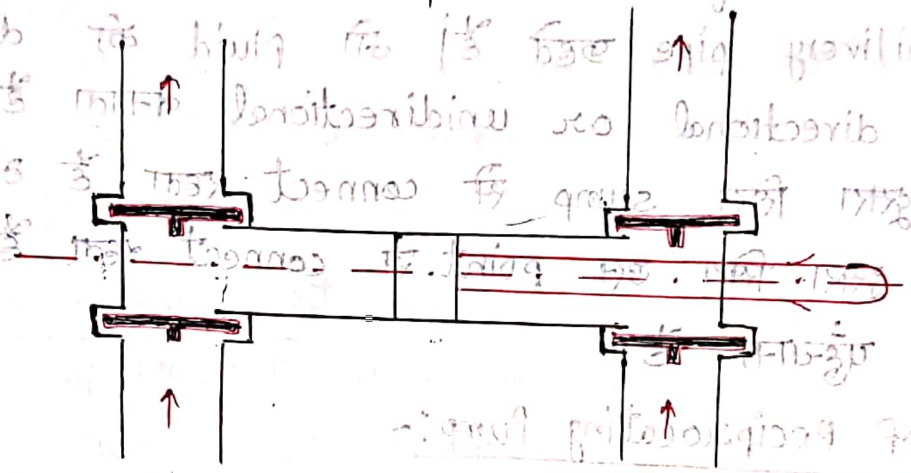
दूसरे 180° movement में piston forward direction में move करती है। जिसके कारण suction pipe का valve close हो जाता है।

Scanned with CamScanner

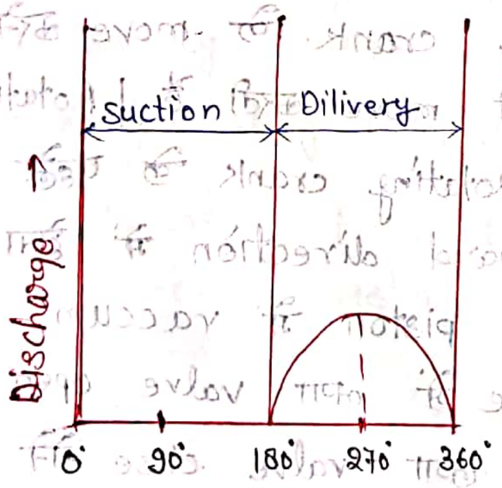
तथा Dilivery pipe का valve open हो जाता है। piston में present fluid Dilivery pipe की सहायता से desired point पर पहुँच जाता है।

Single Reciprocating pump में fluid का discharge Dis-continuous होता है।

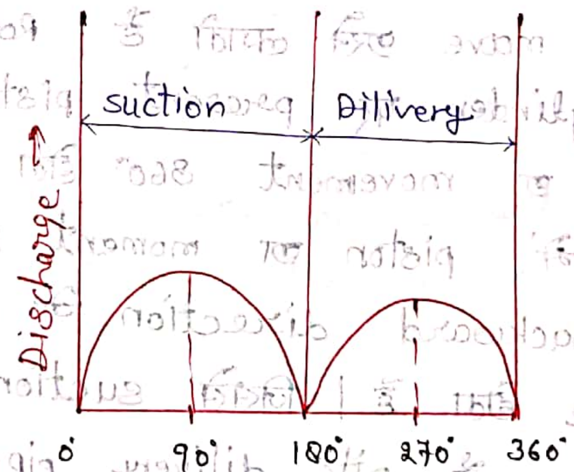
Double acting reciprocating pump के द्वारा continuous discharge प्राप्त कर सकते हैं।



Double acting pump



single Acting



crank angle →

Double acting.

Types of Reciprocating Pump:-

Pressure component के आधार पर reciprocating pump को three parts में classified किया जाता है।

1. Piston Pump 2. Plunger Pump.

3. Diaphragm pump.

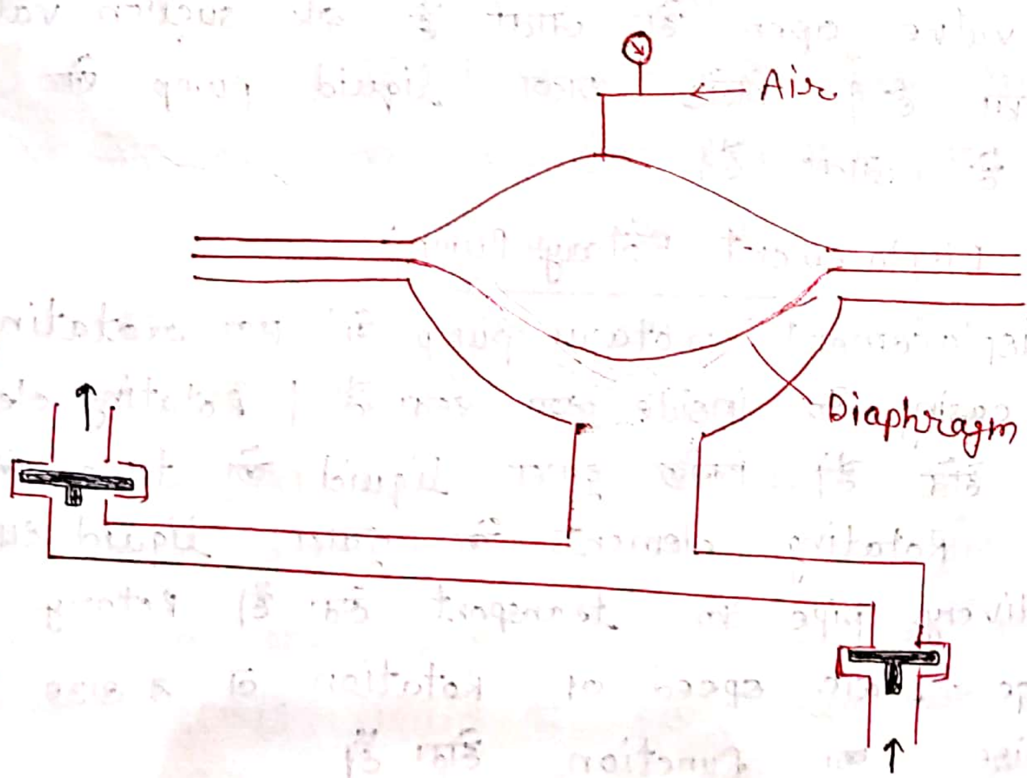
उपरोक्त तीनों pumps को two types से और classified किया जा सकता है।

(i) single acting pump (ii) Double acting pump.

2. Plunger pump :-

Plunger pump piston pump के same principle पर work करता है। Plunger pump में एक heavy wall cylinder होता है। जिसका diameter कम होता है और इसमें piston Rod plunger सहित लगी रहती है। इसका use high pressure application के लिये करते हैं। (इस pump के द्वारा 150 MPa से अधिक pressure के against (विरुद्ध) discharge प्राप्त कर सकते हैं) इस pump का use high pressure system में material को feed करने में किया जाता है।
(As- Boiler में Filling water को feed करना)

Diaphragm Pump.



Scanned with CamScanner

Diaphragm pump का use corrosive liquids, Toxic liquids + liquid solution of solid particle को transport करने के लिये किया जाता है।
Diaphragm pump दो section में काम करता है। इस pump में diaphragm (Bellows) रहता है। जो air के द्वारा operate किया जाता है। Diaphragm pump एक section में liquid को pump (suck) करती है और दूसरे section में liquid को desired point तक transport करती है। इस pump में दोनों सिरों पर Non-Returning valve लगे रहते हैं।
Diaphragm में metal Rubber, Plastic etc material का बनाया जा सकता है।
Diaphragm pump compressed air की help से operate किया जाता है। compressed air जब diaphragm को suck करती है तो suction pipe में लगा non-returning valve open हो जाता है और liquid, diaphragm और casing के बीच में fill हो जाता है।
जब compressed air diaphragm को push करती है। तो dilivery का valve open हो जाता है और suction valve close हो जाता है। जिसके कारण liquid pump से discharge हो जाता है।

(ii) Positive Displacement Rotary Pump :-

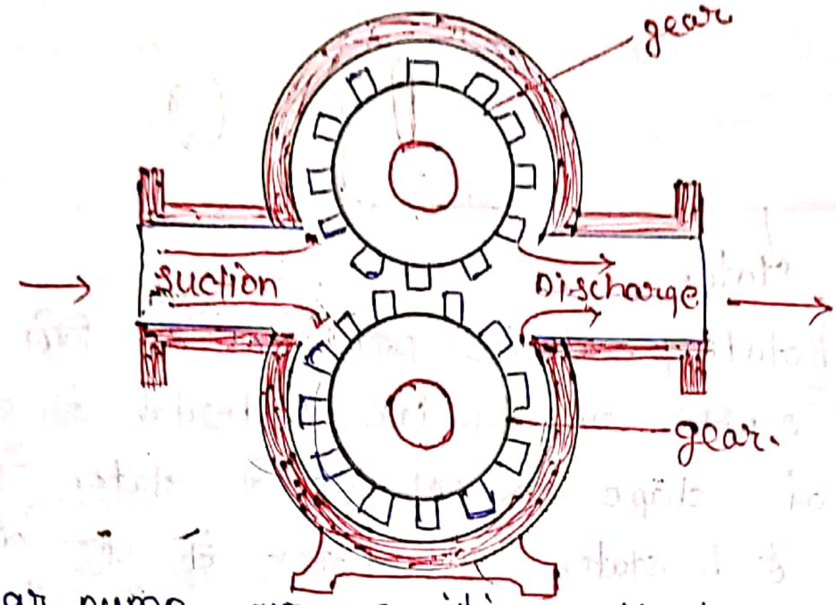
Positive displacement rotary pump में एक rotating element में casing के inside लगा रहता है। Rotating element में खांचे बने होते हैं। जिनके द्वारा liquid को trap किया जाता है और Rotating element के द्वारा liquid suction pipe से dilivery pipe तक transport होता है। Rotary pump का discharge rate speed of Rotation व size और gear के size का function होता है।

Rotary pump निम्न प्रकार के होते हैं -

A. Gear pump.

B. Mono pump.

A. Gear Pump.

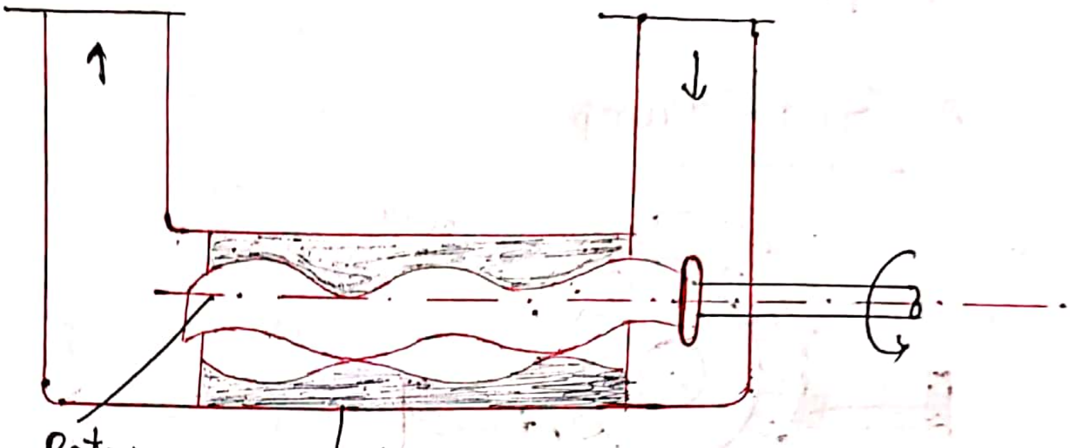


Gear pump एक positive displacement pump है। इसमें दो tooth gear wheel एक casing में enclosed होते हैं। जो liquid को pump करने के लिए inlet व outlet connection provide करते हैं। इसमें से एक gear wheel को electric motor द्वारा चलाया जाता है तथा इससे दूसरा gear wheel mesh में फंसकर चलता है। दोनों gear wheels के बीच में बहुत कम gap होता है। इस pump में कोई valve नहीं होता है। इस pump में liquid का discharge rate pressure से independ होता है इसलिए इसमें priming की आवश्यकता नहीं होती है।

इस pump के द्वारा जिस liquid को pump करना होता है उसे inlet से entre कराते हैं, gear wheel के घूमने पर mesh के बीच liquid आकर pump हो जाता है। इस pump का use high viscous liquid को pump करने में किया जाता है जैसे - Paint, Grease etc. Rang - 130 kg/m³ Generally 30 kg/m³

Scanned with CamScanner

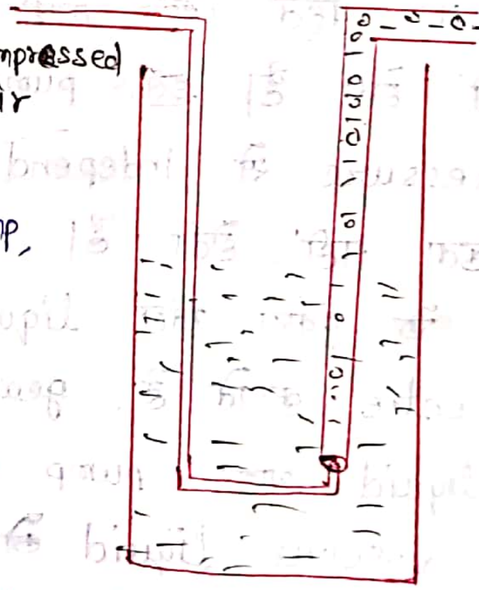
8. MONO PUMP



Mono pump में एक Rotating device ~~बिले~~ होती है। जिसे Rotor कहते हैं। वह rubber या similar material की बनी होती है। Rotor helical shape का होता है। जो stator के बीच में move करता है। stator और Rotor के ~~बहु~~ बीच बनी pitch के बीच material या fluid फस जाता है और Rotor move होने से वह discharge point तक पहुँच जाता है। इस pump के द्वारा high viscous material (fluid) का transport किया जाता है। chemical industry में इसका ~~mostly~~ mostly use Feeding slurries को filtration equipment में feed करने में किया जाता है।

Air lift Pump :-

Air lift pump वह device है। जिसके द्वारा किसी well, sump, tank से liquid को lift ~~करने~~ कराने में किया जाता है। Air lift pump density ~~का fluid~~ difference principle पर work करता है।



कम density का fluid ~~अत्य~~ Bouyoncy force के कारण सदैव ऊपर की ओर lift करता है। Air lift pump में air और water density, pure water density से कम होती है।

Air lift pump को उपरोक्त figure में represent किया गया है। इस figure में एक tank जिसमें pure water fill है और इस tank में दो tubes लगी हैं। जिसमें से एक tubes के द्वारा compressed air को inlet किया जाता है। तथा दूसरे सिरे से tubes के द्वारा air + water mixture का mixture प्राप्त होता है।

Dilivery tube का diameter, inlet tube के diameter से अधिक होता है। Dilivery tube में water और air के mixture की density कम होने के कारण lift होता है और discharge प्राप्त होता है।

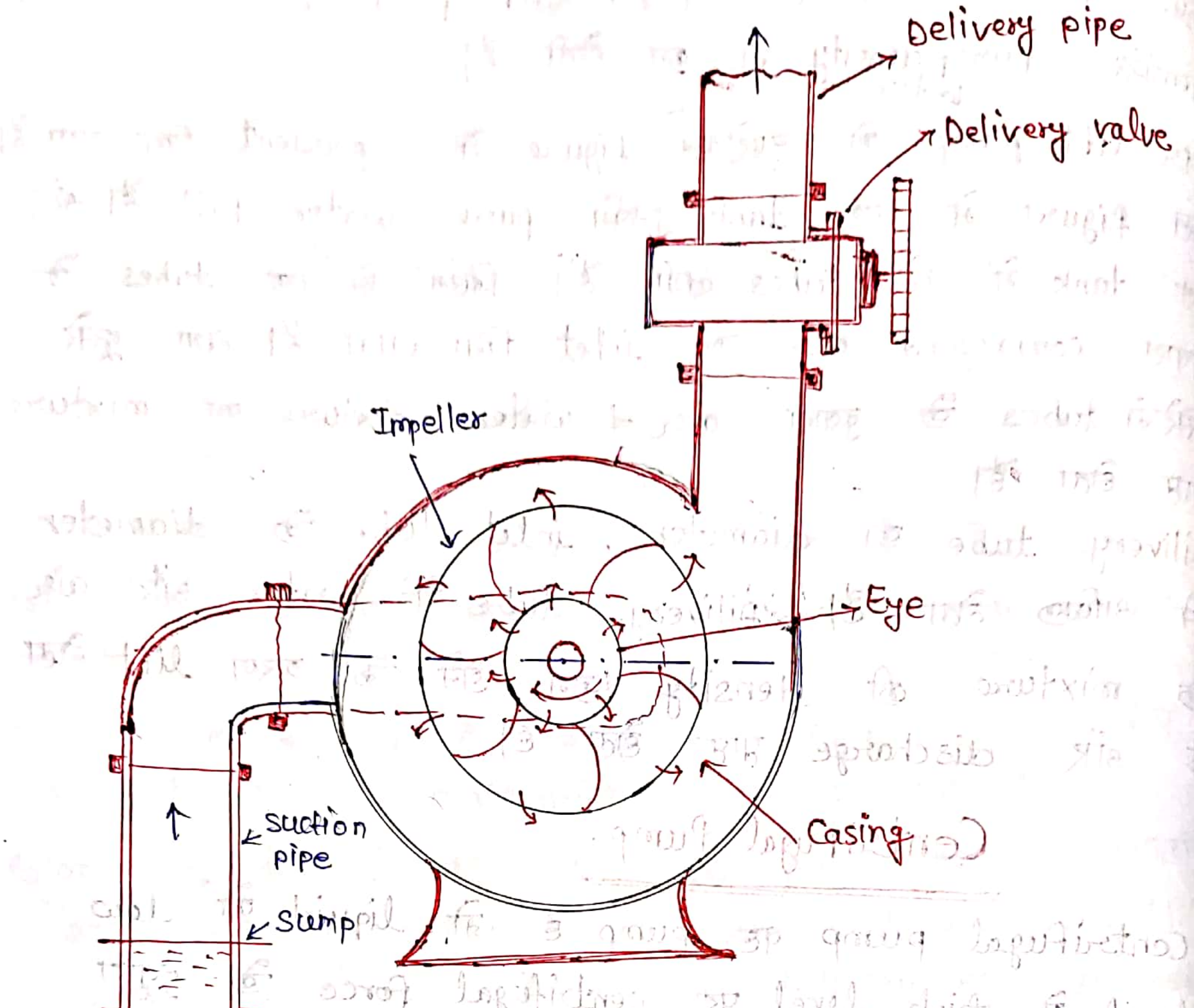
Centrifugal Pump.

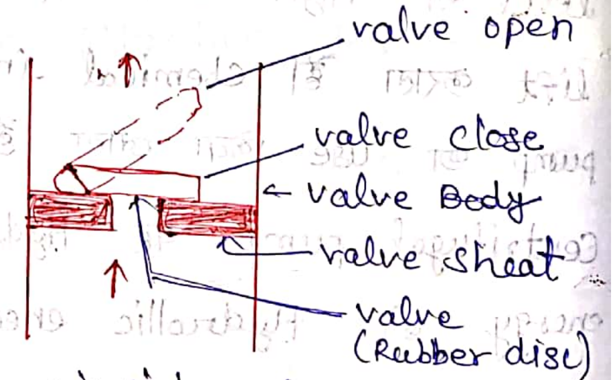
Centrifugal pump वह pump है जो liquid को low level से high level पर centrifugal force के द्वारा lift कराता है। chemical industry में सबसे ज्यादा centrifugal pump का use किया जाता है।

Centrifugal pump वह Hydrollic machine है जो mechanical energy को Hydrollic energy में convert करती है। Hydrollic energy, pressure energy की ही एक Form है।

यदि mechanical energy को centrifugal Force के द्वारा pressure energy में किसी device के द्वारा convert किया जाये तो उस device को centrifugal pump कहते हैं।

Scanned with CamScanner





principle – centrifugal pump का principle forced vortex या centrifugal force होता है।

force vortex का means यह है कि जब किसी fluid के certain mass को external Torque के द्वारा Rotate किया जाता है तो Rotating fluid की pressure energy Increase हो जाती है।

Scanned with CamScanner

The rise in pressure head at any point of a rotating liquid is propostional to square of tensential velocity of the liquid at the point.

$$\text{Rise in pressure head} = \frac{V^2}{2g} = \frac{\omega^2 r^2}{2g}$$

Here.
r = Radius of impeller
ω = Angular velocity of impeller.

Centrifugal pump में liquid का ~~का~~ Flow Radially out word होता है। जो centrifugal Turbine के opposite होता है।

Main parts of centrifugal pump -

centrifugal pump के निम्न parts होते हैं-

1. Impeller   2. Casing
3. suction pipe with Footvalve and ~~stai~~ strainer
4. Delivery pipe

1. Impeller -

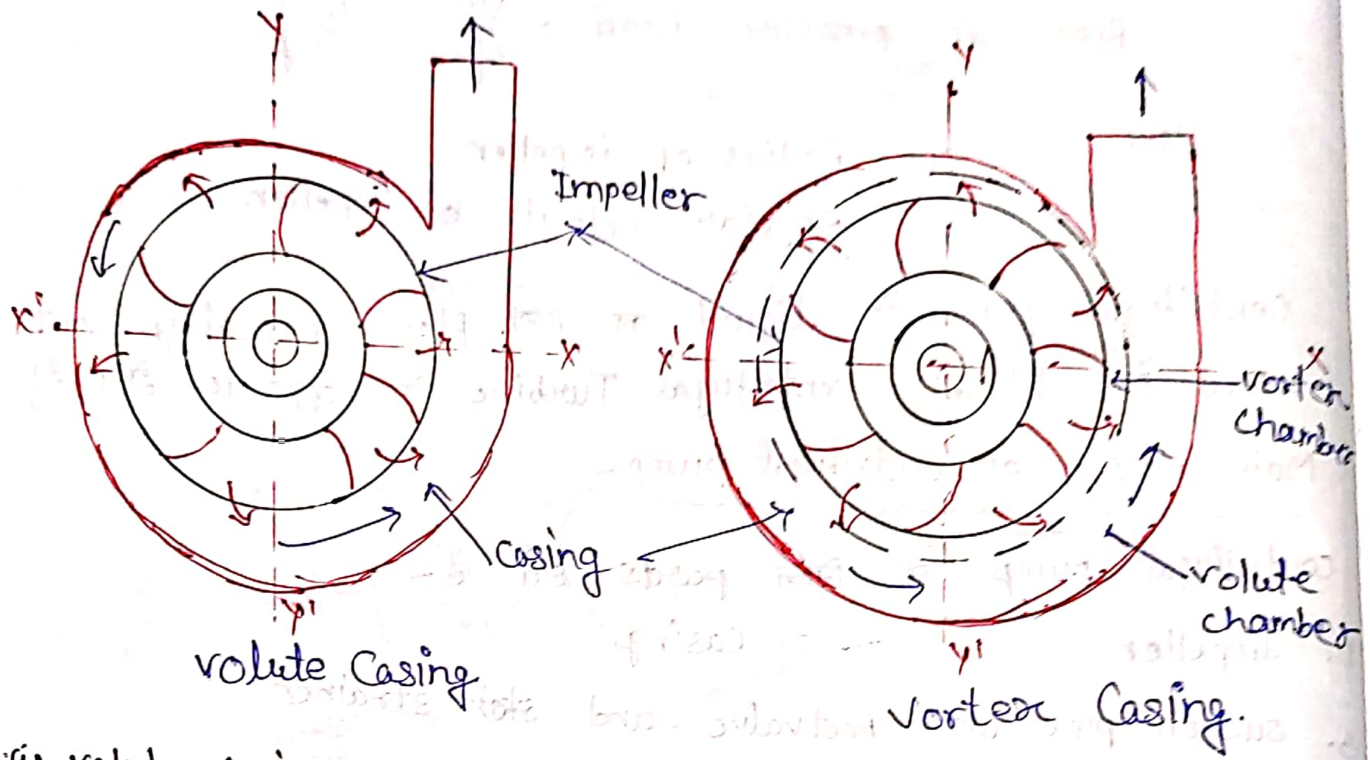
Centrifugal pump में impeller एक rotating device होती है। Impeller में Backword, curve, vans, series में लगे रहते हैं। Impeller electric motor की shoft से conecting होती है। pump का head impeller के rotation & Radius & vans के curve पर depend करता है।

2. Casing -

casing impeller की surrounding में present एक ~~a~~ air tight chamber होता है। इस chamber के द्वारा liquid की kinetic energy, pressure energy में convert होती है और pressure head rise होता है।

Scanned with CamScanner

Casing में delivery pipe और suction pipe connect रहते है। Casing निम्न प्रकार की होती है।



(i) volute casing-

volute casing ~~एक~~ spiral ~~tube~~ type casing होती है जिसमें flow का area increase होता है। Flow का area increase होने से velocity decrease होने लगती है। velocity decrease होने से pressure energy या pressure head increase होने लगता है। परन्तु volute casing में यह देखा गया कि kinetic energy का large ~~am~~ amount eddies formation में loss होता है।

(ii) vortex casing-

vortex casing में impeller casing के बीच में एक circular chamber होता है। जिसके कारण eddies formation reduce हो जाता है और pump की efficiency increase हो जाती है।

Scanned with CamScanner

(iii) Casing with guide Blade -

इस casing में impeller के surrounding में guide blade की series लगी रहती है। जिन्हें defuser कहते हैं इस casing में impeller से fluid निकलकर guide Blade की सहायता से slowly output होता है। जिसके कारण eddies formation बहुत कम हो जाते हैं और kinetic energy का maximum Amount pressure head में convert होता है।

3. Suction pipe with footvalve & strainer -

suction pipe वह pipe होता है जिसका एक सिरा pump की eye (inlet) से connect रहता है और दूसरा सिरा water के sump में dip रहता है।

foot valve एक non-returning valve है जो suction pipe के lower end पर fit रहता है। यह only upword direction या vaccum होने पर open होता है।

strainer एक screen होती है जो metal की व plastic etc की बनी हो सकती है। इसकी सहायता से solid particles को separate किया जाता है। यह हमेशा foot-valve के नीचे लगी रहती है।

4. Delivery pipe -

Delivery pipe वह pipe है जिसका एक सिरा pump के outlet तथा दूसरा सिरा required height पर connect रहता है।

Working of Centrifugal pump :-

centrifugal pump को start करने से पहले उसकी priming की जाती है। priming operation में suction pipe, pump casing & delivery pipe को completely water से fill किया जाता है।

Scanned with CamScanner

जिसके कारण Air, gas, vapour pump के तीनों parts से remove हो जाती है।
Primming करने के बाद delivery valve और power को impeller में देना start करते हैं। [Electric supply start करते हैं] जिसके कारण Impeller move करने लगता है। इसके बाद suction valve open कर देते हैं। Impeller के कारण suction pipe में vaccum create होने लगता है। जिसके कारण sump में भरा liquid suction pipe में lift होने लगता है।
vaccum pressure (suction pressure) की value हमेशा liquid के vapour pressure से थोड़ा अधिक होनी चाहिए।
Lift liquid suction pipe से होकर casing की eye पर पहुँचता है और impeller के द्वारा radially outward flow होता है। Impeller liquid की total energy में कुछ energy kinetic energy form में interduce करता है। जिसके कारण liquid की kinetic energy increase हो जाती है। Impeller से होकर यह fluid casing से टकराता है और kinetic energy pressure energy (head) में convert हो जाती है क्योंकि इसकी velocity zero हो जाती है। Fluid delivery pipe के through desired point तक reach करता है।

Advantage of Centrifugal pump -

1. Centrifugal pump की बनावट simple होती है जिसके कारण इसे बहुत अधिक use किया जाता है।
2. इसकी cost low & design simple होती है।
3. इस pump की ~~ment~~ maintenence cost कम होती है।
4. Pump के द्वारा continuous discharge दिया जाता है। यह pump valve close होने की condition में भी daimage नहीं होता है।

Scanned with CamScanner

Disadvantage of Centrifugal pump :-

1. यह pump low efficiency पर operate होता है। (50 - 60%)
इस pump के द्वारा very high viscous fluid को transport नहीं कर सकते।
2. Centrifugal pump p को primming की आवश्यकता होती है।
3. centrifugal pump के द्वारा high pressure develop नहीं कर सकते हैं।

SOME DEFINETIONS

Suction Head -

Suction head वह vertical height होती है जो impeller की eye और sump के बीच में present होती है।
sump से impeller की eye तक vertical height को suction head कहते हैं। इसे h_s से represent करते हैं

Delivery Head -

Delivery ~~Head~~ point & impeller की eye तक की verticle height को delivery head कहते हैं इसे h_d से represent करते हैं

Static Head -

The sum of suction head & delivery head is known as static head.
इसे H_s से denote करते हैं

$$H_s = h_s + h_d$$

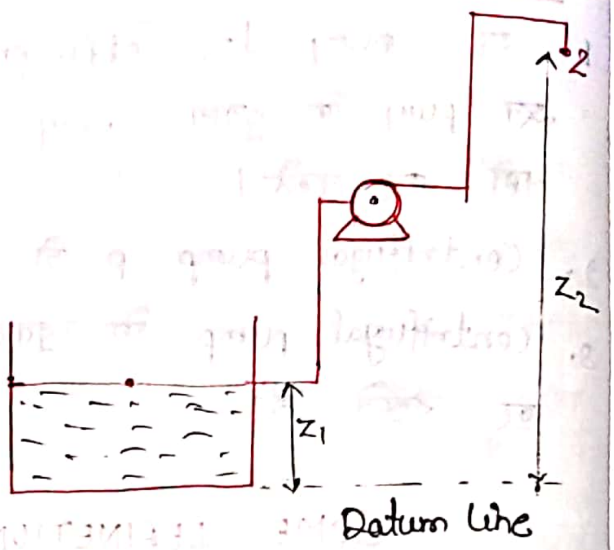
Head of centrifugal Pump :-

एक Centrifugal pump किसी pipe line में installe किया गया है। इसका काम liquid को receiver से lift कराके constant ~~flow~~ volumetric flow rate से exist point पर

Scanned with CamScanner

discharge देता है।

Total head developed by pump is composed of difference between static pressure and velocity head plus(+) the friction losses in the suction pipe and discharge pipe of the pump.



z_1 व z_2 station ① & ② की datum line से elevation (height) को represent करता है। u_1 & u_2 velocity तथा P_1 व P_2 pressure station ① & ② पर represent करता है।

W_p pump work को ~~dom~~ denote करता है। इसकी unit Joule/kg होती है और η pump की efficiency को represent करता है।

Applying Bernoulli theorem between station ① & ② in term of energy per unit mass of the fluid.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 + \eta w_p = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 + h_f$$

$$\eta w_p = g(z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + h_f$$

$$\frac{\eta W_p}{g} = (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{h_f}{g} \quad \text{——— ①}$$

Total head = Diff. in static head + diff. in kinetic head + diff. in pressure head + friction losses in fluid.

Scanned with CamScanner

eqn ① represent total head developed by pump.

Again from eqn. ①.

$$\frac{\eta w_p}{g} = \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{h_f}{g}\right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1\right)$$

$$\boxed{\frac{\eta w_p}{g} = h_d - h_s} \quad \text{—— ②}$$

Here h_d = Total discharge head

h_s = Total suction head

$$\boxed{\frac{\eta w_p}{g} = \Delta H} \quad \text{—— ③}$$

Here ΔH = Total developed head

from eqn ③

$$\boxed{w_p = \frac{\Delta H \times g}{\eta}}$$

power input to the pump from external sources is given by.

$$P_B = \dot{m} \cdot w_p$$

$$P_B = \dot{m} \times \frac{\Delta H \times g}{\eta}$$

$$P_B = \frac{\dot{m} \times \text{total head} \times g}{\eta}$$

Here $\dot{m}$ = mass flow rate of fluid

ΔH = Total head

η = efficiency

Scanned with CamScanner

power delivered (supplied) to the fluid by pump. [Theortical power is given by].

$$P_f = m^{\circ} \times \Delta H \times g$$

Mechanical efficiency. [simple efficiency] of the centrifugal pump is defined as the ratio of power delivered to the fluid by the pump to power supplied to the pump from external sources and denoted by η.

$$\eta = \frac{\text{Power delivered to fluid } (P_F)}{\text{Power supplied to the pump } (P_B)} = \frac{P_F}{P_B}$$

$$\eta = \frac{\text{Theortical Power}}{\text{actual power to the pump}}.$$

efficiency of motor is defined as

$$\eta_m = \frac{\text{Power supplied to the pump by the motor}}{\text{Power taken from power line}}$$

Overall efficiency-

overall efficiency is defined as

$$\eta_o = \eta \times \eta_m$$

$$\eta_o = \frac{P_F}{P_m}$$

Here- P_B = shaft power या power delivered by motor

P_F = Fluid power

P_m = Power taken by the motor from power line.

Scanned with CamScanner

Cavitation -

cavitation वह process है जिसमें liquid given temp. पर vapour form में convert होना start हो जाता है। यदि suction line में present pressure की value [suction pressure] liquid के vapour pressure से कम कर दी जाये तो liquid का कुछ part vapour में convert होने लगता है। इस process को cavitation कहते हैं।

cavitation के कारण pump में vibration और noise increase हो जाती है। यदि pump को बन्द न किया जाए तो vapour bubbles के casing से टकराने के कारण casing damage हो जाती है।

cavitation को रोकने के लिए suction pressure की value vapour pressure से अधिक होनी चाहिए। cavitation will not take place when the sum of velocity head and suction head ~~eye~~ at suction is greater than the vapour pressure of liquid at temperature of pumping.

NPSH (Net Positive Suction Head):-

NPSH वह minimum necessary head होता है जो बिना ~~friction~~ cavitation के liquid को sump से impeller की eye तक lift करता है।

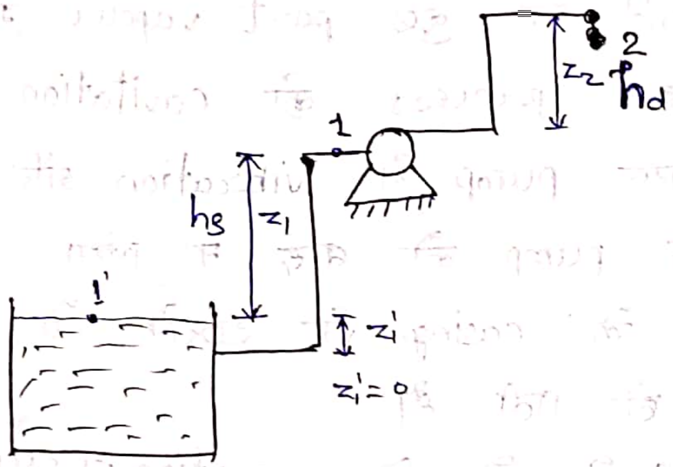
NPSH is defined as head of the liquid to the pumped (sum of velocity head and pressure head) is in excess of the vapour pressure of the liquid.

NPSH = (Pressure head + Velocity head) – vapour pressure Head

Scanned with CamScanner

$$NPSH = \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}\right) - \frac{P_v}{\rho g}$$

NPSH = (Absolute press^r head ~~availabel or~~ available at suction point ① − vapour pressure head)



$$NPSH = \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}\right) - \frac{P_v}{\rho g} \quad \text{——} \; ①$$

applying Bernoulli theorem point (1') and (1)

$$\frac{P_1'}{\rho g} + \frac{V_1'^2}{2g} + z_1' = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{fs}$$

Here h_{fs} is the head loss in friction in the suction line.

if $V_1' = 0$, $z_1' = 0$ then.

$$\frac{P_1'}{\rho g} = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{fs}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_1'}{\rho g} - (z_1 + h_{fs}) \quad \text{——} \; ②$$

Scanned with CamScanner

$$NPSH = \frac{P_1'}{\rho g} - z_1 - h_{fs} - \frac{P_v}{\rho g} \quad \text{—— (3)}$$

from eq^n (1)

$$NPSH = \frac{P_1'}{\rho g} - z_1 - h_{fs} - \frac{P_v}{\rho g}$$

equation (3) represent Net positive ~~head~~ suction head if NPSH = 0

from eq^n (1)

$$NPSH = \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g}\right) - \frac{P_v}{\rho g}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_v}{\rho g} \quad \text{←— (4)}$$

eq^n (4) represent available suction head is equal to vapour pressure head.

pump का impeller continuous rotate होने के कारण available suction head की value continuous घटती रहती है। जिसके कारण यह head vapour pressure से कम हो जाती है और cavitation ~~stat~~ start हो जाता है इसलिए NPSH की value हमेशा zero से अधिक होनी चाहिए।

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} > \frac{P_v}{\rho g}$$

Air Binding and Priming :-

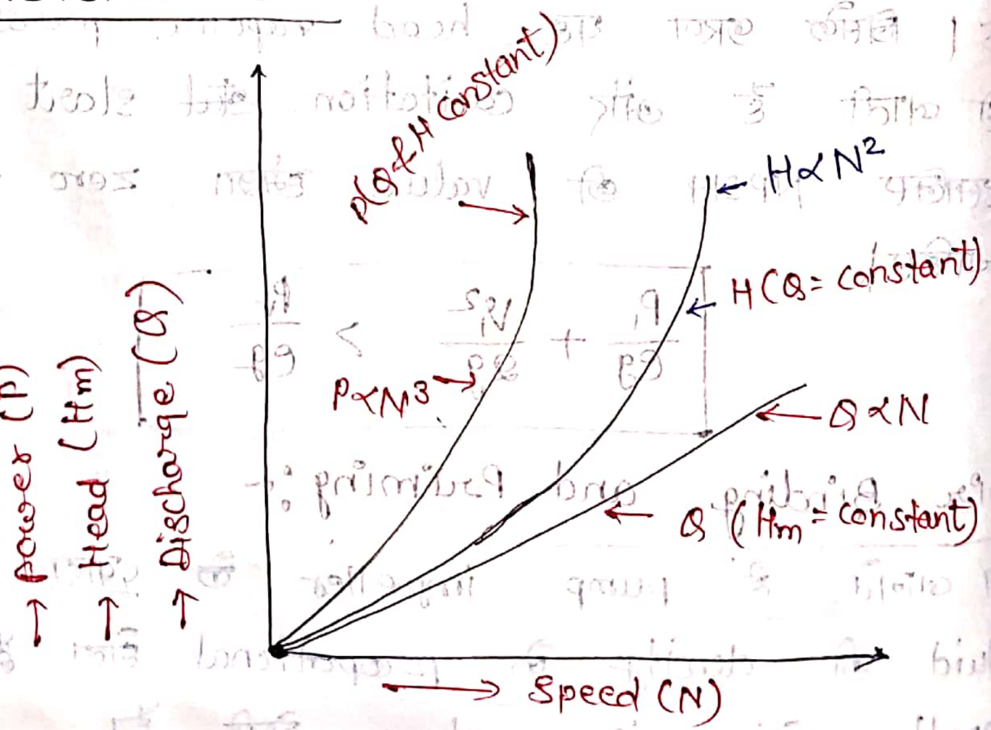
हम जानते हैं pump impeller के द्वारा developed press^r fluid की density के proportional होता है। यदि pump के impeller में air enter होती है।

तो इस condition में impeller के द्वारा developed pressure बहुत कम है और वह liquid को lift नहीं कर पाता है।
Pump में air filling को air Binding कहते हैं।
Air binding को avoid करने के लिए priming की आवश्यकता होती है। Priming में pump को foot valve से delivery valve तक same density वाले fluid से fill किया जाता है। जिसके कारण suction pipe casing और delivery pipe में present air remove हो जाती है।

Characteristics curve -

Characteristics curve की help से centrifugal pump की performens की steady आसानी से कर सकते हैं।
characteristics दो प्रकार के होते हैं-
① Main characteristics curve.
② Operating Characteristics curve.

1. Main characteristics curve -



Scanned with CamScanner

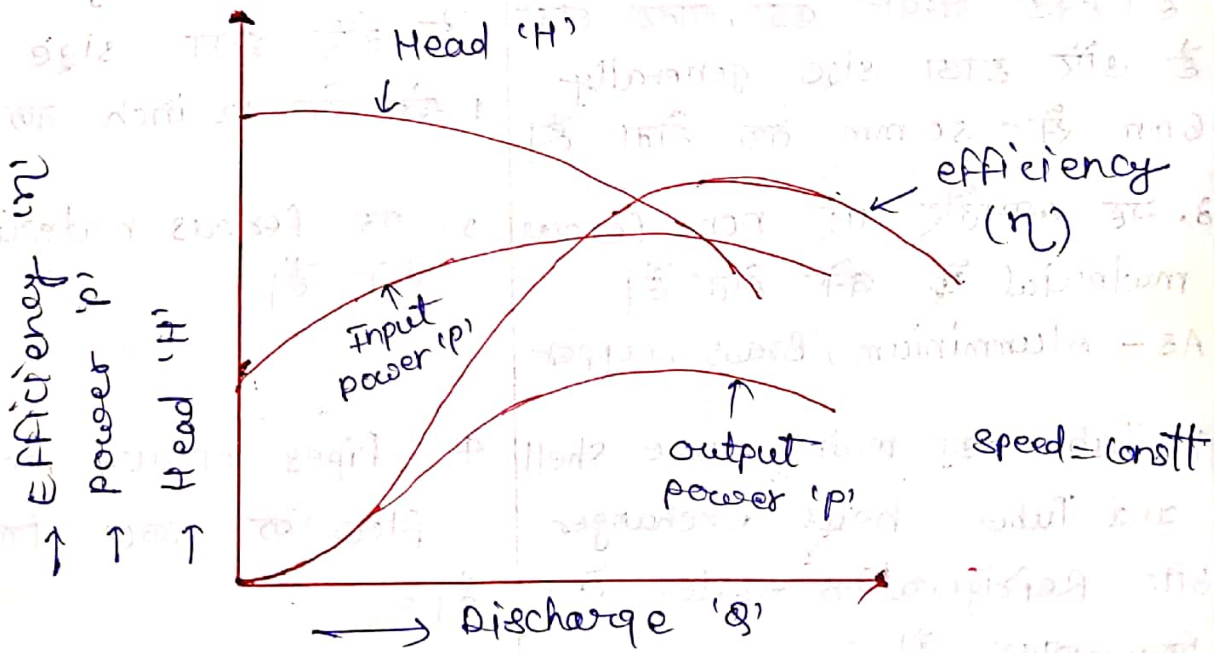
Main characterstics curve centrifugal pump के mano-materic Head, power & Discharge Vs speed plate किये गये हैं।

यदि curve manomatric Head & speed के बीच plate किया गया है। तो Discharge को constant रखा (माना) गया है।

यदि curve discharge & speed के बींच खींचा गया है तो manometric Head को constant रखा गया है।

यदि curve power & speed के बीच खींचा गया है। तो manometri head & Discharge constant रखे गये हैं।

Operating characteristics curve:-



उपरोक्त Graph centrifugal pump की speed को constant मानकर खींचा गया है। यह ग्राफ efficiency, power & Head Vs Discharge में plote किया गया है।

Date - 10/04/2019

PIPES, PIPE FITTING AND VALVES

Chemical engineering में Fluid को एक स्थान से दूसरे स्थान तक transfer करने के लिए tube या pipe का use किया जाता है। Tube और pipe दोनों circular cross section के होते हैं। यह आमतौर पर steel, copper, glass आदि material के बनाये जाते हैं।

Difference Between Tubes and Pipes-

Tubes	Pipes
1. यह पतले होते हैं।	1. यह heavy व मोटे होते हैं।
2. यह coils की form में मिलती है। इनकी लम्बाई कई मीटर होती है और इनका size generally 6 mm से 50 mm तक होता है।	2. pipes की length छोटी होती है और इनका size generally 1 इंच से 12 inch तक होता है।
3. यह आमतौर पर non-ferous material के बने होते हैं। As - Alumminium, Brass, copper	3. यह ferous material के बने होते हैं।
4. Tubes का mainly use shell and Tube, heat exchanger और Refrigeration system में किया जाता है।	4. Pipes का use mostly fluid flow के लिए किया जाता है।
5. इनका diameter कम व surface smooth होती है।	5. Pipe का diameter ज्यादा व surface rough होती है।
6. Tube pieces को जोड़ने के लिए compression fitting, Flare fitting और soldard fitting का use किया जाता है।	6. pipes pieces को connect करने के लिए screw plane और Belding, का use किया जाता है।

Scanned with CamScanner

7. Tubes की wall thickness को BWG wire (Birmingham wire gauge) का use किया जाता है।	7. Pipes की wall thickness को Schedule Number के द्वारा indicate किया जाता है।

Schedule Number-

इसका use pipe की wall thickness को मापने में किया जाता है। schedule Number बढ़ने पर pipe का size व thickness दोनों increase होती है। pipe का schedule number 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 use होता है।

schedule number $= \frac{P}{S} \times 1000$

Here p = internal pressure

S = ultimate strength.

BWG :-

BWG के द्वारा Tube की wall thickness को represent किया जाता है। इसकी reading 0-96 तक होती है। BWG ~~बढ़ने पर~~ का मान बढ़ने पर Tube की thickness व size कम हो जाता है।

Pipe fitting-

pipe fitting वह method or process है जिसके द्वारा fitting pieces को pipe line से connect करके fluid को एक स्थान से दूसरे स्थान तक transfer किया जाता है। fitting pieces निम्न है-

Union, socket, Elbow, Reducer, T, cross, Cap, Nipil etc.

उपरोक्त fitting का use flow की direction change करने या flow rate को controll करने,

एक branch से एक से अधिक Branch बनाने या Flow को close करने आदि में किया जाता है।

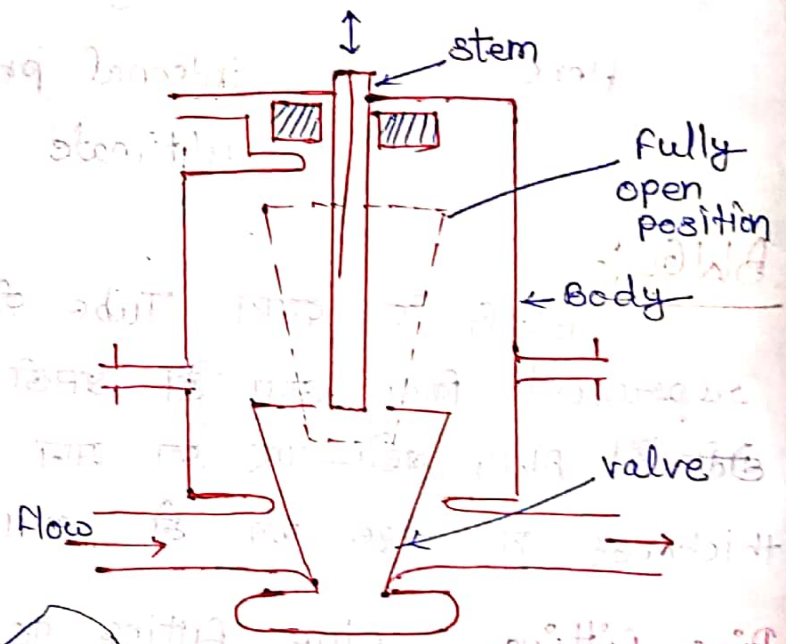
Valve-

valve वह device है जिसके द्वारा pipe line में flow को controll करने में या flow को रोकने में use किया जाता है।

Types of valve-

1. Gate valve
2. Globe valve
3. ~~Watt~~ Ball valve
4. Plug valve
5. Diaphragm valve
6. Niddle valve
7. Butterfly valve
8. Controll valve.

1. Gate valve-



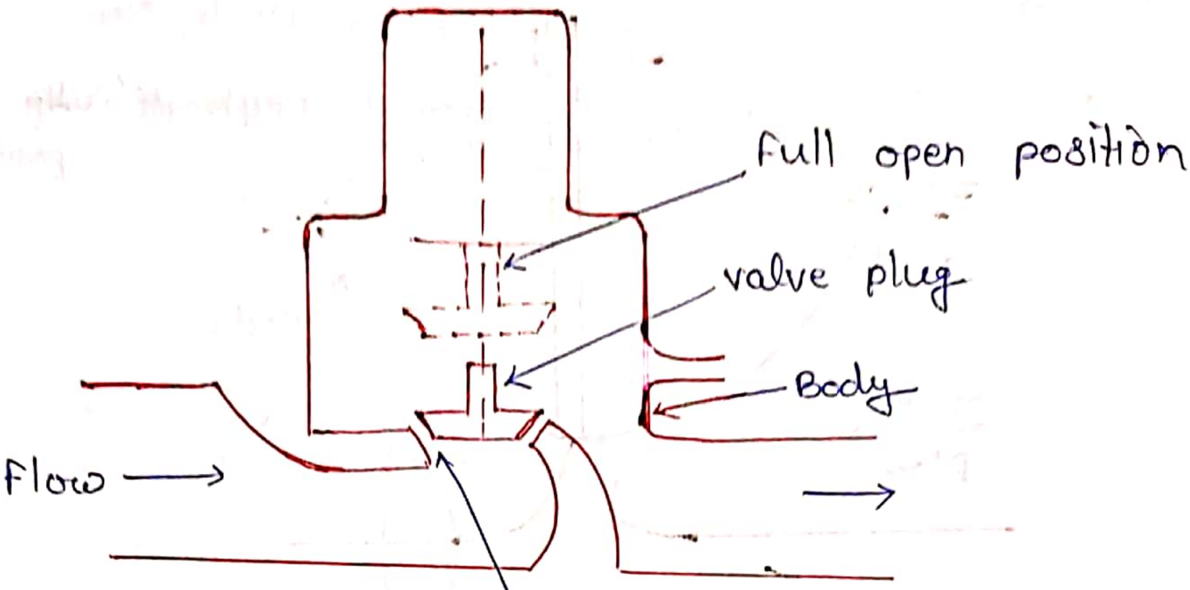
Gate valve का use Flow को fully close or open करने के लिए किया जाता है। इस valve के द्वारा flow rate को controll नहीं कर सकते। Gate valve के द्वारा minimum pressure drop open condition में होता है।

2. Glove valve-

Globe valve का use Fluid Flow को controll करने में किया जाता है इस valve में pressure drop maximum होता है क्योंकि valve की body Flow के direction को change करती है।

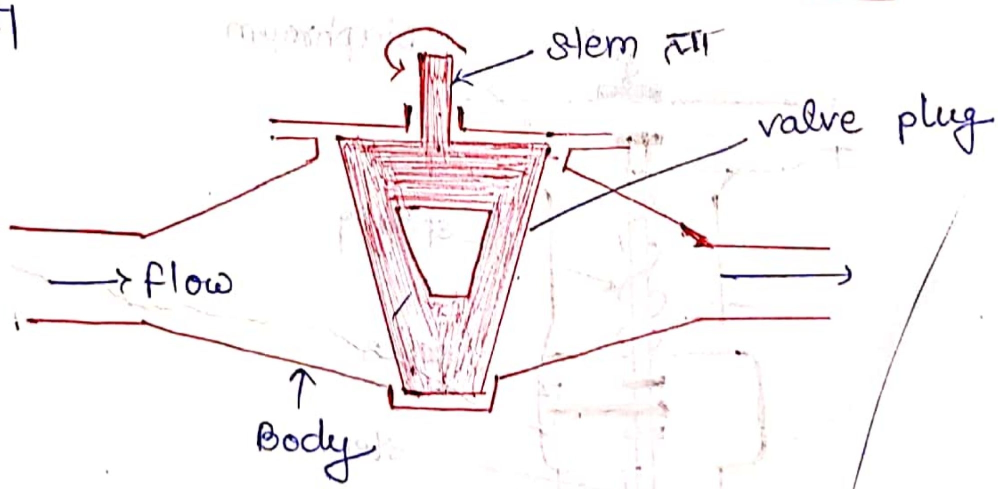
Niddle valve, globe valve की modified form है इसका use Flow को accurate controll करने में किया जाता है।

Scanned with CamScanner



Plug valve :-

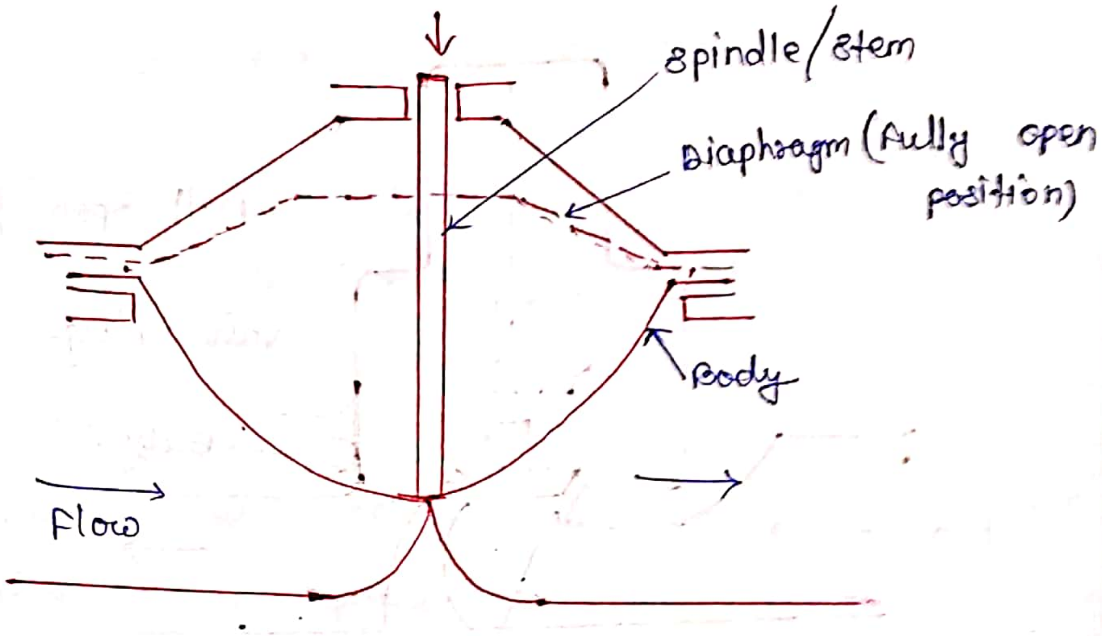
Plug valve या Ball valve का use on- off service के लिए use किया जाता है। यह केवल 90° operate होता है।



Diaphragm :-

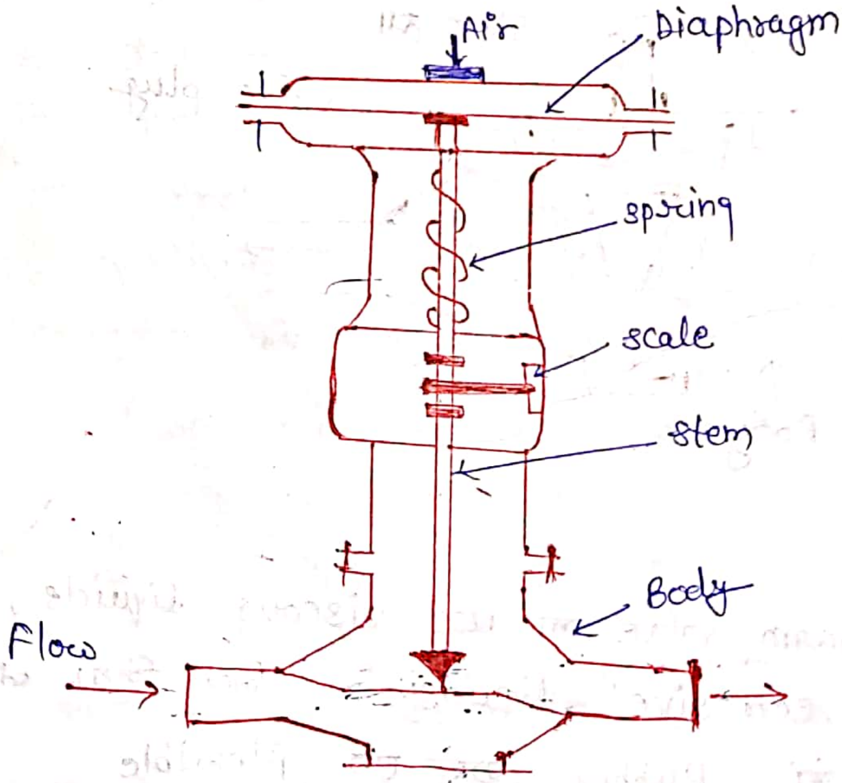
Diaphragm valve का use viscous liquids, slurries and corrosive liquids के लिए किया जाता है। इन valve में Rubber का एक flexible diaphragm होता है।

Scanned with CamScanner



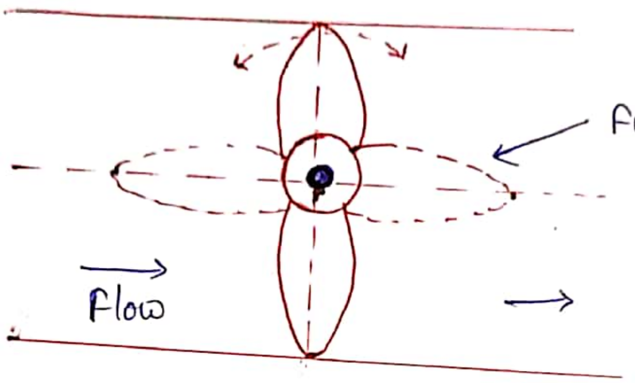
5. Controll valve –

Controll valve का use modern chemical process में automatic flow controll के लिए किया जाता है। यह valve हवा और बिजली दोनो के द्वारा operate किया जा सकते हैं।



Butterfly Valve

Butter fly valve का use large size pipe line में किया जाता है। यह damper के principle पर work करता है।



Yashverma
YASHPAL VERMA [C/E]

Scanned with CamScanner