

Mecánica de fluidos

BMJIvan

14 de septiembre de 2021

1. Conceptos fundamentales

$$\text{Aplicaciones} \left\{ \begin{array}{l} \text{Transporte de fluidos} \\ \text{Conversión de la energía} \\ \text{Acondicionamiento de ambiente} \\ \text{Turbomáquinaria} \\ \text{Transporte (vehicular)} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{Áreas de} \\ \text{mecánica de fluidos} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{Aerodinámica} \\ \text{Hidráulica} \\ \text{Hidrología} \\ \text{Metrología} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Hidráulica de potencia} \\ \text{Redes de tubería} \\ \text{Neumática} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{Técnicas o} \\ \text{métodos o analíticos} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{Analíticos} \\ \text{Experimentales} \\ \text{Computacionales} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Diferenciales} \\ \text{Diferenciales} \end{array} \right.$$

Presión, esfuerzo normal: Genera deformaciones lineales

$$P = \lim \frac{\Delta F_n}{\Delta A} = \frac{dF_n}{dA}$$

Esfuerzo cortante: Genera deformaciones angulares

$$\tau = \lim \frac{\Delta F_t}{\Delta A} = \frac{dF_t}{dA}$$

1.1. Propiedades de los fluidos

Densidad

$$\rho = \frac{m}{v} \left[\frac{kg}{m^3}, \frac{lbm}{pie^3}, \frac{slug}{pie^3} \right]$$

Peso específico

$$\gamma = \frac{W_g}{v} = \frac{mg}{v} = \rho g \left[\frac{N}{m^3}, \frac{lb}{pie^3} \right]$$

Densidad relativa

$$sg = GE = \rho_r = \frac{\rho_{fluido}}{\rho_{H_2O} \quad T=4^\circ C}$$

Viscosidad dinámica o absoluta

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{d\bar{u}}{dy}} \frac{\text{Esfuerzo cortante}}{\text{Gradiente de velocidad}}$$

$$\mu = \frac{\tau y}{\dot{u}} \left[N \cdot s / m^2, lb \cdot s / pie^2 \right]$$

Viscosidad cinemática

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[m^2 / s, pie^2 / s \right]$$

1.2. Gases ideales

Proceso adiabático: Aquel proceso en el que no se gana ni pierde calor, es decir, cuenta con un aislamiento térmico.

En proceso adiabático reversible no hay transferencia de calor y por lo tanto el proceso es isoentrópico.

Un proceso adiabático irreversible no es isoentropico.

\forall : Volumen

$$\nu : \text{volumen específico} \quad \frac{\forall}{m} = \frac{1}{\rho}$$

1. Ley de Boyle y Mariotte

Si $T = \text{constante}$

$$P \propto \frac{1}{\forall}$$

$$P\forall = C$$

$$P_1\forall_1 = P_2\forall_2$$

2. Ley de Charles

Si $P = \text{constante}$

$$\forall \propto T$$

$$\frac{\forall}{T} = C$$

$$\frac{\forall_1}{T_1} = \frac{\forall_2}{T_2}$$

3. Ley de Gay - Lussac

Si $\forall = \text{constante}$

$$P \propto T$$

$$\frac{P}{T} = C$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

4.

$$\begin{aligned}\frac{P\forall}{T} &= C \\ \frac{P_1\forall_1}{T_1} &= \frac{P_2\forall_2}{T_2} \\ \frac{P\nu}{T} &= nR_u \\ R_u &= \frac{P\forall}{Tn}\end{aligned}$$

Donde

$$\begin{aligned}P &= 1 \text{ atmósfera} \\ T &= 0^\circ C = 273,15K \\ n &= 1 \text{ kmol} \\ \forall &= 22,413m^3 \\ R_u &= 8,314^{kJ}/_{kmol \cdot K} \\ n &= \frac{m}{M} \frac{\text{masa}}{\text{masa molar}} \\ R &= \frac{R_u}{M} \text{ constante del gas}\end{aligned}$$

Entonces

$$\begin{aligned}R_u &= \frac{P\forall}{T^m/M} = \frac{MP\forall}{Tm} \\ m \frac{R_u}{M} &= \frac{P\forall}{T} \\ \frac{P\forall}{T} &= mR \\ P\forall &= TmR \\ P \frac{\forall}{m} &= TR \\ P\nu &= TR \\ P &= \frac{1}{\nu} TR = \rho TR \\ \frac{P}{\rho} &= TR\end{aligned}$$

1.3. Velocidad sonica o acústica y viscosidad

A partir de 1

$$dp \propto - \frac{d\forall}{\forall} dp = -E_v \frac{d\forall}{\forall}$$

Donde E_v es el modulo de compresibilidad o modulo volumétrico.
De la definición de masa

$$\begin{aligned}m &= \rho \forall \\dm &= \rho dv + d\rho \forall, \quad dm = 0 \\-\rho d\forall &= d\rho \forall \\-\frac{d\forall}{\forall} &= \frac{d\rho}{\rho}\end{aligned}$$

por lo tanto

$$dp = E_v \frac{d\rho}{\rho}$$

$$C = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \quad \text{Velocidad del sonido a través de líquidos}$$

$$K = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$$

$$R = C_p - C_v \quad [kJ/kg \cdot K]$$

$$R = ,287^{kJ}/kg \cdot K$$

$$C = \sqrt{\frac{k_p}{\rho}} = \sqrt{KTR}$$

$$E_v = P \quad \text{Proceso isotérmico}$$

$$E_v = KP \quad \text{Proceso isoentropico}$$

Líquidos incompresibles $\rho = \text{constante}$

Líquidos compresibles $\rho \neq \text{constante}$

$$\text{Mach} = \frac{\vec{v}}{C} \quad \frac{\text{velocidad fluido}}{\text{velocidad de sonido}}$$

$$\text{Mach} \leq ,3 \quad \text{flujo de gas incompresible}$$

$$\text{Mach} \geq ,3 \quad \text{flujo compresible}$$

$$\underbrace{\frac{\mu}{\rho}}_{\text{Dinámica}} = \underbrace{v}_{\text{Cinemática}}$$

$$\mu = \text{constante o } 0 \quad \text{ideal o no viscoso}$$

$$\mu \neq \text{constante o } 0 \quad \text{real o viscoso}$$

$$\text{Fluido de acuerdo al comportamiento de la } \mu \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Newtoniano} \left\{ \begin{array}{l} \tau \propto \frac{d\theta}{dt} \text{ deformación} \rightarrow \text{ley de viscosidad de Newton} \\ \tau \text{ no } \propto \frac{d\theta}{dt} \rightarrow \text{Series de potencias} \end{array} \right. \\ \text{Visco-elástico} \left\{ \begin{array}{l} \text{Comportamiento Newtoniano} \\ \text{y no Newtoniano} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\vec{v}}{dy}$$

Número de Reynolds

$$NR_E = \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{\overbrace{\rho \vec{v} D}^{\text{Dinámica}}}{\mu} = \frac{\overbrace{\vec{v} D}^{\text{Cinemática}}}{\forall}$$

$$\text{Flujo viscoso} \left\{ \begin{array}{l} \text{flujo laminar} \left\{ \begin{array}{l} NR_E \leq 2000 \quad (2300) \\ \text{flujo transición} \left\{ \begin{array}{l} 2000 \leq NR_E \leq 4000 \\ \text{flujo turbulento} \left\{ \begin{array}{l} NR_E \geq 4000 \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \begin{array}{l} \\ \text{puede ser} \\ \text{laminar o turbulento} \end{array}$$

$$P_{abs} = P_{atm} \pm P_{rel} \rightarrow P_{\text{manométrica}}$$

$$Mach > 1 \quad \text{supersónico}$$

$$Mach > 5 \quad \text{hipersónico}$$

$$Mach < 1 \quad \text{sursónico}$$

$$Mach = 1 \quad \text{sónico}$$

$$Mach \leq 1 \quad \text{transónico}$$

$$\dot{V} = \frac{\forall}{t} = \vec{v}A \rightarrow \text{caudal}$$

$$\rho_{gasolina} = 680 \text{ kg/m}^3 \quad E_v = 1,3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3 \quad E_v = 2,85 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\rho_{H_2O \text{ mar}} = 1030 \text{ kg/m}^3 \quad E_v = 2,34 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

1.4. Esfuerzo cortante

$$\tau \propto \frac{du}{dt} = \frac{\vec{v}}{dy}$$

$$\tau = \mu \frac{d\vec{v}}{dy}$$

$$\tau \int_0^h dy = \mu \int_0^{\vec{v}}$$

$$\tau h = \mu \vec{v}$$

$$\tau = \mu \frac{\vec{v}}{h}$$

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_t}{\Delta A} = \frac{dF_t}{dA}$$

$$\tau = \frac{F_t}{A}$$

Donde F_v es la fuerza viscosa o tangente

$$\mu \frac{\vec{v}}{h} = \frac{F_v}{A}$$

$$F_v = \frac{\mu \vec{v} A}{h}$$

caso 1:

$$A = \pi d L$$

$$h = \frac{D - d}{2}$$

$$F_v = \frac{2\pi d L \vec{v} \mu}{D - d}$$

caso 2:

$$F_v = W \sin \theta$$

$$h = \frac{\mu \vec{v} A}{W \sin \theta}$$

*tablas líquidos y gases: mecánica de fluidos Pottev

1.5. Tensión o esfuerzo superficial

$$\sigma_s = \frac{F_{\text{tensión}}}{l} \left[W/m, lb/pie \right]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{rsy} - Wg = 0$$

$$\sigma_s \pi D \cos \theta - \rho \forall g = 0$$

$$\sigma_s \pi D \cos \theta - \rho g \frac{\pi D^2}{4} h = 0$$

$$\sigma_s \cos \theta = \frac{\rho g D h}{4}$$

$$h = \frac{4 \sigma_s \cos \theta}{\rho g D}$$