Mecánica de fluidos

BMJIvan

13 de septiembre de 2021

1. Conceptos fundamentales

$$\text{Aplicaciones}\begin{cases}\text{Transporte de fluidos}\\ \text{Conversión de la energía}\\ \text{Acondicionamiento de ambiente}\\ \text{Turbomáquinaria}\\ \text{Transporte (vehicular)}\end{cases}$$

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

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

Presión, esfuerzo normal: Genera deformaciones lineales

$$P = \text{lím}\,\frac{\Delta F_n}{\Delta A} = \frac{dF_n}{dA}$$

Esfuerzo cortante: Genera deformaciones angulares

$$\tau = \text{lím}\,\frac{\Delta F_t}{\Delta A} = \frac{dF_t}{dA}$$

1.1. Propiedades de los fluidos

Densidad

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

Peso especifico

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

Densidad relativa

$$sg = GE = \rho_r = \frac{\rho_{fluido}}{\rho_{H_2O\ \ T=4^oC}}$$

Viscosidad dinámica o absoluta

$$\mu = \frac{\tau}{{}^{d\vec{u}}/dy} \quad \frac{\text{Esfuerzo cortante}}{\text{Gradiente de velocidad}}$$

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

Viscosidad cinemática

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

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.

$$\begin{aligned} \forall &: \text{ Volumen} \\ \nu &: \text{ volumen especifico } \frac{\forall}{m} = \frac{1}{\rho} \end{aligned}$$

1. Ley de Boyle y Mariotte

$$\begin{gathered} \text{Si } T = constante \\ P \ \alpha \ \frac{1}{\forall} \\ P\forall = C \\ P_1\forall_1 = P_2\forall_2 \end{gathered}$$

2. Ley de Charles

$$\begin{gathered} \text{Si } P = constante \\ \forall \ \alpha \ T \\ \frac{\forall}{T} = C \\ \frac{\forall_1}{T_1} = \frac{\forall_2}{T_2} \end{gathered}$$

3. Ley de Gay - Lussac

$$\begin{gathered} \text{Si } \forall = constante \\ P \ \alpha \ T \\ \frac{P}{T} = C \\ \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \end{gathered}$$

4.

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

Donde

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

Entonces

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

1.3. Velocidad sonica o acústica

A partir de 1

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

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

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

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

$$\begin{aligned} K &= \frac{C_p}{C_\nu} = 1{,}4 \\ R &= C_p - C_\nu \ \left[{}^{kJ}/kg \cdot K\right] \\ R &= {,}287^{kJ}/kg \cdot K \\ C &= \sqrt{\frac{k_p}{\rho}} = \sqrt{KTR} \\ E_v &= P \ \text{ Proceso isotérmico} \\ E_v &= KP \ \text{ Proceso isoentropico} \end{aligned}$$

Líquidos incompresibles $\rho = constante$
Líquidos compresibles $\rho \neq constante$

$$\begin{aligned} \text{Mach } &= \frac{\vec{v}}{C} \ \frac{\text{velocidad fluido}}{\text{velocidad de sonido}} \\ \text{Mach } &\leq {,}3 \text{ flujo de gas incompresible} \\ \text{Mach } &\geq {,}3 \text{ flujo compresible} \end{aligned}$$

$$\frac{\overbrace{\mu}^{\text{Dinámica}}}{\rho} = \overbrace{v}^{\text{Cinemática}}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \text{ constante o 0 ideal o no viscoso} \\ \mu &\neq \text{ constante o 0 real o viscoso} \end{aligned}$$

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

Número de Raynolds

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

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