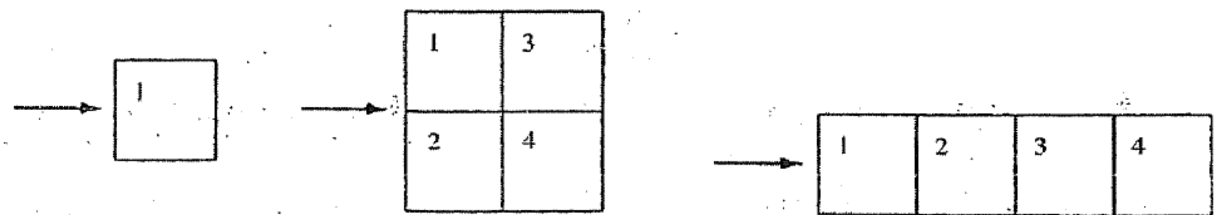
MECANICA DE LOS FUIDOS-SEGUNDO PARCIAL- JUNIO 2012

Tema 1 TEORIA

PROBLEMA 1

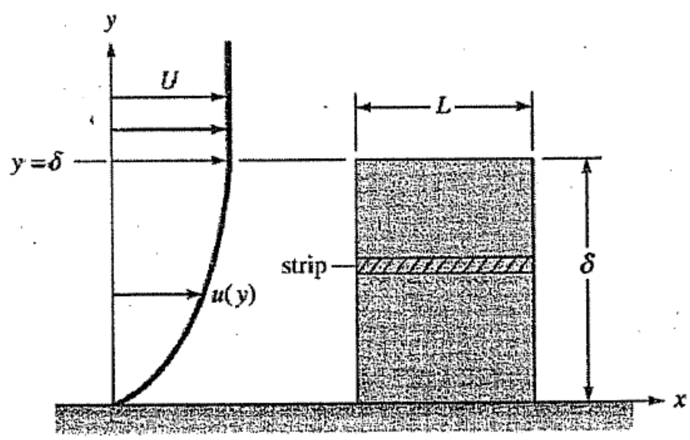
Considerar que un flujo laminar pasa por los arreglos de placas mostradas en la figura. Las 4 placas que conforman los arreglos son cuadrados idénticos al (1).
Comparar la fuerza de drag de los arreglos a) y b) mostrados en la figura, con respecto a aquella correspondiente a una única placa (1). Justificar los resultados.



PROBLEMA 2

Una placa plana de longitud L y alto δ se coloca sobre una pared y queda paralela al flujo de aproximación de la capa límite de la pared como muestra la figura. Asumir que el flujo sobre la pared es completamente turbulento y que el flujo de aproximación a la placa sigue la ley de las potencia;

$$u(y) = U_0 \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7}$$



Deducir una fórmula para el coeficiente de drag de la placa y comparar este resultado con la fuerza de drag que tendría una placa plana horizontal de longitud L paralela a un flujo de aproximación de velocidad U_0.

PROBLEMA 3

Una contracción en una tubería por la que fluye un líquido de densidad ρ, viscosidad μ y velocidad V, hace que cambie su diámetro de D_1 a un diámetro mucho menor D_2. Hallar una expresión para la caída de presión, Δp, que se desarrolla a través de la contracción en función de las variables que considere relevantes utilizando la teoría de adimensionalidad. Explicar cada uno de los números adimensionales encontrados.

MECANICA DE LOS FUIDOS-SEGUNDO PARCIAL- JUNIO 2012

Tema 1:

PARTE PRÁCTICA

Ejercicio 1:

Un modelo de torpedo se ensaya en un canal con agua a 15°C a una velocidad de 24 m/s. Se espera que el prototipo se mueva a una velocidad de 6 m/s en el agua también a 15°C.

a) ¿A qué escala se ha construido el modelo que se ensayará en el canal de agua?

b) ¿A qué velocidad se ensayará el modelo en un túnel de viento a una presión de 20 atmósferas absolutas con una temperatura constante de 27°C? (Considere que dentro del túnel el aire es un gas perfecto)

Datos para el agua: -2 kg/m.s

$\mu_{agua\,(15°)} = 11,613\ 10^{\cancel{-5}}$ ~~Kg seg/m²~~ – $\rho_{Agua(15°)} = 999,12\ kg/m^3$

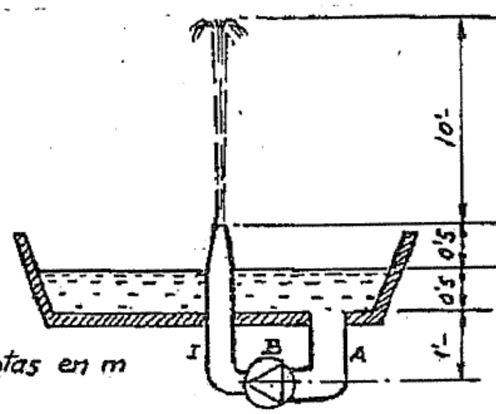
Datos para el aire:

R = 29,3 Kgm/Kg K ó 234,22 Nm/Kg K - $\mu_{aire} = 18,03\ 10^{-4}$ ~~Kg seg/m²~~ Kg/m.s

Ejercicio 2:

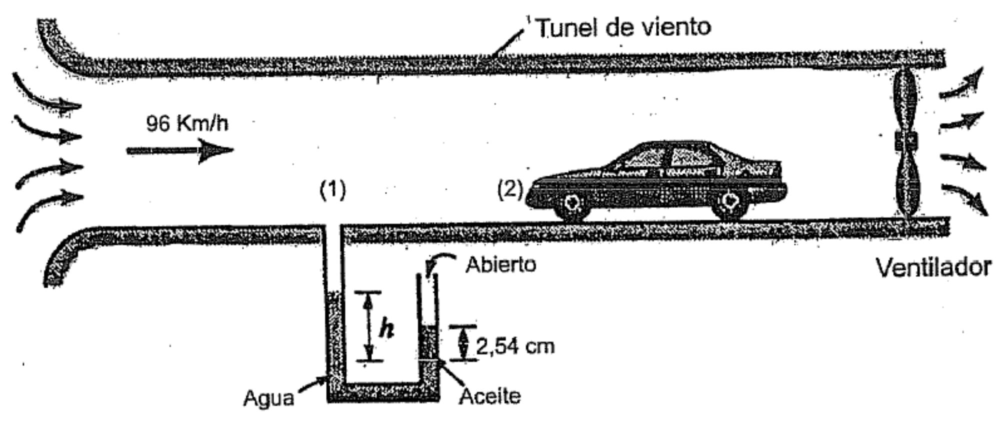
La fuente que se muestra en la figura está accionada por una bomba B. El tubo de aspiración (A) tiene 6 cm de diámetro y el de impulsión (I) 5 cm de diámetro, terminando en una boquilla de 1,5 cm de diámetro. Suponiendo que el agua se considera como un fluido ideal, sin rozamiento y no se tendrán en cuenta las pérdidas de carga, calcular:

1. El caudal que se bombea
2. La presión a la salida de la bomba
3. La presión a la entrada de la bomba



Ejercicio 3:

Aire se introduce en un túnel de viento para efectuar un test en un vehículo como lo indica la figura. Determine: (a) La altura ***h*** del manómetro cuando por la sección del túnel circula aire a 96 Km/h (Prestar atención que el manómetro de agua tiene una columna de aceite de 2,54cm en el lado abierto a la atmósfera). (b) Determine la diferencia de presión entre el punto (1) y el punto de estancamiento o estagnación en el frente del auto (2)

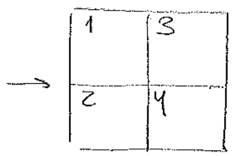


Datos: Densidad del agua: 1000 Kg/m³ – Densidad del aire: 1,22 Kg/m³ - Densidad del aceite: 900 Kg/m³

Problema 1: Teoría

Arreglo a)

Por definición: $\boxed{F_d = \frac{1}{2}\cdot C_d \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A}$ (1)

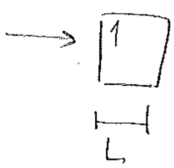


Para flujo laminar es válida la relación:

$\boxed{C_d = \frac{1,328}{Re^{1/2}}}$ (2) ; Re: número de Reynolds

$\boxed{Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu}}$ (3)

Para configuración inicial I:



$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \longrightarrow \text{en (2)}: \quad C_{d1} = \frac{1,328}{\sqrt{\frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu}}}$$

$$\boxed{C_{d1} = \frac{1,328 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt{\rho \cdot V} \cdot \sqrt{L}}} \text{ (2*)}, \quad \text{con } A = L^2$$

$$F_{D(I)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,328 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt{\rho \cdot V} \cdot \sqrt{L}} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_1$$

$$F_{D(I)} = \underbrace{\frac{1}{2} \cdot \frac{1,328 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt{\rho \cdot V}} \cdot \rho \cdot V^2}_{\text{constante, igual en los 3 casos}} \cdot A_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}$$

$$\boxed{F_{D(I)} = \mathbb{C} \cdot A_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}} \text{ (1*)}$$

En configuración a): $A_a = 4A_1$; $L_a = 2L$, en (1*)

$$F_{D(a)} = \mathbb{C} \cdot 4A_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2L}} = \mathbb{C} \cdot A_1 \cdot \frac{4}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{L}} = \underbrace{\frac{\mathbb{C} \cdot A_1}{\sqrt{L}}}_{F_{D(I)}} \cdot \frac{(\sqrt{2})^4}{\sqrt{2}}$$

$$\boxed{F_{D(a)} = \underbrace{2\sqrt{2}}_{\simeq 2,83} F_{DI}}$$

·) En configuración b):

$A_b = 4 A_1$; $L_B = 4 L_1$. ∴

$$F_{D(b)} = C \cdot 4 \cdot A_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{4 L_1}} = C \cdot 4 \cdot A_1 \cdot \frac{1}{\sqrt{4} \cdot \sqrt{L_1}} = \frac{4}{2} \cdot \underbrace{\frac{C \cdot A_1}{\sqrt{L_1}}}_{F_{D(a)}}$$

$$\boxed{F_{D(b)} = 2 F_{D(a)}}$$

Problema 2: Teoría

Dado el perfil de velocidades $\boxed{u(y) = U_0 \cdot \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7}}$ (1)

Hallar CD para la placa.

•) Para flujo turbulento:

$$\boxed{Cd = \frac{0{,}031}{Re^{1/7}}} \quad (2)$$

; En una franja de altura "dy" con longitud "L", tenemos fuerza de drag:

$$(3) \quad \boxed{dF = \frac{1}{2} cd \cdot \rho \cdot u^2 \cdot (L\,dy)}$$

(para 1 lado, debo multiplicar por 2)

$$dF = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \frac{0{,}031}{\left(\frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu}\right)^{1/7}} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot L \cdot dy$$

$$dF = \frac{0{,}031}{\left(\frac{\rho}{\mu}\right)^{1/7} \cdot u^{1/7} \cdot L^{1/7}} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot L\, dy \,, \quad \text{donde } \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\boxed{dF = 0{,}031 \cdot \rho \cdot \nu^{1/7} \cdot L^{6/7} \cdot u^{13/7} \cdot dy} \quad (3')$$

Integramos con $y \in [0, \delta]$

$$F = \int_0^F dF = 0{,}031 \cdot \rho \cdot \nu^{1/7} \cdot L^{6/7} \cdot \int_0^\delta \left[U_0 \cdot \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/7}\right]^{13/7} dy$$

$$F = 0{,}031 \cdot \rho \cdot \nu^{1/7} \cdot L^{6/7} \cdot U_0^{13/7} \cdot \delta^{-\frac{13}{49}} \cdot y^{\frac{13}{49}+1} \Big]_0^\delta \cdot \frac{1}{\frac{13}{49}+1}$$

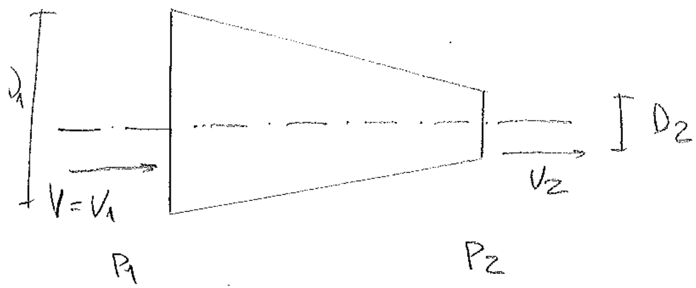
$$F = 0{,}031 \cdot \frac{49}{62} \cdot \rho \cdot \nu^{1/7} \cdot L^{6/7} \cdot U_0^{13/7} \cdot \delta^{-\frac{13}{49}+\frac{13}{49}+1}$$

Finalmente:

$$\boxed{F = 0{,}031 \cdot \left(\frac{49}{62}\right) \cdot \rho \cdot \nu^{1/7} \cdot L^{6/7} \cdot U_0^{13/7} \cdot \delta}$$

Teoria: Problema 3   Hallar $\Delta p = f(D_1, D_2, \rho, \mu, V)$

Esquema de contracción:



Preguntas previas:

) Para fluido circulante, ¿puede aparecer el nro de Reynolds?

) ¿Hay variables con las mismas dimensiones?

) $D_2 << D_1$

) Numeros pi = Variables - magnitudes = 6 - 3 = 3

Resolución:

$$[\Delta p] = \frac{[F]}{[A]} = \frac{M \cdot L}{T^2 \cdot L^2} = \frac{M}{LT^2}$$

$[D_1] = L$

$[D_2] = L$

$$[\rho] = \frac{M}{L^3}, \quad [\mu] = \frac{M}{LT}, \quad [V] = \frac{L}{T} \quad \Bigg\} \text{ Variables fijas}$$

) $\boxed{\Pi_1 = \frac{D_1}{D_2}}$ (1) — dado que $D_2 << D_1$, Π_1 tendrá valores elevados.

) $\Pi_2 = \rho^a \cdot \mu^b \cdot V^c \cdot D_1^1$

$$= \left(\frac{M}{L^3}\right)^a \cdot \left(\frac{M}{LT}\right)^b \cdot \left(\frac{L}{T}\right)^c \cdot L$$

M) $a + b = 0$, $a = (-b)$

L) $-3a - b + c + 1 = 0$

T) $-b - c = 0$, $c = -b$

$-3(-b) - b + -b + 1 = 0$

$3b - b - b + 1 = 0$; $b = -1$, $a = 1$, $c = 1$

$$\boxed{\Pi_2 = \frac{\rho \cdot V \cdot D_1}{\mu} = Re}$$

(2) Número de Reynolds (calculado con longitud característica D_1, a la entrada de la contracción).

) $\Pi_3 = \rho^a \cdot \mu^b \cdot V^c \cdot \Delta P^1$

$$= \left(\frac{M}{L^3}\right)^a \cdot \left(\frac{M}{LT}\right)^b \cdot \left(\frac{L}{T}\right)^c \cdot \left(\frac{M}{LT^2}\right)^1$$

M) $a + b + 1 = 0$

L) $-3a - b + c - 1 = 0$

T) $-b - c - 2 = 0$

$b = -a - 1$

$a + 1 - c - 2 = 0 \quad c = a - 1$

$-3a - (-a - 1) + a - 1 - 1 = 0$

$-3a + a + 1 + a - 1 - 1 = 0$

$-a - 1 = 0 \longrightarrow \boxed{a = -1} \cdot \boxed{b = 0} \cdot \boxed{c = -2}$

$$\Pi_3 = \rho^{-1} \cdot \mu^0 \cdot V^{-2} \cdot \Delta P^1 \longrightarrow \boxed{\Delta P = \Pi_3 \cdot \rho \cdot V^2} \quad (3)$$

<u>observacion:</u> en (3), la ec. q' describe a ΔP es similar a:

$$F_d = \underbrace{\frac{1}{2} C_d}_{C_{te}} \cdot A \cdot \rho \cdot V^2 \longrightarrow \frac{F_d}{A} = C_{te} \cdot \rho V^2$$

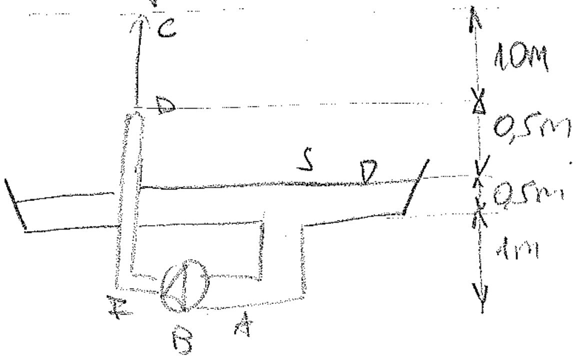
Finalmente $\Pi_3 = f(\pi_1, \pi_2)$; $\therefore$ $\boxed{\Delta P = \rho \cdot V^2 \cdot f\left(\frac{D_1}{D_2}, Re\right)}$

Tip! Nro de Euler: $\boxed{Eu = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho \cdot V^2}} \longrightarrow \Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Eu$

$$\Delta P = \rho \cdot V^2 \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot Eu}_{= f(\pi_1, \pi_2)}$$

Ejercicio 2 : Práctica

Esquema:



S: Superficie libre

C: Tope del flujo

Aplico ec. energía entre S y C

$$① \quad \frac{P_C - P_S}{\delta g} + \frac{V_C^2 - V_S^2}{2g} + (h_C - h_S) = h_{bomba} \ (h_b)$$

donde: $P_C = P_S = P_{atm}$

$V_C = V_S = 0$

$\therefore$ $h_{bomba} = h_C - h_S$

$\boxed{h_b = 10,5m}$

Aplico ec. de energía entre C y D (salida de boquilla)

$$② \quad \frac{P_C - P_D}{\delta g} + \frac{V_C^2 - V_D^2}{2g} + (h_C - h_D) = 0 \quad (\nexists \text{ pérdidas ni ganancias})$$

donde $P_C = P_D = P_{atm}$

$V_C \to 0$

queda:

$$\frac{\cancel{P_C - P_D}}{\delta g} + \frac{\cancel{V_C^2} - V_D^2}{2g} + (h_C - h_D) = 0,$$

$$-\frac{V_D^2}{2g} = h_D - h_C, \quad \frac{V_D^2}{2g} = h_C - h_D$$

$\therefore$ $V_D = \sqrt{2g(h_C - h_D)}$, reemplazo datos:

$$V_D = \left[2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 10m\right]^{1/2}, \quad \boxed{V_D = 14 \ m/s}$$

Con definición de caudal Q: $Q = V.A$; $\boxed{Q = \frac{V\pi\phi^2}{4}}$ ③

$$Q = V_D \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \phi_D^2 \quad , \quad Q_D = \frac{\pi}{4} \cdot 14 \frac{m}{s} \cdot (1{,}5 \cdot 10^{-2})^2 m^2$$

$$\boxed{Q = 2{,}47 \cdot 10^{-3} m^3/s}$$

) Nuevamente, tomo ec. de energía entre "C" y "I":

$$\frac{P_C - P_I}{\delta \cdot g} + \frac{V_C^2 - V_I^2}{2g} + h_C - h_I = 0 \quad (\nexists \text{ pérdidas ni ganancias})$$

donde $V_C \to 0$, $P_C = P_{atm}$, $V_I = ?$

$$Q_I = Q_D \rightarrow V_I \cdot \frac{\cancel{\pi}}{\cancel{4}} \cdot \phi_I^2 = V_D \cdot \frac{\cancel{\pi}}{\cancel{4}} \cdot \phi_D^2$$

$$V_I = V_D \left(\frac{\phi_D}{\phi_I}\right)^2 = 14 \frac{m}{s} \cdot \left(\frac{1{,}5\,cm}{5\,cm}\right)^2 , \quad \boxed{V_I = 1{,}26 \frac{m}{s}}$$

queda: $$\frac{P_{atm}\, m^3}{9810 N} - \frac{P_I\, m^3}{9810 N} + \frac{0 - (1{,}26)^2 m^2 s^2}{s^2 \cdot 2 \cdot 9{,}81\, m} + 12 m = 0$$

$$\frac{P_{atm}\, m^3}{9810 N} - \frac{P_I\, m^3}{9810 N} + 11{,}92\, m = 0$$

$$P_I = \left[\frac{10^5 \cancel{Pa}\, m^3 \cancel{N}}{9810 \cancel{N}\, m^2 \cdot \cancel{Pa}} + 11{,}92 m\right] \frac{9810 N}{m^3}$$

$$\boxed{P_I = 2{,}17 \cdot 10^5\ Pa}$$

) de nuevo, ec. de energía entre S y 4:

$$\frac{P_4 - P_S}{\delta \cdot g} + \frac{V_4^2 - V_S^2}{2g} + (h_4 - h_S) = 0 \quad (\nexists \text{ pérdidas ni ganancias})$$

donde; $P_S \Rightarrow P_{atm}$, $V_S \to 0$ $\quad V_4 = V_I \left(\frac{\phi_I}{\phi_4}\right)^2 = 1{,}26 \frac{m}{s} \cdot \left(\frac{5}{6}\right)^2$

$$\boxed{V_4 = 0{,}875\, m/s}$$

$$\frac{(P_A - P_{atm})\, m^3}{9810\, N} + \frac{(0{,}895\, m^2 - 0)\, s^2}{s^2 \cdot 2 \cdot 9{,}81\, m} + -1{,}5\, m = 0$$

$$\frac{P_A\, m^3}{9810\, N} - \frac{P_{atm}\, m^3}{9810\, N} = 1{,}46\, m$$

$$P_A = \left[1{,}46\, m + \frac{10^5\, \cancel{Pa}\, m^3 \cdot \cancel{N}}{9810\, \cancel{N}\, \cancel{m^2} \cdot \cancel{Pa}}\right] \cdot 9810\, \frac{N}{m^3}$$

$$\boxed{P_A = 1{,}14 \cdot 10^5\, Pa}$$

Ejercicio 1

En la situación descripta, pueden utilizarse los números de Reynolds ($\mathbb{R}e$) y Euler ($\mathbb{E}v$) (opcional)

(1) $\boxed{\mathbb{R}e = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu}}$

- ρ: densidad del fluido
- V: velocidad
- L: longitud característica
- μ: viscosidad

(2) $\boxed{\mathbb{E}v = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2}}$ → ΔP: diferencia de presión entre 2 segmentos del flujo.

Dado que intervendrá el aire, (y se lo puede considerar un gas perfecto); vale la ley de gases ideales:

$$P = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T \longrightarrow \boxed{P = \rho \cdot R \cdot T} \quad (3)$$

a) Modelo M / Prototipo P → mismo fluido (agua a 15°C) → $\rho_M = \rho_P$; $\mu_m = \mu_p$

→ Datos: V_m, V_p.

hallar L_m/L_p (escala)

$$Re)_m = Re)_p$$

$$\frac{\cancel{\rho_M} \cdot V_M \cdot L_M}{\cancel{\mu_M}} = \frac{\cancel{\rho_P} \cdot V_P \cdot L_P}{\cancel{\mu_P}} \; ; \rightarrow \frac{24\,\cancel{m}}{\cancel{s}} \cdot L_M = \frac{6\,\cancel{m}}{\cancel{s}} \cdot L_P$$

$$L_P / L_M = 24/6 = 4 \; ; \qquad L_P = 4\,L_M$$

escala M:P :(1:4)

b) Hallar V_M para aire a 20 atm, 27°C, $\mu = 18{,}03 \cdot 10^{-4}$ kg/m.s

Igualo los números de Reynolds: M → aire
P → prototipo.

$$Re)_P = Re)_M$$

$$\boxed{\frac{\rho_P \cdot V_P \cdot L_P}{\mu_P} = \frac{\rho_M \cdot V_M \cdot L_M}{\mu_M}} \quad (4)$$

datos: L_P/L_M, V_P, ρ_P, μ_P, μ_M

Faltante: V_M (a develar), ρ_M

Calculo de ρ_M → utilizo ec. (3);

$$\rho_M = \frac{P}{RT} = \frac{20\,\cancel{atm} \cdot kg \cdot \cancel{K} \cdot 10^5\,\cancel{Pa} \cdot \cancel{N}}{234{,}22\,\cancel{N} \cdot m\,(273+27)\,\cancel{K} \cdot \cancel{atm}\, m^2\, \cancel{Pa}}$$

$$\boxed{\rho_M = 28{,}46\ kg/m^3}$$; reemplazo en (4) y despejo V_M

$$V_M = \frac{\rho_P}{\rho_M} \cdot \frac{\mu_M}{\mu_P} \cdot \frac{L_P}{L_M} \cdot V_P$$

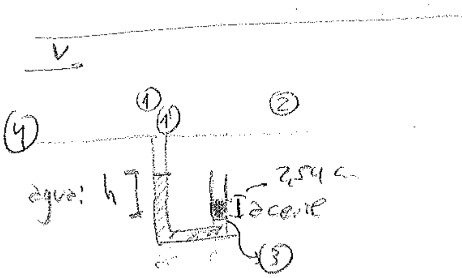
$$V_M = \frac{999{,}12\,\cancel{kg}\,\cancel{m^3}}{\cancel{m^3}\,28{,}46\,\cancel{kg}} \cdot \frac{18{,}03 \cdot 10^{-4}\,\cancel{kg}\,\cancel{m}\,\cancel{s}}{\cancel{m}\,\cancel{s}\,11{,}613 \cdot 10^{-2}\,\cancel{kg}} \cdot 4 \cdot \frac{24\,m}{s}$$

$$\boxed{V_M = 52{,}43\ \frac{m}{s}}$$

Ejercicio 3: Práctica

a) Determinar h (altura del manómetro)

Esquema:



Para el manómetro, rige la expresión:

$$\boxed{P = P_0 + \delta \cdot g \cdot h} \quad (1)$$

desde 1' al límite agua - aceite (P_3)

$$P_3 = P_1' + \delta_{agua} \cdot g \cdot h \quad \text{(desde col. agua)}$$

$$P_3 = P_0 + \delta_{aceite} \cdot g \cdot 2{,}54 \text{ cm}$$

$$\boxed{P_1' + \delta_{agua} \cdot g \cdot h = P_0 + \delta_{aceite} \cdot g \; 2{,}54 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \quad (2)$$

dato: $P_0 = 10^5$ Pa, incógnitas: P_1', h

) dentro del túnel, $P_1 = P_1'$

$1 \rightarrow$ punto en túnel

$1' \rightarrow$ punto a la entrada del tubo ($V_1' \rightarrow 0$)

Aplico ec energía entre 1 y 4 (4: sección en exterior, justo a la entrada del túnel, puedo considerar $V_4 \rightarrow 0$); no tomo en cuenta pérdidas

$$\frac{P_4}{\delta \cdot g} + \cancel{\frac{V_4^2}{2g}}^{0} + \cancel{h_4} = \frac{P_1}{\delta g} + \frac{V_1^2}{2g} + \cancel{h_1}, \qquad h_1 = h_4, \quad P_4 = P_0$$

$$\frac{P_1}{\delta g} = \frac{P_4}{\delta g} - \frac{V_1^2}{2g}, \Rightarrow \boxed{P_1 = \overset{P_0}{P_4} - \frac{\delta_{aire}}{2} V_1^2} \quad (3)$$

reemplazo (3) en (2):

$$\cancel{P_0} - \frac{\delta_{aire}}{2} \cdot V_1^2 + \delta_{agua} \cdot g \cdot h = \cancel{P_0} + \delta_{aceite} \cdot g \cdot \overbrace{2{,}54 \cdot 10^{-2} \text{ m}}^{l}$$

$$\delta_{agua} \cdot g \cdot h = \delta_{aceite} \cdot g \cdot l + \frac{\delta_{aire}}{2} \cdot V_1^2$$

$$h = \frac{\delta_{aceite} \cdot g \cdot l}{\delta_{agua} \cdot g} + \frac{\delta_{aire} \cdot V_1^2}{\delta_{agua} \cdot g}$$

$$\boxed{h = \frac{\delta_{aceite}}{\delta_{agua}} \cdot l + \frac{\delta_{aire}}{\delta_{agua}} \cdot \frac{v_1^2}{g}}$$ (4). reemplazo datos:

$$h = \frac{900\,\cancel{kg}\,\cancel{m^3}}{\cancel{m^3} \cdot 1000\,\cancel{kg}} \cdot 2{,}54 \cdot 10^{-2}\,m + \frac{1{,}22\,\cancel{kg}\,\cancel{m^3}\,\cancel{s^2} \cdot (26{,}67)^2\,m^{\cancel{2}}}{\cancel{m^3} \cdot 10^3\,\cancel{kg} \cdot 9{,}81\,\cancel{m}\,\cancel{s^2}}$$

Caux: $V_1 = 96\,\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} \cdot \frac{1\,\cancel{h}}{3600\,s} \cdot \frac{10^3\,m}{\cancel{km}}$; $V_1 = 26{,}67\,\frac{m}{s}$

$h = 0{,}1113\,m \longrightarrow \boxed{h = 11{,}13\,cm}$

b) Aplico ec. de energía entre puntos 1 y 2.

$$\boxed{\frac{P_1}{\delta \cdot g} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\delta \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2}$$ (5)

donde: $h_1 = h_2$, $V_2 = 0$ (Punto de estagnación); obtenemos

$$\frac{P_1}{\delta g} + \frac{V_1^2}{2g} + \cancel{h_1} = \frac{P_2}{\delta g} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}}^{\,0} + \cancel{h_2}$$

ojo! cambio el orden de ΔP!

$$\frac{P_1 - P_2}{\delta g} = \frac{-V_1^2}{2g} \longrightarrow \frac{P_2 - P_1}{\delta g} = \frac{V_1^2}{2g}$$

ojo!
$P_2 - P_1$ no $P_1 - P_2$

$P_2 - P_1 = \frac{\delta \cdot V_1^2}{2}$, reemplazo valores:

$$\Delta P = \frac{1{,}22}{2}\,\frac{kg}{m^3} \cdot (26{,}67)^2 \cdot \frac{m^2}{s^2}$$, Unidades: $\frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot \frac{1}{m^2}$

$N/m^2 = Pa$

$$\boxed{\Delta P = 433{,}88\ Pa}$$

Comprobación; usamos ec. 2 para P_1 y lo reemplazamos en la ec.

$P_1 = P_0 - \frac{\delta}{2} V_1^2 = 10^5\,Pa - \frac{1{,}22}{2} \cdot (26{,}67)^2\,Pa$; $P_1 = 99566\,Pa$

$$\left(P_0 - \frac{\delta}{2} v_1^2\right)\frac{1}{\delta g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\delta g}$$

$$\frac{P_0}{\delta g} - \frac{\cancel{\delta} \cancel{v_1^2}}{2\cancel{\delta} g} + \frac{\cancel{v_1^2}}{2g} = \frac{P_2}{\delta g} \longrightarrow \boxed{P_2 = P_0} \rightarrow P_2 = 10^5 \, Pa$$

quede: $\Delta P = P_2 - P_1 = (10^5 - 99566)\, Pa = 433{,}88 \, Pa$