UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
*SANTA MARÍA DE LOS BUENOS AIRES*
FACULTAD DE FISICOMATEMÁTICAS E INGENIERÍA
CÁTEDRA DE MECÁNICA DE FLUIDOS
RECUPERTORIO PRIMER PARCIAL 1-07-2015

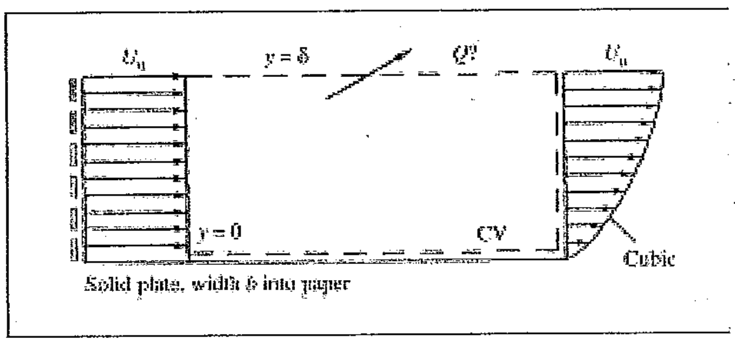
Nombre y apellido: ____________________________________________

Año de cursada: ____________

**Parte teórica**

## PROBLEMA 1

Un fluido incompresible pasa a través de una placa plana impermeable como muestra la figura, con un perfil de velocidades uniforme $u = U_0$ a la entrada y un perfil polinómico de grado 3 a la salida:




$$u = U_0\left(\frac{3\eta - \eta^3}{2}\right) \quad \text{where } \eta = \frac{y}{\delta}$$

Hallar el caudal (Q) a través de la superficie superior del volúmen control mostrado.

## PROBLEMA 2

1a-Si la intensidad de iluminación de una partícula fluida en el punto (x,y,z) al tiempo t está dada por:

$$I = A\, e^{-3x} / (x^2+y^2+z^2)$$

y el campo de velocidades está dado por:

$$vx = B(y + 2z);\ vy = B(y + 3z);\ vz = B(2x + 3y + 2z)$$

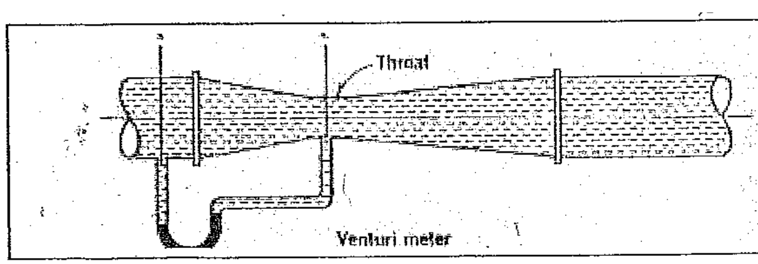
donde A y B son constantes conocidas, determinar la velocidad de variación de la iluminación experimentada al tiempo t por la partícula fluida que está en el punto (1,2,-2) al tiempo t.

1-b Un flujo bidimensional incompresible tiene las siguientes componentes de velocidad siendo V y L constantes. Si existe hallar la función corriente y la función potencial. Justificar.

$$u = 2V\left(\frac{x}{L} - \frac{y}{L}\right) \qquad v = -2V\frac{y}{L}$$

## PROBLEMA 3

Un medidor venturi es un dispositivo el cual está inserto en un tubo para medir velocidades de flujo incompresible. Co-



mo se muestra en la figura consiste de una sección convergente la cual reduce el diámetro del tubo (usualmente a la mitad o a la cuarta parte del diámetro de entrada) seguido por una sección divergente. La diferencia de presión justo por encima de la posición del venturi y en la garganta del venturi (throad) se mide con un manómetro diferencial.

Mostrar que el caudal está dado por la siguiente expresión:

$$Q = Cd\left[\frac{A_2}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}\sqrt{2g\left(\frac{P_1-P_2}{\gamma}\right)}\right]$$

siendo Cd el coeficiente de descarga el cual tiene en cuenta efectos de fricción.

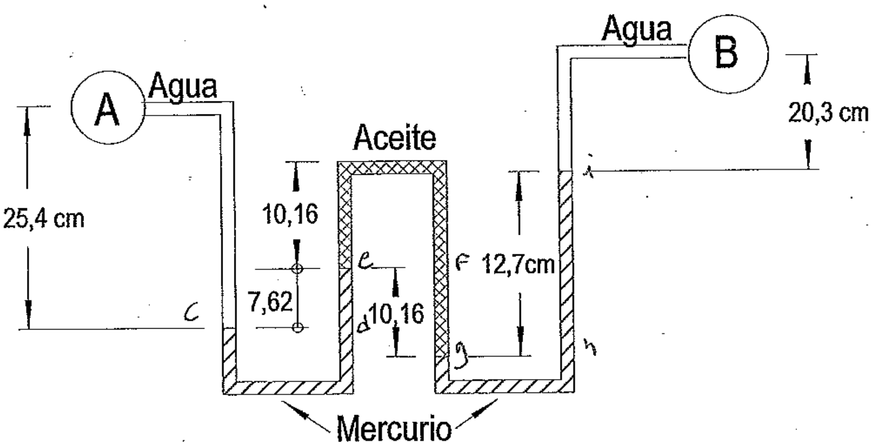
## MECANICA DE FLUIDOS: Parte Práctica (22_06_2015)

### Problema 1:

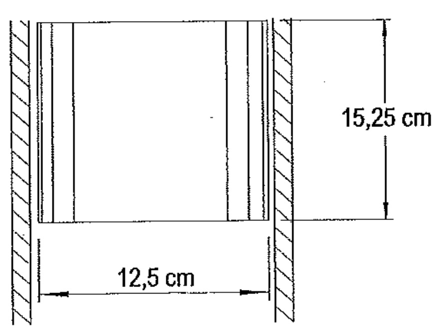
Durante una fiesta, a la que asisten bastantes ingenieros, se destapa una botella de una bebida espumante muy conocida, y todos contemplan como brotan burbujas de la parte superior de la botella. De pronto, alguien indica que no se explica cómo es que las burbujas ascienden y afirma que si el gas encerrado en la burbuja está a presión constante, y el líquido que rodea a la burbuja está a presión constante también; en consecuencia, la presión del líquido en las partes superior e inferior de la burbuja son iguales, y puesto que no existe diferencia de presiones en ninguna dirección de la burbuja, no debe existir desequilibrio que la impulse hacia arriba. Como estudiante de mecánica de fluidos le corresponde resolver esta paradoja, ¿Qué se ha pasado por alto en esta exposición? Justifique

### Problema 2:

Para el manómetro de la figura con aceite de densidad relativa 0,8, mercurio de densidad relativa 13,6 y agua de densidad relativa 1, calcular la diferencia de presiones entre los puntos A y B. Las medidas están en centímetros.




### Problema 3

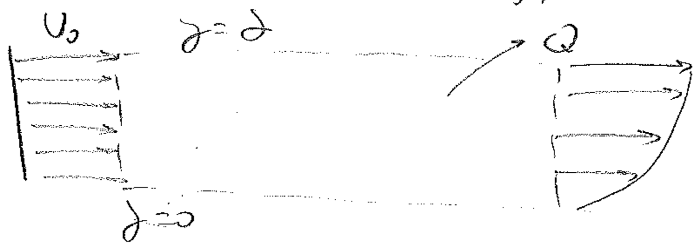



Un cuerpo que pesa 10 kg se desliza por un tubo lubricado como muestra la figura. El diámetro interior del tubo es de 12,5254 cm, el pistón se desacelera a 0,64 m/s$^2$, por los efectos viscosos del aceite, cuando la velocidad es 6,4 m/s. ¿Cuál es la viscosidad del aceite que se encuentra entre el tubo y el pistón?

# Recuperatorio primer parcial 1/7/2015

## Problema 1: Teoría

**Hallar Q**: Datos: $u(\eta)$, $\eta(y;\delta)$




(1) $\boxed{u = U_0\left(\dfrac{3\eta-\eta^3}{2}\right)}$

donde $\boxed{\eta = y/\delta}$ (2)

•) Desarrollo ecuación de Reynolds, tomando volumen de control en el rectángulo señalado en la figura

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\partial}{\partial t}\left[\iiint_V \beta \, dv\right] + \oint\!\!\oint_{SC} \beta \cdot (\bar{v}\cdot\check{n})\, dA$$

Para flujo estacionario se cumple: $\dfrac{\partial[\ ]}{\partial t} = 0$; $B = m$;

$\therefore$ para $\beta = 1$; reemplazo:

$$\oint\!\!\oint_{SC} \beta(\bar{v}\cdot\check{n})\, dA = \oint\!\!\oint_{SC} (\bar{v}\cdot\check{n})\, dA = 0$$

en cada trozo de la superficie de control:

$$\iint_{s/placa}[\ ] + \iint_{s.entrada}[\ ] + \iint_{s.salida}[\ ] + \underbrace{\iint_{s.arriba}[\ ]}_{\text{despejo:}} = 0$$

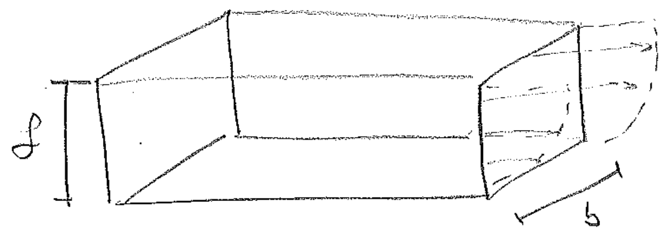
$$\iint_{s.arriba} = -\left[\iint_{s.placa} + \iint_{s.entrada} + \iint_{s.salida}\right]$$

Analizando cada uno, vemos:

•) $\boxed{\iint_{S.\,placa} = 0}$ Velocidad cero, dadas las condiciones del entorno de la superficie de control

•) $\iint_{S.\,entrada} \bar{v}\cdot\check{n}\, dA = \iint_{S.\,entrada} U_0 \cdot da = -U_0 \cdot \delta \cdot b \Rightarrow \boxed{\iint_{S.\,entrada} = -U_0 \cdot \delta \cdot b}$

donde b: profundidad de superficie



•) $\iint_{S.\,salida} = \iint U_0 \left(\frac{3\eta - \eta^3}{2}\right) dy\, b = b\, U_0 \left[ \int_0^{\delta} \left[ \frac{3(y/\delta) - (y/\delta)^3}{2} \right] dy \right]$

$$= b \cdot \frac{U_0}{2} \left\{ \left[ \frac{3}{\delta} \cdot \frac{y^2}{2} \right]_0^{\delta} - \left. \frac{y^4}{4\delta^3} \right]_0^{\delta} \right\} =$$

$$= \frac{b}{2} U_0 \left[ \frac{3}{2}\delta - \frac{\delta}{4} \right] = \frac{b}{2} U_0 \cdot \delta \cdot \left[ \frac{6-1}{4} \right] =$$

$$= \boxed{\frac{5}{4} \cdot \frac{b}{2} \cdot U_0 \delta}$$

Queda finalmente: $Q_{arriba} = -\left[ \frac{5 b U_0 \delta}{8} - U_0 \delta b \right]$

$$\boxed{Q_{arriba} = \frac{3}{8} U_0 \cdot \delta \cdot b}$$

## Problema 2 : Teoría 1) a) (2)

Hallar $V(I)$ para $\bar{r}_0 = (1, 2, -2)$ en tiempo $t$

Datos: $I = f(x, y, z, t)$ ; $\bar{V} = g(x, y, z, t)$ , $A \in \mathbb{R}$, $B \in \mathbb{R}$.

·) Aplicamos el concepto de derivada total para el valor pedido:

$I : A \in \mathbb{R}^4 \longrightarrow B \in \mathbb{R}$

$\bar{V} : D \in \mathbb{R}^4 \longrightarrow E \in \mathbb{R}^3$

$$\boxed{\frac{DI}{Dt} = \frac{\partial I}{\partial t} + \bar{V} \cdot \bar{\nabla} I} \quad (1)$$

·) Resolvemos por cada termino:

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \partial\left[\frac{A \cdot e^{-3x}}{(x^2+y^2+z^2)}\right] / \partial t = 0 \rightarrow \boxed{\frac{\partial I}{\partial t} = 0} \quad (2)$$

·) $$\bar{\nabla} I = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) I = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y}, \frac{\partial I}{\partial z}\right)$$

Calculando por componentes:

·) $$\frac{\partial I}{\partial x} = A\left[d\left(\frac{e^{-3x}}{x^2+y^2+z^2}\right) / dx\right] = A\left[\frac{-3 e^{-3x}(x^2+y^2+z^2) - e^{-3x} 2x}{(x^2+y^2+z^2)^2}\right]$$

$$\boxed{\frac{\partial I}{\partial x} = -A e^{-3x}\left[\frac{3(x^2+y^2+z^2) + 2x}{(x^2+y^2+z^2)^2}\right]} \quad (3)$$

·) $$\frac{\partial I}{\partial y} = A \cdot e^{-3x} \left[\frac{d\left(1/(x^2+y^2+z^2)\right)}{dy}\right] = A \cdot e^{-3x} \frac{d\left[(x^2+y^2+z^2)^{-1}\right]}{\partial y}$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} = A e^{-3x} \cdot -1 \cdot (x^2+y^2+z^2)^{-2} \cdot 2y$$

$$\boxed{\frac{\partial I}{\partial y} = \frac{-2Ay e^{-3x}}{(x^2+y^2+z^2)^2}} \quad (4)$$

) $\boxed{\dfrac{\partial I}{\partial z} = \dfrac{-2Aze^{-3x}}{(x^2+y^2+z^2)^2}}$ (5)

) $\bar{V}\cdot(\bar{\nabla} I) = (\mu, v, w)\cdot(\partial I/\partial x;\ \partial I/\partial y;\ \partial I/\partial z)$

$$= \mu\cdot\frac{\partial I}{\partial x} + v\frac{\partial I}{\partial y} + w\cdot\frac{\partial I}{\partial z}$$

$$\boxed{\bar{V}(\bar{\nabla} I) = \left[B(y+z)\cdot\frac{\partial I}{\partial x}\right] + \left[(y+3z)B\frac{\partial I}{\partial y}\right] + \left[B\cdot(2x+3y+2z)\frac{\partial I}{\partial z}\right]}\ (6)$$

) reemplazo valores en (6)

$$\frac{DI}{DT} = -A\cdot e^{-3x}\left[\frac{3(x^2+y^2+z^2)+2x}{(x^2+y^2+z^2)^2}\right]B(y+z) + \frac{B(y+3z)\cdot(-2Aye^{-3x})}{(x^2+y^2+z^2)^2} +$$

$$+ \frac{(2x+3y+2z)\cdot(-2Aze^{-3x})}{(x^2+y^2+z^2)^2}$$

Calc. aux: $x^2+y^2+z^2 \Rightarrow 1+4+4 = 9$ , $e^{-x} \Rightarrow e^{-3}$

$$DI/DT(1,2,-2) = \cancel{-A\cdot e^{-3}\left[\frac{3\cdot 9+2\cdot 1}{9^2}\right]\cdot B(2-2)} + \frac{B(2-6)\cdot -2A\cdot 2e^{-3}}{81}$$

$$+\frac{B(2+6-4)(-2A\cdot -2\cdot e^{-3})}{81} =$$

$$= \frac{16ABe^{-3}}{81} + \frac{AB(-16)e^{-3}}{81} = 0 \longrightarrow \boxed{DI/DT = 0}$$

# Problema 2: Teoría 1b

dado un campo de velocidades $\bar{V}: \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^2$; $\bar{V} = (u, v)$,

llamamos $\psi$: función corriente; $\phi$: función potencial:

) $\exists\ \psi \Leftrightarrow \boxed{u = \frac{d\psi}{\partial y}}$ ① ; $\boxed{v = \frac{-\partial \psi}{\partial x}}$ ②; de ①: $d\psi = u\, dy$

$$\boxed{\psi = \int u\, dy + f(x)}$$

$$\psi = \int \left(2v\frac{x}{L} - 2v\frac{y}{L}\right) dy + f(x) \longrightarrow \boxed{\psi = \frac{2vxy}{L} - \frac{vy^2}{L} + f(x)} \ ③$$

de ③ y ②: $\quad v = \frac{-\partial \psi}{\partial x}$ ; $-\frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{-2vy}{L} + 0 - f'(x)$

$$\cancel{-\frac{2vy}{L}} = \cancel{\frac{-2vy}{L}} - f'(x) \qquad f'(x) = 0$$

$$f(x) = \mathbb{C}$$

queda: $\boxed{\psi = \frac{2vxy}{L} - \frac{vy^2}{L} + \mathbb{C}}$ ④ $\quad \mathbb{C} \subset \mathbb{R}$.

) $\exists\ \phi \Leftrightarrow \boxed{u = \frac{\partial \phi}{\partial x}}$ ⑤ ; $\boxed{v = \frac{\partial \phi}{\partial y}}$ ⑥ , de ⑤:

verificamos: para que exista $\psi$: $\boxed{\bar{\nabla} \cdot \bar{v} = 0}$

$$\bar{\nabla} \cdot \bar{v} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right) \cdot (u, v) = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

reemplazamos:

$$\frac{\partial \left(2v\frac{x}{L} - 2v\frac{y}{L}\right)}{\partial x} + \frac{\partial(-2vy/L)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{2v}{L} + -\frac{2v}{L} = 0 \quad \checkmark \quad \therefore \boxed{\exists\ \psi}$$

·) para que exista $\phi$; $\boxed{\bar{\nabla} \times \bar{v} = \bar{0}}$

$$\bar{\nabla} \times \bar{v} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \partial/\partial x & \partial/\partial y & \partial/\partial z \\ u & v & 0 \end{vmatrix} = \left(\frac{\partial 0}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}; \frac{\partial z}{\partial u} - \frac{\partial 0}{\partial x}; \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)$$

$$= \left(0; 0; \frac{\partial(-2vy/L)}{\partial x} - \frac{\partial(2vx/L - 2vy/L)}{\partial y}\right) =$$

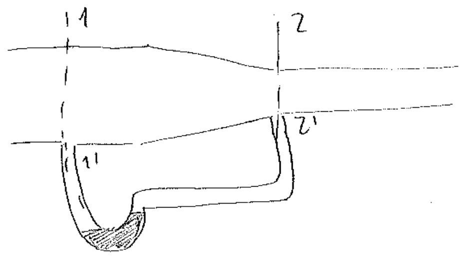
$$= \left(0; 0; 0 - -\frac{2v}{L}\right) \neq \bar{0}.$$

vemos que $\nexists\ \phi$.

# Problema 3: Teoría

## Hallar Q

) Resolvemos primero sin considerar efectos de fricción




) Secciones 1-1' y 2-2'

) Aplicamos ec. de Bernoulli

$$\boxed{\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2} \quad (1)$$

) Para el caudal Q, $\boxed{Q = A \cdot V}$ (2)

) de (1): $\boxed{h_1 = h_2}$ (3) ) de (2): $\boxed{V = \frac{Q}{A}} \rightarrow V_1 = \frac{Q}{A_1}$, $V_2 = \frac{Q}{A_2}$ (4)

Vemos que Q = cte. Reemplazo (3), (4) en (1):

$$\frac{P_1}{\gamma} + \left(\frac{Q}{A_1}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g} + \cancel{h_1} = \frac{P_2}{\gamma} + \left(\frac{Q}{A_2}\right)^2 \frac{1}{2g} + \cancel{h_2}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{1}{2g} Q^2 \underbrace{\left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2}\right)}_{(*)}$$

(*) → Trabajamos este término

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

$$= \left[\frac{A_2^2 A_1^2 / A_1^2}{A_1^2/A_1^2 - A_2^2/A_1^2}\right]^{-1} = \left[\frac{A_2^2}{1 - A_2^2/A_1^2}\right]^{-1}$$, reemplazo en fórmula

$$\left[\frac{A_2^2}{1-(A_2/A_1)^2}\right] \cdot \left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma}\right) = \left(\frac{Q^2}{2g} \cdot \cancel{\left[\frac{A_2^2}{1-(A_2/A_1)^2}\right]^{-1}}\right) \cdot \cancel{\left[\frac{A_2^2}{1-(A_2/A_1)^2}\right]}$$

$$Q^2 = 2g\cdot\left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma}\right)\cdot\frac{A_2^{\,2}}{1-(A_2/A_1)^2}$$

$$\boxed{Q = \frac{A_2}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}}\cdot\sqrt{2g\left(\frac{P_1-P_2}{\gamma}\right)}} \quad (5)$$

En (5) consideramos caudal en condiciones ideales (sin fricción), lo llamamos $Q_{id}$. Para el caudal con efectos de fricción $Q_{real}$, sabemos que $Q_{real} < Q_{id}$, con proporción:

$$\boxed{\frac{Q_{real}}{Q_{id}} = C_d} \quad (6)$$

$C_d$: coeficiente de descarga

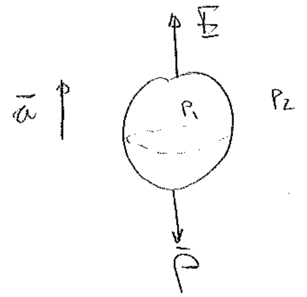
donde $C_d \in (0,1)$

Para (6). $\boxed{Q_{real} = C_d \cdot Q_{id}}$ (7)

# Problema 1: práctica

Para una burbuja de radio r: $\boxed{\Delta p = \frac{4\gamma}{r}}$ (1)

En esquema:




) E: empuje ) P: Peso

$P_1, P_2 \rightarrow$ presiones fuera y dentro de la burbuja

La ec. (1) garantiza la diferencia de presiones existente entre el interior y el exterior de la burbuja, gracias a la tensión superficial. Sin embargo, las fuerzas que intervienen en el movimiento de la burbuja son Empuje y Peso:

$\boxed{P = M_b \cdot g}$ (2)

$$\delta_b = \frac{mb}{Vol\,b} \longrightarrow mb = \delta b \cdot Vol\,b = \delta b \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\boxed{mb = \delta b \cdot \frac{4}{3}\pi r^3} \quad (3)$$

$$E = M_{agua} \cdot g \longrightarrow \boxed{m_a = \delta a \cdot \frac{4}{3}\pi r^3} \quad (4)$$

Por diagrama de cuerpo libre: $\sum F = m\,\bar{a} = E - P$

b: burbuja (aire)

a: agua (Champagne)

$$mb \cdot \bar{a} = ma \cdot \bar{g} - mb \cdot \bar{g}$$

$$mb \cdot \bar{a} = \bar{g}(ma - mb) \longrightarrow a = g\left(\frac{ma}{mb} - 1\right)$$

$$a = g\left[\frac{\delta a \cdot \cancel{4/3\pi} \cdot \cancel{r^3}}{\delta b \cdot \cancel{4/3\pi} \cdot \cancel{r^3}} - 1\right] \longrightarrow \boxed{a = g\left[\frac{\delta a}{\delta b} - 1\right]} \quad (5)$$

En este caso suponemos $\delta a \approx 1000\,\delta b$ ; ó $\delta a >> \delta b$.

por lo tanto $a > 0 \rightarrow$ (aceleración paralela a Empuje).

Probleme 2: practico

Hallar $\Delta p_{AB}$ → ver puntos A, b, c, d, e, f, g, h, i en diagrama.

$\rho_1 \to$ agua ; $\rho_2 \to$ mercurio, $\rho_3 \to$ aceite (normalizado)

$\boxed{p_C = p_A + \rho_1 \cdot g \cdot h_{AC}}$ ①

$\boxed{p_D = p_C}$ ② $\longrightarrow$ $\boxed{p_E = p_D - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ed}}$ ③

$\boxed{p_E = p_F}$ ④ $\longrightarrow$ $\boxed{p_g = p_F + \rho_3 \cdot g \cdot h_{Fg}}$ ⑤

$\boxed{p_G = p_h}$ ⑥ $\longrightarrow$ $\boxed{p_i = p_h - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ih}}$ ⑦

$\boxed{p_B = p_i - \rho_1 \cdot g \cdot h_{ib}}$ ⑧ Buscamos $\boxed{\Delta p_{AB} = p_A - p_B}$ ⑨

) de ①: $\boxed{p_A = p_C - \rho_1 \cdot g \cdot h_{AC}}$ $(1^*)$

de ② y ③: $\boxed{p_E = p_C - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ed}}$ $(3^*)$

de ⑧ y ⑦ $\boxed{p_B = p_h - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ih} - \rho_1 \cdot g \cdot h_{ib}}$ $(8^*)$

de $(8^*)$, ⑥ y ⑤:

$\boxed{p_B = p_F + \rho_3 \cdot g \cdot h_{Fg} - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ih} - h_{ib} \cdot g \cdot \rho_1}$ $(8^{**})$

de $(8^{**})$, ④ y $(3^*)$

$\boxed{p_B = p_C - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ed} + \rho_3 \cdot g \cdot h_{Fg} - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ih} - h_{ib} \cdot g \cdot \rho_1}$ $(8^{***})$

de $(8^{***})$ y ①:

$$p_B = p_A + \rho_1 \cdot g \cdot h_{AC} - \rho_2 g \cdot h_{ed} + \rho_3 \cdot g \cdot h_{Fg} - \rho_2 \cdot g \cdot h_{ih} - \rho_1 \cdot g \cdot h_{ib}$$

$$\Delta p_{BA} = g \left[ \rho_1 (h_{AC} - h_{ib}) - \rho_2 (h_{ed} + h_{ih}) + \rho_3 \cdot h_{Fg} \right]$$

Vemos que $\rho_2 = 13{,}6\, \rho_1$; $\rho_3 = 0{,}8\, \rho_1$

$$\Delta p_{BA} = g \cdot \rho_1 \left[ (h_{AC} - h_{ib}) + 0{,}8 \cdot h_{Fg} - 13{,}6 (h_{ed} + h_{ih}) \right]$$

Reemplazo datos:

$$\Delta P_{BA} = 9{,}81 \, \frac{m}{s^2} \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \left[ (25{,}4 - 20{,}3) + (0{,}8 \cdot 10{,}16) - (13{,}6 \cdot (7{,}62 + 12{,}7)) \right] cm$$

$$= 9{,}81 \cdot \frac{m}{s^2} \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \left[ 5{,}10 + 8{,}13 - 276{,}35 \right] \cancel{cm} \cdot \frac{1 m}{10^2 \cancel{cm}}$$

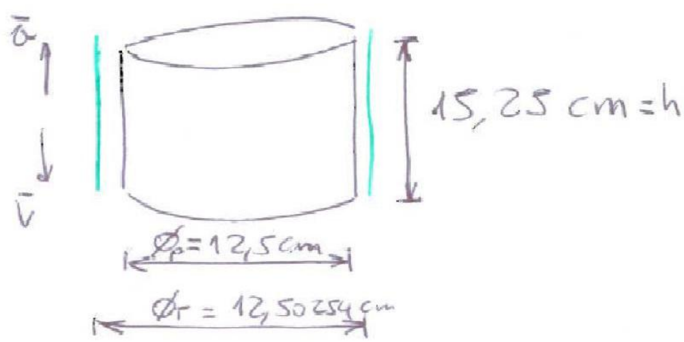
$$\Delta P_{BA} = -25812{,}072 \; \underbrace{\underbrace{kg \cdot \frac{m}{s^2}}_{N} \cdot \frac{1}{m^2}}_{Pa}$$

$$\Delta P_{BA} = -25812{,}072 \, Pa \cdot \frac{1 kPa}{10^3 Pa} \longrightarrow \Delta P_{BA} = -25{,}81 \, kPa$$

También: $\boxed{\Delta P_{AB} = 25{,}81 \, kPa}$

# Problema 3: práctica

hallar $\mu$ del aceite

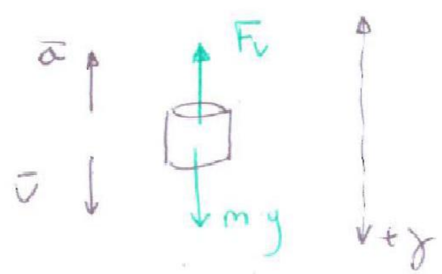



Datos: $m_P$, $\phi_P$, $\phi_T$, $\bar{a}$, $\bar{v}$, h

P: pistón

T: tubo

i) Diagrama de cuerpo libre




$$\boxed{\sum F_y = F_v - mg = m \cdot a} \quad (1)$$

$F_v$: fuerza viscosa

Asumimos un perfil lineal de viscosidad, se cumple para fluidos newtonianos:

$$\boxed{F_v = \tau \cdot A} \quad (2)$$

A: área de contacto, rozamiento

$\tau$: tensión de corte del fluido

$$\boxed{\tau = \frac{\mu \cdot V}{e}} \quad (3)$$

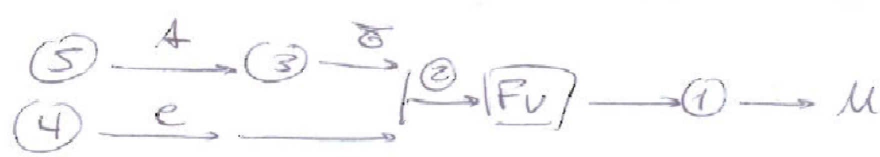
$\mu$: viscosidad

V: velocidad

e: espesor

$$\boxed{e = \frac{\phi_T - \phi_P}{2}} \quad (4) \qquad , \qquad \boxed{A = \pi \cdot \phi_P \cdot h} \quad (5)$$

Esquema:



$$\tau \cdot A - m \cdot g = m \cdot a$$

$$\tau \cdot A = m(a+g) \quad ; \text{ reemplazo } (3)$$

$$\frac{\mu \cdot V}{e} \cdot A = m(a+g)$$

$$\mu = \frac{m \cdot (a+g) \cdot e}{V \cdot A} \quad ; \text{ reemplazo } (4) \text{ y } (5)$$

$$\boxed{\mu = \frac{m \cdot (a+g) \cdot (\phi_T - \phi_P)}{2 \cdot V \cdot \pi \cdot \phi_P \cdot h}} \quad ; \text{ reemplazo datos;}$$

$$\mu = 10\,kg\,(0{,}64 + 9{,}81)\frac{m}{s^2}\,(12{,}5254 - 12{,}5)\,\cancel{cm} \cdot \frac{1\,m}{\cancel{10^2\,cm}} \cdot \frac{1 \cdot s \cdot \cancel{10^2\,cm}\;10^2\,cm}{2 \cdot 6{,}4\,m \cdot \pi \cdot 12{,}5\,\cancel{cm} \cdot m^2\,15{,}25\,cm}$$

Unidades: $\left[ kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m \cdot s \cdot \frac{1}{m^3} = kg \cdot \frac{1}{s \cdot m} \right]$

$$\mu = \frac{10 \cdot 10{,}45 \cdot 0{,}0254 \cdot 100}{2 \cdot 6{,}4 \cdot \pi \cdot 12{,}5 \cdot 15{,}25}\,\frac{kg}{m \cdot s} \longrightarrow \mu = \frac{265{,}43}{7661{,}6}\,\frac{kg}{m \cdot s}$$

$$\mu = 0{,}0346\ kg/m \cdot s \longrightarrow \boxed{\mu = 3{,}46 \cdot 10^{-2}\,\frac{kg}{m \cdot s}}$$

Verifico unidades de viscosidad

$$\tau = \frac{\mu \cdot V}{e} \longrightarrow [\tau] = \frac{F}{L^2} = \frac{M \cdot L}{T^2}\,\frac{1}{L^2} = \frac{M}{T^2 \cdot L}$$

$$[V] = \frac{L}{T}$$

$$[e] = L$$

$$\mu = \frac{\tau \cdot e}{V} \longrightarrow [\mu] = \frac{[\tau][e]}{[V]} = \frac{M \cdot \cancel{L} \cdot \cancel{T}}{T^{\cancel{2}} \cdot L \cdot \cancel{L}} = \frac{M}{L \cdot T}\ \checkmark$$