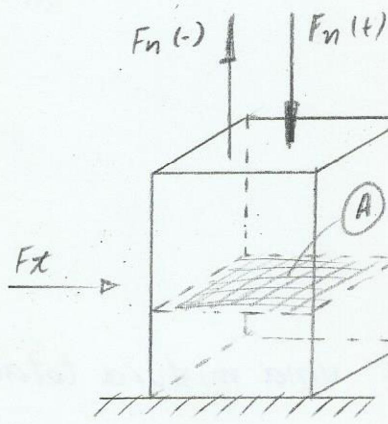
Fênomenos de transporte

Fênomenos de transporte { Mecânica dos fluidos (Livro - Prof. Brunetti)
transmissão de calor (Apostila)

## Cap 1 - Viscosidade

1) Tensão de cisalhamento ($\tau$)



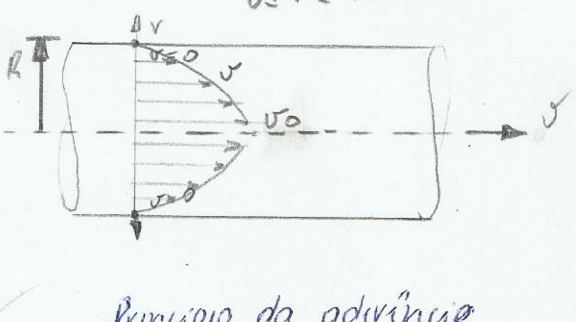

$\frac{Fn(+)}{A}$ = tensão de compressão

$\frac{Fn(-)}{A}$ = tensão de tração

$\frac{Ft}{A} = \tau$ = tensão de cisalhamento

2) Diagrama de velocidades

$0 \leq r \leq R$




Princípio da aderência

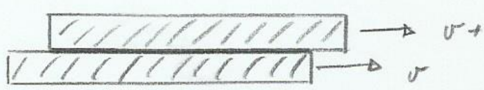
Qualquer partícula fluida em contato com uma superfície sólida adere a ela e passa ter a velocidade da superfície

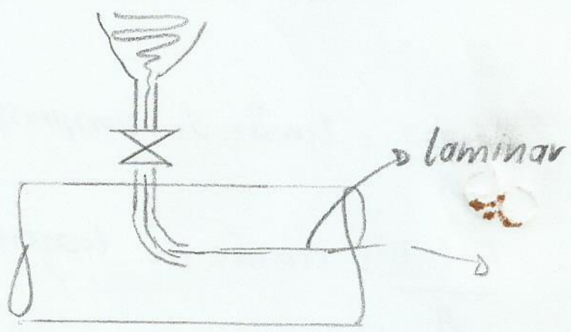
$v_0$ = Velocidade Máxima (eixo)

$0 \leq v \leq v_0$ $\quad v = f(r)$

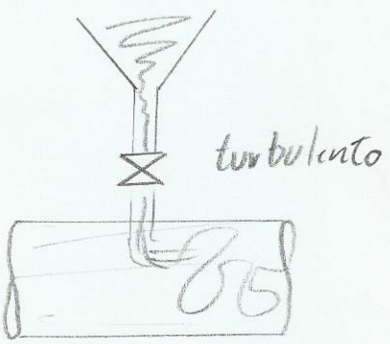
3) Regime laminar e turbulento

Regime laminar é o que acontece quando o movimento do fluido é feito em camadas ou laminas que não se mistura.

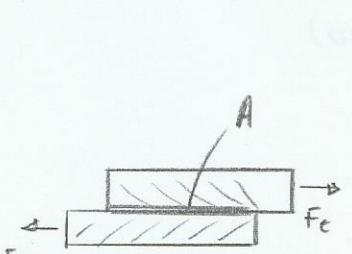



Regime turbulento: é quando há uma mistura total e desordenada entre as partículas




O regime laminar ocorre em fluidos com baixa velocidade ou alta viscosidade. Elevando-se a velocidade do fluido ou reduzindo-se a sua viscosidade o movimento pode ser turbulento.



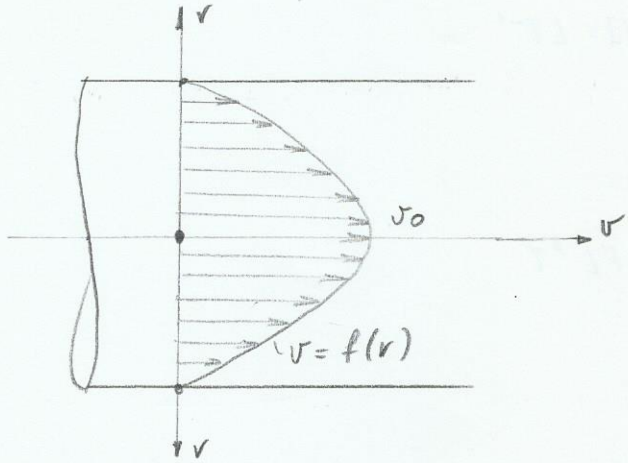

$\frac{F_t}{A} = \tau$

$F_t$ = força tangencial ou força viscosa

$\boxed{F_v = \tau \cdot A}$

Força viscosa

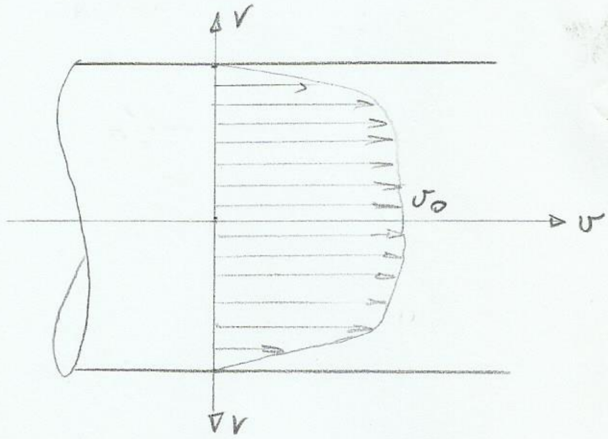
Regime laminar




$$v = v_0 \left[ 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2 \right]$$

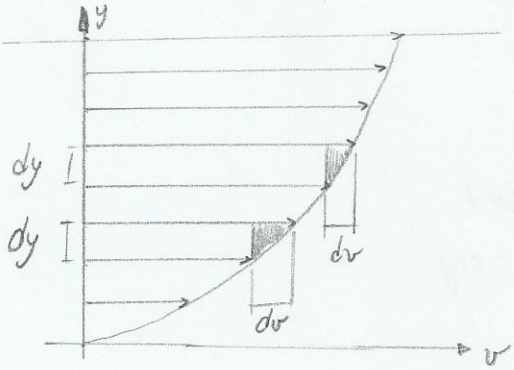
(laminar)

Regime turbulento




$$v = v_0 \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{1/7}$$

4-) Gradiente de velocidades




$$Gv = \frac{dv}{dy}$$

5-) Fluido Newtoniano

Fluido Newtoniano é aquele no qual a relação entre a tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidades é constantes, desde que não se altera a temperatura do fluido.

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{dv}{dy}\right)} = cte = \text{viscosidade dinâmica do fluido } (\mu)$$

$$\boxed{\tau = \mu \cdot \left(\frac{dv}{dy}\right)}$$

## Unidades

$[v]$ = dimensão da velocidade $[V] = LT^{-1}$

$[p] = FL^{-2}$

$[\tau] = FL^{-2}$

$$[\mu] = \frac{[\tau]}{[dv/dy]} = \frac{FL^{-2}}{\frac{LT^{-1}}{L}} = FL^{-2}T$$

### Sistema universal

$F \to N \quad L \to m \quad T \to s$

unidade de $\mu$ : $\frac{N.s}{m^2}$

### Sistema técnico

unidade de $\mu$: $\frac{kgf.s}{m^2}$

### Sistema GCS

| | |
|---|---|
| m | grama |
| L | cm |
| T | s |
| F | dina (d) |
| W | d×cm = erg |
| $\dot{W}$ | $\frac{erg}{s}$ |

unidade de $\mu$ : $\frac{d.s}{cm^2}$ = poise

Viscosidade cinemática ($\lambda$)

Definição: $\lambda = \frac{\mu}{\rho}$ $\qquad \rho$ = densidade (massa específica)

$[\lambda] = \dfrac{[\mu]}{[\rho]}$ • $[\rho] = \dfrac{[M]}{L^3} = \dfrac{\frac{F}{[a]}}{L^3} \quad \dfrac{\frac{F}{LT^{-2}}}{L^3}$

$[\rho] = FL^{-4}T^2$

$[\lambda] = \dfrac{FL^{-2}T}{FL^{-4}T^2} = L^2T^{-1}$

No $SI = \dfrac{m^2}{s}$

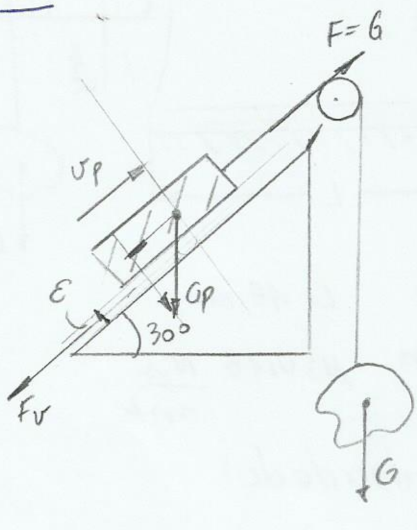
No $ST = \dfrac{m^2}{s}$

No $CGS = \dfrac{cm^2}{s}$ = stoke

Revisão

$\tau = \dfrac{F_v}{A}$ $\quad \tau = \mu . \dfrac{dv}{dy}$

Exemplo:




$\varepsilon$ = espessura da camada de óleo

$\varepsilon = 1{,}2\ mm$ $\quad v_p = 0{,}36\ \dfrac{m}{s}$

$G_p = 26\ kgf$

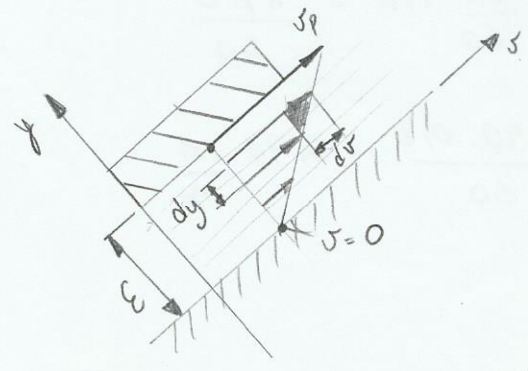
$A_{placa} = 1{,}2\ m^2$

$\alpha = 30°C$

$\mu = 0{,}068\ \dfrac{kgf . s}{m^2}$

(Quando $\varepsilon$ for muito pequeno o gráfico é linear)

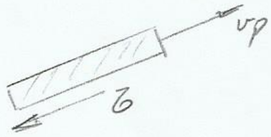
Calcular o peso $G_p$ da carga que movimenta a ~~gar~~ carga para cima, sabendo que o diagrama de velocidades é linear, e a velocidade é constante (velocidade da placa)




$\tau = \mu . \dfrac{dv}{dy}$ ; $\dfrac{dv}{dy} = \dfrac{v_p}{\varepsilon}$

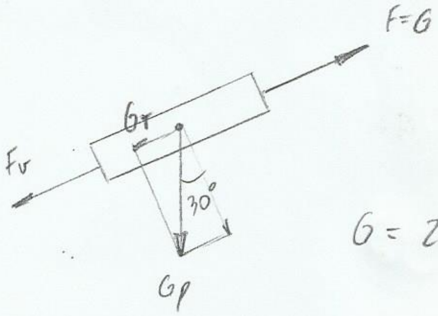
$\boxed{\tau = \mu . \dfrac{v_p}{\varepsilon}}$ Quando o digrama for linear

$$\tau = \frac{\mu . v_p}{\varepsilon} = \frac{0{,}068 . 0{,}36}{1{,}2 . 10^{-3}} = 20{,}4 \ \frac{kgf}{m^2}$$




$$\therefore \ F_v = \tau . A_p = 20{,}4 . 1{,}2 = 24{,}48 \ kgf$$

Diagrama do corpo Livre

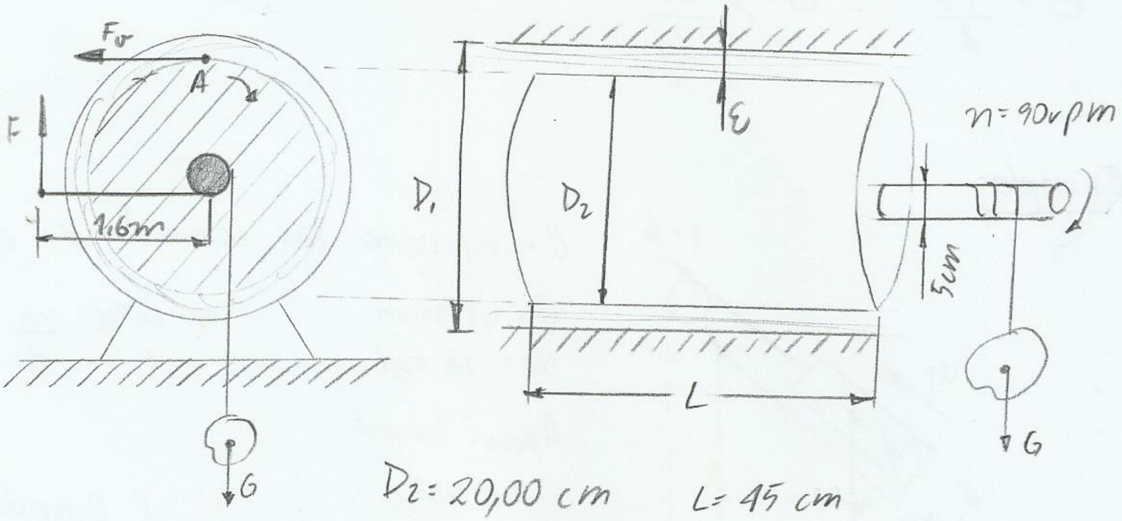



$G = F_v + G_T$ ($v_p$=cte)

$G_T = G_p . \text{sen} 30$

$G = 24{,}48 + 26 . \text{sen} 30 \ \therefore \ \boxed{G = 37{,}48 \ kgf}$

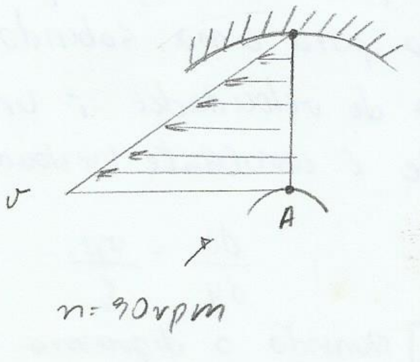
Exemplo 2:




$D_2 = 20{,}00$ cm  $L = 45$ cm

$D_1 = 20{,}20$ cm  $\mu = 0{,}76 \ \frac{N.s}{m^2}$

* Calcular G?: (Diagrama linear de velocidade)




n=90rpm

$$v = \omega R = \frac{2\pi}{60} n R = \frac{\pi n D}{60}$$

$$v = \frac{\pi . 90 . 0{,}2}{60} = 0{,}94 \ \frac{m}{s}$$

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

$$\varepsilon = \frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{20,20 - 20,00}{2} = 0,10 = 1\ mm$$

$$\tau = \frac{0,76 \cdot 0,94}{1 \cdot 10^{-3}} = 716,28\ \frac{N}{m^2}$$

$F_v = \tau \cdot A_{lateral}$ ; $A_{lateral} = 2\pi r \cdot L$

$$= \pi \cdot D_2 \cdot L$$

$$= \pi \cdot 0,20 \cdot 0,45 = 0,283\ m^2$$

$F_v = 716,28 \cdot 0,283$

$\therefore$ $\boxed{F_v = 202,52\ N}$

Como $n = cte$ $\therefore$ $\Sigma M = 0$

$$F_v \cdot \frac{D_2}{\cancel{2}} = G \cdot \frac{d}{\cancel{2}} \quad \therefore \quad G = \frac{F_v \cdot D_2}{d} = \frac{202,52 \cdot 20}{5} = \boxed{810,09\ N}$$

Deseja-se elevar a rotação para 100 rpm e para isso é necessário aplicar um momento rotor conforme indica a figura. Calcular o valor deste momento e o valor da força que provoca esse momento.

$n = 100\ rpm = cte$

$$M_{motor} + \frac{G \cdot d}{2} = \frac{F_v \cdot D_2}{2} \qquad M_{motor} = \frac{1}{2}\left(F_v' \cdot D_2 - G \cdot d\right)$$

$G = 810,09\ N$

$F_v = \mu \cdot \frac{v'}{\varepsilon} \cdot A_{lateral}$ ; $\frac{v'}{v} = \frac{10\cancel{0}}{9\cancel{0}} \rightarrow v' = \frac{10 \cdot 0,94}{9} = 1,044\ \frac{m}{s}$

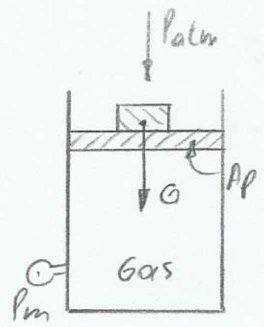
$F_v' = \frac{0,76 \cdot 1,044 \cdot 0,283}{0,1}$ $\therefore$ $F_v' = 224,639\ N$ ou $\frac{F'}{F} = \frac{100}{90}$

$$\therefore\ M_{motor} = \frac{1}{2}\left(224,639 \cdot 0,20 - 810,09 \cdot 0,05\right) = 2,21\ N \cdot m$$

$$F = \frac{M_{mot}}{1,6} = \frac{2,21}{1,6} \quad \therefore \quad \boxed{F = 1,38\ N}$$

Capítulo 2

## 1- Escalas de Pressão




$A_p$ = área do pistão

$$P_{gas} = \frac{G}{A_p} + P_{atm}$$

$P_m = \frac{G}{A_p}$ = pressão relativa (efetiva)

$P_{gas} = \frac{G}{A_p} + P_{atm}$ (absoluta)

$$\boxed{P_{(abs)} = P_{(ef)} + P_{atm}}$$

Exemplo:

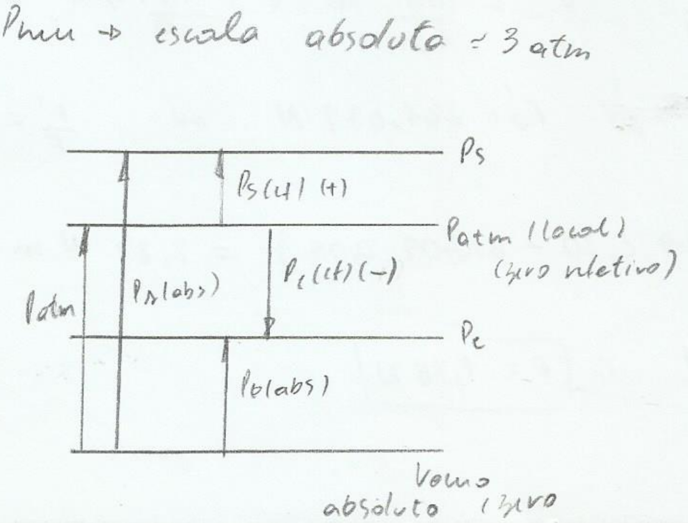
pneu ⇒ $p = 28$ psi $\left(\frac{kgf}{pol^2}\right)$

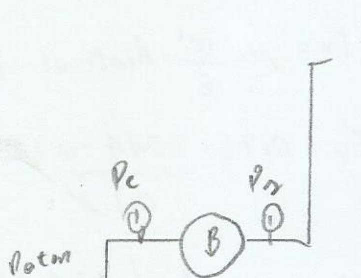
pneu vazio   $P_m = 0$   $P_{neu} = P_{atm}$ (local)

pneu cheio   $P_m = 28$   $\left\{ \begin{array}{l} 1\,atm \simeq 1 \frac{kgf}{cm^2} = 14{,}0\,psi, \\ 2\,atm \text{ acima da pressão} \end{array} \right.$

∴ $P_{pneu}$ → escala relativa

$P_{Pneu}$ → escala absoluta ≈ 3 atm

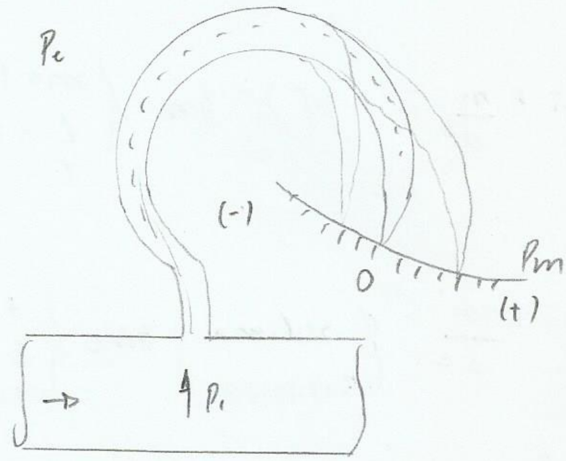



$P_e < P_{atm}$

$P_s > P_{atm}$

## Manômetro metálico



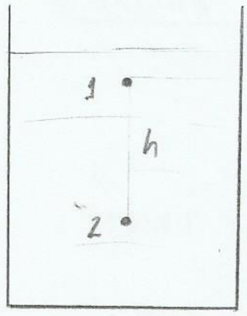

$P_i = P_e \Rightarrow P_m = 0$

$P_i > P_e \Rightarrow P_m > 0$

$P_i < P_e \Rightarrow P_m < 0$

$P_m = (P_i - P_e)$

## 2- Lei de Stevin (Fluido em repouso)




$\rho$ = massa específica (densidade)

$\rho . g$ = peso específico ($\gamma$)

$\gamma = \rho . g$

$\gamma_{H_2O} = 1000 \ kgf/m^3$

$\gamma_{Hg} = 13\,600 \ kgf/m^3$

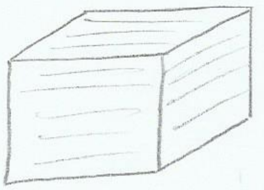
$\gamma_{H_2O} = 10\,000 \ N/m^3$

$\gamma_{Hg} = 136000 \ N/m^3$

$P_2 - P_1 = \rho . g . h$

$\boxed{P_2 - P_1 = \gamma . h}$

## 3. Sistemas de unidades



$V = 1 \ dm^3$

13°C

Def. 1kg de água que ocupa 1 litro a 13°C

Peso $m = 1kg$ $g = 9,8 m/s$ Def. Peso = 1 kgf

1Kgf = peso do corpo cuja a massa é 1kg

$\xrightarrow{\;}$ 1 Kgf    1 Kg $\longrightarrow$ $a = 9{,}8\ \frac{m}{s^2}$ ✗

$F = 1N$ $\xrightarrow{\;}$ 1 Kg $\longrightarrow$ $a = 1\ \frac{m}{s^2}$ (SI) base $\begin{cases} m = 1Kg \\ L = 1m \\ T = 1s \end{cases}$

1 Kgf $\xrightarrow{\;}$ m = 1 utm $\longrightarrow$ $a = 1\frac{m}{s^2}$ (sistema técnico) base $\begin{cases} F = 1 kgf \\ L = 1m \\ T = 1s \end{cases}$

F = 1 dina $\xrightarrow{\;}$ 1g $\longrightarrow$ $a = 1\ \frac{cm}{s^2}$ (CGS) base $\begin{cases} m \\ L \\ T \end{cases}$

<u>unidade de trabalho</u>

$1\ kgf \times 1\ m = (\tilde{n})$

$1\ N \times 1\ m = 1\ J$

$1 dina \times 1\ cm = 1\ erg$

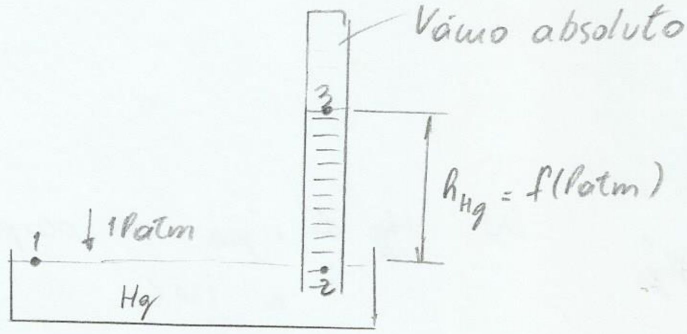
<u>unidade de potência</u>

$\frac{1\ Kgf \times m}{s}$

$\frac{1\ Nm}{s} = 1\frac{J}{s} = 1\ Watt$

$\frac{1\ dina \times 1cm}{s} = \frac{1\ erg}{s}$

## 4-) Pressão atmosférica (barômetro)




$Patm = P_1$

$P_1 = P_2$ (Lei de Stevin)

$P_2 = P_3 + \gamma_{Hg} h_{Hg}$

$+\ P_3 = 0$ (absoluta)

$\therefore\ Patm = \gamma_{Hg} h_{Hg}$

nível do mar
$$\left\{ \begin{array}{l} P_{atm} = 760 \text{ mm de Hg} \\ P_{atm} = 13600 \times 0{,}76 = 10330 \ \frac{kgf}{m^2} \\ P_{atm} = 0{,}76 \text{ mcHg} \times 13{,}6 \ \frac{mca}{mcHg} = 10{,}33 \text{ mca} \end{array} \right.$$

## Relação entre unidades

$$\begin{tikzcd}
 & & \boxed{KPa} \arrow[dl, bend right, "\times(100)"'] \arrow[dr, bend left, "\div(100)"] & & \\
 & \boxed{kgf/m^2} \arrow[rr, "\times(10^{-4})"] \arrow[dl, bend right, "\div\gamma_{H_2O}=1000"'] \arrow[dr, bend left, "\div\gamma_{Hg}=13600"] & & \boxed{kgf/cm^2} \arrow[r, "\times 14{,}2"] & \boxed{psi} \\
\boxed{mca} \arrow[rr, "\div 13{,}6"] & & \boxed{mcHg} & &
\end{tikzcd}$$

$$1psi = \frac{1 \, lbf}{pol^2} = \frac{0{,}454 \, kgf}{(2{,}54 \, cm)^2} = 14{,}2 \ \frac{kgf}{cm^2}$$

$1 \, lbf = 0{,}454 \, kgf$

$1 \, pol = 2{,}54 \, cm$

— // —

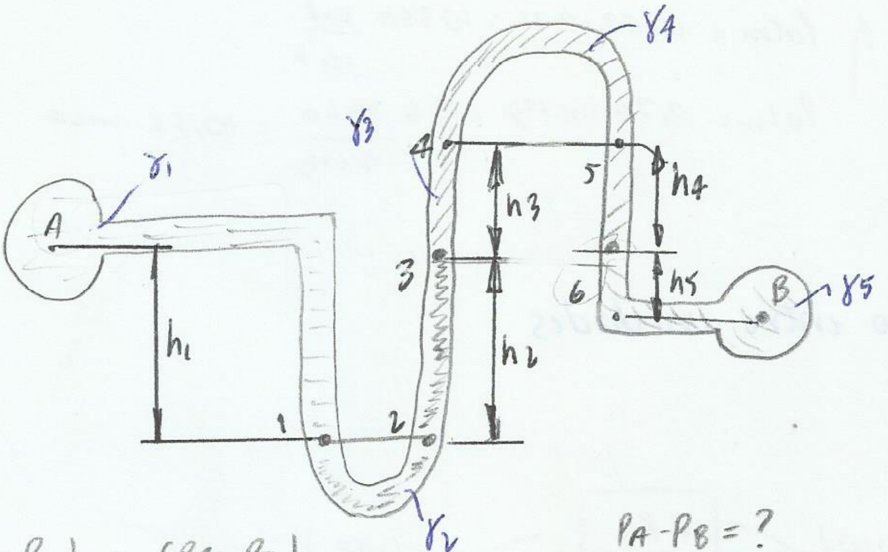
$$1 \, KPa = 1000 \ \frac{N}{m^2} = 1000 \cdot \frac{(\frac{1}{10}) \, kgf}{m^2} = 100 \ \frac{kgf}{m^2}$$

— // —

$P_{atm} = \gamma h \qquad h = \frac{P}{\gamma}$

$\frac{F}{A} \leftarrow$

## Equação manométrica




$P_A - P_B = ?$

$(P_2 = P_1)$ e $(P_4 = P_5)$

$\cancel{P_1} = P_A + \gamma_1 h_1$

$\cancel{P_2} = \cancel{P_1}$

$\cancel{P_3} = \cancel{P_2} - \gamma_2 h_2$

$\cancel{P_4} = \cancel{P_3} - \gamma_3 h_3$

$\cancel{P_5} = \cancel{P_4}$

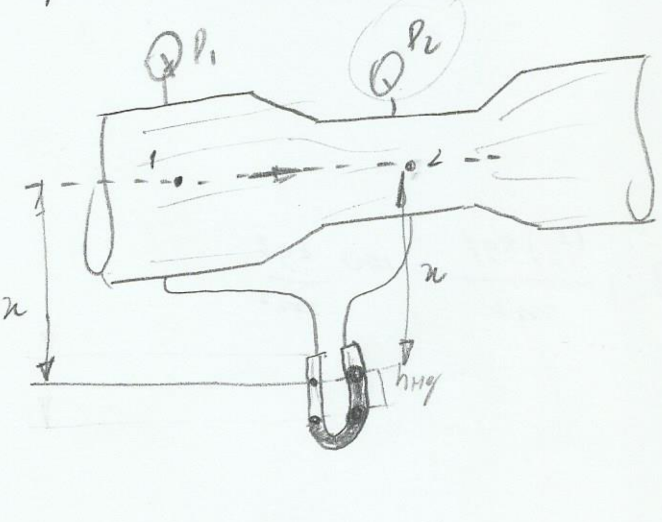
$\cancel{P_6} = \cancel{P_5} + \gamma_4 h_4$

$+ \quad P_B = \cancel{P_6} + \gamma_5 h_5$

$\triangleright \; P_B = P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 - \gamma_3 h_3 + \gamma_4 h_4 + \gamma_5 h_5$

## Exemplo (Venturi)

pressão (só sempre) relativa




$P_1 \neq P_2$ (movimento)

$V_2 > V_1 \therefore P_2 < P_1$

Dados: $P_1 = 36$ psi  Calcular a leitura

$h_{Hg} = 18$ cm  do manômetro $P_2$ (mca)

Equação manométrica (1-2)

$$P_1 + \cancel{x \cdot \gamma_a} + h_{Hg}\gamma_a - h_{Hg}\gamma_{Hg} - \cancel{x \cdot \gamma_A} = P_2$$

$$P_1 - P_2 = h_{Hg}(\gamma_{Hg} - \gamma_a)$$

$$P_1 = 36 \text{ psi} = 36 \frac{lbf}{pol^2}$$

$$\boxed{Kgf/cm^2} \xrightarrow{\times 14,2} \boxed{psi}$$

$$\therefore P_1 = \frac{36}{14,2} \therefore P_1 = 2,53 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$\begin{cases} \gamma_a = 1000 \frac{kgf}{m^3} \\ \gamma_{Hg} = 13600 \frac{Kgf}{m^3} \end{cases}$

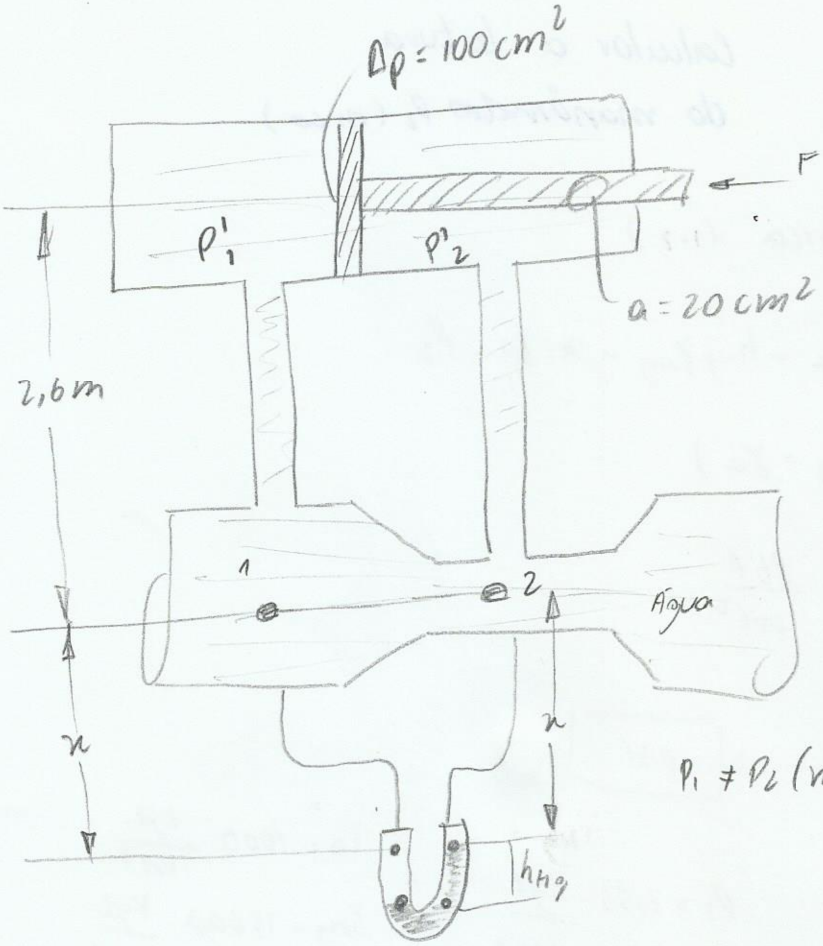
$$P_1 = 2,53 \frac{kgf}{cm^2} = 2,53 \cdot 10^4 \frac{kgf}{m^2}$$

$$P_1 - P_2 = h_{Hg}(\gamma_{Hg} - \gamma_a)$$

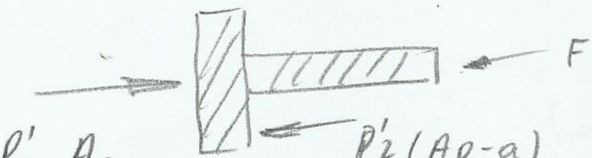
$$2,53 \cdot 10^4 - P_2 = 0,18\,(13600 - 1000) \therefore \underline{P_2 = 23032 \frac{Kgf}{m^2}}$$

$$\frac{kgf}{m^2} \xrightarrow{\div 1000} mca$$

$$\therefore P_2 = \frac{23032}{1000} \therefore \underline{P_2 = 23,032 \text{ (mca)}}$$




Calcular o valor da Força (F) necessário para manter parado.




$P'_1 A_p = P'_2 . (A_p - a) + F$

$P_1 = 25\,300 \ \frac{kgf}{m^2} \therefore P'_1 = P_1 - \gamma h = 25300 - 2{,}6 . 1000$

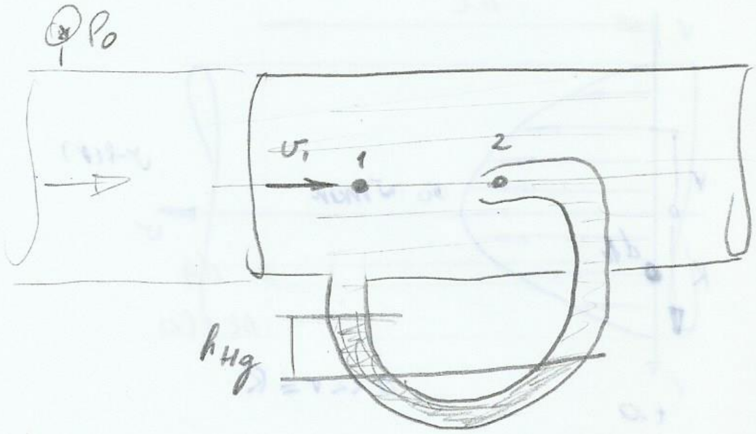
$\therefore P'_1 = 22\,700 \ \frac{kgf}{m^2}$

$P_2 = 23032 \ \frac{kgf}{m^2} \therefore P'_2 = 23032 - 2600 = 20432 \ \frac{kgf}{m^2}$

$22700 \times 100 . 10^{-4} = 20432 \ (100 - 20) \times 10^{-4} + F$

$\therefore F = 63{,}5 \ kgF$

## Tubo de Pitot




$v_2 = 0$

pode-se calcular $v_1 = f(h_{Hg})$

1) Calcular $P_2 - P_1$

2) Calcular $P_2$ sabendo que

dados $\begin{cases} P_0 = 126 \text{ KPa} \\ P_1 = 126 \text{ KPa} - 8 \text{ psi} \end{cases}$ $\quad h_{Hg} = 12 \text{ cm}$

$\frac{8 \text{ psi}}{14,2} \cdot 10000 = 5634 \frac{kgf}{m^2} = 56,34 \text{ KPa}$

$P_1 = (126 - 56,34) = 69,7 \text{ KPa}$

Equação manométrica

$P_1 + h_{Hg}\gamma_{Hg} - h_{Hg}\gamma_a = P_2$

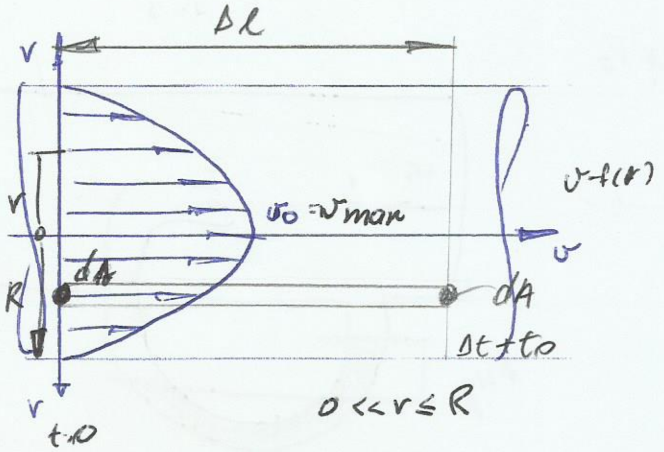
$P_2 - P_1 = h_{Hg}(\gamma_{Hg} - \gamma_a) = 0,12(136000 - 10000) = 15120 \text{ Pa}$

$P_2 = 15120 + 69,27 \cdot 10^3 \therefore P_2 = 84,39 \text{ KPa}$

# Cap 3 - Equação da continuidade

1.) Vazão

$Q = \dfrac{volume}{tempo} \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{m^3}{s} \\ \dfrac{l}{s} \; \ldots \end{array} \right.$




$$dQ = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta l \cdot dA}{\Delta t} = v\, dA$$

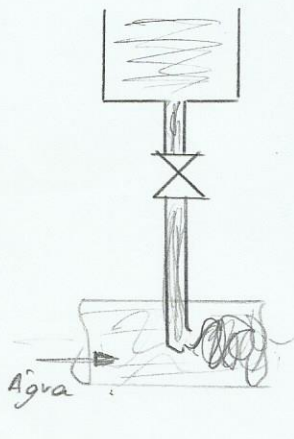
$$\therefore \boxed{Q = \int v\, dA}$$

## Regime laminar

- No regime laminar o escoamento ocorre em laminas ou camadas que não se mistura, esse regime ocorre com baixas velocidades ou elevadas viscosidades.


## Regime turbulento

- O regime turbulento ocorre quando há uma mistura total e desordenada entre as particula do fluido, ele ocorre com alta velocidade ou fluidos de baixa viscosidade.



2-) nº de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot V D}{\mu} \quad \text{— Velocidade Média} \quad ; \quad V = \frac{Q}{A}$$

$$[Re] = \frac{[\rho].[V][D]}{[\mu]} = \frac{(FL^{-4}T^{2})(LT^{-1})L}{FL^{-2}T} = F^0L^0T^0 \quad \text{(adimensional)}$$

Na experiência em laboratório:

laminar $Re < 2000$

transitório $2000 < Re < 2400$

turbulento $Re > 2400$

3-) Vazão no regime laminar

dado: $v = v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$

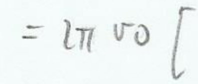
$$Q = \int v\,dA = \int_0^R v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] 2\pi r\,dr$$

$$Q = 2\pi v_0 \int_0^R r - \frac{r^3}{R^2}\,dr$$

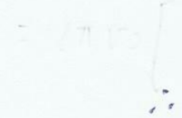
$$= 2\pi v_0 \left[\frac{R^2}{2} - \frac{R^4}{4R^2}\right] \quad \therefore \quad Q = 2\pi v_0 \cdot \frac{R^2}{4} = \frac{\pi v_0 R^2}{2}$$

$$\therefore \quad \boxed{Q = \frac{v_0}{2}\pi R^2}$$

Velocidade média na seção V



$Q = \int v\,dA$. (real)



$Q' = V.A$ (Virtual)

V

$Q' = Q$

Velocidade média de uma seção, é a velocidade virtual, igual em todos os pontos que produz a mesma vazão do diagrama real de velocidades.

$Q' = Q$

$V.A = \int v\,dA$

$\therefore \boxed{V = \frac{1}{A}\int v\,dA}$ velocidade média

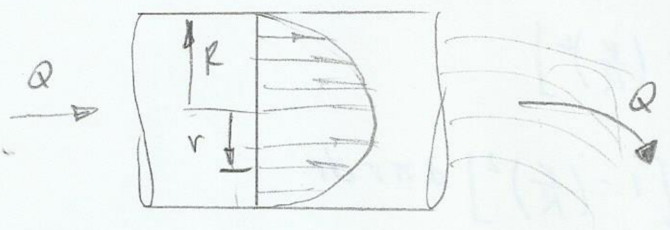
Regime laminar

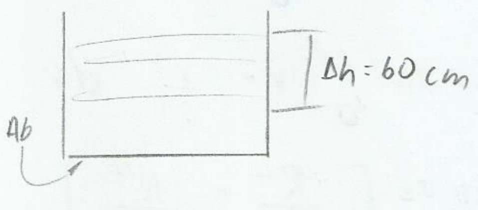
$Q = \frac{v_0}{2}\pi R^2$

$Q = \frac{v_0}{2}.(A) \qquad \therefore \frac{v_0}{2} = \frac{Q}{A} = V$

$\therefore \boxed{\text{laminar} \quad V = \frac{v_0}{2}}$

Exemplo:




$R = 3cm$

$r = 2cm$

$Ab = 200\ cm^2$

$\nu_{i} \to \nu = \frac{\mu}{\rho} = 10^{-5}\ \frac{m^2}{s}$

$R = \frac{\rho.V.D}{\mu} = \frac{VD}{\nu}$

Regime laminar

$Rc = 1800$

* Calcular o tempo necessário para o líquido subir 60cm dentro do tanque
* Velocidade do fluido em um ponto distante de 2cm do eixo do conduto

$$Re = \frac{\rho . VD}{\mu} = \frac{VD}{\nu} \quad \therefore \quad V = \frac{Re\,\nu}{D} = \frac{1800 . 10^{-3}}{6 . 10^{-2}} = 0{,}3\ m/s$$

$$\therefore \boxed{V = 0{,}3\ \frac{m}{s}}$$

No regime laminar

$$V = \frac{v_0}{2} \quad \therefore \quad v_0 = 2V = 0{,}6\ \frac{m}{s}$$

$$v = v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$$

$$v = 0{,}6 \left[1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2\right] = \frac{1}{3} = \underline{0{,}33\ m/s}$$

$$Q = V . A$$

$$Q = 0{,}3 . \frac{\pi D^2}{4} = \frac{0{,}3 . \pi . 36 . 10^{-4}}{4} \quad \therefore \quad Q = 8{,}48 . 10^{-4}\ \frac{m^3}{s} = 0{,}848\ \frac{l}{s}$$

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} \rightarrow 0{,}848 . 10^{-3}\ \frac{m^3}{s} = \frac{200\ cm^2 . 10^{-4} . 0{,}6}{\text{tempo}}$$

$$\therefore \boxed{\text{tempo} = 14\,s}$$

4- Velocidade média no regime turbulento

dado: $v = v_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$

$$V = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{1}{\pi R^2} . \int_0^R v_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}} 2\pi r\, dr$$

$$\left(1 - \frac{r}{R}\right) = x$$

$$\frac{r}{R} = 1 - x$$

$$r = R(1-x)$$

$$dr = -R\, dx$$

intervalos:

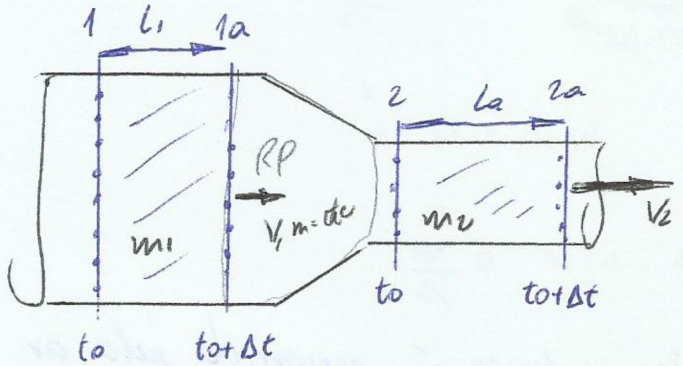
para $r = 0 \rightarrow x = 1$

$r = R \rightarrow x = 0$

$$V = \frac{1}{\cancel{\pi} R^2} . 2\cancel{\pi} . v_0 \int_1^0 \left(\cancel{1} - \cancel{1} - x)\right)^{\frac{1}{7}} (-R)(1-x)\, dx$$

$$V = \frac{2 v_0}{R^2} \int_1^0 (-x)^{1/7} . (Rx - R)\, dx \rightarrow \therefore \boxed{V = \frac{49}{60} v_0}$$

Equação da continuidade (Regime Permanente)




RP → $m = cte$ ∴ $m_1 = m_2$

Regime permanente:

Um sistema funciona em regime permanente, quando todas as grandezas internas permanecem inalterada ao longo do tempo. Portanto a massa interna do sistema é constante.

$$\frac{m_1}{\Delta t} = \frac{m_2}{\Delta t} = \text{vazão em massa } (Q_m)$$

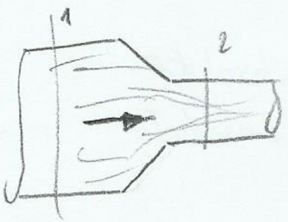
∴ $Q_{m_1} = Q_{m_2}$

$Q_m = \rho \cdot Q = \rho \cdot \Delta V$

$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$ { líquidos, gases

Nos líquidos $\rho = cte$ $\rho_1 = \rho_2$ $\boxed{A_1 V_1 = A_2 V_2}$ Somente para líquidos

Exemplo 8 (líquido: água); calcular vazão $Q_m = ?$ $V_2 = ?$




$D_1 = 10cm$ $P_1 = 50kN/m^2$ $T_1 = 22°C$

$D_2 = 5cm$ $P_2 = 45kN/m^2$ $T_2 = 27°C$

$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$V_1 = 1{,}5 \ m/s$

$Q_{m_1} = \rho \cdot V_1 A_1$

$= 1000 \frac{kg}{\cancel{m^3}} \cdot \pi \cdot \frac{100 \cdot 10^{-4}}{4} \cdot \cancel{m^2} \cdot 1{,}5 \frac{m}{s}$

∴ $Q_{m_1} = 11{,}78 \frac{kg}{s}$

$Q_1 = \frac{Q_{m_1}}{\rho_1} = \frac{11{,}78}{1000} = 11{,}78 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}$

$Q_1 = 11{,}78 \ l/s$

$$Q_1 = V_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{V_2 \pi D_2^2}{4} \quad \text{(líquido)}$$

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} = \frac{4 \cdot 11{,}78 \cdot 10^{-3-1}}{\pi \cdot 25 \cdot 10^{-4}} \therefore V_2 = 6 \frac{m}{s}$$

$$\frac{V_1 \pi D_1^2}{\cancel{4}} = \frac{V_2 \pi D_2^2}{\cancel{4}} \therefore V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2$$

$$V_2 = V_1 \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 = 1{,}5 \cdot 4 = 6 \frac{m}{s}$$

— A tubulação do exercício anterior é percorrida pelo ar atmosférico nas mesmas ~~co~~condições de pressão, temperatura e diâmetro. Sabendo que a velocidade $V_1$ é 20 m/s calcular:

1º) Massa ~~espe~~ específica do ar nas duas seções, sabendo que ele é um gás perfeito.

2º) Vazão em massa que passa pelo tubo

3º) Velocidade da seção 2 e vazão e volume nas duas seções.

<u>gás perfeito</u>

$pV = n\bar{R}T$ ; $\bar{R}$: constante universal

$n$: número de mols

$pV = mRT$ ; $R_{ar} = \frac{\bar{R}}{M_{ar}}$ = constante do ar

$pV = n\bar{R}T$ ; $n = \frac{m}{M}$

$pV = \frac{m}{M} \bar{R} T \therefore \boxed{pV = mRT}$

$p = \frac{m}{V} R T = \rho R T \therefore \boxed{\rho = \frac{p}{RT}}$ ; $p$: absoluta, $T$: absoluta

$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 50 \ N/m^2 \\ P_2 = 45 \ N/m^2 \end{array} \right\}$ Pressão manométrica = Pressão relativa

<u>Dados:</u> $R_{ar}$: $276 \frac{Nm}{kg K}$ $\quad P_{atm} = 100\,000 \frac{N}{m^2}$

$$\rho_1 = \frac{P_1}{RT_1} = \frac{50000 + 100\,000}{276 \times (27+273)} \qquad \rho_1 = 1{,}8\ \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_2 = \frac{P_2}{R_2 T_2} = \frac{145\,000}{276 \times 300} = 1{,}75$$

2) $$Qm_1 = \rho_1 A_1 V_1 = 1{,}8 \cdot \pi \cdot \frac{D_1^2}{4} \cdot V_1$$

$$= 1{,}8 \cdot \pi \cdot \frac{100 \cdot 10^{-4}}{4} \cdot 20 \quad \therefore \quad Qm = 0{,}2827\ kg/s = Qm_2$$

$$Qm_2 = \rho_2 A_2 V_2$$

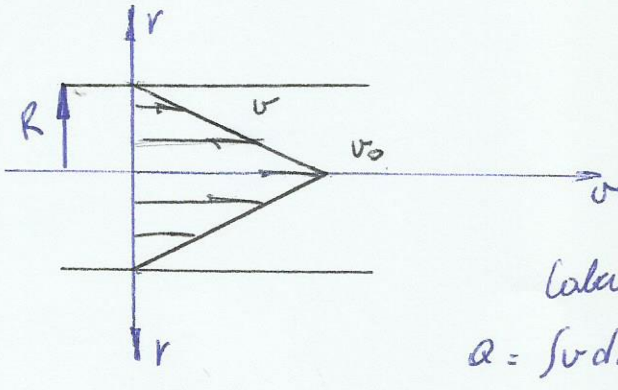
$$V_2 = \frac{Qm_2}{\rho_2 A_2} = \frac{0{,}2827}{1{,}75 \cdot \frac{\pi \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{4}} \quad \therefore V_2 = 82{,}29\ \frac{m}{s}$$

3)

$$Q_1 = \frac{Qm_1}{\rho_1} = \frac{0{,}282}{1{,}80} = 1{,}57\ \frac{m^3}{s}$$

$$Q_1 \neq Q_2$$

$$Q_2 = \frac{Qm_2}{\rho_2} = \frac{0{,}282}{1{,}75} = 1{,}62\ \frac{m^3}{s}$$

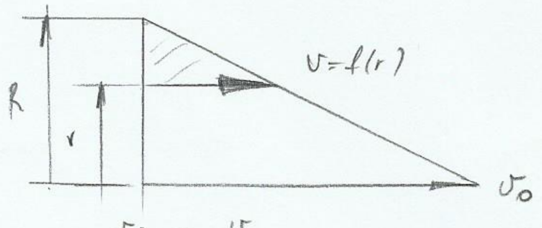



$v = f(r)$

$0 \leq r \leq R$

Calcular $Q$ e $V$

$Q = \int v\, dA$




$$\frac{v_0}{R} = \frac{v}{R-r} \quad \therefore \quad v = \frac{v_0 (R-r)}{R}$$

$$Q = \int \frac{v_0 (R-r)}{R}\, dA \quad ; \quad dA = 2\pi r\, dr$$

$$Q = \int_0^R \frac{v_0 (R-r)}{R} \cdot 2\pi r\, dr = \frac{2\pi v_0}{R}\left[\int_0^R Rr\, dr - \int_0^R r^2\, dr\right]$$

$$= \frac{2\pi v_0}{R}\left(\frac{R^3}{2} - \frac{R^3}{3}\right) \Rightarrow Q = \frac{2\pi v_0 R^3}{6R} \quad \therefore \quad Q = \frac{\pi R^2 v_0}{3}$$

$\Rightarrow Q = V \cdot A = V \pi R^2$

$\therefore V = \frac{v_0}{3}$

Volume do Cone $= \frac{B \cdot h}{3}$ ; $h = v_0$

# Fenômenos de Transporte

**Resistência térmica de condução**

$$R = \frac{e}{k.A} \qquad R = \frac{\ln \frac{r_1}{r_0}}{2\pi Lk} \qquad R = \frac{\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}}{4k\pi}$$

**Resistência térmica de convecção**

$$R = \frac{1}{h.A} \qquad R = \frac{1}{h(\pi DL)} \qquad R = \frac{1}{h(4\pi r^2)}$$

**Associação de resistências térmicas**

Série: $R_{Total} = R_1 + R_2$ Paralelo: $\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

**Aleta ideal longitudinal:** $Q_I = h(Pl).(t_b - t_F)$

**Aleta real longitudinal:** $Q_a = mkA(t_b - t_F)\tanh(ml)$

**Rendimento de uma aleta longitudinal:**

$$\eta_a = \frac{\tanh(ml)}{(ml)} \qquad m = \sqrt{\frac{hP}{kA}}$$

A = L.e P = 2L

**Rendimento de uma aleta qualquer:**

$$\eta_a = \frac{Q_a}{Q_i} \qquad Q_i = h.A_L(t_b - t_F)$$

$A_L$ = área da superfície lateral da aleta

**Calor que sai de uma superfície aletada**: $Q_{Total} = N.Q_a + Q_S$

N = número de aletas

$Q_S$= calor que sai através do que sobrou da superfície aletada.

$$Q_S = h.A_S(t_b - t_F)$$

**Aleta circular**

**Diâmetro médio equivalente:** $D = \dfrac{D_1 - D_0}{\ln \dfrac{D_1}{D_0}}$

Comprimento equivalente a uma aleta longitudinal $L_{eq} = \pi.D_m$

**Resistência térmica de uma superfície aletada**

$$R_{sa} = \frac{1}{h.[N.\eta_a.(A_L) + A_s]}$$

$A_L$ = área da superfície lateral da aleta, em contato com o fluido externo

$A_L$ = área as superfície sem aletas, em contato com o fluido externo.

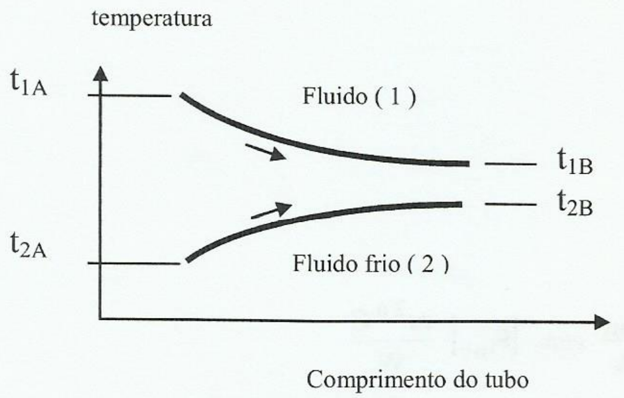
Aleta longitudinal: $A_L$ = ( Pl ) P =2L l = altura da aleta

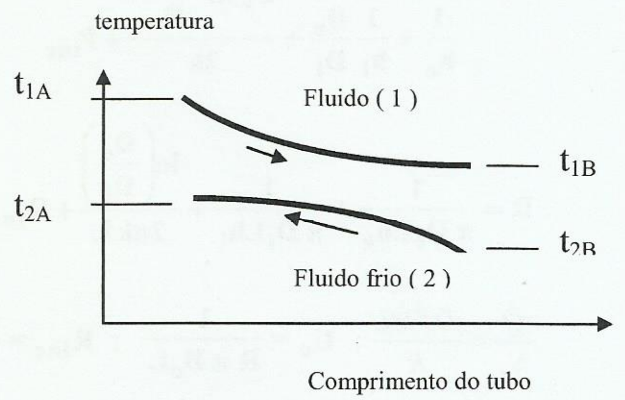
**Aleta cilíndrica**

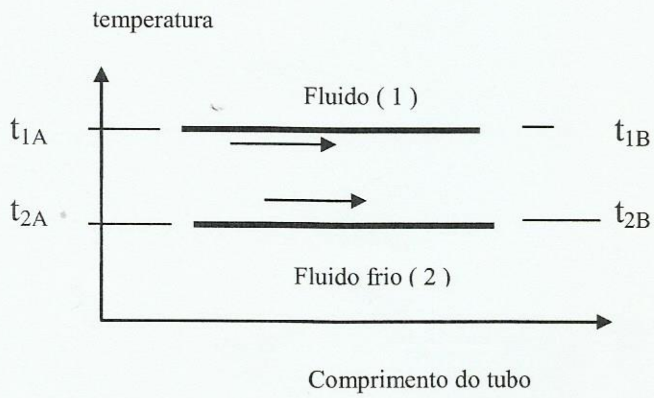
$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \pi r^2 \qquad A_{Lateral} = \pi Dl \qquad l = altura \quad do \quad cilindro$$

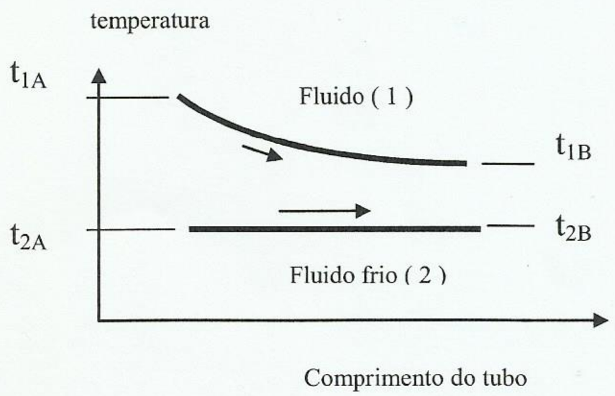
**Vazão em volume e em massa** $\overrightarrow{V} = A.V$ $M = \rho.A.V$

**Trocadores de Calor**




$$\Delta t_{ml} = \frac{\Delta_{tA} - \Delta_{tB}}{\ln \dfrac{\Delta_{tA}}{\Delta_{tB}}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_f c_f (t_2 - t_1)\ ;\ \dot{Q} = \dot{m}_q \lambda \qquad \dot{Q} = A_e U_e (DTML)\ ,\ \dot{Q} = \dot{m}_q c_q (T_1 - T_2)$$

$$\dot{m} = \rho V \pi \frac{D_i^2}{4} \frac{N_t}{N_p}\ ;\ DTML = \frac{\Delta t_1 \quad \Delta t_2}{\ln \dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}\ ;\ A_e = \pi D_e L N_t\ ;\ L_{trocador} = \frac{L}{N_p}$$

$$U_e = \frac{1}{\dfrac{1}{h_e} + \dfrac{1}{h_i}\dfrac{D_e}{D_i} + \dfrac{D_e \ln \dfrac{D_e}{D_i}}{2k} + F_{inc}}\ ;$$

$$R = \frac{1}{\pi D_e L h_e} + \frac{1}{\pi D_i L h_i} + \frac{\ln\left(\dfrac{D_e}{D_i}\right)}{2\pi k L} + R_{inc}$$

$$\frac{\dot{Q}}{N_t} = \frac{DTML}{R}\ ;\ U_e = \frac{1}{R\,\pi D_e L}\ ;\ R_{inc} = \frac{F_{inc}}{A} \text{ com } [F_{inc}]\ \frac{m^2\,^oC}{W}$$

BASE+ Cursinho da Engenharia

Gabi

## CAPÍTULO 1

### 1) PROPRIEDADE DOS FLUIDOS

| | | Unidades (F,M,L,T) | MKS (kgf,utm,m,s) | SI (N,kg,m,s) | CGS (DINA,g,cm,s) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Massa específica | $\rho$ rô | utm/m³ | kg/m³ | g/cm³ |
| 1 | Peso específico | $\gamma$ gama | Kgf/m³ | N/m³ | DINA/cm³ |
| 2 | Viscosidade dinâmica | $\mu$ mi | Kgf.s/m² | N.s/m² | DINA.s/cm² =poise |
| 2 | Viscosidade cinemática | $\nu$ ni | m²/s | m²/s | cm²/s =stoke ← ni |

$F=m.a$
$N=Kg.m/s^2$
$Kgf=utm.m/s^2$
$1Kgf = 10N$
$1utm = 10Kg$

$\rho=\frac{\gamma}{g}$ ; $\gamma=\rho.g$

**peso específico relativo:**

$$\gamma_r = \frac{\gamma_{substância}}{\gamma_{ar}\text{ ou }\gamma_{água}}$$

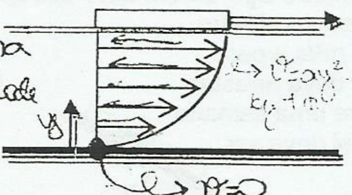
$\nu=\frac{\mu}{\rho}$ ∴ $\nu=\frac{\mu}{\frac{\gamma}{g}}=\frac{\mu g}{\gamma}$

### 2)RELAÇÕES

$\rho=\frac{m}{Vol}$ | $\gamma=\frac{G}{Vol}$ | $\mu=\rho.\gamma$ | $\nu=\frac{\mu}{\rho}=\frac{\mu g}{\gamma}$

$\varepsilon$ = espessura da camada de fluido

### 3)CISALHAMENTO




$$\tau=\mu\left(\frac{dv}{dy}\right) \Rightarrow \varepsilon \quad \tau=\mu\frac{v}{\varepsilon}$$

gradiente de velocidade
linear
diagrama linear (pequenas espessuras)

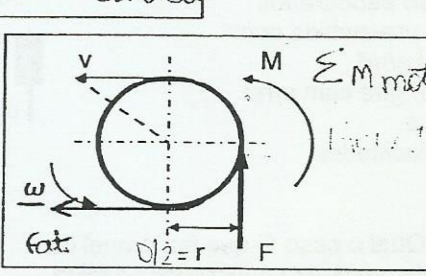
**Força de Atrito** = força viscosa (FV)

$fat=\tau.A_{contato}$

**Movimento Retilíneo Uniforme** $a=0$ $v=cte$

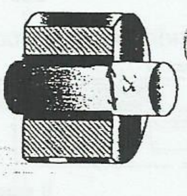
$\Sigma$ força motora $=\Sigma$ força resistente

**Movimento de Rotação**




$\Sigma M_{motor}=\Sigma M_{resistente}$

**OBS:**



$\varepsilon=\frac{D_e-D_i}{2}$

$A=\pi D L$
movimento

$A=\pi R^2=\frac{\pi D^2}{4}$

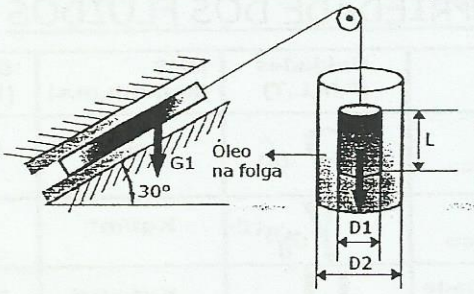
$A_L=2\pi R L=\pi D L$

$Vol=\frac{\pi D^2}{4}L$

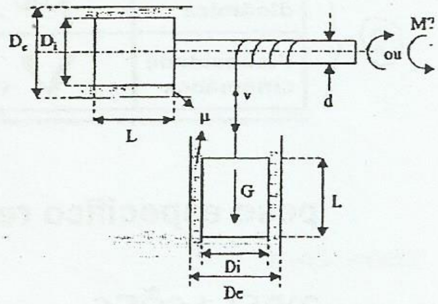
# *CAPÍTULO 1- Exercícios*

**1**-Uma placa plana de área 0,4 m² desliza entre dois planos inclinados de 30°, em contato com duas camadas de óleo de 0,1 mm de espessura, com velocidade constante de 2,5 m / s.O movimento é provocado por um pistão de 40 cm de diâmetro, qu se movimenta dentro de um cilindro de 40,02cm de diâmetro, lubrificado com o mesmo óleo da placa. Adotando diagramas d velocidades lineares,
calcular o peso $G_2$ do pistão. **Resposta: $G_2$ =7244N**

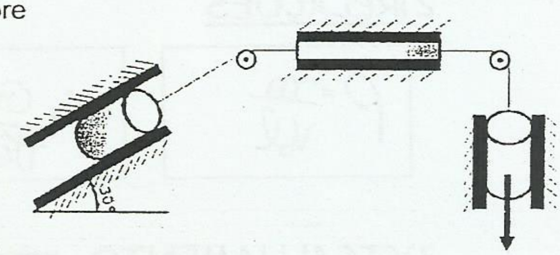
Dados :
$\alpha = 30°, G_1 = 46N$
$\mu = 0{,}16 N.s/m^2$
$D_1 = 40cm \quad D_2 = 40{,}02cm \quad L = 80cm$



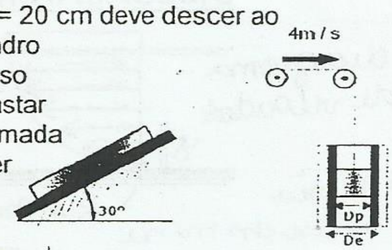

**2-Livro-**No sistema da figura o corpo cilíndrico de peso G desce com velocidade constante de 2m/s, fazendo o eixo girar.
Dados $\mu = 10^{-3}$ Ns/m² ; L=2/π m ; $D_e$ = 50,2cm; $D_i$= 50cm; d=10cm;
G=50N, qual é o momento aplicado por um agente externo no eixo?
É motor ou resistente?**(0,1N.m motor)**



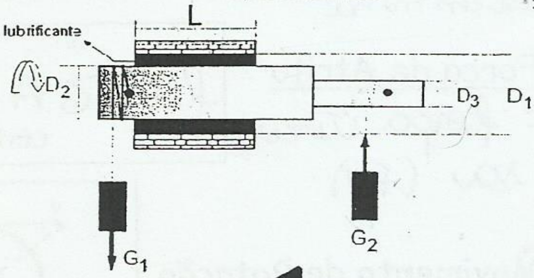

**3-** Os cilindros da figura são iguais em peso e dimensões, e deslizam sobre uma camada de óleo com viscosidade de 0,18 N.s/m² com 1 mm de espessura. A placa plana de 1,2m² está imersa em uma camada do mesmo óleo com 2mm de espessura de cada lado.Considere todas as condições diagrama linear de velocidades. Calcular o peso do cilindro para que a velocidade da placa seja de 0,6 m/s. **(G = 395 N)**
Dados:Comprimento do cilindro: 40 cm ,Diâmetro do cilindro: 25cm



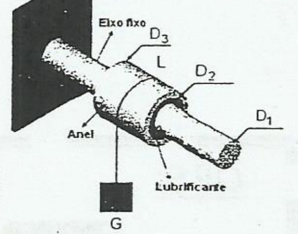
**4- (P1-1°sem10-diurno)**No dispositivo da figura, o pistão de seção circular de diâmetro $D_p$ = 20 cm deve descer ao longo do cilindro de diâmetro $D_c$ = 20,2 cm, com velocidade constante de 4m/s. Entre o cilindro e o pistão existe uma película de lubrificante com viscosidade cinemática de $10^{-4}$ m²/s e peso específico de 8kN/m³. O peso específico do material do pistão vale 12kN/m³ e ele deve arrastar a placa da figura que tem peso de 50N e uma área de 0,5m². A placa desliza sobre uma camada de 1mm de espessura do mesmo lubrificante do pistão. Adotando g = 10m/s², qual deve ser a altura do pistão?
**Resposta: h = 1,05m**




**5-(P1-2°sem06-diurno)**O mancal cilíndrico fixo da figura visto em corte, tem um comprimento L = 400mm e um diâmetro $D_1$ = 304 mm. O eixo tem diâmetros $D_2$ =300 mm e $D_3$ = 250 mm e nas cordas nele enroladas estão pendurados pesos G1 e G2. A folga entre o eixo e o mancal é preenchida com um lubrificante de viscosidade dinâmica de 0,05N.s/m².
Sendo G2 = 20 N, quanto vale G1, para que o eixo gire com uma rotação constante de 150rpm?Despreze a rigidez e o atrito das cordas e supor diagrama linear de velocidades.
**Resposta: G1 = 38,9 N**

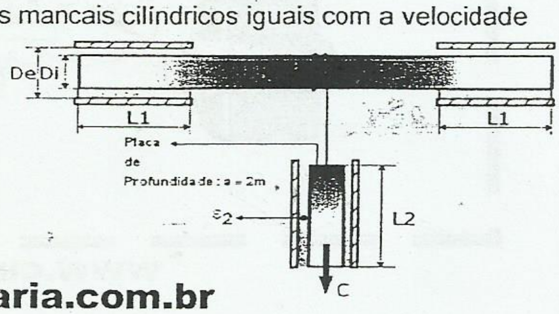



**6- (P1-2°sem06-noturno e P1-1°sem09-diurno)** Qual o peso G que faz o anel da figura girar com uma rotação de 1200rpm constante, se o eixo é fixo e se na folga entre o eixo e o anel existe um lubrificante de peso específico 8000N/m³ e viscosidade cinemática de $1{,}25.10^{-4}$m²/s? Dados: D1 = 8cm, D2 =12cm, D3 =20cm ,L=50cm**(G = 4,26N)**




**7- (P1-2°sem05-noturno)**A carga C ao descer, gira o eixo apoiado nos dois mancais cilíndricos iguais com a velocidade angular constante. Determinar o peso da carga.
**Resposta: C = 1,95 N**

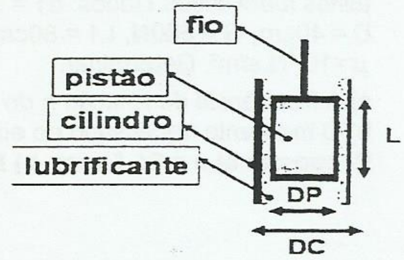
$D_e = 0{,}102m \quad D_i = 0{,}1m \quad L_1 = 0{,}1m \quad L_2 = 0{,}2m$
$\mu_1 = 8.10^{-2} N.s/m \quad \mu_2 = 1.10^{-2} N.s/m$
$\omega = 3rad/s \quad \varepsilon_2 = 0{,}001m$



8- (P1-2°sem03noturno)A pressão de um esqui sobre a neve faz a mesma derreter e formar uma película de água líquida de 0,2 mm. A área de contato de um dos esquis é de 0,4m². A viscosidade dinâmica da água é de $10^{-3}$ N.s/m². A resistência do a no esquiador é estimada em $0{,}12v^2$ ( v em m/s ) . Qual é a máxima velocidade em km/h que o esquiador de 800N pode atingi em uma rampa de 20°?**Resposta: 122km/h**

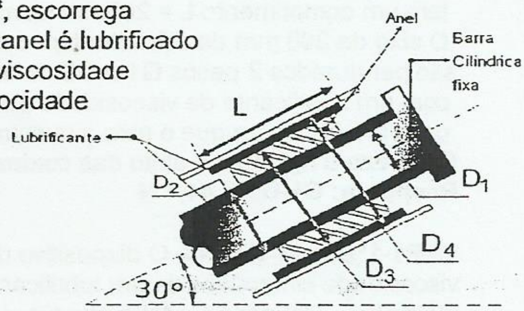
de v=dc

**9-(P1-2º sem08-noturno)** Num dispositivo muito delicado, um pistão de peso 0,2N é tracionado na vertical, dentro de um cilindro fixo, com uma força de 0,5N, com uma velocidade de 0,02m/s. Entre o pistão e o cilindro existe um lubrificante que não pode ser substituído. Como em diversas ocasiões o fio que traciona o pistão rompeu, decidiu-se reduzir a força de tração para 0,4N, permitindo que o cilindro se mova para cima com uma velocidade constante, sem alterar a velocidade de subida do pistão. Neste caso, qual a velocidade de subida do cilindro?
Dados:DP=10 cm ; DC=10,2cm ;L=4cm **($6{,}6.10^{-3}$ m/s)**




**10- (P1-1°sem06-noturno)**Um anel de ferro de massa especifica de 7800kg/m³, escorrega dentro de um tubo guiado por uma barra cilíndrica fixa como mostra a figura. O anel é lubrificado seja interna como externamente, por um fluido de peso específico 8000N/m³ e viscosidade cinemática de $10^{-3}$m²/s. Supondo diagramas de velocidades lineares, qual a velocidade constante de descida do anel?
**Resposta: v = 5,9m/s**

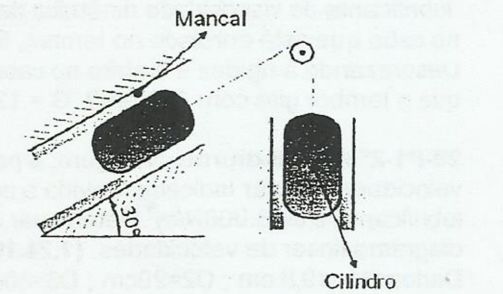
Dados:
$D_1 = 10cm; D_2 = 11cm; D_3 = 20cm; D_4 = 21cm; L = 10cm$




**11-P1-1°sem05-diurno.**Um pistão cilíndrico desce ao longo de um tubo inclinado com velocidade constante de 2m/s.O pistão tem diâmetro de 20cm e o tubo 20,1cm e a folga entre os dois é preenchida com um óleo de massa especifica 800kg/m³ e viscosidade cinemática $10^{-4}$ m²/s. O comprimento do pistão é de 40cm.
**a)** Qual o peso específico do material do pistão?
**b)** Com que força F o pistão precisa ser puxado para cima, na direção do eixo do tubo, para que adquira o triplo da velocidade de descida?
**Resposta: a) 12796 N/m³ b) 321,7N**

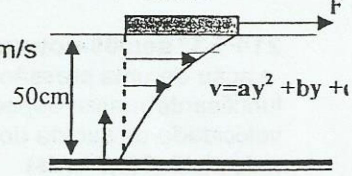

**12- (P1-1°sem01-diurno)**Dois cilindros de mesmas dimensões deslizam dentro de mancais. As folgas são preenchidas com óleo de viscosidade dinâmica de 0,009kgf.s/m². A velocidade do cabo é de 3m/s. Qual é o peso específico do material dos pistões? **Resposta: $\gamma$ = 2880kgf/m³**

Dados:
$D_{cilindro} = 300mm; D_{mancal} = 301mm; h_{cilindro} = 350mm$

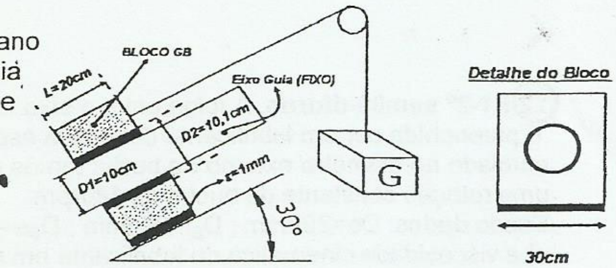



**13- P1-2°sem07-diurno.** Uma placa de 2m² de área desloca-se com velocidade constante de 2m/s rebocada por uma força F= 0,2N, sobre um fluido de viscosidade cinemática de $10^{-4}$m²/s e peso específico de 8000N/m³.

a) Qual a velocidade a 30cm do fundo?**(1,53m/s)**
b) Qual a tensão de cisalhamento no fundo?**(0,54N/m²)**

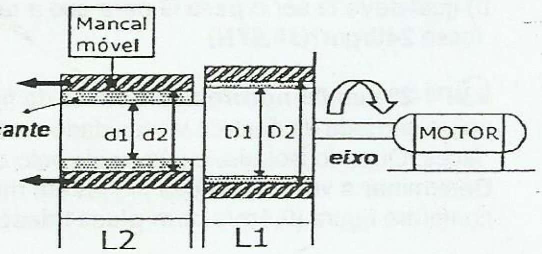



**14- (P3-1°sem00-diurno)**Um bloco de peso GB desce ao longo de um plano inclinado com velocidade de 1,5 m/s constante, orientado por um eixo guia (fixo) . Sabendo que o óleo lubrificante tem viscosidade de $4.10^{-3}$kgf.s/m² e que a carga G é de 5 kgf, pede-se:
**a)** A força viscosa provocada pelo lubrificante no bloco(**Fv = 1,12kgf**)
**b)** O valor do peso do bloco GB(**12,24kgf**)




**15-P1-1°sem06-diurno.** O dispositivo da figura gira a 1200rpm, acionado por um motor que mantém o torque constante Independentemente da rotação. Para variar a rotação desloca-se o mancal móvel para a esquerda.. Qual a nova rotação atingida , em rpm, deslocando totalmente o mancal? (Dado: $v = \pi nD$)
**resp: n=1950rpm**

**Dados:**
**D1=20cm ;D2=20,1cm; d1=5cm; d2=5,01cm;**
**L1=0,2m; L2=0,8m; $\mu = 10^{-2}$N.s/m²**



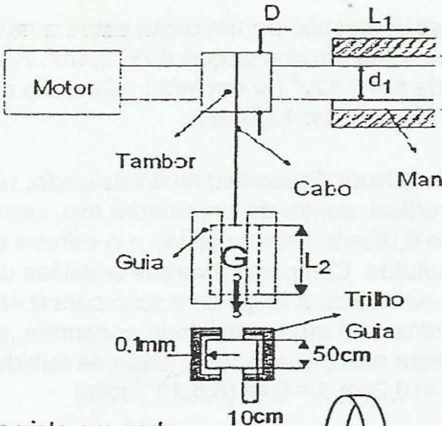
BASE+ Cursinho da Engenharia

**16-P1-1°sem07-diurno.** O motor da figura vai levantar com velocidade constante de 2m/s, o peso guiado nos trilhos lubrificados. Dados: d1 = 20cm, d2 = 20,01cm, D = 40cm, G = 500N, L1 = 80cm, L2 =1,2m $\mu = 10^{-2}$N.s/m². Determinar:

**a)** A freqüência de rotação n do eixo do motor em rpm

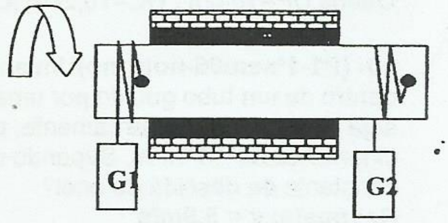
**b)** O momento necessário no eixo do motor

**Resposta: a) n = 95,5 rpm b) M = 177N.m**

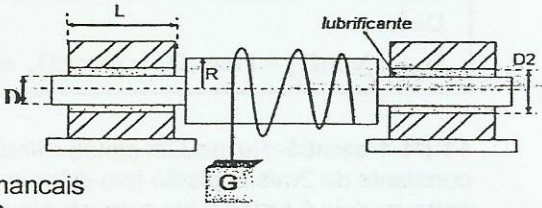



**17-P1-2°sem07-noturno.** O mancal cilíndrico fixo da figura visto em corte, tem um comprimento L = 200mm e um diâmetro interno $D_1$ = 302 mm. O eixo de 300 mm de diâmetro tem cabos enrolados nas extremidades,onde são pendurados 2 pesos G1 e G2. A folga entre o eixo e o mancal é preenchida com um lubrificante de viscosidade dinâmica de 0,05N.s/m².Qual a diferença de peso G1-G2 , para que o eixo gire com uma rotação constante de 300rpm? Despreze a rigidez e o atrito das cordas e supor diagrama linear de velocidades.

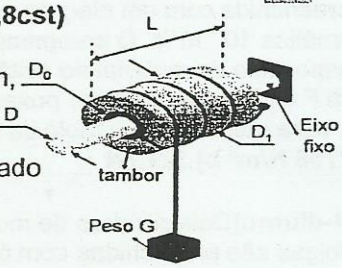
**Resposta: G1-G2 = 44,4 N**




**18-P1-1°sem08-diurno.** O dispositivo da figura é utilizado para medir a viscosidade cinemática de um lubrificante que tem massa específica de 800Kg/m$^3$ . Um peso G=4N é pendurado na corda e verifica-se que desce com uma velocidade constante de 5m/s.Dados: D1 = 10cm, D2 = 10,2cm, R = 10cm, L =20cm. Desprezar a rigidez e o atrito da corda, os mancais são iguais.Determinar a viscosidade cinemática do lubrificante em cst.**(31,8cst)**

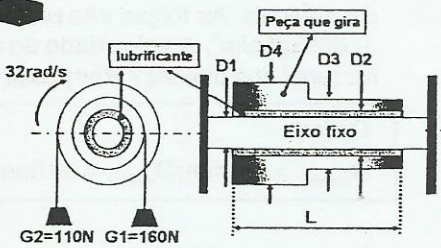



**19-P1-1°sem08-noturno.** O tambor da figura tem comprimento L= 500mm, diâmetro interno 200mm e externo 250mm. O eixo fixo tem um diâmetro198mm. A folga entre o eixo e o tambor é preenchida com um lubrificante de viscosidade dinâmica de 0,04 Ns/m². Um peso G é pendurado no cabo que está enrolado no tambor, fazendo com que o mesmo gire. Desprezando a rigidez e o atrito no cabo, qual deverá ser o peso G para que o tambor gire com 120rpm?. **G = 12,63N**

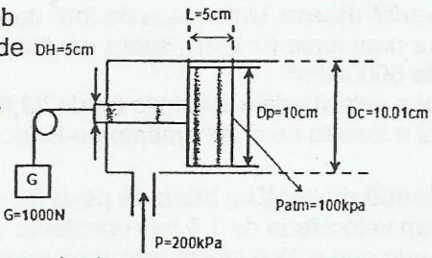



**20-P1-2° sem08-diurno.** Na figura, a peça indicada gira em torno do eixo fixo com velocidade angular indicada, devido a ação dos dois pesos. Se o peso específico do lubrificante é de 8.000N/m$^3$.Determinar a sua viscosidade cinemática admitindo diagrama linear de velocidades. **($1{,}24.10^{-6}$m$^2$/s)**

Dados:D1=19,8 cm ; D2=20cm ; D3=30cm ; D4=40cm ; L=1m




**21-P1-1° sem09-noturno(3ptos).** O pistão da figura levanta um peso sob a ação de uma pressão. Entre o pistão e o cilindro existe uma película de lubrificante(massa específica=800kg/m$^3$; viscosidade=$10^{-3}$m$^2$/s). Qual a velocidade de subida do peso, supondo desprezíveis os pesos da haste e do pistão?**(0,71m/s)**

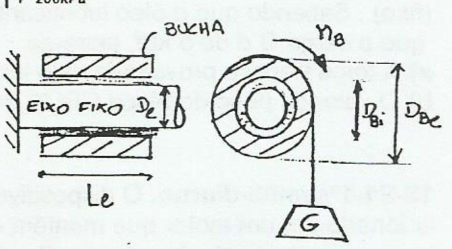



**22-P1-2° sem09-diurno.** A folga entre o eixo fixo e a bucha em rotação constante, é preenchida por um lubrificante de massa específica 0,8Kg/Litro. Num cabo enrolado no diâmetro externo da bucha temos um peso G=20N, que promove uma rotação constante da bucha de 180rpm.

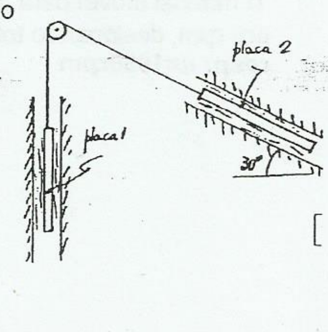
Sendo dados: De=299mm ; $D_{Bi}$=300mm ; $D_Be$=400mm e LB=600mm, pede-se:

a) a viscosidade cinemática do lubrificante em mm$^2$/s . **(10,42 mm$^2$/s)**

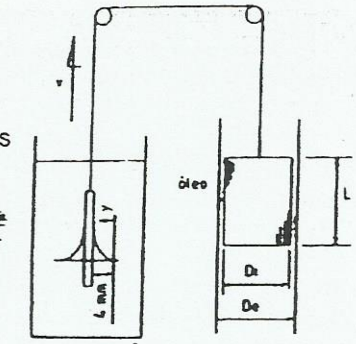
b) qual deveria ser o peso G para que a rotação constante da bucha fosse 240rpm?**(26,67N)**



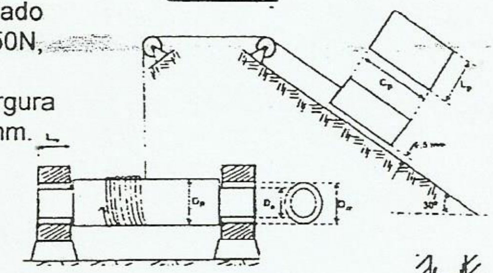

**23-P1-2° sem09-noturno.** O sistema da figura mostra duas placas iguais de área 1,5m$^2$ deslizando sobre camada de óleo de viscosidade dinâmica $10^{-2}$ Kgf.s/m$^2$ e de espessura 1mm em ambas as faces. Quando isolada, e não unida pelo cabo de tração, a placa 1 desce com velocidade 0,4m/s. Determinar a velocidade das placas em módulo e sentido quando ligadas uma a outra, conforme figura.**(0,1m/s com placa1 descendo)**



**24-P1-1º sem10-noturno.** Uma placa de espessura desprezível de peso de 2Kgf, largura de 20cm e altura 50cm, é retirada de um recipiente por imersão em um fluido de viscosidade 0,04Kgf.s/$m^2$ com velocidade 1,2 m/s de velocidade. O diagrama de velocidade junto à placa é parabólico e se pode considerar a velocidade nula a 4 mm de distancia, segundo um eixo y ortogonal à mesma. O acionamento da placa se dá por um cilindro de peso 12 Kgf e dimensões conforme figura, que desliza dentro de uma camisa de aço lubrificada por óleo de viscosidade 0,008Kgfs/$m^2$ onde se admite diagrama linear de velocidades. Determinar a equação dos pontos do fluido em função de y. **($v=50000y^2+100y$)**
Dados: $D_i$ = 20cm; $D_e$= 20,1cm; L=50cm

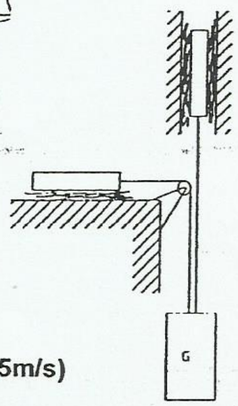



**25-P1-2º sem10-diurno.** O cabo preso à placa passando pelas roldanas está enrolado no rolo, cujas pontas de eixo estão no interior de mancais iguais. A placa de peso 50N, tem dimensões $C_p$=100cm e $L_p$=80cm. O filme de lubrificante entre a placa e o plano inclinado é de 0,5mm. O diâmetro interno dos mancais é $D_m$= 250mm cuja largura é de $L_m$=400mm. O diâmetro do rolo é $D_R$=300mm e das pontas de eixo é $D_e$=249mm. O lubrificante entre as pontas de eixo e os mancais é o mesmo do filme entre a placa e o plano inclinado, de viscosidade 4mm²/s e peso específico de 8N/litro. Pede-se determinar qual será a rotação constante que o rolo atinge em rpm. Dado g=10m/s². **(202,1rpm)**

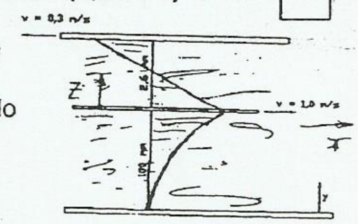


**26-P1-2º sem10-noturno.** Duas placas iguais de área 0,5m² e peso de 10 Kgf deslizam em contato com películas de fluido de viscosidade 0,014Kgf.s/m² e espessura 1mm. Sabe-se que a velocidade da placa horizontal é 0,5m/s e que a placa vertical é mais veloz que a primeira, o que é possível devido ao fato de que o cabo que a liga ao bloco de peso G é fino e flexível. Admitindo desprezíveis os atritos nos cabos e roldana e diagramas de velocidades lineares nos fluidos, determinar:

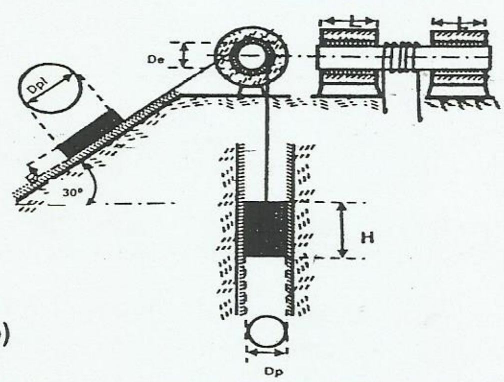
a) a velocidade da placa vertical; **(0,71m/s)**
b) o peso do bloco G; **(3,5Kgf)**
c) o valor mínimo da viscosidade de um novo fluido que venha substituir ao da placa vertical, a partir da qual esta venha a ter acão de frenagem no bloco G ; **(0,02Kgf.s/m²)**
c) a velocidade do bloco G quando substituídos todos os fluidos pelo novo definido no item anterior. **(0,45m/s)**




**27-P1-1º sem11-noturno.** Uma placa de área 0,4m² é puxada horizontalmente com velocidade 1,0m/s sobre camada de óleo, entre duas placas planas, uma estacionária e a outra com velocidade 0,3m/s, conforme figura. A viscosidade dinâmica do óleo é 0,27N.s/m². Considerando diagrama de velocidades linear na região superior à placa fina e parabólico na região inferior, determinar os pontos y onde a velocidade do óleo é nula e a força necessária para manter a placa fina em movimento.
**Dado** – equação da velocidade na região inferior
$V=1000y^2$



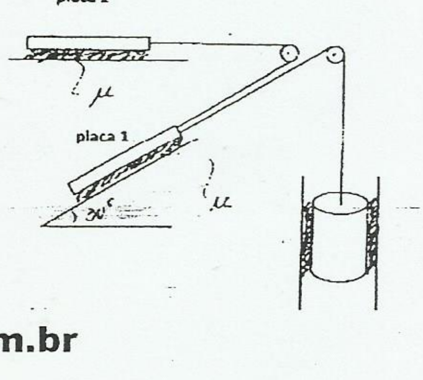

**28-P1-2ºSem.2011-diurno.** As folgas entre a placa circular e o plano inclinado, entre os mancais fixos e o eixo entre o pistão e o tubo cilíndrico; são de mesma espessura (ε=0,2mm) e preenchidas com o mesmo lubrificante (0,01Ns/m²). → μ
Sendo: De=345mm (diâmetro do eixo); Dp=400mm (diâmetro do pistão); H=500mm (comprimento do pistão); E=200mm (espessura da placa circular); Dpl=500mm (diâmetro da placa circular); L=500mm (largura de cada mancal fixo); Tanto a placa circular quanto o pistão são manufaturados com o mesmo material de peso especifico 4N/litro. Para o equilíbrio do sistema, qual devera ser a rotação constante do eixo e em que sentido? (horário ou anti-horario)**(n=100,2rpm-horário)**




**29-P1-2º Sem2011- noturno.** O cilindro da figura, estando desatrelado do cabo, desce isoladamente com velocidade constante sob a ação do próprio peso de 5Kgf. O mesmo cilindro, quando tracionado pelo cabo, sobe com o dobro da velocidade anterior movido pela placa 1, que ao descer sobre a rampa inclinada de 30º, provoca também o movimento da placa 2 no plano horizontal. As placas são iguais, com área de 0,5m² e o mesmo peso e deslizam sobre películas de fluido de viscosidade 0,014$\boxed{\text{Kgf.s/m}^2}$ e espessura 1mm. O mesmo fluido envolve o cilindro com a mesma espessura de película. Admitindo desprezíveis os atritos nos cabos e roldana, e diagramas lineares de velocidades nos fluidos, determinar:

a) a velocidade do cilindro na primeira situação;**(1,14m/s)**
b) o peso da placa com o cilindro atrelado ao cabo;**(93,9 Kgf)**
c) a nova velocidade do sistema, depois de substituir os fluidos das placas e do cilindro por outro fluido de viscosidade 0,021Kgf.s/m².**(1,52m/s)**

Dados:
Diâmetro do cilindro D=20cm
Comprimento do cilindro L=50cm



Capítulo 1

- Tensão de cisalhamento ($\tau$): $\boxed{\tau = \frac{F_t}{A}}$ $F_t$: Força viscosa ou Força tangencial ($F_v$)

- **Regime laminar** é quando o movimento do fluido é feito em camadas ou lâminas:

$$\boxed{v = v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]} \qquad \boxed{V_m = 0{,}5\, V_{máx}}$$

- Regime turbulento é quando há mistura total e desordenada entre as partículas

$$\boxed{v = v_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}} \qquad \boxed{V_m = \frac{49}{60} V_{máx}}$$

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

viscosidade cinemática ($\nu$) $\rightarrow$ $\boxed{\nu = \frac{\mu}{\rho}}$ $\mu$: viscosidade dinâmica

$\rho$: massa específica

## Capítulo 2

Pressão $\boxed{P = \frac{F}{A}}$ $[N/m^2 = Pa;\ N/mm^2 = MPa]$

Teorema de Stevim $\boxed{P = \gamma \cdot h}$ $[N/m^3\ m = N/m^2]$

<u>Definição</u>

• A pressão num ponto de um fluido com repouso é a mesma em qualquer direção

• Lei de Pascal - A pressão aplicada num ponto de um fluido em repouso transmite-se integralmente a todos os pontos do fluido.

Escalas de pressão $\boxed{P_{abs} = P_{atm} + P_{ef}}$

1atm = 760mm Hg = 101.230 Pa = 101,23 KPa = 10.330 kgf/m² = 1,033 kgf/cm² = 1,01 bar = 14,7 psi = 10,33 mca.

Medidores de pressão

. manometro metálico - <u>$P_m = P_i - P_e$</u>

. Piezômetro - <u>$P = \gamma \cdot h$</u>

. Barômetro - <u>$P_b = P_{atm}$</u>

# Capítulo 1

1-)

**Dados:**

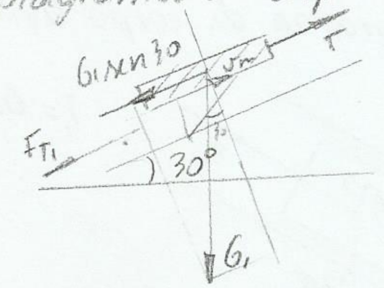
$\alpha = 30^\circ$, $G_1 = 46\,N$, $\mu = 0{,}16\ \frac{Ns}{m^2}$

$D_1 = 40\,cm$ $D_2 = 40{,}02\,cm$ $L = 80\,cm$

$A = 0{,}4\,m^2$ $\varepsilon = 0{,}1\,mm$ $v = 2{,}5\,m/s$

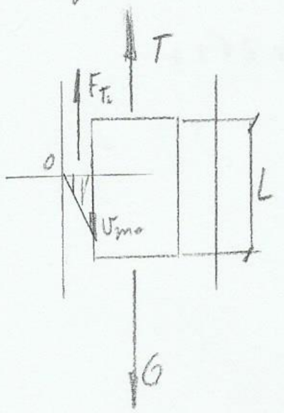
x Calcular o $G_2$ do Pistão

Digrama de velocidades e Diagrama de Corpo Livre (I)




$T - G_1 sen 30 - 2F_{T_1} = 0$ (II)

Diagrama de velocidades e Diagrama de Corpo Livre (II)




$T + F_T - G = 0$ ; v=cte

$G = T + F_T$ (I)

(I) e (II)

$$G = G_1 sen 30 + 2F_{T_1} + F_{T_2}$$

$$G = G_1 sen 30 + 2.\mu.\frac{dv}{dy_1}.A_1 + \mu.\frac{dv}{dy_2}.A_2$$

$$G = 46 sen 30 + \frac{2.0{,}16.2{,}5.0{,}4}{0{,}1.10^{-3}} + \frac{0{,}16.2{,}5.\pi.40.10^{-2}.0{,}8}{0{,}01.10^{-2}} \therefore \boxed{G = 7294\,N}$$

2-)

**Dados:**

$v = 2\,m/s$, $\mu = 10^{-3}\ \frac{Ns}{m^2}$, $L = \frac{2}{\pi}\,m$

$D_e = 50{,}2\,cm$ $D_i = 50\,cm$ $d = 10\,cm$

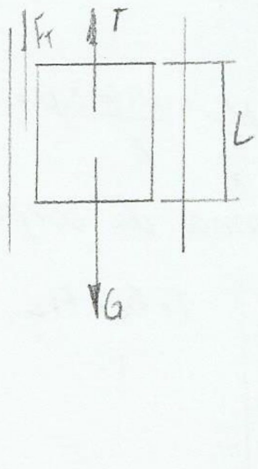
$G = 50\,N$

x Determinar o momento por um agente externo?

$M_{motor} = T.\frac{d}{2} = 48.\frac{0{,}1}{2}$

$M_{motor} = 2{,}4\,Nm$

Diagrama de corpo livre




$G = F_T + T$

$T = G - F_T$

$$T = G - \mu.\frac{dv}{dy}.\pi.D.L$$

$$T = 50 - \frac{10^{-3}.2.\cancel{\pi}.0{,}50.2/\cancel{\pi}}{0{,}1.10^{-2}}$$

$T = 48\,N$

3-)

**Dados**

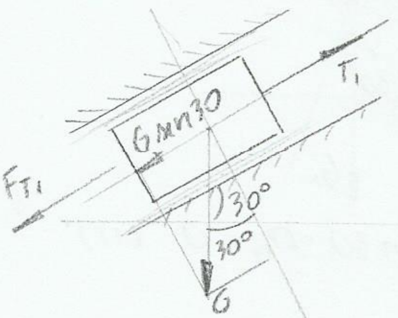
$\mu = 0{,}18\ Ns/m^2$ $\varepsilon_c = 1mm$ $A = 1{,}2m^2$

$\varepsilon_p = 2mm$ (cada lado) $v = 0{,}6 m/s$

$L_c = 0{,}4\ m$ $\varnothing_c = 0{,}25\ m$

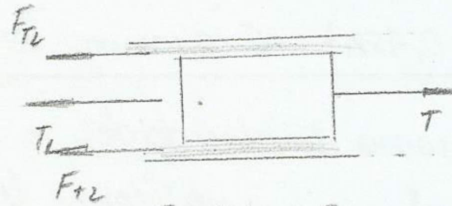
x Calcular o peso do cilindro para velocidade ser de 0,6 m/s

Diagrama de corpo livre I



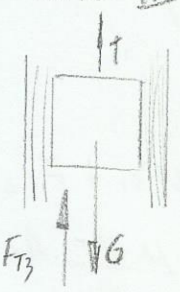

$T_1 = G\,sen30 + F_{T1}$

Diagrama de corpo livre II




$T = T_1 + 2F_{T2}$

Diagrama de corpo livre III




$T = G - F_{T3}$

$T_1 = G\,sen30 + F_{T1}$

$T = T_1 + 2F_{T2}$

$T = G - F_{T3}$

$$G\,sen30 + F_{T1} + 2F_{T2} = G - F_{T3}$$

$$G(sen30 - 1) = -F_{T3} - F_{T1} - 2F_{T2}$$

$$G(1 - sen30) = \mu . \frac{dv}{dy_3} . A_3 + \mu . \frac{dv\,A_1}{dy_1} + \frac{2\mu\,dv\,A_2}{dy_2}$$

$$G(1 - sen30) = 0{,}18 . 0{,}6 \left( \frac{\pi . 0{,}25 . 0{,}4}{1.10^{-3}} + \frac{\pi . 0{,}25 . 0{,}4}{1.10^{-3}} + \frac{2 . 1{,}2}{2.10^{-3}} \right)$$

$$\boxed{\therefore G = 399{,}92\ N}$$

4-) (P1 - 1º sem10 - diurno)

**Dados:**

$D_p = 20cm$ $D_c = 20{,}2cm$ $v = 4m/s$

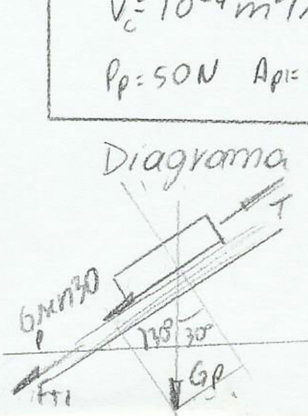
$\nu_c = 10^{-4} m^2/s$ $\gamma_c = 8kN/m^3$ $\gamma_m = 12kN/m^3$

$P_p = 50N$ $A_{pl} = 0{,}5m^2$ $\varepsilon = 1mm$

x Qual deve ser a altura do pistão?

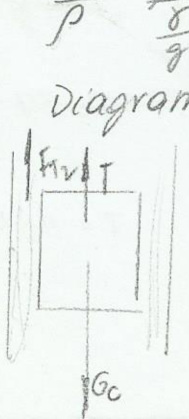
$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu}{\frac{\gamma}{g}} = \frac{\mu . g}{\gamma} \therefore \mu = \frac{10^{-4} 8.10^3}{10} = 0{,}08$$

Diagrama de corpo livre (I)




$T = G\,sen30 + F_{T1}$

Diagrama de corpo livre II




$T = G_c - F_{T2}$

$$G_p \operatorname{sen} 30 + F_{T1} = G_c - F_{T2}$$

$$F_{T1} = \mu \cdot \frac{dv}{dy} \cdot A_1 = \frac{0{,}08 \cdot 4 \cdot 0{,}5}{1 \cdot 10^{-3}} = 160\,N$$

$$F_{T2} = \frac{0{,}08 \cdot 4\pi \cdot 0{,}20 \cdot L}{0{,}1 \cdot 10^{-2}} = 201{,}06\,L$$

$$\gamma_p = 12\,\frac{kN}{m^3}$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0{,}2^2}{4} \cdot L$$

$$V = 0{,}0314\,L$$

$$\gamma = \frac{F}{m^3} \quad G_c = \gamma \cdot V$$

$$50 \operatorname{sen} 30 + 160 - 12.000 \cdot 0{,}0314\,L + 201{,}06\,L = 0$$

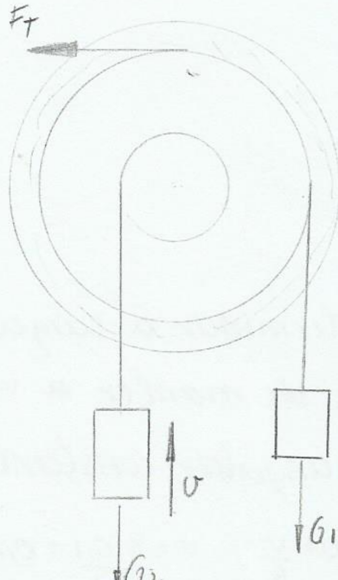
$$L = \frac{50 \operatorname{sen} 30 + 160}{12000 \cdot 0{,}0314 - 201{,}06} \therefore \boxed{L = 1{,}05\,m}$$

5) (P1 - 2º sem 06 - diurno)

| |
|---|
| Dados |
| $L = 0{,}4\,m$ $D_1 = 0{,}304\,m$ $D_2 = 0{,}300\,m$ |
| $D_3 = 0{,}250\,m$ $\mu = 0{,}05\,Ns/m^2$ |
| $G_2 = 20N$ ; 150 rpm |

Determine G1 para que o eixo gire com uma rotação constante.

$$\Sigma M_{motor} = \Sigma M_{resist}$$




$$\Sigma M_{motor} = \Sigma M_{resist}$$

$$\frac{0{,}3\,G_1}{2} = \frac{0{,}25}{2} \cdot G_2 + \frac{0{,}3}{2} \cdot F_T$$

$$1\,rpm = \frac{1 \cdot 2\pi}{60} \frac{rad}{s} \quad ; \quad \omega = \frac{v}{R}$$

$$\therefore v = \frac{150 \cdot 2\pi}{60} \cdot 0{,}15 = 2{,}356$$

$$F_T = \frac{0{,}05 \cdot 2{,}356 \cdot \pi \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}4}{0{,}002} = 22{,}207$$

$$0{,}3\,G_1 = 0{,}25 \cdot 20 + 0{,}3 \cdot 22{,}207$$

$$\boxed{\therefore G_1 = 38{,}87N}$$

6) (P1 - 2º sem 06 - noturno e P1 - 1º sem 09 - diurno)

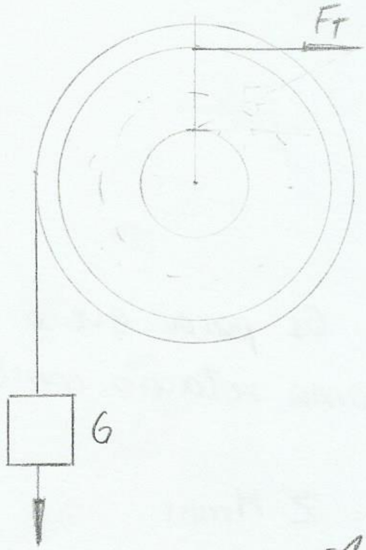
**Dados:**

$D_1 = 0{,}08\,m$ $D_2 = 0{,}12\,m$ $D_3 = 0{,}20\,m$

$L = 0{,}50\,m$ Rotação $= 1200\,rpm$

$\gamma = 8000\,N/m^3$ $\nu = 1{,}25 \cdot 10^{-4}\,m^2/s$

× Qual o peso G que faz o anel girar com rotação de 1200 rpm constante.



$$1\,rpm = \frac{1 \cdot 2\pi}{60}\,\frac{rad}{s}$$

$$v = \frac{1200 \cdot 2\pi}{60} \cdot \frac{0{,}12}{2} = 7{,}54\,m/s$$

$$\sum M_{motor} = \sum M_{resist}$$

$$\frac{0{,}20}{\cancel{2}} \cdot G = \frac{0{,}12}{\cancel{2}} \cdot F_T$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}\ ;\ \rho = \frac{\gamma}{g}\ \therefore\ \nu = \frac{\mu g}{\gamma}\ \therefore\ \mu = \frac{\nu \gamma}{g}$$

$$\mu = \frac{1{,}25 \cdot 10^{-4} \cdot 8000}{10} = 0{,}1\,\frac{Ns}{m^2}$$

$$F_T = \mu \cdot \frac{dv}{dy} \cdot A = \frac{0{,}1 \cdot 7{,}54}{0{,}02} \cdot 0{,}12\pi \cdot 0{,}5 = 7{,}106$$

$$G = \frac{0{,}12 \cdot 7{,}106}{0{,}2}\ \therefore\ \boxed{G = 4{,}26\,N}$$

7-) (P1 - 2º sem 05 - noturno)

**Dados**

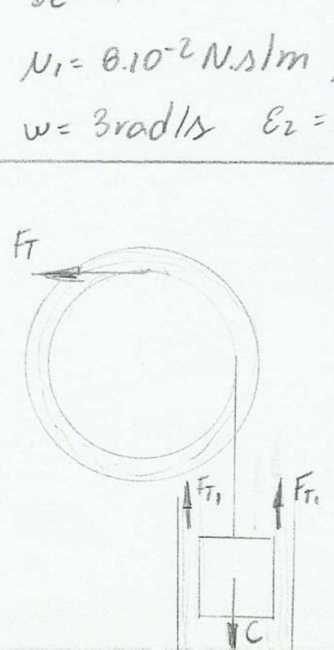
$D_e = 0{,}102\,m$ $D_1 = 0{,}1\,m$ $L_1 = 0{,}1\,m$ $L_2 = 0{,}2\,m$

$\mu_1 = 8 \cdot 10^{-2}\,N.s/m$ $\mu_2 = 1 \cdot 10^{-2}\,Ns/m$

$\omega = 3\,rad/s$ $\varepsilon_2 = 0{,}001\,m$

× Determinar a carga C, capaz de manter a velocidade angular constante.

$$\omega = \frac{v}{R}\ :\ v = \frac{3 \cdot 0{,}1}{2} = 0{,}15\,\frac{m}{s}$$



$$\sum M_{motor} = \sum M_{resist}$$

$$\frac{0{,}1\,C}{2} = \frac{0{,}1}{2} \cdot 2\,(F_T + F_{Ti})$$

$$F_T = \frac{1 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}15}{0{,}001} \cdot 0{,}2 \cdot 2 = 0{,}6\,N$$

$$F_{Ti} = \frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1}{0{,}001} = 0{,}377\,N$$

$$C = 2\,(0{,}6 + 0{,}377)$$

$$\therefore\ \boxed{C = 1{,}95\,N}$$

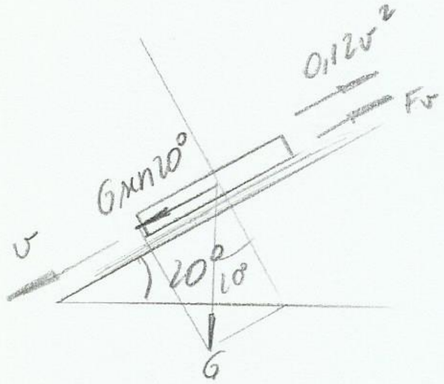
8) (P1 - 2º sem 03 - noturno) × Qual a velocidade máxima que pode atingir?

Dados:

$\varepsilon = 0{,}2\,mm$   $A = 0{,}4\,m^2$

$\mu = 10^{-3}\,\frac{Ns}{m^2}$   Resist: $0{,}12v^2$

$F = 800\,N$   $\alpha : 20°$




$G\,sen\,20° = Fv + 0{,}12v^2$

$800\,sen\,20° = 10^{-3} \cdot \frac{v}{0{,}2 \cdot 10^{-3}} \cdot 0{,}4 \cdot 2 + 0{,}12v^2$

$0{,}12v^2 + 4v - 273{,}62 = 0$

$\therefore\ v_1 = 33{,}91\,\frac{m}{s}$   $\cancel{v_2 = -67{,}24\,\frac{m}{s}}$

$\frac{1\,Km}{h} = \frac{1000\,m}{3600\,s}$

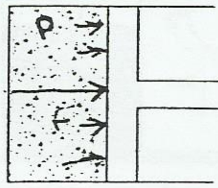
$v = 33{,}91\,\frac{m}{s}$

$\therefore\ \boxed{v = 122{,}07\,\frac{Km}{h}}$

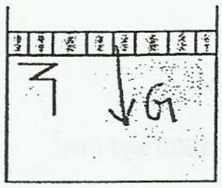
Mecânica dos Fluidos- P1-Aula-A e B
*Prof. Taís e Prof. Gabriel*

**CAPÍTULO 2**

## 1)PRESSÃO SOBRE SUPERFÍCIES



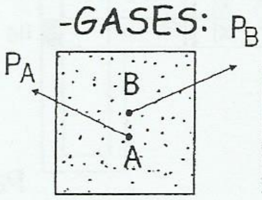

$$\boxed{P = \frac{F}{A}}$$




$$\boxed{P = \frac{G}{A}}$$

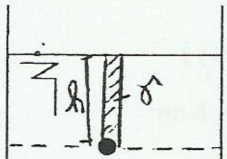
## 2)PRESSÃO

-GASES: $P_B$

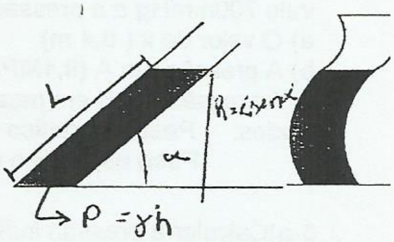



É a mesma em todos os pontos.

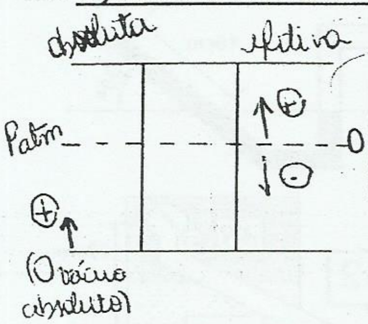
-LÍQUIDOS:




$$\boxed{P = \gamma \cdot h}$$

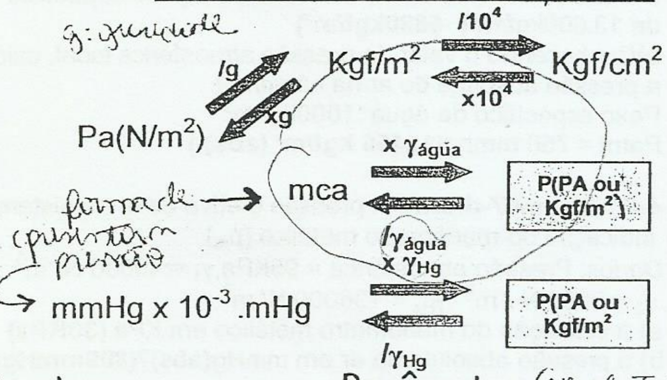



## 3)ESCALAS DE PRESSÃO



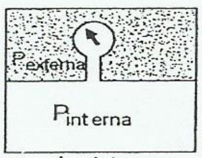

$$\boxed{P_{abs} = P_{efetiva} + P_{atm}}$$

## 4)UNIDADES DE PRESSÃO




## 5)MEDIDORES DE PRESSÃO

-Manômetro Metálico

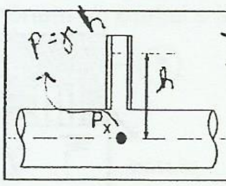



diferença entre pressões

$$P_m = P_i - P_e$$

efetiva(-/+)

-Piezômetro

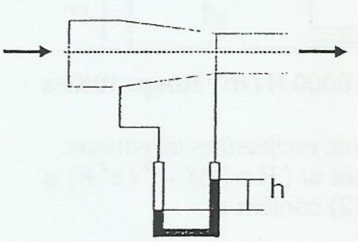



- pressões negat.
- pressões muito altas
- gases
(não se usa)

-Barômetro (Absoluta)

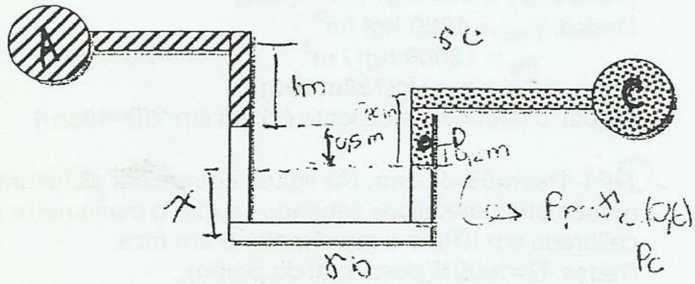
Pressão Barométrica = Patm

-Tubo em U




## 6)EQUAÇÃO MANOMÉTRICA:

ΣP { → ΣP ↓ somou ↑ subtrai
→ 1 início e 1 fim qualquer
→ após divida a equação




$$P_a + 1 \cdot \gamma_a + 0{,}5\gamma_b + \cancel{\gamma_b x} - \cancel{\gamma_b x} - \gamma_c \cdot 0{,}8 = P_c$$

## 7)GASES IDEAIS:

$$\boxed{\begin{gathered} PV = n\,R\,T \quad \text{ou} \\ PV = m\,R_{esp}\,T_{abs} \\ \text{(ABSOLUTOS)} \end{gathered}}$$

Tem K

# CAPÍTULO 2- Exercícios

**1-P1-1°sem05-diurno-**No dispositivo da figura determinar o peso específico 1 e 2, sendo dados:

$P_{AR\,(2)} = -5200$ kgf / m²

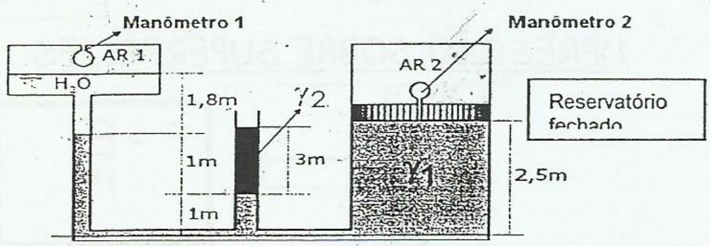
$P_{ATM} = 1000$ kgf / m²

$\gamma_{H2O} = 1000$ kgf / m³

Leitura do manômetro 1 = -0,6 kgf / cm²

Leitura do manômetro 2 = 10 mca

**RESPOSTA: $\gamma_1 = 6000$ kgf / m³ ; $\gamma_2 = 4600$ kgf / m³**




**2-P1-2°sem05-noturno-**Supondo que é possível a configuração abaixo e sabendo que a pressão atmosférica local vale 700mmHg e a pressão no manômetro é de $0{,}5.10^5$ Pa.

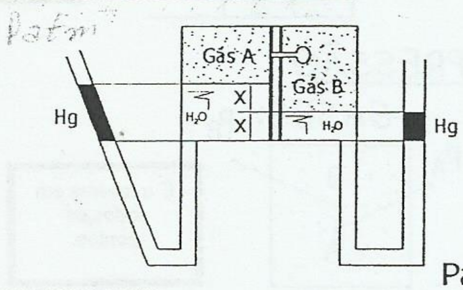
a) O valor de x **( 0,4 m)**

b) A pressão em A **(0,1MPa)**

c) A pressão em B em mca (abs) **(14,5 mca (abs) )**

Dados: Peso específico da água = 10000 N/m³

Peso específico do mercúrio = 136000 N/m³



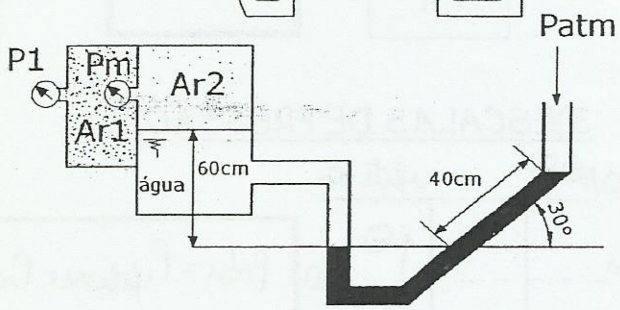

**3-**a)Calcular a pressão indicada pelo manômetro Pm, sabendo que a pressão P1 vale 0,80 kgf/cm²

O fluido manométrico é o mercúrio com peso especifico de 13.600kgf/m³**( -5880kgf/m²)**

b)Conhecendo o valor da pressão atmosférica local, calcular a pressão absoluta do ar na câmera 2

Peso específico da água :1000kgf/m³

Patm = 760 mmhg**(12456 kgf/m² (abs) )**



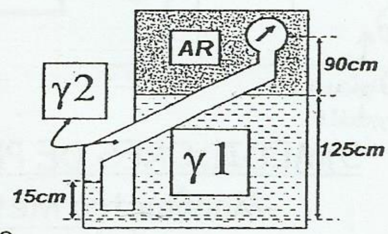

**4-P1-2°sem07-diurno-**A pressão efetiva do ar no sistema da figura é a metade da indicação do manômetro metálico ($p_m$).

Dados: Pressão atmosférica = 95KPa,$\gamma_1$ = 40000 N/ m³ ;

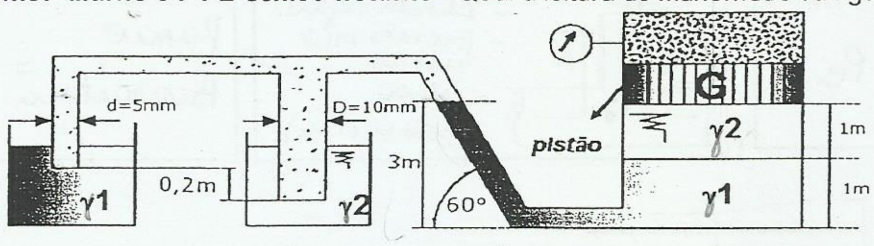
$\gamma_2$ = 7000 N / m³ ;$\gamma_{Hg}$ = 136000 N/ m³

a) a indicação do manômetro metálico em KPa.**(30KPa)**

b) a pressão absoluta do ar em mmHg(abs)?**(809mmHg(abs))**




**5-P1-1°sem07-diurno e P1-2°sem08-noturno** - Qual a leitura do manômetro da figura?




**Dados**: Pistão- G=10N e A =10cm² $\gamma_1$ = 10000 N/ m³ ; $\gamma_2$ = 8000 N / m³ **Resp: 10KPa**

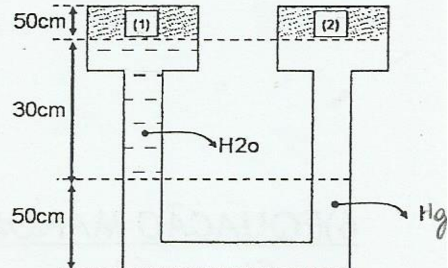
**6-P1-1°sem03-not.** O Manômetro U da figura interliga os dois recipientes cilíndricos ; que contém ar sob pressão . O recipiente (1) contem 210g de ar ( R = 287 m² / s² K) a pressão de 2 Kgf/ cm² e temperatura 40° C . O recipiente (2) contém a pressão de 2,612 kfg / cm² (abs)

Dados: $\gamma_{H2O}$= 1000 Kgf /m³

$\gamma_{Hg}$ = 13600 Kgf / m³ ; PV = mRT

a)$p_{atm}$ = ? em mmHg**(728mmHg)**

b)qual o diâmetro recipiente (1) em cm ?**(D=40cm)**

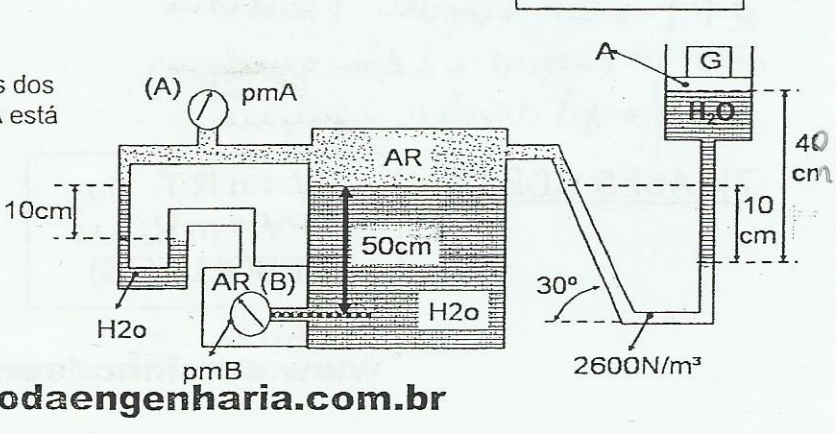



**7-P1-1°sem08-diurno.** Na figura, determinar as leituras dos manômetros metálicos sabendo-se que o manômetro A está calibrado em KPa e o manômetro B em mca.

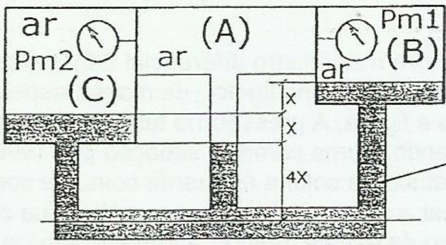
Dados: G=1600N(peso total do pistão),

A =0,1m² ,$\gamma_{h2o}$ = 10000 N/m³; γ=2600N/m³

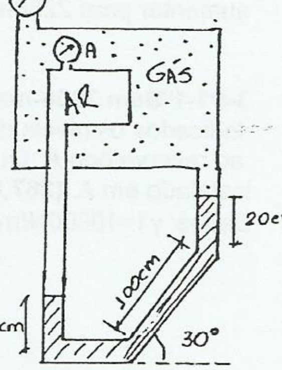
**.(19,7KPa e 0,4mca)**



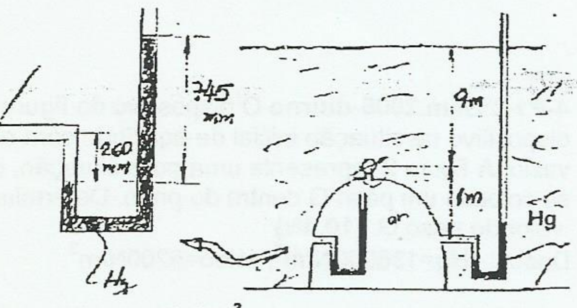
**8- P1-1º sem09-diurno.** Na figura, determinar:
a) a cota x( **0,2m** )
b) a pressão na câmera (B)(**5,5kPa**)
c) a leitura do nanômetro (2) (pm2) em kPa(**2kPa**)
**Dados:** $\gamma = 10000 \mathrm{N/m^3}$ ,
**leitura do manômetro ( 1 ) pm1 = 4kPa, pc = 7,5kPa**



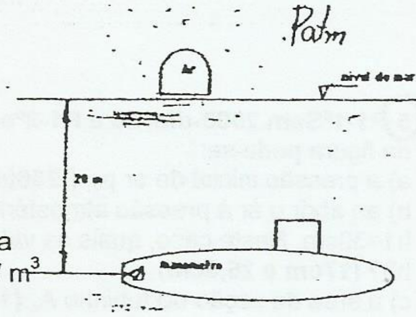

**9- P1-2º sem09-diurno.** O reservatório com ar de 150 litros , é interno ao reservatório com gás de capacidade 300 litros , contendo portanto 150Litros de gás. A leitura do manômetro metálico conectadoao reservatório de gás indica 300KPa. A leitura barométrica local é de 740mmHg .
O manômetro diferencial interligando o interior dos dois reservatórios utiliza como fluido manométrico mercúrio( 133,3 N/litro).O sistema está em equilíbrio térmico , com $27^{0}C$ de temperatura. Sendo $R_{ar} = 287 m^2/s^2K$, pede-se:
a) determinar a leitura do manômetro metálico conectado ao reservatório com ar (KPa)(**66,6KPa**)
b) a pressão absoluta no interior do reservatório de ar ($KPa_{abs}$)(**465,3 $KPa_{abs}$**)
c) desprezando-se os volumes de gás e de ar nos ramos do manômetro diferencial, determinar a massa no interior do reservatório de ar (gramas)(**810g**)
d) se para a condição de equilíbrio térmico a massa específica do gás é $3Kg/m^3$, pede-se a constante do gás ($R_{gás}$)(**$R_{ar} = 442,9 m^2/s^2K$**)




**10- P1-2º sem09-noturno.** Uma cúpula de aço cheia de ar está a 10 m de profundidade no oceano e no seu interior há um barômetro que indica 765mm de Hg. Em um manômetro diferencial de mercúrio, conforme figura, verifica-se altura de 745mm de Hg.Determinar:
a) a pressão atmosférica na superfície do oceano(**10173,4Kgf/m²**)
b) a pressão do ar no interior da cúpula (**230,6 Kgf/m²**)
c) a leitura do manômetro instalado no lado externo da cúpula.(**-8859 Kgf/m²**)
d) a altura de mercúrio no manômetro diferencial ligado por um tubo à atmosfera (**17mm**) **Dados:** $\gamma_{Hg}$ **=13600 Kgf/m³** ; $\gamma_{água}$ **do mar =1010 Kgf/m³**

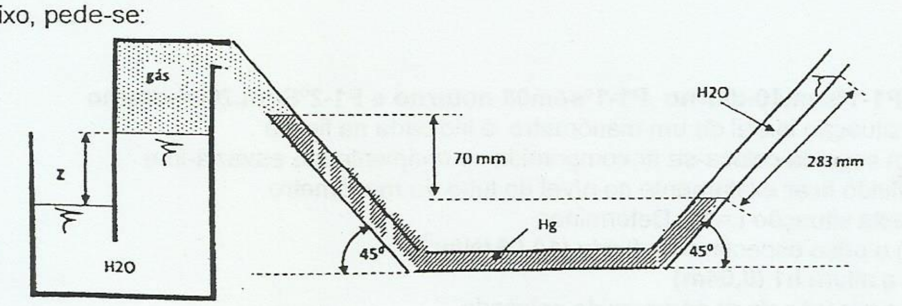



**11- P1-1º sem10-noturno.** Uma cúpula de aço, situada ao nível do mar, destinada a se conectar a um submarino que está submerso a 20m de profundidade, retém ar na pressão de 252mmca, e em seu interior há um barômetro que acusa a leitura de 770mm de Hg. Dadas as condições climáticas locais , a pressão atmosférica tem valor um pouco desviado do valor padrão. Qual deve ser a altura de mercúrio lida em um barômetro instalado no interior do submarino se o manômetro mostrado na figura indica a pressão $20,14 N/cm^2$? (**740mmHg**) Dados: $\gamma_{H2Omar}$= 1020 Kgf /m³ e $\gamma_{Hg}$ = 13600 Kgf / m³



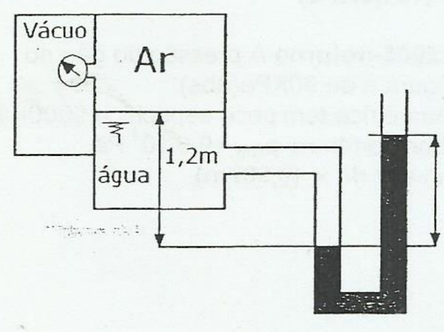

**12-P3-2ºsem10-diurno**-No dispositivo abaixo, pede-se:

a) A pressão do gás em mmHg (abs)
**( Pgás = 680 mmHg (abs))**
b) O valor da cota Z (**Z = 752 mm**)
Dados:
Pressão barométrica local= 100KPa
Peso específico da água = 10 KN/m³
Peso específico do mercúrio = 136 KN/m³

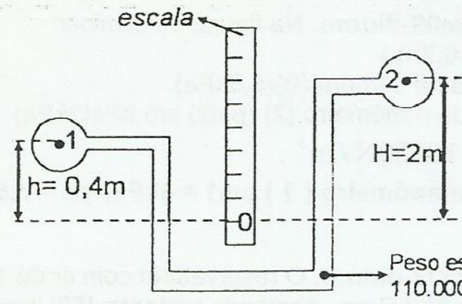



## CAPÍTULO 2- Exercícios 2 situações

1- **P1-2ºsem05-diurno**. Dado o esquema, pede-se:
1-A leitura fornecida pelo manômetro Pm, sabendo que a altura de mercúrio é 25 cm (**Pm = 11.992 kgf/m²**)
2- A nova pressão indicada pelo manômetro Pm quando o nível de água do tanque desce 2 cm. A área do tanque vale 50cm² e a do tubo manométrico vale 5 cm²(**Pm = 17252kgf/m²**)
**Dados:** $\gamma_{Hg}$ **= 13600kgf/m³** , $\gamma_{água}$ **= 1000kgf/m³**
**e $P_{ATM}$ = 720 mm de Hg**

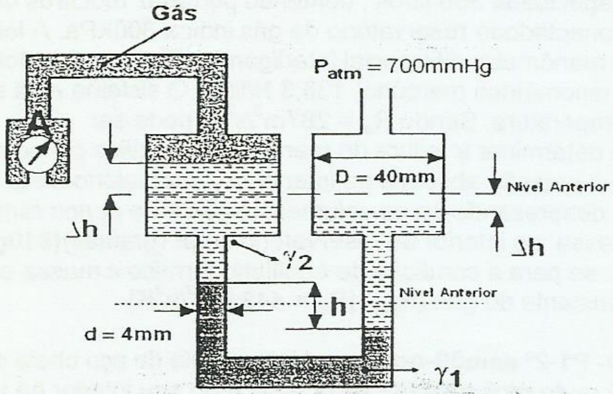


**2-P1-2°sem07-noturno.** Um manômetro diferencial é instalado entre dois condutores onde escoa o mesmo fluido , de massa específica $800Kg/m^3$ , como mostra a figura. A pressão no tubo(2) é constante e igual a 836mmHg. Quando, numa primeira situação p1=1900mmHg o nível do fluido manométrico na coluna esquerda coincide com o zero da escala.Determinar a altura do fluido manométrico na coluna direita em relação ao zero da escala quando a pressão em (1) aumentar para 2280mmHg ($\gamma_{Hg}$ = 13600kgf/m³) **.(1,547m)**



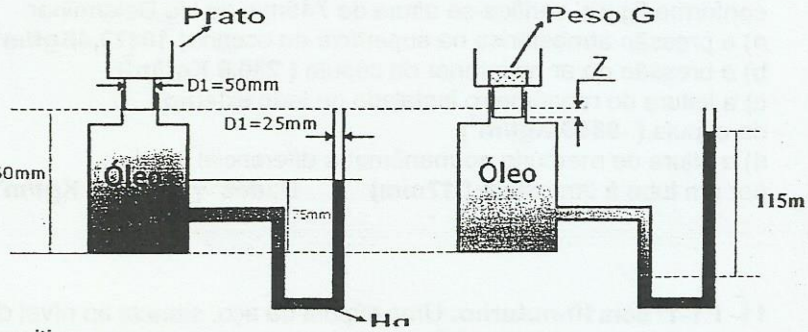

**3-P1-1°Sem.2006-noturno** No manômetro da figura são indicados os níveis dos fluidos antes e depois de ser ligado ao reservatório A. Qual a leitura em Pa do manômetro metálico instalado em A. **(267,6Pa)**

Dados: $\gamma 1=10000N/m^3$; $\gamma 2=9200N/m^3$; h=300mm




**4-P1-2°Sem.2006-diurno** O dispositivo da figura é usado para medir peso com grande precisão. A figura 1 representa o dispositivo na situação inicial de equilíbrio com o prato vazio. A figura 2 representa uma nova situação, na qual se colocou um peso G dentro do prato. Determinar o valor do peso G. **(10,4N)**

Dados: $\gamma Hg=136000N/m^3$; $\gamma óleo=9200N/m^3$.



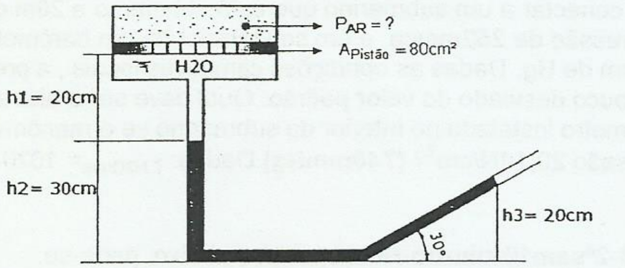

**5-P1-1°Sem.2003-diurno e P1-2°sem08-diurno** No dispositivo da figura pede-se:

a) a pressão inicial do ar $p_0$. **(-25600Pa)**

b) ao abrir o ar à pressão atmosférica, observa-se h1=30cm. Neste caso, quais os valores de h2 e h3? **(17cm e 26,5cm)**

c) a área da seção do tubinho $A_c$. **(18,46cm²)**

Dados: $\gamma_{Hg}=136000N/m^3$; $\gamma_{água}=10000N/m^3$; G=80N




**6-P1-1°sem10-diurno ,P1-1°sem08-noturno e P1-2°Sem.2004-diurno**

A situação inicial de um manômetro é indicada na figura .

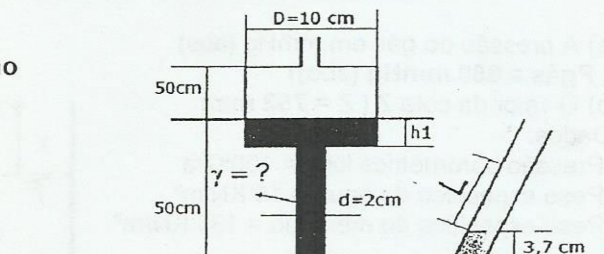
Em seguida coloca-se ar comprimido no recipiente até esvaziá-lo e o fluido ficar exatamente no nível do tubo do manômetro.

Nesta situação L=1m.Determinar:

a) o peso específico do fluido.**(10.064N/m³)**

b) a altura h1.**(0,04m)**

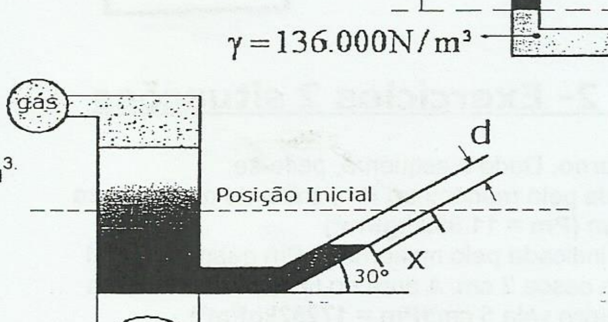
c) a pressão do ar comprimido colocado no recipiente.**(194,3KPa)**



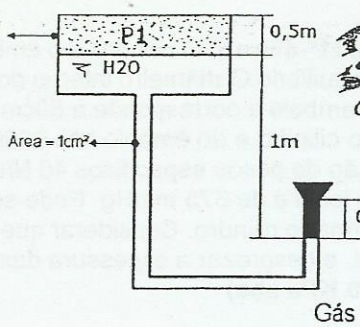

**7-P1-1°Sem.2005-noturno** A pressão do gás no sistema da figura é de 90KPa(abs).

O fluido manométrico tem peso específico 9000N/m³.

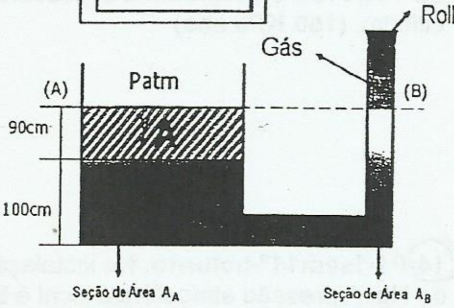
Dados:D=16mm; d=4mm; $p_{atm}$ =9,5.10⁴ Pa, determinar o valor de x. **(0,987m)**



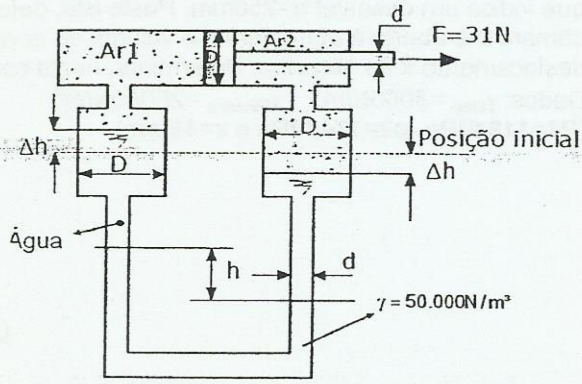
**8-Extra** A figura abaixo mostra um dispositivo contendo um gás a pressão p1,água e um outro fluido B. Nessa situação o ramo da direita está tampado na seção de saída. Retirada a tampa, o fluido B escoa totalmente, permanecendo o gás e toda a água. O gás comporta-se como perfeito, obedecendo a lei PV=cte. Determinar a pressão p1 inicial(antes de tirara a tampa), em Kgf/m$^2$.
Dados: $\gamma_{água}$ =1000Kgf/m$^3$; $p_{atm}$ = 1 Kgf/cm$^2$.**(-21 Kgf/m$^2$)**



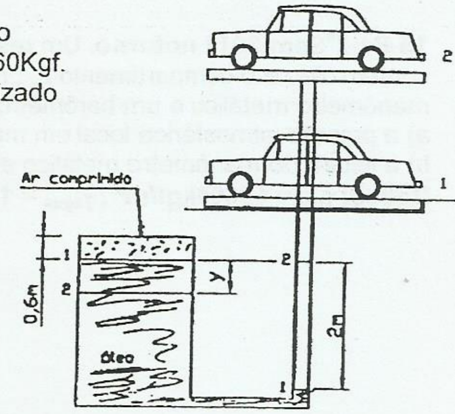

**9**-O recipiente da figura apresenta os fluidos (A) e (B) no mesmo nível superior. Ao retirar a rolha, o nível (B), do ramo de área $A_B$ = 50cm², sobe e o nível (A), do ramo de área $A_A$= 200cm², desce. Na posição de equilíbrio o nível entre (A) e (B) mede 10cm.Pede-se:
a) Qual o peso específico do fluido B sabendo que o peso específico de A vale 10000N/m³?**(9000N/m³)**
b) Qual a pressão em kPa sobre o nível (B) antes de retirar a rolha?**(0,9kPa)**
c) Qual a cota do nível (B), em relação ao fundo do recipiente, após a retirada da rolha? **(198cm)**



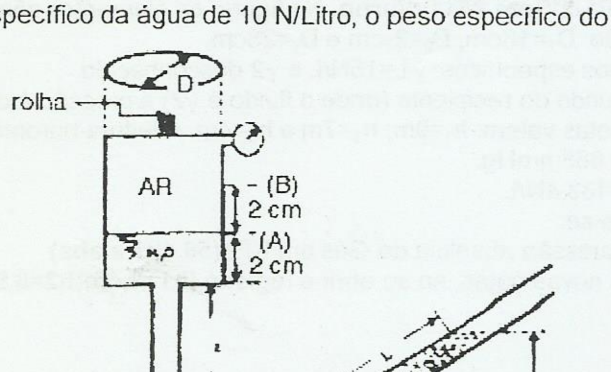

**10**-Na figura abaixo o pistão está em equilíbrio estático, determinar:
a) Par 1 em Pa(abs)**(113KPa-abs)**
b) Par 2 em mca na escala efetiva**(3,7mca)**
Dados: D = 71,4 mm, d = 35,7mm, h = 400 mm, Patm = 684 mmHg
γágua = 10000N/m³. OBS: Para F=0 ; h = 0.



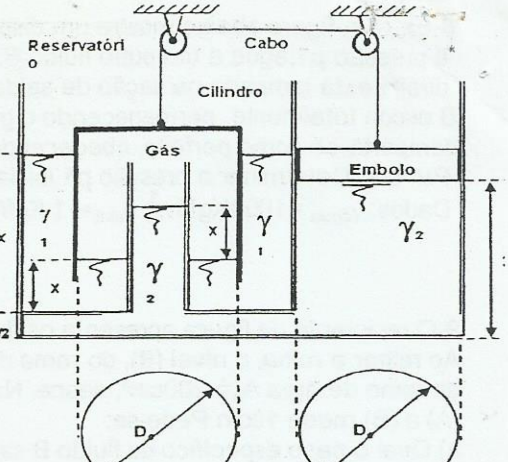

**11- P1-2º sem10-noturno.** Um elevador de posto de serviço sustenta um veiculo de peso 1200Kgf a altura de 2m por meio da ação de óleo pressurizado por ar comprimido proveniente de um compressor. O embolo do elevador e sua estrutura tem peso de 160Kgf. A pressão absoluta do ar no reservatório no estado 1 , ou seja, com o elevador estabilizado no piso, é de 152KPa(abs) e pode-se considerar que a pressurização do ar é isotérmica a 15$^0$C. Sabendo que a pressão atmosférica é de 95KPa, que o diâmetro externo do embolo é 25cm e que o diâmetro do reservatório é 50cm, definir:
a) Qual deve ser a pressão do ar necessária para sustentar o veiculo na situação final descrita? **(281KPa(abs))**
b) Qual é a massa de ar adicionada pelo compressor?**(751g)**
Dados:R=287 J/molK; $\gamma_{óleo}$ =800Kgf/m$^3$



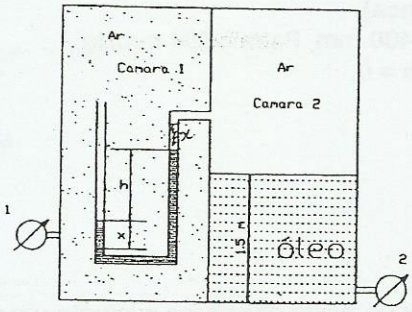

**12-P1-2sem10º-diurno.** Na figura,a superfície da água está em (A) pois neste nível a pressão absoluta do ar é de 106KPa (abs). Nesta condição a leitura L é de 40cm, a leitura no manômetro metálico é de 0,7 mca e a cota z de 84cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 10 N/Litro, o peso específico do mercúrio de 136N/Litro e o diâmetro do reservatório D=9cm.
a) Qual o peso específico do fluido manométrico $\gamma_m$? **(78000N/m³)**
b) Qual a leitura barométrica local em mmHg? **(728mmHg)**
c) Se na condição da figura (com a rolha), a cota H=60cm; qual será a nova cota H se retirar a rolha?**(x=6,4cm e H=56,8cm)**
d) qual o diâmetro do tubo manométrico? **(5cm)**



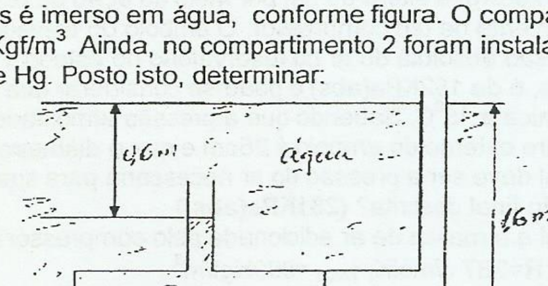
13-P1-1sem11°-diurno. O cilindro e o êmbolo estão presos a um mesmo cabo e em equilíbrio.O diâmetro interno do cilindro é igual ao diâmetro externo do embolo e corresponde a 80cm .
Os pesos do cilindro e do êmbolo são 3000 N e 1500N respectivamente. Os fluidos são de pesos específicos 40 N/L (1) e 8N/L(2). A leitura barométrica local é de 675 mmHg. Pede-se determinar a pressão absoluta do gás no interior do cilindro. Considerar que o peso especifico do mercúrio é de 133,4 N/L e desprezar a espessura das paredes do reservatório e do cilindro. **(150 KPa abs)**



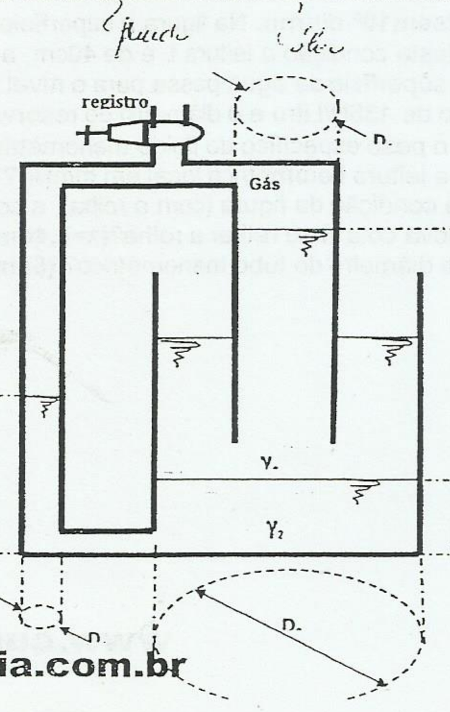

14-P1-1sem11°-noturno. Na instalação da figura, a pressão do ar na câmara 2, lida em um barômetro, corresponde a 740mr de Hg. A pressão atmosférica local é 95,2 Kpa. O manômetro diferencial de tubo em U tem como fluido manométrico, glicerin que indica um desnível h=250mm. Posto isto, determinar as leituras dos manômetros metálicos 1 e 2. Em seguida, a mesma câmara 2 é aberta à atmosfera e o volume de ar na câmara 1 expande isotermicamente em 3%, ocupando o espaço deslocamento x da glicerina. Determinar, nesta condição, o deslocamento x da glicerina e a nova leitura do manômetro 1.
Dados: $\gamma_{óleo}$ =8000N/m$^3$ ; $\gamma_{glicerina}$ =26000N/m$^3$
**(P1=11940Pa, p2=17440Pa e x=45mm)**




15-P1-2$^0$Sem.2011 noturno. Um reservatório em dois compartimentos é imerso em água, conforme figura. O compartimento contém óleo e o compartimento 2, um fluido de peso especifico 1400Kgf/m$^3$. Ainda, no compartimento 2 foram instalados um manômetro metálico e um barômetro que indica a leitura h=840mm de Hg. Posto isto, determinar:
a) a pressão atmosférica local em mm Hg;**(693mmHg)**
b) a leitura do manômetro metálico em m.c.a.**(-1,6mca)**
**Dados: $\gamma_{Hg}$ = 13600kgf/m³ , $\gamma_{água}$ = 1000kgf/m³;$\gamma_{óleo}$ = 800kgf/m³**




16- P1-2$^0$Sem.2011 diurno. Na figura, os elementos são cilíndricos, sendo: D$_1$=16cm, D$_2$=2-cm e D$_3$=28cm.
Pesos específicos: $\gamma$1=15N/L e $\gamma$2 desconhecido.
No fundo do recipiente (onde o fluido é $\gamma$2) a pressão é de 280KPa.
As cotas valem: h$_1$=9m; h$_2$=7m e h$_3$=4m. A leitura barométrica local é de 685mmHg.
$\gamma_{Hg}$=133,4N/L
Pede-se:
a)A pressão absoluta do Gás em KPa**(56,4KPa abs)**
b)As novas cotas, ao se abrir o registro.**(h1=8,4m;h2=6,9m;h3=4,1m)**



# Lista do "Base" - Capítulo 2

## 1-) P1 - 1º sem 05 - diurno

× Determinar o peso específico 1 e 2

$P_{ar(2)} = -5200 \ kgf/m^2$

$P_{atm} = 1000 \ kgf/m^2$

$\gamma_{H_2O} = 1000 \ kgf/m^3$

Leitura do manômetro 1 = $-0{,}6 \ kgf/cm^2$

Leitura do manômetro 2 = 10 mca

$$\boxed{1 \ mca = 1000 \ \frac{kgf}{m^2}}$$

Resolução:

$P_m = P_i - P_e \quad ; \quad P_i = 0 \ (\text{Axioma}) \ \therefore \ P_m = -P_e = -P_{ar1}$

$\therefore \ P_{ar1} = 0{,}6 \ \frac{kgf}{cm^2} = 6000 \ \frac{kgf}{m^2}$

1cm = 0,01m

1cm

0,01m

$A = 1cm^2 = 1.10^{-4}$

$P_{man} = P_i - P_e$

$P_{m2} = P_1 - P_{ar2}$

$P_1 = P_{m2} + P_{ar2} = 10.10^3 + (-5200)$

$\therefore \ P_1 = 4800 \ \frac{kgf}{m^2}$

Roteiro

- Determinar as pressões em relação ao manômetro.
- Determinar o sistema
  - × Descendo: Soma
  - × Subindo: Subtrai

$P_{abs} = P_{atm} + P_{ef}$

Sistema

$P_{ar1} + P_{H_2O} + P_1 - P_1 - P_2 = 0$ (Anular isso)

$P_{ar1} + \gamma_{H_2O} \cdot 1{,}8 + \gamma_1 \cdot 2 - \gamma_1 \cdot 1 - \gamma_2 \cdot 3 = 0$

$P_{ar1} + 1{,}8\gamma_{H_2O} + \gamma_1 - 3\gamma_2 = 0$ (Equação 1)

$P_{ar1} + 1{,}8\gamma_{H_2O} + 2\gamma_1 - 2{,}5\gamma_1 = P_1$ (Equação 2)

$6000 + 1{,}8.1000 - 0{,}5\gamma_1 = 4800 \ \therefore \ \boxed{\gamma_1 = 6000 \ kgf/m^3}$

Usando a equação 1: $6000 + 1{,}8.1000 + 6000 - 3\gamma_2 = 0$

$$\boxed{\gamma_2 = 4600 \ kgf/m^3}$$

2-) P1- 2º sem 2005 - noturno

$P_{atm} = 700\ mmHg = 9514,47\ \frac{Kgf}{m^2}$

$P_{man} = 0,5 \cdot 10^5\ Pa = 5102,24\ \frac{Kgf}{m^2}$

$\gamma_{H_2O} = 10000 \frac{N}{m^3} = 1000\ \frac{Kgf}{m^3}$

$\gamma_{Hg} = 136000 \frac{N}{m^3} = 13600\ \frac{Kgf}{m^3}$

760 mm Hg — 10330 $\frac{Kgf}{m^2}$

700 mm Hg — Patm

101 230 Pa — 10330 $\frac{Kgf}{m^2}$

$0,5\,10^5$ Pa — Pman

1 Kgf = 10 N

$1N = \frac{1}{10}$ Kgf

$P_{man} = P_i - P_e$

$P_{man} = P_A - P_B$

Sistema

$2x \cdot \gamma_{Hg} - 2x\,\gamma_{H_2O} = P_A \longrightarrow 27200\,x - 2000\,x = Pa$

$25200\,x = Pa$

$x\,\gamma_{Hg} - x\,\gamma_{H_2O} = Pb \longrightarrow 13600\,x - 1000\,x = Pb$

$12600\,x = Pb$

Como $P_{man} = P_A - P_b$

$5102,24 = 25200\,x - 12600\,x \quad \therefore \quad \boxed{x = 0,405\ m}$

$Pa = 25200 \cdot 0,405 \quad \therefore \quad Pa = 10\,204,48\ kgf/m^2$

$Pb = 12600 \cdot 0,405 \quad \therefore \quad Pb = 5\,102,24\ Kgf/m^2$

$1\,KPa = 100 \frac{N}{m^2} = 100 \frac{Kgf}{m^2}$

$1 \cdot 10^{-3}$ MPa — 100 $\frac{Kg}{m^2}$

Pa — 10 204,48

$\boxed{Pa = 0,102\ MPa}$

$Pb(abs) = 5102,24 + 9514,47 \quad (P_{abs} = P_m + P_{ef})$

$= 14\,616,71\ kgf/m^2$

$1\ kgf/m^2 = 1 \cdot 10^{-3}$ mca

$14\,616,71 \frac{kgf}{m^2} = Pb$

$\therefore \quad \boxed{Pb = 14,62\ mca}$

3-)

$1atm = 760\ mmHg = 101230\ Pa = 10330\ \frac{kgf}{m^2} = 10{,}33\ mca = 1{,}01\ bar = 14{,}7\ psi$

$1\ kgf = 10\ N$ (Conversão de unidades)

Dados

a) Determinar Pm, sabendo que $P_1 = 0{,}8\ kgf/cm^2$

$P_1 = 8000\ kgf/m^2$

b) Determinar Par2

$\gamma_{H_2O} = 1000\ kgf/m^3$

$Patm = 760\ mmHg = 10330\ \frac{kgf}{m^2}$

$\gamma_{Hg} = 13600\ kgf/m^3$

a) $Pm = P_1 - P_e$

$P_1 = P_{Ar1} - 0 \therefore Par_1 = 8000\ kgf/m^2$

$Pm = P_{AR2} - P_{AR1} \therefore Pm = Par_2 - 8000$

$Par_2 + 0{,}6 \cdot \gamma_{H_2O} - 0{,}4\ sen 30 \cdot \gamma_{Hg} = 0$

$Par_2 = 0{,}4\ sen 30 \cdot 13600 - 0{,}6 \cdot 1000 = 2120\ kgf/m^2$

$\therefore Pm = 2120 - 8000 \therefore \boxed{Pm = -5880\ kgf/m^2}$

b)

$Pabs = Pef + Patm$

$Pabs = 2120 + 10330 \therefore \boxed{Pabs = 12450\ \frac{kgf}{m^2}}$

4-) P1-2sem07-diurno

$1atm = 760\ mmHg = 101230\ Pa = 10330\ \frac{kgf}{m^2} = 10{,}33\ mca = 1{,}01\ bar = 14{,}7\ psi$

$1\ kgf = 10\ N \quad 1m^2 = 10^4\ cm^2$ (Conversão de Unidades)

Dados:

$Patm = 95\ kPa = 9694{,}26\ \frac{kgf}{m^2}$

$\frac{P_{ef(ar)}}{2} = Pman$

$\gamma_1 = 40000\ N/m^3 = 4000\ kgf/m^3$

$\gamma_2 = 7000\ N/m^3 = 700\ kgf/m^3$

$\gamma_{Hg} = 136000\ N/m^3 = 13600\ kgf/m^2$

a) $P_{man}$ em KPa

$P_{man} = P_2 - P_{ar}$ ; $P_{ar} = \frac{P_{man}}{2}$

$P_2 + (0,9 + 1,25 - 0,15).\gamma_2 - (1,25 - 0,15)\gamma_1 - P_{ar} = 0$

$P_2 - P_{ar} = P_{man} = (0,9 + 1,25 - 0,15).700 - (1,25 - 0,15).4000 = 3000 \ kgf/m^2$

$\therefore P_{man} = \frac{101\,230 . 3000}{10\,330} = \boxed{29,4 \ KPa}$

b) $P_{ar} = \frac{P_{man}}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \ kgf/m^2$

$P_{ar(obs)} = 1500 + 9699,26 = 11\,199,26 \ \frac{kgf}{m^2} \ \therefore \boxed{P_{ar_{(ob)}} = 823,6 \ mmHg}$

5.) P1-1ºsem07-diurno e P1-2ºsem08-noturno

$1atm = 760 \ mmHg = 101\,230 \ Pa = 10330 \ \frac{kgf}{m^2} = 1,01 \ bar = 14,7 \ PSI = 10,33 \ mca$

( Conversão de Unidades )

$1 \ kgf = 10N \quad 1cm^2 = 10^{-4} m^2$

Dados:

× Determinar a leitura do manômetro

$G = 10N$

$A = 10 \ cm^2 = 10.10^{-4} m^2$

$\gamma_1 = 10\,000 \frac{N}{m^3} = 1000 \frac{kgf}{m^3}$

$\gamma_2 = 8000 \frac{N}{m^3} = 800 \frac{kgf}{m^3}$

$P_G = \frac{10 \ N}{1.10^{-3} m^2} = 10000 \frac{N}{m^2} = 1000 \frac{kgf}{m^2}$

$P_m = P_1 - P_c = P_G - 0 \ \therefore \ P_m = 1000 \frac{kgf}{m^2} = 10 \ KPa \ \therefore \boxed{P_m = 10 \ kPa}$

6.) P1 - 1ºsem03 - noturno

$1atm = 760 \ mmHg = 101\,230 \ Pa = 10330 \ \frac{kgf}{m^2} = 1,01 \ bar = 14,7 \ PSI$ / $10N = 1 \frac{kgf}{m^2}$

Dados: $\gamma_{H_2O} = 1000 \ kgf/m^3$

$\gamma_{Hg} = 13600 \ kgf/m^3$

$\underline{PV = mRT}$

Recipiente 1
$m = 210g = 0,21 \ kg$ (ar)
$P = 2 \ kgf/cm^2 = 20\,000 \frac{kgf}{m^2}$
$R = 287 \ m^2/s^2K \quad T = 40°C$

Recipiente 2
$P_{abs} = 2,612 \frac{kgf}{cm^2} = 26120 \frac{kgf}{m^2}$

a) $P_{atm} = ?$ em mmHg  b) Qual o $\phi_1 = ?$ em cm

$PV = n\bar{R}T$ ; $n = \frac{m}{M}$ ; $\bar{R}$ = constante universal

$PV = \frac{m}{\cancel{M_{ar}}} R_{ar} . \cancel{M_{ar}} . T$   $R_{ar} = \frac{\bar{R}}{M_{ar}}$  $\bar{R} = R_{ar} . M_{ar}$

$\therefore \boxed{PV = m . R_{ar} T}$ ou $P = \underbrace{\frac{m}{V}}_{\rho} RT \Rightarrow \boxed{P = \rho . RT}$

$P_1V_1 = 0{,}210 . 287 . (40+273) \therefore P_1V_1 = 18\,864{,}51$

$P_1 + 0{,}3 . \gamma_{H_2O} - 0{,}3\,\gamma_{Hg} = P_2 \therefore P_2 = 20000 + 0{,}3 . 1000 - 0{,}3 . 13600 = 16220 \frac{kgf}{m^2}$

$P_{abs} = P_{ef} + P_{atm}$

$P_{atm} = 26120 - 16220 = 9900 \frac{kgf}{m^2} \therefore \boxed{P_{atm} = 728{,}36\ mmHg}$

(b) $P_{1(abs)} = 20\,000 + 9900 = 29\,900 \frac{kgf}{m^2} = 299\,000 \frac{N}{m^2}$

$V_1 = \frac{18\,864{,}51}{299000} = 0{,}063$   $V = \pi r^2 . L$

$r = \sqrt{\frac{0{,}063}{\pi . 0{,}5}} = 0{,}2 \therefore \phi_1 = 0{,}4m = \underline{40cm}$

7-) P1 - 1° sem 08 - diurno

Dados: $G = 1600N$  $A = 0{,}1m^2$   x Determinar as leituras dos manometros, A em kPa e B em mca

$\gamma_{H_2O} = 10000 \frac{N}{m^3} = 1000 \frac{kgf}{m^3}$

$\gamma = 2600\ N/m^3 = 260 \frac{kgf}{m^3}$

$P_{mB} = P_{H_2O} - P_{ar(b)}$   $P_G = \frac{1600}{0{,}1} = 16000 \frac{N}{m^2} = 1600 \frac{kgf}{m^2}$

$P_{mA} = P_{ar} - \cancel{P}^{0}$

$P_g + 0{,}4\,\gamma_{H_2O} - 0{,}1 . 260 = P_{ar} \therefore P_{ar} = 1600 + 0{,}4 . 1000 - 0{,}1 . 260 = 1974 \frac{kgf}{m^2}$

$P_{ma} = P_{ar} - 1974 \frac{kgf}{m^2} \therefore \boxed{P_{ma} = 19{,}34\ kPa}$

$P_{mB} = P_{H_2O} - P_{ar(B)}$

$P_{ar} + 0{,}1 \cdot \gamma_{H_2O} = P_{ar(B)} \quad \therefore \quad P_{ar(B)} = 1974 + 0{,}1 \cdot 1000 = 2074 \ \frac{kgf}{m^2}$

$P_{ar} + 0{,}5\,\gamma_{H_2O} = P_{H_2O} \quad \therefore \quad P_{H_2O} = 1974 + 0{,}5 \cdot 1000 = 2474$

$P_{mB} = 2474 - 2074 = 400 \ \frac{kgf}{m^2} = \underline{0{,}4 \ mca}$

8) (P1- 1° sem09- diurno)

**Dados:**

$\gamma = 10\,000 \ N/m^3 \qquad p_{m_1} = 4 kPa$

$P_C = 7{,}5 \ kPa$

a) Cota $x$

b) $P_b$

c) $p_{m_2}$ (kPa)

1 kgf = 10 N

1 atm = 760 mmHg = 101230 Pa = 10330 kgf/m² = 1,01 bar = 14,7 psi

$P_{m2} = P_{ar(A)} - P_{ar(C)} \qquad P_{m2} = P_{ar(A)} - 7500$

$P_{m1} = P_{ar(A)} - P_{ar(B)} \qquad 4000 = P_{ar(A)} - P_{AR(B)}$

$P_{ar(C)} + x\gamma - P_{ar(A)} = 0 \qquad 757{,}927 + 1000x = P_A$

$P_{ar(B)} + x\gamma - P_{ar(C)} = 0 \qquad P_B + 1000x = 757{,}927$

$P_{ar(B)} + 2x\gamma - P_{ar(A)} = 0 \qquad P_B + 2000x = P_A$

$P_A - P_B = 408{,}179$

$\cancel{P_B} + 2000x = 408{,}179 \ \cancel{+P_B} \quad \therefore \quad \boxed{x = 0{,}2 m}$

$P_B = 757{,}927 - 1000 \cdot 0{,}2 = 557{,}927$

$P_A = 408{,}179 + 557{,}927 = 966{,}106$

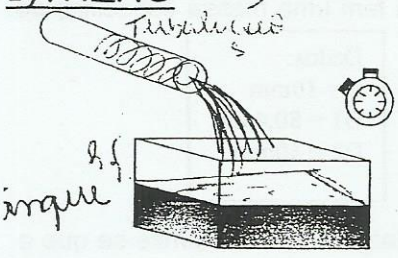
$P_{m2} = 966{,}107 - 757{,}927 \simeq 208{,}18 \ \frac{kgf}{m^2} = \underline{2\,040{,}08 \ Pa}$

Mecânica dos Fluidos- P1- Aula-B
Prof. Taís e Prof. Gabriel

# CAPÍTULO 3

Cursinho da Engenharia

## 1)VAZÃO




$$\text{-Tanque} \quad Q = \frac{Vol}{\Delta t} = \frac{A_{tang} \cdot \Delta h}{\Delta t}$$

$$\text{Tubulação} \quad Q = v_m \cdot A$$

Área ⓘ $-\pi R^2$

## 2)TIPOS DE VAZÃO

-VOLUME: $\left(\frac{L \times 10^{-3}}{s} \quad \frac{m^3}{s}\right)$

$$Q = \frac{Vol}{\Delta t} = v_m \cdot A$$

-MASSA: $\left(\frac{kg}{s} \text{ ou } \frac{utm}{s}\right)$

$$Q_m = \frac{m}{\Delta t} = \rho \cdot Q$$

-PESO: $\left(\frac{N}{s} \text{ ou } \frac{kgf}{s}\right)$

$$Q_G = \frac{G}{\Delta t} = \gamma \cdot Q$$

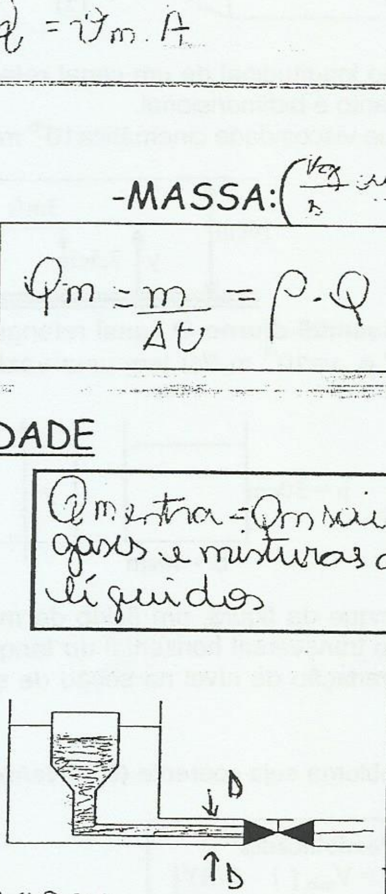
## 3)EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE

$Q_{me} \rightarrow$ | E | gases e líquidos | S | $\rightarrow Q_{ms}$

$\boxed{Q_{m\,entra} = Q_{m\,sai}}$ gases e misturas de líquidos

OBS: PARA LÍQUIDOS (Vol) $\boxed{Q_{entra} = Q_{sai}}$

## 4)TIPO DE ESCOAMENTO - NÚMERO DE REYNOLDS

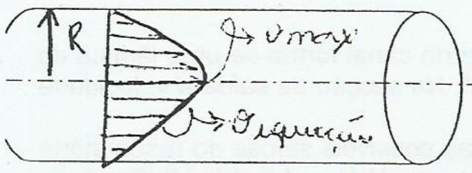



$$Re = \frac{\rho \cdot v_m \cdot D}{\mu_{(mi)}} = \frac{v_m \cdot D}{\nu_{(mi)}}$$

Re:
- $\rightarrow Re < 2000$
- $\rightarrow 2000 \leq Re < 2400$
- $\rightarrow Re \geq 2400$

Transição
Turbulento

## 5)VELOCIDADE MÉDIA




$$v_m = \frac{1}{A} \int v_{(equação)} \, dA$$

-tubos circulares: $dA = 2.\pi.r.dr$

Ex: $v = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R v_{max} \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] 2\pi r \, dr = \frac{v_{max}}{2}$

Escoamento Laminar:

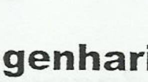
$v = v_{max} \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$ $\qquad \boxed{v_m = \frac{v_{max}}{2}}$

Escoamento Turbulento:

$v = v_{max} \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$ $\qquad \boxed{v_m = \frac{49}{60} v_{max}}$

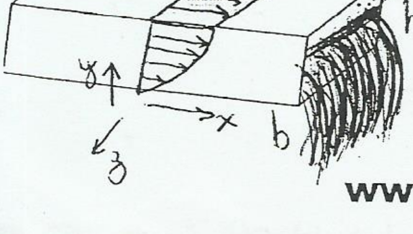
escoamento bidimensional:

Diagrama Linear



$$v_m = \frac{v_{max}}{2}$$

$\rightarrow dA = b\,dy$

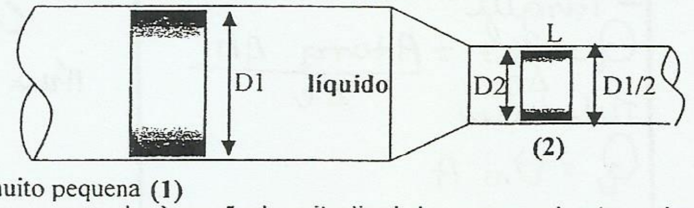



Ex: $h = 1$; $b = 3$ $\rightarrow v = 4y^3$ $\rightarrow v_m = \frac{1}{A} \int v \cdot dA =$

$= \frac{1}{3} \int_0^1 4y^3 \cdot 3\,dy = \Rightarrow y^4 \Big|_0^1 = 1\,m/s$

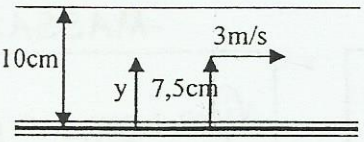
# Capítulo 3- Exercícios

**1)P1-1°sem05-not**.O pistão (1) da figura desloca-se para a direita com uma velocidade constante de 0,5m/s e aplica no pistão (2) uma força de 4N. A película lubrificante formada entre o pistão (2) e a parede da tubulação é do mesmo líquido contido entre os pistões.Desprezando a parcela de líquido que escapa na folga entre os pistões e a parede da tubulação, determinar a viscosidade cinemática do fluido que tem uma massa especifica de 800 kg/m³. **Resp: $2x10^{-4}$ $m^2/s$**



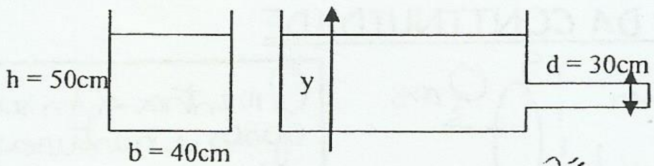

Dados:
L = 10mm
D1 = 80,4mm
D2 = 40mm

**2)P1-1°sem05-not** O esquema corresponde à seção longitudinal de um canal retangular de largura 3,8m . Admite-se que a velocidade varia linearmente com y e que o escoamento é bidimensional.
Sendo o peso especifico do fluido 10000N/m ³ e a sua viscosidade cinemática$10^{-6}$ $m^2$ /s, determinar
a) a velocidade média na seção;
b) a vazão em massa no canal;
c) a força resultante em $2m^2$ do fundo.




**Resp:**
**a) 2m/s**
**b) 760Kg/s**
**c) 0,08N**

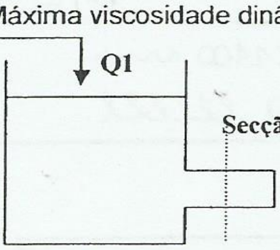
**3)P1-1°sem03-diurno e P1-2sem06-diurno e P1-1sem09-diurno** O canal retangular da figura alimenta uma tubulação de diâmetro 0,3 m. No canal o líquido ($\gamma$ =10000N/m³ e $\nu=10^{-4}$ m ²/s) tem uma vazão em peso de 200N/s e o diagrama de velocidade é
linear bidimensional.
a) Qual a expressão algébrica da velocidade no canal em função de y?
b) Qual a velocidade média na seção da tubulação ?
c) Qual a velocidade máxima na seção a tubulação?



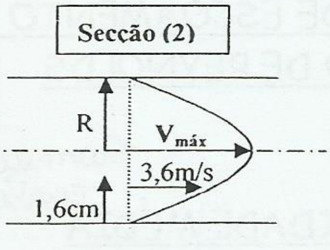

**Resp:**
**a) 0,4y**
**b) 0,283m/s**
**c) 0,566m/s**

**4)P1-2°sem03-diurno e P1-1°sem08-diurno** No tanque da figura, um fluido de massa especifica 8000Kg/m ³ sai por um tubo de 4 cm de raio em regime turbulento. A seção transversal horizontal do tanque tem 16,4m ² de área e o fluido desce 20cm em 5 minutos. Admitindo-se que ,apesar da variação do nível na seção de saída, não haja variação no diagrama de velocidade, pede-se:

a) A vazão Q1 em L/s. **(5,8L/s)**
b) Máxima viscosidade dinâmica para que o problema seja coerente.**(0,89Ns/m²)**

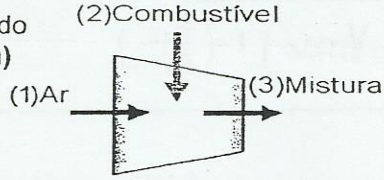



Possibilidades:
$v = V_{máx} [ 1 - (r/R)^2]$
$v = V_{máx} ( 1 - r/R)^{1/7}$



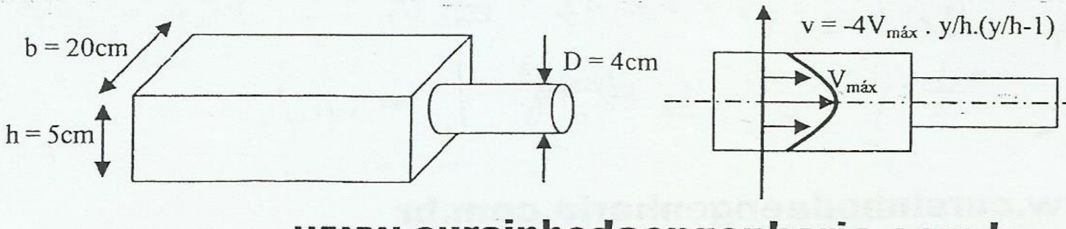

**5) P1-2°sem04-noturno** Por um canal retangular de largura 20cm escoa água . Na saída do canal forma-se uma lâmina de fluido de espessura 15cm, que alimenta um reservatório cuja secção transversal é de $9m^2$. Na secção de saída a velocidade de uma partícula fluida é dada por $v = 2y^2$.
Considerando-se y um eixo com origem no fundo do canal e ortogonal ao mesmo. Com as possíveis saídas do reservatório bloqueadas, qual o tempo em minutos para que o fluxo do canal faça o nível do reservatório subir 45cm? Sendo a viscosidade da água 0,0001Kgfs/m² , qual a tensão de cisalhamento entre duas partículas de secção de saída a 10cm do fundo do canal? **Resp: 150min e $4x10^{-5}$ Kgf/m²**

**6) P3-2°sem04-diurno**. Considerando o turbo reator da figura , o combustível deve ser fornecido na proporção em massa de 1:9 em relação ao ar. Pede-se a velocidade na saída 3.**(2000Km/h)**



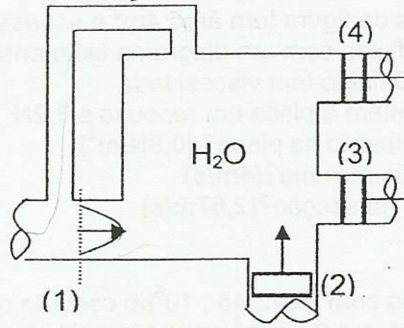

Dados:
$\rho_3$ = 0,4Kg/m³ A3 = 0,4m² $\rho_1$ = 0,8Kg/m³ A1 = 0,5m² v1 = 720 Km/h

**7) P3-1°sem01-diurno**. Num conduto retangular escoa ar com $\rho$ = 1,2Kg/m³ , com um diagrama bidimensional de velocidade dado na figura. Sendo o regime permanente e $V_{máx}$ = 20m/s, qual a velocidade média do ar no tubo circular , se, devido a um resfriamento, a densidade do ar no mesmo é 0,6 Kg/m³ ? **(212,15m/s)**



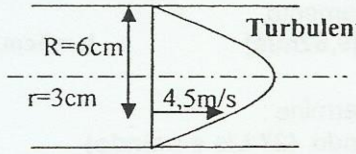
**8) P1-2°sem03-diurno.** No sistema da figura, na secção1 o diagrama de velocidade é dado em unidades do SI por: $v = 10[1-(r/0,06)^2]$. As velocidades dos pistões são indicadas na figura. Qual a vazão em massa em Kg/s na derivação? **(52,5Kg/s)**

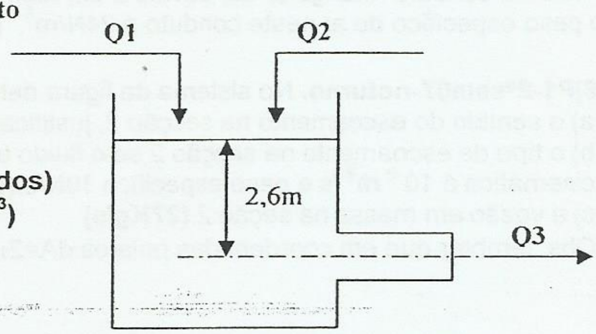
Dados: $\gamma_{H2O} = 1000 Kgf/m^3$
$A2=10cm^2$   $v2=3m/s$
$A3=20cm^2$   $v3=2m/s$
$A4=30cm^2$   $v4=1m/s$




**9)P1-1°sem05-diurno.** O diagrama da figura representa o regime turbulento onde, para r=3cm, a velocidade é de 4,5m/s. Sabendo que o líquido de vazão Q1 tem massa especifica de $900Kg/m^3$,

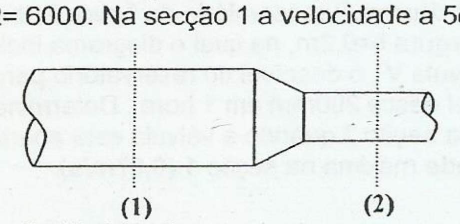
a) As vazões em massa e volume desse líquido. **(45,9L/s; 41,3Kg/s)**
b) O tempo necessário para que o nível do tanque suba 2,6m, sabendo que a área do tanque é de $4,3m^2$ que Q2 =30,3l/s e Q3 = 16,6l/s **(3 minutos e 4 segundos)**
c) A massa especifica da mistura, sabendo que $\rho_2 = 1400Kg/m^3$. **$(1099Kg/m^3)$**




**10)P1-1°sem06-not.e P1-2°sem08-diurno.** O tubo da figura tem D1=24cm, escoa um líquido e na secção1 o escoamento é laminar com Re1= 2000. Na secção 2 , o escoamento é turbulento com Re2= 6000. Na secção 1 a velocidade a 5cm da parede do tubo é de 3m/s. Pede-se:

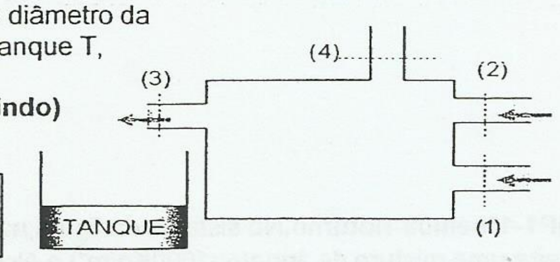
a) o diâmetro da secção 2 **(8cm)**
b) a viscosidade dinâmica do fluido se a massa especifica é $800Kg/m^3$ ? **$(0,218\ Ns/m^2)$**
c) a velocidade na secção2 a 1cm da parede? **(20,57m/s)**




**11)P1-2°sem05-noturno.** No equipamento da figura o regime é permanente. O diâmetro da seção 2 é o mínimo para que nesta seção o escoamento seja turbulento e no tanque T, gastam-se 40s para que o fluido suba 40cm. Determine :

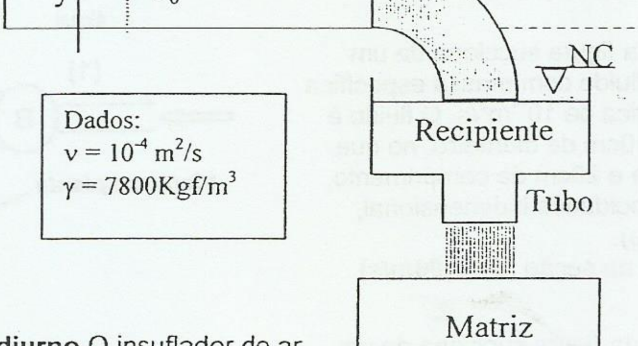
a) o sentido do escoamento e a vazão em massa da secção 4. **(11,8Kg/s e saindo)**
b) a velocidade máxima do fluido na secção 4. **(1,84m/s)**

Dados: $D_2=2D_4=20cm$; $A1=77,5cm^2$ ; $v1 = 2m/s$ $A_{Tanque}= 0,75m^2$;
$\nu = 10^{-5}\ m^2/s$; $\rho = 1000Kg/m^3$



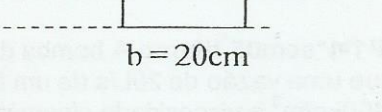

**12)P1-2°sem04-diurno.** Numa fundição despeja-se o material fundido por uma canaleta, de forma a manter o recipiente indicado a nível cte. O recipiente despeja material por um tubo que deve encher uma matriz de capacidade 4L em 8s.

a) Qual o máximo diâmetro de descarga do tubo do recipiente para manter o escoamento laminar, pois no turbulento haveria a formação de bolhas de ar? **$(3,2x10^{-3}\ m)$**
b) Qual a velocidade $v_o$ na superfície da canaleta admitindo-se um diagrama de velocidade dado por: $V= 10v_o\, y\,(2-10y)$ ? **$(3,75x10^{-2}\ m/s)$**




Dados:
$\nu = 10^{-4}\ m^2/s$
$\gamma = 7800Kgf/m^3$

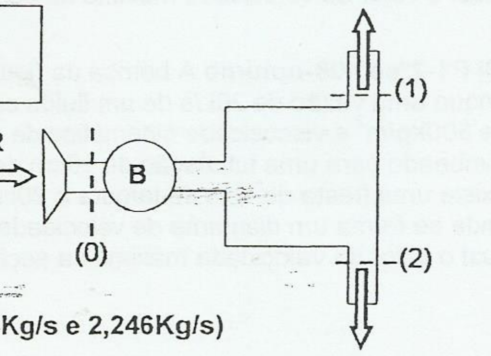
**Vista Frontal da Canaleta**




**13) P1-1°sem10-diurno e P1-1°sem06-diurno.** O insuflador de ar da figura fornece 3Kg/s na secção 0. O sistema está em regime permanente. Nas secções 1 e 2 deseja-se que o número de Reynolds seja $10^5$ para que o movimento turbulento favoreça a homogeneização das temperaturas.

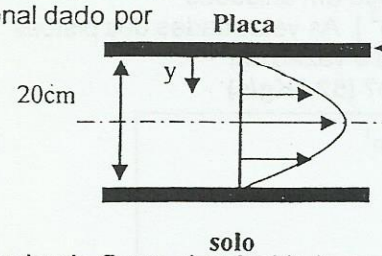
Dados: D1 =40cm; $\rho1 = 1,2Kg/m^3$; $\mu1 = 2,4x10^{-5}\ Ns/m^2$;
$\rho2 = 0,95Kg/m^3$; $\mu2 = 7,6x10^{-5}\ Ns/m^2$.

a) o diâmetro da secção 2 **(0,376m)**
b) a vazão em volume e em massa nas secções 1 e 2. **$(0,628m^3/s;\ 2,364m^3/s$ e 0,754Kg/s e 2,246Kg/s)**

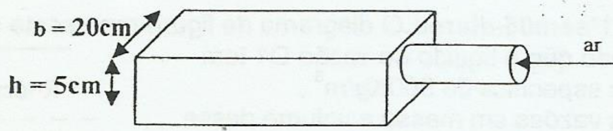


4)P1-2°sem06-noturno.A placa da figura tem área $4m^2$ e espessura desprezível ntre a placa e o solo escoa um fluido com um diagrama bidimensional dado por $= 20yV_{max}(1-5y)$(unidades SI). O fluido tem viscosidade inâmica $10^{-2}Ns/m^2$ e a força mantém a placa em repouso é 3,2N.

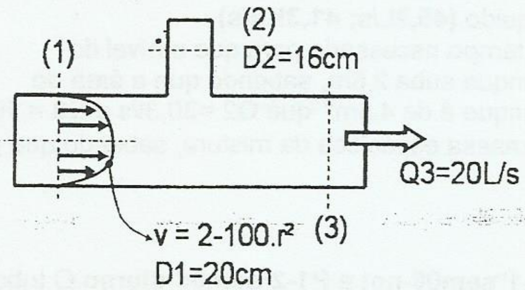
a) Qual a tensão de cisalhamento na placa? **($0,8N/m^2$)**
b) Qual o valor da velocidade máxima?**(4m/s)**
c) Qual a velocidade média na secção?**(2,67m/s)**



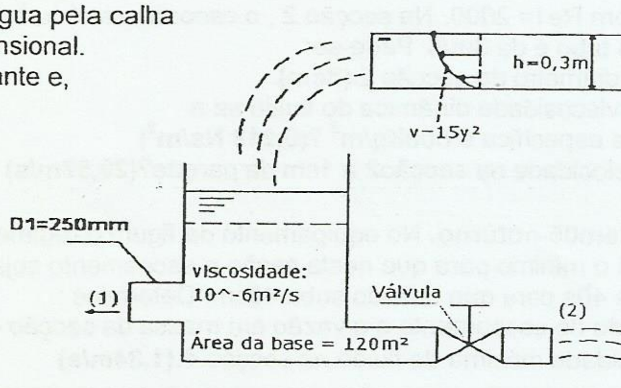

**5) P1-1°sem07-diurno**. Ar escoa com Re=2,45 . $10^5$no conduto circular da figura. A velocidade no centro da secção é 0m/s, a massa especifica do ar é é 1,2 $Kg/m^3$ e sua viscosidade cinemática é $10^{-5}$ $m^2$ /s.Sendo o regime permanente, qual a velocidade nédia no conduto retangular se, devido a um resfriamento, peso especifico do ar neste conduto é $24N/m^3$. **(9,62m/s)**



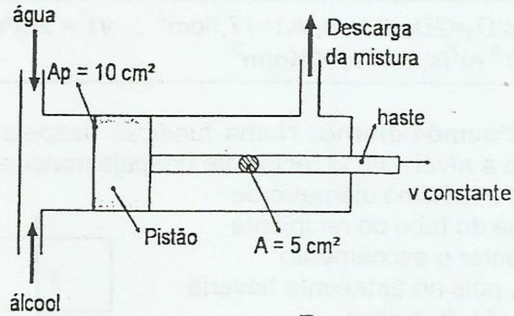

**6)P1-2°sem07-noturno.** No sistema da figura determine :
a) o sentido do escoamento na secção 2, justificando. **(27 L/s e saindo)**
b) o tipo de escoamento na secção 2,se o fluido tem viscosidade cinemática é $10^{-6}$ $m^2$ /s e peso especifico 10N/L.**(turbul.)**
c) a vazão em massa na seção 2.**(27Kg/s)**
Obs: lembrar que em coordenadas polares $dA=2\pi rdr$



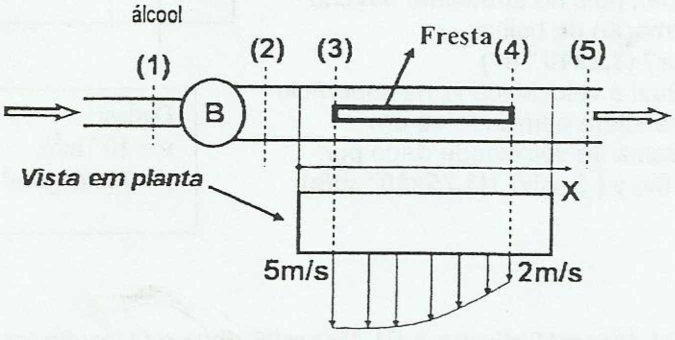

**7)P1-2°sem07-diurno.**O reservatório da figura é abastecido com água pela calha tangular de largura b=0,2m, na qual o diagrama indicado é bidimensional. echando a válvula V , o desnível do reservatório permanece constante e, abri-lo o nível desce 200mm em 1 hora . Determine:
a) A vazão na seção 2 quando a válvula está aberta.**(6,67L/s)**
b) A velocidade máxima na seção 1.**(0,67m/s)**



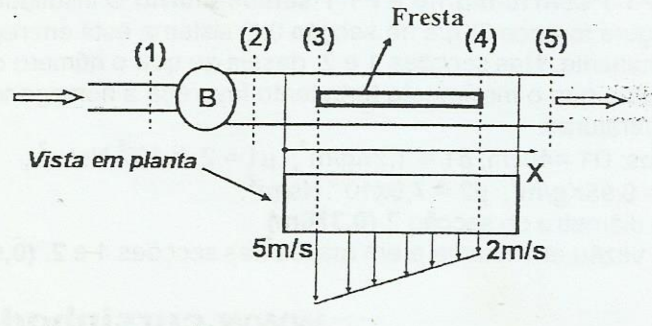

**18)P1-1°sem08-noturno.**No sistema da figura,na parte da frente do pistão é feita uma mistura de água($\rho$=1000$Kg/m^3$) e álcool ($\gamma$=8000$N/m^3$) . A vazão em peso da água é 20N/s e a vazão em massa do álcool é 8 Kg/s. O pistão movimenta-se com velocidade constante e do lado da haste também tem uma mistura dos dois líquidos que é empurrada para fora através de um tubo de 2cm de diâmetro.Supondo que não existe escoamento pela superfície lateral do pistão, qual a velocidade de descarga da mistura do lado da haste? **(19,1m/s)**




**19) P1-1°sem05-diurno** A bomba da figura succiona de um anque uma vazão de 20L/s de um fluido com massa específica de 800$kg/m^3$ e viscosidade cinemática de $10^{-4}m^2/s$. O fluido é bombeado para uma tubulação de 10cm de diâmetro, no que existe uma fresta de 1cm de largura e 20cm de comprimento, onde se forma um diagrama de velocidades bidimensional, dado por:$v = ax^2+b$ (sistema métrico).
Qual o valor da velocidade máxima na seção (5) **(3,06m/s)**




**20) P1-2°sem08-noturno** A bomba da figura succiona de um anque uma vazão de 20L/s de um fluido com massa específica de 800$kg/m^3$ e viscosidade cinemática de $10^{-4}m^2/s$. O fluido é bombeado para uma tubulação de 10cm de diâmetro, no que existe uma fresta de 1cm de largura e 20cm de comprimento, onde se forma um diagrama de velocidades linear, bidimensional. Qual o valor da velocidade máxima na seção (5) **(3,3m/s)**

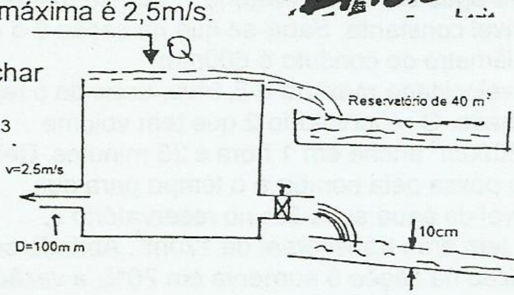


21) **P1-2°sem09-noturno** Um reservatório que é abastecido com um fluido industrial, tem uma descarga regulada por uma válvula a uma calha de base 20cm, formando lâmina de 10cm de altura de fluido e outra saída por um tubo de diâmetro 100mm onde a velocidade máxima é 2,5m/s. Sabe-se que o diagrama de velocidades na calha é dado por $v=-200y^2 + 40y$ e que o nível do fluido permanece constante. Em certos momentos é necessário fechar a válvula e o fluido em excesso é escoado para um reservatório suplementar de $40m^3$ de capacidade. O fluido tem por características $\nu = 2.10^{-4}\ m^2/s$; $\gamma = 900Kgf/m^3$.

Determinar:

a) a vazão de entrada no reservatório**(36,5L/s)**

b) o tempo de enchimento do reservatório suplementar com a válvula fechada.**(1500s)**

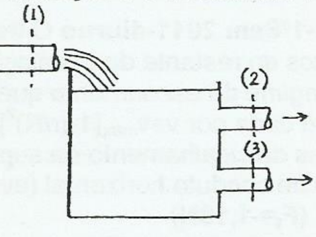



22) **P1-2°sem09-diurno** O nível do reservatório da figura , se mantém constante , mesmo sendo de pequenas dimensões.A viscosidade do fluido em escoamento é de $150mm^2/s$. Nas seções (1) e (2) o regime de escoamento está no limite entre o laminar e o transição; ainda laminar. Na seção (3) o regime de escoamento está no limite entre o transição e o turbulento. As velocidades no centro das seções (1) e (3) são respectivamente 2,5m/s e 3,7m/s. Determinar:

a)As vazões nas três seções; **(56,5L/s; 22,9L/s e 33,7l/s)**

b)O diâmetro nas três seções; **(0,24m; 0,097m e ,119m)**

c) a velocidade de uma partícula fluida a 1 cm da parede interna na seção (3).**(2,87m/s)**



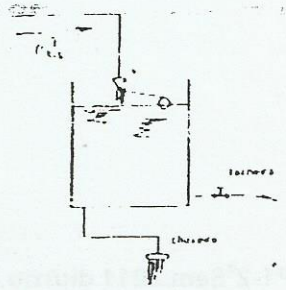

23) **P1-1°sem10-noturno** Um reservatório de água domiciliar,está alimentando um chuveiro e uma torneira que tem em sua seção de saída de diâmetro de 20mm, velocidade máxima de 2,8m/s. Considerando que este tipo de instalação tem o nível de reservatório mantido constante por uma válvula de bóia (V) e que o chuveiro enche um frasco cilíndrico de diâmetro 10cm, altura 20cm em 60 segundos, pergunta-se:

a)Qual a vazão de entrada de água pela válvula de bóia?**(1,14l/s)**

b) O escoamento na torneira é laminar ou turbulento?Demonstre.**(turbulento)**

c) Para que se tenha escoamento laminar na torneira, qual seria a sua máxima vazão? **($31,4.10^{-6}m^3/s$)**

dado: viscosidade da água $10^{-6}\ m^2/s$



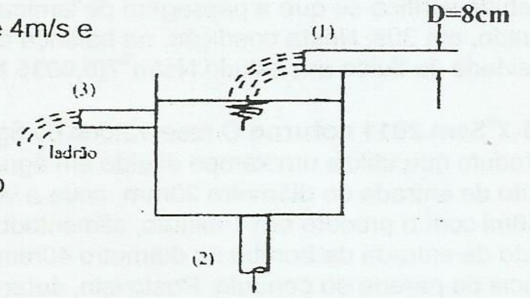
24) **P1-2°sem10-diurno** Na figura abaixo o reservatório mantém-se a nível constante descarregando o excesso pelo ladrão. O fluido tem viscosidade cinemática $8mm^2$ e peso específico $8000\ N/m^3$ . O tubo inferior (2) atende um processo industrial que consome 1 Kg/s do fluido. Todos os condutos são circulares. Pede-se:

a)Qual a vazão em volume no ladrão, se a velocidade no centro da seção (1) é de 4m/s e o escoamento no mesmo é laminar? **(8,8l/s)**

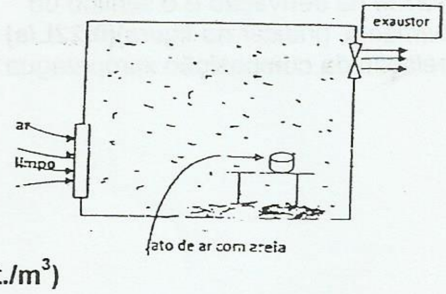
b) Qual o mínimo diâmetro do tubo (2) para que o escoamento seja turbulento neste caso, qual a velocidade no centro do conduto? **(82,9mm e v= 0,284m/s)**

c) qual a velocidade a 1cm da parede do conduto (1)? **(1,75m/s)**

d) se o processo industrial for interrompido,supondo que o ladrão mantenha vazão constante, quanto tempo levará para que o fluido suba 10cm no tanque , que é circular de diâmetro 1m? **(63s)**



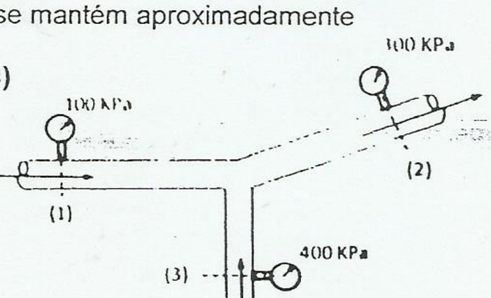

25) **P1-2°sem10-noturno** Em uma cabine de limpeza de peças por jateamento de areia , o jato descarrega $10^5$ partículas de areia por segundo por meio da vazão em massa de ar de 1,2 Kg/s. A dispersão de areia no ar da cabine é mantida constante por meio da admissão de 2,4 Kg/s de ar limpo provocada por um exaustor que descarrega o ar contaminado para um sistema de filtros. Considerando que no processo , 40% das partículas de areia se precipitam e se acumulam no piso da cabine, que o regime é permanente e que o ar pode ser considerado incompressível com massa especifica igual a 1,2 Kg /$m^3$ , determinar a concentração de partículas de areia por $m^3$ de ar descarregado pelo exaustor.Dado: $10^5$ partículas de areia tem massa de 50g. **(20.000 part./$m^3$)**



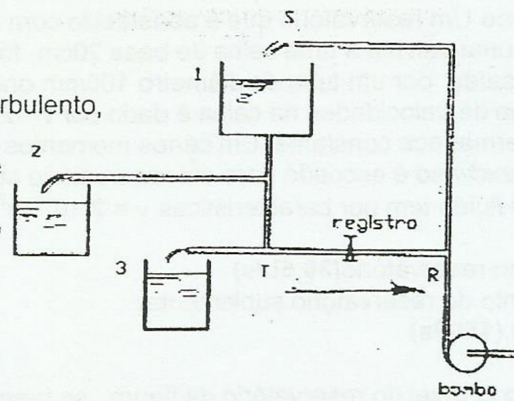

26) **P3-2°sem10-diurno** Pelas tubulações da figura, escoa um gás denso e de alta viscosidade. As variações de temperatura nos trechos da figura, são pouco significativas, assim pode-se dizer que a viscosidade se mantém aproximadamente constante. Qual a máxima viscosidade cinemática do fluido na seção (3) para que a velocidade no centro desse tubo seja 60/49 da velocidade media na seção?**($30mm^2/s$)**

Dados: Qm1=0,02Kg/s; D1=20cm; $\rho 1=2,5Kg/m^3$; $Q2=0,06m^3/s$; D2=60cm; D3=80cm;regime de escoamento permanente; pressão atmosférica local de 100KPa.

Gases:PV=mRT

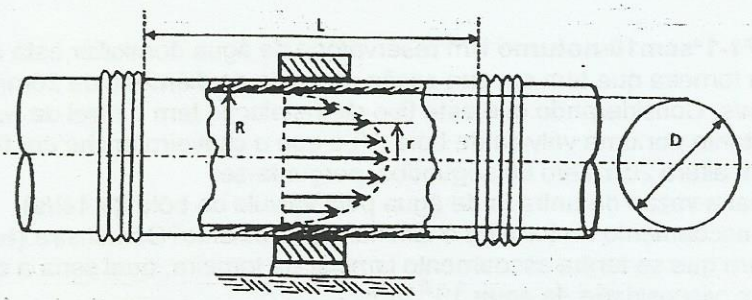


:7) **P1-1°sem11-noturno** Na instalação da figura, a bomba
eleva água até o reservatório 1, que se mantém
a nível constante. Sabe-se que na seção 5 o escoamento é turbulento,
o diâmetro do conduto é 600mm
e a velocidade máxima é 3,1m/s, estando o registro totalmente
fechado. O reservatório 2 que tem volume
le 2000m$^3$ enche em 1 hora e 25 minutos. Determinar a vazão
que passa pela bomba e o tempo para que
nível da água suba 3m no reservatório 3,
ue tem área transversal de 120m$^2$. Abrindo-se o registro,
vazão na seção 5 aumenta em 20%, a vazão no reservatório
mantém-se a mesma e o tempo citado no quesito anterior,
aumenta em 50%. Determinar nestas condições, a nova
azão da bomba e a vazão no trecho da derivação (T-R), indicando na figura o sentido do escoamento.



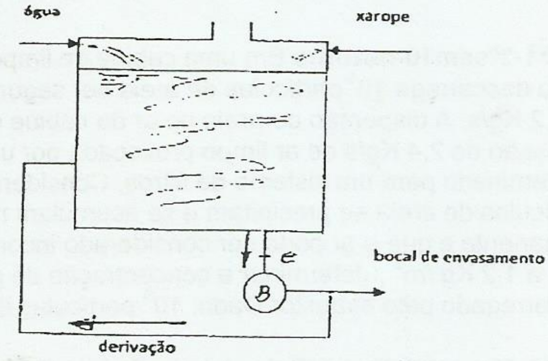

R: $Q_B$=1.010 l/s
t = 10.7 min
$Q_E$= 1.385 l/s

8)**P1-1ºSem.2011-diurno** O trecho de conduto horizontal, de comprimento L=7m, está entre juntas elásticas, para isolar os sforços do restante da instalação sobre o trecho. O fluido em escoamento é um fluido de viscosidade 70mm$^2$/s, que está um regime de escoamento que corresponde ao limite do laminar (Re=2000). Nesta condição, a velocidade de uma partícula uida é dada por $v=v_{max}[1-(r/R)^2]$. O óleo está escoando numa vazão de 12Kg/s. O diâmetro interno do conduto é de 8cm. As ensões de cisalhamento na superfície interna do trecho do conduto geram uma força, que atua sobre o suporte preso ao echo de conduto horizontal (evitando seu movimento). Determinar o modulo desta força, indicando sua direção e sentido na gura. **($F_t$=-1,18N)**




9)**P1-2$^0$Sem.2011 diurno**.Num laboratório decide-se fazer a medida da viscosidade dinâmica de um fluido utilizando-se a xperiência de Reynolds. Inicialmente realiza-se um teste com água ($\nu = 10^{-6}$m$^2$/s e ρ=1000kg/m$^3$). Neste teste quando contece a passagem de transição para turbulento, é recolhido no recipiente graduado um volume de 400ml, em 50s. Nesta ondição, o recipiente graduado e a água contida no mesmo, são submetidos a uma balança, obtendo-se 0,7kg. Com o fluido n estudo verifica-se que a passagem de laminar para a transição acontece quando se recolhem 900mL no recipiente raduado, em 30s. Nesta condição, na balança o recipiente graduado com o fluido em estudo registra-se 1kg. Qual a scosidade do fluido em estudo Ns/m$^2$?**(0,0035 Ns/m$^2$)**

)**P1-2$^0$Sem.2011 noturno** O reservatório da figura, que se mantém a nível constante, é utilizado para preparar e engarrafar n produto que utiliza um xarope diluído em água. O xarope tem viscosidade alta e assim, o escoamento é laminar no seu onduto de entrada de diâmetro 20mm, onde a velocidade máxima é 2,54m/s. O bocal de envasamento enche 160 garrafas e 750ml com o produto em 1 minuto, alimentado por uma bomba que tem um conduto de derivação com o reservatório. No onduto de entrada da bomba de diâmetro 40mm, o escoamento é turbulento e tem velocidade de 1,90m/s a 8mm de stância da parede do conduto. Posto isto, determinar:
a vazão na derivação e o sentido do
scoamento; (indicar na figura)**(0,22L/s)**
a relação da composição xarope/água em volume.**(1/4)**



Capítulo 3 - exercícios

$\gamma$: peso específico $= \frac{F}{m^3}$  $\rho$: massa específica $= \frac{massa}{m^3}$

1) P1 - 1º sem 05 - not

**Dados:** $\rho = 800 \, Kg/m^3$
$v = 0{,}5 \, m/s$  $F_2 = 4N$
$L = 10mm$  $D_1 = 80{,}4mm$  $D_2 = 40mm$

× Determinar a viscosidade cinemática do fluido

$[Q] = \left[\frac{m^3}{s}\right] = \left[\frac{m}{s} \cdot m^2\right]$ ; $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

$Q_1 = Q_2$

$v_1 \cdot A_1 = v_2 A_2$

$v_2 = \frac{v_1 A_1}{A_2}$

$v_{m2} = \frac{0{,}5 \cdot \pi \cdot (0{,}0402)^2}{\pi \cdot 0{,}04^2} = 0{,}505$

$\Sigma F_m = \Sigma F_r$

$4 = \nu\rho \cdot \frac{dv}{dy} A \rightarrow 4 = \frac{\nu \cdot 800 \cdot 0{,}505 \cdot \pi \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \cancel{10^{-3}}}{0{,}1 \cdot \cancel{10^{-3}}}$

$\therefore \nu = 7{,}9 \cdot 10^{-4} \, m^2/s$

2) P1 - 1º sem 05 - not

$\gamma = 10000 \, N/m^3 = 1000 \, Kgf/m^3$
$\nu = 10^{-6} \, m^2/s$  $L = 3{,}8m$

a) Velocidade média
b) vazão em massa
c) $F_r$ em $2m^2$

a)

$v_m = \frac{1}{A} \int v \, dA$ ; $v = ax + b \therefore v = 40y$ e $dA = 3{,}8 \, dy$

$v_m = \frac{1}{0{,}1 \cdot \cancel{3{,}8}} \int_0^{0{,}1} 40y \cdot \cancel{3{,}8} \, dy \therefore v_m = \frac{20 \cdot y^2}{0{,}1}\Big|_0^{0{,}1} \therefore \boxed{v_m = 2m/s}$

b) $Q_m = \rho \cdot Q$ ;

$Q = v \cdot A = 2 \cdot 0{,}1 \cdot 3{,}8 = 0{,}76 \therefore Q_m = \frac{10000}{10} \cdot 0{,}76 = \boxed{760 \frac{Kg}{s}}$

c) $F_T = \mu \cdot \frac{dv}{dy} \cdot A$ ; $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

$F_T = \mu \cdot \frac{d(40y)}{dy} \cdot A \therefore F_T(2) = 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 40 \cdot 2 = \boxed{0{,}08N}$

3) P1- 1°sem03 - diurno

**Dados**

$\gamma = 10\,000\ N/m^3$ $\quad \nu = 10^{-4}\ m^2/s$

$Q_p = 200\ N/s$

× Expressão da velocidade?

× Velocidade média?

× Velocidade máxima

(a) $Q_p = \gamma \cdot Q \therefore Q_p = \gamma \cdot v_m \cdot A_T$

$200 = 10\,000 \cdot v_m \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}4 \quad , \quad \boxed{v_m = 0{,}1\ \frac{m}{s}}$

$v = ay + b$ ; para $y = 0$ $v = 0$ $\therefore b = 0$ e $v = ay$

$v_m = \frac{1}{A}\int v\, dA$ ; $dA = 0{,}4\, dy$ e $v = ay$

$0{,}1 = \frac{1}{0{,}5 \cdot \cancel{0{,}4}} \int a y \cdot \cancel{0{,}4}\, dy \Rightarrow 0{,}05 = \frac{ay^2}{2}\Big|_0^{0,5} \Rightarrow 0{,}05 = \frac{a}{2} \cdot (0{,}5^2 - 0^2)$

$\therefore a = 0{,}4 \quad \therefore \boxed{v = 0{,}4y}$

(b) $Q_1 = Q_2$

$A_1 v_{m_1} = A_2 v_{m_2}$

$v_{m_2} = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}1}{\pi \cdot 0{,}15^2} = \boxed{0{,}283\ \frac{m}{s}}$

(c) $v_m = \frac{v_{max}}{2} \therefore v_{max} = 0{,}283 \cdot 2 \therefore \boxed{v_{max} = 0{,}566\ \frac{m}{s}}$

4) P1- 2°sem03 - diurno

**Dados** (Regime turbulento)

$\rho = 8000\ kg/m^3$ $\quad r = 4cm$

$S_T = 16{,}4\ m^2$ , desce $\frac{20cm}{5min}$

× Vazão $Q_1$ em L/s ?

× máxima viscosidade dinâmica ?

Seção 2: Regime turbulento

$Q_2 = Q_1 + Q_{tan}$

$A_2 \cdot v_2 = Q_1 + \frac{Vol_t}{\Delta t}$

$\pi \cdot 0{,}04^2 \cdot 3{,}35 = Q_1 + \frac{0{,}2 \cdot 16{,}4}{5 \cdot 60}$

$\therefore Q_1 = 5{,}9 \cdot 10^{-3}\ \frac{m^3}{s}$ , $1m^3 = 1000L$

$\boxed{Q_1 = 5{,}91\ \frac{L}{s}}$

Analisando a seção 2

$v = v_0 + \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$

$3{,}6 = v_{max} \cdot \left(1 - \frac{0{,}024}{0{,}04}\right)^{1/7}$

$\therefore v_{max} = 4{,}1\ \frac{m}{s}$

$v_m = \frac{49 \cdot v_{max}}{60} = 3{,}35\ m/s$

$\nu = \frac{\mu}{\rho} \therefore \mu = \nu\rho$ $\quad Re = \frac{\rho . v_m . D}{\mu} = \frac{v_m D}{\nu}$

Para ser regime turbulento, $Re > 2400$

$2400 < \frac{8000 . 3,35 . 0,08}{\mu} \therefore \boxed{\mu = 0,89 \frac{Ns}{m^2}}$

5) P1 - 2º sem 04 - noturno

Dados
$L = 0,20m \quad e_2 = 0,15m \quad S_{TA} = 9m^2$
$S_S \Rightarrow v = 2y^2 \quad \mu = 0,0001 \frac{kgf s}{m^2}$

x Com a saída bloqueada, qual é o tempo (min) para subir 0,95m?

x Qual a tensão de cisalhamento a 10 cm (0,1 m)?

(a)

$v_m = \frac{1}{A}\int v\,dA \quad v_m = \frac{1}{0,2 . 0,15}\int 2y^2 \cancel{0,2}\, dy = \frac{2}{0,15} \frac{y^3}{3}\Big|_0^{0,15} = 0,015 \ m/s$

$Q_1 = Q_2$

$A_1 v_1 = \frac{vol}{\Delta t} \rightarrow 0,20 . 0,15 . 0,015 = \frac{9 . 0,95}{\Delta t} \therefore \Delta t = 9000s = \underline{150min}$

(b) $\tau = \mu \frac{dv}{dy} = \mu . \frac{d(2y^2)}{dy} = 0,0001 . 4 . y \ ; \ y = 0,1 \therefore \tau = 4 . 10^{-5} \ kgf/m^2$

6) P3 - 2º sem 04 - diurno

Dados:
$\rho_3 = 0,9 \ kg/m^3 \quad A_3 = 0,4m^2 \quad \rho_1 = 0,8 \ kg/m^3$
$A_1 = 0,5m^2 \quad v_1 = 720 \ km/h \quad \rho : 1:9$

x Determine a velocidade 3

$Q_1 + Q_2 = Q_3 \quad ; \quad 9Q_2 = Q_1$

$Q_1 + \frac{1}{9} Q = Q_3$

$\frac{10}{9} Q_1 = Q_3 = \frac{10}{9} \rho_1 A_1 v_1 = \rho_3 A_3 v_3$

$\therefore v_3 = \frac{10/9 \times 0,8 . 720/3,6 . 0,5}{0,4 . 0,4}$

$v_3 = 555,55 \ m/s$

$\boxed{v_3 = 2000 \ km/h}$

7-) P3- 1ºsem01- diurno

**Dados:**

$\rho = 1{,}2\ kg/m^3$ $\quad v_{máx} = 20\ m/s$

$\rho_{ar} = 0{,}6\ kg/m^3$

× Determine a velocidade média do ar

$v_m = \frac{1}{A}\int v\,dA$

$v_m = \frac{1}{A}\int -4\,v_{max}\cdot\left(\frac{y}{h}\right)\left(\frac{y}{h-1}\right)0{,}2\,dy$

$= \frac{1}{0{,}2\cdot0{,}05}\int -\frac{4\cdot20}{h^2-h}\,y^2\cdot 0{,}2\,dy$

$= \frac{-4\cdot20}{0{,}05(0{,}05^2-0{,}05)}\cdot\frac{y^3}{3}\Big|_0^{0{,}05} = 1{,}404$

$Q_{m_1} = Q_{m_2}$

$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$

$1{,}2\cdot0{,}20\cdot0{,}5\cdot1{,}404 = 0{,}6\cdot\pi\cdot0{,}02^2\cdot v_2$

$\therefore v_2 = 22{,}34\ m/s$

8) P1- 2ºsem03- diurno

**Dados**

$v = 10\left[1-\left(\frac{r}{0{,}06}\right)^2\right]$ $\quad \gamma_{H_2O} = 1000\ kgf/m^3$

$A_2 = 10\ cm^2$ $\quad v_2 = 3\ m/s$

$A_3 = 20\ cm^2$ $\quad v_3 = 2\ m/s$

$A_4 = 30\ cm^2$ $\quad v_4 = 1\ m/s$

× Qual a vazão em $\frac{kg}{s}$ na derivação?

$v = 10\left[1-\left(\frac{r}{0{,}06}\right)^2\right]$

$v_{max}$ $\quad R \therefore A_1 = \pi\cdot0{,}06^2$

$v_m = \frac{10}{2} = 5$

$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_D$

$5\cdot\pi\cdot0{,}06^2 + 10\cdot10^{-4}\cdot3 = 20\cdot10^{-4}\cdot2 + 30\cdot10^{-4}\cdot1 + Q_d \quad \therefore Q_d = 0{,}053\ \frac{m^3}{s}$

$\therefore Q_m = 0{,}053\cdot1000 = \boxed{52{,}5\ kg/s}$

$1000\ kgf/m^3 = 10.000\ N/m^3$

$\gamma = \rho\cdot g \therefore \rho = \frac{10000}{10} = 1000\ \frac{kg}{s}$

9) P1- 1ºsem05- diurno

**Dados**

para $r = 0{,}03\ m \rightarrow v = 4{,}5\ m/s$

$\rho_1 = 900\ kg/m^3$

$Q_{3_m} = Q_{1_m} + Q_{2_m}$

$v = v_{max}\left(1-\frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$

$4{,}5 = v_{max}\left(1-\frac{3}{6}\right)^{\frac{1}{7}} \quad \therefore v_{max} = 4{,}968$

$v_m = 2{,}48\ m/s$ $\quad Q_1 = 2{,}48\cdot\pi\cdot0{,}06^2 =$

10) (P1 - 1º sem 06 - not)

**Dados**

$D_1 = 24 cm$ $Re_1 = 2000$ $Re_2 = 6000$

Seção 1: 5 cm → 3 m/s

a) $\phi_2$

b) $\mu$ ; $\rho = 800 \ kg/m^3$

c) $v_2$ → $r = 1 cm$

(a)

$$Re = \frac{\rho . v D}{\mu} = \nu . v D$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$\frac{Re_1 . \cancel{\mu_1}}{\rho_1 D_1} . \frac{\pi . D_1^2}{4} = \frac{Re_2 . \cancel{\mu_2}}{\cancel{\rho_2} D_2} . \frac{\cancel{\pi} . D_2^2}{4}$$

$$2000 . 0{,}24 = 6000 . D_2$$

$$\therefore D_2 = 0{,}08 m = \boxed{8 cm}$$

(b) $\mu = ?$

$$v = v_{max} \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] \therefore 3 = v_{max} \left[1 - \left(\frac{7}{12}\right)^2\right] \therefore v_{max} = 4{,}547$$

$$v_{me} = \frac{4{,}547}{2} = 2{,}27 \ m/s$$

$$Re = \frac{\rho . v D}{\mu} \therefore 2000 = \frac{800 \ 2{,}27 . 0{,}24}{\mu} \therefore \boxed{\mu = 0{,}218 \ Ns/m^2}$$

(c) $v = v_{max} \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$

$$Re_2 = \frac{\rho . v_m D}{\mu} \qquad 6000 = \frac{800 . v . 0{,}08}{0{,}218} \therefore v = 20{,}46 m$$

$$v_m = \frac{49}{60} v_{max} \therefore v_{max} = 25{,}06$$

$$v = 25{,}057 \left(1 - \frac{3}{4}\right)^{1/7} \therefore \boxed{v = 20{,}50 \ m/s}$$

(P1 - 1º sem 07 - diurno)

**Dados**

$Re_c = 2{,}45 . 10^5$ $v_c = 30 m/s$

$\rho_{ar_c} = 1{,}2 kg/m^3$ $\nu_c = 10^{-5} m^2/s$

× Qual a velocidade média do condutor retangular, sendo $\rho_{ar,r} = 24 \ N/m^3$

$$v_m = \frac{49}{60} . 30 = 24{,}5$$

$$Re = \frac{\rho . v . D}{\mu} ; \ \nu = \frac{\mu}{\rho} \therefore Re = \frac{v . D}{\nu} \qquad 2{,}45 . 10^5 = \frac{24{,}5 . D}{10^{-5}} \therefore D = 0{,}1 \ m$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$1{,}2 . 24{,}5 . \pi . 0{,}05^2 = 2{,}4 . v . 0{,}2 . 0{,}05 \qquad \boxed{\therefore v = 9{,}62 \ m/s}$$

P1 · 2°sem 07 noturno

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad ; \quad Q_3 = \frac{20L}{s} = \frac{20.10^{-3}}{s} m^3 = 0{,}02 \frac{m^3}{s}$$

$$v_m = \frac{1}{A}\int v\,dA = \frac{1}{\pi . 0{,}1^2}\int (2-100r^2)\, 2\pi r\, dr$$

$$= \frac{2}{0{,}1^2}\int 2r - 200r^2\, dr = \frac{2}{0{,}1^2}\left(r^2 - \frac{100r^4}{4}\right)\Big|_0^{0,1} = 1{,}5 \frac{m}{s}$$

$$Q_2 = 1{,}5 . \pi . 0{,}1^2 - 0{,}02 = \boxed{0{,}027 \frac{m^3}{s}} = \boxed{27 \frac{L}{s}}.$$

$$Re = \frac{\rho . v . D}{\nu} = \frac{1000 . 0{,}027 . 0{,}16}{10^{-6}} \qquad 10\frac{N}{L} = \frac{10/10}{10^{-3}}\frac{kg}{m^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\therefore Re = 4{,}34 . 10^6 > 2400 \quad \therefore \quad \boxed{\text{Regime turbulento}}$$

# Estudo para Mecânica dos Fluidos

- Tensão de cisalhamento ($\tau$) $\Rightarrow$ $\tau = \dfrac{F_t}{A}$ Força viscosa ou Força tangencial

- Regime laminar é quando o movimento do fluido é feito em cadas ou lâminas: $v = v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$

- Regime turbulento é quando há mistura total e desordenada entre as partículas: $v = v_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}$

- Fluido Newtoniano:

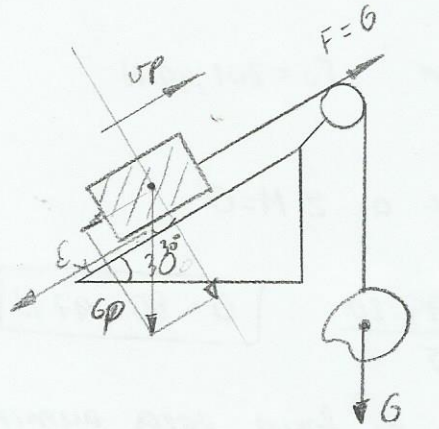
($\mu$): viscosidade dinâmica do fluido = cte

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{dv}{dy}\right)} = cte \quad \therefore \quad \boxed{\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}}$$

Viscosidade cinemática

$\nu = \dfrac{\mu}{\rho}$ — $\mu$: viscosidade dinâmica; $\rho$: massa específica

Exemplo 1




Dados: $\varepsilon$: espessura da camada de óleo = 1,2 mm

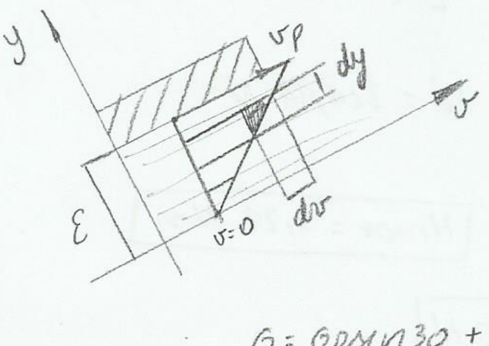
$G_p = 26$ kgf $\qquad A_p = 1{,}2\ m^2$

$v_p = 0{,}36$ m/s $\qquad \mu = 0{,}068\ \frac{kgf.s}{m^2}$

Obs.: Quando $\varepsilon$ for muito pequeno o gráfico é linear

× Calcular G da carga para movimentar a carga para cima, sabendo que o diagrama de velocidades é linear.

Diagrama de velocidades



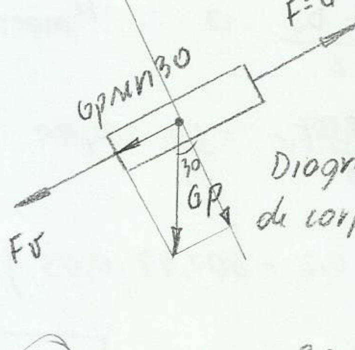




Diagrama de corpo livre

$G = G_p sen30 + F_v$;

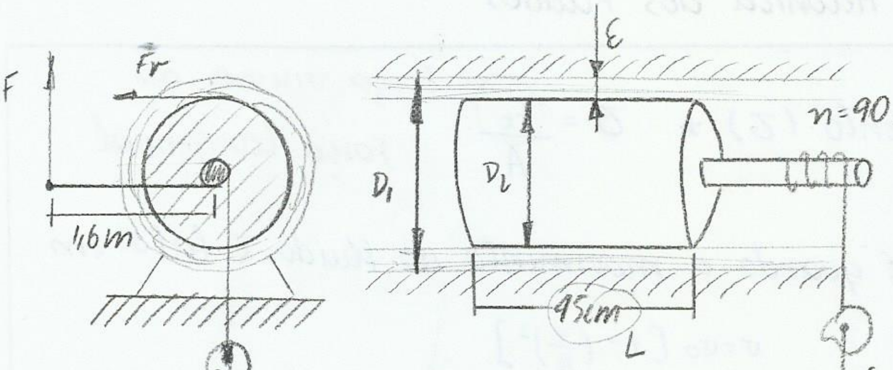
$\tau = \dfrac{F_v}{A} \Rightarrow F_v = \tau . A$

$\tau = \mu . \dfrac{dv}{dy}$

$$\therefore G = G_p sen30 + \mu . \underbrace{\frac{dv}{dy}}_{\rightarrow \frac{v_p}{\varepsilon}} . A = 26 . sen30 + 0{,}068 . \frac{0{,}36}{1{,}2.10^{-3}} . 1{,}2$$

$\therefore$ $\boxed{G = 37{,}48 \text{ Kgf}}$

Exemplo 2:

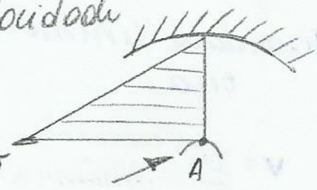



Calcular G

$D_1 = 20,0\ cm$

$D_2 = 20,20\ cm$ $\quad \mu = 0,76\ \frac{Ns}{m^2}$

Diagrama linear da velocidade




n = 90 rpm

$$v = \omega r = \frac{2\pi}{\ell} . n . r \quad \therefore \quad v = \frac{\pi n D}{\ell}$$

$$v = \frac{\pi . 90 . 0,2}{60} \quad \therefore \quad v = 0,94\ \frac{m}{s}$$

$$F_v = \tau . A \ ; \quad \tau = \mu . \frac{dv}{dy}$$

$$F_v = \mu . \frac{dv}{dy} . A \ ; \quad \frac{dv}{dy} = \frac{v}{\frac{(D_2 - D_1)}{2}} \quad e \quad A = 2\pi r_2 . L \ \therefore \ A = \pi D_2 . L$$

$$F_v = 0,76\ \frac{N\cancel{s}}{\cancel{m^2}} . \frac{0,94}{0,001}\ \frac{\cancel{m}}{\cancel{s}} . \frac{1}{\cancel{m}} . \pi . 0,20 . 0,45 . \cancel{m} . \cancel{m} \quad \therefore \quad F_v = 201,99\ N$$

Como o número de rotações é constante a $\Sigma M = 0$

$$F_v . \frac{D_2}{2} - G . \frac{d}{2} = 0 \quad \therefore \quad G = \frac{F_v . D_2}{d} = \frac{201,99 . 20}{5} \quad \therefore \quad \boxed{G = 807,97\ N}$$

+ Determine também o momento e o valor da força para aumentar a rotação para 100 rpm

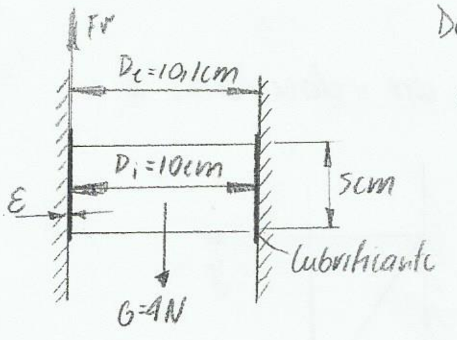
$$M_{motor} + \frac{G . d}{2} - \frac{F_v' . D_2}{2} = 0 \quad \therefore \quad M_{motor} = \frac{1}{2} \left( G . d - F_v . D_2 \right)$$

$$\frac{F_v}{F_v'} = \frac{90}{100} \quad \therefore \quad F_v' = \frac{100}{90} . F_v = \frac{10}{9} . 201,99 \quad \therefore \quad F_v' = 224,44\ N$$

$$M_{motor} = \frac{1}{2} \left( 224,44 . 0,2 - 807,97 . 0,05 \right) \quad \therefore \quad \boxed{M_{mor} = 2,24\ Nm}$$

$$M_{motor} = F . dis \quad \therefore \quad F = \frac{2,24}{1,6} \quad \therefore \quad \boxed{F = 1,40\ N}$$

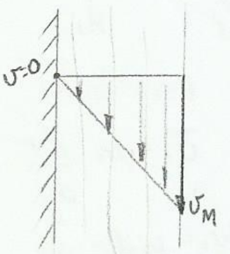
Exemplo (livro Mec Flu pg 7)




Dados: $v = 2m/s$ (velocidade constante)

× Determinar $\mu = ?$

Diagrama linear de velocidades




Como $\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}$ ; então

$\mu = \frac{\tau}{(dv/dy)}$ ; $\tau = \frac{F_v}{A}$

* Como a velocidade é constante, a aceleração é igual a 0, com isso utilizando a segunda lei de Newton, temos:

$\Sigma F = m \cdot a$ ; $a = 0$

$G - F_v = 0 \therefore F_v = G = \tau . A \therefore \tau = \frac{G}{A} = \frac{G}{\pi D_i L}$

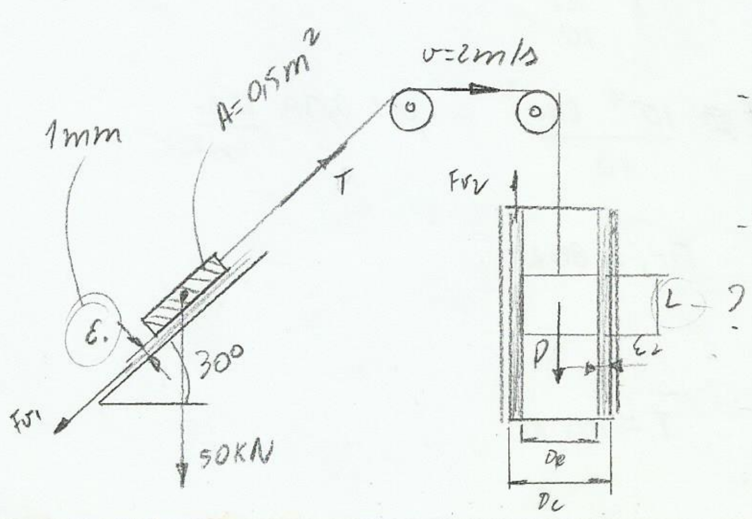
$$\mu = \frac{G}{\pi D_i L} \div \frac{dv}{dy} = \frac{G}{\pi D_i L} \div \frac{v}{\frac{(D_e - D_i)}{2}} = \frac{G}{\pi D_i L} \div \frac{2v}{(D_e - D_i)}$$

$$\mu = \frac{G.(D_e - D_i)}{2\pi D_i L \cdot v} = \frac{4 \cdot 0{,}001}{2\pi \cdot 0{,}10 \cdot 0{,}05 \cdot 2} \therefore \boxed{\mu = 63{,}66 \cdot 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}}$$

$$[\mu] = \frac{[\tau]}{[dv/dy]} = \frac{FL^{-2}}{\frac{\cancel{L}T^{-1}}{\cancel{L}}} \therefore [\mu] = FL^{-2}T$$

Lista Suplementar de exercícios P1

1)




Dados: $D_p = 20cm$ $D_c = 20{,}2cm$

$v = 2m/s$ (const)

- Entre cilindro e pistão:

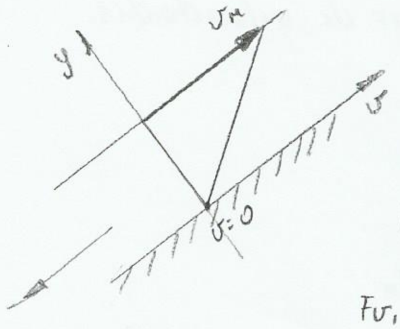
$\nu = 10^{-4} m^2/s$ $\gamma = 8KN/m^3$

- Material do pistão $\gamma = 12KN/m^3$

L - ? ⊗ Determinar altura do pistão (L=?)

- Como as espessuras do fluido é muito pequena, deve utizar o diagrama linear de velocidade

Diagrama da velocidad 1



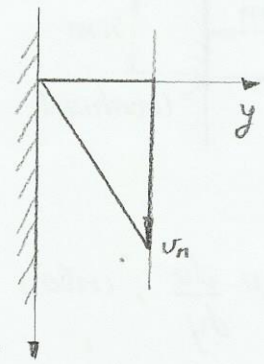

$\tau_1 = \frac{Fv_1}{A_1}$

$Fv_1 = \tau_1 . A_i$

$\tau_1 = \mu_1 . \frac{dv}{dy}$

$Fv_1 = \mu_i \frac{dv}{dy} . A_i$

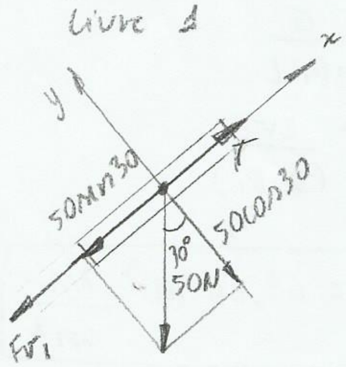
Diagrama da velocidade 2




x como a velocidade é constante, utizando a segunda lei de Newton, temos:

$\Sigma F = m . a \ ; \ a = 0 \ \therefore \ \Sigma F = 0$

Diagrama de corpo livre 1




$\Sigma F_x = 0$

$T - Fv_1 - 50 sen 30 = 0$

$T = Fv_1 + 50 sen 30 \ ;$

$\Rightarrow Fv_1 = \mu_1 \frac{dv}{dy} . A_i$

Analisando o coeficiente de viscosidade 2 (que é igual ao 1), temos:

$\nu = 10^{-4} m^2/s \quad \gamma = 8 \frac{kN}{m^3}$

$\rho = \frac{m}{V}$ (massa específica) $\gamma = \frac{G}{V}$ (peso específico)

$\gamma = \frac{m.10}{V} \Rightarrow \gamma = 10\rho \quad \therefore \quad \rho = \frac{\gamma}{10}$

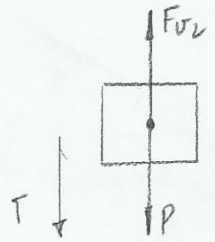
$\nu = \frac{\mu}{\rho} \Rightarrow \mu = \frac{\nu . \gamma}{10} = \frac{10^{-4} . 8.10^3}{10} \ \therefore \ \mu = 0{,}08 \ \frac{Ns}{m^2}$

$\therefore \ Fv_1 = 0{,}08 . \frac{2}{0{,}001} . 0{,}5 \ \therefore \ Fv_1 = 80 N$

$\therefore \ T = 80 + 50 sen 30 \ \therefore \ T = 105 N$

Diagrama do corpo
livre 2

Como a velocidade é constante, a aceleração é 0




$\therefore \Sigma F = 0$

$T = P - F_{v2}$

$(I)\ P = T + F_{v2};$

$F_{v2} = \tau_2 . A_2$

$\tau_2 = \mu . \frac{dv}{dy}$

$F_{v2} = \mu . \frac{dv}{dy} A_2 , \ A_2 = \pi D_p . L$

$F_{v2} = 0{,}08 . \frac{2.2}{(0{,}202 - 0{,}200)} . \pi . 0{,}2 . L \quad \therefore \quad F_{v2} = 100{,}53 L N$

- Pistão: $\gamma = 12 \frac{kN}{m^3}$ , como $\gamma = \frac{P}{V}$ ; $V = \pi \left(\frac{D_p}{2}\right)^2 \times L$

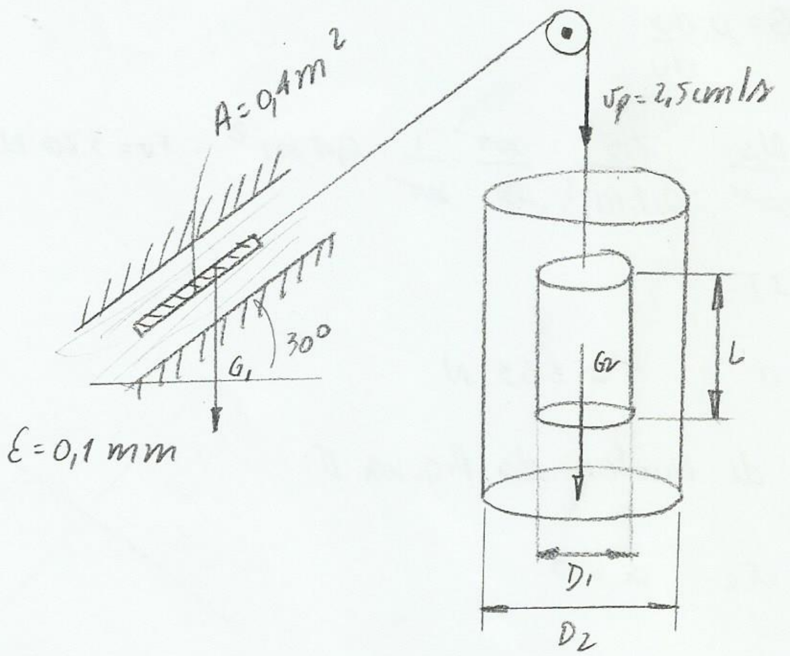
$\therefore \quad P = \gamma . \pi . \left(\frac{D_p}{2}\right)^2 \times L = 12.10^3 . \pi \left(\frac{0{,}2}{2}\right)^2 \times L = 376{,}99 L$

(Retornando a equação I)

$P = T + F_{v2}$

$376{,}99 L = 105 + 100{,}53 L \quad \therefore \quad \boxed{L = 0{,}38\ m}$

2) (Dúvida = ?)




Dados:

$D_2 = 40{,}02$ cm

$D_1 = 40{,}00$ cm

$G_1 = 46$ N

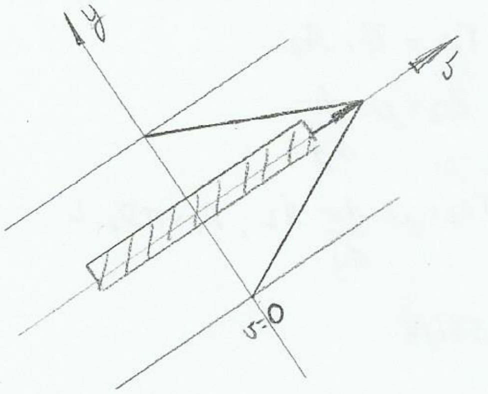
$\mu = 0{,}32$ Ns/m²

$L = 60$ cm

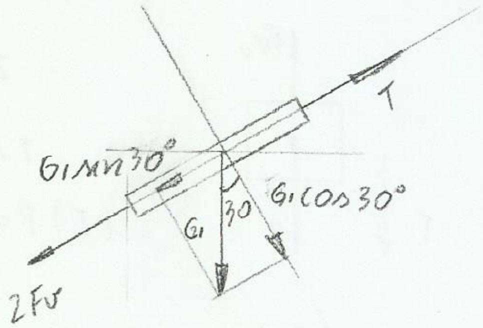
x Calcular $G_2$

Diagrama linear da velocidade

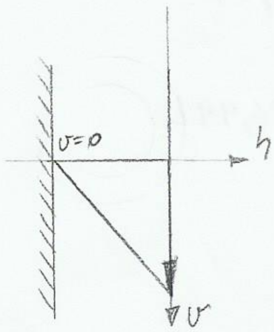
Diagrama de corpo livre

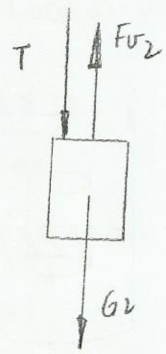



(Figura I)




(Figura II)




Através da segunda lei de Newton da figura I:

(I) $T - Fv - G_1 \operatorname{sen} 30° = 0$ ; como $v = cte \rightarrow a = 0$

$\tau = \frac{F}{A} \rightarrow Fv = \tau . A$ ; $\tau = \mu . \frac{dv}{dy}$

$\therefore Fv = \mu . \frac{dv}{dy} . A = 0,32 \frac{N\cancel{s}}{\cancel{m^2}} . \frac{2,5}{0,1.10^{-3}} \frac{\cancel{m}}{\cancel{s}} . \frac{1}{\cancel{m}} . 0,4 \cancel{m^2} \therefore Fv = 320 N$

Retornando a equação (I)

$T - 2.320 - 46 \operatorname{sen} 30 = 0 \therefore T = 663 N$

Através da segunda lei de Newton da figura II:

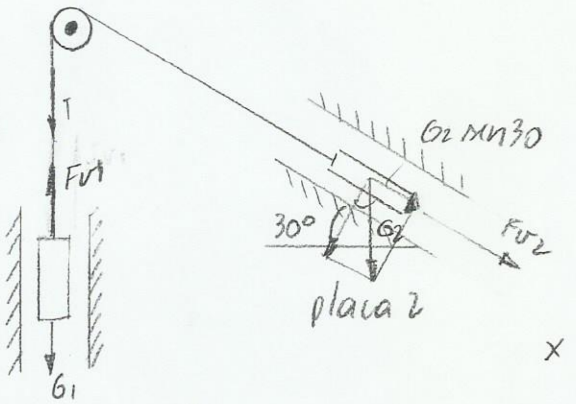
$T + G_2 - Fv_2 = 0$ ; $v = cte \therefore a = 0$

$G = Fv_2 - T$

$Fv_2 = \tau . A$ ; $\tau = \mu . \frac{dv}{dy} \rightarrow Fv_2 = \mu . \frac{dv}{dy} . A = \mu . \frac{dv}{(R_2 - R_1)} . \pi D_1 . L$

$Fv_2 = 0,32 \frac{N\cancel{s}}{\cancel{m^2}} . \frac{2,5}{(0,201-0,201)} \frac{\cancel{m}}{\cancel{s}} \frac{1}{m} . \pi . 0,40 . 0,6 \cancel{m^2} \therefore Fv_2 = 603,19 N$

3)




Quando isolada do sistema

$A = 1{,}5\,m^2$

$\mu = 1.10^{-2}\ \frac{Kgf s}{m^2} = 1.10^{-2}\ \frac{Ns}{m^2}$

$\varepsilon = 1\,mm$

x Calcular velocidade em módulo

(sistema Isolado)

$F_v = \tau . A \ ; \ \tau = \mu . \frac{dv}{dy} \Rightarrow F_v = \mu . \frac{dv}{dy} . A = 1.10^{-2} \frac{N\cancel{s}}{\cancel{m^2}} . \frac{0{,}4}{1.10^{-3}} \frac{\cancel{m}}{\cancel{s}} . \frac{1}{\cancel{m}} . 1{,}5\cancel{m^2}$

$\therefore F_v = 6N$

Realizando a $\Sigma F = 0$, temos:

$G_1 - F_{v1} = 0 \ \therefore \ G = F_{v1} = 6N \ \therefore \ G_1 = 6N$

Sistema completo

$F_{v1} = \tau . A = \mu . \frac{dv}{dy} . A \ \therefore \ dv = \frac{F_{v1}}{\mu . A} . dy$

Equações do sistema:

$$\begin{cases} T + G_1 - F_{v1} = 0 \\ F_{v2} + G_2 sen 30 - T = 0 \end{cases}$$

$F_{v2} + G_1 + G_2 sen 30 - F_{v1} = 0 \ ; \ G_1 = G_2$

$F_{v2} = \tau . A = \mu . \frac{dv}{dy} . A$

$\rightarrow \mu . \frac{dv}{dy} . A + G(1 + sen 30) - \mu . \frac{dv}{dy} . A$

E4

(P1 VA - 2º sem 2010)

**Dados:**

$10^6$ componentes elétricos

$q'' = 30\,000\ W/m^2$ $h_1 = 1000\ W/m^2K$

$R_{cont} = 0{,}0126\ m^2K/W$ $L_p = 5\ mm$

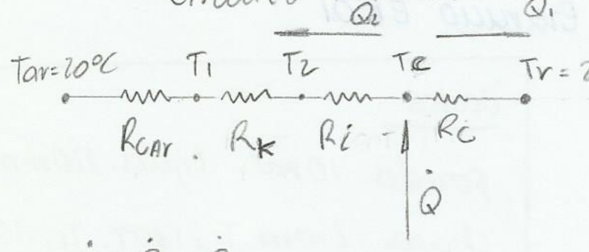
$k_p = 1\ W/mK$ $h_2 = 80\ W/m^2K$

$t_1 = t_s = 20°C$

(a) Qual a temperatura superficial do chip?

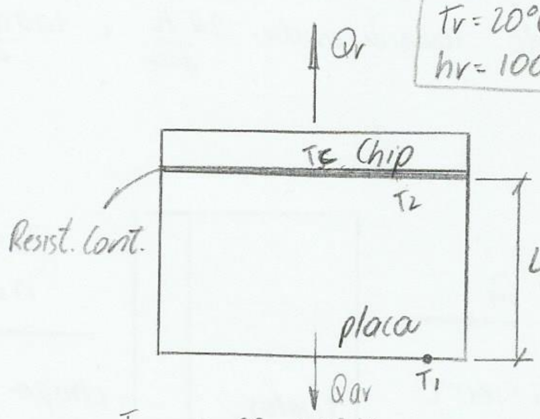
(b) Esboce o gráfico

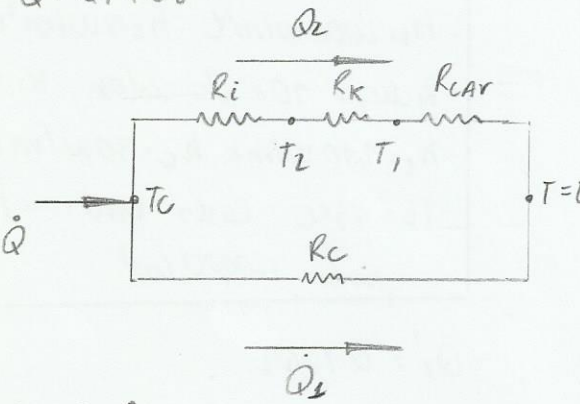
Circuito térmico




$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2$

$T_v = 20°C = 293K$
$h_v = 1000\ W/m^2K$




$T_{ar} = 20°C = 293K$

$h_{ar} = 80\ W/m^2K$

$$q'' = \frac{\dot{Q}}{A} \quad \therefore \quad \dot{Q} = 30000\ A$$

**Analogo elétrico**

$R = R \quad i = \dot{Q} \quad (T_1 - T_2) = V$

$R_i$ = Resist. Contato
$R_K$ = Resist. Condução
$R_C$ = Resist. Convecção
$R_R$ = Resist. Radiação

<u>Cálculo das resistências</u>

$$R_C = \frac{1}{h.A} = \frac{1}{1000A} \qquad R_i' = 0{,}0126\ \frac{m^2K}{W} \therefore R_i = \frac{0{,}0126}{A}$$

$$R_K = \frac{e}{KA} = \frac{0{,}005}{1A} \qquad R_{C_{Ar}} = \frac{1}{hA} = \frac{1}{80A}$$

<u>Cálculo dos fluxos e temperaturas</u>

$$\dot{Q}_1 = \frac{T_C - 20}{R_C} \qquad \dot{Q}_2 = \frac{T_C - 20}{R_i + R_K + R_{Car}} \quad ; \quad \dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2$$

$$Q = \frac{T_C - 20}{\frac{1}{1000A}} + \frac{T_C - 20}{\frac{0{,}0126}{A} + \frac{0{,}0005}{A} + \frac{1}{80A}} = 30\,000\,A$$

p/ $A = 1$ ; temos: $1000T_C - 20\,000 + T_C\left(\frac{1}{0{,}0126} + \frac{1}{0{,}005} + 80\right) - 20\left(\frac{1}{0{,}0126} + \frac{1}{0{,}005} + 80\right) = 30\,000 \quad \therefore \boxed{t_C = 49{,}03°C}$

$$Q_2 = \frac{T_C - 20}{R_1 + R_K + R_{car}} = \frac{49{,}03 - 20}{0{,}0126 + 0{,}005 + 0{,}0125} = 964{,}45$$

$$\frac{T_C - T_2}{R_i} = 964{,}45 \therefore \boxed{T_2 = 36{,}88\,°C}$$

$$\frac{T_1 - 20}{0{,}0125} = 964{,}45 \therefore \boxed{T_1 = 32{,}06\,°C}$$

## Exercício ER.01

**Dados:**

paredes: $10 m^2$ tijolos: 120mm

chapa: 2mm $T_{f_i} = 160°C$ $T_{f_2} = 30°C$

$h_i = 2000 W/m^2C$ $h_2 = 5 W/m^2C$

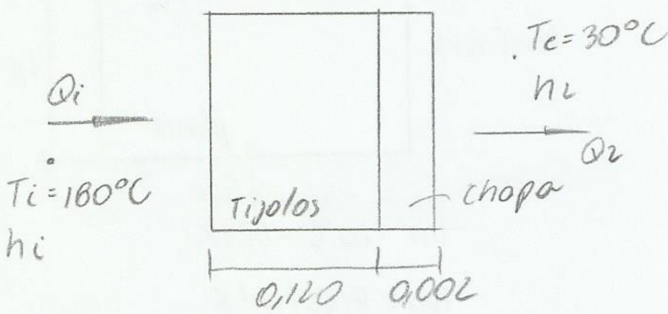
× Reduzir 90% do calor, $K = 0{,}075 W/mK$

$h_t = 1{,}10 W/mK$ $h_c = 50 W/mK$

$T_e = 43°C$ Custo: 0,10 num / kWh (perdido)

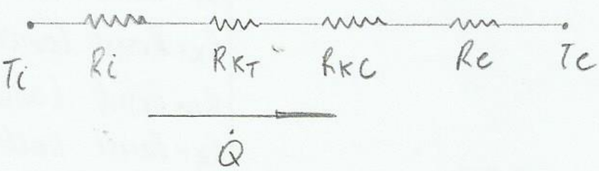
isolante: 1200,00 /$m^3$

× Determine a espessura, e o tempo para que o investimento seja recuperado, considerando 24 $\frac{h}{dia}$ e 300 $\frac{dias}{ano}$




$$Q_2' = 0{,}1 \cdot Q_2$$

Circuito Analogia Elétrica




Cálculo das resistências

$$R_i = \frac{1}{h.A} = \frac{1}{2000.10} = 5.10^{-5} \frac{K}{W}$$

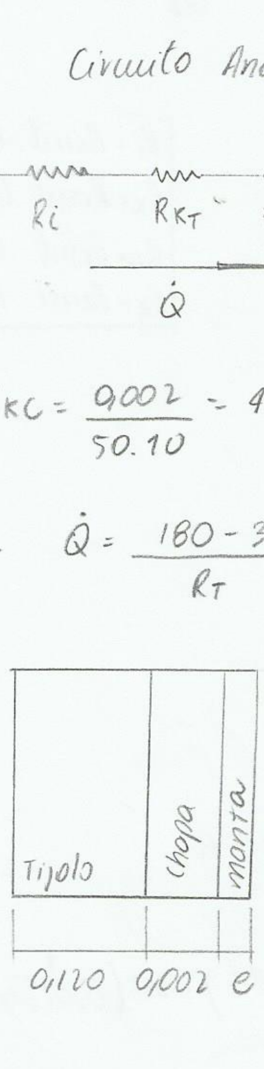
$$R_{KT} = \frac{e}{K.A} = \frac{0{,}12}{1{,}1.10} = \frac{3}{275} = 0{,}0109 \frac{K}{W}$$

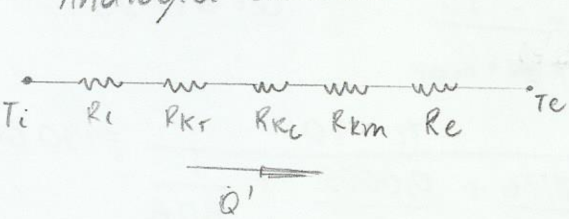
$$R_{KC} = \frac{0{,}002}{50.10} = 4.10^{-6} \qquad R_e = \frac{1}{5.10} = 0{,}02 \quad ; \; R_T = R_1 + R_{KT} + R_{KC} + R_e$$

$$\therefore \dot{Q} = \frac{180 - 30}{R_T} = 4844{,}4776 \frac{°C}{W} \quad \therefore \dot{Q}' = 0{,}1\dot{Q} = 484{,}45$$

Novo Circuito de Analogia Elétrica

$$R_{Km} = \frac{e}{0{,}075.10} = \frac{e}{0{,}75}$$




$$484{,}45 = \frac{180 - 30}{0{,}031 + \frac{e}{0{,}75}} \quad \therefore 15 + 645{,}93e = 150$$

$$\boxed{\therefore e = 0{,}209\, m}$$

0,10 reais — 1 KWh    Custo: Isolante 1200,00 — 1 $m^3$

Custo do isolante: $V = 0,209 . 10 = 2,09$ ∴ Custo = 2508,01 reais

Energia economizada: $0,9 . \dot{Q} = 4360,03$ [W]

$$E_{ec} = \frac{4360,03 . 0,10}{1000} = 0,436 \frac{Reais}{h}$$

$$t = \frac{2508,01 \text{ reais}}{0,436 \frac{\text{reais}}{h}} . \frac{1d}{24h} . \frac{1ano}{360d} \therefore \boxed{t = 0,8 s}$$

## Exercício ER.02

**Dados**

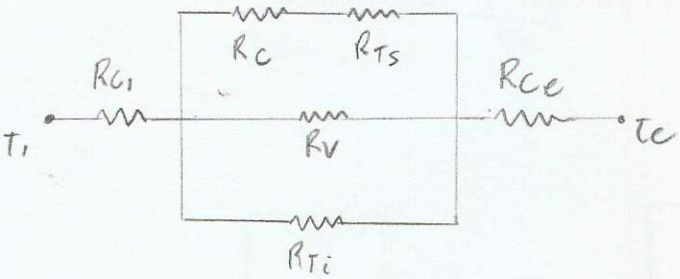
Condutividades térmicas: $K_{ar} = 0,025$ W/mK
$K_V = 1,4$ W/mK ; $K_T = 1,3$ W/mK
$K_c = 0,72$ W/mK ; $h_i = 25$ W/$m^2$K
$h_e = 10$ W/$m^2$K    $T_i = 25°C$    $T_e = 5°C$

× Determinar a perda de calor?

Cálculo das Áreas

Vidro = $1,5 . 0,8 = 1,2$ $m^2$
Tijolo$_i$ = $8 . 1 = 8 m^2$
Reboco = $8 . 1,5 - 1,5 . 0,8 = 10,8 m^2$

Circuito de Analogia Elétrica




Cálculo das resistências

$$\left.\begin{aligned} R_{ci} &= \frac{1}{25.20} = 0,002 \frac{°C}{W} \\ R_{ce} &= \frac{1}{10.20} = 0,005 \ °C/W \end{aligned}\right\} \text{Convecções}$$

Resistência de contato

$$R_c = \frac{0,05}{0,72 . 10,8} = 6,43 . 10^{-3} \frac{°C}{W}$$

$$R_{Ti} = \frac{0,25}{1,3 . 8} = 0,02404 \quad R_{Ts} = \frac{0,25}{1,3 . 10,8} = 0,0178$$

$$R_v = \frac{0,008}{1,4 . 1,2} = 4,76 . 10^{-3}$$

$$R_{eq} = R_{ci} + [R_v \| R_{Ti} \| (R_c + R_{Ts})] + R_{ce}$$

$$\therefore R_{eq} = 0,01041 \frac{°C}{W}$$

$$\dot{Q} = \frac{25 - 5}{0,01041} \therefore \boxed{\dot{Q} = 1920 W}$$

(3)

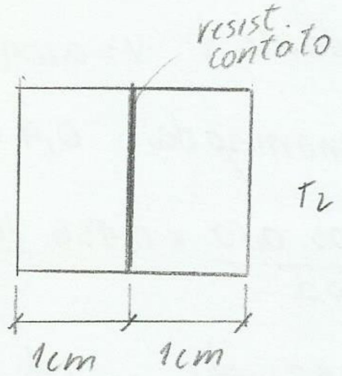
## Exercício ER.03

**Dados**

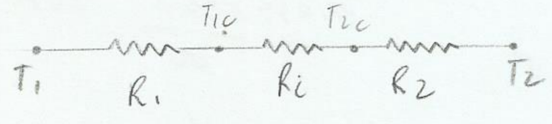
$K = 240\,W/mK \quad e = 1{,}0\,cm$

$R_i = 2{,}75 \cdot 10^{-4}\,\frac{m^2K}{W}$

$T_1 = 395°C \quad T_2 = 405°C$




$R_{eq} = R_1 + R_i + R_2$




$R_{eq} = \frac{L_1}{K_1 \cdot A_1} + \frac{R_i}{A_i} + \frac{L_2}{K_2 \cdot A_2} \quad ; A_1 = A_i = A_2$

$R_{eq} = \frac{1}{A}\left(\frac{0{,}01}{240} + 2{,}75\,10^{-4} + \frac{0{,}01}{240}\right) = \frac{3{,}58 \cdot 10^{-4}}{A}$

$\dot{Q} = \frac{T_2 - T_1}{R_{eq}} \Rightarrow \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{T_2 - T_1}{R_{eq}} \div A \quad \therefore q'' = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{405 - 395}{\frac{3{,}58 \cdot 10^{-4}}{A}} \div \frac{1}{A}$

$\therefore q'' = 27\,906{,}98\,\frac{W}{m^2}$

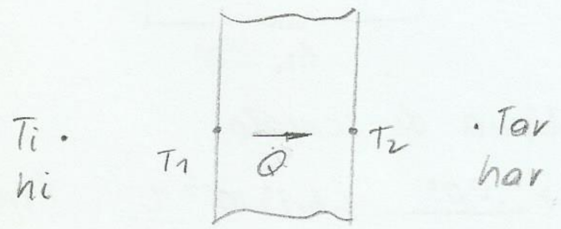
$T_2 - T_1 = q'' \cdot R_i = 27906{,}98\,\frac{W}{m^2} \cdot 2{,}75 \cdot 10^{-4}\,\frac{m^2K}{W} = 7{,}67°C$

## Exercício ER.04

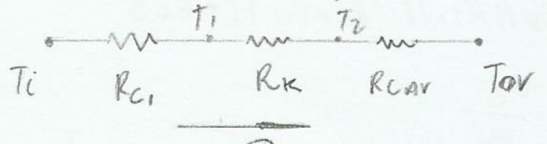
**Dados:**

$T_i = 40°C \quad h_i = 30\,W/m^2K \quad \varepsilon = 4\,mm$

$T_{ar} = -10°C \quad h_{ar} = 65\,W/m^2K$




Circuito de Analogo Elétrico




Cálculo das resistência

$R_{ci} = \frac{1}{30A} \quad R_{Car} = \frac{1}{65A} \quad R_K = \frac{0{,}004}{1{,}4A}$

$\dot{Q} = \frac{40 - (-10)}{\frac{1}{30} + \frac{1}{65} + \frac{0{,}004}{1{,}4}}$ ; Admitindo $A = 1m^2$

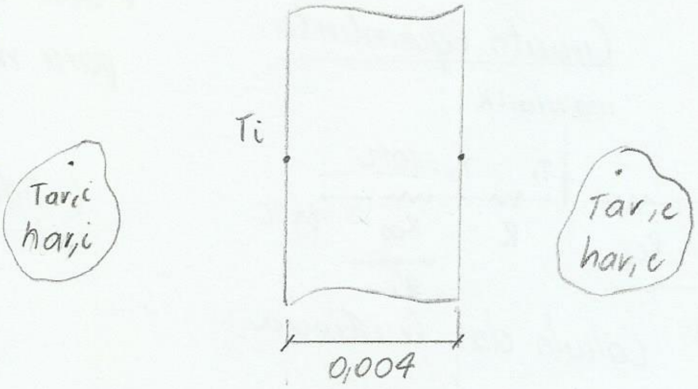
$\boxed{\therefore Q = 969{,}46\,W \text{ para } 1m^2}$

$969{,}46 = \frac{40 - T_1}{\frac{1}{30}}$ $\quad 969{,}46 = \frac{T_2 - (-10)}{\frac{1}{65}}$

$\boxed{\therefore T_1 = 7{,}68\,°C}$ $\quad \boxed{\therefore T_2 = 4{,}91°C}$

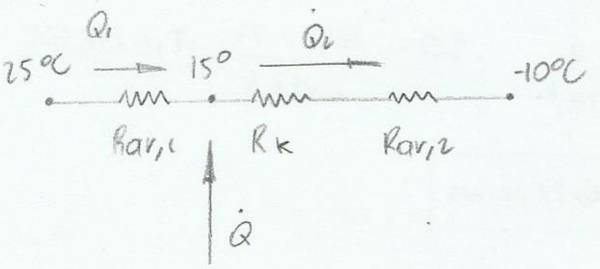
## Exercício ER.05

**Dados**
$e = 4mm$ $T_{si} = 15°C$ $1m^2$
$h_{ar,i} = 10 \, W/m^2K$ $T_{ar,i} = 25°C$
$T_{ar,e} = -10°C$ $h_{ar,e} = 65 \, W/m^2K$




× Determine a potência elétrica

Circuito equivalente




Cálculo das resistências

$R_{ar,i} = \frac{1}{10} = 0,1 \frac{°C}{W}$

$R_{ar,e} = \frac{1}{65} = 0,0154 \frac{°C}{W}$

$R_K = \frac{0,004}{1,4 \cdot 1} = 2,857 \cdot 10^{-3} \frac{°C}{W}$

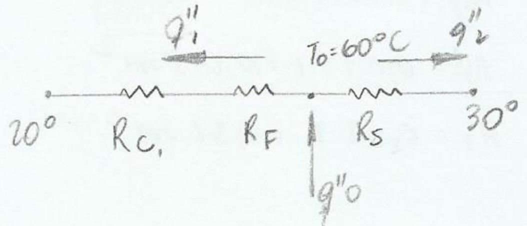
$\dot{Q} + \dot{Q}_1 = \dot{Q}_2$

$\dot{Q}_1 = \frac{25-15}{0,1} = 100 \frac{W}{m^2}$ $\dot{Q}_2 = \frac{15-(-10)}{2,857 \cdot 10^{-3} + 0,0154}$ $\dot{Q}_2 = 1369,34 \frac{W}{m^2}$

$\therefore \dot{Q} = 1369,34 - 100$ $\boxed{\therefore \dot{Q} = 1269,34 \, W/m^2}$

## Exercício ER.06

× Determine $q''_0$




Cálculo das resistências

$R_{C_1} = \frac{1}{50} = 0,02$ $R_F = \frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{0,025 \cdot 1} = 0,01$

$R_S = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,05 \cdot 1} = 0,02$

$q''_0 = q''_1 + q''_2$

$q''_1 = \frac{60-20}{0,02+0,01} = 1333,33$

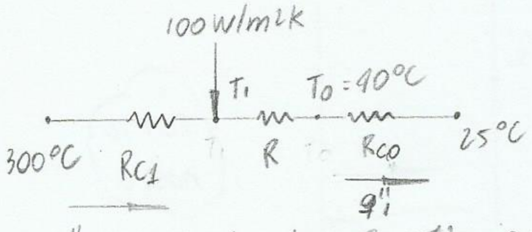
$q''_2 = \frac{60-30}{0,02} = 1500$

$\therefore$ $\boxed{q'' = 2833 \frac{W}{m^2}}$

Exercício ER.07

## Circuito Equivalente

x Qual é a espessura $L$ do isolamento para manter a superfície a 40°C




(Admitindo $A = 1m^2$)

Cálculo das Resistência

$$R_{c1} = \frac{1}{30} = 0{,}033 \qquad R = \frac{L}{0{,}05} = 20L \qquad R_{co} = \frac{1}{10} = 0{,}10$$

$$q''_1 = \frac{40-25}{0{,}1} = 150\ \frac{W}{m^2} \qquad q''_2 = 150 - 100 = 50\ \frac{W}{m^2} \qquad 50 = \frac{300 - T_1}{0{,}033} \therefore T_1 = 298{,}33°C$$

$$150 = \frac{298{,}33 - 40}{20L} \quad \therefore \quad L = 0{,}086\ m = \boxed{86{,}11\ mm}$$

Exercício ER.08

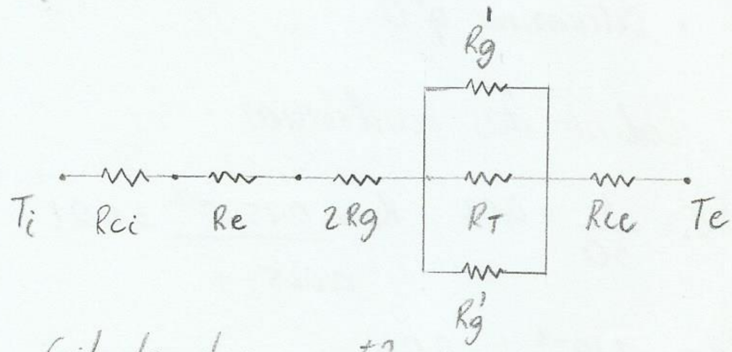
**Dados**

Parede: 0,3 x 0,5 (m) $K_T = 0{,}72\ W/mK$

$K_e = 0{,}026\ W/mK$ $K_g = 0{,}22\ W/mK$

$T_i = 200°C$ $T_e = -100°C$ $h_1 = 10\ \frac{W}{m^2}$ $h_2 = 25\ \frac{W}{m^2}$

x Determine a perda de calor na parede?




Cálculo das Áreas

$A_e = 0{,}25 . 1 = 0{,}25\ m^2$

$A_g = 0{,}25 . 1 = 0{,}25\ m^2$

$A_g' = 0{,}015 . 1 = 0{,}015\ m^2$

$A_T = 0{,}22 . 1 = 0{,}22\ m^2$

Cálculo das resistência

$$R_{eq} = R_{ci} + R_e + 2R_g + (R_g' \,||\, R_T \,||\, R_g') + R_{ce}$$

$$R_{eq} = \underbrace{\frac{1}{0{,}25 . 10}}_{0{,}4} + \underbrace{\frac{0{,}03}{0{,}026 . 0{,}25}}_{4{,}61} + \underbrace{2 . \frac{0{,}02}{0{,}25 . 0{,}22}}_{0{,}72} + \underbrace{\left(\frac{1}{2} . \frac{0{,}16}{0{,}22 . 0{,}015} \,\Big|\Big|\, \frac{0{,}16}{0{,}72 . 0{,}22}\right)}_{0{,}9697} + \underbrace{\frac{1}{25 . 0{,}25}}_{0{,}16}$$

$$\therefore R_{eq} = 6{,}86\ \frac{°C}{W} \qquad \dot{Q} = \frac{200 - (-100)}{6{,}86} = 4{,}37\ \frac{k}{W}$$

4,37 — 0,25 m²

$\dot{Q}_T$ — 3x5 m²

$$\boxed{\therefore \dot{Q}_T = 262{,}01\ W}$$

Exercício ER.09

**Dados:**

$K_b = 40{,}0\ W/mK$ $r_1 = 51{,}1mm$ $r_2 = 57{,}1mm$

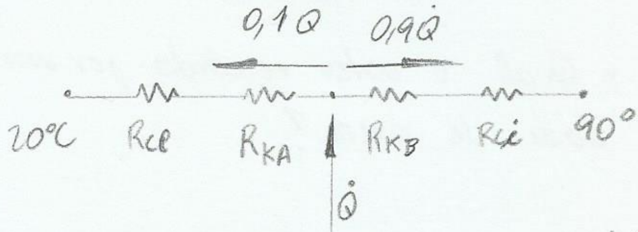
$K_a = 1{,}5\ W/mK$ $e = 20\ mm$ $T_i = 90°C$

$h_i = 400\ W/m^2K$ $T_e = 20°C$ $h_e = 5{,}0\ W/m^2K$

1-) Potência do aquecedor

2-) Temperatura do aquecedor

3-) Temperatura máxima do isolamento




Cálculo das Resistências

Resistência por convecção

$$R_{ci} = \frac{1}{400 \cdot 2\pi \cdot 51{,}1 \cdot 10^{-3}}$$

$\therefore R_{ci} = 7{,}786 \cdot 10^{-3}$ $\quad R_{KA} = \dfrac{\ln\left(\frac{77{,}1}{57{,}1}\right)}{2 \cdot 1{,}5 \cdot \pi \cdot 1} = 0{,}0317.$

$$R_{KB} = \frac{\ln\left(\frac{57{,}1}{51{,}1}\right)}{2 \cdot 40 \cdot \pi \cdot 1} = 4{,}417 \cdot 10^{-4} \qquad R_{ce} = \frac{1}{5 \cdot 2\pi \cdot 77{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot 1} = 0{,}413$$

$0{,}9\dot{Q} = \dfrac{T-90}{8{,}228 \cdot 10^{-3}}$ $\quad 7{,}40 \cdot 10^{-3} Q = T - 90 \Rightarrow T = 90 + 7{,}40 \cdot 10^{-3} Q$

$0{,}1\dot{Q} = \dfrac{T-20}{0{,}4447}$ $\quad 0{,}04447 Q = T - 20 \Rightarrow T = 0{,}04447Q + 20$

$90 + 7{,}40 \cdot 10^{-3} Q = 0{,}04447\ Q + 20$ $\quad \therefore \boxed{Q = 1888{,}32\ W}$

$T = 90 + 0{,}04447 \cdot Q$ $\quad \therefore \boxed{T = 104°C}$

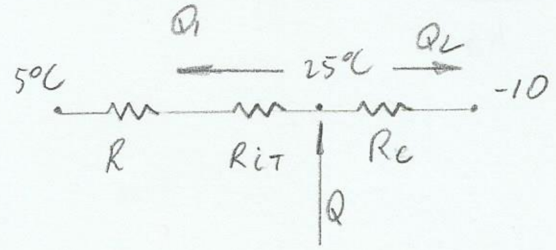
Exercício ER.10

**Dados**

$h_r = 10W/mK$ $T_1 = 50°C$ $R_i = 0{,}01\ \frac{mK}{W}$

$T_e = 100°C$ $K_e = 100\ W/m^2K$ $T_0 = 25°C$

x Determine a potência do aquecedor por unidade de área.




$$R = \frac{\ln\left(\frac{75}{25}\right)}{2\pi \cdot 10 \cdot 1} = 0{,}0175$$

$$R_{iT} = \frac{0{,}01}{1} = 0{,}01$$

$$R_c = \frac{1}{2\pi \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 100} = 0{,}02122$$

$\dot{Q}_1 = \dfrac{25-5}{0{,}0175+0{,}01} = 727{,}27$ $\quad \dot{Q}_2 = \dfrac{25-(-10)}{0{,}02122} = 1649{,}34$ $\quad Q = 727{,}27 + 191{,}37$

$\boxed{\therefore Q = 2377W}$

# Exercícios Propostos

## Exercício EP.01

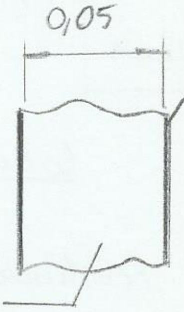
Ar frio

$T_{\infty,i} = 4°C$

$h_i = 5,0\ W/m^2K$

$K_p = 60\ W/mK$

$L_p = 0,003\ m$




$K_1 = 0,046\ W/mK$

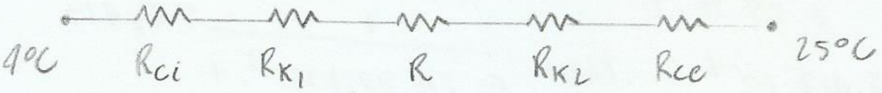
Ar ambiente

$T_{\infty,e} = 25°C$

$h_e = 5,0\ W/m^2K$

× Qual o calor recebido por unidade de área?

Circuito análogo




$$Q = \frac{T_e - T_i}{R_{eq}} = \frac{25-4}{\frac{1}{5.1} + \frac{0,003}{60.1} + \frac{0,05}{0,046.1} + \frac{0,003}{60.1} + \frac{1}{5,1}} = \boxed{14,2\ W}$$

## Exercício EP.02

$T_{s,i} = 600°C$

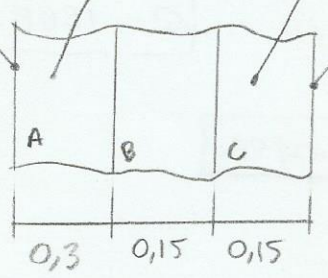
$K_A = 20\ W/mK$

$K_C = 50\ W/mK$

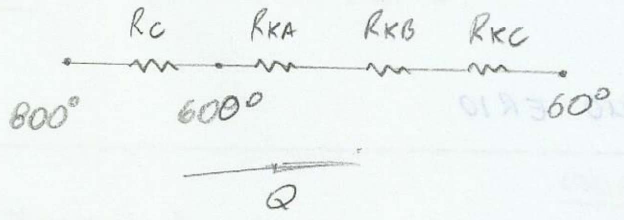
$T_{s,o} = 60°$

$T_{\infty,i} = 800°C$

$h = 25\ W/m^2K$




× Qual o valor da condutividade do material B?

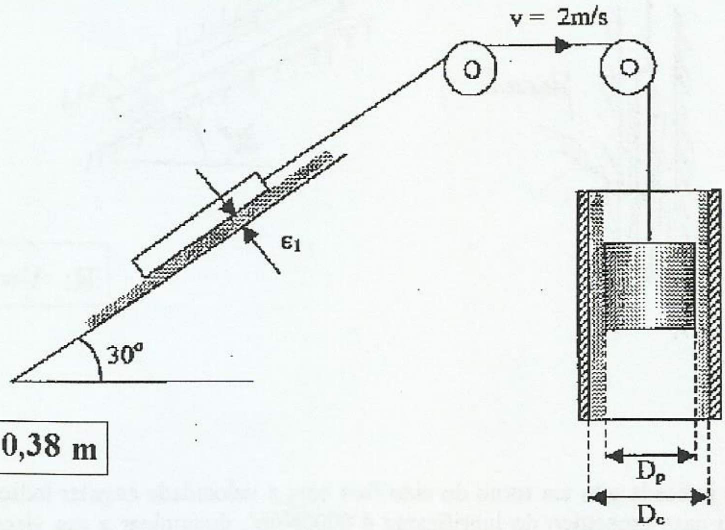



$$\dot{Q} = \frac{800-600}{\frac{1}{25.1}} = 5000$$

$$5000 = \frac{600-60}{\frac{0,3}{20.1} + R_{KB} + \frac{0,15}{50}} \quad \therefore R_{KB} = 0,09 = \frac{0,15}{k_b} \quad \therefore K_b = 1,667\ W/mK$$

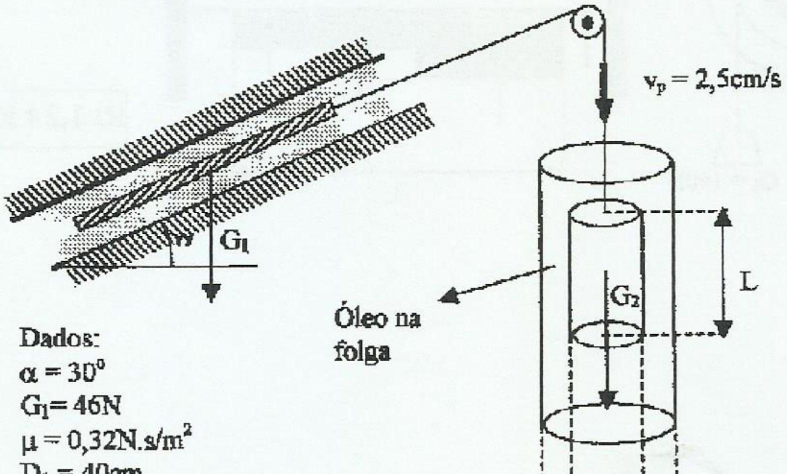
# Lista suplementar de exercícios P1
# ME4310 , NM5310 e NM4510
# Professor Alfredo Alvim

1) No dispositivo da figura, o pistão de seção circular de diâmetro $D_p$ = 20cm deve descer ao longo do cilindro de diâmetro $D_c$ = 20,2cm, com velocidade constante de 2m/s. Entre o cilindro e o pistão existe uma película de lubrificante de viscosidade cinemática $10^{-4}m^2/s$ e peso específico $8kN/m^3$. O peso específico do material do pistão é $12kN/m^3$ e ele deve arrastar a placa da figura que tem um peso de 50N e uma área de $0{,}5m^2$. A placa desliza sobre uma camada de $\varepsilon_1$=1mm de espessura do mesmo lubrificante do pistão. Adotando $g = 10m/s^2$, qual deve ser a altura do pistão? (Desprezar o atrito no cabo e nas polias).




R: L= 0,38 m

2) Uma placa plana de área $0{,}4m^2$ desliza entre dois planos inclinados de 30°, em contato com duas camadas de óleo de 0,1mm de espessura, com velocidade constante $v_p$ = 2,5m/s.
O movimento é provocado por um pistão de 40cm de diâmetro, que se movimenta dentro de um cilindro de 40,02cm de diâmetro, lubrificado com o mesmo óleo da placa. Adotando diagramas de velocidades lineares, calcular o peso do pistão $G_2$.

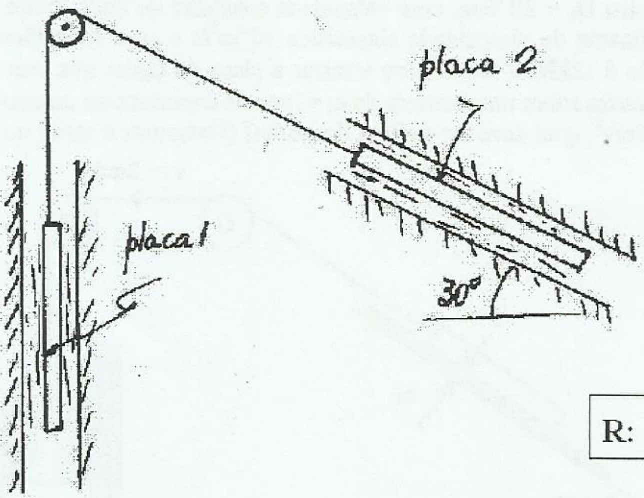



Dados:
$\alpha = 30^0$
$G_1$= 46N
$\mu = 0{,}32N.s/m^2$
$D_1$ = 40cm
$D_2$ = 40,02 cm
L = 60cm

R:
G2=12.464 N

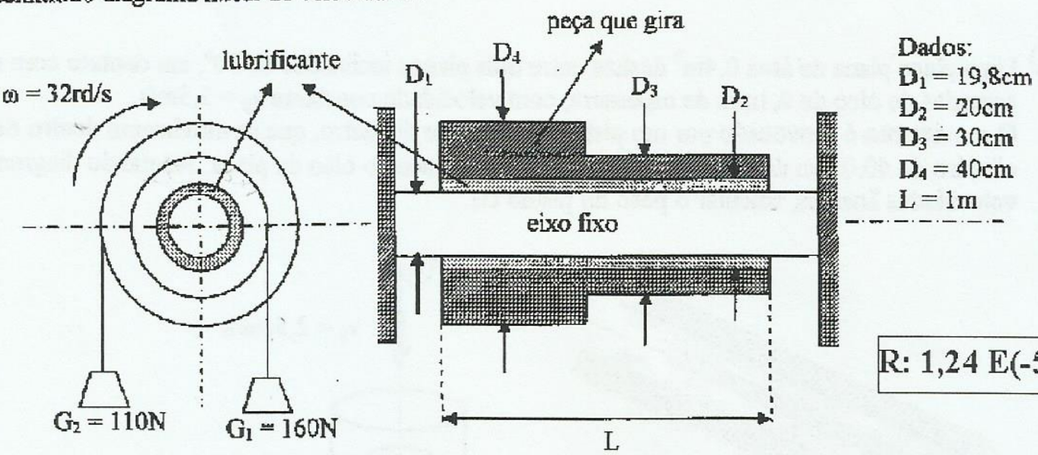
3) O sistema da figura mostra duas placas iguais de área **1,5 m²** deslizando sobre camada de óleo de viscosidade dinâmica **$10^{-2}$ Kgf.s/m²** e de espessura **1mm** em ambas as faces. Quando isolada, e não unida pelo cabo de tração, a **placa 1** desce com velocidade **0,4 m/s.**

Determinar a velocidade das placas em módulo e sentido quando ligadas uma a outra, conforme figura.




R: V= 0,10 m/s

4) Na figura, a peça indicada gira em torno do eixo fixo com a velocidade angular indicada, devido à ação dos dois pesos. Se o peso específico do lubrificante é $8000 N/m^3$, determinar a sua viscosidade cinemática admitindo diagrama linear de velocidades.



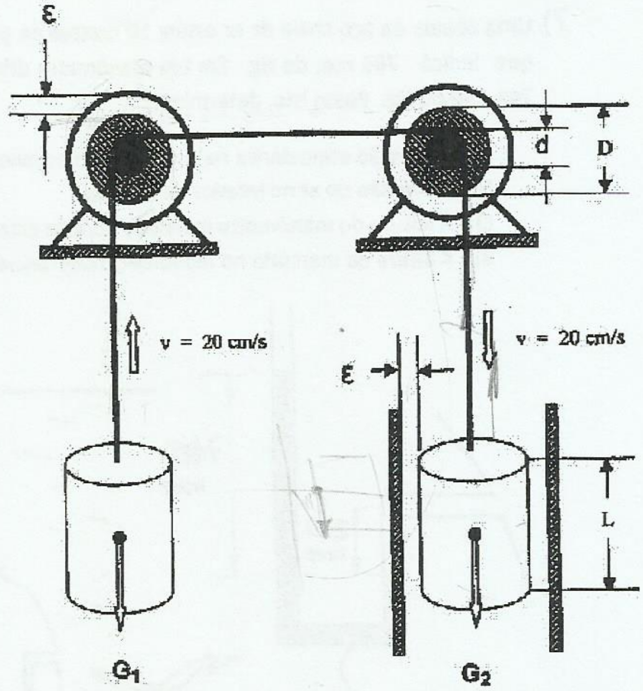

R: 1,24 E(-5) m2/s

5)

No sistema da figura, todos os cilindros têm as mesmas dimensões. O cilindro de peso $G_2$ provoca o movimento dos demais e se desloca com a velocidade de 20 cm/s. Sabendo que em todos os cilindros a camada de lubrificante tem a espessura de 1,2 mm , pede-se para calcular:

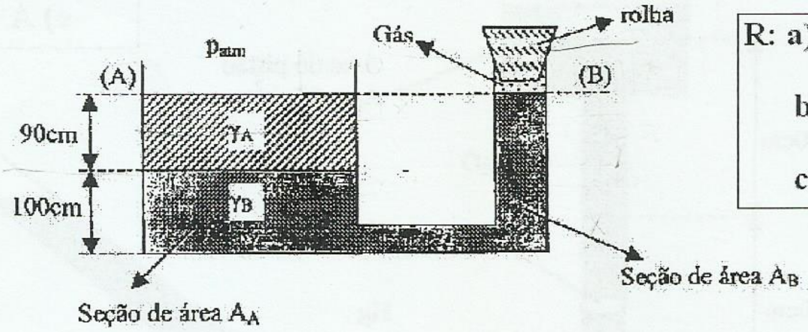
1 - Força viscosa no cilindro vertical
2 - Força viscosa nos dois cilindros horizontais.
3 - Peso do cilindro $G_2$.

**Dados:**
D = 30 cm d = 15 cm
L = 40 cm
$\mu$ = 0,054 kgf.m$^{-2}$.s
$G_1$ = 80 kgf




R: a) 3,93 kgf b) 1,70 kgf c)G2 = 86,80 kgf

6) O recipiente da figura apresenta os fluidos (A) e (B) no mesmo nível superior. Ao retirar a rolha, o nível (B), do ramo de área $A_B$ = 50cm$^2$, sobe e o nível (A), do ramo de área $A_A$ = 200cm$^2$, desce. Na nova posição de equilíbrio, o desnível entre (A) e (B) é de 10cm. Pede-se:
a) Qual o peso específico $\gamma_B$, sendo $\gamma_A$ = 10000N/m$^3$?
b) Qual a pressão em kPa sobre o nível (B) antes de retirar a rolha?
c) Qual a cota do nível (B), em relação ao fundo do recipiente, após a retirada da rolha?



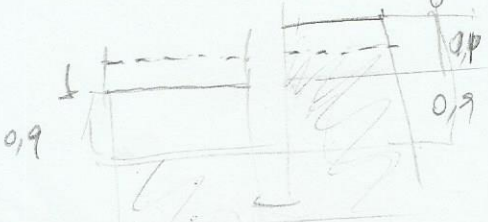

R: a) 9000 N/m3
b) 0,9 kPa
c) h= 198 cm

$2x+y=0,1$

$0+(0,9-x)\gamma_A-(0,9+x+y)\gamma_B=0$

$y=0,1-2x$

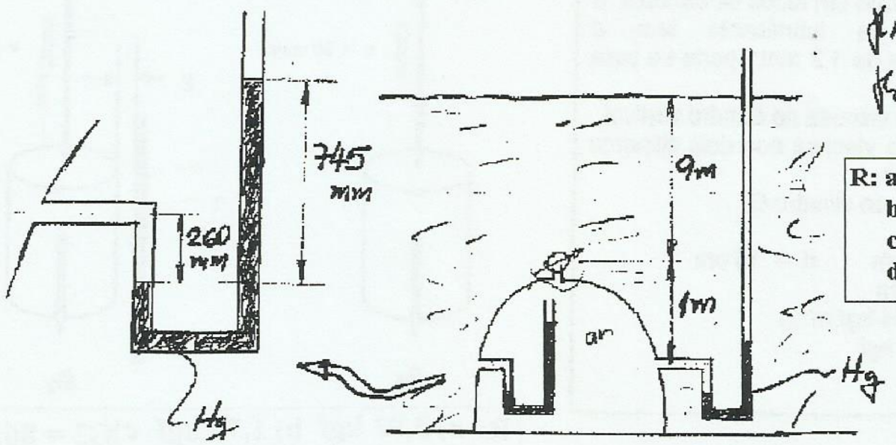
$(50\times10^{-4})^2(x+y)=(200\times10^{-4})^2 x$




$1\gamma_B-0,9\gamma_A$

7) Uma cúpula de aço cheia de ar está a **10 metros** de profundidade no oceano e no seu interior há um barômetro que indica **765 mm de Hg**. Em um manômetro diferencial de mercúrio, conforme figura, verifica-se altura de **745 mm de Hg**. Posto isto, determinar:

a) A pressão atmosférica na superfície do oceano;
b) A pressão do ar no interior da cúpula;
c) A leitura do manômetro instalado no lado externo da cúpula;
d) A altura de mercúrio no manômetro diferencial ligado por um tubo à atmosfera.




$\gamma_{Hg}$ = 13600 Kgf/m³

$\gamma_{ag\ mar}$ = 1010 Kgf/m³

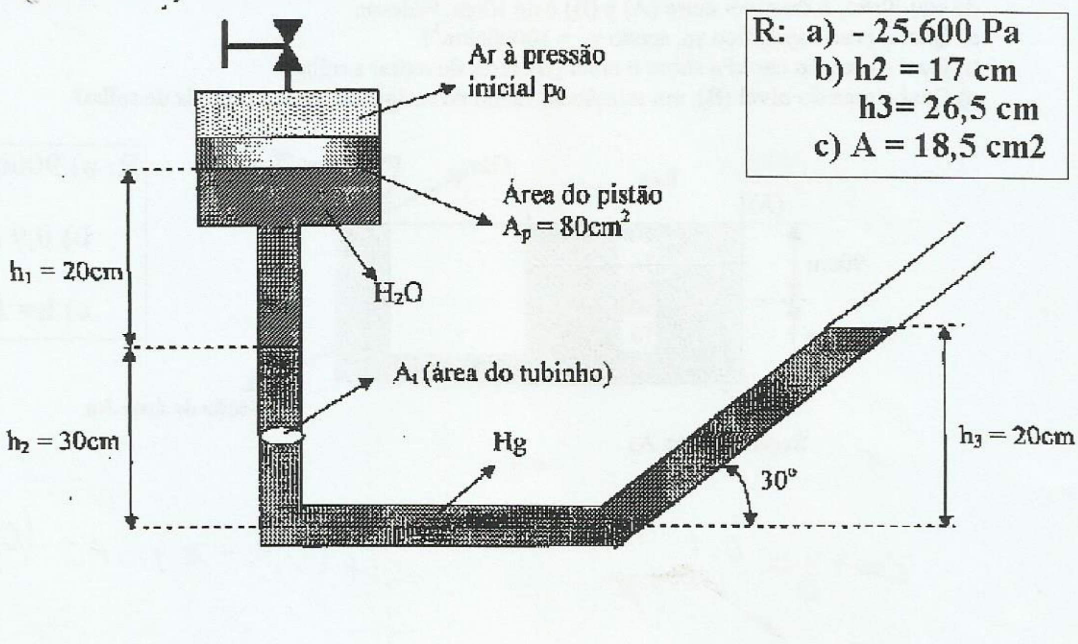
**R: a) 1,01734 kgf/cm2**
**b) 1,0404 kgf/cm2**
**c) -0,88594 kgf/cm2**
**d) 17 mm Hg**

8) No dispositivo da figura, pede-se:

a) a pressão inicial do ar ($p_0$);
b) ao abrir o ar à pressão atmosférica observa-se $h_1$ = 30cm. Neste caso, quais os valores de $h_2$ e $h_3$?
c) a área da seção do tubinho $A_t$.

Dados: peso do pistão G = 80N; $\gamma_{H2O} = 10^4 N/m^3$; $\gamma_{Hg} = 1,36x10^5 N/m^3$.

R: a) - 25.600 Pa
b) h2 = 17 cm
h3= 26,5 cm
c) A = 18,5 cm2



9)

**Terceira questão ( 2,5 pontos )**

**1** - Calcular a pressão indicada no manômetro $P_m$ da figura, sabendo que o pistão com a carga têm o peso total de 200 kgf e que a área do pistão é 0,05 $m^2$.

**2** - Calcular a altura da coluna do líquido ( $h_3$ ).

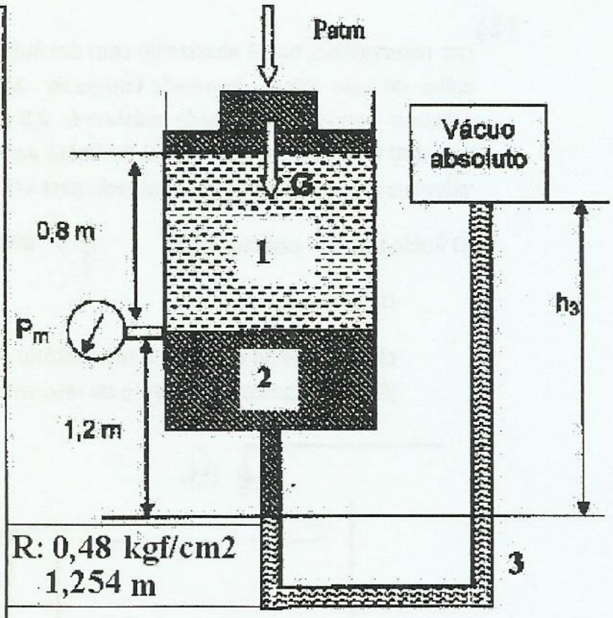
**Dados:**

Peso específico do líquido ( 1 ) = 1000 $kgf/m^3$

Peso específico do líquido ( 2 ) = 1600 $kgf/m^3$

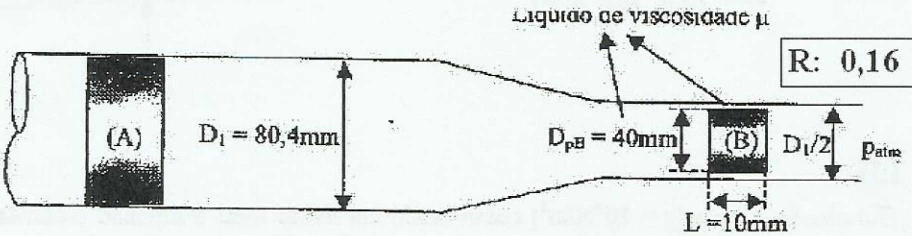
Peso específico do líquido ( 3 ) = 13600 $kgf/m^3$

Pressão atmosférica = 760 mm de Hg




R: 0,48 kgf/cm2
1,254 m

10) O pistão (A) da figura desloca-se com velocidade constante 0,5m/s e aplica no pistão (B) uma força de 4N. A película lubrificante formada entre o pistão (B) e a parede do cilindro é do mesmo líquido que escoa no conduto. Desprezando a parcela de líquido que escapa entre os pistões e a parede do conduto, calcular a viscosidade dinâmica do fluido.



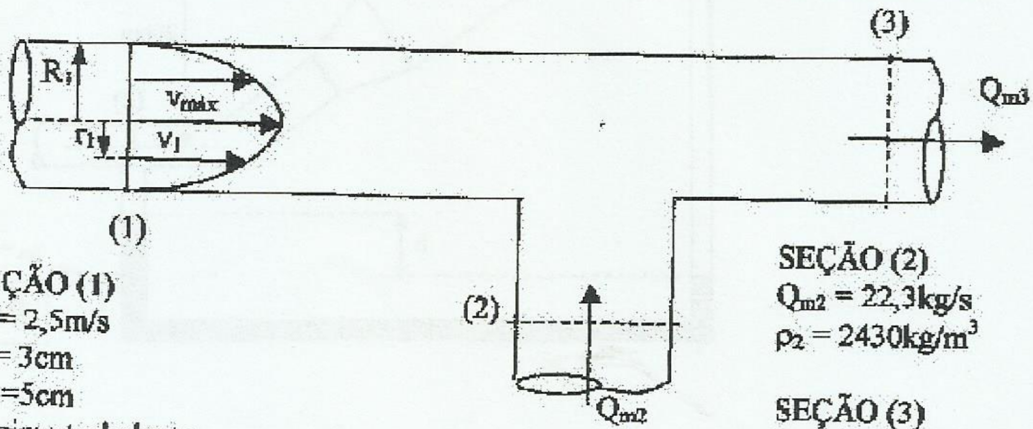

R: 0,16 N.s/m2

11) Na tubulação da figura, determinar:

a) a vazão em massa na seção (1);

b) a massa específica na seção (3)

R: a) 16,57 kg/s
b) 1410 kg/m3




SEÇÃO (1)
$v_1 = 2,5$m/s
$r_1 = 3$cm
$R_1 = 5$cm
Regime turbulento
$\rho_1 = 900$kg/m$^3$

SEÇÃO (2)
$Q_{m2} = 22,3$kg/s
$\rho_2 = 2430$kg/m$^3$

SEÇÃO (3)
$D_3 = 10$cm

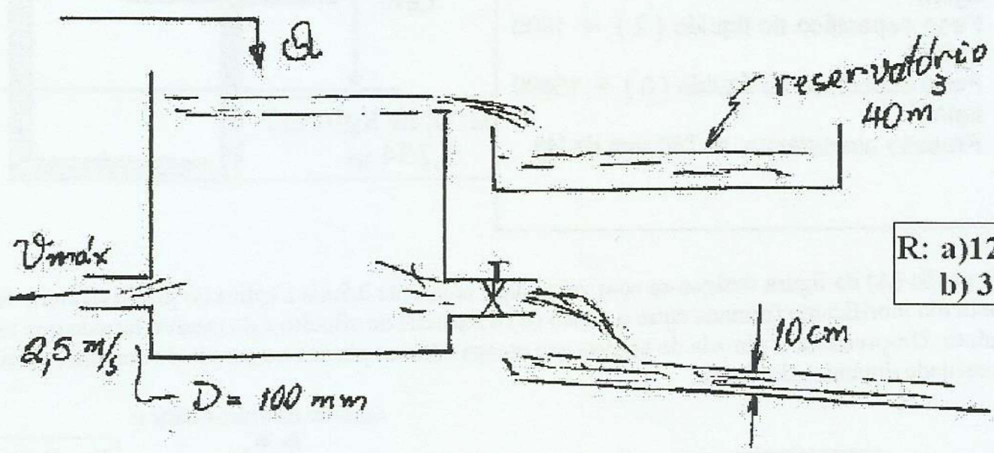
12) Um reservatório, que é abastecido com um fluido industrial, tem uma descarga regulada por uma válvula, a uma calha de base **20cm**, formando lamina de **10 cm** de altura de fluido e outra saida por um tubo de diâmetro **100 mm** onde a velocidade máxima é **2,5 m/s**. Sabe-se que o diagrama de velocidades na calha é dado por $v = -200\,y^2 + 40\,y$ e que o nível do fluido permanece constante. Em certos momentos é necessário fechar a válvula e o fluido em excesso é escoado para um reservatório suplementar de 40 m³ de capacidade.

O fluido tem por caracteristicas $\gamma$ = 900 Kgf/m³ e $\nu = 10^{-4}$ m²/s.

Determinar:

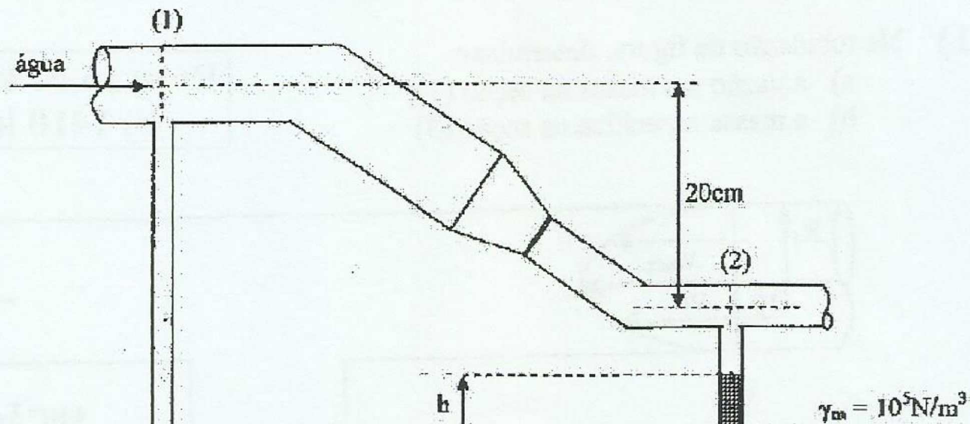
c) A vazão de entrada no reservatório e

d) O tempo de enchimento do reservatório suplementar, com a válvula fechada




R: a)129,6 m3/h
b) 33' 20''

13) Admitindo a água ($\gamma = 10^4 N/m^3$) como sendo um fluido ideal e supondo o escoamento unidimensional, determinar o desnível h do manômetro, dados: Q = 24L/s; $D_1$ = 16cm e $D_2$ = 8cm.




R: h= 163 mm

14) No tubo da figura, de diâmetro $D_1$ = 18cm, escoa um líquido e na seção (1) o escoamento é laminar com $Re_1$ = 2000. Na seção (2) o escoamento é turbulento com $Re_2$ = 6000. Na seção (1) a velocidade a 5cm da parede do tubo é 3m/s. Pede-se:

a) o diâmetro da seção (2);

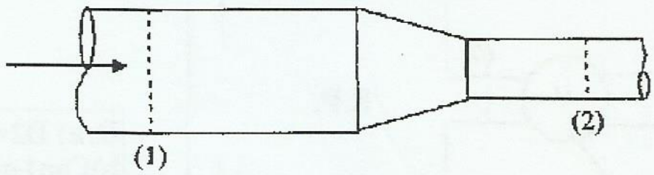
b) a viscosidade dinâmica do fluido se a massa específica é 800kg/m$^3$;

c) a velocidade na seção (2) a 1cm da parede.

Dados:

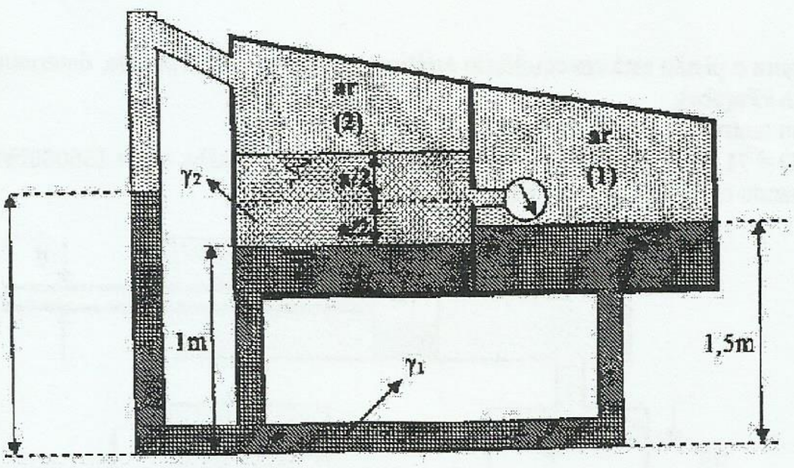
$$v = v_{máx}\left[1-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$$

$$v = v_{máx}\left(1-\frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$$




R: a) d2 = 6 cm  b) 0,134 N.s/m2  c) 17,6 m/s

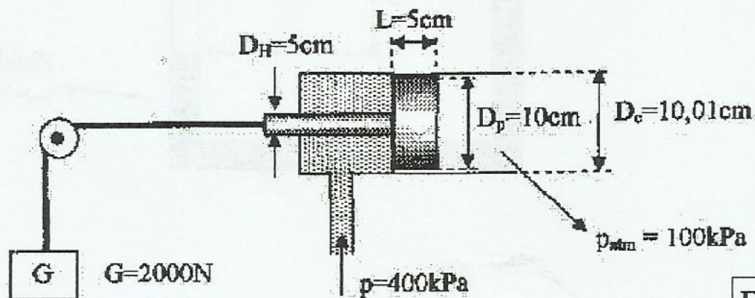
15) No sistema da figura determinar a leitura do manômetro metálico, sabendo-se que a pressão do ar na câmara (1) é 40kPa, $\gamma_1$ =30.000N/m$^3$ e $\gamma_2$ = 10.000N/m$^3$.




R: Pm =0

16) O pistão da figura levanta um peso sob a ação de uma pressão. Entre o pistão e o cilindro existe uma película de lubrificante ($\rho$ = 800kg/m$^3$; $\nu$ = 10$^{-3}$m$^2$/s).

Qual a velocidade de subida do peso, supondo desprezíveis os pesos da haste e do pistão?

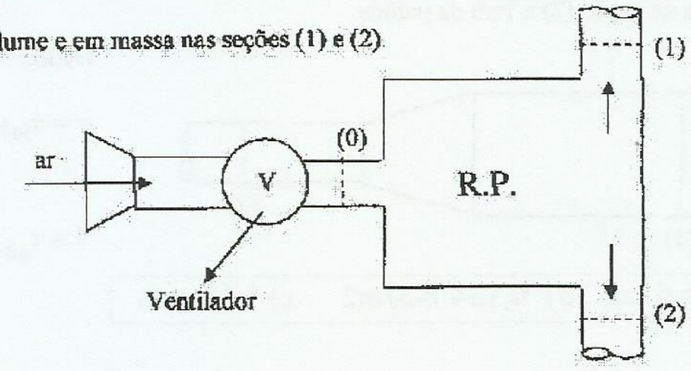



R: 1,42 m/ s

17) O insuflador de ar da figura fornece 4kg/s ao reservatório. O sistema está em regime permanente. Nas seções (1) e (2) deseja-se que o número de Reynolds seja $10^5$ para que o movimento turbulento favoreça a homogeneização das temperaturas. Dados: $D_1$ = 40cm; $\rho_1$ = 1,2kg/m³; $\mu_1$ = 2,4x10⁻⁵N.s/m²; $\rho_2$ = 0,95kg/m³, $\mu_2$ = 7,6x10⁻⁵N.s/m². Pede-se:

a) o diâmetro $D_2$;

b) a vazão em volume e em massa nas seções (1) e (2).




R:a) D2= 0,544 m
b)Qm1=0,754 kg/s
Q1=0,628 m3/s
Qm2=3,246 kg/s
Q2=3,417 m3/s

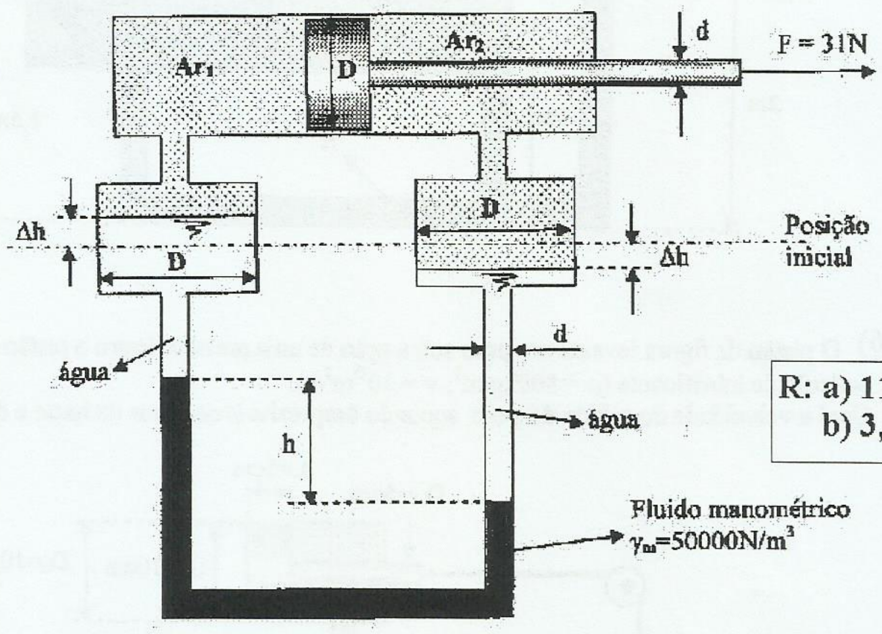
18) Na figura o pistão está em equilíbrio estático, sem atrito com a parede, determinar:

a) $p_{ar1}$ em kPa(abs);

b) $p_{ar2}$ em metros de coluna de água na escala efetiva.

Dados: D = 71,4mm; d = 35,7mm; h = 400mm; $p_{atm}$ = 684mmHg; $\gamma_{Hg}$ = 136000N/m³; $\gamma_{H2O}$ = 10000N/m³.

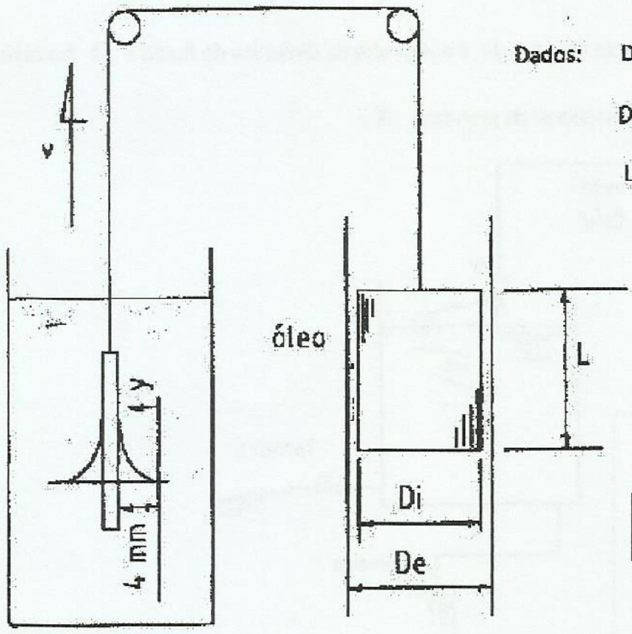
Obs.: quando o manômetro está desligado h = 0 e Δh = 0.




R: a) 113 kPa
b) 3,7 mca

19) Uma placa de espessura desprezível, peso de **4 Kgf**, largura **40 cm** e altura **50 cm**, é retirada de um banho por imersão em um fluido de viscosidade **0,04 Kgf.s/m²** com **0.8 m/s** de velocidade. O diagrama de velocidades junto à placa é parabólico e se pode considerar a **velocidade nula** a **4 mm** de distância, segundo um eixo **y** ortogonal à mesma. O acionamento da placa se dá por um cilindro de peso **12 Kgf** e dimensões conforme figura, que desliza dentro de uma camisa de aço lubrificada por óleo de viscosidade **0,008 Kgf.s/m²**, onde se admite diagrama de velocidades linear.

Determinar a equação da velocidade dos pontos do fluido **v = f(y)**.




Dados: Di = 20,0 cm

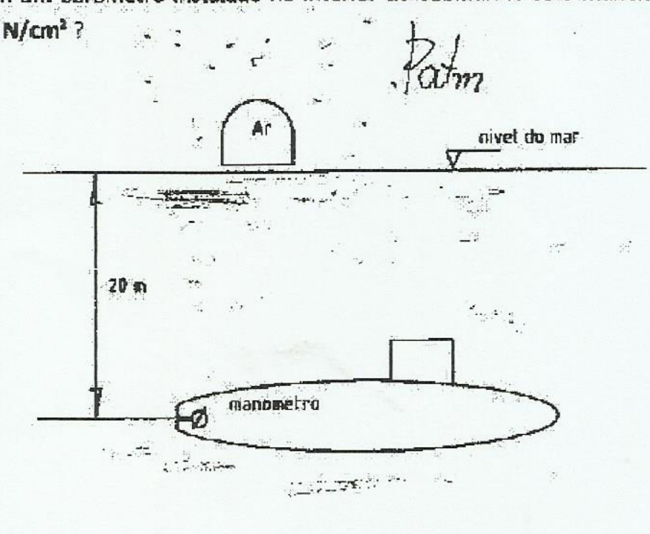
De = 20,1 cm

L = 50,0 cm

R: $V = 12.500.y^2 + 150.y$

20 ) Uma cúpula de aço, situada ao nível do mar, destinada a se conectar a um submarino que está submerso a **20 m de profundidade**, retém ar na pressão de **252 mm.c.a.**, e em seu interior há um barômetro que acusa a leitura de **770 mm de Hg**. Dadas às condições climáticas locais, a pressão atmosférica tem valor um pouco desviado do valor padrão.

Qual deve ser a altura de mercúrio lida em um barômetro **instalado** no interior do submarino se o manômetro mostrado na figura indica a pressão **20,14 N/cm²** ?




R:
h= 740 mm

**21)** Um reservatório de água domiciliar, em certo momento está alimentando um chuveiro e uma torneira que tem em sua seção de saída de **diâmetro 20 mm, velocidade máxima de 2,8 m/s.** Considerando que este tipo de instalação tem o nível do reservatório mantido constante por uma válvula de bóia **(V)** e que o chuveiro enche um frasco cilíndrico de **diâmetro 40 cm e altura 20 cm em 60 seg,** pergunta-se:

a) Qual é a vazão de entrada de água pela válvula de bóia?

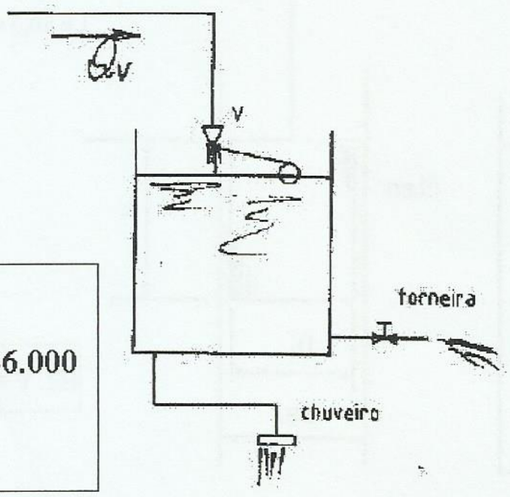
b) O escoamento na torneira é laminar ou turbulento? Demonstre.

c) Para que se tenha escoamento laminar na torneira, qual seria a sua máxima vazão?

d) Se o número de Reynolds fosse calculado pela expressão $Re = \dfrac{\rho X}{\mu D}$

onde: $\rho$ é a massa específica do fluido, $\mu$ é a viscosidade dinâmica do fluido e **D** é o diâmetro,

qual seria a equação dimensional da grandeza **X** ?




R:

a) $Q_V = 1{,}14$ l/s

b) turbulento, Re=46.000

c) $Q_{max} = 31{,}4$ ml/s

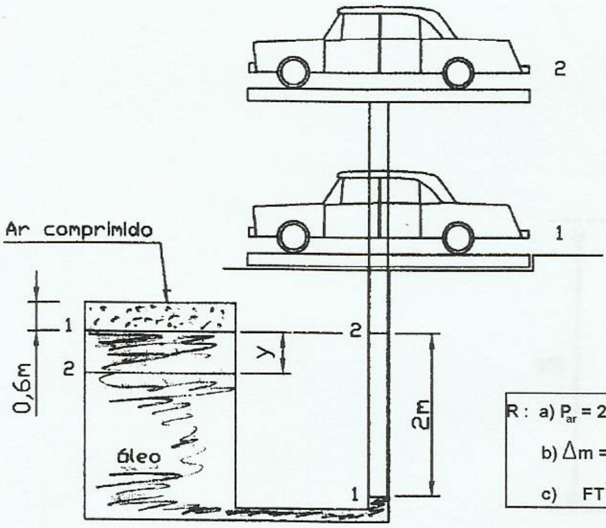
d) $(X) = L^3 . T^{-1}$

## 22)

**Q.2** Um elevador de posto de serviço sustenta um veículo de peso **1200 kgf** a altura de **2 m** por meio da ação de óleo pressurizado por ar comprimido proveniente de um compressor. O embolo do elevador e a sua estrutura tem peso de **160 Kgf**. A pressão absoluta do ar no reservatório no **estado 1**, ou seja, com o elevador estabilizado no piso, é de **152 KPa (abs)** e pode-se considerar que a pressurização do ar é isotérmica a **15ºC**. Sabendo que a pressão atmosférica é **95 KPa**, que o diâmetro externo do embolo é **25 cm** e que o diâmetro do reservatório é **50 cm**, definir:

Dados: $R_{ar}$= 287 N.m/kg.K

$\gamma_{óleo}$= 800 kgf/m$^3$




a.| Qual deve ser a pressão do ar necessária para sustentar o veículo na situação final descrita?

b.| Qual é a massa de ar adicionada pelo compressor?

c.| Se a equação de estado do gás perfeito fosse expressa por $\frac{p}{X} = RT$

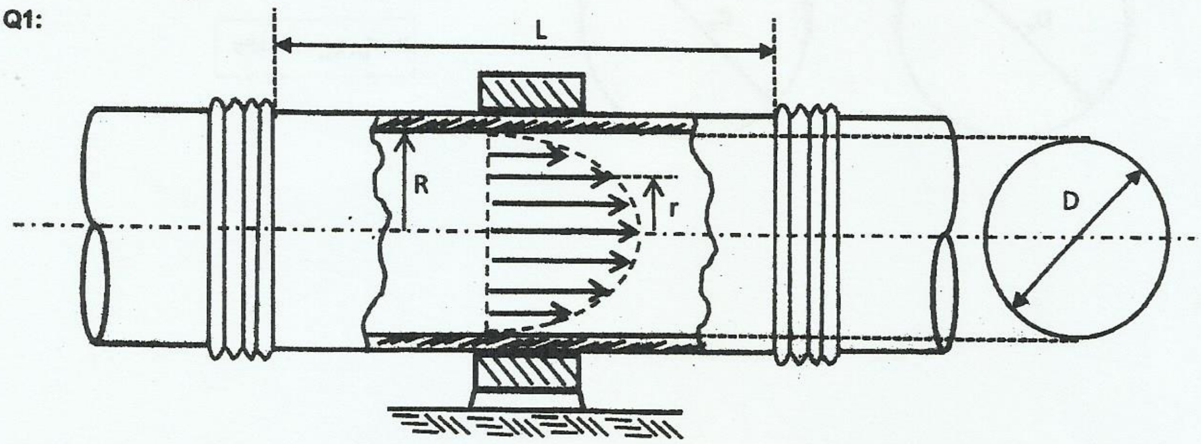
onde: $p$ é a pressão absoluta do gás, $T$ é a temperatura absoluta do gás e **R** é a constante do gás,

qual é a equação dimensional da grandeza **X** ?

| |
|---|
| R : a) $P_{ar}$ = 28.105,7 kgf/m$^2$ = 275,44 kPa |
| b) $\Delta$m = 758,6 gr |
| c) $FT^2L^{-3}$ |

## 23)

**Q1:**



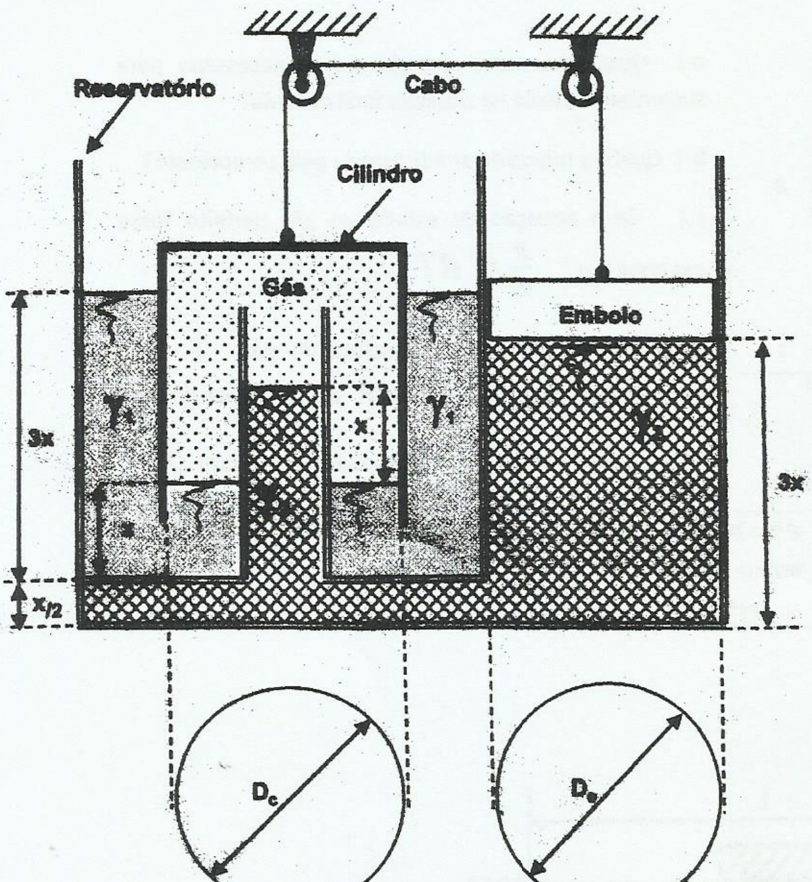

**O trecho de conduto horizontal, de comprimento L = 7 m, está entre juntas elásticas, para isolar os esforços do restante da instalação sobre o trecho. O fluido em escoamento é um fluido de viscosidade 70 mm²/s, que está num regime de escoamento que corresponde ao limite do laminar (Re = 2000).**
**Nesta condição a velocidade de uma partícula fluida é dada por: $v = v_{máx}\,[\,1 - (r/R)^2\,]$.**
**O óleo está escoando com uma vazão de 12 Kg/s. O diâmetro interno do conduto é de 8 cm.**
**As tensões de cizalhamento na superfície interna do trecho de conduto geram uma força, que atua sobre o suporte preso ao trecho de conduto horizontal (evitando seu movimento).**
**Determinar o módulo desta força, indicando sua direção e sentido na figura.**

| |
|---|
| R: $F_t$ = -1,18 N |

## 24)

**Q2:**

**O cilindro e o embolo da figura estão presos a um mesmo cabo e em equilíbrio. O diâmetro interno do cilindro é igual ao diâmetro externo do embolo e correspondem a 80 cm. Os pesos do cilindro e do embolo são 3000 N e 1500 N respectivamente. Os fluidos são de pesos específicos 40 N/Litro (1) e 8 N/Litro (2). A leitura barômétrica local é de 675 mmHg. Pede-se determinar a pressão absoluta do Gás no interior do cilindro. Considerar que o peso específico do mercurio é de 133,4 N/Litro e desprezar a espessura das paredes, do reservatório e do cilindro.**

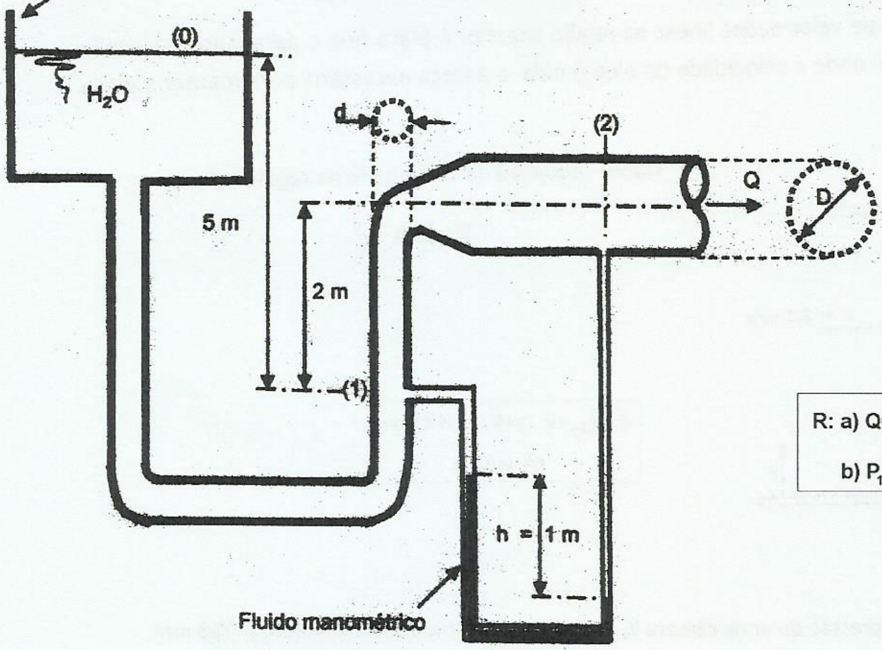



R: $P_{gas})_{abs}$=150 kPa

25)

Q3:

Para o escoamento de água na figura, são consideradas todas as hipóteses simplificadoras, necessárias para estabelecer a equação de Bernoulli ( $H_x = H_y$ ).
Os pesos específicos da água e do fluido manométrico valem respectivamente 10 N/L e 30 N/L. Os diâmetros das tubulações são: d = 4 cm e D = 8 cm.
Pede-se determinar: a) A vazão em L/s; b) A pressão na seção (1) em KPa.




R: a) Q= 8,2 l/s
b) $P_1$ = 28,7 kPa

26)

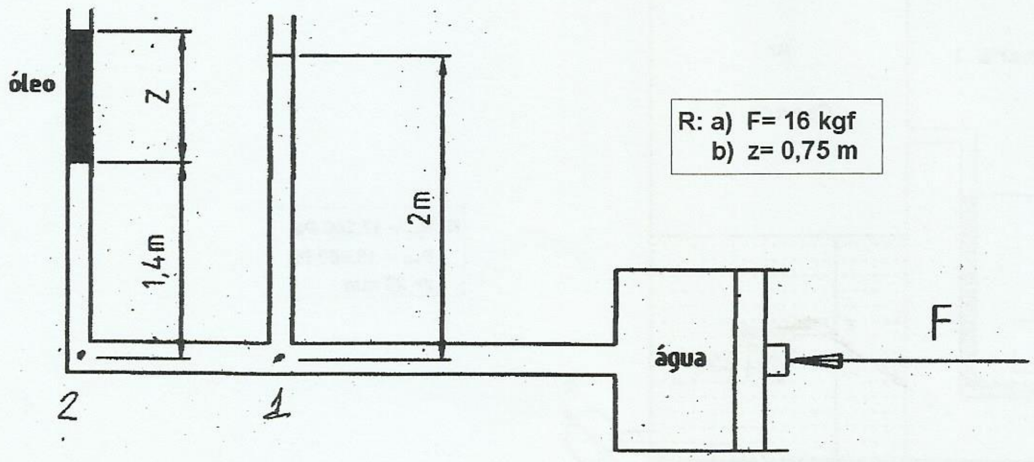
Q.1

Dada a configuração abaixo, determinar

1 - a força no pistão que equilibra o sistema;

2 - a coluna Z de óleo.

Dados Área transversal do pistão 80 cm².
Peso específico do óleo 800 Kgf/m³

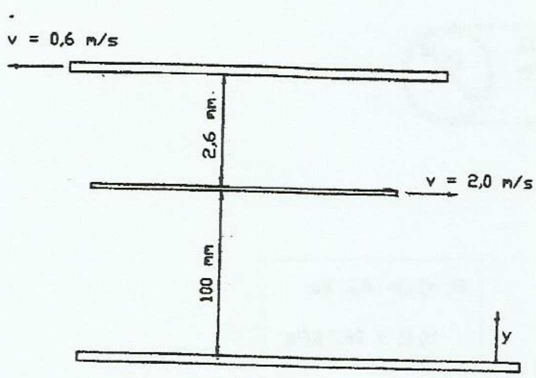



R: a) F= 16 kgf
b) z= 0,75 m

## 27)

**Q.1** Uma placa fina de área **0,5 m²** é puxada horizontalmente com velocidade **2,0 m/s** sobre camada de óleo, entre duas placas planas, uma estacionária e a outra com velocidade **0,6 m/s**, conforme figura. A viscosidade dinâmica do óleo é **0,27 N.s/m²**.

Considerando diagrama de velocidades linear na região superior à placa fina e parabólico na região inferior, determinar os pontos em y onde a velocidade do óleo é nula e a força necessária para manter a placa fina em movimento.




Dado - equação da velocidade na região inferior

$$V = 200\ y^2$$

R: $V_{oleo} = 0$ , y=0 , y=102,0 mm

F= 140,4 N

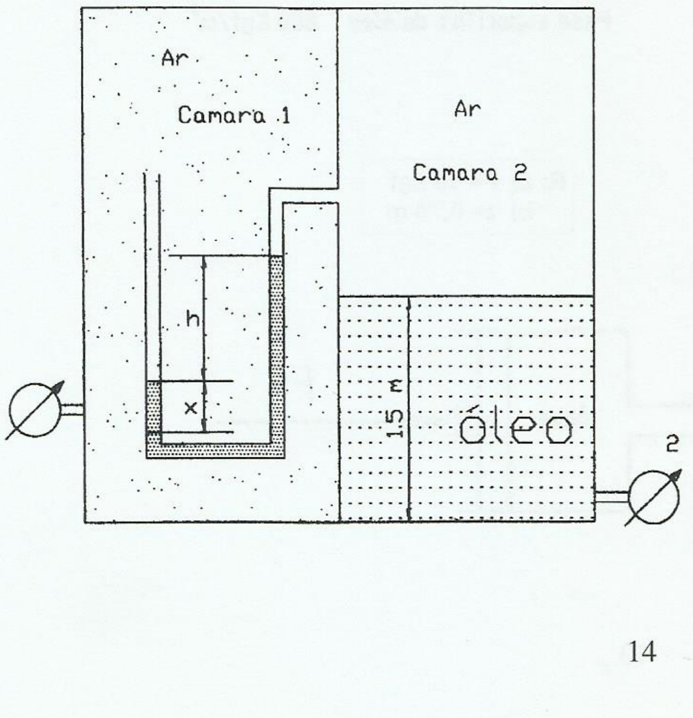
## 28)

**Q.2** Na instalação da figura, a pressão do ar na **câmara 2,** lida em um barômetro, corresponde a **750 mm de Hg**. A pressão atmosférica local é **9.520 Kgf/m²**. O manômetro diferencial de tubo em U tem como fluido manométrico, **glicerina** que indica um desnível **h = 400 mm**.

Posto isto, determinar as leituras dos **manômetros metálicos 1 e 2**.

Em seguida, a mesma **câmara 2** é aberta à atmosfera e o volume de ar **na câmara 1** expande isotermicamente em **5%,** ocupando o espaço do deslocamento **x** da glicerina.

Determinar, nesta condição, o deslocamento **x** da glicerina e a nova leitura do **manômetro 1**.




R: $P_{m1}$ = 17.200 Pa

$P_{m2}$ = 18.800 Pa

x= 28 mm

## 29)

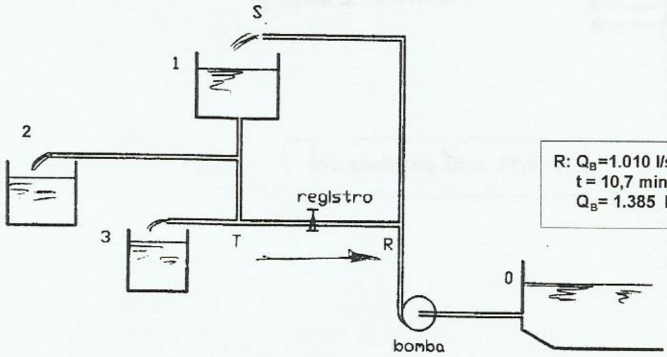
**Q.3** Na instalação da figura, a bomba eleva água até o **reservatório 1**, que se mantém a nível constante. Sabe-se que na **seção S** o escoamento é turbulento, o diâmetro do conduto é **750 mm** e a **velocidade máxima** é **2,8 m/s**, estando o registro totalmente **fechado**.

O **reservatório 2** que tem volume de **4.000 m³** enche em **1 hora e 45 minutos**.

Determinar **a vazão** que passa pela bomba e **o tempo** para que o nível da água suba **3 m** no **reservatório 3**, que tem área transversal de **80 m²**.

Abrindo-se o registro, a vazão na **seção S** diminui em **10 %**, a vazão no **reservatório 2** mantém-se a mesma e o tempo citado no quesito anterior, diminui em **50 %**.

Determinar nestas condições, a **nova vazão** da bomba e a **vazão** no trecho da derivação **(T - R)**, indicando na figura o **sentido do escoamento**.




R: $Q_B$=1.010 l/s
t = 10,7 min
$Q_B$= 1.385 l/s

## 30)

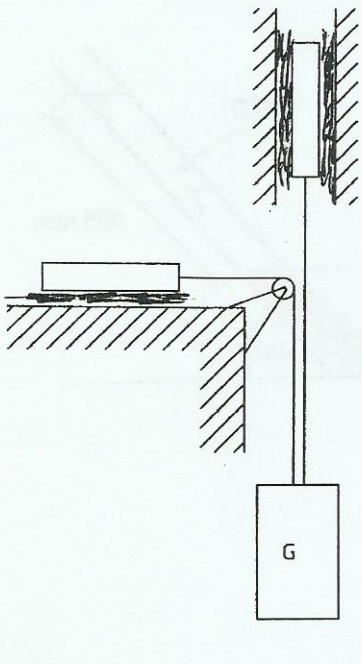
**Q.1** Duas placas iguais de área **0,5 m²** e peso de **10 Kgf** deslizam em contato com películas de fluido de viscosidade **0,014 Kgf.s/m²** e espessura **1 mm**. Sabe-se que a velocidade da placa horizontal é **0,5 m/s** e que a placa vertical é mais veloz que a primeira, o que é possível devido ao fato de que o cabo que a liga ao bloco de peso **G** é fino e flexível. Admitindo desprezíveis os atritos nos cabos e roldana e diagramas de velocidades lineares nos fluidos, determinar:

a.| a velocidade da placa vertical;

b.| o peso do bloco **G**;

c.| o valor mínimo da viscosidade de um novo fluido que venha substituir ao da placa vertical, a partir da qual esta venha a ter ação de frenagem no bloco **G** e

d.| a velocidade do bloco **G** quando substituídos todos os fluidos, pelo novo definido no item anterior.




R: a) 0,71 m/s

b) 3,5 kgf

c) $\mu = 2 \times 10^{-2}$ kgf.s/ m²

d) 0,45 m/s

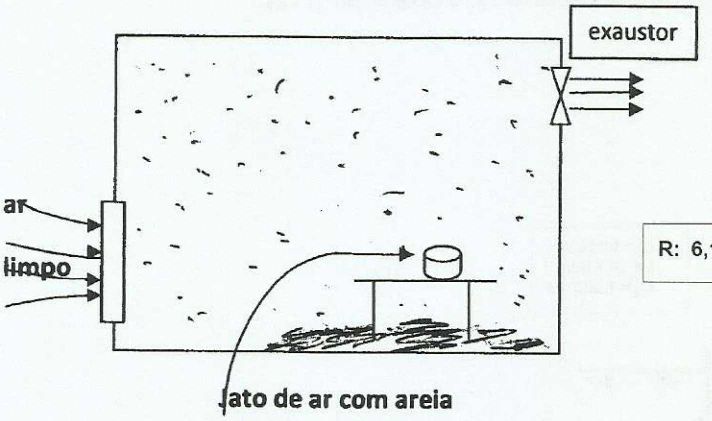
## 31)

**Q.3** Em uma cabine de limpeza de peças por jateamento de areia, o jato descarrega **$10^5$** partículas de areia por segundo por meio da vazão em massa de ar de **1,2 Kg/s.** A dispersão de areia no ar da cabine é mantida constante por meio de admissão de **2,4 Kg/s** de ar limpo provocada por um exaustor que descarrega o ar contaminado para um sistema de filtros. Considerando que no processo, **40%** das partículas de areia se precipitam e se acumulam no piso da cabine, que o regime é permanente e que o ar pode ser considerado incompressível com massa específica igual a **1,2 Kg/m³**, determinar a concentração de **partículas de areia por m³ de ar** descarregado pelo exaustor.

**Dado**

**$10^5$** partículas de areia

tem massa de **50 gr**



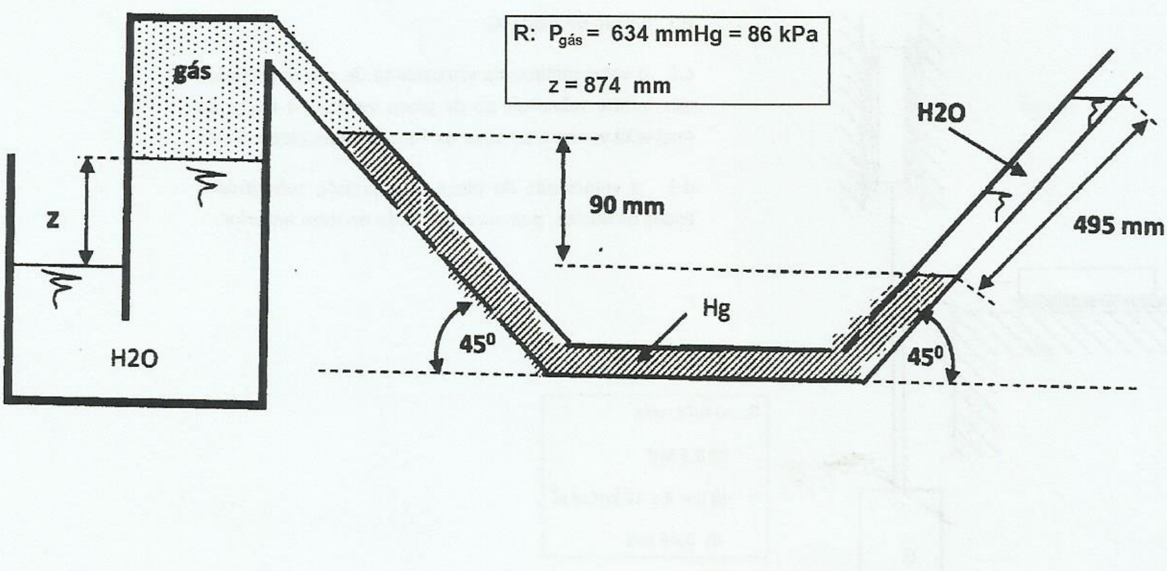

## 32)

**Q2**

**Para a figura dada, pede-se:**

**a) a pressão do gás em mmHg(abs); b) o valor da cota Z.**

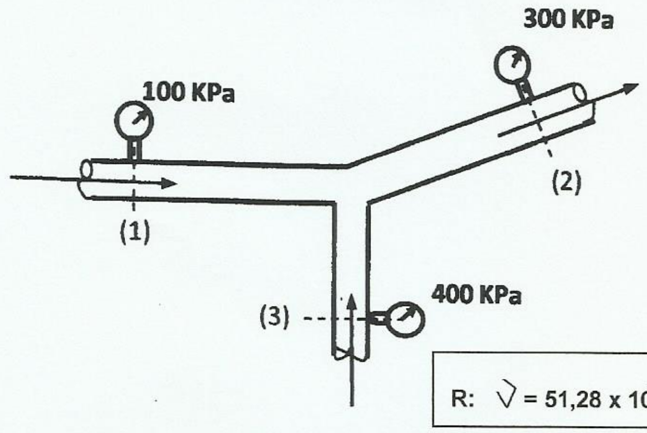
**Dados: Pressão barométrica local : 95 kPa ; $\gamma_{Hg}$ = 136 kN/m³ ; $\gamma_{H2O}$ = 10 kN/m³**



# 33)

Q3

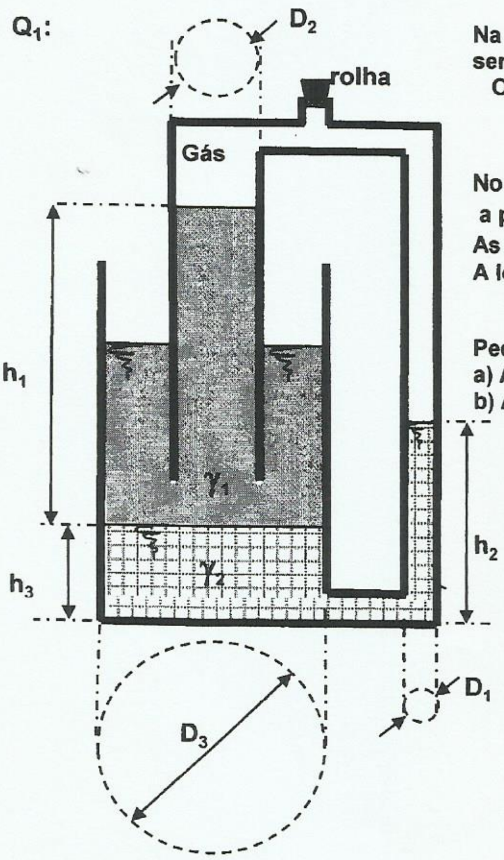
**Pelas tubulações da figura, escoa um gás denso e de alta viscosidade. As variações de temperatura nos trechos da figura, são pouco significativas, assim pode-se dizer que a viscosidade se mantem aproximadamente constante.**
**Qual a máxima viscosidade cinemática do fluido na seção (3) para que a velocidade no centro desse tubo seja 60/49 da velocidade média na seção?**
**Dados: $Q_{m1} = 0{,}02$ kg/s; $D_1 = 20$ cm; $\rho_1 = 2{,}5$ kg/m³; $Q_2 = 0{,}06$ m³/s; $D_2 = 60$ cm; $D_3 = 80$ cm; regime de escoamento permanente; pressão atmosférica local de 100 KPa.**




R: $\nu = 51{,}28 \times 10^{-6}\ m^2/s$

# 34)

$Q_1$:




**Na figura em corte, todos os elementos são cilindricos, sendo: $D_1 = 10$ cm; $D_2 = 15$ cm e $D_3 = 25$ cm.**
**Os fluidos tem pesos específicos:**

**$\gamma_1 = 25$ N/L e $\gamma_2$ desconhecido.**

**No fundo do recipiente ( onde o fluido é $\gamma_2$ ) a pressão é de 120 KPa.**
**As cotas valem: $h_1 = 4$ m; $h_2 = 3$ m e $h_3 = 1$ m.**
**A leitura barométrica local é de 690 mm Hg.**

**$\gamma_{Hg} = 133{,}4$ N/L**

**Pede - se:**
**a) A pressão absoluta do Gás em KPa;**
**b) As novas cotas, ao se retirar a rolha.**

R: a ) $P_{gas})_{abs} = 62{,}0$ kPa

b) $h_1' = 3{,}23$ m

$h_2' = 1{,}32$ m

$h_3' = 1{,}32$ m

# Transmissão de Calor

Transferência de calor (energia) ocorre através de uma diferença de temperatura.

× Taxa de transmissão de calor ("ou "potencia térmica")

$$\boxed{\dot{Q} = \frac{\text{energia (calor)}}{\text{tempo}} \quad \left(\frac{J}{s} = W\right)}$$

× Fluxo térmico

$$\boxed{q'' = \frac{\dot{Q}}{A} \quad (W/m^2)}$$

Mecanismo de transferência de calor: × Condução, × Convecção, × Radiação

<u>Condução de calor:</u> É a transferência de calor que ocorre num meio sólido.

K: condutividade térmica

h: coeficiente convecção

(Transiente $t_1 > t_2$
Estacionar $t_1 < t_2$

$$\boxed{\dot{Q} = -KA\frac{dT}{dx} \quad [W]}$$

Resistência térmica, define-se como a relação entre a diferença de temperatura e o fluxo de calor.

Obs.: A associação de resistência faz analogia com circuitos elétricos

$$\boxed{R = \frac{\Delta T}{\dot{Q}}} \quad \therefore \quad \boxed{R_{cond} = \frac{e}{K.A}} \left[\frac{K}{W}\right]$$

(Paredes planos)

$$\boxed{R_{condC} = \frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right)}{2K\pi L}}$$ (Paredes cilindricas)

$$\boxed{R = \frac{1}{4K\pi}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right)}$$ (Paredes esféricas)

<u>Convecção de Calor:</u> "Transferência de calor entre o sólido e o fluido"

$$\boxed{R_{conv} = \frac{1}{h.A}}$$

(Paredes Planos)

$$\boxed{R_{convi} = \frac{1}{(2\pi r_0 L)h_i}} \qquad \boxed{R_{conve} = \frac{1}{(2\pi r_1 L)h_e}}$$

(Paredes Cilindricas)

$$\boxed{R_{conv} = \frac{1}{4\pi r^2 . h}}$$

(Paredes esféricas)

# Lista Suplementar de Exercícios P1

1) **Dados:**

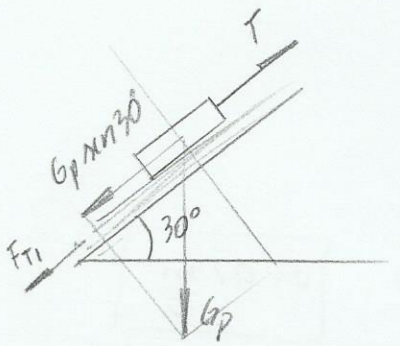
$D_p = 20\,cm$ $D_e = 20{,}2\,cm$ $v = 2\,m/s$ (cte)

$\nu = 10^{-4}\,m^2/s$ $\gamma_c = 8\,kN/m^3$ $\gamma_m = 12\,kN/m^3$

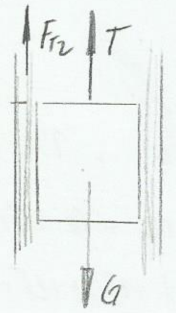
$G_p = 50\,N$ $A = 0{,}5\,m^2$ $\varepsilon = 1\,mm$

× Qual deve ser a altura do pistão?

Diagrama de corpo livre 1




Diagramo do corpo livre 2




$T = G - F_{T2}$

1 kgf = 10 N

$T = G_p \operatorname{sen} 30 + F_{T1}$

$G_p \operatorname{sen} 30 + F_{T1} = G - F_{T2}$

$G = G_p \operatorname{sen} 30 + F_{T1} + F_{T2}$

$G = G_p \operatorname{sen} 30 + \mu_1 \dfrac{dv}{dy} A_1 + \mu_2 \dfrac{dv}{dy} A_2$

$\nu = \dfrac{\mu}{\rho}$ ; $\rho = \dfrac{\gamma}{10}$ $\therefore \mu = \dfrac{\nu \cdot \gamma}{10} = \dfrac{10^{-4} \cdot 8000}{10} = 0{,}08$

$G = \underbrace{50 \operatorname{sen} 30}_{25} + \dfrac{0{,}08 \cdot 2 \cdot 0{,}5}{1 \cdot 10^{-3}} + \dfrac{0{,}08 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0{,}20 \cdot L}{1 \cdot 10^{-3}} = 105 + 100{,}53L$

$V = \pi R^2 L$

$V = \pi \cdot 0{,}1^2 L$

$\gamma = \dfrac{E}{V}$ $\therefore G = 12000 \cdot \pi \cdot 0{,}1^2 L = 105 + 100{,}53L$

$\therefore L = 0{,}38\,m$

2) **Dados**

$A = 0{,}4\,m^2$ $\varepsilon = 0{,}1\,mm$ $v_p = 2{,}5\,m/s$

$D_1 = 40\,cm$ $D_2 = 40{,}02\,cm$ $G_1 = 46\,N$

$\mu = 0{,}32\,Ns/m^2$ $L = 60\,cm$

× Calcule o peso $G_2$

$T = G_1 \operatorname{sen} 30 + 2F_{T1} = G_2 - F_{T2}$

$G_2 = G_1 \operatorname{sen} 30 + 2F_{T1} + F_{T2}$

$G_2 = 46 \operatorname{sen} 30 + 2 \cdot \dfrac{0{,}32 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}4}{0{,}1 \cdot 10^{-3}} + \dfrac{0{,}32 \cdot 2{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}6}{0{,}01 \cdot 10^{-2}} = \boxed{12\,454{,}9\,N}$

3) **Dados**

$A = 1{,}5\,m^2$ $\mu = 10^{-2}\,Kgf\,s/m^2$ $\varepsilon = 1\,mm$

Quando isolada: placa 1: $0{,}4\,m/s$

x Determinar velocidade das placas

Situação 1:

$G\,sen\,30 = F_T$

$G\,sen\,30 = \mu \cdot \dfrac{dv}{dy} \cdot A$

$G\,sen\,30 = \dfrac{10^{-2} \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}5}{1 \cdot 10^{-3}} \therefore G = 12\,N$

Situação 2

$T = G\,sen\,30 + 2F_{T2}$ ; $T = G - 2F_{T1}$

$G\,sen\,30 + 2F_{T2} = G - 2F_{T1}$

$G(sen\,30 - 1) + 2F_{T2} + 2F_{T1} = 0$

$12(sen\,30 - 1) + 2\dfrac{10^{-2} \cdot v \cdot 1{,}5}{1 \cdot 10^{-3}} + 2\dfrac{10^{-2}\,v \cdot 1{,}5}{1 \cdot 10^{-3}} = 0 \therefore \boxed{v = 0{,}1\,\frac{m}{s}}$

4) **Dados**

$\gamma_L = 8000\,N/m^3$ $D_1 = 19{,}8\,cm$ $D_2 = 20\,cm$

$D_3 = 30\,cm$ $D_4 = 40\,cm$ $L = 1\,m$

x Determinar a viscosidade cinemática

$\omega = \dfrac{v}{R} \therefore v = \omega \cdot R$

$\Sigma M_{motor} = \Sigma M_{resist}$

$\dfrac{0{,}3}{2} \cdot 160 = \dfrac{0{,}2}{2} \cdot F_T + \dfrac{0{,}4}{2} \cdot 110$

$\therefore F_T = 20\,N$

$F_T = \mu \cdot \dfrac{dv}{dy} \cdot A$ ;

$20 = \dfrac{\mu \cdot 32 \cdot 0{,}1}{0{,}1 \cdot 10^{-2}} \cdot \pi \cdot 0{,}2 \cdot 1$

$\therefore \mu = 9{,}947 \cdot 10^{-3}\,\dfrac{Ns}{m^2}$ $\rho = \dfrac{\gamma}{10}$

$\therefore \nu = \dfrac{9{,}947\,10^{-3}}{\frac{8000}{10}} = \boxed{1{,}24 \cdot 10^{-5}\,\frac{m^2}{s}}$

5) $F_{Tv} = \dfrac{0{,}054 \cdot 0{,}20 \cdot \pi \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}40}{1{,}2 \cdot 10^{-3}} = \boxed{3{,}39\,Kgf}$

$\omega = \dfrac{v}{R} = \dfrac{0{,}2}{0{,}075} = \dfrac{8}{3} \therefore v = \dfrac{8}{3} \cdot 0{,}15 = 0{,}4\,m/s$

$F_{Th} = \dfrac{0{,}054 \cdot 0{,}4 \cdot \pi\,0{,}30\,0{,}4}{1{,}2 \cdot 10^{-3}} =$

6) **Dados**

$A_B = 50\,cm^2$ $A_A = 200\,cm^2$

$\gamma_A = 10000\ N/m^3$

$1atm = 760mmHg = 101230\,Pa = 10330\ \frac{kgf}{m^2}$

$= 10,33\ mca = 1,01\ bar = 14,7\ psi$

$1kgf = 10N$ $1m^2 = 10^4\,cm^2$

(a)

$0 + 0,9\gamma_A - 0,9\gamma_B = P_b$

$9000 - 0,9\gamma_B = P_b$

$0,9.\gamma_A - \gamma_B = 0$

$\gamma_B = 0,9.10000 \Rightarrow \boxed{\gamma_B = 9000\ N/m^3}$

(b) $P_b = 9000 - 0,9.9000$

$\boxed{\therefore P_b = 0,9\,KPa}$

(c) (A) (B)

$200.190 = 38\,000\,cm^3$

$50.190 = 9\,500\,cm^3$

$\Delta V' = 50.10 = 500\,cm^3$

$A' = 190 - x$ $B' = 190 + y$

$B' - A' = 10 \quad \therefore \quad 190 - x - 190 - y = 10 \quad \therefore \quad x + y = -10$

$200x = 10y$

$20x = y$

$x + y = -10$

$20x + x = -10 \quad \therefore x = 0,4761$

$y = 9,52 \quad \therefore \quad B' = 190 + 9,52 = \underline{199,52\,cm}$

7)

8)

$P_0 + P_p + 0,20.\gamma_{H_2O}$

# Capítulo 3 - Cinemática dos Fluidos

Vazão: $\boxed{Q = \int v\, dA \quad \text{ou} \quad Q = v \cdot A}$

Tipos de escoamento - número de Reynolds

$$\boxed{Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}}$$

velocidade Média

$Re < 2000$ Regime Laminar

$2000 < Re < 2400$ Transitório

$Re > 2400$ Regime turbulento

Regime laminar:

$$\boxed{v = v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]}$$

Como $Q = \int v\, dA$, temos: $\boxed{Q = \frac{v_0}{2} \pi R^2}$

$$\boxed{\bar{v}m = \frac{1}{A} \int v\, dA} \qquad \boxed{\bar{v}m = \frac{V_{máx}}{2}}$$

Regime turbulento

$$\boxed{v = v_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}} \qquad \boxed{\bar{v}m = \frac{49}{60} v_0}$$

- No regime permanente, todas as grandezas permanece inalterada ao longo do tempo.

$$\boxed{A_1 V_1 = A_2 V_2}$$ (Somente para líquidos)

Equação da continuidade

Qentra = Qsai

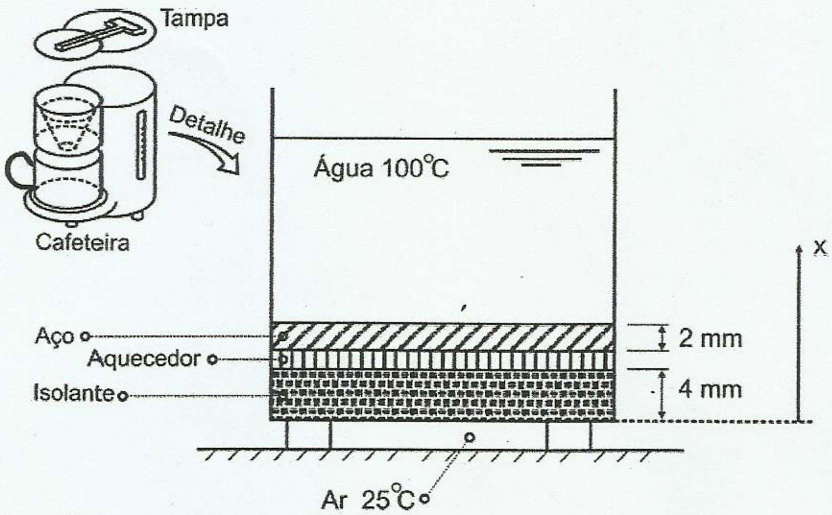
$\boxed{PV = mRT}$

EX A1.20 (P1 – 1°. Semestre 08 – DISCIPLINA NM6120) A figura ilustra esquematicamente um detalhe do sistema de aquecimento do reservatório de água de uma cafeteira elétrica. Um aquecedor elétrico dissipa (constantemente) uma quantidade de energia equivalente a 80000 J de energia em 100 segundos de operação nas condições a seguir descritas:
Temperatura da água = 100°C; Temperatura do ar ambiente = 25°C; espessura da chapa de aço = 2 mm; espessura da camada de isolante = 4 mm. Admita em sua solução:

I) Regime permanente;
II) Condução de calor unidimensional (apenas na direção x);
III) Aquecedor com temperatura homogênea em todo o seu interior e superfície;
IV) Que os efeitos da radiação térmica possam ser desprezados;
V) Que a troca de calor através dos pés do equipamento possa ser desprezada;
VI) Que as resistências de contato são pequenas.

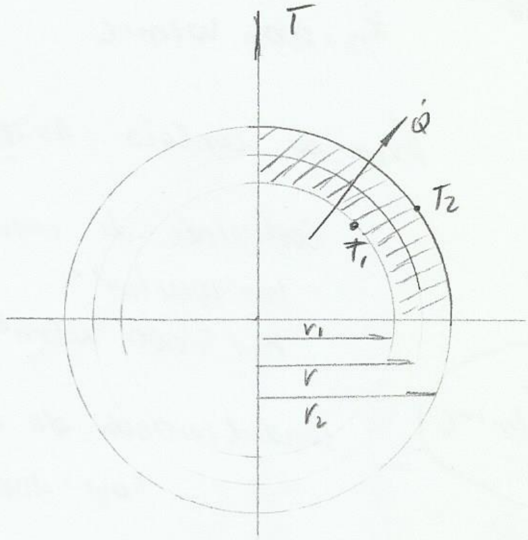
Dados:

Condutividade térmica do aço = 40 W/mK; Condutividade térmica do isolante = 0,06 W/mK;
Coeficiente de troca de calor por convecção entre o aço e a água = 3000 $W/m^2K$;
Coeficiente de troca de calor por convecção entre o isolante e o ar = 10 $W/m^2K$;
Área de contato entre a água e o aço 180 $cm^2$;
Área de contato entre o isolante e o ar 180 $cm^2$;
Determine a temperatura do elemento de aquecimento. Desenhe o circuito térmico equivalente.




Resposta: 116,825°C

× Resistência Térmica numa casca esférica




1/4 de esfera

Equação de Fourier

$$\dot{Q} = -KA_r \frac{dT}{dr}$$

$T_1 > T_2$ condução radial

regime permanente

$$A_r = 4\pi r^2$$

$$\dot{Q} = -K(4\pi r^2)\frac{dT}{dr}$$

$$\frac{\dot{Q}\,dr}{r^2} = -4K\pi\, dT$$

$$\dot{Q}\int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{r^2} = -4K\pi\int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$\dot{Q}\left|\frac{r^{-2+1}}{-2+1}\right|_{r_1}^{r_2} = -4K\pi T\Big|_{T_1}^{T_2}$$

$$-\dot{Q}\frac{1}{r}\Big|_{r_1}^{r_2} = -4K\pi T\Big|_{T_1}^{T_2}$$

$$-\dot{Q}\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right) = 4K\pi(T_1 - T_2)$$

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{4K\pi}\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)}$$

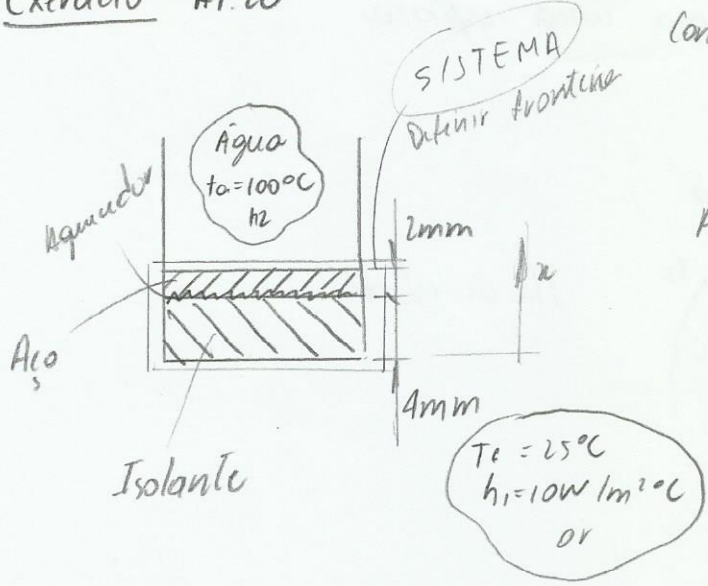
$$R = \frac{1}{4K\pi}\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)$$

resistência de convecção

$$R_{ci} = \frac{1}{h_i(4\pi r_i^2)}$$

$$R_{ce} = \frac{1}{h_e(4\pi r_2^2)}$$

Exercício A1.20




Condutividade do isolamento

$k_{is} = 0,06 \ W/m°C$

Área de contato $A = 180 \ cm^2$

Coeficiente de convecção

$h_1 = 10 W/m^2 °C$

$h_2 = 3000 \ W/m^2 °C$

condutividade do aço

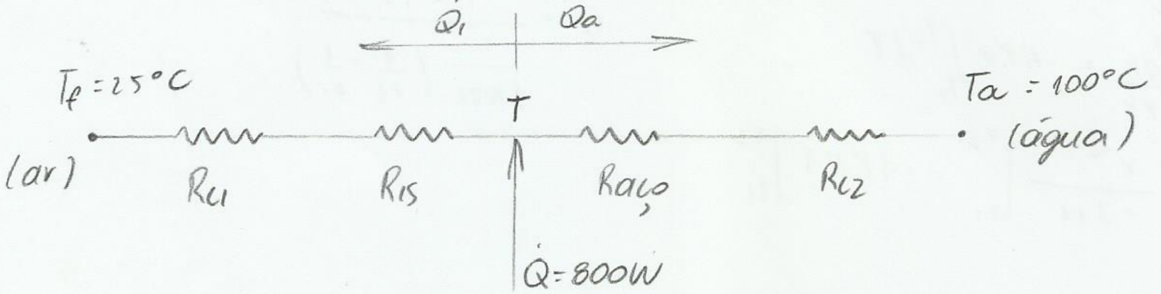
$k_{aço} = 40 W/m°C$

$E = 80\,000 J$ em $100 s$ (energia dissipada no aquecedor)

x Determinar a temperatura do aquecedor

+ Primeiro passo: Determinar o fluxo de calor

- condução na chapa de fundo
- convecção chapa - água
- condução no isolamento
- convecção isolamento ar.




$$\dot{Q} = \frac{T - T_f}{R_{c1} + R_{is}} + \frac{T - T_a}{R_{aço} + R_{c2}}$$

$$R_{c2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{3000 \cdot 180 \cdot 10^{-4}}$$

$\therefore R_{c2} = 0,0019$

$$R_{c1} = \frac{1}{h_1 A_1} = \frac{1}{10 \cdot 180 \cdot 10^{-4}} = 5,56 \ \frac{°C}{W}$$

$$R_{is} = \frac{L_{is}}{k_{is} \cdot A} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,06 \cdot 180 \cdot 10^{-4}} = 3,70$$

$$R_{aço} = \frac{L_{aço}}{k_{aço} A} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 180 \cdot 10^{-4}} = 0,0028$$

(0,002776)

# Fênomenos de transporte - Transmissão de Calor

Bibliografia: Apostila do profº Ieno
- Exercícios resolvidos e propostos

Livro: Incropera (complementar)
Çengel (complementar)

## Trasmissão de calor

É a transferência de energia (calor) devido a uma diferenças de temperatura. Pode ocorrer num mesmo meio ou em meios diferentes.

* taxa de transmissão de calor (também chamado "potência térmica")
É a energia (calor) por unidade de tempo

$$\dot{Q} = \frac{\text{energia (calor)}}{\text{tempo}} \quad (J/s = W)$$

* Fluxo térmico
É a taxa por unidade de área

$$q'' = \frac{\dot{Q}}{A} \quad (W/m^2)$$

Objetivo: Dada uma distribuição de temperatura, determinar a taxa de transmissão $\dot{Q}$ ou vice-versa

A importancia da transmissão de calor é dimensionamento de equipamentos (Area) e controle de processos térmicos

Aplicações

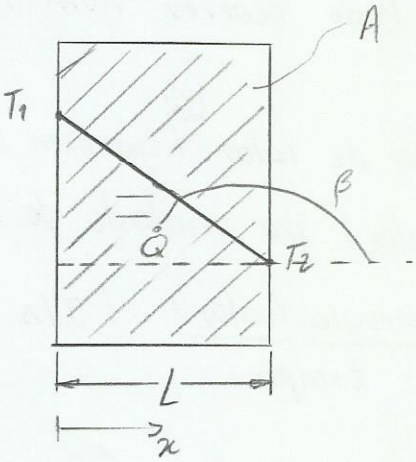
1.) Aquecimento solar
2.) fornos
3.) células fotovoltaicas

## Mecanismo de transferência de calor

- Condução
- Convenção
- Radiação

* Condução de calor: É a transmissão de calor que ocorre num meio sólido devido à diferença de temperatura; nos fluidos ela também ocorre, porém com pequena intensidade.

A condução de calor é regida pela equação de Fourier.

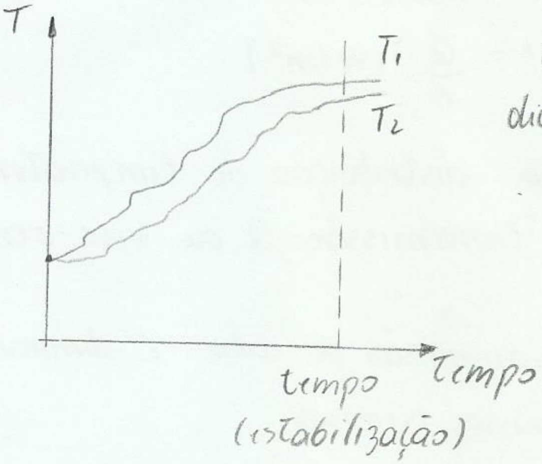



$$\boxed{\dot{Q} = -KA.\frac{dT}{dx}}$$

$\dot{Q}$: taxa de transmissão de calor (W)

A: Área de transmissão de calor ($m^2$)

Obs.: A tem que ser perpendicular ao vetor de módulo Q.




Condição unidimensional em x;
Regime estacionário

$[K] = \frac{W}{m°C} \equiv \frac{W}{mK}$

K: condutividade térmica do material

$$\dot{Q} = -KA.\frac{(T_2 - T_1)}{L}$$

isolante → pequenos valores de Q

condutores de calor →

$tg\,\beta < 0$

$tg\,\beta = \frac{dT}{dx}$ ; $\frac{dT}{dx}$ é o gradiente térmico $\frac{°C}{m} \equiv \frac{K}{m}$

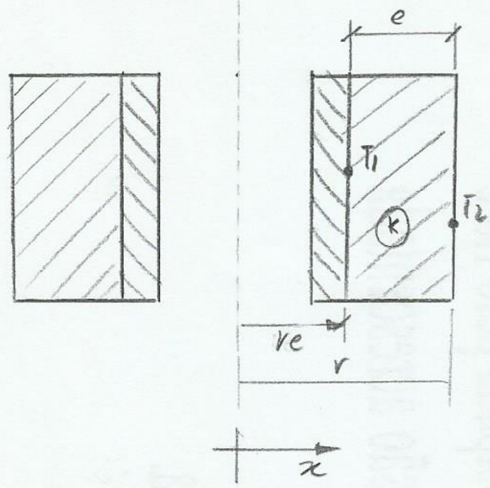
EX A.19 (P1 - 1º. Semestre 08 - DISCIPLINA NM6120) Um fio de cobre usado para transporte de energia elétrica (de 3 mm de diâmetro e 5m de comprimento) é recoberto com uma camada constante de material plástico de condutividade térmica 0,15 W/mK. Se o fio isolado é exposto a um ambiente de 30ºC e coeficiente de troca de calor por convecção é 12 $W/m^2K$, admitindo regime permanente determine:

a) A espessura de isolamento para que a temperatura na interface fio/isolamento seja a menor possível (nas condições indicadas) sabendo que a potência a ser dissipada pelo fio é de 80 W. Importante: o termo espessura do isolamento se refere à dimensão acrescentada no RAIO do fio de cobre.

b) O valor da temperatura na interface fio/isolamento na condição do item a.

Resposta: item a) 11mm e item b) 83ºC.

## Condução em paredes cilíndricas Raio crítico de isolamento

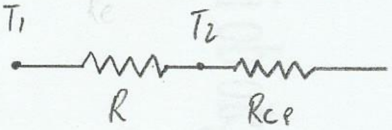


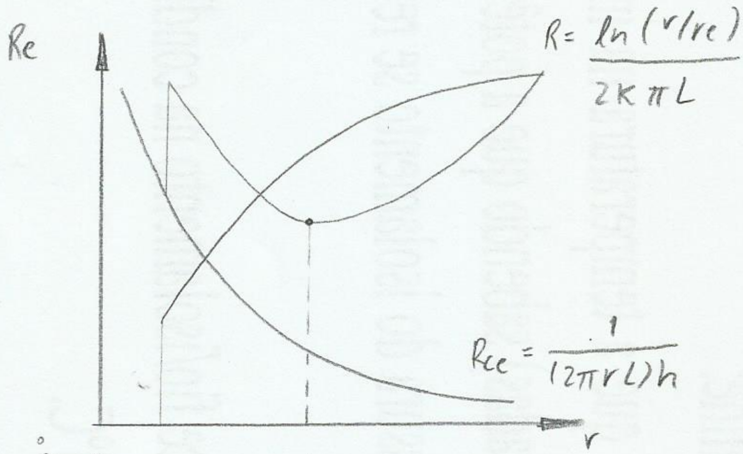


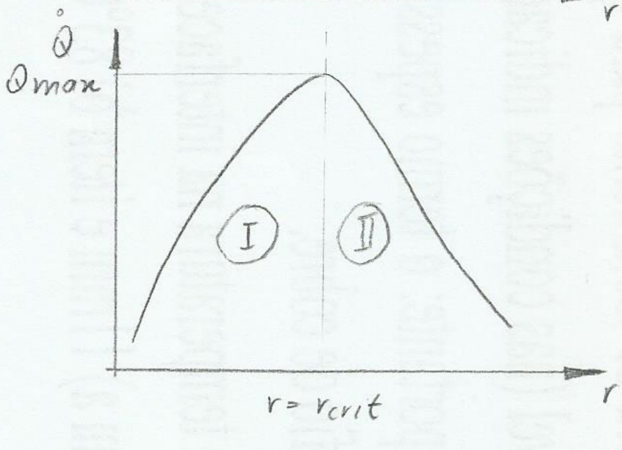
Aumentando a espessura $\underline{e}$ de isolamento térmico, o fluxo de calor <u>sempre</u> diminuirá?

Considere o isolamento de espessura com o raio $r$, condição unidimensional, regime permanente $T_1$ e $T_F$, temperaturas da interferência e do fluido.

$$R_e = \underbrace{\frac{\ln(r/r_e)}{2k\pi L}}_{R} + \underbrace{\frac{1}{(2\pi r L)h}}_{R_{ce}}$$




$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_c}{R_E}$$

Quando $R_E$ for mínimo

$\dot{Q} = Q_{max}$

$\frac{dR_e}{dr} = 0 \quad r = \frac{k}{h} = r_{crit}$ condutividade térmica

$$\frac{d^2 R_E}{dr^2} > 0$$

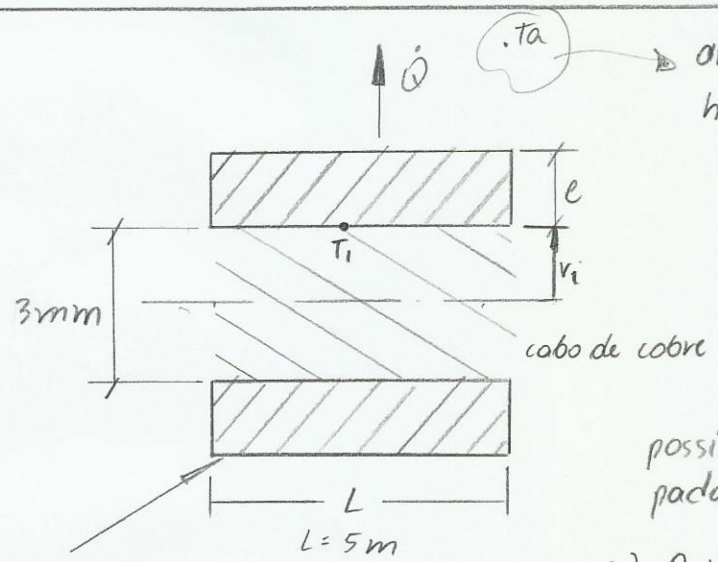
Na região I o aumento do raio (espessura) conduz a um aumento de $\dot{Q}$ até o valor máximo onde ocorre o raio crítico.

Aplicação: cabos de energia

Na região II $\quad r > r_{crit}$

O aumento de r acima do raio crítico conduz a diminuição da perda de calor.

Aplicação: Economia de energia em tubulações


ar $T_a = 30°C$

$h = 12 \frac{W}{m^2 K}$

Determinar:

1) A espessura de isolamento de forma que a temperatura na interface $T_1$ seja a menor possível, sabendo que a potência dissipada é 80W

2) O valor da temperatura $T_1$

material plástico

condutividade térmica $0{,}15 \, W/mK$

Resolução:

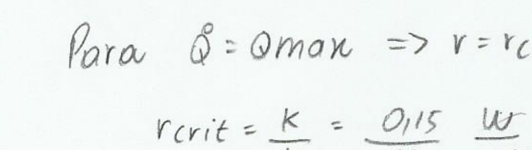
(1) A maior retirada de calor → $T_1$ assumirá o menor valor possível

Para $\dot{Q} = Q_{max} \Rightarrow r = r_{crit}$

$$r_{crit} = \frac{k}{h} = \frac{0{,}15}{12} \frac{W}{\cancel{mK}} \cdot \frac{m^2 \cancel{K}}{\cancel{W}} \quad \therefore r_{crit} = 0{,}0125\,m = 12{,}5\,mm$$

$$\therefore e = r_{crit} - r_i = 12{,}5 - 1{,}5 \quad \therefore \boxed{e = 11\,mm}$$

(2)




$$R = \frac{\ln(r_{crit}/r_i)}{2k\pi L} = \frac{\ln(12{,}5/1{,}5)}{2 \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 5} = 0{,}449\,°C/W$$

$$R_{conv} = \frac{1}{(2\pi r_{crit} L) h} = \frac{1}{2\pi \cdot 0{,}0125 \cdot 5 \cdot 12}$$

$$\therefore R_{conv} = 0{,}212\,°C/W$$

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_A}{R_e} = \frac{T_1 - T_A}{R + R_c}$$

$$T_1 = T_A + \dot{Q}(R + R_c)$$

$$T_1 = 30 + (0{,}449 + 0{,}212) \cdot 80 \quad \therefore \quad \boxed{T_1 = 82{,}97\,°C}$$

# Formulário de Mecânica dos Fluidos

*Viscosidade*

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \qquad \nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad \text{diagrama linear} \quad \tau = \mu \frac{v}{\varepsilon} \qquad F_V = \tau . A$$

*Equação da continuidade*

$$v_m = \frac{1}{A} \int v\,dA \qquad \text{Regime laminar: } v = v_{máx}\left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] \qquad V_m = 0{,}5 v_{máx}$$

$$\text{Regime turbulento: } v = v_{máx}\left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}} \qquad V_m = \frac{49}{60} v_{máx}$$

$$\text{Vazão: } Q = V.A \qquad Q_m = \rho V A \qquad Q_G = \gamma v A$$

$$\text{Equação da energia: } \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 + H_M = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_P$$

$$\text{Potência de uma bomba: } N_B = \frac{\gamma Q H_B}{\eta_B}$$

$$\text{Potência de uma turbina: } N_T = \gamma Q H_T \eta_T$$

$$\text{Perda de carga distrubuída: } h_f = f \frac{L}{D_H} \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Perda de carga singular: } h_s = k_s \frac{v^2}{2g}$$

**Conversão de unidades de pressão**