$\phi = PS + \rho \underbrace{M}_{\rho V S} V$

Prova de Recuperação de PME-2230-23/02/2005

1ª. Questão (3,5 pontos)

A Fig. Q1 mostra o esquema de um ejetor líquido - líquido. Um jato de água com seção transversal circular de área igual a A_1=0,02m^2, e com velocidade média de V_1 = 25 m/s, é introduzido no centro do tubo circular que envolve o jato. Sob efeito do jato, água é arrastada na seção anular do tubo. A área da seção transversal do tubo é igual a A_3=0,15 m^2 e a velocidade média da água na saída do tubo é de V_3 =5 m/s. Pede-se para escrever as equações básicas integrais para este problema, explicitando as hipóteses simplificadoras utilizadas:

a) a equação de balanço de massa (1 ponto);

b) a equação de conservação de quantidade de movimento (1 ponto);

c) a equação de conservação de energia (1 ponto).

d) determine a vazão de água arrastada pelo jato para dentro do tubo(0,5 ponto).

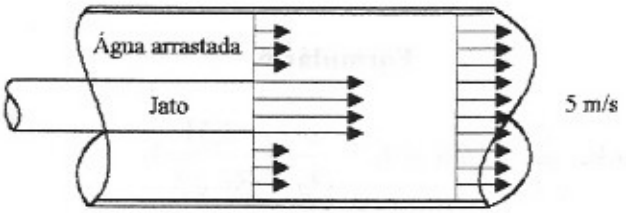


Figura Q1

2ª. Questão (3 pontos)

Determine a velocidade limite de descida de uma esfera de aço (γ = 78.000 N/m^3), com 5mm de diâmetro, liberada para o movimento num reservatório de água (γ = 10^4 N/m^3 e ν= 10^{-6} m^2 /s). Adote g =10m/s^2.

Utilize Re = VD / ν e a tabela abaixo para avaliação do coeficiente de arrasto C_a.

Re	C_a
Re < 1	24/Re
1 < Re < 21000	24Re$^{-0,4}$
21000 < Re < 350000	0,45

3ª.Questão (3,5 pontos)

Na instalação hidráulica representada pela Fig. Q3, água (γ = 10^4 N/m^3, ν= 10^{-6} m^2/s) é transferida do reservatório inferior para o superior com uma vazão de 30 L/s. A bomba MH é acionada por um motor elétrico que disponibiliza 3.000W no seu eixo e o rendimento desta bomba é igual a 75%.

Os diâmetros internos das tubulações de sucção (trecho entre as seções 1-1 e A-A) e recalque, a jusante da bomba (trecho entre as seções B-B e 2-2) são, respectivamente iguais a 0,15 m e 0,10 m.

Determine:

a) a altura manométrica da bomba;

b) a perda de carga total na instalação;

c) os números de Reynolds característicos dos escoamentos nas tubulações de sucção e de recalque;

d) a rugosidade uniforme equivalente da tubulação de recalque, considerando as seguintes informações: – o escoamento na tubulação de sucção pode ser considerando turbulento hidraulicamente liso; e os coeficientes de perdas de carga singulares nas seções 1-1 e 2-2 são dados por $ks_1 = 0{,}5$ e $ks_2 = 1{,}0$.

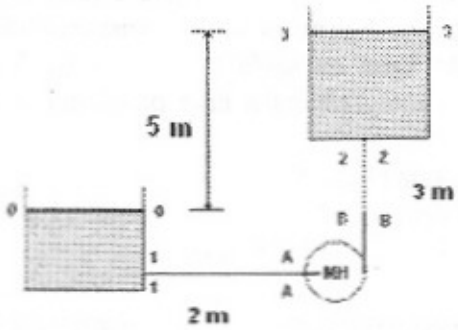


Figura Q3

Formulário

Equação de Colebrook: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log(0{,}27\frac{\varepsilon}{D_H} + \frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}})$

Equação da Energia Cinética: $H_f = H_i + \frac{(Wm - Wa)}{\gamma Q}$

Rendimento da bomba: $\eta = \frac{Wm}{Weixo}$

Perda de carga distribuída: $h_d = f\frac{L}{D_H}\frac{V^2}{2g}$

Perda de carga singular: $h_s = k_s\frac{V^2}{2g}$

Número de Reynolds: $\mathrm{Re} = \frac{VD_H}{\upsilon}$

Força de Arrasto: $Fa = \frac{1}{2}CaA\rho V^2$

RESOLUÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE MEC FLU 2004

① a) $\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c}\rho\,\vec{V}.\vec{n}\,dS + \int_{SC}\rho\,\vec{V}.\vec{n}\,dS = 0$

HIP: { Regime permanente $\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c}\rho\,\vec{V}.\vec{n}\,dS = 0$

$\therefore \int_{SC}\rho\,\vec{V}.\vec{n}\,dS = 0 \Rightarrow -\rho_1 V_1 . A_1 - \rho_2 V_2 . A_2 + \rho_3 V_3 A_3 = 0$ sendo: $A_2 = A_3 - A_1$

$\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho$ mesmo fluído

a equação se reduz a $\boxed{V_1 A_1 + V_2 (A_3 - A_1) = V_3 A_3}$

b) $\Sigma \vec{F}_{ext} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c}\rho\,\vec{V}\,d\forall + \int_{SC}\rho\,\vec{V}.\vec{V}.\vec{n}\,dS$

HIP: { Regime permanente $\Rightarrow \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c}\rho\,\vec{V}\,d\forall = 0$

$\bar{n}$ há forças externas $\Rightarrow \Sigma\vec{F}_{ext} = \vec{0}$

$\therefore \int_{SC}\rho\,\vec{V}.\vec{V}.\vec{n}\,dS = 0$ a equação se reduz a $\boxed{V_1^2 A_1 + V_2^2 (A_3 - A_1) = V_3^2 A_3}$

c) $\dot{W} + \dot{Q} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} e\rho\,d\forall + \int_{SC} e\rho\,\vec{V}.\vec{n}\,dS$; $e = u + \frac{V^2}{2} + gz$

HIP = { regime permanente $\rightarrow \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} e\rho\,d\forall = 0$

supor $\bar{n}$ há perdas de energia por trabalho mecânico ou troca de calor ao longo do tubo. $\Rightarrow \dot{W} + \dot{Q} = 0$

$\therefore \int_{SC} e\rho\,\vec{V}.\vec{n}\,dS = 0$

A equação se reduz a

$$\boxed{\left(u_1 + \frac{V_1^2}{2} + gz_1\right) V_1 . A_1 + \left(u_2 + \frac{V_2^2}{2} + gz_2\right) V_2 . (A_3 - A_1) = \left(u_3 + \frac{V_3^2}{2} + gz_3\right) V_3 A_3}$$

② $\vec{E}$, $\vec{P}$ $\quad \vec{P} - \vec{E} = \vec{F}_a$ $\quad P - E = (\gamma_{Hg} - \gamma_{água}) . \frac{4\pi R^3}{3} = (78000 - 10000) . \frac{4\pi . (2{,}5 . 10^{-3})^3}{3} = 4{,}45 . 10^{-3}$ N

$F_a = \frac{1}{2}\rho V^2 . A . C_a$ onde $A = \frac{\pi . D^2}{4} = \frac{\pi . (5 . 10^{-3})^2}{4} = 1{,}963 . 10^{-5}\ m^2$

Como não temos o valor de V e Reynolds depende de V, vamos chutar um valor para Reynolds de acordo com a tabela dada. Assim devemos ter $F_a < 4{,}45 . 10^{-3}$ N

Re	V (m/s)	Ca	Fa (N)	$N = \frac{Re}{5000}$
1	0,0002	24	$9{,}42 . 10^{-9}$	
21000	4,2	0,448047	$0{,}0775 > 4{,}45 . 10^{-3}$ (não serve)	
16000	3,2	0,499532	$0{,}0502 > 4{,}45 . 10^{-3}$ (não serve)	
4000	0,8	0,869735	$5{,}46 . 10^{-3} > 4{,}45 . 10^{-3}$	
3500	0,7	0,917453	$4{,}41 . 10^{-3} \longrightarrow$ serve.	
3[illegible]	[illegible]	[illegible]		

$\therefore$ A velocidade limite é, aproximadamente, $V \simeq 0{,}7$ m/s

③

a) $H_M = \frac{W_m \cdot \eta}{\gamma \cdot Q} = \frac{3000 \cdot 0{,}75}{10^4 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}$ $\boxed{H_M = 7{,}5\,m}$ onde $H_m > 0$ pois é uma bomba

b) $H_3 - H_0 = H_m - H_{perdas}$

$\cancel{\frac{\alpha V_3^2}{2g}}^{\approx 0} + \cancel{\frac{P_3}{\gamma}}^{\approx 0} + z_3 - \cancel{\frac{\alpha V_0^2}{2g}}^{\approx 0} - \cancel{\frac{P_0}{\gamma}}^{\approx 0} - z_0 = H_M - H_{perdas}$

$z_3 - z_0 = H_m - H_{perdas}$ $H_{perdas} = 7{,}5 - (5)$ $\boxed{H_{perdas} = 2{,}5\,m}$

c) $V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D_2^2}{4}} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi \cdot (0{,}1)^2}{4}} = 3{,}82\,m/s$ $Re = \frac{V_2 \cdot D_2}{\nu} = \frac{3{,}82 \cdot 0{,}1}{10^{-6}}$ $\boxed{Re_{recalque} = 382000}$

$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi D_1^2}{4}} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi (0{,}15)^2}{4}} = 1{,}7\,m/s$ $Re_{sucção} = \frac{V_1 D_1}{\nu} = \frac{1{,}7 \cdot 0{,}15}{10^{-6}}$ $\boxed{Re_{sucção} = 255000}$

d) $H_{perdas} = f \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} + f \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} + K_{s_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + K_{s_2} \frac{V_2^2}{2g}$

$2{,}5 = f \left(\frac{2}{0{,}15} \cdot \frac{(1{,}7)^2}{20} + \frac{3}{0{,}1} \cdot \frac{(3{,}82)^2}{20} \right) + 0{,}5 \cdot \frac{(1{,}7)^2}{20} + 1 \cdot \frac{(3{,}82)^2}{20}$ $\therefore$ $f = 0{,}0713$

Pelo diagrama de moody, para $f \simeq 0{,}07$ a faixa para $Re \simeq 3{,}8 \cdot 10^5$ temos uma região onde $\frac{\varepsilon}{D}$ é cte e vale aproximadamente $0{,}047$.

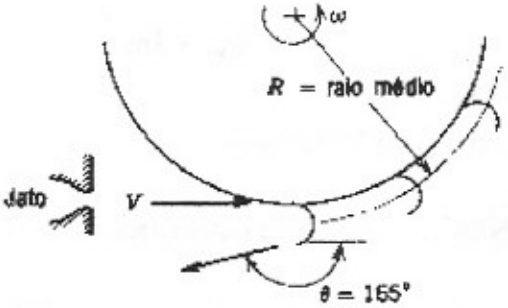
Assim, para o diâmetro da tubulação de recalque, $\varepsilon = 0{,}0047\,m$.

Prova Substitutiva de PME-2230-Mecânica dos Fluidos I 15/12/2004

1ª. Questão (3.0 ptos).

Uma turbina Pelton é um tipo de turbina hidráulica adequado para situações de altura hidrostática elevada e baixas vazões. A roda consiste em uma série de pás montadas em um rotor, conforme mostrado na figura abaixo. Na turbina em análise, um ou mais jatos são arranjados de forma a atingir as pás tangencialmente ao círculo do cubo do rotor e sair das pás a um ângulo $\theta = 165^0$, como mostrado na figura. Considere a roda Pelton e o arranjo com um único jato, com velocidade média V (vide figura). Obtenha uma expressão para o torque exercido pelo jato d'água sobre a roda e a potência gerada correspondente. Admita a velocidade da palheta $U = \omega R$. Determinar o valor de *U/V* requerido para maximizar a potência produzida pela turbina.

Explicitar as hipóteses simplificadoras utilizadas e mostrar o volume de controle escolhido nos cálculos.



Formulário:

$$-\int_{VC} \vec{r} \wedge \left[2\vec{\omega} \wedge \vec{V}_{xyz} + \vec{\omega} \wedge (\vec{\omega} \wedge \vec{r}) + \dot{\vec{\omega}} \wedge \vec{r} \right] \rho d\forall = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \vec{r} \wedge \vec{V}_{xyz} \rho d\forall + \int_{SC} \vec{r} \wedge \vec{V}_{xyz} (\vec{V}_{xyz} . d\vec{A}) \cdot \rho$$

$$\vec{G} + \vec{R} = \phi_e \vec{n}_e + \phi_s \vec{n}_s \qquad \phi = pS + \beta \dot{m} V$$

2ª Questão (3,0 pontos):

Um modelo de um aerofólio de perfil delgado e liso deve ser testado para a verificação do arrasto num túnel de vento. O modelo é simétrico e pode ser aproximado por uma placa plana. O comprimento da corda é 150 mm. Para uma velocidade da corrente de ar de 200 m/s e temperatura de 27°C, determinar a força de arrasto por unidade de largura para os casos:

a) Camada Limite turbulenta desde o bordo de ataque

b) Camada Limite com região laminar e região turbulenta

Dados:

Para o ar: Rar (constante gás perfeito) = 287 J/(kg*K) $\nu = 1{,}57 * 10^{-5}$ m²/s

P = Patm ≈ 92000 Pa

Placa Plana : C.L. Laminar: $C_{Df} = \frac{1{,}328}{\sqrt{Re_L}}$ C.L. Turbulenta: $C_{Df} = \frac{0{,}455}{(\log Re_L)^{2{,}58}}$

$Re_{CR} = 5 * 10^5$

↑ uma face ↑ uma face

3ª Questão (4,0 pontos)

Temos o escoamento de água pela tubulação da Figura. Entre as seções (6) e (7) um tubo de Pitot é usado para medir o perfil de velocidades. Na seção (6), o perfil é do tipo $v = V_{max}\,(1 - r/R)^{1/7}$, com a velocidade média sendo $V = \frac{49}{60}\,V_{max}$ (V_{max} é a velocidade na linha de centro da tubulação). O Pitot esta medindo a velocidade na cota $r = 3$cm (ver detalhe). Pedem-se:

3.1) Dar o valor das cargas H_0 e H_{10} (1.0 pto).

3.2) Qual o valor de V_{max} (0,5 pto)? Qual o valor da vazão na tubulação (0,5 pto)?

3.3) Qual o valor do coeficiente de perda de carga distribuída f (0,5 pto)?

3.4) Qual o valor da carga manométrica da máquina de fluxo (0,8 pto)? É bomba ou turbina (0,2 pto)?

3.5) Qual o valor da potência no eixo da máquina m se seu rendimento é $\eta = 67\%$ (0,5 pto)

Dados:

Rugosidade uniforme equivalente $K = 0{,}05$ mm

Diâmetro da tubulação $D = 10$ cm

$L_{12} = 2\text{m}\ ;\ L_{34} = 3\text{m}\,;\, L_{45} = L_{56} = 5\text{m}\,;\, L_{67} \cong 0\,;\, L_{78} = L_{89} = 3\text{m}$

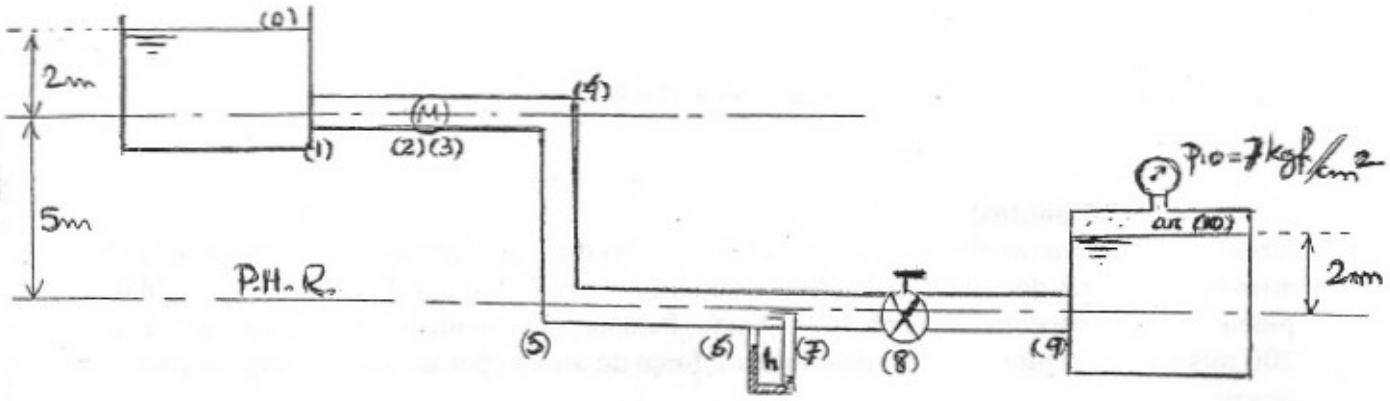
$ks_1 = 0{,}5\,;\, ks_4 = ks_5 = 0{,}9\,;\, ks_8 = 10\,;\, ks_9 = 1$

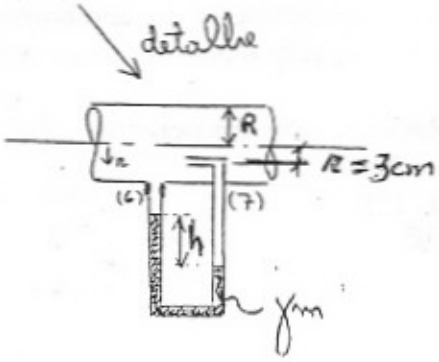
peso especifico do fluido manométrico $\gamma_m = 136000\ \text{N/m}^3$

desnível no manômetro $h = 2$ cm

peso especifico da água $\gamma = 10000\ \text{N/m}^3$ e viscosidade cinemática da água $\nu = 10^{-6}\,m^2 s$

Dados: $g = 10\ \text{m/s}^2$; $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left(0{,}27\frac{\in}{D} + \frac{2{,}51}{R_e\sqrt{f}}\right)$; $hs = ks\frac{V^2}{2g}$; $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$





PROVA DE RECUPERAÇÃO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS I - PME 2230
12/02/2003

Lembre-se:

- **Preencha os dados em todos os carimbos das folhas de respostas.**
- **Responda uma questão por folha a partir da página interna (não escreva na folha com carimbo)**

1ª Questão (3,0 ptos)

Na instalação esquematizada abaixo, o reservatório de água ($\gamma = 10^4$ N/m^3, $\nu = 10^{-6}$ m^2/s) é de grandes dimensões e a bomba é acionada por um motor elétrico que disponibiliza **7 kW** para o seu eixo. Nestas condições, o rendimento total da bomba é de 70%.

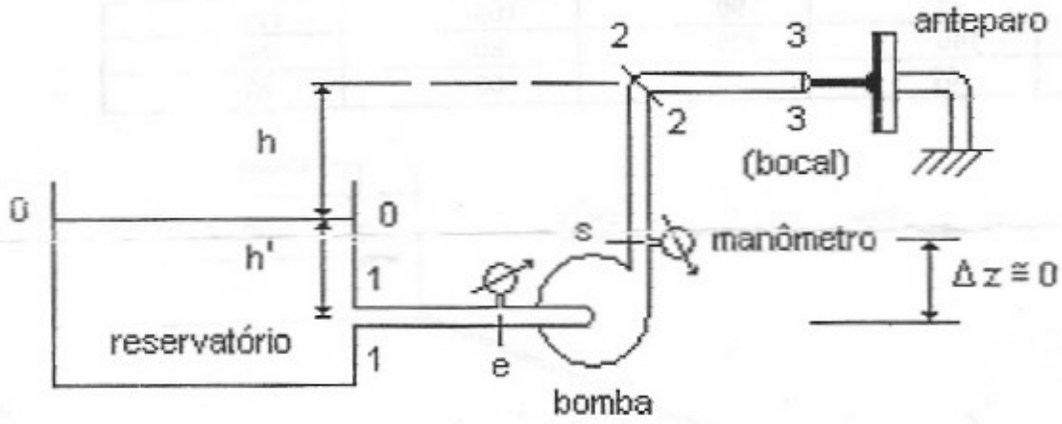
Sabendo que os diâmetros das tubulações de sucção e de recalque são ambos iguais a **0,1 m** e que o manovacuômetro e o manômetro indicam, respectivamente, **(–100 kPa)** e **(+2,35•10^5 Pa)**, determinar:

a) a altura manométrica da bomba; (0,5 pto)
b) o número de Reynolds característico do escoamento; (0,5 pto)
c) a velocidade média do jato, sabendo que o diâmetro da seção menor do bocal é 0,05 m;(0,5 pto)
d) a perda de carga total na instalação;(0,5 pto)
e) a intensidade da componente horizontal da força F aplicada ao anteparo (1,0 pto)

Dados: **h = 3m, h' = 2m, L = 320 m** (comprimento total dos trechos retos de tubulação onde se observa escoamento dinamicamente estabelecido)

ks_1 = 0,5; ks_2 = 0,9; ks_3 = 0,7 (coeficientes de perda de carga singular); Adotar **g = 10m/s^2**;

Desprezar o peso da água no ∀C coincidente com seu escoamento externo.

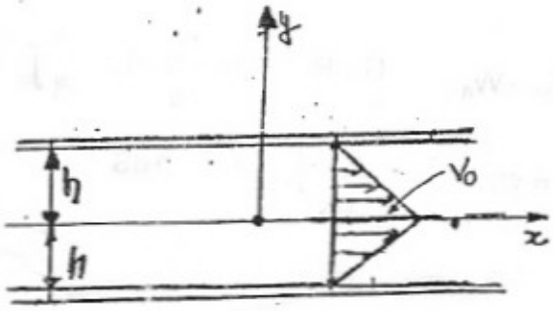


2ª Questão (3,5 ptos.)

No escoamento plano de um fluido entre 2 placas planas paralelas o diagrama de velocidade é o apresentado na figura.

Determinar:

a) vazão volumétrica por unidade de largura das placas (1,0 pto.)
b) velocidade média na seção (0,5 pto.)
c) coeficiente de energia cinética (0,5 pto.)
d) fluxo da energia cinética (0,5 pto.)
e) coeficiente da quantidade de movimento. (0,5 pto.)
f) fluxo da quantidade de movimento (0,5 pto.)



3° Questão: (valor 3,5 pontos)

A figura abaixo representa um sistema de recalque cujos reservatórios operam com os níveis dentro dos limites indicados. Além disto, com o tempo, a tubulação sofre um processo de envelhecimento com o aumento da rugosidade.

A partir dos dados apresentados abaixo, pedem-se:

a) Identifique a situação de vazão máxima. (0,5 pto.) Para esta situação, obtenha a curva característica da instalação (equação da curva ; determine o ponto de funcionamento (1,0 pto.) e calcule a potência nominal da bomba (em kW). (0,5 pto.)

b) Identifique a situação de vazão mínima. (0,5 pto.) Para esta situação, obtenha a curva característica da instalação (equação ; determine o ponto de funcionamento (1,0 pto.)

Dados:

e = 0,3 mm (tubo novo); **e = 2,0 mm (tubo velho)**

L_1 = 40 m **L_2 = 120 m** (os comprimentos já incluem os comprimentos equivalentes das singularidades).

D_1 = 200 mm **D_2 = 150 mm**

Observações:

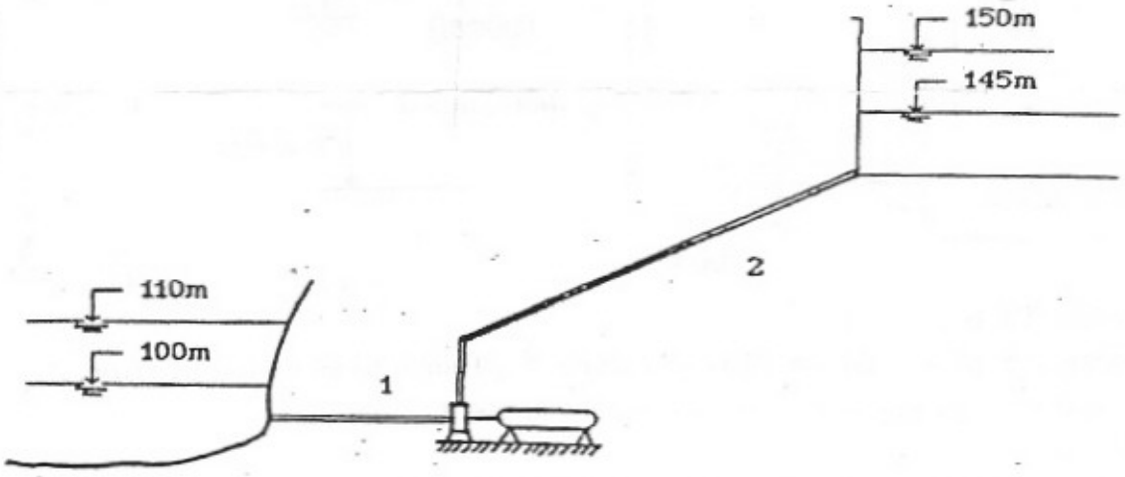
- As curvas característica da bomba estão dadas na tabela anexa e em folha anexa que deverá ser utilizada para a resolução gráfica do problema.
- Admitir regime de escoamento turbulento rugoso com:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1{,}74 + 2\log\frac{D}{2e}$$

0,3 → 6,79 → $2{,}17 \cdot 10^{-2} = f$

2,0 → → $3{,}79 \cdot 10^{-2} = f$

Q (l/s)	75	90	105	111
Hm (m)	140	120	80	60
η (%)	61	70	68	67



FORMULÁRIO:

$$h_f = f\frac{L}{D_H}\frac{V^2}{2g} \qquad h_s = K_s\frac{V^2}{2g} \qquad H_{INSTAL.} = \sum \text{perdas} + \Delta z$$

$$\left(\frac{dN}{dt}\right)_{sistema} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall C}\eta\,\rho\,d\forall + \int_{SC}\eta\,\rho\,\vec{v}\times\vec{n}\,dS \qquad \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall C}\rho\,d\forall + \int_{SC}\rho\,\vec{v}\times\vec{n}\,dS = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall C}\left(\frac{v^2}{2g}\right)\gamma\,d\forall + \int_{SC}\left(\frac{v^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}+z\right)\gamma\,\vec{v}\times\vec{n}\,dS = W_m + W_{ea} - W_a \qquad \vec{G}+\vec{R} = \Phi_1\vec{n}_1 + \Phi_2\vec{n}_2 + \frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall C}\vec{v}\,\rho\,d\forall$$

$$\Phi = p * S + \beta * M * V \qquad C = \frac{1}{2}\int \rho\,v^2\,\vec{v}\times\vec{n}\,dS \qquad \vec{X} = \int \rho\,\vec{v}\cdot\vec{v}\times\vec{n}\,dS$$

Prova Substitutiva de Mecânica dos Fluidos I – PME 2230
04/12/2002

Nome: _____

_____ **No. USP:** _____

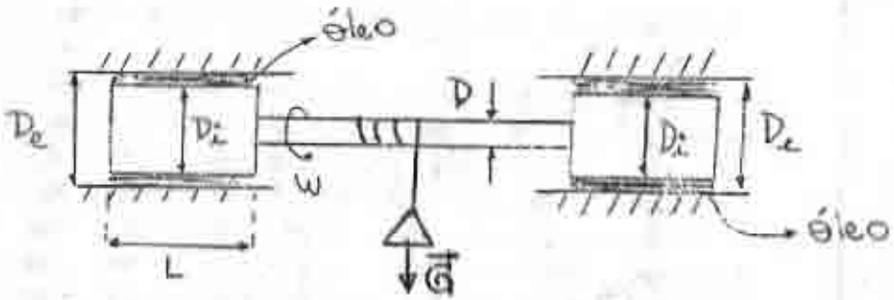
1ª Questão (3,0 ptos) Um eixo com diâmetro $D = 30$ mm, que está apoiado em dois mancais cilíndricos de dimensões $D_i = 150$ mm e $D_e = 152$ mm, gira sob a ação do peso $\vec{G}$ com velocidade angular ω. Utiliza-se como lubrificante o óleo SAE 30 a uma temperatura $T = 20°C$. Se os mancais têm comprimento $L = 300$ mm, pede-se determinar:

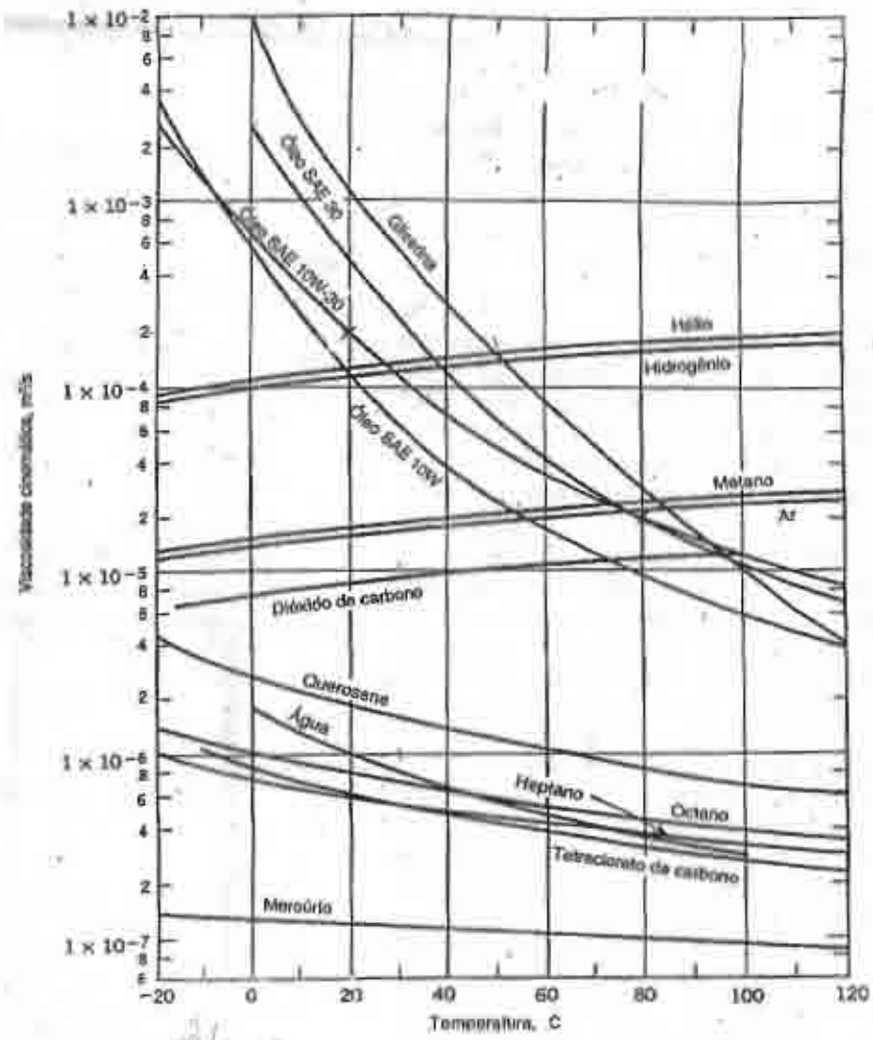
a) O momento resistente à rotação (1,0 pto).

b) O valor do peso G, desprezando-se efeitos de rigidez e atrito na corda (1,0 pto.).

c) Os novos valores de momento resistente e do peso G, quando a temperatura do óleo passa a ser $T = 80°C$. Comente as diferenças com os resultados obtidos nos itens anteriores (1,0 pto.).

Dados: rotação $n = 30$ rpm, $\rho = 920 kg/m^3$.





2ª QUESTÃO (3,5 pontos) No sistema mostrado na figura, a água do reservatório inferior, de nível constante, é bombeada e sai pela secção 7-7 em forma de jato livre para a atmosfera. A curva característica da bomba é expressa por:

$H_m = 50 - 5000\ Q^2$ com H_m em metros e Q em m^3/s

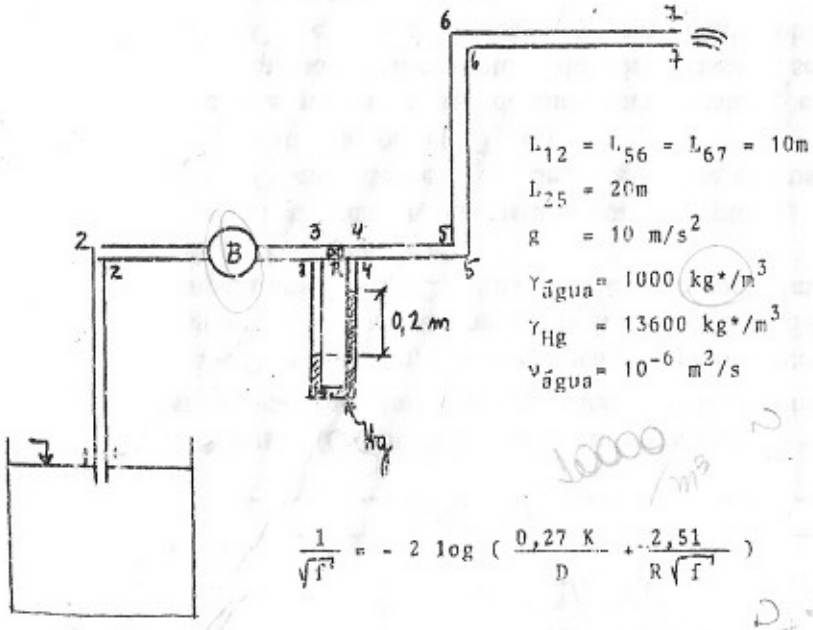
a) Calcular a perda de carga no registro **R** que está localizado entre as secções 3-3 e 4-4, onde o manômetro diferencial aponta um desnível de **0,2 m** de mercúrio. (1,0 ponto)

b) Conhecendo-se a curva característica da bomba determinar a vazão veiculada no sistema. (1,5 ponto)

c) Determinar a potência fornecida para o eixo da bomba em **cv** sabendo-se que o seu rendimento é de **82%**. (1,0 ponto)

São dados:

- Tubulação de diâmetro constante igual a **10 cm** e rugosidade equivalente de **0,1mm**.
- Coeficientes de perda de carga singular:
  $K_{s1} = K_{s2} = K_{s5} = K_{s6} = 0,5$



$L_{12} = L_{56} = L_{67} = 10m$

$L_{25} = 20m$

$g = 10\ m/s^2$

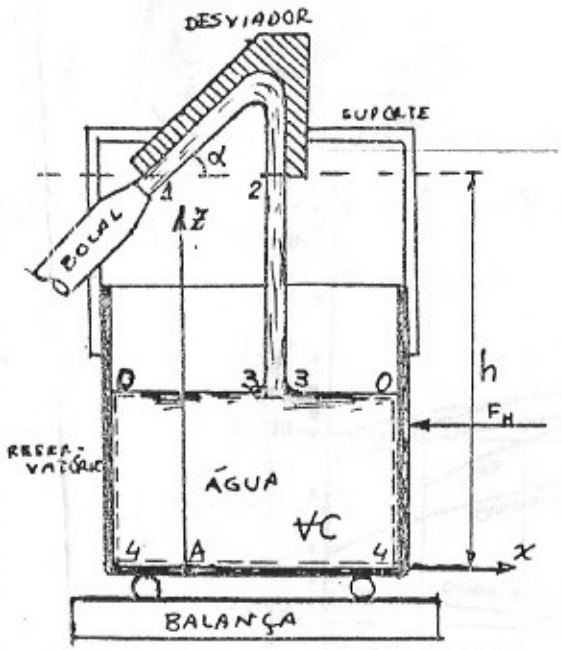
$\gamma_{água} = 1000\ kg^*/m^3$

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

$\nu_{água} = 10^{-6}\ m^2/s$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{0,27\ K}{D} + \frac{2,51}{R\sqrt{f}}\right)$$

3ª Questão: (3,5 pontos)



Na instalação da figura água é lançada num desviador através de um bocal cujo jato tem seção $S_1 = 20\ cm^2$, com vazão de 10 ℓ/s.

O desviador acha-se firmemente ligado a um reservatório de base quadrada de lado = 50 cm, e apoia-se no estrado de uma balança.

Pede-se:

a) Expressões literais da equação da quantidade de movimento que se aplicam ao trecho (1-2) do jato desviado e ao Volume de Controle assinalado em tracejado na figura, que envolve a água contida no reservatório. (0,6 pto).

b) Cálculo de V_1 e V_2 (0,3 pto), bem como de V_3 na entrada da superfície livre 0-0 (0,3 pto).

c) Componentes vertical e horizontal da força que o jato desviado (1-2) exerce sobre o desviador. (1,0 pto).

d) Ação isolada que o jato exerce sobre o reservatório ao tocar a superfície livre 0-0. Esta é a superfície livre após 10 s de iniciado o escoamento. (Sugetão: usar a equação obtida para o ∀C do item "a") (0,5 pto).

e) Ação conjunta que o jato (1-2-3) exerce sobre o reservatório/desviador, determinando a força horizontal a ser aplicada para mantê-lo em equilíbrio (0,4 pto), e o peso assinalado pela balança no instante t= 10 s . (0,4 pto).

NOTAS

- desprezar qualquer atrito e a ação da gravidade no jato desviado (1-2).
- desprezar a resistência do ar e atritos no jato vertical (2-3).
- considerar $\beta_i = 1,0$
- condição inicial: reservatório vazio.

DADOS

$\gamma = 10.000\ N/m^3$ $\qquad g = 10\ m/s^2$

$\nu = 10^{-6}\ m^2/s$ $\qquad h = 1,2\ m$

$\alpha = 45^o$

Peso do conjunto reservatório + desviador : 2.000 N