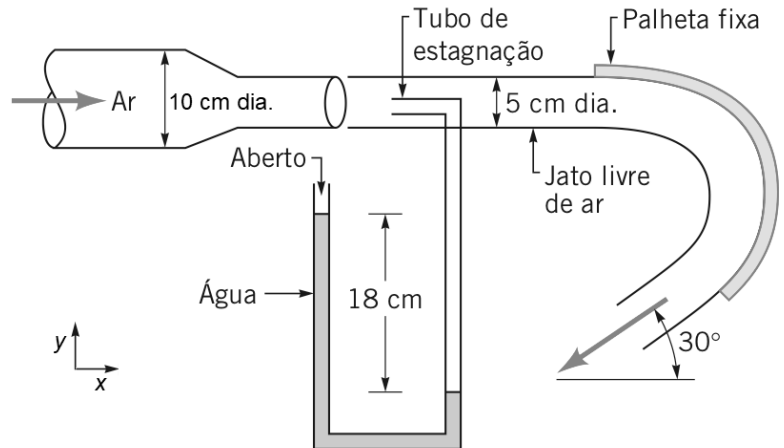


**1ª Questão (3,5 pontos)**

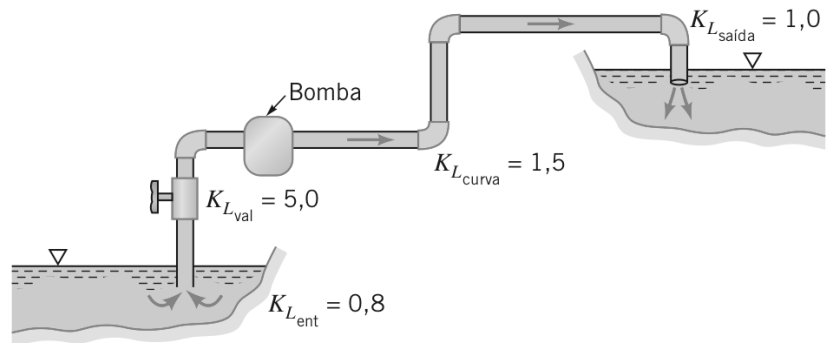
A figura mostra um bocal que descarrega um jato circular de 5 cm de diâmetro de ar ( $\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ) que incide em uma palheta montada em um plano vertical. Um tubo de Pitot conectado a um manômetro de tubo em U com água ( $\rho_w = 998 \text{ kg/m}^3$ ) está posicionado na saída do jato. Considerando as dimensões indicadas na figura, que a aceleração da gravidade vale  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  e admitindo que os efeitos da gravidade e do atrito no escoamento sejam desprezíveis, determine.



- A vazão mássica de ar pelo bocal; **(0,9 ponto)**
- A força exercida pelo jato de ar sobre a palheta; **(1,1 ponto)**
- A força horizontal de vínculo no bocal para que ele permaneça parado. **(1,5 ponto)**

**2ª Questão (3,0 pontos)**

A figura mostra uma instalação que transporta água ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ,  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) entre dois lagos. A tubulação tem diâmetro interno  $D = 0,25 \text{ m}$ , comprimento total  $L = 175 \text{ m}$  e rugosidade média  $\varepsilon = 0,05 \text{ mm}$ . A bomba tem um rendimento de 85% e transfere uma carga de 76 m para a água. Os coeficientes de perda de carga localizada estão indicados na figura. Determine a potência consumida pela bomba, sabendo que a diferença entre as cotas das superfícies livres da água nos lagos é igual a 60 m, e que a aceleração da gravidade no local vale  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .



**3ª Questão (3,5 pontos)**

Um fio de alta tensão feito de cobre [ $k_c = 400 \text{ W/(m.K)}$ ] com 10 mm de diâmetro possui uma resistência elétrica de  $10^{-4} \Omega/\text{m}$  e está transmitindo uma corrente de 1000 A. Ar ambiente a  $10^\circ\text{C}$  e  $7,5 \text{ m/s}$  escoam transversalmente ao fio.

- Determine a temperatura na superfície do fio. **(1,5 ponto)**
- Determine a temperatura no centro do fio. **(1,5 ponto)**
- Compare as temperaturas obtidas nos itens (a) e (b) e comente. **(0,5 ponto)**

Convecção forçada – escoamento externo

| Geometria   | Condições                                                                       | Correlação                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Placa plana | Laminar; local; isotérmica; $T_f$ ; $0,6 \leq Pr \leq 50$                       | $Nu_x = 0,332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$                                                                                                                               |
|             | Laminar; local; fluxo uniforme; $T_f$ ; $Pr \geq 0,6$                           | $Nu_x = 0,453 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$                                                                                                                               |
|             | Laminar; médio; isotérmica; $T_f$ ; $0,6 \leq Pr \leq 50$                       | $\overline{Nu_L} = 0,664 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$                                                                                                                    |
|             | Turbulenta; local; isotérmica; $T_f$ ; $Re_x \leq 10^8$ ; $0,6 \leq Pr \leq 60$ | $Nu_x = 0,0296 Re_x^{4/5} Pr^{1/3}$                                                                                                                              |
|             | Turbulenta; local; fluxo uniforme; $T_f$ ; $0,6 \leq Pr \leq 60$                | $Nu_x = 0,0308 Re_x^{4/5} Pr^{1/3}$                                                                                                                              |
|             | Turbulenta; médio; isotérmica; $T_f$ ; $Re_x \leq 10^8$ ; $0,6 \leq Pr \leq 60$ | $\overline{Nu_L} = 0,037 Re_L^{4/5} Pr^{1/3}$                                                                                                                    |
| Cilindro    | Misto; médio; isotérmica; $T_f$ ; $Re_D \leq 10^8$ ; $0,6 \leq Pr \leq 60$      | $\overline{Nu_L} = (0,037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$                                                                                                            |
|             | Médio; isotérmico; $T_f$ ; $Re_D Pr > 0,2$                                      | $\overline{Nu_D} = 0,3 + \frac{0,62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + (0,4 / Pr)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$ |

Convecção natural

| Geometria                                                                                 | Correlação                                                                                                                                           | Restrições                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Placas verticais                                                                          | $\overline{Nu_L} = \left\{0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{\left[1 + (0,492 / Pr)^{9/16}\right]^{8/27}}\right\}^2$                                    | Nenhuma                                     |
| Placas inclinadas, com a superfície fria para cima ou com a superfície quente para baixo  | $\overline{Nu_L} = \left\{0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{\left[1 + (0,492 / Pr)^{9/16}\right]^{8/27}}\right\}^2$ ,<br>$g \rightarrow g \cos \theta$ | $0 \leq \theta \leq 60^\circ$               |
| Placas horizontais, com a superfície quente para cima ou a superfície fria para baixo     | $\overline{Nu_L} = 0,54 Ra_L^{1/4} \quad (L = A_s / P)$                                                                                              | $10^4 \leq Ra_L \leq 10^7$                  |
|                                                                                           | $\overline{Nu_L} = 0,15 Ra_L^{1/3} \quad (L = A_s / P)$                                                                                              | $10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}$               |
| Placas horizontais, com a superfície fria para cima ou com a superfície quente para baixo | $\overline{Nu_L} = 0,52 Ra_L^{1/5} \quad (L = A_s / P)$                                                                                              | $10^4 \leq Ra_L \leq 10^9$<br>$Pr \geq 0,7$ |

|                     |                                                                                                                  |                     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Cilindro horizontal | $\overline{Nu_D} = \left\{0,60 + \frac{0,387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0,559 / Pr)^{9/16}\right]^{8/27}}\right\}^2$ | $Ra_D \leq 10^{12}$ |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|

$$J_A'' = -D_{AB} \frac{\partial C_A}{\partial x} \quad \frac{\partial C_A}{\partial t} + \left(\vec{V} \cdot \nabla\right) C_A = D_{AB} \nabla^2 C_A + \dot{C}_A \quad x_A(0) = \frac{p_A}{H}$$

$$C_A(0) = S p_A \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad \nabla^2 = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z}\right) + q''' = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad q_{\text{cond}}'' = -k \frac{dT}{dx} \quad R_{r,\text{cond}} = \frac{L}{kA}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr \frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(k \frac{\partial T}{\partial \theta}\right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z}\right) + q''' = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad R_{r,\text{cond}} = \frac{\ln(r_2 / r_1)}{2\pi kL}$$

$$q_{\text{conv}}'' = h(T_\infty - T_s) \quad R_{r,\text{conv}} = \frac{1}{hA} \quad Nu_L = \frac{hL}{k_f} \quad Re_L = \frac{VL}{\nu} \quad Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

$$Ra_L = \frac{g\beta|T_s - T_\infty|L^3}{\nu\alpha} \quad \beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_p \quad q = mc_p \frac{dT}{dt}$$

$$E_{cn} = \sigma T^4 \quad q_{\text{rad}}'' = \varepsilon \sigma (T_{\text{viz}}^4 - T_s^4) \quad \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad p_1 = \gamma h + p_2 \quad p + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g z = \text{constante}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\forall C} \rho d\forall + \int_{SC} \rho \vec{V}_r \cdot \vec{n} dA = 0 \quad \frac{\partial}{\partial t} \int_{\forall C} \rho d\forall + \int_{SC} \rho \vec{V}_r \cdot \vec{n} dA = \sum \vec{F}_{\text{ext}}$$

$$\left(\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \bar{V}_1^2}{2g} + z_1\right) - \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \bar{V}_2^2}{2g} + z_2\right) - h_m = h_{L_r} \quad h_L = f \frac{L}{D} \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad h_s = K \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right) \quad f = \frac{64}{Re} \quad h_m = \frac{\dot{W}}{\gamma Q}$$