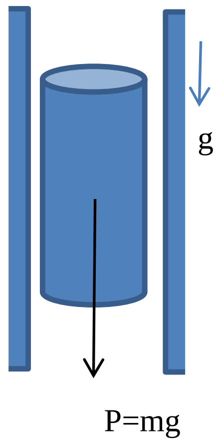
Aluno:________________________________________________

***Observações:*** *(a) A interpretação das questões faz parte da avaliação;*
*(b) Todos os cálculos devem ser demonstrados, sob pena de anulação da questão;*
*(c) Calculadora com **tela gráfica** não é permitida;*

1) (4,0 pontos) Análise a possibilidade do uso de um elevador que utilizaria somente o arraste viscoso para limitar a velocidade de sua descida. O elevador é composto de um cilindro de diâmetro de 1 m e altura de 2 m que desce em uma tubulação que apresenta uma folga de 0,1 mm. Utiliza-se um óleo entre o elevador e a parede do tubo que possui $\mu$ = 0,8 Ns/m$^2$= e $k_f$=0,145 W/(mK).




Supõe-se que o peso do conjunto é a 3.000N e desconsidere a força gravitacional atuando no fluido. Calcule:

a) (1,5 pontos) A velocidade de descida máxima do conjunto
b) (1,5 pontos) Se a parede do tubo for mantida a 25°C qual será a temperatura de equilíbrio do elevador se ele não gerar e também não remover o calor.
c) (1,0 ponto) Qual é o fluxo que deve ser removido pelas paredes do tubo, nestas condições?

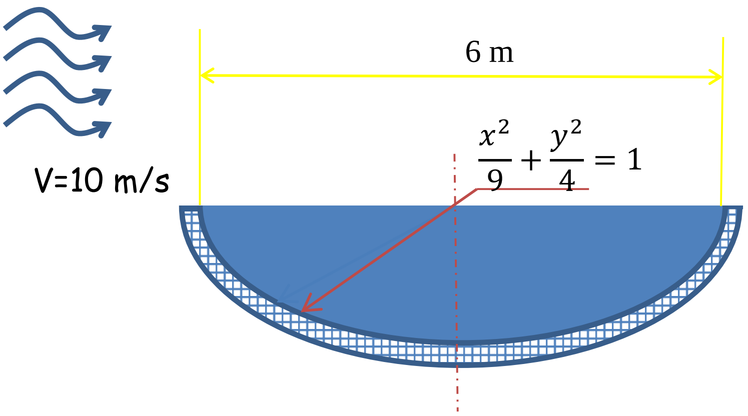
2) (6,0 pontos) Um reservatório de largura 10m e comprimento de 6 m conforme figura ao lado possui água com temperatura controlada para a criação de alevinos. A água deste reservatório deve ser mantida a 25°C. O reservatório recebe um vento de V=10 m/s ao longo do comprimento a 20°C e com umidade relativa de 50%. Determine:

a) (2,0 pontos) Avalie a taxa de calor necessária para manter o reservatório nesta temperatura. Quantifique a parcela de calor transferido por convecção e a parcela por evaporação considerando: i) escoamento laminar a partir da borda; ii) escoamento turbulento a partir da borda.

b) (1,0 pontos) Apresente os Coeficientes de convecção de calor e de convecção de massa médios para os casos acima.

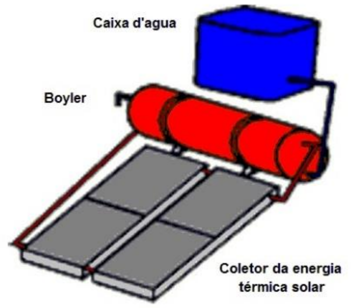
c) (1,5 pontos) Apresente os Coeficientes de convecção de calor e de convecção de massa local no centro do reservatório (3 m da borda) para os mesmos casos.

d) (1,5 pontos) Determine a taxa evaporada de água para os dois casos.




<u>Propriedades</u>: Água $v_v$= 39,12 m$^3$/kg; $h_{lv}$= 2438 kJ/kg
Ar: $\nu = 15,89 \times 10^{-6}$m$^2$/s, k = 0,0263 W/(m·K), Pr = 0,707; $D_{AB} = 0,26 \times 10^{-4}$m$^2$/s , $\rho$ = 1,16 kg/m$^3$, $c_p$ = 1007 J/(kg.K)

**QUESTÃO 3 (VALOR 30)** O sistema coleta a energia solar através das placas termolossolares, aquecendo a água que permanece estocada dentro dos reservatórios no formato cilíndrico, que são usualmente designados de "boilers". Para uma situação como na figura, o cilindro tem um diâmetro de 50 cm e 1,5 m de comprimento, possuindo uma espessura interna de 50 mm de isolamento. A placa tem dimensão de 1 m x 2 m. Calcule para a temperatura do ar a 25°C:

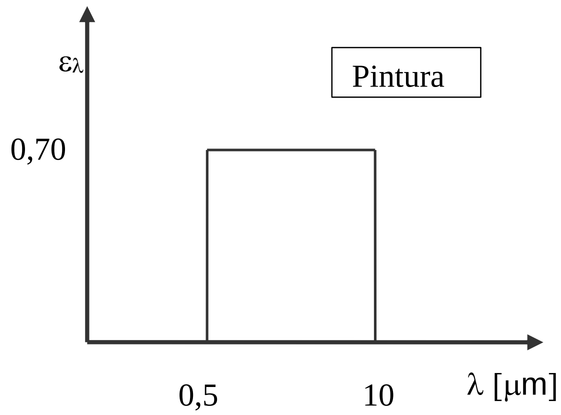


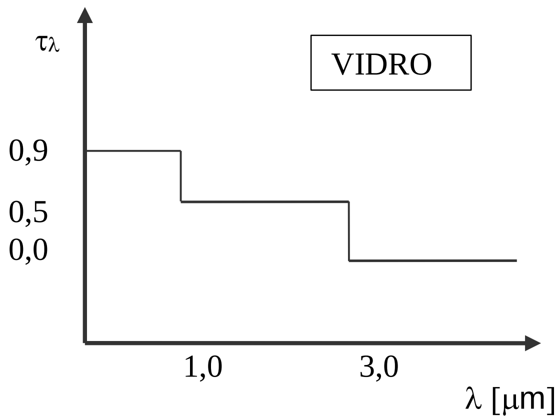

a) Obtenha a transmitância total do vidro com base na incidência de um fluxo solar (T=5.800K) de 1.000 W/m$^2$.

b) Obtenha a fração de energia que a placa sob a qual há a pintura irá absorver. A pintura está a 60°C.

c) (Obtenha a fração de energia que ao entrar no coletor termossolar, é refletido internamente e sai novamente para o exterior.

d) Obtenha a fração de energia que é emitida pela placa com a pintura, que está a aproximadamente 60°C e é emitida para fora do coletor.




---

**Formulário**: PV=MRT δW=PdV $\gamma = c_p / c_v$ $c_p - c_v = R$ δQ-δW=dU $du = c_v dT$ $q_{rad} = \varepsilon A \sigma \left(T_1^4 - T_2^4\right)$,

$\sigma = 5{,}67.10^{-8}$ W/(m².K⁴) $q_{latente} = \dot{m} h$ $q_{sensível} = m c_p \dfrac{dT}{dt}$ $q_{cond} = kA \dfrac{(T_a - T_b)}{L}$ $q_{conv} = hA(T_s - T_\infty)$ $q'' = -k \dfrac{\partial T}{\partial n}$

Exp. de Taylor $f_{x+dx} = f_x + \dfrac{df}{dx} dx$: $\dot{E}_e - \dot{E}_s + \dot{E}_g = \dot{E}_{ac} = \rho V c \dfrac{dT}{dt}$ Coef. global: $\dfrac{1}{h_{total}} = \dfrac{1}{h_r} + \dfrac{1}{h_{conv}}$; $h_r = \varepsilon \sigma (T + T_{viz})(T^2 + T_{viz}{}^2)$

$\phi = \dfrac{p_A}{p_{A,sat}} (umidade\ relativa\ - hip.\ gás\ ideal)$ $PV = mRT$ $N''_A = -D_{AB} \dfrac{\partial C_A}{\partial y}$ $h_m = \dfrac{-D_{AB}\, \partial C_A / \partial y|_{y=0}}{C_{A,S} - C_{A,\infty}}$

$n''_A = -D_{AB} \dfrac{\partial \rho_A}{\partial y}$ $h_m = \dfrac{-D_{AB}\, \partial \rho_A / \partial y|_{y=0}}{\rho_{A,S} - \rho_{A,\infty}}$ $Le = \dfrac{Sc}{Pr}$ $Nu = \dfrac{hL}{k_f}$ $Sh = \dfrac{h_m L}{D_{AB}}$

$\dfrac{Nu}{Pr^n} = \dfrac{Sh}{Sc^n}$, ou $\dfrac{h}{h_m} = \dfrac{k}{D_{AB} Le^n} = \rho c_p Le^{1-n}$, n≈1/3 $\bar{h} = \dfrac{1}{L} \int_0^L h_x\, dx$ $T_m = \dfrac{\int_A \rho u c_v T dA}{m c_v}$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0$$

$$\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+\rho g_x$$

$$\rho\left(u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)+\rho g_y$$

$$\mathrm{Re}=\frac{\rho VL}{\mu}=\frac{VL}{\nu} \qquad \mathrm{Pr}=\frac{\nu}{\alpha} \quad Sc=\frac{\nu}{D_{AB}}$$

$$\rho c_p\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}\right)=k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)+\mu\left\{\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2+2\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2\right]\right\}+\dot{q}$$

$$u\frac{\partial C_A}{\partial x}+v\frac{\partial C_A}{\partial y}=D_{AB}\left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2}\right)+\dot{N}_A$$

**<u>Correlações para escoamento externo</u>** PLACA PLANA: $Re_c = 5\times10^5$ Transição laminar/turbulento

| | |
|---|---|
| Laminar, $T_f$ | $\delta = 5x\,\mathrm{Re}_x^{-1/2}$ |
| Laminar, $T_f$ | $\delta_t = \delta\,\mathrm{Pr}^{-1/3}$ |
| Laminar local, $T_f$, 0,6<Pr<50 | $Nu=0{,}332Re_x^{1/2}Pr^{1/3}$ |
| Laminar médio, $T_f$, 0,6<Pr<50 | $\overline{Nu}_x = 0{,}664\,\mathrm{Re}_x^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$ |
| Turbulento local, $T_f$, $Re_x<10^8$, 0,6<Pr<60 | $Nu_x = 0{,}0296\,\mathrm{Re}_x^{4/5}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$ |
| Turbulento | $\delta = 0{,}37x\,\mathrm{Re}_x^{-1/5}$ |
| Mistura média, $T_f$, $Re_x<10^8$, 0,6<Pr<60 | $\overline{Nu}_L = \left(0{,}037\,\mathrm{Re}_L^{4/5}-871\right)\mathrm{Pr}^{1/3}$ |
| CILINDRO com escoamento transversal, $Re_D Pr>0.2$ | $\overline{Nu}_D = \frac{\bar{h}_D D}{k} = 0{,}3+\frac{0{,}62Re_D^{1/2}Pr^{1/3}}{[1+(0{,}4/Pr)^{2/3}]^{1/4}}\left[1+\left(\frac{Re_D}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$ |
| ESFERA com condições médias, $T_\infty$ $3{,}5<Re_D<4\times10^4$, $0{,}71<Pr<380$, $1<(\mu/\mu_s)<3{,}2$ | $\overline{Nu}_D = \frac{\bar{h}_D D}{k} = 2+\left[0{,}4Re_D^{1/2}+0{,}06Re_D^{2/3}\right]Pr^{0{,}4}(\mu/\mu_s)^{1/4}$ |
| Gota se deslocando no ar, com condições médias, $T_\infty$ | $\overline{\mathrm{Nu}}_D = 2+0.6\mathrm{Re}_D^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$ |

OBS: quando a analogia de transferência de calor e massa for aplicável, as correlações correspondentes de transferência de massa podem ser obtidas trocando-se **Nu** e **Pr** por **Sh** e **Sc**, respectivamente.