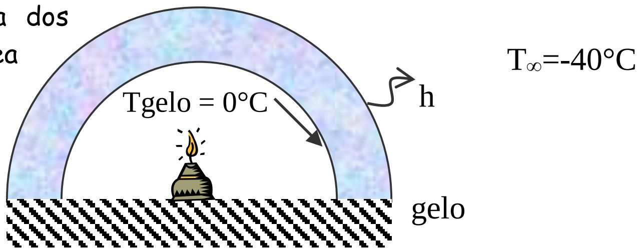
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TM-360 TRANSFERÊNCIA DE CALOR I
Prof. Luís Mauro Moura
1ª AVALIAÇÃO

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) Os critérios de correção estão disponíveis no rodapé da última folha;
*(d) Calculadora com **tela gráfica** não é permitida;*
(e) Quando convier, o SISTEMA ou o VOLUME de CONTROLE deve ser definido. Caso contrário a questão pode ser anulada.

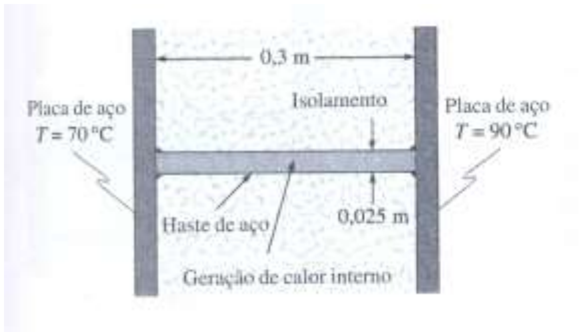
QUESTÃO 1 (VALOR 25) Para um iglu (habitação típica dos esquimós), determine a taxa de fusão para que um iglu de uma área superficial de 10 m^2 e 40 cm de espessura de gelo. Suponha que a potência pela lâmpada a óleo é de 1500 W e um coeficiente de convecção externo de 10 W/m^2K. A temperatura externa é de -40 °C. Se a potência da lâmpada fosse de 1200W, o que aconteceria (apresente os cálculos)



Dados: Gelo: k_{gelo}= 2 W/mK ; h_{slgelo}= 334 kJ/kg ; ρ_{gelo}= 920 kg/m^3 ;$c_{p\ gelo}$= 2.04kJ/(kgK);

QUESTÃO 2 (VALOR 25) Para uma instalação hoteleira, suponha que haja um fluxo de vapor saturado a 400°C percorrendo uma tubulação de aço com 30 cm de diâmetro externo e uma espessura de parede fina, envolvida por ar a 20°C. O coeficiente de transferência de calor por convecção na superfície externa da tubulação é estimado em 25 W/m^2K. O custo da geração do vapor é estimado em \$ 5 por 10^9 J e o vendedor oferece a instalação de uma camada de isolamento de óxido de magnésio a 85 % (k=0,059W/mK), com 5 cm de espessura, por \$ 200/m ou com 10 cm de espessura por \$ 300/m. Calcule o tempo de retorno do investimento para as duas alternativas, na hipótese de a linha de vapor operar o ano inteiro, e apresente uma recomendação ao proprietário do hotel. Suponha que a superfície da tubulação, bem como o isolamento tem uma baixa emissividade e que a transferência de calor por radiação é desprezível. Obtenha a equação para este cálculo a partir da equação geral da difusão de calor no sistema de coordenadas apropriado.

QUESTÃO 3 (VALOR 25) Duas grandes placas de aço (k = 40 W/mK), a temperaturas de 70° C e 90°C estão separadas por uma haste de aço com 0,3 m de comprimento e 2,5 cm de diâmetro. A haste está soldada em cada placa. O espaço entre as placas é preenchido com isolamento (aproximado como perfeito), que também isola a circunferência da haste. Em decorrência de uma diferença de tensão elétrica aplicada entre as duas placas, existe uma geração não uniforme de calor dissipando energia elétrica a uma taxa de $\dot{q}(x)$ =20(1-x) [W/m^3], sendo x=0 na face mantida a 70°C. Determine o perfil de temperatura existente, a temperatura máxima na haste e a taxa de transferência de calor em cada extremidade.



QUESTÃO 4 (VALOR 25) O calor é transferido da água para o ar através de uma parede de latão (k=54 W/(m.K). A adição de aletas de latão retangulares, com 0,08 cm de espessura, 2,5 cm de comprimento e espaçadas entre si de 1,25 cm, está sendo considerada. Na hipótese de um coeficiente de transferência de calor por convecção no lado da água de 170 W/(m^2.K) e no lado do ar de 17 W/(m^2.K), desprezando a espessura da parede, compare o ganho obtido na taxa de transferência de calor para:

a) O lado da água;
b) O lado do ar
c) Ambos os lados

Formulário: PV=MRT $\delta W = P dV$ $\gamma = c_p / c_v$ $\delta Q - \delta W = dU$ $du = c_v dT$ $c_p - c_v = R$

$q_{rad} = \varepsilon A \sigma (T_1^4 - T_2^4)$, $\sigma = 5{,}67.10^{-8}$ W/(m².K⁴) $q_{latente} = \dot{m} h$

$q_{sensível} = m c_p \dfrac{dT}{dt}$ $q_{cond} = kA \dfrac{(T_a - T_b)}{L}$ $q_{conv} = hA(T_s - T_\infty)$ $q'' = -k \dfrac{\partial T}{\partial n}$

Coordenadas cartesianas: $$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\dot{q}=\rho c_p\frac{\partial T}{\partial t}$$

Coordenadas cilíndricas: $$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right)+g'''=\rho . c_p\frac{\partial T}{\partial t}$$

Coordenadas esféricas: $$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(kr^2\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2 sen^2\theta}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(k\frac{\partial T}{\partial \phi}\right)+\frac{1}{r^2 sen\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(k\, sen\theta\frac{\partial T}{\partial \theta}\right)+\dot{q}=\rho . c_p\frac{\partial T}{\partial t}$$

Coef. global em paralelo: $\frac{1}{h_{total}}=\frac{1}{h_r}+\frac{1}{h_{conv}}$; $h_r=\varepsilon\sigma(T+T_{viz})(T^2+T_{viz}{}^2)$

Expansão de Taylor $f_{x+dx}=f_x+\frac{df}{dx}dx$ Eficiência da Aleta: $\eta_f=\frac{q_f}{q_{máx}}=\frac{q_f}{hA_{s,a}\theta_b}$

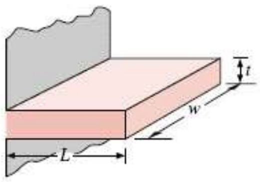
$$\beta i=\frac{hL_c}{k}\qquad \begin{cases} parede\quad plana\ L_c=\dfrac{L}{2}\\ cilindro\ L_c=\dfrac{R}{2}\\ esfera\quad L_c=\dfrac{R}{3}\end{cases}$$

Balanço de Energia: $\dot{E}_e-\dot{E}_s+\dot{E}_g=\dot{E}_{ac}=\rho V c\frac{dT}{dt}$

TABLE 3.5 Efficiency of common fin shapes

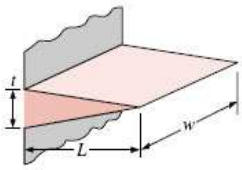
Straight Fins

Rectangular[a]
$A_f=2wL_c$
$L_c=L+(t/2)$
$A_p=tL$



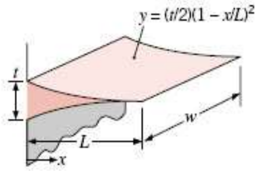
$$\eta_f=\frac{\tanh mL_c}{mL_c}\qquad(3.89)$$

Triangular[a]
$A_f=2w[L^2+(t/2)^2]^{1/2}$
$A_p=(t/2)L$



$$\eta_f=\frac{1}{mL}\frac{I_1(2mL)}{I_0(2mL)}\qquad(3.93)$$

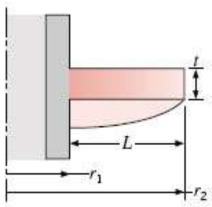
Parabolic[a]
$A_f=w[C_1L+(L^2/t)\ln(t/L+C_1)]$
$C_1=[1+(t/L)^2]^{1/2}$
$A_p=(t/3)L$



$$\eta_f=\frac{2}{[4(mL)^2+1]^{1/2}+1}\qquad(3.94)$$

Circular Fin

Rectangular[a]
$A_f=2\pi(r_{2c}^2-r_1^2)$
$r_{2c}=r_2+(t/2)$
$V=\pi(r_2^2-r_1^2)t$

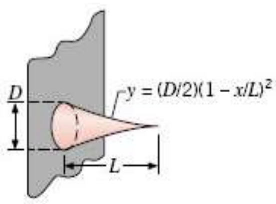


$$\eta_f=C_2\frac{K_1(mr_1)I_1(mr_{2c})-I_1(mr_1)K_1(mr_{2c})}{I_0(mr_1)K_1(mr_{2c})+K_0(mr_1)I_1(mr_{2c})}\qquad(3.91)$$

$$C_2=\frac{(2r_1/m)}{(r_{2c}^2-r_1^2)}$$

Parabolic[b]
$A_f=\frac{\pi L^3}{8D}\{C_3C_4-\frac{L}{2D}\ln[(2DC_4/L)+C_3]\}$

$C_3=1+2(D/L)^2$
$C_4=[1+(D/L)^2]^{1/2}$
$V=(\pi/20)D^2L$



$$\eta_f=\frac{2}{[4/9(mL)^2+1]^{1/2}+1}\qquad(3.97)$$

[a] $m=(2h/kt)^{1/2}$.
[b] $m=(4h/kD)^{1/2}$.