

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
GUSTAVO NÍCOLAS SILVEIRA

Atividade - Fenomenos de transferencia II

FLORIANÓPOLIS/SC
2023
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Atividade para a disciplina de Fenômenos de transferência II (EQA5342) do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

Aluno: Gustavo Nicolás Silveira, Lucas Ferreira Caldas

Questão 5.14

Iniciamos com um Balanço de energia para o líquido no Vaso

$$\text{Entra} - \text{Sai} + \text{Gerado} = \text{Acúmulo}$$

Com as seguintes considerações:

- 1 - Serpentina de parede delgada: Condução da parede desprezível
- 2 - Sem troca térmica do vaso com o exterior
- 3 - Propriedades físicas constantes
- 4 - Sem geração de calor
- 5 - Regime Transiente

Portanto, o balanço energético fica da seguinte forma:

$$\text{Entra} - 0 + 0 = \text{Acúmulo}$$

$$(\rho \cdot V \cdot c) \cdot dT / dt = dU / dt$$

$$(\rho \cdot V \cdot c) \cdot dT / dt = U \cdot A_s \cdot (T_s - T)$$

$$dT / (T_s - T) = (U \cdot A_s) / (\rho \cdot V \cdot c) \cdot dt$$

Integrando, obtemos:

$$-\ln((T_s - T_f) / (T_s - T_i)) = (U \cdot A_s \cdot t) / (\rho \cdot V \cdot c) \quad \text{Equação I}$$

Com essa equação, precisamos apenas dos valores de U e A_s, sendo estes:

$$A_s = L \cdot \pi \cdot D$$

Equação II Com L sendo a variável de interesse

$$U = (1 / (1 / h_i + 1 / h_a))$$

Portanto, ao isolar A_s na Equação I

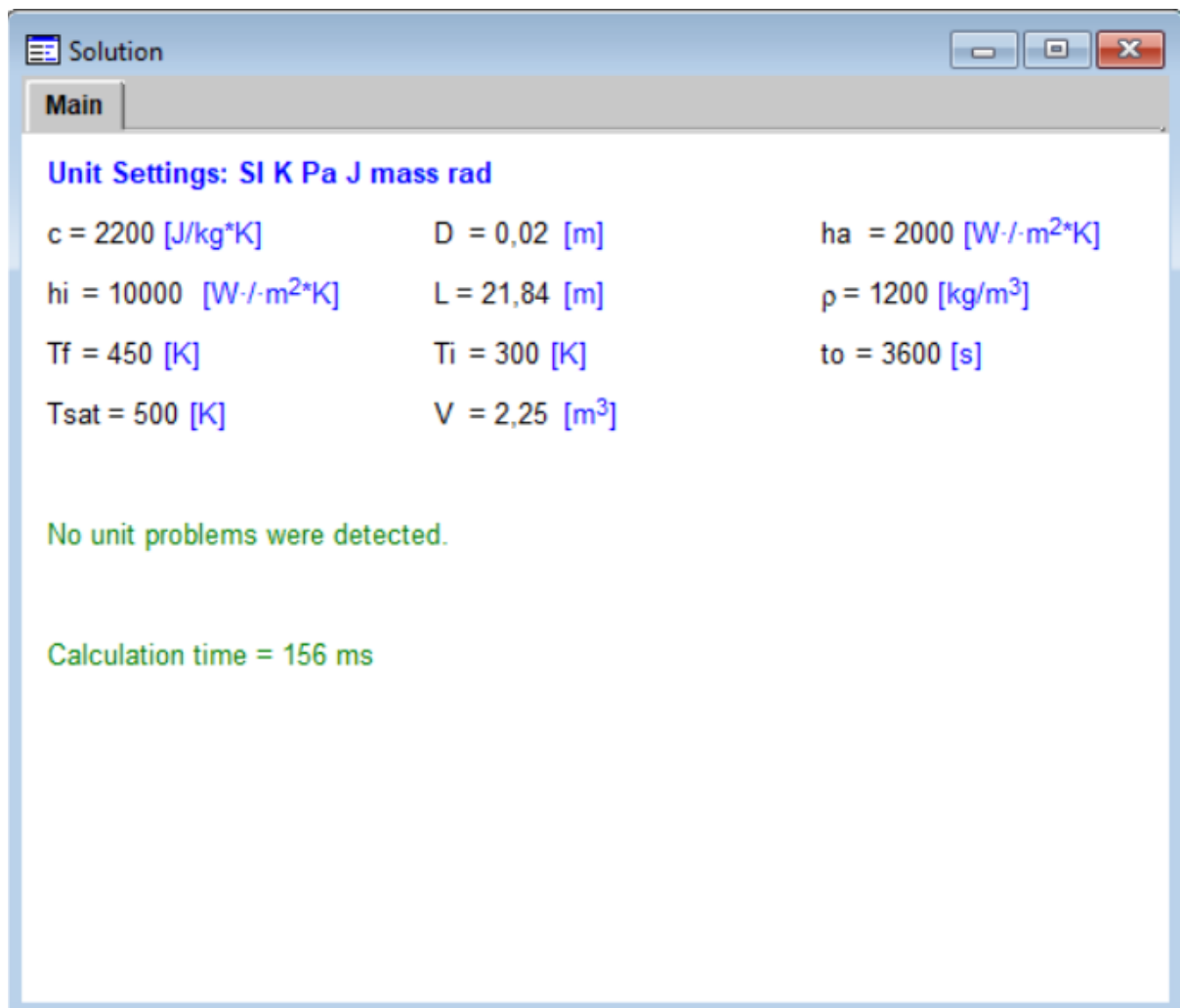
$$A_s = (-\ln((T_s - T_f) / (T_s - T_i))) \cdot (\rho \cdot V \cdot c) / (U \cdot t)$$

Substituindo a equação II

$$L \cdot \pi \cdot D = (-\ln((T_s - T_f) / (T_s - T_i))) \cdot (\rho \cdot V \cdot c) / (U \cdot t)$$

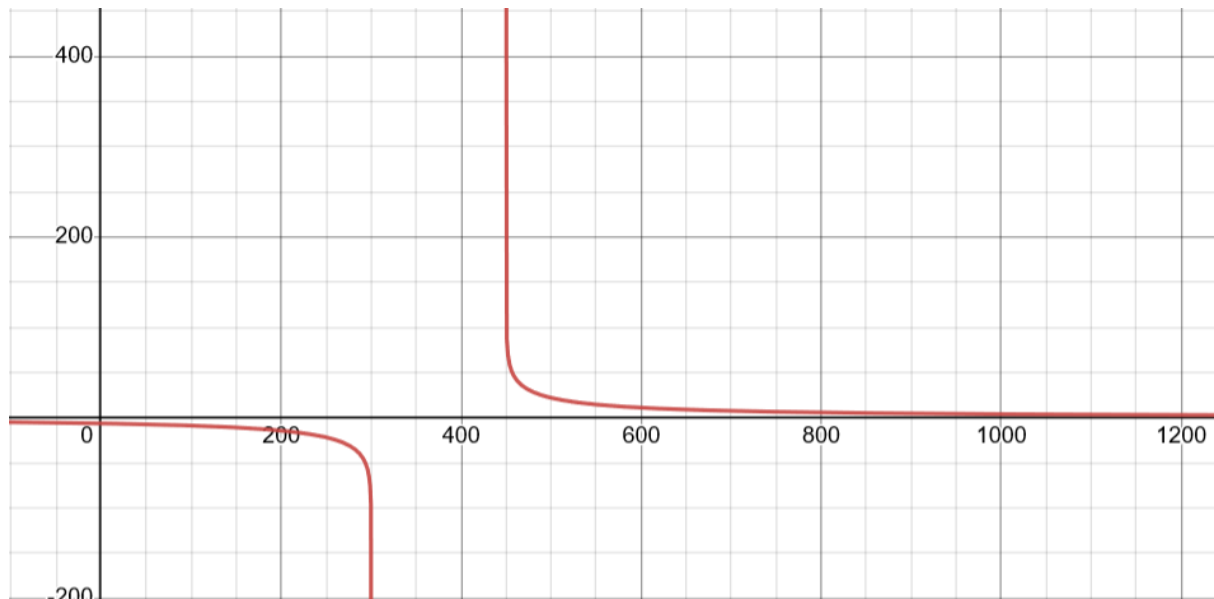
$$L = (-\ln((T_s - T_f) / (T_s - T_i))) \cdot (\rho \cdot V \cdot c) / (U \cdot t \cdot D \cdot \pi)$$

Agora com todas as variáveis explícitas, podemos substituir os valores para resolver o problema (Resolvido em no software EES



O Valor de L é igual a 21,84 m

Analisando a variação da temperatura de entrada, para ver o efeito no comprimento da serpentina, obtemos o seguinte gráfico



(Feito com o software Desmos)

É possível notar a indeterminação entre 300 K e 450K. Isso acontece devido ao valor no logaritmo natural que fica menor que zero. de 300K até 0K, o valor de L fica negativo. Fisicamente não faz sentido, porem podemos considerar que fica negativo pois está esfriando a solução, o que não é o desejado para o seguinte projeto.

Proximo de 450, temos um rapido aumento no tamanho de L, precisando que a serpentina seja muito grande. A partir de 600K, o tamanho da serpentina é proximo de 0 e há pouca mudança

Codigo utilizado:

"!EXERCICIO 5.14"

"Incropera 5ed"

\$UnitSystem SI MASS RAD PA K J

\$Tabstops 0,2 0,4 0,6 3,5 in

"Inputs do enunciado"

$\rho = 1200 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ "Densidade do produto"

$c = 2200 \text{ [J/kg}\cdot\text{K]}$ "Calor especifico do produto"

$V = 2,25 \text{ [m}^3\text{]}$ "Volume do vaso isolado"

$T_i = 300 \text{ [K]}$ "Temperatura ambiente"

$T_f = 450 \text{ [K]}$ "Temperatura de processo"

$T_{sat} = 500 \text{ [K]}$ "Temperatura de vapor saturado interior da serpentina"

$D = 20 \text{ [mm]} \cdot \text{convert(mm;m)}$ "Diametro da serpentina"

$h_i = 10000 \text{ [W / m}^2\cdot\text{K]}$ "Coeficiente de convecção interno"

$h_a = 2000 \text{ [W / m}^2\cdot\text{K]}$ "Coeficiente de convecção exterior"

$t_o = 3600 \text{ [s]}$ "Tempo final"

"Equação"

$$L = (-\ln((T_{sat}-T_f) / (T_{sat}-T_i))) * (\rho * V * c) / ((1 / (1 / h_i + 1 / h_a)) * t_o * D * \pi)$$

Questão 8.28

Iniciamos com um Balanço de energia para o Volume de controle:

$$\text{Entra} - \text{Sai} + \text{Gerado} = \text{Acúmulo}$$

Com as seguintes considerações:

- 1 - Serpentina de parede delgada: Condução da parede desprezível
- 2 - Sem troca térmica do vaso com o exterior
- 3 - Propriedades físicas constantes
- 4 - Sem geração de calor
- 5 - Regime Transiente

Portanto, o balanço energético fica da seguinte forma:

$$\text{Entra} - 0 + 0 = \text{Acúmulo}$$

$$q(t) = dU_c / dt$$

$$m_h \cdot c_{ph}(T_{hi} - T_{ho}) = U \cdot A_s \cdot \Delta T_m$$

Sendo:

$$\Delta T_{\ell m} = \frac{(T_{h,i} - T_c) - (T_{h,o} - T_c)}{\ln\left(\frac{T_{h,i} - T_c}{T_{h,o} - T_c}\right)} = \frac{(T_{h,i} - T_{h,o})}{\ln\left(\frac{T_{h,i} - T_c}{T_{h,o} - T_c}\right)}$$

$$m_h \cdot c_{ph} (T_{hi} - T_{ho}) = U \cdot A_s \cdot (T_{hi} - T_{ho}) / \ln(T_{hi} - T_c / T_{ho} - T_c)$$

$$m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s = \ln(T_{hi} - T_c / T_{ho} - T_c)$$

$$\text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s) = T_{hi} - T_c / T_{ho} - T_c$$

$$\mathbf{T_{ho} = T_c + (T_{hi} - T_c) \cdot \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s)}$$

Agora para a equação para T_c :

$$\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc} \cdot dT/dt = m_h \cdot c_{ph}(T_{hi} - T_{ho})$$

$$\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc} \cdot dT/dt = m_h \cdot c_{ph}(T_{hi} - T_c + (T_{hi} - T_c) \cdot \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s))$$

$$dT/dt = (m_h \cdot c_{ph}) / (\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc}) \cdot (T_{hi} - T_c + (T_{hi} - T_c) \cdot \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s))$$

$$dT/dt = (m_h \cdot c_{ph}) / (\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc}) \cdot (T_{hi} - T_c)(1 - \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s))$$

$$1 / (T_{hi} - T_c) dT = (m_h \cdot c_{ph}) / (\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc}) \cdot (1 - \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s)) dt$$

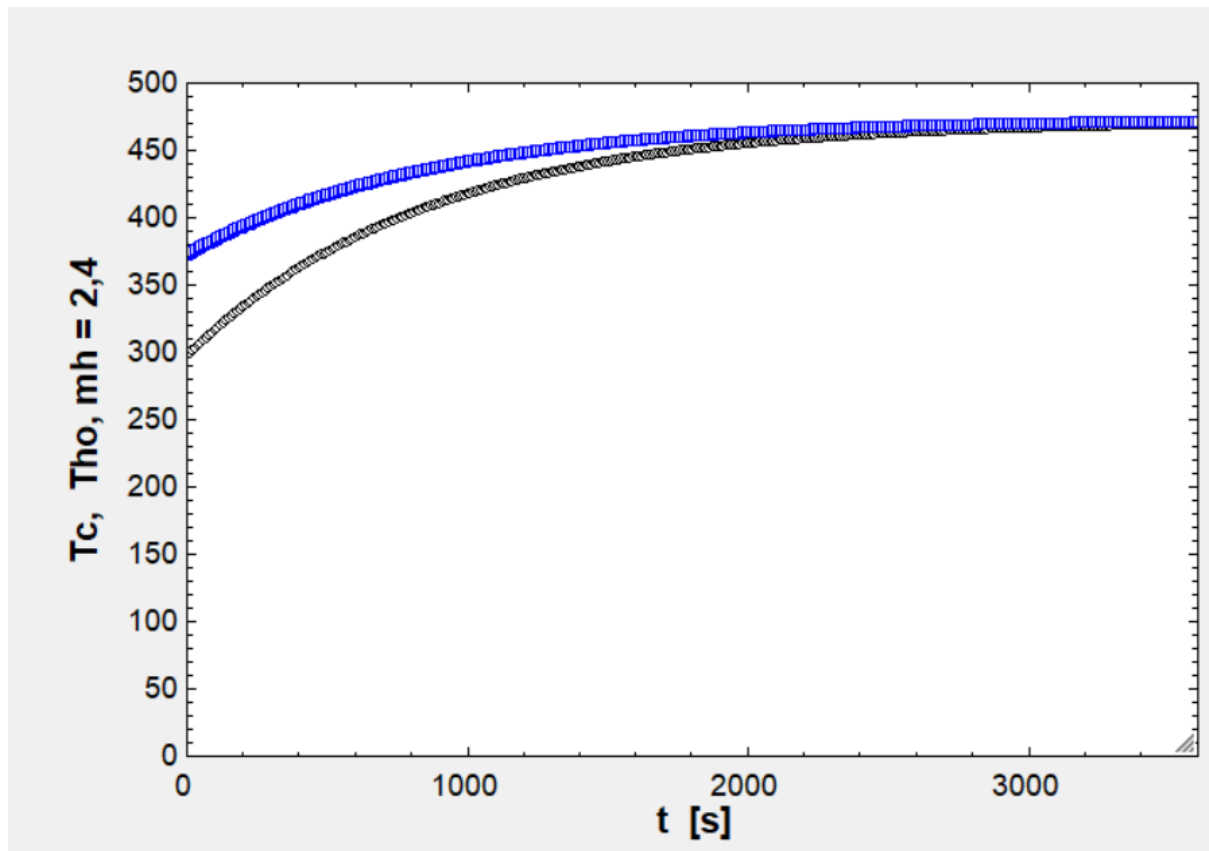
Integrando :

$$-\ln((T_c - T_{hi}) / (T_{ci} - T_{ho})) = (m_h \cdot c_{ph}) / (\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc}) \cdot (1 - \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s)) t$$

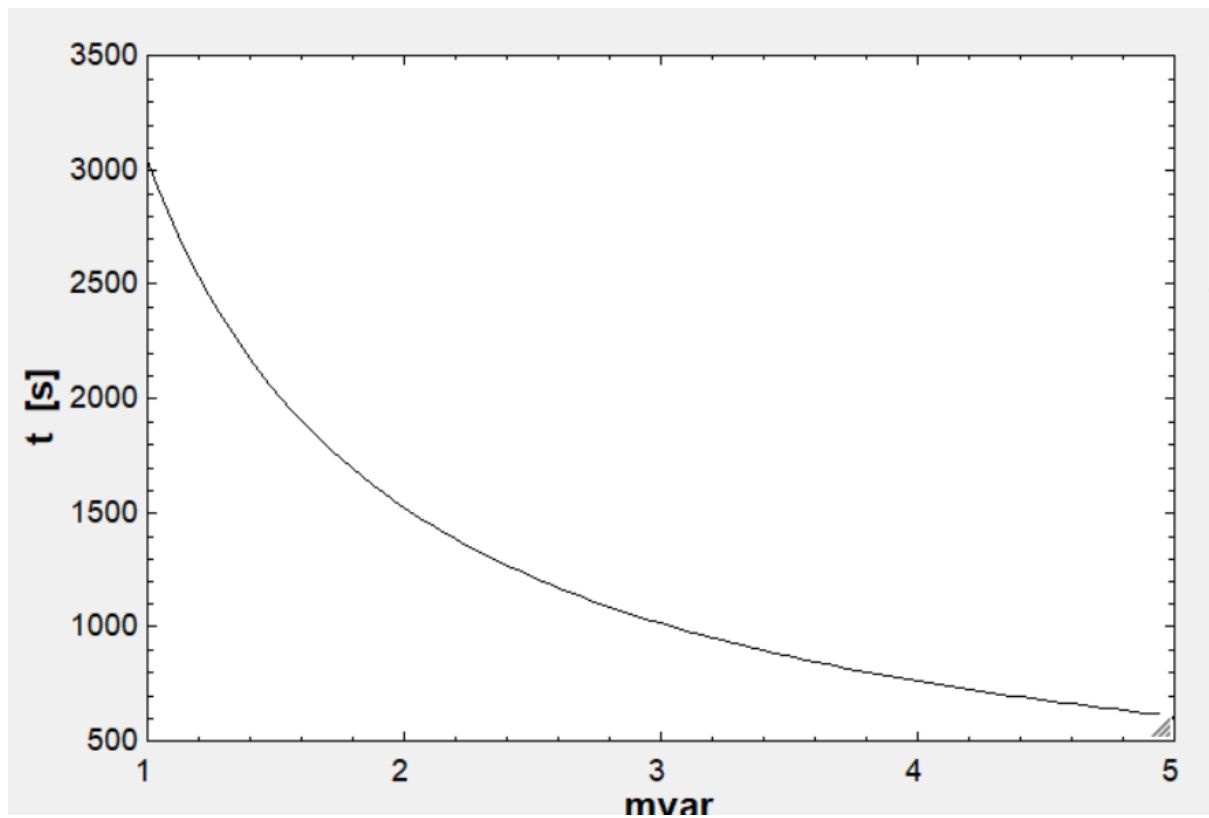
$$(T_c - T_{hi}) / (T_{ci} - T_{ho}) = \text{Exp}((-m_h \cdot c_{ph}) / (\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc}) \cdot (1 - \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s)) t)$$

$$\mathbf{T_c = T_{hi} - (T_{ci} - T_{ho}) \cdot \text{Exp}((m_h \cdot c_{ph}) / (\rho_{hc} \cdot V_c \cdot c_{vc}) \cdot (1 - \text{EXP}(m_h \cdot c_{ph} / U \cdot A_s)) t)}$$

B) Para obter o tempo necessário para a temperatura de 160 °C, apenas substituímos os valores, então obtemos o valor de $t=1268$ s (Calculado pelo EES)
Analisando graficamente os valores de T_c e T_{ho} de $t=0$ até $t=3600$, obtemos o seguinte gráfico



Com a Variação da vazão do líquido quente de 1 kg/s até 5 kg/s até $t_{ho}=160^{\circ}\text{C}$, obtemos o seguinte gráfico:



Portanto, o aumento de vazão é benéfico, diminui o tempo para chegar na temperatura de processo

os calculos foram feitos a partir de Tabelas parametricas no software EES

Questão 9.73

Infelizmente não consegui completar a questão no EES a tempo, segue o código em anexo

"!EXERCICIO 9.74"

"Incropera 5ed"

\$UnitSystem SI MASS RAD PA K J

"Enunciado"

$m = 0,02 \text{ [kg/s]}$

$D = 5E-3 \text{ [mm]} * \text{convert}(\text{mm}; m)$

$T_{mi} = \text{converttemp}(C; K; 25)$

$T_{mo} = \text{converttemp}(C; K; 38)$

$T_b = \text{converttemp}(C; K; 50)$

$g = 9,78 \text{ [m/s}^2\text{]}$

"Propriedades da agua fria"

$T_m = (t_{mi} + T_{mo})/2$

$C_{pc} = 4178 \text{ [J/kg}^{\circ}\text{K]}$

$\mu_{ic} = 777,6E-6 \text{ [N}^{\circ}\text{s/m}^2\text{]}$

$K_c = 0,6193 \text{ [W/m}^{\circ}\text{K]}$

$Pr_c = 5,263$

"Propriedades da agua quente"

$T_h = 320 \text{ [K]}$

$T_h = (T_s + T_b) / 2$

$\rho_{hoc} = 989,1 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

$c_{ph} = 4180 \text{ [J/kg}^{\circ}\text{K]}$

$\mu_{ih} = 575,6E-6 \text{ [N}^{\circ}\text{s/m}^2\text{]}$

$k_h = 0,6401 \text{ [W / m}^{\circ}\text{K]}$

$Pr_h = 3,76$

$\nu_h = \mu_{ih} / \rho_{hoc}$

$\alpha_{ph} = k_h / (\rho_{hoc} * c_{ph})$

$$Bh=5,27E-4 [K]$$

"Equações"

"Hc"

$$ReDc = (4 * m) / (\pi * D * \mu)$$

$$hc = NuDc * k_c / D$$

$$NuDc = 3,66$$

"hh"

$$RaDh = (g * Bh * (T_s - T_b) * D^3) / (Vh * \alpha h)$$

$$hc * (T_m - T_s) = hh * (T_s - T_b)$$

$$U = (1 / (1/hc + 1/hh))$$

$$L = ((m * c_p) / (U * \pi * D)) * \ln((T_b - T_{mo}) / (T_b - T_{mi}))$$

Questão 9.74

Sabendo que $q = h \cdot A_s (T_s - T_i)$, porém precisamos estimar o valor de h

Sendo $A_s = \pi \cdot D \cdot L$

Utilizamos a equação de Nusselt

$h = \text{Nud} \cdot k / D$

Sendo $\text{Nud} = (0,60 + (0,387 \cdot (\text{Rad}^{1/6}))) / ((1 + ((0,559 / \text{Pr})^{9/16}))^{8/27}))^2$

Calculando Rayleigh

$\text{Rad} = (\text{gravidade} \cdot \text{Coeficiente_de_expansão_térmica} \cdot (T_s - T_i) \cdot D^3 \cdot \text{Pr}) / (\text{viscosidade_Cinematica}^2)$

Main

Unit Settings: SI K Pa J mass rad

$A_s = 0,7069 \text{ [m}^2\text{]}$	$Be = 0,002 \text{ [1/K]}$	$c = 2000 \text{ [J/kg}^\circ\text{K]}$
$D = 0,015 \text{ [m]}$	$\Delta T = 102 \text{ [K]}$	$g = 9,78 \text{ [m/s}^2\text{]}$
$h = 461,4 \text{ [W/m}^2\text{K]}$	$k = 0,25 \text{ [W/m}^\circ\text{K]}$	$L = 15 \text{ [m]}$
$\text{Nud} = 27,69$	$P = 2,455 \text{ [bars]}$	$\text{Pr} = 10$
$q = 33269 \text{ [W]}$	$\text{Rad} = 4,208\text{E}+06$	$\rho = 1100 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
$T_i = 298,2 \text{ [K]}$	$T_o = 343,2 \text{ [K]}$	$T_s = 400,2 \text{ [K]}$
$V = 0,2 \text{ [m}^3\text{]}$	$\text{visc} = 0,000004 \text{ [m}^2\text{/s]}$	

No unit problems were detected.

Calculation time = 109 ms

Obtemos o valor de $q = 33.269 \text{ W}$