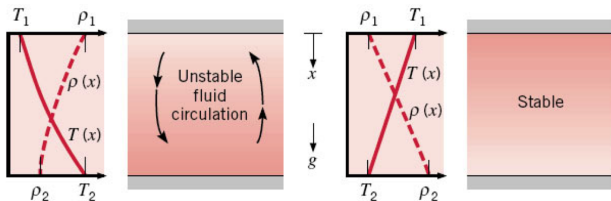


Convecção Natural

1 Considerações físicas

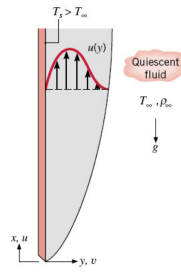
Força de corpo atuando sobre um fluido com gradiente de massa específica, que por sua vez é provocado por um gradiente de temperatura.

Geralmente, $\frac{\partial \rho}{\partial T} < 0$



$$\frac{dT}{dx} > 0, \frac{d\rho}{dx} < 0$$

$$\frac{dT}{dx} < 0, \frac{d\rho}{dx} > 0$$



1.1 Coeficiente de expansão volumétrica térmica

Variação de ρ em resposta a uma variação de T a p constante

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \Rightarrow \text{propriedade termodinâmica}$$

- Para líquidos e gases não ideais, os valores estão tabelados.

- Para gases ideais:
$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{p}{RT} \right) \right]_p = \frac{1}{\rho} \frac{p}{RT^2} = \frac{1}{T}$$

2 Adimensionais importantes



a) Número de Grashof: $Gr_L \equiv \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} = \frac{\text{F. empuxo}}{\text{F. viscosa}}$

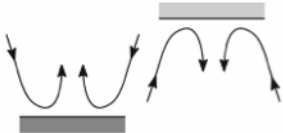
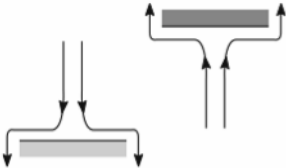
b) Número de Rayleigh: $Ra_x = Gr_x Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$



O escoamento é turbulento para $Ra \geq 10^9$.

3 Correlações

$\overline{Nu}_L = \phi(Ra, Pr)$, com propriedades estimadas à temperatura de filme, T_f .

Geometria	Correlação
<p data-bbox="117 184 394 221">Placas verticais</p> 	$\overline{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$
<p data-bbox="117 437 554 675">Placas inclinadas, com a superfície fria para cima ou com a superfície quente para baixo, $0 \leq \theta \leq 60^\circ$</p> 	$\overline{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$ <p data-bbox="602 696 797 733">$g \rightarrow g \cos \theta$</p>

Geometria	Correlação
<p data-bbox="117 184 681 326">Placas horizontais, com a superfície quente para cima ou com a superfície fria para baixo</p> 	$\overline{Nu}_L = 0,54 Ra_L^{1/4}, \quad 10^4 \leq Ra_L \leq 10^7$ $\overline{Nu}_L = 0,15 Ra_L^{1/3}, \quad 10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}$ $(L = A_s/P)$
<p data-bbox="117 574 681 716">Placas horizontais, com a superfície fria para cima ou com a superfície quente para baixo</p> 	$\overline{Nu}_L = 0,52 Ra_L^{1/5}$ $10^4 \leq Ra_D \leq 10^9, \quad Pr \geq 0,7$ $(L = A_s/P)$

Geometria	Correlação
<p data-bbox="117 215 452 253">Cilindro horizontal</p> 	$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + \frac{0,387 Ra_D^{1/6}}{[1 + (0,559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$ $Ra_D \leq 10^{12}$
<p data-bbox="117 474 230 512">Esfera</p> 	$\overline{Nu}_D = 2 + \frac{0,589 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0,469/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$ $Ra_D \leq 10^{11}, Pr \geq 0,7$

Exercício 1

A porta de um forno doméstico, com 0,5 m de altura e 0,7 m de largura, atinge uma temperatura superficial média de 32 °C durante a operação do forno. Estime a perda de calor para o ambiente externo a 22 °C.

Exercício 2

O escoamento de ar através de um longo duto de ar condicionado, com formato quadrado de 0,2 m de lado, mantém a sua superfície externa a uma temperatura de 10 °C. Se o duto, na posição horizontal, não possui isolamento térmico e está exposto ao ar a 35 °C no porão de uma casa, qual é o ganho de calor por unidade de comprimento do duto?

Exercício 3

Uma placa, com dimensões de 1 m por 1 m e inclinada com um ângulo de 45° , tem a sua superfície inferior exposta a um fluxo térmico radiante líquido de 300 W/m^2 . Se a superfície superior da placa for bem isolada, estime a temperatura que a placa atingirá quando o ar ambiente estiver quiescente e a uma temperatura de 0°C .

Exercício 4

Bebidas em lata, com 150 mm de comprimento por 60 mm de diâmetro, encontram-se inicialmente a uma temperatura de 27°C e devem ser resfriadas pela sua colocação em uma geladeira a 4°C . Com o objetivo de maximizar a taxa de resfriamento, as latas devem ser colocadas na geladeira na posição horizontal ou na posição vertical? Como uma primeira aproximação, despreze a transferência de calor nas extremidades da lata.