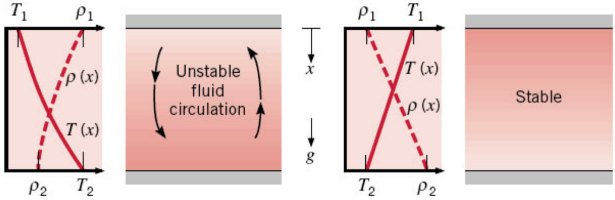
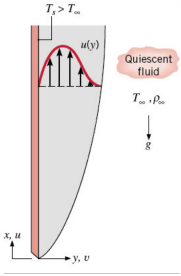
Convecção Natural

1 Considerações físicas

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

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





1.1 Coeficiente de expansão volumétrica térmica

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

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

- 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

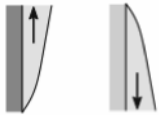
a) Número de Grashof: $$Gr_L \equiv \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} = \frac{\text{F. empuxo}}{\text{F. viscosa}}$$

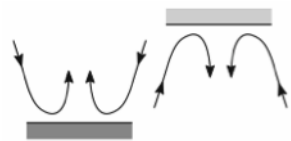
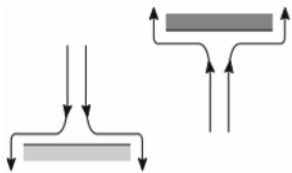
b) Número de Rayleigh: $$Ra_x = Gr_x Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

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**
Placas verticais 	$\overline{Nu}_L = \left\{ 0{,}825 + \dfrac{0{,}387 Ra_L^{1/6}}{\left[1 + (0{,}492/Pr)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2$
Placas inclinadas, com a superfície fria para cima ou com a superfície quente para baixo, $0 \leq \theta \leq 60°$	$\overline{Nu}_L = \left\{ 0{,}825 + \dfrac{0{,}387 Ra_L^{1/6}}{\left[1 + (0{,}492/Pr)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2$ $g \rightarrow g \cos\theta$

Geometria	**Correlação**
Placas horizontais, com a superfície quente para cima ou com a superfície fria para baixo 	$\overline{Nu}_L = 0{,}54 Ra_L^{1/4}, \quad 10^4 \leq Ra_L \leq 10^7$ $\overline{Nu}_L = 0{,}15 Ra_L^{1/3}, \quad 10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}$ $(L = A_s/P)$
Placas horizontais, com a superfície fria para cima ou com a superfície quente para baixo 	$\overline{Nu}_L = 0{,}52 Ra_L^{1/5}$ $10^4 \leq Ra_D \leq 10^9, \; Pr \geq 0{,}7$ $(L = A_s/P)$

Geometria	**Correlação**
Cilindro horizontal	$\overline{Nu}_D = \left\{ 0{,}60 + \dfrac{0{,}387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0{,}559/Pr)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2$ $Ra_D \leq 10^{12}$
Esfera	$\overline{Nu}_D = 2 + \dfrac{0{,}589 Ra_D^{1/4}}{\left[1 + (0{,}469/Pr)^{9/16}\right]^{4/9}}$ $Ra_D \leq 10^{11},\ Pr \geq 0{,}7$

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 formado 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.