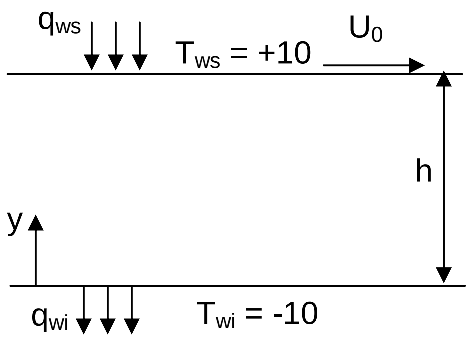
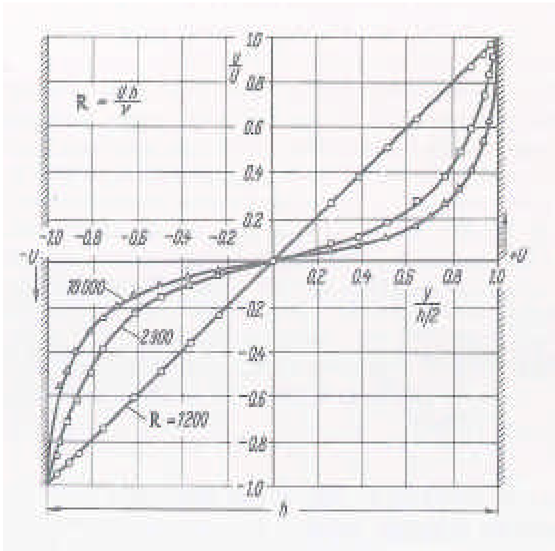
Lista de Exercícios N. 6 – Lei de Parede Térmica

1) Considere o escoamento turbulento de Couette com troca térmica transversal. A parede superior está se deslocando com velocidade U_0 e está submetida a uma temperatura T_{ws} = + 10. Já a parede inferior está estacionária e submetida a uma temperatura Twi = -10. Uma representação esquemática do canal é dada na figura abaixo onde h é a distância entre as placas. O escoamento está térmica e hidrodinamicamente desenvolvido. O fluxo de calor qws é igual ao qwi e ocorre na direção y negativo. O escoamento possui a componente de velocidade média U. Os perfis de velocidade e temperatura são similares. A figura ao lado exibe o perfil de velocidade para vários Reynolds.





a) Mostre que a temperatura no centro do canal, y = h/2 é dada pela média aritmética das temperaturas da parede: T(h/2)=0.5*(Tws+Twi);

b) Definindo o fluxo de calor, $q_{wi} = h(T_{wi}-T_{h/2})$, isto é como sendo proporcional a diferença entre a temperatura da parede e aquela do centro do canal; mostre que o número de Stanton pode ser definido para este caso como: $St = (t^+_i(h/2)\ .\ U^+_0)^{-1}$.

c) Utilizando a lei-log térmica, encontre:

$$St = \frac{C_f/2}{Pr_t/2 + \sqrt{C_f/2}\cdot\left(C_T(Pr) - Pr_t \cdot B\right)} \quad \text{onde } St = \frac{h}{\rho\cdot C_P \cdot U_0}$$

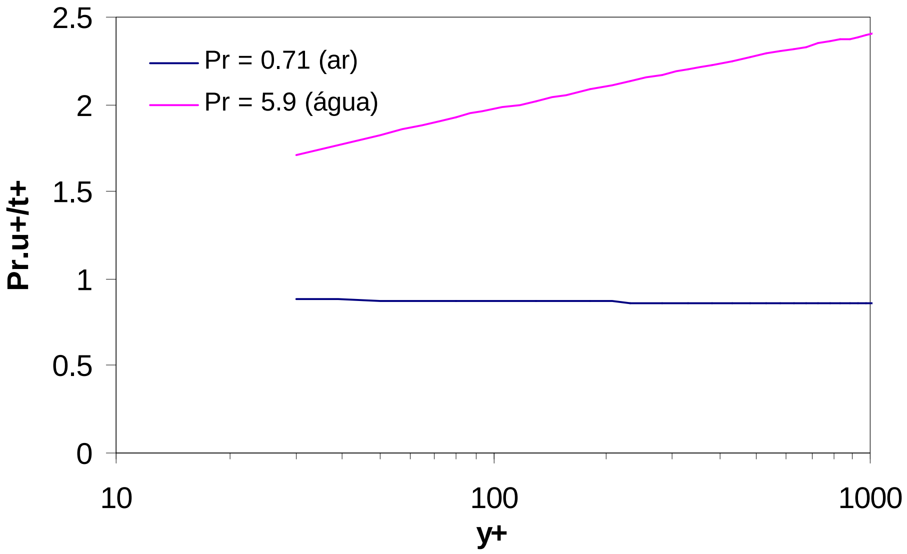
2) Mostre que a razão de temperaturas e de velocidades pode ser expressa por:

$$\left(\frac{T_w - T_{SCL}}{T_w - T_\infty}\right)\cdot\left(\frac{U_\infty}{U_{SCL}}\right) \equiv \frac{Pr\cdot U^+(y^+=\infty)}{T^+(y^+=\infty)}$$

Além disto, calcule a razão para o ar (Pr = 0.71) e para a água (Pr = 5.9) para valores de y+ variando entre 30 e 1000 (não considere efeitos de esteira) e mostre graficamente que

$$0.8 < \frac{Pr\cdot U^+}{T^+} < 2.5; \text{ou seja } \frac{Pr\cdot U^+}{T^+} \cong 1$$

Veja gráfico da figura abaixo:



3) Leis-Log são extensivamente utilizadas em métodos numéricos para se fazer uma ‘ponte’ entre a parede e a região vizinha sem a necessidade de se empregar uma malha excessivamente refinada. Por meio dela pode-se estimar a tensão e o fluxo de calor no primeiro nó, adjacente a parede, desde que ele esteja na <u>região logarítmica do perfil</u> de velocidades. Considerando que U_δ e T_δ sejam a velocidade e temperatura do fluido no primeiro nó adjacente à parede, v* e t* a velocidade e temperatura de atrito , Tw a temperatura da parede e δ a distância da parede ao primeiro nó. O fluxo de calor na parede é determinado por:

$$\dot{q}''_w = -St_w \cdot \rho \cdot C_p \cdot |U_\delta| \cdot (T_\delta - T_w)$$

onde $T_\delta > T_W$ e St_W é o número de Stanton modificado para as condições da parede.

a) Mostre então que St_W é dado por:

$$St_w = \frac{v^*}{U_\delta} \cdot \frac{1}{t^+(\delta^+)}$$

b) Utilizando a lei-log térmica, mostre que St_W pode ser expresso por:

$$St_w = \frac{(C_f/2)}{Pr_t + \sqrt{C_f/2}\left(C_T(Pr) - Pr_t \cdot B\right)}$$

onde

$$Re_\delta = \frac{U_\delta \delta}{\nu} \quad e \quad C_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2}\rho U_\delta^2}$$

onde κ é a constante de Von Kàrmàn e B a constante da lei log, (0.41 e 5.0).

c) Mostre que para o ar ela é dada por:

$$St_w = \frac{(C_f/2)}{0.85 + \sqrt{C_f/2}(13.2 \cdot Pr - 9.59)}$$