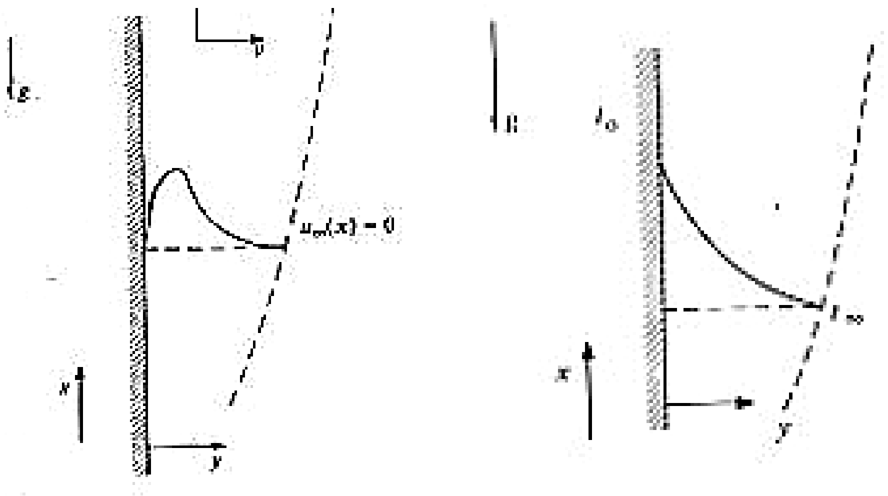
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

MEC 2348 - Transferência de Calor II
Período 2015.2- Prof. Angela Ourivio Nieckele
Lista de Exercícios 5 - data de entrega: 23 de novembro

1) Considere a camada limite devido a convecção natural laminar, ao longo de uma parede com sucção e com temperatura de parede variável, de acordo com $T_S - T_\infty = A\, x^n$



Neste caso, as equações da camada limite, utilizando a aproximação de Boussinesq são

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

$$\left(u\,\frac{\partial u}{\partial x} + v\,\frac{\partial u}{\partial y} \right) = \frac{\mu}{\rho_\infty}\,\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \beta\,(T - T_\infty)\,g$$

$$\left(u\,\frac{\partial T}{\partial x} + v\,\frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{\kappa}{\rho_\infty\, c_p}\,\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$$

Condições de Contorno: (i) $y = 0$ $\quad u = 0;\ v = v_o$ $\quad$ e $\quad T = T_s$

(ii) $y = \infty$ $\quad u = 0$ $\quad$ e $\quad T = T_\infty$

Considere as seguintes variáveis de similaridade

$$\eta = \frac{y}{x}\left(\frac{Gr_x}{4}\right)^{1/4} \quad ; \quad f(\eta) = \frac{\psi}{4\,\upsilon\,(Gr_x/4)^{1/4}} \quad ; \quad Gr_x = \frac{g\,\beta\,x^3\,(T_S - T_\infty)}{\upsilon^2}$$

e considerando que $\theta = \dfrac{T - T_\infty}{T_S - T_\infty}$; $u = \dfrac{\partial \psi}{\partial y}$; $v = -\dfrac{\partial \psi}{\partial x}$

(i) Mostre que as equações da camada limite podem ser escritas como

$$\frac{d^3 f}{d\eta^3} + \theta + (n+3)\, f\, \frac{d^2 f}{d\eta^2} - (2n+2)\left(\frac{d\,f}{d\,\eta}\right)^2 = 0$$

$$\frac{d^2 \theta}{d\eta^2} + \mathbf{Pr}\left[(n+3)\, f\, \frac{d\,\theta}{d\,\eta} - 4\,n\,\frac{d\,f}{d\,\eta}\,\theta\right] = 0$$

onde $\dfrac{u}{u_{ref}} = f'$ e $\dfrac{v}{v_{ref}} = [-3\,f + f'\,\eta\,]$

sendo $u_{ref} = \upsilon\,\dfrac{4}{x}\left(\dfrac{Gr_x(x)}{4}\right)^{1/2}$ e $v_{ref} = \upsilon\left(\dfrac{Gr_x(x)}{4}\right)^{1/4}$

(ii) Mostre ainda que $v_o = -\dfrac{\upsilon}{x}\left(\dfrac{Gr_x}{4}\right)^{1/4}(n+3)\, f(0)$

(iii) Desenvolva uma solução analítica para o perfil de temperatura laminar e número de Nusselt para o caso de **grande sucção** na parede, partindo das equações acima. A expressão final deve conter *n, f(0),* e **Pr** como parâmetros. Compare esta expressão assintótica para o Nusselt com os resultados da Tabela abaixo, válida para n=0 e **Pr = 0,7**.

	Sucção			Sopro			
f(0)	+1,0	+0,8	+0,4	0	-0,4	-0,8	-1,0
$Nu_x\, Gr_x^{-1/4}$	1,55	1,27	0,758	0,359	0,115	0,0187	0,00529

(iv) Considerando que não existe sopro, determine numericamente o perfil de temperatura θ e velocidade f'. Trace os gráficos de temperatura adimensional θ e velocidades u e v adimensionais em função de η. Determine ainda o coeficiente de atrito, $Cf(x) = \tau_s / (0{,}5 \rho U_\infty^2)$ e o produto $Nu_x\, Gr_x^{-1/4}$.