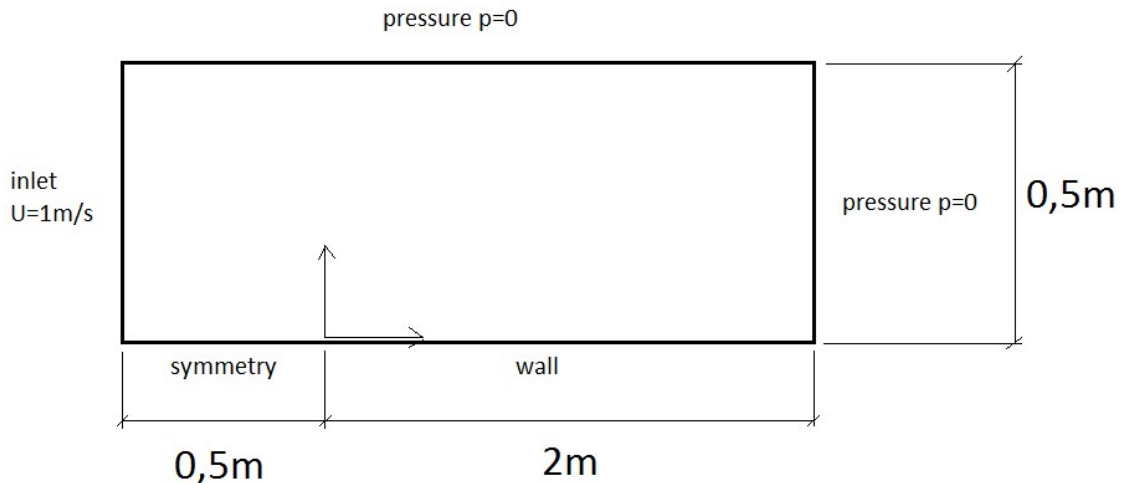


## Solução do escoamento laminar sobre uma placa plana com gradiente nulo de pressão

Trata-se da solução do escoamento sobre uma placa plana paralela à corrente, com comparação dos resultados com a solução de Blasius. Um esquema da geometria e das condições de contorno pode ser vista abaixo.



Note que a placa tem um comprimento  $L = 2\text{m}$  e a velocidade da corrente incidente é  $U = 1\text{m/s}$ . No nosso caso, a viscosidade será escolhida de forma que  $Re_L = UL/\nu = 10000$  multiplicado pelo último algarismo do seu nº USP ( se for zero, multiplique por dez). Por exemplo, se queremos  $Re_L = 20000$  então  $\nu = 0,0001\text{ m}^2/\text{s}$ .

- 1) Escolha o diretório em que o caso vai ser salvo e o nome do caso.
- 2) Importe a malha. No momento, vamos usar uma malha gerada no formato do GAMBIT e será a malha “flatPlate.neu”.
- 3) Após importar a malha, vá ao menu “Mesh” e especifique as condições de contorno que são do tipo “empty”, “symmetry” e “patch”. A fronteira selecionada sempre fica na cor vermelho claro.
- 4) Vá ao menu “Setup” e escolha o solver. No caso, queremos resolver escoamento permanente (*steady*) e incompressível. O solver será o simpleFoam.
- 5) Verifique que no menu “Turbulence” o escoamento está especificado como laminar.
- 6) No menu “Transport properties” especifique o valor da viscosidade cinemática.
- 7) No menu “Discretization” existem quatro submenus, para a discretização temporal, espacial (*Convection*), cálculo dos gradientes e interpolações. Na discretização temporal, o problema é permanente (*Steady State*). Na discretização espacial, troque o esquema convectivo da quantidade de movimento de *upwind* para *linear upwind*. As demais opções podem ser deixadas em seus estados originais.

8) No menu de solução (*solution*) existem quatro submenus, “*Solvers*”, “*Simple*”, “*Residuals*” e “*Relaxation*”. Deixe os estados originais, menos o valor dos resíduos de encerramento. Baixe tudo para  $10^{-5}$ .

9) Nos menus “*Operating Conditions*” e “*cell zones*” não mexa.

10) No menu “*Boundary Conditions*” estipule as condições para velocidades e pressões nas fronteiras que foram categorizadas como “*patch*”. Em entradas, tipicamente, estipule as componentes do vetor da velocidade (*fixedValue*) e uma condição de Neumann de gradiente normal nulo para a pressão (*zeroGradient*). Nas saídas tipicamente é o contrário, a velocidade tem a condição de gradiente normal nulo e a pressão é especificada. Na parede da placa, as componentes do vetor da velocidade são especificadas com valor zero ( parede estacionária) e para pressão usa-se uma condição de Neumann de gradiente normal nulo.

11) No menu “*Initial Conditions*” estipule a estimativa inicial para pressões e velocidades.

12) Em “*Controls*” estipule a frequência com que quer salvar a solução.

13) Em “*Monitors*” não mexa.

14) Em “*Run*”, estipule o número de “*time-steps*”, o que é um nome impróprio uma vez que o solver é permanente. Para o *simpleFoam*, cada *time-step* é uma iteração. O valor do passo de tempo “*time-step*” obviamente é um. Assim, se escolher um “*end time*” igual a 100000, teremos no máximo 100000 iterações caso a convergência não ocorra.

15) Salve o caso em “*write case*” (botão com imagem de disquete) e rode em “*run calculation*”.

16) Após a convergência, vamos pós-processar os resultados.

17) Vá para “*postProcessing*” e clique no botão do *paraView*.

18) No canto superior direito, em “*time*”, escolha a iteração que será visualizada.

19) Clique no botão “*apply*”.

20) No menu “*filters*”, em “*alphabetical*”, escolha “*plot over line*”.

21) Vamos escolher uma linha entre os pontos (1,0,0) e (1,0.1 a 0.2,0). Note que nessa posição temos  $Re_x = Re_L/2$ . A coordenada *y* ideal do 2º ponto pode variar porque a espessura da camada limite depende do nº de Reynolds  $Re_x$  relacionado com a viscosidade cinemática da sua simulação.

22) Se tudo der certo... você terá um perfil de velocidades para comparar com a solução de Blasius. No menu “*file*”, em “*save data*”, os dados do perfil podem ser salvos em um arquivo texto que pode ser aberto no Excel.

Lembre-se que a solução de Blasius está na literatura (por exemplo, em “Mecânica dos Fluidos” de Frank White) Como uma função  $f'$  de  $\eta$ , onde  $f' = u/U$  e  $\eta = y \sqrt{\frac{U}{\nu x}}$ .

Você deve comparar os seus resultados do seu perfil de velocidades com o perfil  $f' \times \eta$  da solução de Blasius. Compare também a espessura da sua camada limite  $\delta$  obtida para a posição onde  $u=0,99U$  e compare com a solução de Blasius:

$$\frac{\delta}{x} = \frac{5}{\sqrt{\text{Re}_x}}$$