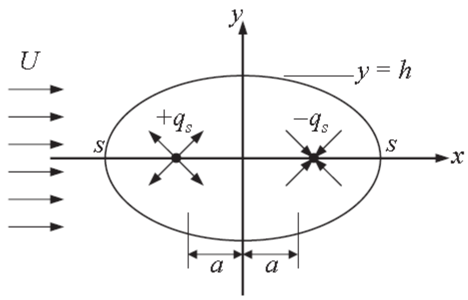
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA

EMEC-7033 / MNUM-7046 Mecânica dos Fluidos (2018/1)
Prof. Luciano Kiyoshi Araki

LISTA DE EXERCÍCIOS 03

Entrega: 30/05/2018 (quarta-feira)

1. Considere o escoamento bidimensional em regime permanente formado pela combinação de um escoamento uniforme de velocidade U na direção positiva do eixo x, uma fonte de intensidade $q_s > 0$ posicionada em $(x,y) = (-a, 0)$ e um sorvedouro de intensidade $-q_s$ posicionada em $(x,y) = (+a, 0)$, sendo $a > 0$. A pressão do escoamento não perturbado é p_∞.



a) Obtenha as expressões para o potencial de velocidades e a função de corrente para esse campo de escoamento.

b) Quais são as coordenadas dos pontos de estagnação, denotados por s na figura?

c) Determine o cmapo de pressão desse escoamento ao longo do eixo y.

d) Existe uma linha de corrente fechada neste escoamento que define o chamado "oval de Rankine". Obtenha a equação algébrica transcendental para essa linha de corrente e mostre que a meia espessura, h, do corpo na direção y é dada por $h/a = \cot(\pi U h/q_s)$. A introdução de ângulos pode ser útil nessa dedução.

2. Considere um corpo aerodinâmico, como um aerofólio, com um dado ângulo de ataque. A força aerodinâmica resultante é R [N = MLT^{-2}]. Intuitivamente, espera-se que a força R dependa:

- Da velocidade do escoamento não perturbado, U [m/s = LT^{-1}].
- Da massa específica do escoamento não perturbado, ρ_∞ [kg/m^3 = ML^{-3}].
- Da viscosidade do fluido, μ_∞ [Pa.s = $ML^{-1}T^{-1}$].
- Do tamanho do corpo, que pode ser representado por um comprimento de referência; no caso de um aerofólio, tal comprimento é a corda, c [m = L].
- Da compressibilidade do fluido, que está relacionada à velocidade do som, a [m/s = LT^{-1}].

Apresente uma análise dimensional deste problema e obtenha que o coeficiente de força adimensional é $C_R = f$ (Re, Ma). Define-se como $C_R = R\big/\left(\frac{1}{2}\rho_\infty U^2 S\right)$ sendo S uma área planiforme, normalmente empregada ao invés de c^2.

3. Considere o escoamento sobre dois cilindros circulares, um possuindo quatro vezes o diâmetro do outro. O escoamento sobre o cilindro menor possui como propriedades não perturbadas uma velocidade V_1, uma massa específica ρ_1 e uma temperatura T_1. O escoamento sobre o cilindro maior possui como propriedades não perturbadas uma velocidade $V_2 = 2V_1$, uma massa específica $\rho_2 = \rho_1/4$ e uma temperatura $T_2 = 4T_1$. Assume-se que tanto μ (viscosidade dinâmica) quanto a (velocidade do som) são proporcionais a $T^{1/2}$. Mostre que ambos os escoamentos são dinamicamente similares.

4. O arrasto sobre o casco de um navio depende em parte da altura das ondas produzidas pelo casco. A energia potencial associada a essas ondas, por sua vez, depende da aceleração da gravidade, g. Desta forma, pode-se estabelecer que o arrasto das ondas sobre o casco de um navio é $D = f(\rho_\infty, V_\infty, c, g)$ onde c é o comprimento de escala associado ao casco, neste caso, é a largura máxima do casco. Define-se, ainda, o coeficiente de arrasto como $C_D \equiv D/(q_\infty c^2)$, bem como um parâmetro de similaridade chamado de número de Froude, $Fr = V/\sqrt{gc}$. Utilizando o Teorema Pi-Buckingham, prove que $C_D = f(Fr)$.

5. Considere um Lear Jet voando a uma velocidade de 250 m/s a uma altitude de 10 km, na qual a massa específica e a temperatura são de 0,414 kg/m^3 e 223 K, respectivamente. Considere, também, que um modelo em escala reduzida, na razão de 1/5, esteja em testes em um túnel de vento de um laboratório. A pressão na seção de testes do túnel é de 1 atm = 101325 Pa. Nesse caso, determine a velocidade, a temperatura e a massa específica do ar na entrada da seção de testes, de modo que os coeficientes de arrasto e de sustentação sejam os mesmos para o modelo em escala e o avião real em voo. Considere o ar como gás perfeito (relação apresentada no exercício 1). Caso necessário considere que a viscosidade μ e a velocidade do som a sejam proporcionais a $T^{1/2.}$

6. O escoamento plano de Couette é gerado ao se colocar um fluido viscoso entre duas placas planas infinitas paralelas e movendo-se uma das placas (por exemplo, a superior) a uma velocidade U em relação à outra placa. As placas são mantidas a uma distância h. Ao invés de utilizar um único fluido, dois fluidos viscosos imiscíveis e de viscosidade diferente são colocados entre as placas. Encontre a distribuição de velocidades em cada um dos fluidos.