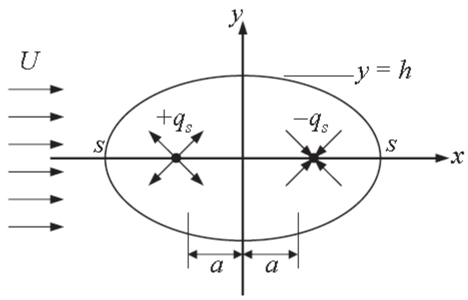
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÉTODOS NUMÉRICOS EM ENGENHARIA

**EMEC-7033 / MNUM-7046 Mecânica dos Fluidos (2019/1)**
**Prof. Luciano Kiyoshi Araki**

# LISTA DE EXERCÍCIOS 03

Entrega: 31/05/2018 (sexta-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 $p_\infty$.




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, $\rho_\infty$ [kg/m$^3$ = $ML^{-3}$].
- Da viscosidade do fluido, $\mu_\infty$ [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 $\rho_1$ 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 $\mu$ (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 $D = f\left(\rho_\infty, V_\infty, c, g\right)$ 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 $C_D \equiv D/\left(q_\infty c^2\right)$, 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 $\mu$ 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.