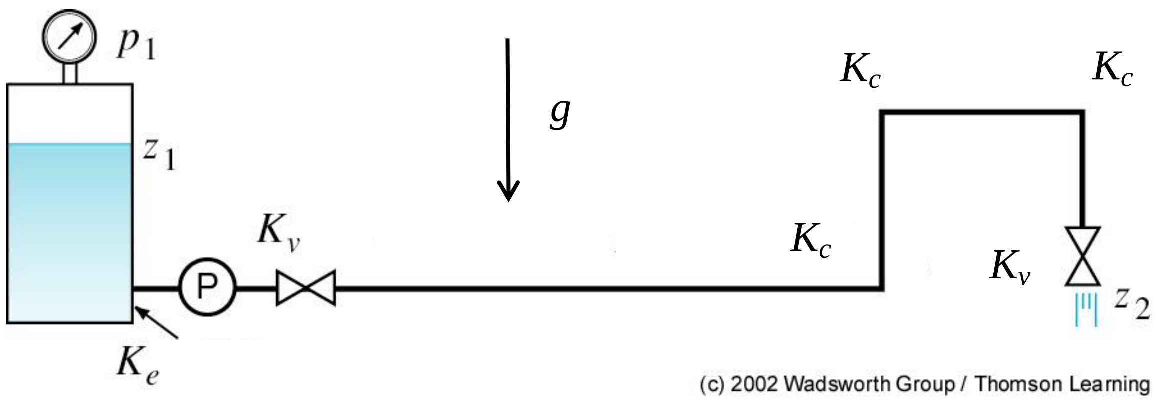
LABORATÓRIO E APLICAÇÕES DE MECÂNICA DOS FLUIDOS (PME 2332)
Terceira Prova - 2012

1. (5 pontos) Um líquido com massa específica $\rho = 680\,kg/m^3$ é bombeado de um grande tanque de armazenamento fechado e pressurizado para uma descarga de jato livre através de um tubo de comprimento total $L = 450\,m$ e diâmetro $D = 300\,mm$, como mostra a figura. A bomba P fornece um valor conhecido de potência para o líquido $W_P = 10\,kW$. A pressão manométrica no manômetro no tanque fechado é $p_1 = 110\,kPa$. Assumir $g = 9{,}8\,m/s^2$. Supondo um fator de atrito e coeficientes de perdas singulares constantes, com os seguintes valores de parâmetros $f = 0{,}015$, $K_e = 0{,}5$ (entrada ao duto), $K_c = 0{,}26$ (cada cotovelo), $K_v = 2$ (cada válvula) e sabendo que os valores das cotas no tanque e na descarga são respectivamente $z_1 = 24\,m$ e $z_2 = 18\,m$:
   a) Determinar uma expressão analítica que permita calcular a vazão de descarga Q. Que dificuldade surge para calcular explícitamente a vazão? (3,5 pontos)
   b) Calcular numericamente a vazão de descarga. (1,5 pontos)



Conservação da energia: $H_{E1} + H_{maq} = H_{E2} + \sum \Delta H_{perdas}$; $H_E = \dfrac{p}{\rho g} + \dfrac{V^2}{2g} + z$

Perda de carga singular: $\Delta H_S = K_S \dfrac{V^2}{2g}$; Perda de carga distribuída: $\Delta H_d = f \dfrac{L}{D} \dfrac{V^2}{2g}$;

Potência para o líquido: $W_P = \rho\, g\, Q\, \Delta H_P$

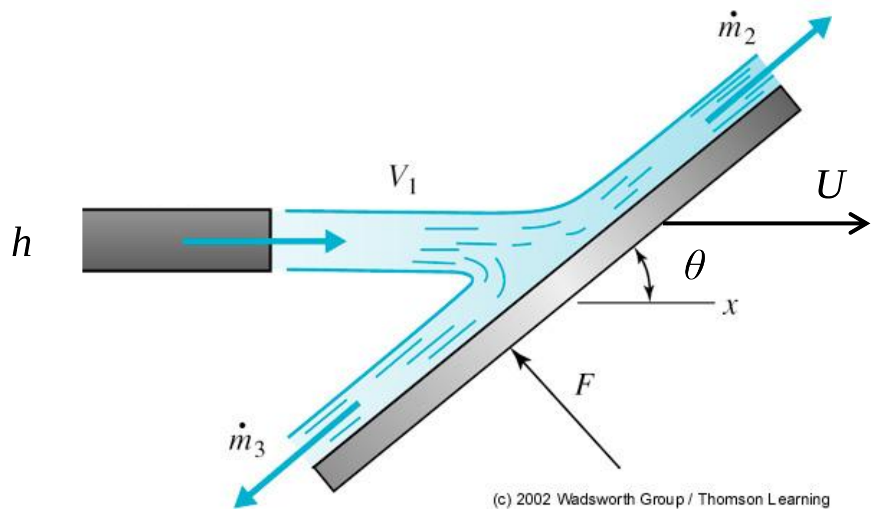
2. (5 pontos) Um líquido de massa específica ρ escoa do jato bidimensional horizontal de velocidade V_1 e espessura h e incide na placa plana que forma um ângulo θ com a horizontal, como mostrado na figura. A placa se desloca com uma velocidade horizontal $U < V_1$ constante. Utilizando as leis de conservação, calcular as vazões mássicas por unidade de largura (medidas no sistema solidário à placa) $\dot{m}_2$ e $\dot{m}_3$, assim como o módulo da força exterior F por unidade de largura necessária para segurar a placa. Desprezar os efeitos de atrito e notar que, fora do sistema água-placa, temos a pressão atmosférica constante. Para resolver o problema:

a) Definir o volume de controle utilizado para aplicar as leis de conservação. (0,5 pontos)
b) Demonstrar que os módulos das velocidades relativas no sistema da placa são iguais e que a força é normal à placa. (1 ponto)
c) Aplicando a conservação da massa e da quantidade de movimento, demonstrar que as vazões mássicas de saída e a força resultam: (3 pontos)

$$\dot{m}_2 = \frac{1}{2}(1+\cos\theta)\rho(V_1 - U)h$$
$$\dot{m}_3 = \frac{1}{2}(1-\cos\theta)\rho(V_1 - U)h$$
$$F = \rho(V_1 - U)^2 h \operatorname{sen}\theta$$

d) Discutir os resultados anteriores para os casos limite $\theta = 0$, $\theta = \frac{\pi}{2}$ e $\theta = \pi$, assim como para valores de U positivos ou negativos. (0,5 pontos)

Dica: como é desprezado o atrito, a única força de interação entre o jato e a placa é a força de pressão.



Bernoulli: $p + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g z = \text{cte}$; Conservação da massa: $0 = \int_A \rho \left(\boldsymbol{V}.\breve{\boldsymbol{n}}\right) dA$

Conservação da quantidade de movimento: $\sum \boldsymbol{F}_{ext} = \int_A \rho \boldsymbol{V} \left(\boldsymbol{V}.\breve{\boldsymbol{n}}\right) dA$