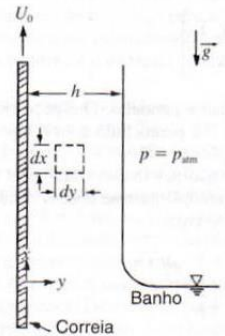


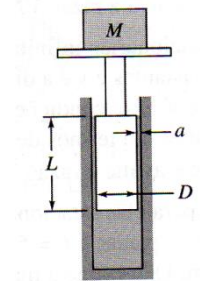
## MEC 2345 -- Mecânica dos Fluidos II

### Lista de Exercícios no. 2 -- Período: 2017.2 – dia de entrega: 11 de Setembro Prof. Angela O. Nieckele

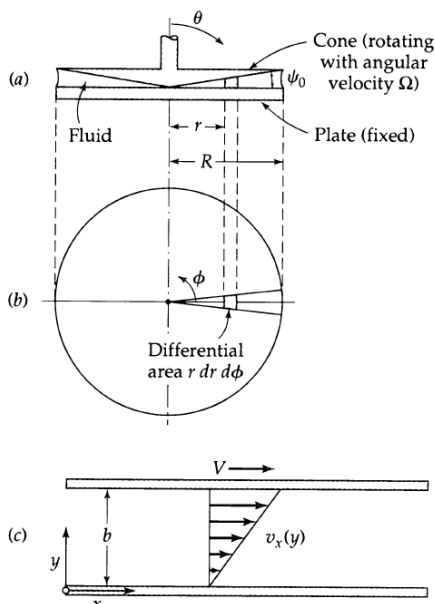
1 - Uma correia contínua, movendo-se para cima através de um banho químico com velocidade  $U_0$  arrasta consigo uma película líquida de espessura constante  $h$ , massa específica  $\rho$  e viscosidade dinâmica  $\mu$ . A gravidade tende a fazer com que o líquido escorregue para baixo, mas o movimento da correia impede que o filme escoo totalmente para baixo. Considere a espessura do filme constante, escoamento, laminar e com gradiente de pressão nulo. Determine a velocidade da correia para que a vazão seja nula, isto é, a parcela que sobe é igual a a parcela que cai.



2 - Um amortecedor a óleo [ $\rho=890 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu = 0,4 \text{ kg/(ms)}$ ] é formado por um conjunto pistão-cilindro. O pistão possui diâmetro  $D = 6 \text{ mm}$ , e comprimento  $L = 25 \text{ mm}$ . Este desliza dentro do cilindro com uma folga radial  $a$ , de acordo com a figura. Determine a massa  $M$ , necessária para produzir a pressão de  $1,5 \text{ MPa}$  (manométrica) no cilindro. Devido ao movimento vertical do pistão, há um vazamento pela folga. Se a velocidade do pistão for de  $1 \text{ mm/min}$ , qual deve ser a folga radial.



3 – **Viscosímetro de cone-e-placa.** Um viscosímetro de cone-e-placa consiste em uma placa plana estacionária e um cone invertido, cujo vértice apenas toca a placa. O líquido cuja viscosidade deve ser medida é colocado na folga entre o cone e a placa. O cone é girado a uma velocidade angular conhecida  $\Omega$ , e o torque é  $T_z$ , necessário para girar o cone é medido. Desenvolva uma expressão para a viscosidade do fluido em termos de  $\Omega$  e  $T_z$  e do ângulo  $\psi_0$  entre o cone e a placa. Para instrumentos comerciais  $\psi_0$  é de cerca de 1 grau.



**Fig. 2B.11** The cone-and-plate viscometer: (a) side view of the instrument; (b) top view of the cone-plate system, showing a differential element  $r dr d\phi$ ; (c) an approximate velocity distribution within the differential region. To equate the systems in (a) and (c), we identify the following equivalences:  $V = \Omega r$  and  $b = r \sin \psi_0 \approx r\psi_0$ .

(a) Admita que localmente a distribuição de velocidade na folga possa ser representada com boa aproximação como um escoamento entre placas planas paralelas, onde a placa superior se move com velocidade constante. Mostre que isso leva a seguinte distribuição *aproximada* de velocidade (em coordenadas esféricas), a qual é razoavelmente boa para  $\psi_0$  pequeno

$$\frac{u_\phi}{r} = \Omega \left( \frac{(\pi/2) - \theta}{\psi_0} \right)$$

(b) A partir da distribuição de velocidade dada pela expressão acima, mostre que uma expressão razoável para a tensão cisalhante é

$$\tau_{\theta\phi} = -\mu \frac{\Omega}{\psi_0}$$

Este resultado mostra que a tensão cisalhante é uniforme em toda a folga. É esse fato que torna o viscosímetro de cone-e-placa tão popular. O instrumento é muito utilizado, particularmente na indústria de polímeros.

(c) Mostre que o torque necessário pra girar o cone é dado por

$$T_z = \frac{2}{3} \pi \mu R^3 \frac{\Omega}{\psi_0}$$

Esta é a fórmula padrão para o cálculo da viscosidade a partir de medidas de torque e velocidade angular para a montagem cone-e-placa com  $R$  e  $\psi_0$  conhecidos.

(d) Para um instrumento cone-e-placa com 10 cm de raio e ângulo  $\psi_0$  igual a 0,5 graus, qual o torque (em dyn-cm) necessário para girar o cone a uma velocidade angular de 10 radianos por minuto, se a viscosidade do fluido é 100 cp?