UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Instituto de Química

Lista de Exercícios 1 de Fenômenos de Transporte 1

Curso: Engenharia Química

Prof. Dyrney Araújo dos Santos site: www.dyrney.com

Exercício 1: A medida da viscosidade de um fluido pode ser feita através de um viscosímetro capilar que utiliza os conceitos da Equação de Hagen-Poiseuille. Assim, considere glicerina escoando a à 26,5 °C através de um tubo horizontal com 1 ft de comprimento (L) e 0,05 in de raio interno (R). A queda de pressão (ΔP) obtida foi de 40 psi, a uma vazão volumétrica (Q) de 0,00398 ft^3/min. A densidade (ρ) do fluido em tais condições é 1,261 g/cm^3. A partir dos dados anteriores, determine a viscosidade da glicerina em centipoise e em Pa.s.

$$\mu = \frac{\pi \Delta P R^4}{8QL}$$

Exercício 2: A fórmula Stokes-Oseen para a força de arrasto *F* sobre uma esfera de diâmetro *D* em uma corrente de fluido de baixa velocidade *V*, massa específica ρ e viscosidade μ é

$$F = 3\pi\mu DV + \frac{9\pi}{16}\rho V^2 D^2$$

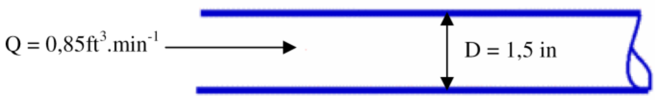
Essa fórmula é dimensionalmente homogênea?

Exercício 3: Na aerodinâmica, a força de arrasto F_D, sobre um corpo, é dada por:

$$F_D = \frac{1}{2}\rho V^2 A C_D$$

Assim, o arrasto depende da velocidade *V*, da massa específica ρ do fluido e da área frontal do corpo *A*. Determine as dimensões do coeficiente de arrasto C_D.

Exercício 4: Considere água à temperatura ambiente (µ = 0,01 g.cm-1.s-1 e r = 2205 lbm.m-3) sendo transportada através de um duto de seção circular. Calcule o número de Reynolds (Re) do sistema abaixo e diga qual o regime de escoamento da água nessa tubulação.

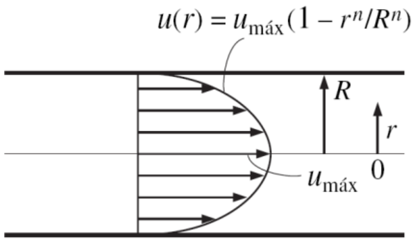


Considere:

Q como a vazão volumétrica de água;

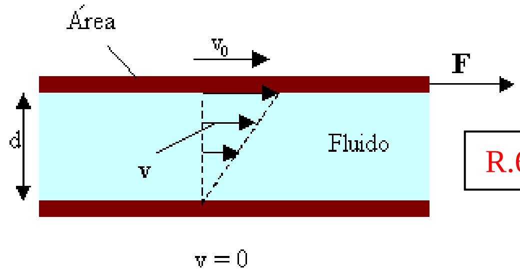
D como o diâmetro interno do tubo.

Exercício 5: Considere o escoamento de um fluido newtoniano com viscosidade μ através de um tubo circular. O perfil de velocidade no tubo é expresso por $u(r)=u_{máx}(1-r^n/R^n)$, onde $u_{máx}$ é a velocidade máxima do escoamento, a qual ocorre no eixo central; *r* é a distância radial do eixo central e *u(r)* é a velocidade do escoamento em qualquer posição *r*. Desenvolva uma relação para o força exercida pelo fluido sobre a parede do tubo no sentido do escoamento por unidade de comprimento do tubo.



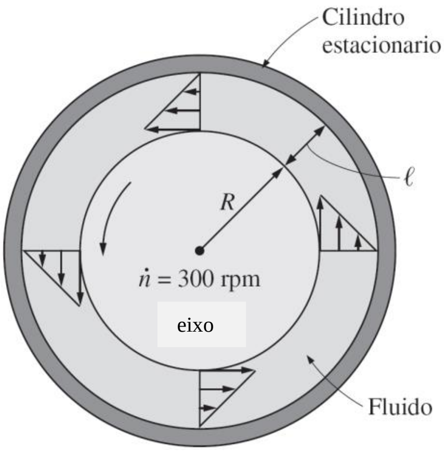
R.5: $F/L = 2\pi n \mu u_{máx}$

Exercício 6: Qual o valor da força que deve ser aplicada à placa superior da figura abaixo, cuja área é de 0,035 m^2, para que sua velocidade seja de 0,40 ft/s (constante), sendo de 0,05 in a distância entre as placas e 0,09 poise a viscosidade do fluido (fluido newtoniano)? Supor perfil linear de velocidades para o fluido no espaço entre as placas.



R.6: F = 0,03N

Exercício 7: A viscosidade de um fluido (newtoniano) é medida por um viscosímetro construído com dois cilindros concêntricos de 40 cm de comprimento (ver figura abaixo). O diâmetro externo do cilindro interno é de 12 cm e a folga entre os dois cilindros é de 0,15 cm. O cilindro interno é girado a 300 rpm e o torque medido foi de 1,8 N.m. Determine a viscosidade do fluido.
Obs: Considere o perfil de velocidade linear.



R.7: μ = 0,159kg/(m.s)

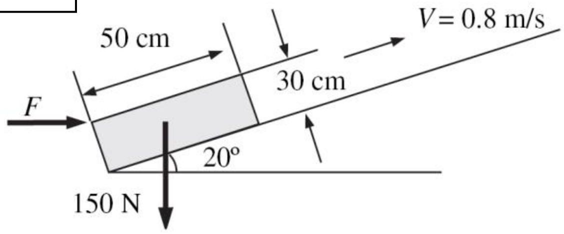
Exercício 8: Um bloco com dimensões de 50cm×30cm×20cm pesando 150 N deve ser deslocado com velocidade constante de 0,8 m/s num plano inclinado com coeficiente de atrito 0,27.

a) Determine a força F que precisa ser aplicada na direção horizontal.

R.8a: 105,3N

b) Se uma película de óleo de 0,4 mm de espessura com viscosidade dinâmica de 0,012 Pa.s for aplicada entre o bloco e o plano inclinado, determine o percentual de redução na força requerida

R.8b: 45,7%



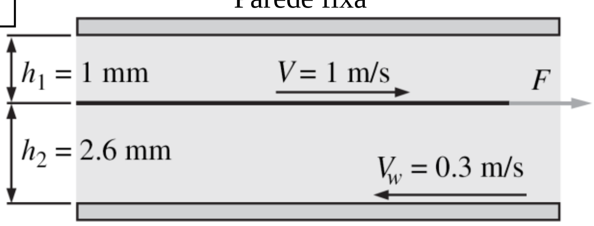
Exercício 9: Uma chapa plana fina de dimensões 30cm×30cm é puxada horizontalmente com velocidade de 3 m/s sobre uma camada de óleo de 3,6 mm de espessura entre duas chapas planas, uma estacionária e a outra movendo-se com velocidade constante de 0,3 m/s, como mostrado na figura abaixo. A viscosidade dinâmica do óleo é 0,027 Pa.s (fluido newtoniano). Considere que a velocidade em cada camada de óleo varie linearmente.

a) Trace o perfil da velocidade e determine o ponto em que a velocidade do óleo é nula.

b) Determine a força que precisa ser aplicada sobre a chapa para manter o movimento.

R.9a: y=0,6mm (eixo fixado na parede inferior)

R.9b: |F| = 3,645N



Exercício 10: Dois líquidos newtonianos imiscíveis escoam em regime permanente entre duas placas paralelas grandes sob a influência de um gradiente de pressão aplicado. A placa inferior é fixa, mas a placa superior é puxada com uma velocidade constante de U = 10 m/s. A espessura h de cada camada de fluido é de 0,5 m. Os perfis de velocidades em ambas as camadas são dados por:

$V_1 = b + cy - 9y^2, \qquad 0 \leq y \leq 0{,}5$

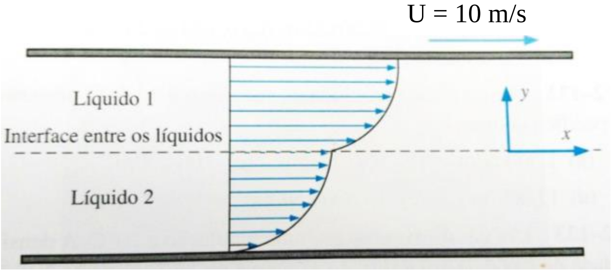
$V_2 = 6 + ay - 3y^2, \qquad -0{,}5 \leq y \leq 0$

onde a, b e c são constantes.

R.10a: a = 10,5; b = 6; c = 12,5

R.10b: $\mu_1/\mu_2 = 0{,}84$

R.10c: Fluido_1$|_{parede}$ = -0,014N
Fluido_2$|_{parede}$ = 0,064N

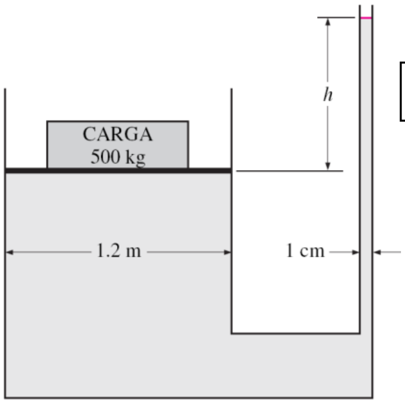


a) Determine os valores das constantes a, b e c.

b) Obtenha uma expressão para a relação entre as viscosidades $\mu_1/\ \mu_2$

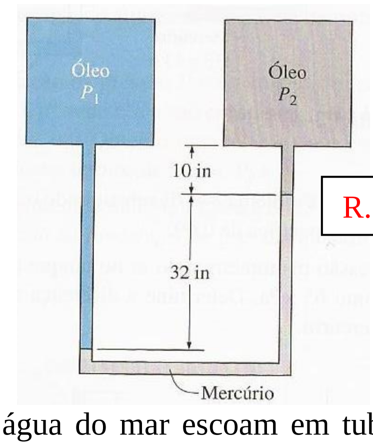
c) Determine a magnitude e a direção das forças exercidas pelo fluido sobre ambas as placas se $\mu_1 = 10^{-3}$ Pa.s e cada placa tem uma área superficial de 4 m^2

Exercício 11: A carga de 500 kg do macaco hidráulico mostrado abaixo deve ser elevada despejando óleo (ρ = 780 kg/m^3) em um tubo fino. Determine quão alto h deve ser para começar a levantar o peso.



R.11: h = 0,567 m

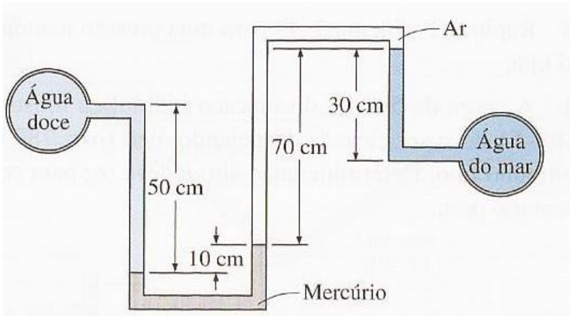
Exercício 12: Dois tanques de óleos estão conectados entre si por um manômetro. Se a diferença entre os níveis de mercúrio dos dois braços for de 32 in, determine a diferença de pressão entre os dois tanques. As densidades do óleo e do mercúrio são 45 lbm/ft^3 e 848 lbm/ft^3, respectivamente.



R.12: $\Delta P = P_1 - P_2$ = 14,9 psia

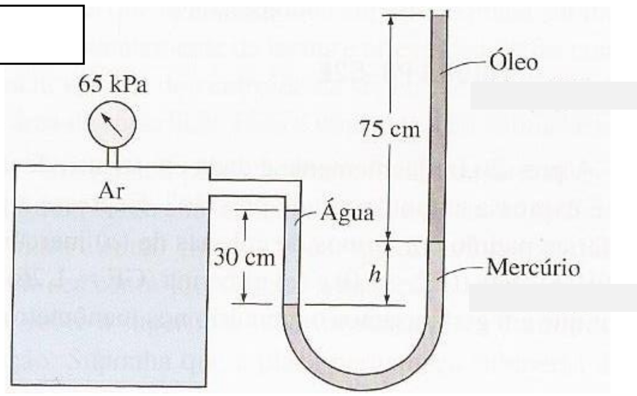
Exercício 13: Água doce e água do mar escoam em tubulações horizontais paralelas conectadas entre sim por um manômetro de tubo duplo em U, como mostrado na figura abaixo. Determine a diferença de pressão entre os dois reservatórios. Considere a densidade da água doce, da água do mar, do mercúrio e do ar iguais a 1000 kg/m^3, 1035 kg/m^3, 13600 kg/m^3 e 1,2 kg/m^3, respectivamente. A coluna de ar pode ser ignorada na análise?

R.13: $P_1 - P_2$ = 5,4kPa

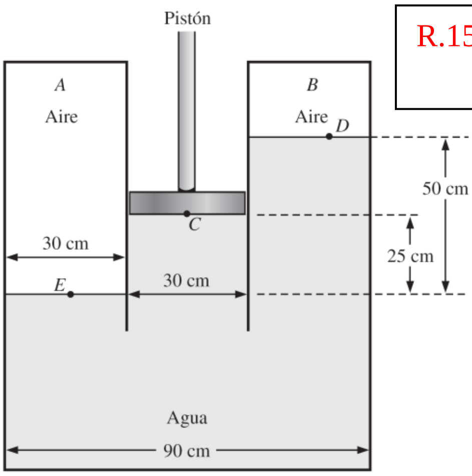


Exercício 14: A pressão manométrica do ar no tanque é medida como 65 kPa. Determine a diferença de altura h da coluna de mercúrio. Dados: ρ_{H2O} = 1000 kg/m^3, ρ_{Hg} = 13600 kg/m^3 e $\rho_{óleo}$ = 720 kg/m^3.

R.14: h = 0,47 m



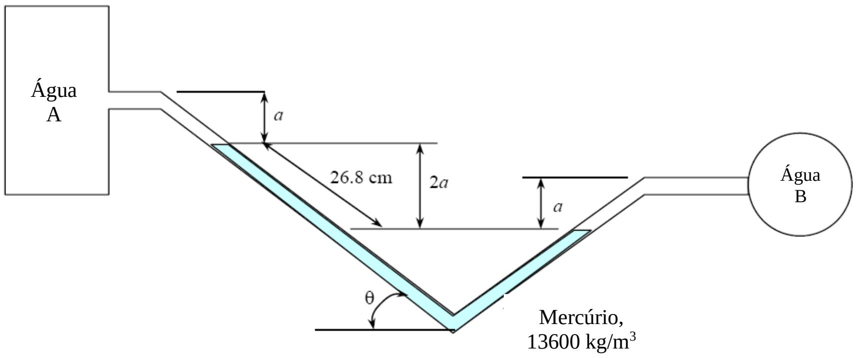
Exercício 15: Duas câmaras com o mesmo fluido (ρ_{H2O} = 1000 kg/m^3) na base estão separadas por pistão de 30 cm de diâmetro cujo peso é de 25 N, como mostrado na figura abaixo. Calcule as pressões manométricas das câmaras A e B.



R.15: $P_{A,manométrica}$ = 2,81kPa
$P_{B,manométrica}$ = -2,10kPa

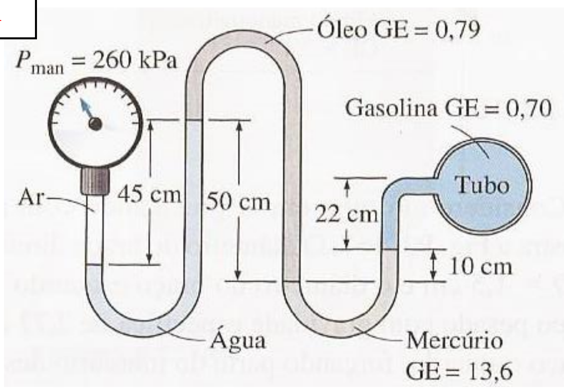
Exercício 16: Dois tanques de água estão conectados entre si por um monômetro de mercúrio com tubos inclinados, como mostrado na figura abaixo. Se a diferença de pressão entre os dois tanques for de 20 kPa, calcule "*a*" e "*θ*".

R.16: a = 7,5 cm
θ = 34°



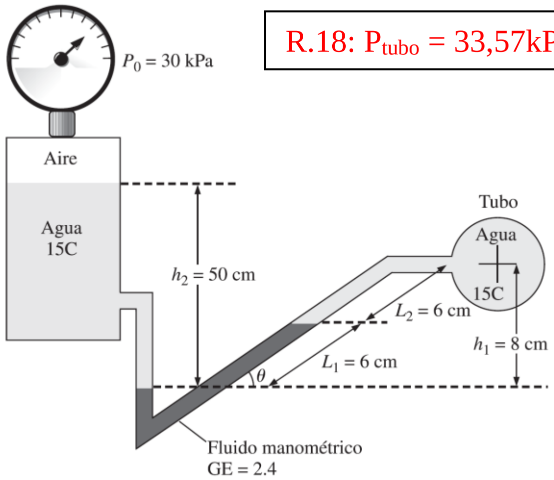
Exercício 17: Um reservatório de gasolina está conectado a um medidor de pressão através de um monômetro em U duplo. Se a leitura da pressão manométrica for de 260 kPa, determine a pressão manométrica no reservatório de gasolina. Considere GE como sendo a massa específica do fluido com relação à água.

R.17: P = 244,6kPa



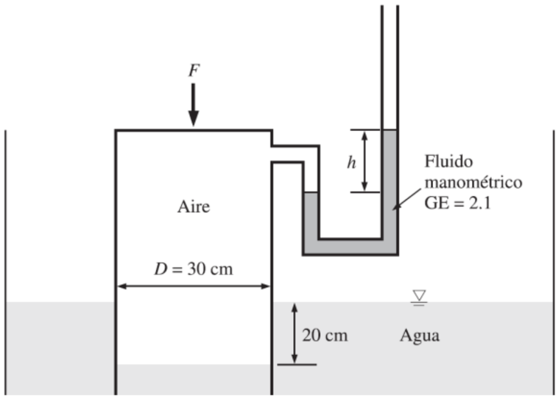
Exercício 18: A pressão da água escoando através de um duto é medida pelo dispositivo mostrado abaixo. Para os valores dados, calcule a pressão no duto.

R.18: P_{tubo} = 33,57kPa (manométrica)



Exercício 19: Um recipiente cilíndrico cujo peso é de 65 N é invertido e pressionado contra a água, como mostrado na figura abaixo. Determine a diferença de altura h do manômetro e a força F necessária para manter o recipiente na posição mostrada.

R.19: h = 9,52 cm
F = 73,34N



Exercício 20: Considere um sistema de seção circular variável e convergente, no qual um fluido de peso específico (ρ x g) 216393 (lbm.ft)/(L.min^2) escoa em seu interior. Determine, na saída do sistema, o diâmetro necessário para que a velocidade média nela seja 80% maior do que na entrada. Determine também a taxa mássica de fluido na saída do sistema (em 2). Considere o sistema isotérmico, fluido incompressível e regime permanente. Adote g = 10 m/s^2.

R.20: D_2 = 0,8 m
m_2 = 1503,74kg/s

Exercício 21: Considere o campo de velocidade estacionário, incompressível e bidimensional dado pelos seguintes componentes no plano *xy*.

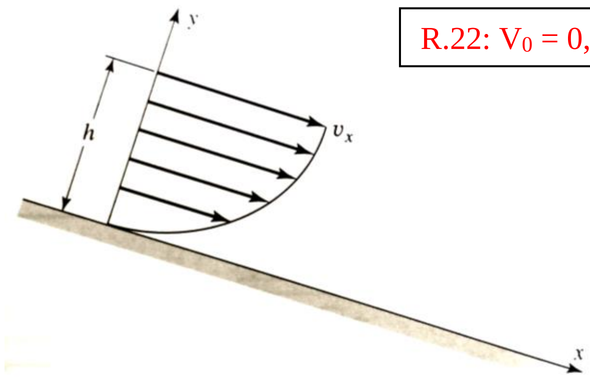
R.21: a_x = -0,2341 + 1,75x
a_y = 0,6894 + 1,75y
|a| = 4,65 m/s^2

$$u = 0{,}205 + 0{,}97x + 0{,}851y$$
$$v = -0{,}509 + 0{,}953x - 0{,}97y$$

Calcule o campo de aceleração (expressões para as componentes da aceleração a_x e a_y), e calcule a aceleração (módulo) no ponto (x, y) = (2, 1,5)

Exercício 22: Uma fina camada de líquido, escoando a partir de um plano inclinado, tem um perfil de velocidades igual a $v_x = v_0(2y/h - y^2/h^2)$, em que v_0 é a velocidade superficial. Se o plano tiver uma largura de 10 cm (direção z), h = 2 cm e a vazão volumétrica for de 2 L/min, estime v_0.

R.22: V_0 = 0,025 m/s

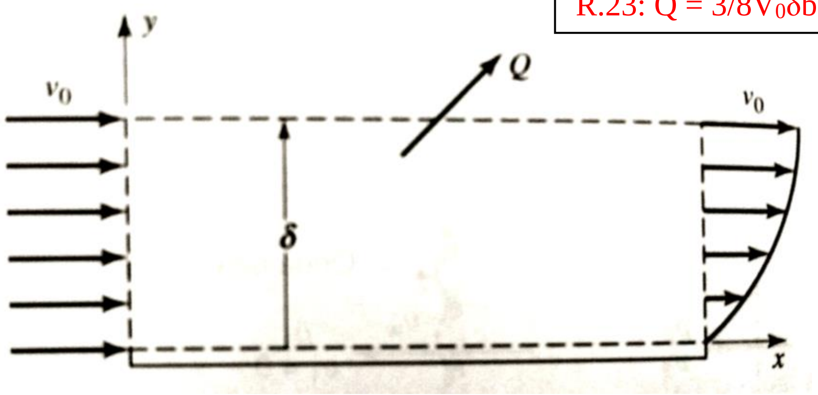


Exercício 23: Um fluido incompressível escoa por uma placa plana, conforme mostrado na figura a seguir, com um perfil uniforme na entrada e um perfil polinomial na saída:

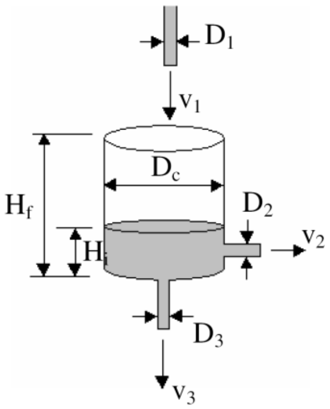
$$v_x = v_0\left(\frac{3\eta - \eta^3}{2}\right) \text{ em que } \eta = \frac{y}{\delta}$$

Calcule a vazão volumétrica, Q, pela superfície superior do volume de controle. A placa tem uma largura "b" (direção perpendicular à página).

R.23: $Q = 3/8 V_0 \delta b$



Exercício 24: Considere o esquema representado abaixo:



R.24: t = 48,31 min

Dados:

$\langle v_1 \rangle = 2$ m/s	$\langle v_2 \rangle = 1$ m/s	$\langle v_3 \rangle = 0{,}5$ m/s
$D_1 = 0{,}2$ m	$D_2 = 0{,}25$ m	$D_3 = 0{,}15$ m
$H_f = 3$ m	$H_i = 1$ m	Dc= 3 m

De acordo com a situação acima, qual o tempo (em minutos) necessário para que o tanque seja totalmente preenchido de líquido ($\rho = 1000$ kg/m^3)? Considere escoamento incompressível.