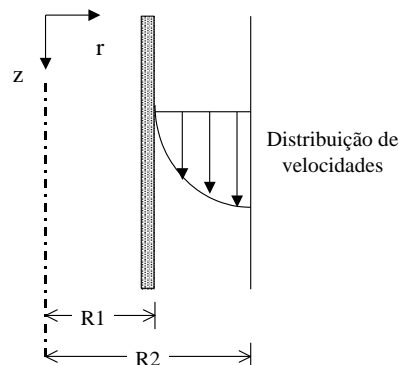
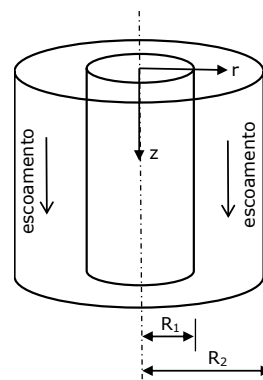


## Pequena Lista de Exercícios - 2

1 - Um fluido newtoniano e incompressível escoa pelo lado externo de um tubo vertical de seção circular, conforme esquema da figura ao lado. Para escoamento laminar em regime permanente, obtenha as expressões para a distribuição de velocidades e para a distribuição das tensões no filme fluido descendente. Desprezar a queda de pressão ao longo do escoamento e os efeitos de bordas, e assumir escoamento unidirecional em  $z$ .



2 - Um fluido newtoniano e incompressível escoa na região anular entre dois cilindros concêntricos, conforme esquema da figura ao lado. Para escoamento laminar em regime permanente, obtenha a expressão para o perfil de velocidades. Em que posição da região anular a velocidade do fluido é máxima? Assumir escoamento unidirecional em  $z$ .



3 - O viscosímetro de Ostwald (viscosímetro do tipo capilar) permite uma determinação simples da viscosidade a partir de um padrão. Neste caso, as medidas de viscosidade são feitas por comparação entre o tempo de escoamento de um líquido de viscosidade conhecida, geralmente água, e o de um fluido de viscosidade desconhecida. Foram realizados experimentos com fluidos de viscosidades desconhecidas e os resultados obtidos estão na tabela abaixo. A temperatura foi de 20 °C. Qual a viscosidade dos fluidos?

	Tempo de escoamento			Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>2</sub> (s)	t <sub>3</sub> (s)	
Água	30,2	29,8	30,3	0,998
Líquido 1	351,6	350,2	350,9	1,261
Líquido 2	45,2	45,5	44,9	0,789

4 - Uma esfera de uma espécie A, de raio  $R_0$ , vaporiza-se em um ambiente contendo a espécie A e a espécie B. Supondo que a evaporação aconteça em regime permanente, deduza uma expressão para o fluxo mássico para a difusão através do ambiente estagnado. Assumir que o raio da esfera não se altera.

5- O perfil de velocidades para o escoamento de água no interior de um tubo de seção circular de raio  $R$  é dado pela expressão:  $V_z = 75,4(R^2 - r^2)$ , em que  $V_z$  é a velocidade do fluido na direção  $z$  e  $R$  o raio do tubo, com unidades no sistema CGS. O tubo tem diâmetro de 1,27 cm e a temperatura é de 70 °F. Verifique se o escoamento é laminar e calcule as vazões volumétrica e mássica do escoamento. Estime a queda de pressão no escoamento para um tubo de 30 m de comprimento.

6 - Uma grande placa de sal (NaCl) está no fundo de um grande tanque de água. O sal se dissolve na água e mantém uma concentração constante  $C_{As}$  na interface água-sal de 3,59 g/L. Se a concentração de sal na água for inicialmente nula, para as posições 10, 20 e 30 cm acima da placa, qual a concentração de sal na água 30 dias após o instante do contato entre o sal sólido e a água? O coeficiente de difusão do sal na água é  $D_{AB} = 1,4 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s. Assumir meio semi-infinito estagnado.

Formulário

<p>Lei de Newton da viscosidade (coordenadas cilíndricas):</p> $\tau_{rz} = -\mu \left[ \frac{\partial V_r}{\partial z} + \frac{\partial V_z}{\partial r} \right]$
<p>Equação da continuidade (coordenadas cilíndricas):</p> $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (\rho r V_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (\rho V_\theta) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho V_z) = 0$
<p>Equação do movimento para um fluido com <math>\rho</math> e <math>\mu</math> constantes (coordenadas cilíndricas, direção z):</p> $\left( \frac{\partial V_z}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial V_z}{\partial \theta} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial V_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right] + g_z$
<p>Equação da continuidade para a espécie A (coordenadas esféricas):</p> $\frac{\partial C_A}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \dot{M}_{Ar}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\dot{M}_{A\theta} \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\dot{M}_{A\phi}) = 0$
<p>Fluxo mássico para a espécie A (coordenadas esféricas, direção r):</p> $\dot{M}_{Ar} = -CD_{AB} \frac{dx_A}{dr} + x_A (\dot{M}_{Ar} + \dot{M}_{Br})$
$\int \frac{dx}{a + bx} = \frac{1}{b} \ln(a + bx)$

**Error Function Tabulated**

$\phi$	$\text{erf}(\phi)$	$\phi$	$\text{erf}(\phi)$	$\phi$	$\text{erf}(\phi)$
0.000	0.0000	0.850	0.7707	1.700	0.9838
0.025	0.0282	0.875	0.7841	1.725	0.9853
0.050	0.0564	0.900	0.7969	1.750	0.9867
0.075	0.0845	0.925	0.8092	1.775	0.9879
0.100	0.1125	0.950	0.8209	1.800	0.9891
0.125	0.1403	0.975	0.8321	1.825	0.9901
0.150	0.1680	1.000	0.8427	1.850	0.9911
0.175	0.1955	1.025	0.8528	1.875	0.9920
0.200	0.2227	1.050	0.8624	1.900	0.9928
0.225	0.2497	1.075	0.8716	1.925	0.9935
0.250	0.2763	1.100	0.8802	1.950	0.9942
0.275	0.3027	1.125	0.8884	1.975	0.9948
0.300	0.3286	1.150	0.8961	2.000	0.9953
0.325	0.3542	1.175	0.9034	2.025	0.9958
0.350	0.3794	1.200	0.9103	2.050	0.9963
0.375	0.4041	1.225	0.9168	2.075	0.9967
0.400	0.4284	1.250	0.9229	2.100	0.9970
0.425	0.4522	1.275	0.9286	2.125	0.9973
0.450	0.4755	1.300	0.9340	2.150	0.9976
0.475	0.4983	1.325	0.9390	2.175	0.9979
0.500	0.5205	1.350	0.9438	2.200	0.9981
0.525	0.5422	1.375	0.9482	2.225	0.9983
0.550	0.5633	1.400	0.9523	2.250	0.9985
0.575	0.5839	1.425	0.9561	2.275	0.9987
0.600	0.6039	1.450	0.9597	2.300	0.9989
0.625	0.6232	1.475	0.9630	2.325	0.9990
0.650	0.6420	1.500	0.9661	2.350	0.9991
0.675	0.6602	1.525	0.9690	2.375	0.9992
0.700	0.6778	1.550	0.9716	2.400	0.9993
0.725	0.6948	1.575	0.9741	2.425	0.9994
0.750	0.7112	1.600	0.9763	2.450	0.9995
0.775	0.7269	1.625	0.9784	2.475	0.9995
0.800	0.7421	1.650	0.9804		
0.825	0.7567	1.675	0.9822		