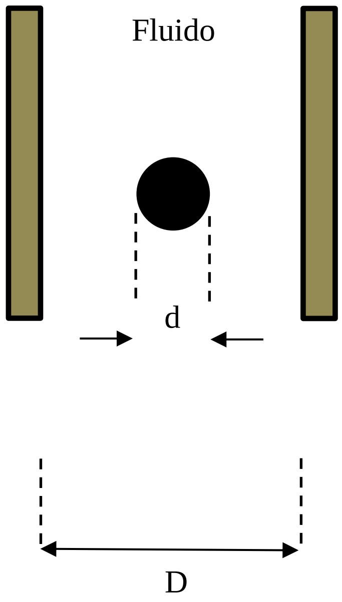
Prática 02: Determinação da viscosidade dinâmica de um fluido (método de Stokes)

Grupo:

1- <u>Materiais</u>:

Viscosímetro de Stokes, corpo de prova esférico de aço, cronômetro microcontrolado, paquímetro, balança digital, proveta de 100 mL e detergente.



Viscosímetro de Stokes

D = diâmetro interno do tubo de vidro (29,6 mm)

d = diâmetro externo da esfera de aço

2- <u>Dados experimentais</u>:

Massa específica do fluido (ρ_{fluido}) a T =   °C

Fluido	Massa (g)	Volume (cm^3)	Massa específica (g/cm^3)
Detergente			

Determinação do diâmetro e massa média das esferas.

Esferas	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Diâmetro médio (mm)	Massa média (g)
Pequena				
Média				
Grande				

Massa específica das esferas (ρ_S)

Esferas	Diâmetro médio (cm)	Volume (cm^3)	Massa média (g)	Massa específica (g/cm^3)
Pequena				
Média				
Grande				

3- <u>Cálculos</u>:

Determinação das velocidades limites média (V_L) e infinita (V_C) da esfera no fluido.

- Determine o valor da posição inicial y_1 ocupada pelo primeiro sensor de acordo com a escala do painel.

  y_1 = ________ cm

- Determine a posição final y_2, ocupada pelo segundo sensor.

  y_2 = ________ cm

- Determine o módulo do deslocamento h_1 (distância de queda) que o móvel sofrerá quando se mover de y_1 até y_2:

  $h_1 = \Delta y_{1,2} = y_2 - y_1 =$ _________ cm

- De maneira semelhante, determine o módulo deslocamento que o móvel sofrerá entre os sensores 2 e 3, entre os sensores 3 e 4 e por fim, entre os sensores 4 e 5, preenchendo a Tabela.

	h_1 (cm)	h_2 (cm)	h_3 (cm)	h_4 (cm)
Módulo de deslocamento				

3.1. Prepare o cronômetro microcontrolado (equipamento).

3.2. Abandone a esfera no interior do líquido e anote os valores dos tempos no módulo microcontrolado.

3.3. Repita a operação de queda por 4 vezes, para cada esfera, completando a Tabela.

Esfera Pequena

Medidas	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	Δt_4 (s)
1				
2				
3				
4				
Média				

Esfera Média

Medidas	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	Δt_4 (s)
1				
2				
3				
4				
Média				

Esfera Grande

Medidas	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	Δt_4 (s)
1				
2				
3				
4				
Média (Δt_m)				

3.4. Para cada intervalo de tempo médio (Δt_m), calcule a velocidade limite média V_L dividindo a distância percorrida do intervalo (espaçamento entre os sensores) pela média do tempo gasto em percorrê-la, completando a Tabela.

$$V_L = h/\Delta t_m \quad (cm/s)$$

Esfera Pequena

Velocidades (m/s)	$V_{L1} = h_1/\Delta t_{m1}$	$V_{L2} = h_2/\Delta t_{m2}$	$V_{L3} = h_3/\Delta t_{m3}$	$V_{L4} = h_4/\Delta t_{m4}$

Esfera Média

Velocidades (m/s)	$V_{L1} = h_1/\Delta t_{m1}$	$V_{L2} = h_2/\Delta t_{m2}$	$V_{L3} = h_3/\Delta t_{m3}$	$V_{L4} = h_4/\Delta t_{m4}$

Esfera Grande

Velocidades (m/s)	$V_{L1} = h_1/\Delta t_{m1}$	$V_{L2} = h_2/\Delta t_{m2}$	$V_{L3} = h_3/\Delta t_{m3}$	$V_{L4} = h_4/\Delta t_{m4}$

Verifique se a velocidade dos dois ou três últimos intervalos da Tabela se mantiveram constantes. Lembre-se que para ser válida a análise do balanço de forças, a velocidade da esfera deve ser constante (aceleração = 0).

3.5 A partir dos valores das velocidades limite média, V_L, calcule a velocidade limite média no meio infinito, V_C, utilizando o fator de Ladenburg, FL (válido somente para d/D < 0,2).

$$V_C = V_L.FL$$

Esfera Pequena

Velocidades	$V_{C1} = V_{L1}.FL_1$	$V_{C2} = V_{L2}.FL_2$	$V_{C3} = V_{L3}.FL_3$	$V_{C4} = V_{L4}.FL_4$

Esfera Média

Velocidades	$V_{C1} = V_{L1}.FL_1$	$V_{C2} = V_{L2}.FL_2$	$V_{C3} = V_{L3}.FL_3$	$V_{C4} = V_{L4}.FL_4$

Esfera Grande

Velocidades	$V_{C1} = V_{L1}.FL_1$	$V_{C2} = V_{L2}.FL_2$	$V_{C3} = V_{L3}.FL_3$	$V_{C4} = V_{L4}.FL_4$

Calcular da viscosidade dinâmica do fluido (μ) e o número de Reynolds (N_{Re}).

Esferas	ρ_S (g/cm^3)	ρ_{fluido} (g/cm^3)	d_{esfera} (cm)	V_L (cm/s)	μ (g/cm.s)	N_{Re} (adimensional)
P						
M						
G						

Calcular da força de arrasto (F_D) a partir do balanço de forças

$$F_D = \underbrace{m_{esfera} g}_{\text{Força Peso}} - \underbrace{\rho_{fluido}.V_{ES}.g}_{\text{Empuxo}}$$

$$F_D = m_{esfera} g - \rho_{fluido}.\frac{\pi}{6} d^3_{esfera}.g \quad (\text{ dina })$$

Calcular da viscosidade do fluido (μ) a partir da força de arrasto.

$$F_D = 6.\pi.\mu.v_L.r_{esfera} = 3.\pi.\mu.v_L.d_{esfera} \quad (\text{ dina })$$

$$\mu = \frac{F_D}{3.\pi.v_L.d_{esfera}} \quad (\text{ poise })$$

Esferas	ρ_{fluido} (g/cm^3)	m_{esfera} (g)	d_{esfera} (cm)	V_L (cm/s)	F_D (dina)	μ (g/cm.s)
P						
M						
G						

4- Equações:

$$V_{esfera} = \frac{4}{3}\pi.r^3 = \frac{\pi}{6} d^3 \quad (\text{ cm}^3 \text{ })$$

$$V_L = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (\text{ cm/s })$$

$$V_C = V_L \left[\underbrace{1 + \frac{9}{4}\frac{d}{D} + \frac{81}{16}\left(\frac{d}{D}\right)^2}_{FL} \right] \quad (\text{ cm/s })$$

$$N_{Re} = \frac{\rho_{fluido}.V_L.d_{esfera}}{\mu_{fluido}} \leq 1,0 \ \text{(Lei de Stokes)}$$

$$C_D = \frac{24}{R_e} \quad \text{(coeficiente de arrasto)}$$

$$\mu_{fluido} = \frac{1}{18}\frac{(\rho_S - \rho_{fluido})g.d^2}{V_L} \quad \text{(poise)}$$

$$g = 981\,cm/s^2$$

5- <u>Resultados</u>:

- Construir os gráficos velocidade média (V_L) versus tempo de queda (Δt) para cada corpo de prova utilizado;

- Construir os gráficos velocidade média (V_L) versus diâmetro ao quadrado para o conjunto de esferas e determinar a viscosidade absoluta média;

- Com o valor do número de Reynolds para cada esfera, determinar o coeficiente de arrasto (C_D) se o regime de escoamento for laminar;

- Com o valor da viscosidade absoluta média do detergente, encontre na figura em anexo, o fluido que mais se aproxima da viscosidade do detergente na mesma temperatura.

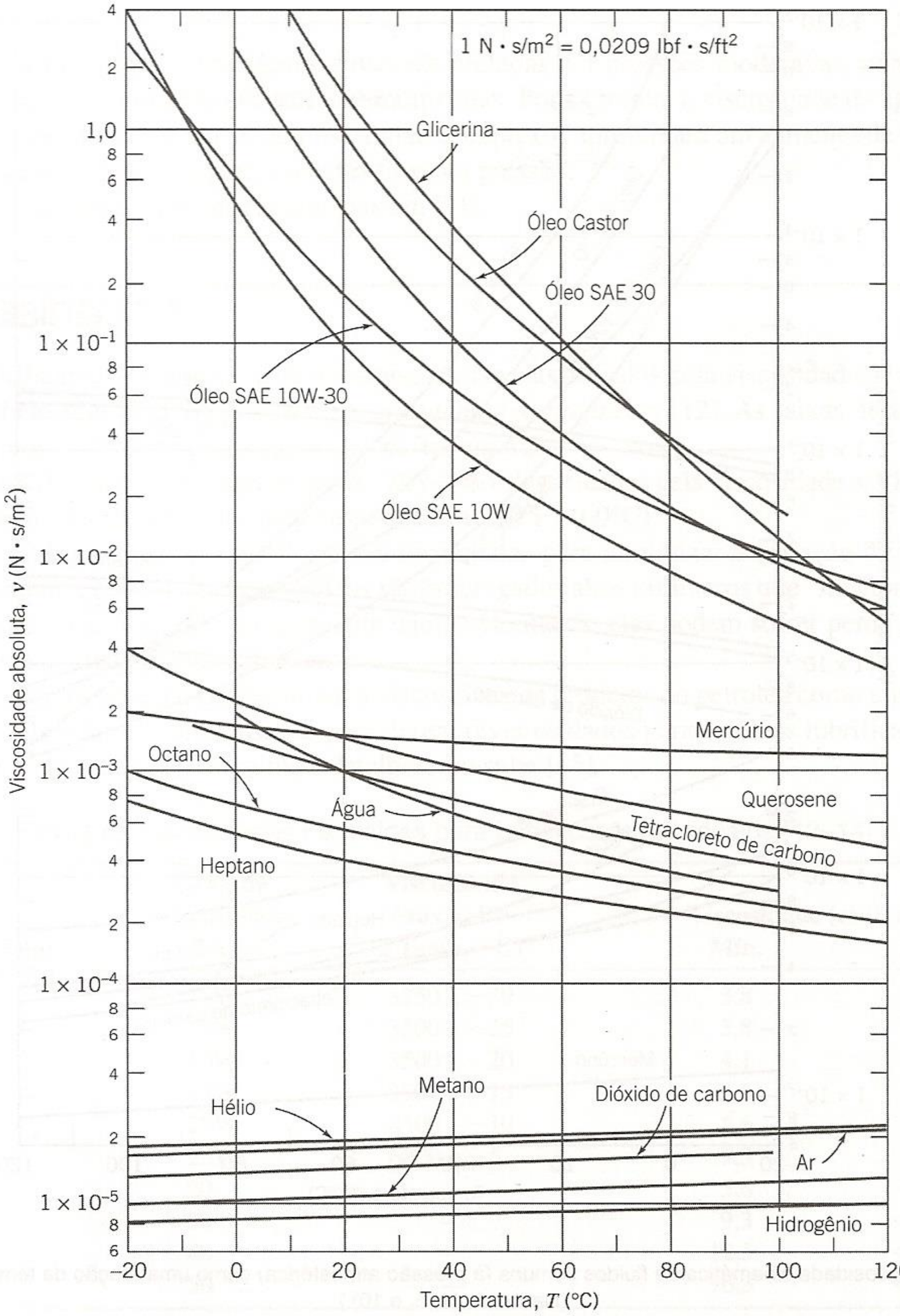


Fig. A.2 Viscosidade dinâmica (absoluta) de fluidos comuns como uma função da temperatura. (Dados de [1, 6, e 10].)