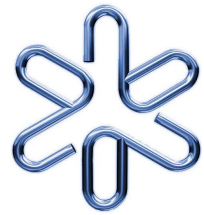




Instituto de Física



---

**4310256**

Laboratório de Física I

---

Experiência 3

**Determinação do coeficiente de  
viscosidade de líquidos**

1<sup>o</sup> semestre de 2017

---

7 de março de 2017

# 3. Determinação do coeficiente de viscosidade de líquidos

## Introdução

Viscosidade é uma grandeza física frequentemente associada às propriedades dinâmicas dos fluidos, nos quais se incluem gases, vapores, líquidos, materiais plásticos ou mesmo grãos de matéria sólida. Para substâncias de constituição molecular simples e em aplicações típicas, a viscosidade é uma característica do fluido que depende da temperatura, mas não depende da velocidade de escoamento, por exemplo. Porém, para fluidos constituídos de moléculas mais complexas, como polímeros e biopolímeros, a viscosidade pode variar em função de outros parâmetros além da temperatura, como pressão e velocidade de escoamento e até mesmo o tempo. Independente de sua constituição, a viscosidade dos diferentes materiais fluidos é usada como um parâmetro importante que os caracterizam molecularmente, e assim é de interesse tanto em ambientes científicos como tecnológicos.

Quanto aos fundamentos teóricos, você deverá estar a par do conteúdo da Apostila. Você poderá encontrar material adicional nas referências em seu livro texto. Os conceitos físicos envolvidos aqui são: movimento de uma esfera em meio viscoso, lei de Stokes, equação de Poiseuille.

Esta experiência consiste em determinar o coeficiente de viscosidade pelo método de viscosímetro de Ostwald e pelo método de Stokes.

### 3.1 Objetivos

- Introduzir o conceito de viscosidade dos fluidos.
- Princípio de funcionamento dos viscosímetros de Ostwald e Stokes.
- Medir a viscosidade de fluidos.
- Comparar a precisão dos dois métodos.
- Comparar os resultados com os valores tabelados.

# 4310256 Laboratório de Física I

## RELATÓRIO

 A  B

\_\_/\_\_/2017

Nome: \_\_\_\_\_ Nº USP:        

Companheiros:

---

---

---

---

Nota

### EXPERIÊNCIA 3 Determinação do coeficiente de viscosidade de líquidos

 Objetivos

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### 1 \_\_\_\_\_ MÉTODO DO VISCOSÍMETRO DE OSTWALD \_\_\_\_\_◇

Para o carregamento do viscosímetro, introduzir o fluido em questão pelo extremo aberto de maior diâmetro, com a ajuda de uma pipeta ou um pequeno becker. Para efetuar a medida, parte do fluido residente no bojo inferior deve ser conduzido para os dois bojos menores superiores; isto é feito através de aspiração (tubo anexado a um dos extremos abertos indicado por *C*; ver figura abaixo). Durante as medidas, quando nível do fluido passa pelo anel superior, indicado pela letra *A*, o cronômetro é acionado e é travado quando o nível do líquido passar pelo anel *B* (ver detalhes na figura abaixo, à esquerda). O escoamento laminar ocorre através de um tubo regular, abaixo do anel *B*. Um termômetro deve subsidiar o controle da temperatura do banho (ver detalhes na figura abaixo, à direita). Bolhas de ar devem ser completamente eliminadas.

Procedimentos e cuidados preliminares:

O viscosímetro assim como todo material empregado no manuseio dos fluidos devem estar completamente limpos; lavar o viscosímetro na troca de fluido; monitorar a temperatura indicada durante a medida, por meio de um banho térmico (20°C).

Carregamento do Viscosímetro:

- Utilizar uma pipeta (ou um pequeno Becker) para carregar o viscosímetro: Introduza o



ÁGUA DESTILADA.

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (seg)										

 ÁLCOOL.

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (seg)										

	Tempo médio $\bar{t}$ (s)	Desvio de tempo $\sigma_t$ (s)
Solução A		
Solução B		
Água destilada		
Álcool		

 DENSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

Densímetros serão utilizados para a determinação das densidades dos fluidos envolvidos no estudo. O densímetro introduz-se gradualmente no líquido para que flutue livremente. A seguir observa-se na escala o ponto em que a superfície do líquido toca o cilindro do densímetro. Os densímetros geralmente contêm uma escala de papel dentro deles para que se possa ler diretamente a densidade específica, em gramas por centímetro cúbico.

Meça as densidades dos fluidos envolvidos no estudo e preencha a tabela abaixo.

	Densidade relativa $\frac{\rho_{\text{liquido}}}{\rho_{\text{agua}}}$
Solução A	
Solução B	
Álcool	

 VISCOSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

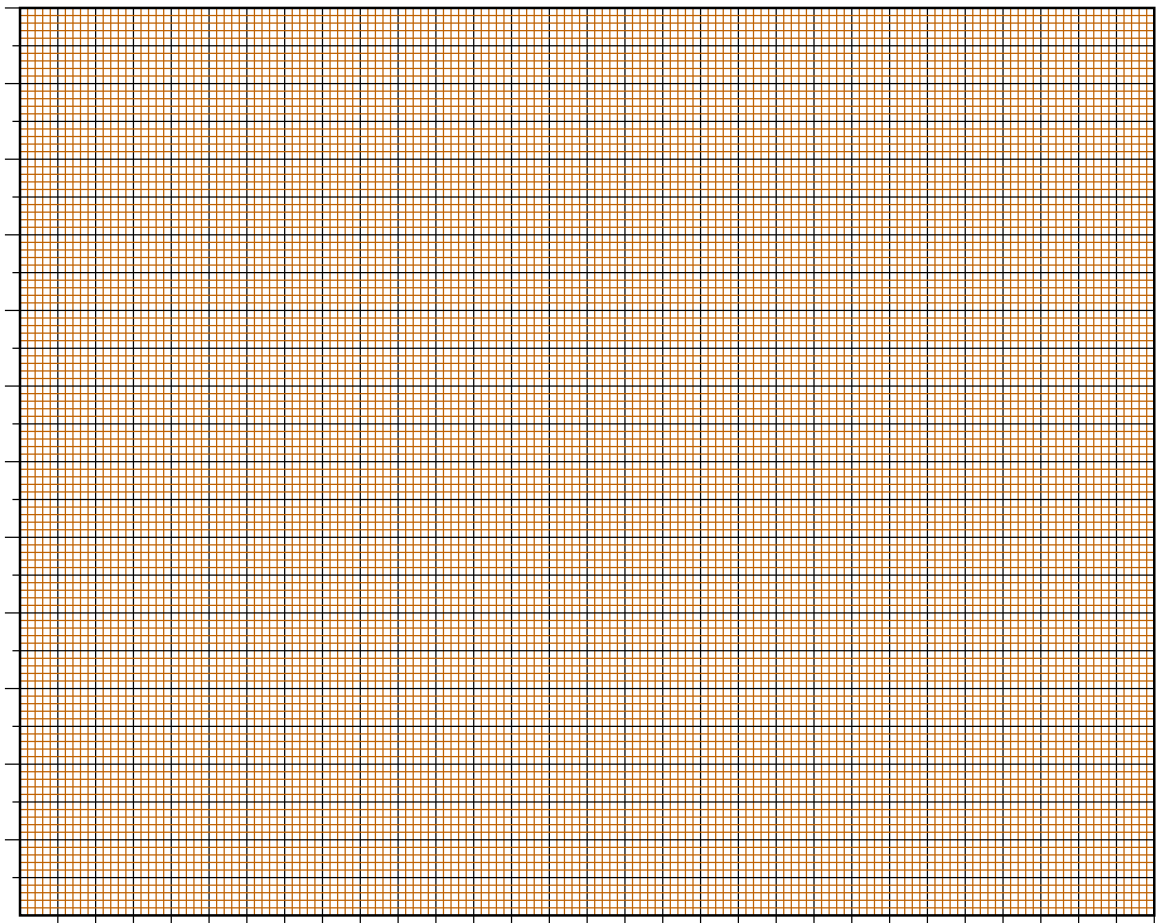
Através da fórmula representada abaixo, podemos encontrar o valor do coeficiente de viscosidade relativa das soluções utilizadas na experiência:

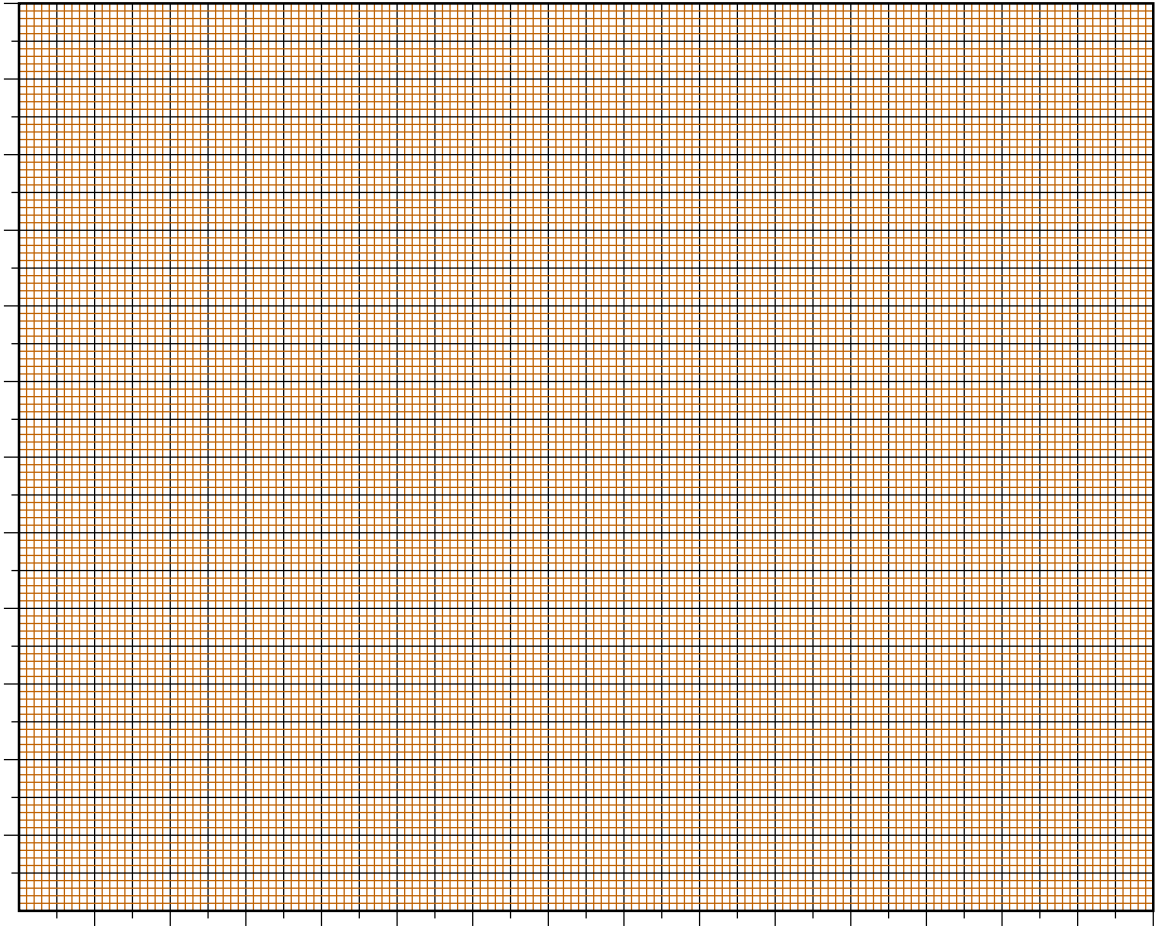
$$\frac{\eta_{\text{liquido}}}{\eta_{\text{agua}}} = \left( \frac{\rho_{\text{liquido}}}{\rho_{\text{agua}}} \right) \left( \frac{t_{\text{liquido}}}{t_{\text{agua}}} \right)$$

	viscosidade relativa $\frac{\eta_{\text{liquido}}}{\eta_{\text{agua}}}$	Desvio de viscosidade relativa $\sigma_{\eta_{\text{liquido}}/\eta_{\text{agua}}}$
Solução A		
Solução B		
Água destilada		
Álcool		

Construa o gráfico de viscosidade relativa de NaCl versus concentração e um outro gráfico de densidade versus % em volume de solução para o álcool etílico. Marque nos gráficos a faixa (devido a incerteza) de valores obtidos experimentalmente e determine o intervalo de concentrações para as três substâncias (solução A, B e álcool).

	Concentração (%)
Solução A	
Solução B	
Álcool	





Conclusão

---

---

---

---

---

## 2 \_\_\_\_\_ MÉTODO DE STOKES \_\_\_\_\_ ◇

**3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Mediremos a velocidade limite de queda para esferas de aço de vários diâmetros, as quais serão soltas dentro de uma coluna transparente contendo óleo. Acoplada à coluna, temos uma escala graduada para medir as distâncias de queda. A densidade das esferas  $\rho_{aco}$  é  $(7,8 \pm 0.1) g/cm^3$  e a densidade do óleo pode ser determinada com o densímetro em sala de aula. Para encontrar as velocidades limite, podemos medir o tempo que leva para uma esfera percorrer uma determinada distância. A esfera inicia sua queda com velocidade zero e, aproximadamente a 20 cm abaixo do início do percurso a velocidade já deve ter atingido o valor da velocidade limite (dentro dos limites de precisão da nossa experiência). Faça experiências para verificar que de fato esta afirmação é verdadeira. Os raios das esferas podem ser medidos com um paquímetro.

Medição do diâmetro das esferas:

Diâmetro das bolinhas grandes

Bolinha	$d \pm \sigma_d$ (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Diâmetro das bolinhas pequenas

Bolinha	$d \pm \sigma_d$ (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	



	Média de diâmetro (mm)
Bolinha grande	
Bolinha pequena	

Pesagem das bolinhas

	Massa média $\bar{m}$ (g)	Desvio de massa $\sigma_m$ (g)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Tempo de queda para bolinhas grandes

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										
Distância (cm)										

Tempo de queda para bolinhas pequenas

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										
Distância (cm)										

	Tempo médio $\bar{t}$ (s)	Desvio de tempo $\sigma_t$ (s)	Distância S (cm)
Bolinha grande			
Bolinha pequena			

Calcule a velocidade limite com seu respectivo desvio

$$V_L = \frac{S}{t} (\text{cm/s}) \quad (3.1)$$

$$S = ( \quad ) \text{cm} \quad (3.2)$$

$$V_L = ( \quad \pm \quad ) \text{cm/s} \quad (3.3)$$

Propagação de erros:

Velocidade limite média de queda das bolinhas

	Velocidade limite média $\bar{V}_L$ (cm/s)	Desvio de velocidade $\sigma_{V_L}$ (cm/s)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

O efeito das paredes do recipiente se faz sentir como uma força extra de resistência ao movimento. Para leva-lo em consideração, uma correção deve ser aplicada aos valores das velocidades limites. A correção é dada por:

$$V_c = V_L(1 + X + X^2)$$

$$X = \frac{9d}{4D}$$

- $V_c$  velocidade limite média no meio infinito
- $V_L$  - velocidade limite média
- $d$  - o diâmetro da esfera
- $D$  - o diâmetro do recipiente

	Velocidade limite média $V_c$ (cm/s)	Desvio de velocidade $\sigma_{V_c}$ (cm/s)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Calcule a viscosidade do óleo com seu respectivo desvio

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{(\rho_f - \rho_o)gd^2}{V_c}$$

- $\rho_o$  - densidade de óleo ( $0.877g/cm^3$ );
- $\rho_f$  - densidade da bolinha ( $7,8g/cm^3$ );
- $d$ - diâmetro da bolinha;
- $V_c$ - velocidade limite;
- $g$ - aceleração da gravidade ( $978,622cm/s^2$ )

Propagação de erros:

---

Viscosidade de óleo

	Viscosidade $\eta_{Poises}$ , Poise	Desvio de viscosidade $\sigma_{\eta_{Poises}}$ , Poise
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Passa a viscosidade do óleo em Poises para Stokes:

$$\eta_S = \frac{\eta_{Poises}}{\rho_o}$$

- $\eta_{Poises}$  - viscosidade do óleo em Poises;
- $\eta_S$  - viscosidade do óleo em Stokes;
- $\rho_o$  - densidade de óleo ( $0.877g/cm^3$ ).

Construa o gráfico  $\eta_S$  em função de temperatura ( utilizando uma tabela do Handbook). Determine, a partir do gráfico, o valor de  $\eta_S$  a temperatura da sala

$\eta_S$ , Stokes						
$T$ , $^{\circ}C$						

Temperatura da sala  $T_s$  =:

---



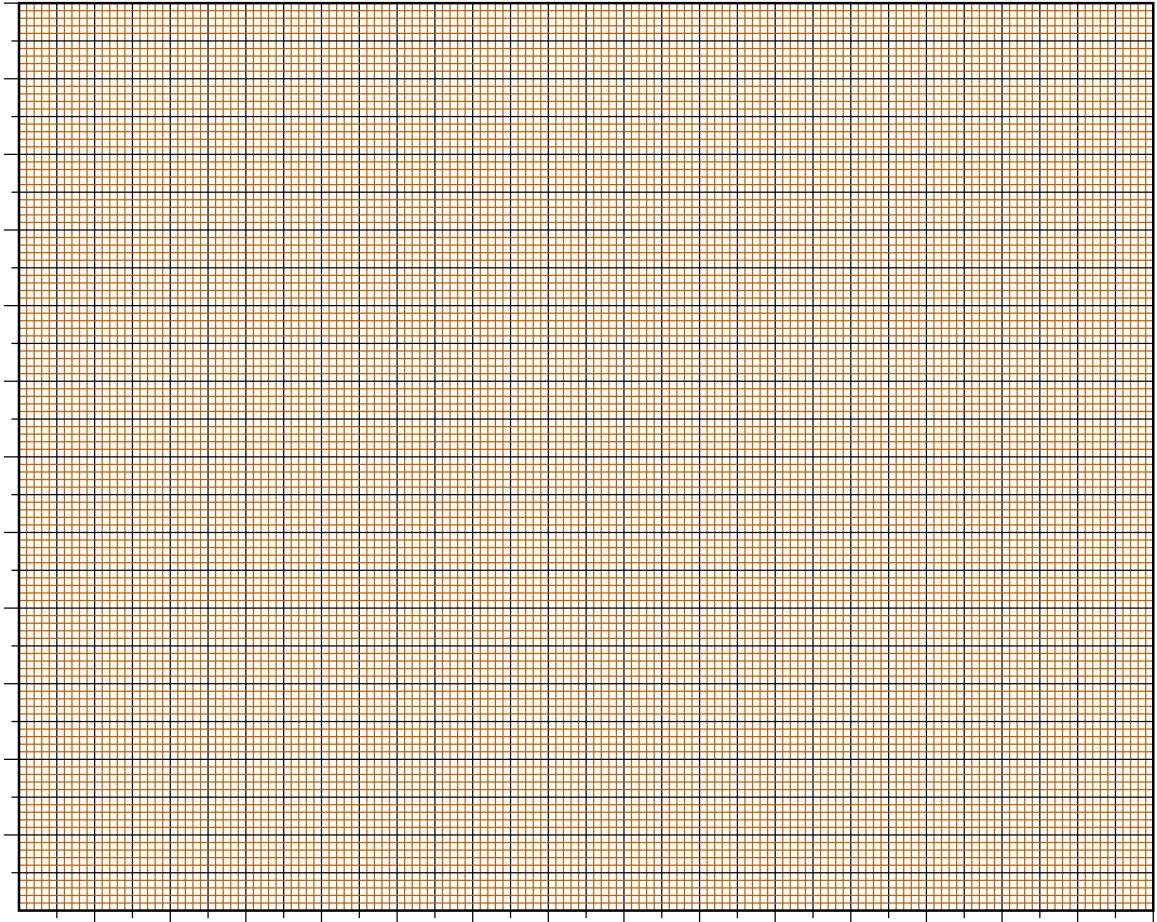
---

$\eta_S(T_s)=:$

---

Compare resultado com o valor esperado

	Viscosidade $\eta_S$ , Stokes	Desvio de viscosidade $\sigma_{\eta_S}$ , Stokes
Bolinha grande		
Bolinha pequena		



Conclusão

---

---

---

---

---