

Laboratório de Mecânica
4300254
11^a Aula

Nemitala Added

nemitala@if.usp.br

Prédio novo do Linac, sala 204, r. 6824

Experimento 6

Movimento de esferas em meio viscoso

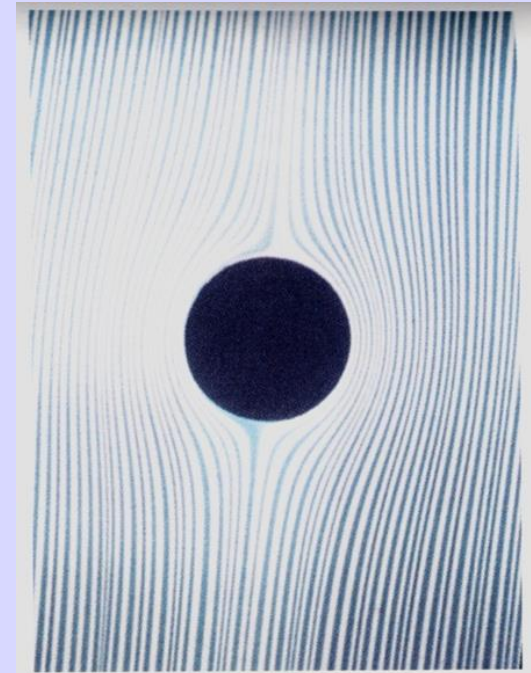
Medir índice de viscosidade

Influência de parâmetros

Raio esfera x Recipiente

Movimento no Meio

Temperatura ambiente



Possível minimizar influência arranjo?

Viscosidade

Definição

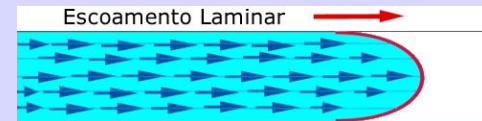
Resistência ao movimento do fluido (escoamento)

Atrito interno (A.I.)

constituído por camadas

Deslocamento do fluido (D.F.)

força tirar o fluido da trajetória do corpo



Efeito temperatura

Líquidos – diminui com temperatura

Gases – aumenta com temperatura

Unidade

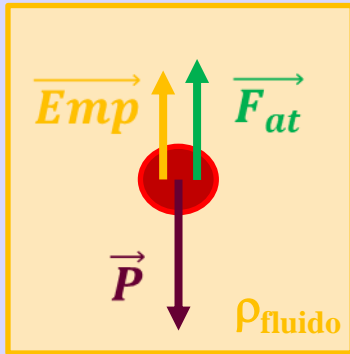
Sistema Internacional (SI) - N.s/m² ou Pa.s).

CGS - Poise (1P=1g/cm.s)

Viscosidade cinemática – Stokes (P/densidade)

Viscosidade

Movimento de uma esfera em meio viscoso



m, V, ρ_c

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} - \rho_{oleo} V \vec{g} + \vec{F}_{at}$$

$$m = \rho V$$

Força atrito = Força viscosa

Fluxo laminar

$$\vec{F}_{at} = -6\pi\eta r \vec{v}$$

Equação geral

$$\frac{dv}{dt} + \frac{b}{m}v = \frac{(\rho_c - \rho_{oleo})}{m}gV$$

Solução homogênea

$$\frac{dv}{dt} + \frac{b}{m}v = 0 \quad v(t) = v_0 e^{-\frac{b}{m}t} + C$$

Soluções Particulares

$$v(\infty) = v_{lim} = C \quad v_{lim} = \frac{(\rho_c - \rho_{oleo})}{b}gV$$

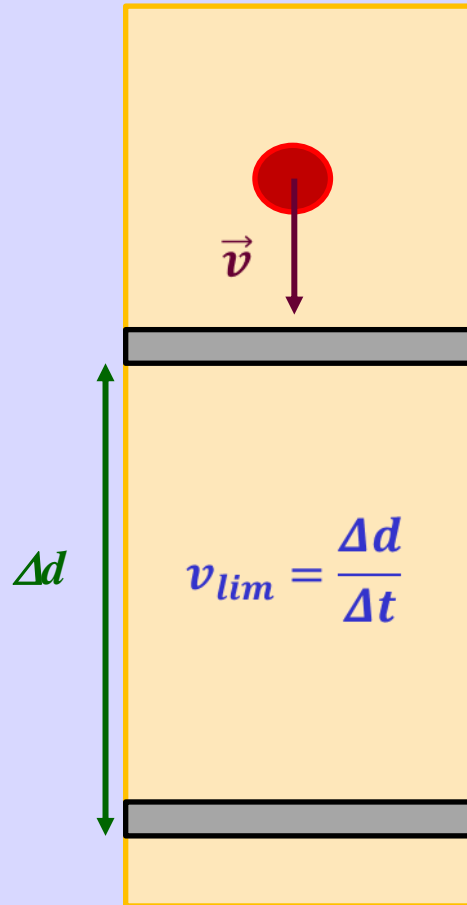
$$v(0) = 0 \quad v_0 = -C = -v_{lim}$$

$$\frac{dv}{dt} = a = 0 \quad v_{lim} = \frac{2(\rho_c - \rho_{oleo})g}{9\eta}r^2$$

$$v(t) = (1 - e^{-\frac{b}{m}t})v_{lim}$$

Viscosidade

Avaliar coeficiente de viscosidade



Sem girar
Escoamento laminar
(sem bolhas)

$$v_{lim} = \frac{2(\rho_c - \rho_{oleo})g}{9} \frac{r^2}{\eta}$$

Definir limites distância

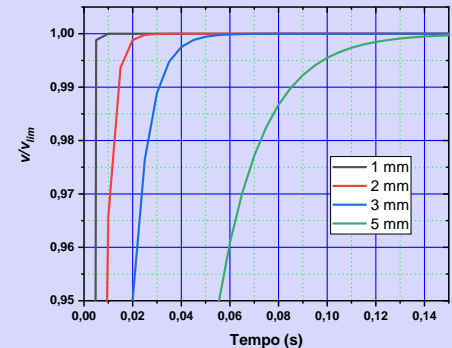
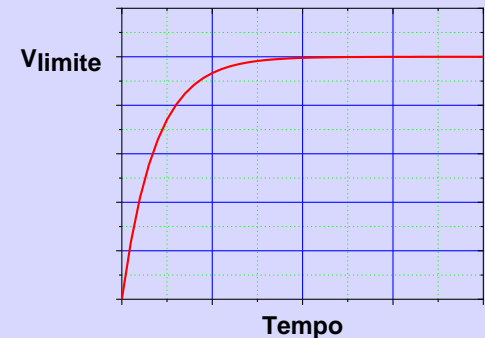
$$v(t) = (1 - e^{-\frac{b}{m}t})v_{lim}$$

Qual intervalo de tempo para atingir v_{lim} ?

$$\frac{v}{v_{lim}} = (1 - e^{-\frac{b}{m}t})$$

$$t = -\frac{m}{b} \ln \left(1 - \frac{v}{v_{lim}} \right) = -\frac{2r^2}{9 \frac{\eta}{\rho}} \ln \left(1 - \frac{v}{v_{lim}} \right)$$

4 St 0,99



Atividades

Etapa 1

Obter parâmetros para viscosidade (cada aluno)

Algarismo final do Nusp = Experimento virtual (Viscosidade n)

Identificar parâmetros fixos no arranjo

Temperatura, densidades do óleo e da esfera, distância percorrida

Realizar medidas para calcular v_{lim}

Diâmetro das esferas + tempos de queda

(8 grupos de esferas)

Etapa 2

Calcular viscosidade

Valores médios de raio e tempo

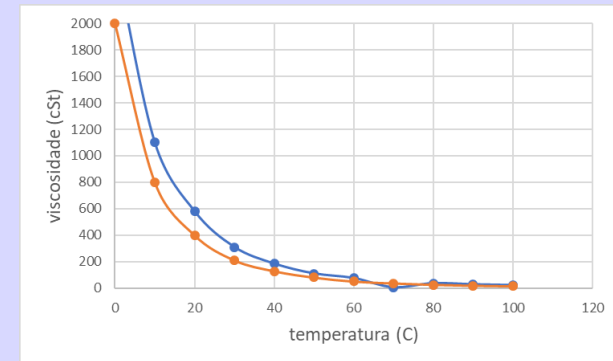
Média, Desvio padrão da distribuição e desvio padrão da média

Calcular v_{lim} e viscosidade

Para cada raio

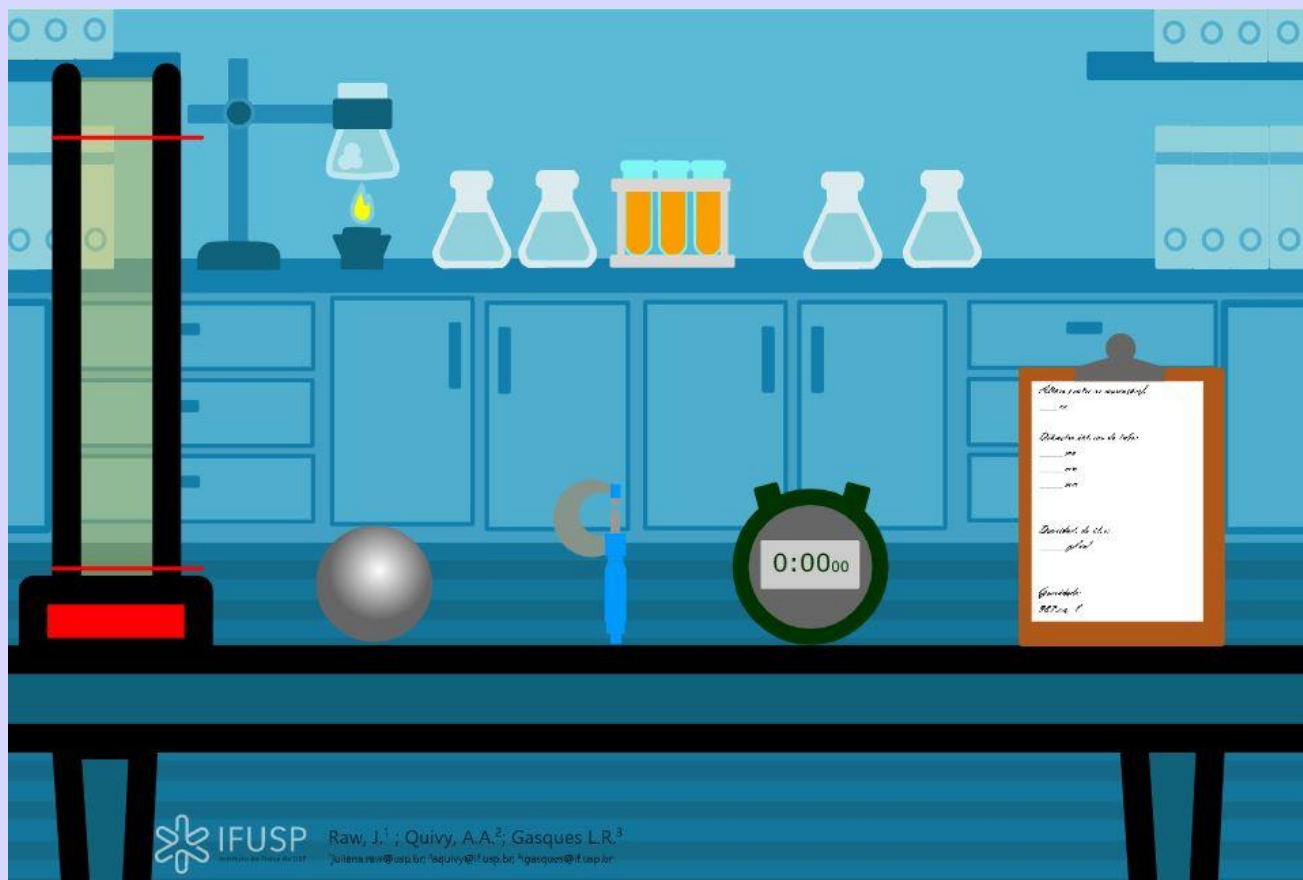
Fazer gráfico de v_{lim} versus r^2

Linear?



Experimento virtual

Tela inicial do aplicativo desenvolvido por grupo de Física Experimental A (Poli)



Aluno seleciona o experimento de acordo com o último algarismo do Nusp

Explorando tela inicial



Altura (entre as marcações):
 $65,0 \pm 0,2 \text{ cm}$

Diâmetro interno do tubo:
 $50,32 \pm 0,07 \text{ mm}$

Densidade do óleo:
 $0,883 \pm 0,001 \text{ g/cm}^3$

Densidade da esfera:
 $7,85 \text{ g/cm}^3$

Gravidade:
 $978,64 \pm 0,01 \text{ cm/s}^2$

Temperatura:
 $27,9 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$


Incertezas Instrumentais:
Micrômetro: $0,005 \text{ mm}$
Paquímetro: $0,05 \text{ mm}$
Trena: $0,5 \text{ mm}$
Cronômetro: $0,01 \text{ s}$
Densímetro: $0,001 \text{ g/cm}^3$
Termômetro: $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

Incerteza Sistemática:
Operador: $0,1 \text{ s}$

IFUSP
Raw, J.¹; Quivy, A.A.²; Gasques L.R.³
¹Juliana.reis@usp.br; ²quivy@f.usp.br; ³gasques@f.usp.br

Clicando na prancheta - amplia textos com parâmetros do experimento

Clicando na esfera - mostra os grupos de esferas que serão usados no experimento

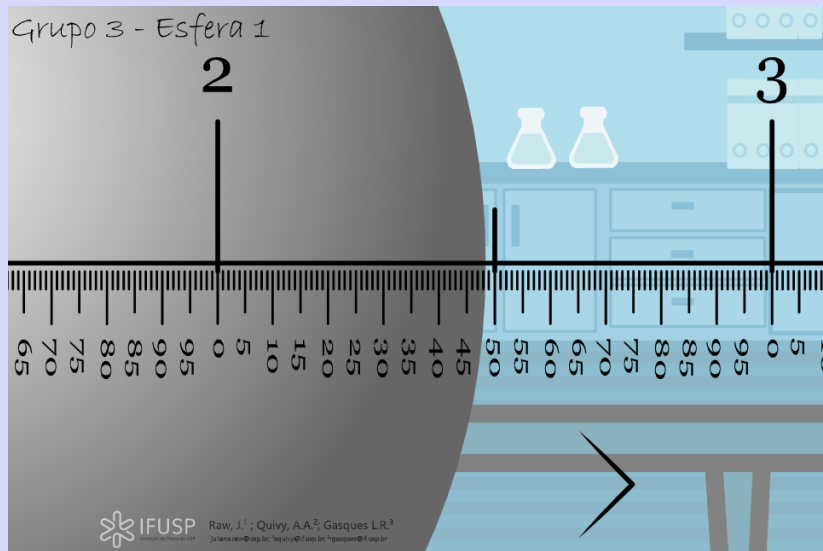


Qual grupo de esferas você escolhe?

1 2 3 4 5 6 7 8

IFUSP
Raw, J.¹; Quivy, A.A.²; Gasques L.R.³
¹Juliana.reis@usp.br; ²quivy@f.usp.br; ³gasques@f.usp.br

Medindo esferas

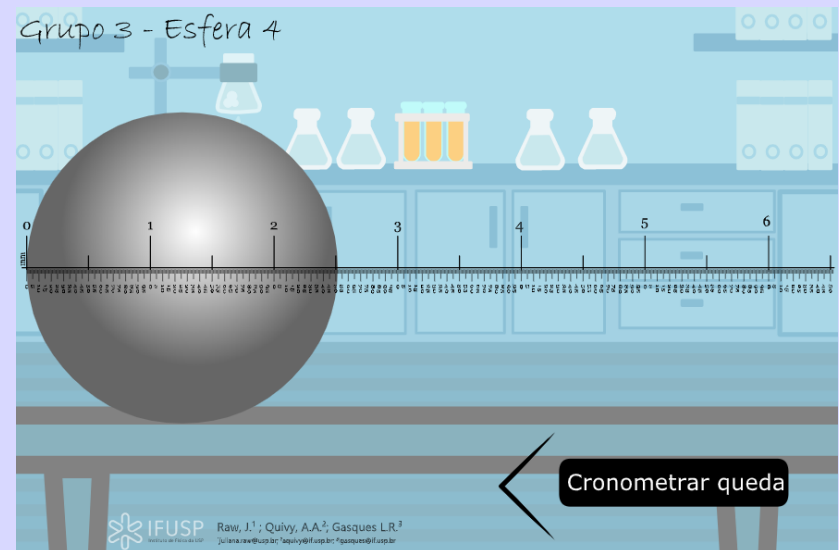


Clicando na flecha – troca de esfera.

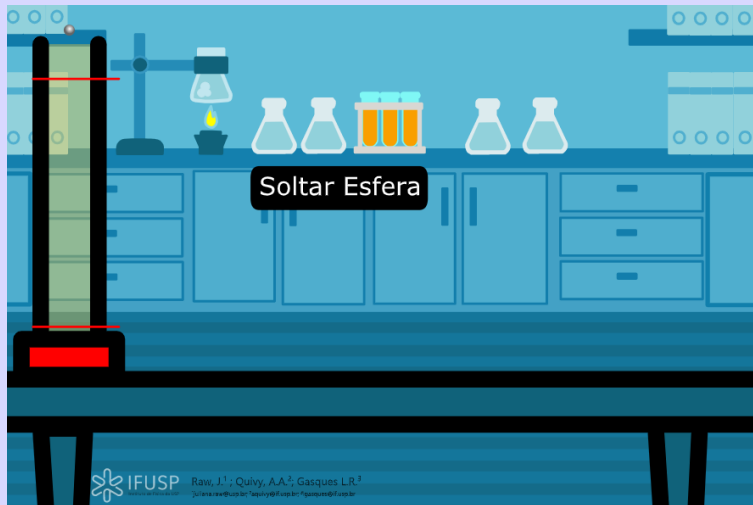
Após quarta esfera surge a opção para começar a medir os tempos de queda.

Clicando em um dos grupos – aparece esfera e uma escala para auxiliar medidas.

Posicionando o mouse em cima da escala, amplia a imagem possibilitando medidas com maior precisão.



Medidas de tempo



Clicando na opção Soltar esfera inicia o movimento de queda da esfera.

Ao final do movimento surge a opção Posicionar Nova Esfera, que volta a tela anterior com uma nova esfera.

Não há limites para o número de medidas de tempo.

