

FEP0111 - Física I
Relatório do Experimento 2
Medida de Viscosidade

Fernando Henrique Ferraz Pereira da Rosa

2 de dezembro de 2005

Sumário

1	Introdução	2
2	Objetivos	2
3	Teoria	2
3.1	Escoamento laminar - Ostwald	2
4	Materiais e métodos	3
4.1	Arranjo experimental	3
4.2	Procedimento experimental	4
4.3	Instrumentos e incerteza da leitura	4
4.4	Fontes de erros	4
5	Análise de dados e resultados	5
5.1	Dados gerais do experimento	5
5.2	Experimentos com os líquidos	5
6	Discussão e conclusões	7

1 Introdução

Esse relatório descreve o experimento *Medida de Viscosidade*, realizado no dia 18 de novembro de 2005, na turma A de laboratório de física da disciplina FEP0111 - Física I, ministrada para o Instituto Oceanográfico. Aplicam-se conceitos básicos de física experimental, como teoria de erros e medidas, assim como alguns conceitos hidrostática, centrado-se no estudo dos resultados obtidos a partir do viscosímetro de Ostwald.

2 Objetivos

Neste experimento, busca-se determinar a viscosidade da água salgada (simulando a água do mar) e do álcool, utilizando o viscosímetro de Ostwald.

3 Teoria

A viscosidade é uma propriedade dos líquidos associada a sua capacidade de escoamento. Tecnicamente, diz-se que [2] a viscosidade dos líquidos vem do seu atrito interno, ou seja, das forças de coesão entre moléculas relativamente próximas. Em termos simples a viscosidade está associada a quanto um dado líquido gruda (vide [1]). Diferentes líquidos têm diferentes viscosidades. Por exemplo, mel e xarope de milho escorrem mais lentamente do que a água.

A quantificação física da viscosidade é feita pelo coeficiente de viscosidade, denotado pela letra grega η . Sabe-se que a temperatura tem um efeito grande na viscosidade de um líquido. Em geral, quanto maior a temperatura menor a viscosidade. Por isso é sempre importante levar em conta a temperatura ambiente ao se fazer experimentos envolvendo viscosidade.

3.1 Escoamento laminar - Ostwald

Pode-se descrever o escoamento de um líquido com o deslizamento de placas, quando as velocidades envolvidas são pequenas. Em geral entretanto, quando o líquido estiver fluindo suavemente através de um tubo, ele está em um estado chamado de *escoamento laminar*. Estando numa situação dessas (que é o caso do presente experimento, como vai se verificar logo adiante), temos que a taxa de escoamento é dada pela equação de Pouseuille (1).

$$Q = \pi r^4 (P1 - P2) / (8\eta L), \quad (1)$$

onde Q é a taxa de escoamento, $P1 - P2$ é a diferença de pressão entre os extremos do tubo, L é o comprimento do tubo, r é o raio do tubo, e η é o coeficiente de viscosidade do líquido.

Também pode-se escrever Q em função da vazão do líquido, através do volume de líquido escoado V e do intervalo de tempo t :

$$Q = V/t \quad (2)$$

Igualando as equações (1) e (2), obtemos que a viscosidade η pode ser expressa por:

$$\eta = \frac{\pi(P_1 - P_2)r^4}{8VL}t \quad (3)$$

Aplicando essa fórmula no caso em que queremos comparar η para dois líquidos diferentes, ou obter η fixados os outros valores para um líquido conhecido, para volumes iguais, temos:

$$\frac{\eta_B}{\eta_A} = \frac{P_{2B} - P_{1B} t_B}{P_{2A} - P_{1A} t_A} \quad (4)$$

Donde obtemos:

$$\frac{\eta_B}{\eta_A} = \frac{D_B t_B}{D_A t_A}, \quad (5)$$

onde D é a densidade do líquido.

4 Materiais e métodos

4.1 Arranjo experimental

O arranjo experimental envolveu um viscosímetro de Ostwald, com uma pera acoplada na extremidade de saída, conforme ilustrado na Figura 1. Outros instrumentos utilizados foram uma pipeta com capacidade de 5 ml e precisão de 0,1 ml (e portanto incerteza de 0,05 ml), um cronômetro digital, com precisão de 1 centésimo de segundo, um densímetro graduado e um termômetro de mercúrio, com escala de -10°C até 110°C , precisão de $0,1^\circ\text{C}$ e incerteza de $0,05^\circ\text{C}$.

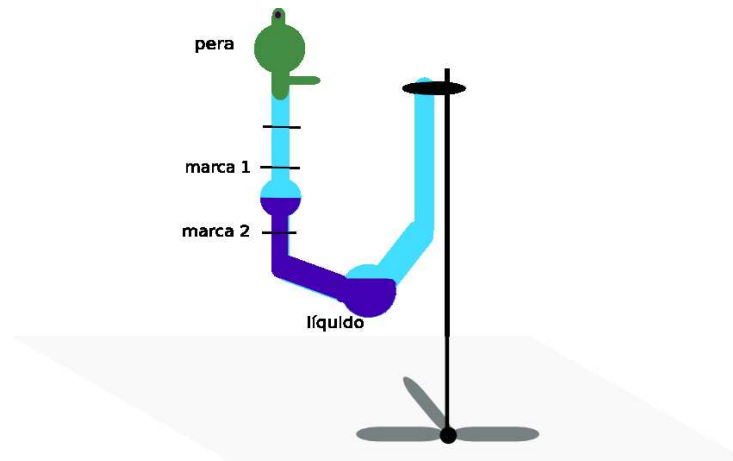


Figura 1: Viscosímetro de Ostwald: o líquido é colocado no viscosímetro através de uma pipeta. Com o auxílio da pera então ele é sugado até acima da marca 1. Deixa-se o líquido escoar e cronometra-se o tempo que ele leva para sair da marca 1 e chegar até a marca 2.

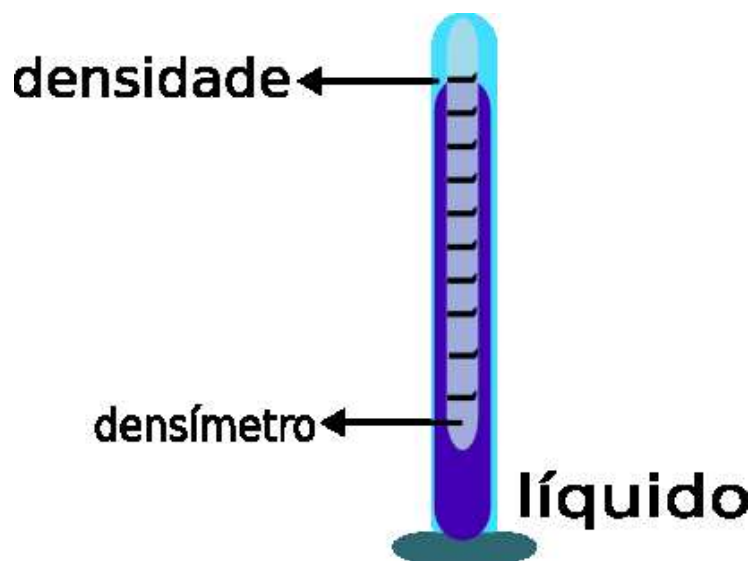


Figura 2: Esquema ilustrativo do densímetro sendo utilizado para medir a densidade de um dado líquido (azul escuro). O densímetro é mergulhado em um recipiente cheio com o líquido cuja densidade se quer medir. Espera-se então que ele se equilibre dentro do líquido e se anota em qual risco isso aconteceu, conforme indicado pela flecha.

4.2 Procedimento experimental

Foram considerados três tipos de líquidos diferentes: álcool, água destilada e água salgada. Uma quantidade fixa de 10 ml foi colocada no viscosímetro de Ostwald, com o auxílio da pipeta. Através da pera, o líquido era sugado por sucção até que ele ultrapassasse a marca 1 (indicada na Figura 1). Soltava-se então a pera, e a partir do momento que o líquido, que começava a escorrer, passava pela marca 1, iniciava-se o cronômetro. Ao atingir a marca 2 o cronômetro era parado. Para cada líquido esse procedimento foi repetido 10 vezes, obtendo 10 valores do tempo.

Também foi registrada a temperatura ambiente e medida com o densímetro a densidade da água salgada.

4.3 Instrumentos e incerteza da leitura

A listagem detalhada dos instrumentos, com as respectivas incertezas de leitura é:

- cronômetro digital: precisão de 1 centésimo de segundo.
- pipeta: precisão de 0,1 ml e incerteza de 0,05 ml.
- termômetro: 0,1°C de precisão de 0,05°C de incerteza.

4.4 Fontes de erros

Entre as fontes de erros levantadas temos:

- Paralaxe: na hora de verificar a medida do densímetro.
- Paralaxe: na hora de determinar quando exatamente o líquido passou a marca 1 ou 2. O acionamento do cronômetro pode ser retardado.
- Impurezas no líquido: podem causar flutuações nas medidas.
- Erros grosseiros: erro na anotação de um valor.
- Variação da temperatura na sala, pode causar mudança do comportamento durante o experimento.

Como forma de atenuar esses erros, principalmente o erro devido ao acionamento do cronômetro em tempo inapropriado, foram feitas 10 medições do tempo de escoamento de cada líquido.

5 Análise de dados e resultados

5.1 Dados gerais do experimento

A temperatura ambiente medida foi de $24,9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,05$. Foi utilizado um volume fixo de $10,00\text{ml} \pm 0,05$ para cada líquido. A medida da densidade obtida para água salgada com o densímetro foi de $1,050\text{g/cm}^3 \pm 0,005$. A densidade do álcool, conforme indicada pelo Prof. Gustavo, é de $D = 0,7876\text{g/cm}^3$. Para água destilada temos $D = 1\text{g/cm}^3$ e $\eta = 0,98\text{c.P.}$

5.2 Experimentos com os líquidos

Nas Tabelas 1, 3 e 2 temos as 10 medições para o tempo de escoamento para cada líquido.

Tirando a média para o tempo de escoamento para o álcool, obtemos $42,33\text{s} \pm 0,03$. Para a água salgada temos: $25,25\text{s} \pm 0,02$. Para a água destilada obtemos: $24,32\text{s} \pm 0,03$. Os desvios apresentados já são o erro-padrão da média.

número da realização	Tempo (s) $\pm 0,01$
1	41,72
2	41,82
3	42,22
4	41,94
5	41,91
6	42,62
7	42,91
8	42,44
9	42,87
10	42,84

Tabela 1: Medidas do tempo de escoamento da marca 1 até a 2, para o álcool

Podemos usar esses valores, as constantes já conhecidas e a equação 5, para estimar, por exemplo o coeficiente de viscosidade η do álcool e da água salgada. Para encontrar o coeficiente de viscosidade do álcool a $24,9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,05$, podemos comparar os tempos de escoamento do álcool e da água destilada:

número da realização	Tempo (s) $\pm 0,01$
1	25,32
2	25,29
3	25,34
4	25,40
5	25,41
6	25,32
7	25,37
8	25,28
9	25,53
10	25,25

Tabela 2: Medidas do tempo de escoamento da marca 1 até a 2, para a água salgada

número da realização	Tempo (s) $\pm 0,01$
1	24,35
2	24,35
3	24,31
4	24,34
5	24,60
6	24,28
7	24,28
8	24,22
9	24,25
10	24,25

Tabela 3: Medidas do tempo de escoamento da marca 1 até a 2, para a água destilada

$$\frac{\eta_{alcohol}}{\eta_{agua.dest}} = \frac{D_{alcohol}}{D_{agua.dest}} \frac{t_{alcohol}}{t_{agua.dest}}$$

Substituindo os valores conhecidos e obtidos no experimento, obtemos:

$$\frac{\eta_{alcohol}}{0.98} = \frac{0,7876}{1} \frac{42,33}{24,32} \Rightarrow \frac{\eta_{alcohol}}{0.98} = 1.37 \Rightarrow \eta_{alcohol} = 1,34cP$$

Ou seja, o coeficiente de viscosidade do álcool, nessa temperatura, obtido nesse experimento, foi de $1,34cP$.

Obtenhamos agora o coeficiente de viscosidade de água salgada:

$$\frac{\eta_{agua.salg}}{\eta_{agua.dest}} = \frac{D_{agua.salg}}{D_{agua.dest}} \frac{t_{agua.salg}}{t_{agua.dest}}$$

Substituindo os valores conhecidos e obtidos no experimento, obtemos:

$$\frac{\eta_{agua.salg}}{0.98} = \frac{1,050}{1} \frac{25,25}{24,32} \Rightarrow \frac{\eta_{agua.salg}}{0.98} = 1.09 \Rightarrow \eta_{agua.salg} = 1,07cP$$

Ou seja, o coeficiente de viscosidade da água salgada, nessa temperatura, obtido nesse experimento, foi de $1,07cP$.

6 Discussão e conclusões

O experimento em questão permitiu-nos obter, através das equações de escoamento laminar, os coeficientes de viscosidade de dois líquidos, baseados nas suas densidades e tempo de escoamento no viscosímetro de Ostwald.

Os valores obtidos para a viscosidade, na temperatura ambiente de $24,9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,05$, foram condizentes com os tempos de escoamento observados. Em particular, o álcool, que teve o tempo médio de escoamento mais longo ($42,33s \pm 0,03$) teve também o maior coeficiente de viscosidade ($1,34cP$). A seguir temos a água salgada, que teve o segundo maior tempo médio de escoamento $25,25s \pm 0,02$ e o segundo maior coeficiente de viscosidade ($1,07cP$). A água destilada, que teve o menor tempo de escoamento ($24,32s \pm 0,03$), também é a que tem o menor coeficiente de viscosidade. Os resultados experimentais condizem com o esperado, já que quanto maior a viscosidade do líquido, mais tempo deverá levar o escoamento.

Referências

- [1] Bertulani, C. A. *Viscosidade, turbulência e tensão superficial*. Instituto de Física da UFRJ. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/hidrodinamica/viscosidade.html>.
- [2] Viscosidade nos Líquidos. UFMS. Disponível em: <http://www.ufsm.br/gef/VisLiq.htm>.
- [3] R Development Core Team, R: A language and environment for statistical computing, *R Foundation for Statistical Computing*, (2004).

Sobre

A versão eletrônica desse arquivo pode ser obtida em <http://www.feferraz.net>

Copyright (c) 1999–2005 Fernando Henrique Ferraz Pereira da Rosa.
É dada permissão para copiar, distribuir e/ou modificar este documento sob os termos da Licença de Documentação Livre GNU (GFDL), versão 1.2, publicada pela Free Software Foundation;
Uma cópia da licença em está inclusa na seção intitulada "Sobre / Licença de Uso".