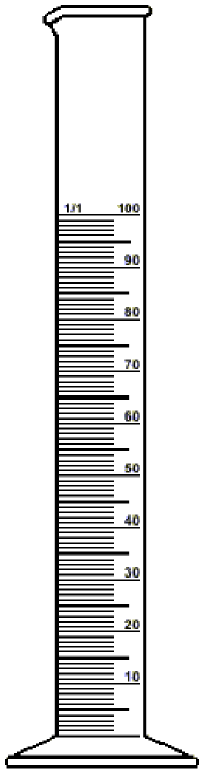
AGRUPAMENTO DE ESCOLAS
EÇA DE QUEIRÓS

Escola Secundária Eça de Queirós

Laboratório de Física - 12º Ano

<u>**TL I.6** – Coeficiente De Viscosidade De Um Líquido</u>



Relatório realizado por:

→ Luís Artur Domingues Rita | Nº16 | 12ºC3 | Grupo 1

12 de abril de 2013

Ano letivo 2012-2013

Índice

Objetivos

Os objetivos desta atividade experimental e consequente relatório foram:

- Identificar as forças que atuam num corpo que cai, sob a ação da gravidade, no seio de um fluido viscoso e aplicar a segunda lei de Newton;
- Medir massas volúmicas;
- Detetar a velocidade terminal de um corpo que cai no seio de um fluido viscoso;
- Determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido.

Introdução Teórica

A viscosidade é uma propriedade física que se carateriza pela resistência que uma camada de fluido oferece ao deslizamento sobre outra, a uma dada temperatura. Ou seja, quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade com que o fluido se movimenta.

A viscosidade de qualquer fluido vem do seu atrito interno. Nos fluidos líquidos, este atrito tem origem nas forças de interação entre moléculas relativamente próximas. Com o aumento da temperatura, a energia cinética média das moléculas ηtorna-se maior e consequentemente o intervalo de tempo médio no qual as moléculas passam próximas umas das outras torna-se menor. Assim, as forças intermoleculares tornam-se menos efetivas e a viscosidade diminui com o aumento da temperatura.

Mel – Fluido com um elevado coeficiente de viscosidade.

Quando um corpo cai, no interior de um líquido, com baixa velocidade a força de resistência ao movimento é diretamente proporcional à velocidade. O modo como a força se relaciona com a velocidade é:

$$\overrightarrow{F_r} = -k\eta\vec{v}\ (SI)$$

η- coeficiente de viscosidade do líquido (Pa.s)

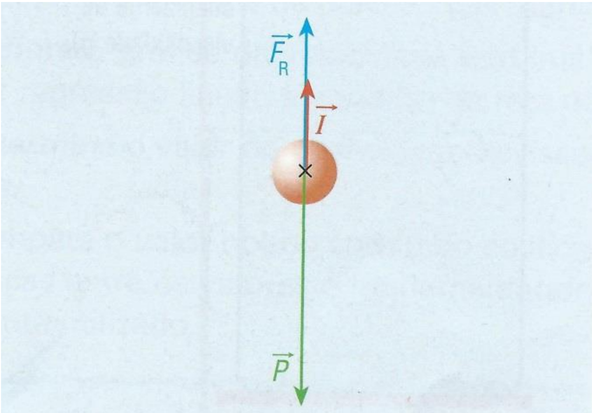
$\vec{v}$- velocidade da esfera (m/s)

k- é um valor que depende da forma e das dimensões do corpo. Para uma esfera de raio r o seu valor é $k = 6\pi r\ (SI)$

Esta expressão apenas é válida quando o corpo cai numa extensão infinita de fluido e o escoamento do líquido é feito em regime estacionário. Isto significa que o corpo tem de cair numa coluna de líquido de raio (R) muito maior que o raio (r) das esferas.

Quando a esfera entra no líquido, o movimento é acelerado e a velocidade vai aumentando. Aumenta também a intensidade da força resistente ($\vec{F_r}$) que, sendo oposta ao movimento da esfera, contribui para uma redução cada vez maior da aceleração.

A impulsão ($\vec{I}$) a que a esfera fica sujeita mantém-se constante durante a descida. Num dado instante, a resultante das forças anula-se. Atinge-se a velocidade terminal.



Forças a atuarem na esfera a partir do momento em que esta adquire uma velocidade constante

Assim:

$I + F_r = P\ (SI)$

$\vec{P} = Peso\ do\ corpo\ (N)$

Substituindo-se cada um dos valores pelas respetivas expressões e tendo em conta que o volume de uma esfera se calcula por:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 (SI)$$

Obtém-se, $\rho_{líquido} \times \frac{4}{3}\pi r^3 g + 6\pi\eta v_t r = \rho_{esfera} \times \frac{4}{3}\pi r^3 g \leftrightarrow v_t = \frac{2(\rho_e - \rho_l)g}{9\eta} r^2 \leftrightarrow$

$\eta = \frac{2(\rho_e - \rho_l)g}{9 v_t} r^2\ (SI)$

Esta expressão poderá ser utilizada para determinar o coeficiente de viscosidade de um líquido, medindo previamente o módulo da velocidade terminal (v_t), a massa volúmica das esferas (ρ_e), a densidade do líquido (ρ_l), assim como os raios das esferas utilizadas (r).

O declive da reta determinada pela equação $v_t = f(r^2)$ permite calcular o coeficiente de viscosidade.

$$declive = \frac{2(\rho_e - \rho_l)g}{9\eta} \leftrightarrow \eta = \frac{2(\rho_e - \rho_l)g}{9 \times declive}\ (SI)$$

Materiais Utilizados

- → Balança digital | Valor de menor divisão = $1 \times 10^{-6}\, kg$ | Precisão = $1 \times 10^{-6}\, kg$ | Alcance =$1{,}2 \times 10^{-1}\, kg$;
- → Proveta | Valor de menor divisão = $6 \times 10^{-6}\ m^3$ | Precisão = $2 \times 10^{-6}\, m^3$ | Alcance = $2{,}5 \times 10^{-4}\, m^3$;
- → Craveira | Valor de menor divisão = $1 \times 10^{-3}\, m$ | Precisão = $5 \times 10^{-4}\, m$ | Alcance = $1{,}2 \times 10^{-1}\, m$;
- → Cronómetro (telemóvel) | Precisão = $0{,}01\, s$ | Valor de menor divisão = $0{,}01\, s$;
- → Termómetro | Valor de menor divisão = $0{,}5\, ℃$ | Precisão = $2{,}5 \times 10^{-1}\ ℃$ | Alcance = $100\, ℃$;
- → Densímetro | Valor de menor divisão = $10\, kg/m^3$ | Precisão = $5\, kg/m^3$ | Alcance = $1 \times 10^3 kg/m^3 até\, 2 \times 10^3 kg/m^3$;
- → Vidros de relógio;
- → Glicerina;
- → Fita métrica | Valor de menor divisão = $1 \times 10^{-3}\, m$ | Precisão = $5 \times 10^{-4}\, m$ | Alcance = $1\, m$;
- → Esferas de aço | Diâmetro (e_1) = $(2{,}5 \times 10^{-3} \pm 5 \times 10^{-4})\, m$ | Diâmetro (e_3) = $(2{,}1 \times 10^{-3} \pm 5 \times 10^{-4})\, m$ | Massa (e_1)=$(6{,}23 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-6})\, kg$ | Massa (e_3)=$(3{,}58 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-6})\, kg$;
- → Elásticos (finos).

Procedimento Experimental

1. Medimos o diâmetro das esferas com uma craveira e calculámos o respetivo volume (a partir dos seus raios);
2. Utilizámos a balança para determinar a massa de conjuntos de 10 esferas (com igual volume e massa) e, posteriormente, determinámos a massa volúmica do material de que estas são constituídas;
3. Utilizando um densímetro determinámos a massa volúmica do líquido (glicerina);
4. Enchemos a proveta com glicerina (evitando a formação de bolhas de ar). Medimos a temperatura;
5. Marcámos com 2 elásticos finos um intervalo na proveta onde a velocidade da esfera se aparentava constante. Verificando de seguida a horizontalidade das marcas;
6. Medimos a distância entre as 2 marcas por nós colocadas (utilizando uma fita métrica);
7. Deixámos cair cada uma das esferas no centro da proveta e registámos o tempo que cada uma levava a percorrer a distância entre os dois elásticos (d). Isto, para posteriormente efetuar o cálculo da velocidade de cada uma;
8. Repetimos os ensaios 5 vezes com esferas de igual diâmetro;
9. Repetimos os ensaios agora para esferas de diâmetros distintos (2 vezes);
10. Por último retirámos as esferas do fundo da proveta, limpámo-las e guardámo-las.

Resultados Experimentais

Notas:

Aos intervalos de tempo (Δt) abaixo descritos encontra-se associada uma incerteza de $\pm 0{,}01\ s$, à massa das 10 esferas uma incerteza de $\pm 1 \times 10^{-6}\ kg$, à distância dos 2 elásticos (d) esta toma o valor de $\pm 5 \times 10^{-4}\ m$ e ao diâmetro das esferas (Φ) é também de $\pm 5 \times 10^{-4}\ m$.

$\mathbf{m}_{total} = m_e + m_{vidro\ de\ relógio}$

Esferas	**Φ/m**	$\mathbf{m}_{total}/\mathbf{kg}$
$\mathbf{e_1}$	$2{,}5 \times 10^{-3}$	$8{,}343 \times 10^{-3}$
$\mathbf{e_3}$	$2{,}1 \times 10^{-3}$	$8{,}844 \times 10^{-3}$

Esfera e1

Ensaio	d/m	Δt_{e1}/s
1	$7{,}00 \times 10^{-2}$	3,59
2		3,73
3		3,59
4		3,45
5		3,91

Esfera e3

Ensaio	d/m	Δt_{e3}/s
1	$7{,}00 \times 10^{-2}$	5,56
2		5,77
3		5,78
4		5,76
5		5,95

Cálculos Posteriores

Esfera e1

Ensaio	r_{e1}/m	r_{e1}^2/m^2	v_{te1}/ms^{-1} × 10^{-2}
1	$1{,}25 \times 10^{-3}$	$1{,}56 \times 10^{-6}$	1,95
2			1,88
3			1,95
4			2,03
5			1,79

$$\mathrm{r}_{e1} = \frac{\Phi_{e1}}{2}\ (SI)$$

$$v_{t_{e1}} = \frac{d}{\Delta t_{e1}} (SI)$$

$$\rho_{e1} = \frac{m_{e1}}{V_{e1}}\ (SI)$$

$$m_{vidro\ de\ relógio\ 1} = 7{,}720 \times 10^{-3} kg$$

$$m_{e1} = m_{total} - m_{vidro\ de\ relógio\ 1} \leftrightarrow m_{e1} = 8{,}343 \times 10^{-3} - 7{,}720 \times 10^{-3} = 6{,}230 \times 10^{-4}\ kg$$

$$V_{e1} = \frac{4}{3}\pi {r^3}_{e1} (SI)$$

$$\rho_{e1} = \frac{6{,}230 \times 10^{-4}}{10 \times [\frac{4}{3} \times \pi \times (1{,}25 \times 10^{-3})^3]} = 7{,}61 \times 10^3 kg/m^3$$

$$\overline{v_{t_{e1}}} = \frac{1{,}95\times10^{-2}+1{,}88\times10^{-2}+1{,}95\times10^{-2}+2{,}03\times10^{-2}+1{,}79\times10^{-2}}{5} = 1{,}92 \times 10^{-2} m/s$$

Esfera e3

Ensaio	r_{e3}/m	r_{e3}^2/m^2	v_{te3}/ms^{-1} × 10^{-2}
1	$1{,}05 \times 10^{-3}$	$1{,}10 \times 10^{-6}$	1,26
2			1,21
3			1,21
4			1,22
5			1,18

$$r_{e3} = \frac{\Phi_{e3}}{2}\ (SI)$$

$$v_{t_{e3}} = \frac{d}{\Delta t_{e3}} (SI)$$

$$\rho_{e3} = \frac{m_{e3}}{V_{e3}}\ (SI)$$

$$V_{e3} = \frac{4}{3}\pi r^3{}_{e3} (SI)$$

$$m_{vidro\ de\ relógio\ 3} = 8{,}486 \times 10^{-3}\ kg$$

$$m_{e3} = m_{total} - m_{vidro\ de\ relógio\ 3} \leftrightarrow m_{e3} = 8{,}844 \times 10^{-3} - 8{,}486 \times 10^{-3} = 3{,}580 \times 10^{-4}\ kg$$

$$\rho_{e3} = \frac{3{,}580 \times 10^{-4}}{10 \times [\frac{4}{3} \times \pi \times (1{,}05 \times 10^{-3})^3]} = 7{,}38 \times 10^3 kg/m^3$$

$$\overline{v_{t_{e3}}} = \frac{1{,}26\times10^{-2}+1{,}21\times10^{-2}+1{,}21\times10^{-2}+1{,}22\times10^{-2}+1{,}18\times10^{-2}}{5} = 1{,}22 \times 10^{-2} m/s$$

Discussão de Resultados

Antes de mais importa salientar a inexistência de quaisquer problemas significativos aquando da medição dos resultados apresentados anteriormente.

Contudo, após efetuarmos os cálculos do coeficiente de viscosidade da glicerina, verificámos que o valor calculado estava ligeiramente afastado do valor tabelado. Para tal, podem ter contribuído vários fatores, nomeadamente: o tempo que a esfera demorou a percorrer a distância entre os dois elásticos (optámos por colocá-los a uma distância de 7 cm e a uma dada profundidade onde a velocidade terminal das esferas já fosse constante, ou seja, $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}\ (N)$) pode não ter sido devidamente cronometrado, devido ao baixo grau de reflexos humanos. Por estas razões optámos por realizar 5 ensaios para cada uma das atividades anteriormente descritas com vista uma máxima exatidão de resultados.

Para além de tudo isto acabámos também por utilizar apenas 2 conjuntos de 10 esferas de raios diferentes (mas sensivelmente a mesma massa volúmica), já que as esferas do terceiro conjunto eram semelhantes às do segundo. Assim apenas foi possível utilizar dois pontos para traçar o gráfico de $f(r^2) = v_t$, o que acabou por ser o suficiente (mas menos rigoroso) visto tratar-se de uma reta. O facto de o corpo não ter caido numa extensão infinita de fluido e o corpo não ter caido numa coluna de líquido de raio (R) muito maior que o raio (r) das esferas contribui para um certo afastamento do coeficiente de viscosidade tabelado.

Um outro dado importante de realçar é o facto do coeficiente de viscosidade tabelado da glicerina ter sido obtido a uma temperatura de 20°C e com uma pureza total, ao contrário do nosso, a que a temperatura rondava os 21,5°C e a pureza não era com certeza de 100%. Sabendo que a temperaturas superiores e a graus de pureza inferiores a viscosidade do fluido diminui constatamos que o erro absoluto/ relativo não é tão elevado como o calculado no **Anexo 1**.

Bibliografia

Internet:

- http://pt.wikipedia.org/wiki/Viscosidade
- http://www.slideshare.net/RuiPO/15coeficiente-de-viscosidade-de-um-lquido

Livros:

- CALDEIRA, Helena; BELLO, Adelaide; GOMES, João. Caderno de Laboratório, Ontem e Hoje 12º ano, Porto Editora.

(Assinatura)

(Data de realização do relatório)