

NOTA: 9,5



**IFSC UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO**
Instituto de Física de São Carlos

Laboratório de Física II
Prof. Iouri Poussep

Prática II

Densimetria

Beatriz Nascimento Pereira nº 12559295
Jefter Santiago Mares nº 12559016
Pedro dos Santos Silva nº 11849028

São Carlos
2021

Sumário

1	Resumo	3
2	Objetivo	4
3	Introdução	5
4	Princípio de Arquimedes	6
5	Método Experimental	7
5.1	Experimento 1	7
5.2	Experimento 2	8
5.3	Experimento 3	9
5.4	Determinação do material do sólido	10
6	Resultados e Discussão	11
6.1	Experimento 1	11
6.2	Experimento 2	11
6.3	Experimento 3	11
7	Conclusão	12
8	Referências	13

Lista de Figuras

1	Esquema de verificação do princípio de Arquimedes	6
2	Esquema de aferição das massas	7
3	Representação de um Areômetro de Nicholson	8
4	Utilização do Areômetro de Nicholson para a determinação da densidade de um sólido	8
5	Utilização do Areômetro de Nicholson para a determinação da densidade de um líquido	9

Lista de Tabelas

1	Densidades de alguns materiais	10
2	Medidas de massas do experimento 1	11
3	Medidas de massas do experimento 2	11
4	Medidas de massas do experimento 3	11

Resumo

A hidrostática é um ramo da física que estuda os fluídos em repouso. Além do estudo dos fluídos propriamente ditos, serão estudadas as forças que esses fluídos exercem sobre corpos neles imersos, seja em imersão parcial, como no caso de objetos flutuantes, como os totalmente submersos.

Nesta prática, realizamos três experimentos focados, principalmente, em dois conceitos: o do Empuxo e o da Densimetria. Na primeira experiência, determinamos as características de um sólido através do Princípio de Arquimedes aplicado num béquer sobre uma balança, afirmamos então que o seu volume é igual a $(2,53 \pm 0,02)cm^3$ e sua densidade igual a $(8,50 \pm 0,07)g/cm^3$. Portanto, seria feito de latão.

No segundo experimento, quisemos obter as mesmas características, mas dessa vez utilizando um novo sólido e uma nova ferramenta: o Areômetro de Nicholson. Nesse contexto, obtivemos $(2,47 \pm 0,02)cm^3$ para seu volume e para sua densidade $(8,68 \pm 0,07)g/cm^3$, comparando os valores encontrados com os valores do experimento um, chegamos a conclusão de que as medidas são equivalentes, por esse motivo, o material do segundo experimento também seria feito de latão.

Por fim, na último experimento, ainda usando a ferramenta da atividade anterior, tentamos calcular a densidade de um líquido desconhecido. Encontramos a densidade de valor igual a $(1,17 \pm 0,0002)g/cm^3$ e concluímos que o fluido era uma solução aquosa de Cloreto de Sódio (citado no video de apoio para execução dessa pratica).

Objetivo

O principal objectivo dessa prática é determinar a densidade de líquidos e sólidos utilizando o princípio de Arquimedes, ou seja, o empuxo. Para que esse estudo seja feito, serão determinados o volume e a densidade de um sólido de duas maneiras: primeiro com uma balança e posteriormente utilizando um Areômetro de Nicholson. Além disso, o volume e densidade de um líquido também serão determinados, utilizando também um Areômetro de Nicholson.

Introdução

Esta prática se resume em três experimentos, o primeiro consiste em determinar o volume e a densidade de determinado objeto a partir de sua massa, massa aparente e a densidade da água. Para isto, será utilizado um conceito que provém da densidade, o empuxo. Concebido por Arquimedes, a definição de empuxo enuncia que, no momento em que um determinado corpo introduza parte de seu volume dentro de um líquido, surge uma força de sentido contrário à força peso do objeto e módulo igual ao peso do volume de líquido deslocado, dando ao objeto uma massa aparente.

Já no segundo experimento, também determinaremos a densidade e o volume de um objeto, mas desta vez utilizando um aparelho chamado Areômetro de Nicholson, um cilindro com um prato superior e um prato inferior. O aparelho deve ser submerso em um líquido e deve-se colocar o objeto no prato superior juntamente com outra massa, até que o equilíbrio hidrostático seja atingido. Após esse procedimento, deve-se colocar o objeto no prato inferior e, para que o equilíbrio hidrostático seja atingido novamente, deve-se adicionar uma segunda massa no prato superior. Calculando-se assim a densidade do devido objeto.

Por fim, no terceiro experimento, também utilizaremos o areômetro, para determinar a densidade do líquido em que foi submerso. Para isso, iremos realizar o mesmo procedimento do segundo experimento, mas desta vez com todas as massas conhecidas e de duas maneiras diferentes: a primeira será em um líquido de densidade conhecida (água), e a segunda será em um líquido cujo a densidade é desconhecida.

Princípio de Arquimedes

“Todo corpo imerso, total ou parcialmente em um fluido, sofre ação de uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo próprio corpo.”

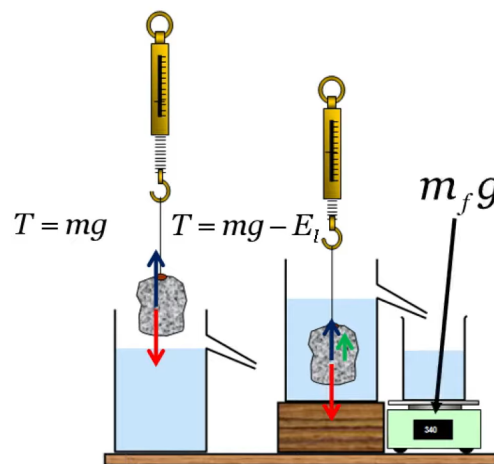
– Arquimedes de Siracusa

No princípio de Arquimedes, o empuxo, foi verificado experimentalmente, de maneira que um objeto suspenso por uma corda foi mergulhado em um fluido. Antes do mergulho é possível afirmar que $T = mg$, uma vez que o objeto se encontra em equilíbrio estático nesta situação. Já quando o objeto se encontra mergulhado no fluido, a equação $T = mg - E$ é válida, o que causa um alívio do peso, já que o valor indicado do peso na balança será menor em relação ao medido fora do fluido.

Para achar o valor numérico do empuxo E , obteve-se o volume adicionado ao sistema quando o objeto foi mergulhado, ou seja, o volume do próprio objeto, isso foi feito observando a quantidade de fluido que vazou. Com isso, é possível afirmar que o valor do empuxo será igual ao do peso do volume vazado pelo ladrão, ou seja, $E = m_{\text{fluido}} \cdot g$.

Um esquema da situação de verificação foi mostrado abaixo na figura 1.

Figura 1: Esquema de verificação do princípio de Arquimedes



Fonte: [3]

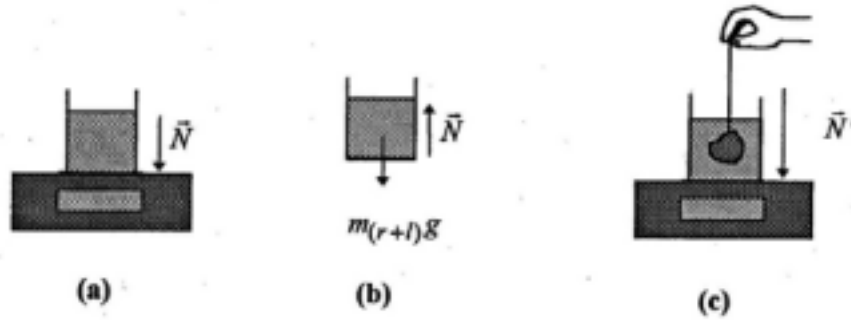
Método Experimental

Experimento 1

Determinação do volume e densidade de um sólido com uma balança

No primeiro experimento fazemos a aferição de massa em três configurações, sendo elas a massa do sólido, a massa do recipiente com um líquido (neste caso, água), e ainda a massa do conjunto formado pelo conjunto do recipiente com água e sólido. Essas três medições estão ilustradas na figura 2

Figura 2: Esquema de aferição das massas



Fonte:[1]

Tendo isso em mente, é possível deduzir a equação 1 para a aferição do volume de um sólido a partir da montagem descrita:

$$V_s = \frac{m_{total} - m_{r+l}}{\rho_{agua}} \pm (2\Delta m) \quad (1)$$

Onde o termo m_{r+l} é o valor da massa do recipiente e do líquido, m_{total} é a massa do conjunto do recipiente, água e sólido e ρ_{agua} é a densidade da água.

Note que para o sistema em questão, no qual o líquido é a água, o volume pode ser tomado diretamente da balança, pois a densidade da água é pois a densidade da água à temperatura ambiente - em que foram feitos os experimentos - é $\rho = 0,997g/cm^3$, um valor muito próximo de $1g/cm^3$ - termo neutro da divisão - , logo, pela fórmula da densidade $\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{\rho}$, sabemos que a densidade não terá contribuição relevante na determinação do volume à temperatura ambiente, por isso podemos determinar o volume da água pela medida da balança.

É importante ressaltar também que como a densidade da água é um valor tabelado, consideramos a incerteza constante, ou seja, não exerce influencia no cálculo da propagação da incerteza das outras grandezas relacionadas.

Além disso, é de fácil conclusão a equação 2:

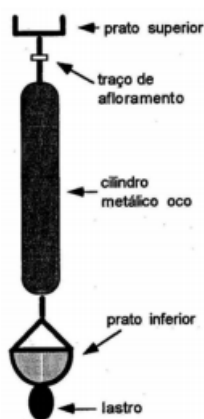
$$\rho_{solido} = \frac{m_{solido}}{V_{solido}} \pm \left(\frac{\Delta m_{solido} V_{solido} + \Delta V_{solido} m_{solido}}{V_{solido}^2} \right) \quad (2)$$

Experimento 2

Determinação do volume e densidade de um sólido utilizando um Areômetro de Nicholson

Para o segundo experimento é feita a aferição do volume e da densidade do sólido, mas dessa vez, utilizando-se de outra ferramenta, um Areômetro de Nicholson, que está representado na figura 3.

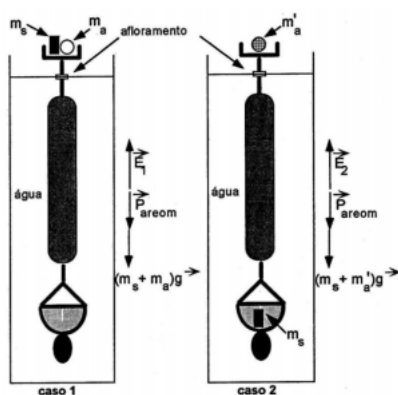
Figura 3: Representação de um Areômetro de Nicholson



Fonte:[1]

Sua utilização é feita em um fluido, de modo que o areômetro seja submetido a um processo no qual é submerso até o traço de afloramento, por meio da inserção de duas massas no prato superior (sendo uma delas a do objeto estudado). Feito isso, o processo é repetido, mas dessa vez com o objeto estudado posicionado no prato inferior. Esse processo é ilustrado na figura 4.

Figura 4: Utilização do Areômetro de Nicholson para a determinação da densidade de um sólido



Fonte:[1]

Assim, o volume pode ser determinado por meio da equação 3.

$$V_{solido} = \frac{m_{abaixo} - m_{acima}}{\rho_{agua}} \pm (2\Delta m) \quad (3)$$

Onde a massa m_{acima} é a adicionada no prato superior do Areômetro e a m_{abaixo} é a massa adicionada no prato inferior.

Além disso, a densidade do sólido é facilmente verificável pela equação 4.

$$\rho_{solido} = \frac{m_{solido}}{V_{solido}} \pm \left(\frac{\Delta m_{solido} V_{solido} + \Delta V_{solido} m_{solido}}{V_{solido}^2} \right) \quad (4)$$

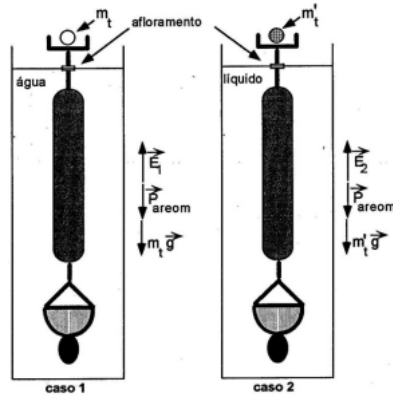
Experimento 3

Determinação da densidade de um líquido utilizando o Areômetro de Nicholson

Para o terceiro experimento faz-se o uso da mesma lógica do anterior, porem adaptando-o para que se possa aferir a densidade de um líquido.

Desse modo, a montagem experimental é ligeiramente diferente. A aferição agora é feita ainda em duas etapas, sendo a primeira com água e uma determinada massa no prato superior, e então, com o líquido desconhecido e uma nova massa no prato superior, conforme a figura 5.

Figura 5: Utilização do Areômetro de Nicholson para a determinação da densidade de um líquido



Fonte:[1]

Nesse caso, o volume do Areômetro é dado pela equação 5:

$$V_{areo} = \frac{m_{areometro} - m}{\rho_{agua}} \pm (2\Delta m) \quad (5)$$

E, naturalmente, a densidade do liquido desconhecido será dada pela equação 6:

$$\rho_{liquido} = \rho_{agua} + \frac{m_{liquido} - m_{agua}}{V_{Areo}} \pm \left(\frac{2\Delta m V_{acreometro} + \Delta V_{acreometro} (m_{liquido} - m_{agua})}{V_{acreometro}^2} \right) \quad (6)$$

Determinação do material do sólido

Para determinar qual o material do sólido nos experimentos 1 e 2, tomamos como base a tabela fornecida no livro de práticas. [1]

Tabela 1: Densidades de alguns materiais

Material	ρ (g/cm^3)
Alumínio	2,690
Cobre	8,930
Latão	8,560
Água	1,000
Álcool	0,789
N_2	0,00125 (a 0°C e 1atm)

Resultados e Discussão

Experimento 1

Tabela 2: Medidas de massas do experimento 1

$m_{total} \pm 0,01(g)$	$m_{r+l} \pm 0,01(g)$	$m_{solido} \pm 0,01(g)$
83,70	86,23	21,52

Com esses valores e por meio das equações (1) e (2) encontramos o valor do volume do sólido igual a $V_{exp1} = 2,54 \pm 0,02cm^3$ e uma densidade $\rho_{exp1} = 8,47 \pm 0,07g/cm^3$, pela tabela de densidades (1) constatamos que o material do sólido deve ser latão.

Experimento 2

Tabela 3: Medidas de massas do experimento 2

$m_{abaixo} \pm 0,01(g)$	$m_{acima} \pm 0,01(g)$	$m_{solido} \pm 0,01(g)$
15,38	12,91	21,44

A partir desses dados usamos as equações (3) e (4) e encontramos um volume $V_{exp2} = 2,48 \pm 0,02cm^3$ e densidade $\rho_{exp2} = 8,64 \pm 0,07g/cm^3$

Comparando os valores encontrados com os do experimento 1 pela relação

$$|x_1 - x_2| < 2 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)$$

$$0,17 < 0,28$$

logo as medidas feitas no primeiro e segundo experimento são equivalentes.

Experimento 3

O termo m_{agua} é a massa adicionada à água e o $m_{liquido}$ é a massa adicionada ao líquido ao qual queremos estimar o volume e densidade.

Tabela 4: Medidas de massas do experimento 3

$m_{total} \pm 0,01(g)$	$m_{agua} \pm 0,01(g)$	$m_{liquido} \pm 0,01(g)$
135,96	34,29	52,20

Substituindo os valores nas equações (5) e (6) encontramos os valores podemos encontrar a densidade $\rho_{exp3} = 1,13 \pm 0,0002g/cm^3$, pela tabela (1) constatamos que o líquido deve ser uma mistura de H₂O com NaCl, pois a densidade do líquido ficou próxima da densidade da água em temperatura ambiente.

Conclusão

Nessa prática usamos diferentes métodos de estimar volume e densidade de sólidos e líquidos fazendo uso de aplicações do princípio de Arquimedes. As duas formas de se medir essas grandezas foram: balança e o areômetro de Nicholson, para os dois primeiros experimentos foram usadas as duas formas de medir, ambos envolviam um sólido. No terceiro experimento foi usado apenas o areômetro, para aferição da densidade do líquido.

Em relação ao sólido, encontramos densidades equivalentes entre os dois métodos diferentes, com a balança encontramos $\rho_{exp1} = 8,47 \pm 0,07 g/cm^3$ e pelo areômetro de Nicholson $\rho_{exp2} = 8,64 \pm 0,07 g/cm^3$ e ambas estão próximas do valor tabelado para o latão.

Para a densidade do líquido encontramos $\rho_{exp3} = 1,13 \pm 0,0002 g/cm^3$, constatamos que o líquido deve ser uma solução aquosa de NaCl, como é citado no vídeo a densidade dessa solução é um pouco maior que a da água.

Referências

- [1] **Laboratório de Física II: livro de práticas** / compilado por Jose F. Schneider e Eduardo Ribeiro Azevedo. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2018.
- [2] TIPLER, P. A. **Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1978. v. 1
- [3] Azevedo, E. R. Complementos de Física. **Empuxo e Princípio de Arquimedes: Medida da densidade de um sólido utilizando uma balança**. Youtube, 17 de set. de 2020. Disponível em: <https://youtu.be/qCoqFwZtwUI>. Acesso em: 25/09/2021
- [4] Azevedo, E. R. Complementos de Física. **Flutuação e Areômetro de Nicholson: Medida da densidade de sólidos e líquidos**. Youtube, 25 de set. de 2020. Disponível em: <https://youtu.be/eSsTYvIOyFw>. Acesso em: 25/09/2021