

# IFUSP

Instituto de Física da USP



Universidade de São Paulo  
Instituto de Química

**4310256**

**Laboratório de Física I**

---

Experiência 2

**Determinação de densidades**

1º semestre de 2023

---

# 1. Equipe responsável

## Professor responsável pela disciplina

Prof. Dr. Valdir Guimaraes

## Monitores

Fernando Lock Miletto  
Juan Antonio Alcantara-Nunez

## Professora responsável pela elaboração dos roteiros

Profa. Dra. Michele H. Ueno Guimaraes

# 2. Integrantes do grupo

---

---

---

---

# 3. Determinação de densidades

## Introdução

O rei siciliano de Siracusa, Hierão II, ordenou a forja de uma coroa de puro ouro, mas desconfiou que outros metais pudessem ter sido usados em sua fabricação. Certa manhã, Arquimedes, o polímata local, foi solicitado a investigar a composição dessa coroa. Após refletir sobre o problema, ainda sem resposta, Arquimedes resolveu tomar banho em sua banheira. Foi então que percebeu que o volume da água, que escorria para fora, era igual ao volume imerso do seu próprio corpo. Imaginando se isso poderia ajudar a resolver o problema do rei, ele mergulhou num recipiente cheio d'água, sucessivamente, a coroa e dois objetos, um feito de ouro puro e outro de prata pura, cujos pesos eram exatamente iguais ao da coroa. O resultado de seus experimentos foi que a coroa derramava menos líquido que o ouro, mas mais líquido do que a prata, sugerindo que ela não era feita puramente de ouro. Assim, utilizando da densidade dos objetos, foi concluído por Arquimedes que "qualquer objeto, total ou parcialmente imerso num fluido, é impulsionado por uma força igual ao peso do fluido deslocado.", essa força é o que chamamos "empuxo".

Densidade é uma propriedade da matéria, que define o grau de concentração de sua massa num determinado volume. É uma propriedade que podemos não perceber no dia a dia, mas que mesmo assim se faz presente. Em processos de filtração, utiliza-se partículas de baixa densidade com características porosas para filtrar líquidos por retenção, por exemplo.

A densidade também interfere na produção dos nossos alimentos. No processo de fabricação de cereais e rações, ao preparar a mistura, é importante adequar o tamanho das partículas dos alimentos de forma a favorecer a digestão. Isso é feito pelo processo chamado de moagem, no qual pequenas esferas, guiadas por máquinas, fazem a trituração do material sem contaminar a mistura. Pela perspectiva da produção, quanto maiores as partículas menores os gastos com energia elétrica e manutenção na fábrica, logo, maior é a eficiência do processo. Para manter o controle de qualidade e a eficiência energética, as esferas da moagem devem obedecer a rigorosos critérios com relação às suas propriedades. É importante usar esferas de alta densidade e dureza que sejam compatíveis com cada alimento, sendo assim, uma relação de equilíbrio entre a densidade das esferas e o custo energético do processo devem ser estabelecidas para o bom funcionamento da fábrica.

Todos nós, quando criança, já pensamos no porquê de alguns objetos afundarem e outros flutuarem quando em contato com algum fluido, então ao observamos atentamente o que acontece ao soltar, por exemplo, uma maçã na água, ou outro objeto, podemos ficar surpresos com o resultado. Como Arquimedes, para saber se um determinado objeto afunda ou não afunda, podemos perceber que há uma relação da densidade entre esses dois corpos (água e objeto) que faz com que ocorra flutuação ou não.

Os estados da matéria podem, de forma simplificada, ser agrupados em sólido, líquido e gasoso. Uma das propriedades macroscópicas que geralmente distingue esses três estados da matéria é a densidade específica (massa/volume), pois em geral (mas nem sempre) a densidade de gases é menor do que a de líquidos, e essa menor ainda do que a de sólidos. A densidade é uma grandeza intensiva, isto é, não depende da quantidade de matéria. Assim, a densidade da água pura contida em um litro ou numa colher de 5ml é a mesma. De forma geral, se a substância é homogênea, então a sua densidade é a mesma em todos os pontos do volume que ocupa. A densidade depende do tipo de substância, mas é em geral influenciada pela temperatura e pela pressão. Densidade absoluta ou massa específica de uma substância qualquer de massa  $m$  e volume  $V$  é definida pela razão entre a massa de um corpo pelo volume que o mesmo ocupa ( $\rho = m/V$ ). A densidade relativa é dada pela razão entre densidades ( $\rho_{12} = \rho_1/\rho_2$ ). Assim se voce conhece a densidade relativa ( $\rho_{12}$ ) e a densidade de um dos materiais ( $\rho_2$ ) voce determina a densidade do outro ( $\rho_1$ ).

**Objetivos:** Determinar o porquê de alguns objetos flutuarem ou afundarem em contato com um líquido e desenvolver uma técnica para medir densidade de líquidos e sólidos, utilizando o método geométrico, do picnômetro e da balança de Mohr-Wesrphal.

**Materiais:** Paquímetro, micrômetro, Picnômetro, Balança, Balança de Mohr-Wesrphal, pequenos cilindros de metais, água e alcool etílico.



## Procedimentos experimentais (método do picnômetro)

O método do picnômetro é baseado na ideia de Arquimedes onde medimos a densidade relativa. O picnômetro é um pequeno frasco de vidro, construído cuidadosamente de forma que o volume do fluido que contenha seja invariável. Ele possui uma abertura suficientemente larga e tampa muito bem esmerilhada perfurada na forma de um fino tubo longitudinal. Neste experimento, vamos utilizá-lo para medir a densidade relativa (em relação à água) de um determinado líquido e alguns sólidos. O ato de medir alguma coisa consiste, no fundo, em comparar uma grandeza com seu valor padrão. Uma balança aferida determina a massa do objeto “em relação” ou “relativa” à massa padrão de 1 kg guardado num cofre em Paris. Similarmente, com um picnômetro, podemos medir densidades relativas a um líquido padrão.

1. O que é necessário para medir a densidade relativa de um líquido?
2. Qual é a ideia do método do picnômetro?
3. É necessário pesar o picnômetro? Se sim, com ou sem água?
4. É necessário pesar o corpo quando ele está suspenso em água? E totalmente submerso? Por quê?
5. O que muda quando o corpo está totalmente submerso no fundo do recipiente?
6. Como os valores medidos mudam de corpo para corpo? O que essa mudança quer dizer?
7. É possível calcular a força de empuxo nesse corpo?

1. Qual relação podemos estabelecer entre o peso do corpo no fundo do recipiente, a força de empuxo e a densidade?

---

---

---

2. Use agora o método do picnômetro para determinar a densidade do álcool etílico em relação a água destilada. Apresente seu resultado com o desvio padrão.

---

---

---

3. O picnômetro pode também ser utilizado para determinar densidades relativas de sólidos pela massa deslocada (princípio de Arquimedes). Determine a densidade dos metais (alumínio, cobre e outros dois metais) e suas respectivas incertezas a partir do valor das massas deslocadas de água no picnômetro e do valor conhecido para a densidade da água. Apresente seus resultados com os desvios padrões. Compare com os valores esperados, veja tabela abaixo.

$$\rho_{metal} = \frac{M_{metal}}{M_{H_2O}} \rho_{H_2O}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

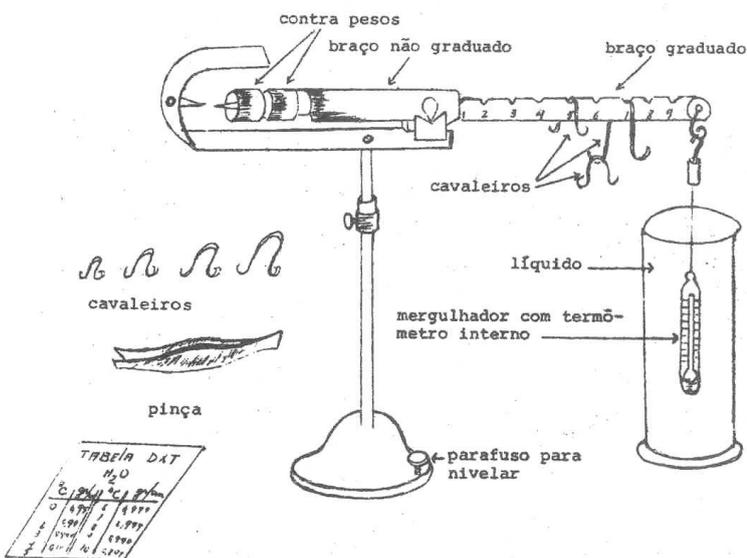
---

Metal	Densidade $kg/m^3$
Cobre	8920
Ferro	7874
Ouro	19300
Silício	2330
Chumbo	11340
Platina	21090
Alumínio	2697
Titanio	4507
Magnésio	1738

## Procedimentos experimentais (método da balança de Mohr-Westphal)

A balança de Mohr-Westphal consiste de uma balança de travessão com braços desiguais, sendo o braço maior subdividido em dez partes iguais numeradas de 1 a 10 a partir do fulcro. Na décima ranhura, um flutuador de vidro está suspenso por um fio, com lastro, destinado à imersão nos líquidos. No outro braço, há um contrapeso, que equilibra o peso do flutuador. Os diversos cavaleiros com peso  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{10}$  são colocados, de forma conveniente, nas ranhuras sobre o travessão no momento das medidas. Usaremos cavaleiros, cujas massas mantêm entre si uma relação de 100, 10 e 1 (isto é, a massa maior pesa 10 vezes a massa intermediária, que por sua vez pesa 10 vezes a menor massa). Os cavaleiros podem ser colocados em rebaixos, graduados de 1 a 9, ao longo do braço da balança.

A calibração da balança é feita ajustando o parafuso para equilibrar a balança, com o flutuador imerso em um fluido de referência. A relação entre os pesos e cavaleiros é tal que  $P_2$  é 10 vezes menor do que  $P_1$ ,  $P_3$  é 10 vezes menor do que  $P_2$  etc.



Após a calibração, mergulha-se o flutuador no líquido, cuja densidade se deseja medir. Em seguida, com cavaleiro  $P_1$ , equilibra-se a balança, colocando-o na ranhura mais afastada que não permita o afundamento do flutuador; depois, faz-se o mesmo com o cavaleiro  $P_2$ , e assim por diante, com todos os cavaleiros, até restabelecer o equilíbrio da balança. Se um cavaleiro deve ocupar o mesmo lugar que o outro, pendura-se um no outro. A densidade dos líquidos é obtida escrevendo os números lidos, à direita uns dos outros, na ordem dos cavaleiros empregados. Sejam os números de ranhuras  $n_1, n_2, n_3$  etc. associados aos cavaleiros  $P_1, P_2, P_3$ . Assim, utilizando o teorema dos momentos, fazendo o peso de  $P_1$  valer  $p$ , podemos escrever:

$$10P = n_1p + \frac{n_2p}{10} + \frac{n_3p}{100} + \dots$$

Dividindo-se por  $10p$  ambos os lados, temos:

$$\frac{P}{p} = \frac{n_1}{10} + \frac{n_2}{100} + \frac{n_3}{1000} + \dots$$

A densidade do líquido é dada, pela relação do equilíbrio entre o peso e o empuxo, ou seja:

$$\rho_{\text{relativo}} = \frac{\rho_{\text{líquido}}}{\rho_{\text{agua}}} = \frac{P}{p} = \frac{n_1}{10} + \frac{n_2}{100} + \frac{n_3}{1000} + \dots$$

Se o líquido em estudo for mais denso do que o líquido de referência, é necessário colocar um ou mais cavaleiros  $P_1$  sobre a ranhura **10**; se for menos denso então o primeiro peso  $P_1$  ficará numa ranhura menor do que **10**.

1. É necessário pesar o corpo antes de suspendê-lo? E suspenso? E submerso completamente?
2. A quantidade de água na ampola de vidro impacta na realização do experimento? Por quê?
3. Utilizando o método descrito acima, como podemos usar os conceitos de força, tração e volume para medir a densidade de um metal?
4. Use a balança de de Mohr-Westphal para determinar a densidade do álcool etílico. Apresente o resultado com valor e seu desvio.

Responda agora as questões

1. Compare os resultados para a densidade do álcool obtidos com a Balança e com os do picnômetro e dos cilindros com o picnômetro e geométrico.

---

---

---

---

2. Qual o melhor método para se medir densidades? Por quê?

---

---

---

---

3. Você conseguiria desenvolver outro método para o cálculo de densidades? Se sim, qual?

---

---

---

---

4. Por que alguns materiais afundam e outros flutuam na água?

---

---

---

---

5. Quais foram suas dificuldades ao realizar os experimentos?

---

---

---

---

