

Universidade de São Paulo Instituto de Física de São Carlos

Atividade de Laboratório de Física II à Distância

2. Densimetria - Areômetros

Roteiro adaptado do livro de prática de Laboratório de Física II do IFSC para uso com videoaulas

(J. Schneider e E.R. de Azevedo. (compiladores), Laboratório de Física II, Livro de Práticas. Instituto de Física de São Carlos - USP, 2016. Disponível para download em: http://granada.ifsc.usp.br/labApoio/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=13)

Vídeo aulas relacionadas a esse roteiro estão disponíveis em:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLDre2jYH3njjMv8cYIDXmIZCO1qB5h9CU>

- Empuxo e Princípio de Arquimedes: Medida da densidade de um sólido usando uma balança
- Flutuação e Areômetro de Nicholson: Medida da densidade de sólidos e líquidos usando um areômetro de Nicholson.

1. .

Dicas para a confecção dos Relatórios

Apresentaremos, a seguir, algumas sugestões de como o relatório, de um dado experimento, deverá ser elaborado. Lembre-se de que sua elaboração deverá ser pensada para que qualquer pessoa, com conhecimentos básicos de Física, possa entender seu conteúdo sem ter de recorrer a outras fontes de informação.

- 1- **O relatório deve ser escrito em folha de papel almaço;**
- 2- **Indique, inicialmente,** o(s) Nome(s) do(s) aluno(s) que estão elaborando o relatório, a data de sua realização e o título do experimento de acordo com a apostila;
- 3- **OBJETIVO(S):** Descreva, de maneira clara e sucinta, o(s) objetivo(s) que deverão ser alcançados durante a realização do referido experimento;
- 4- **EXPERIMENTO (MATERIAIS E MÉTODOS):** Descreva quais os materiais e aparelhos foram utilizados durante a realização do experimento e como os dados experimentais foram obtidos. Essas informações devem permitir a qualquer outra pessoa repetir sua medida sem que **seja necessária sua participação.**
- 5- **RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO:** Apresente seus resultados de forma ordenada por meio de tabelas, gráficos, etc. Descreva os itens apresentados na apostila e, em seguida, os resultados. Quando necessário, coloque equações no relatório e os dados utilizados nelas. **DISCUTA** seus resultados em função de outros, obtidos no mesmo experimento, ou de valores disponíveis em tabela ou de valores esperados.
- 6- **CONCLUSÕES:** Aqui deve ser apresentada uma conclusão geral do relatório; se os resultados obtidos estão de uma maneira geral, próximos ao esperado ou, se não, quais foram as causas desse desacordo. Faça uma análise do conhecimento adquirido pelo grupo durante a realização do experimento.

A forma de organizar o relatório não é rígida. Pode-se dividi-lo em tantas partes quantas forem necessárias. Se o mesmo incluir várias experiências diferentes, é preferível apresentá-las separadamente para facilitar a leitura.

Objetivo

Determinação da densidade de líquidos e sólidos utilizando o princípio de Arquimedes.

Introdução

A densidade de uma substância é o quociente entre a massa e o volume dela

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

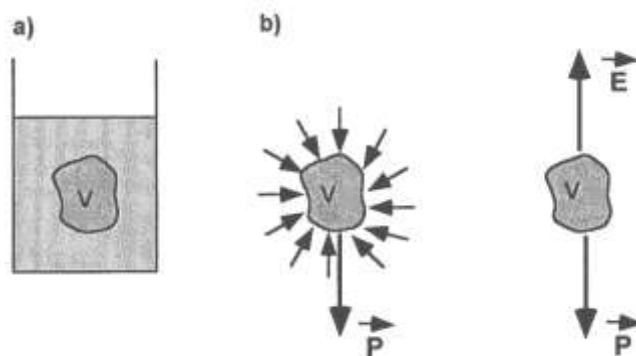
e é, geralmente, expresso com unidades do sistema CGS: g/cm^3 .

2.2.1 Princípio de Arquimedes - empuxo

“Um corpo mergulhado em um líquido, sofre a ação de uma força de sentido ascensional, cujo módulo é igual ao peso do volume de líquido deslocado pelo próprio corpo (Arquimedes)”.

Suponhamos um líquido, com densidade ρ , em equilíbrio hidrostático no interior de um recipiente. Destaquemos uma porção dele, com volume V , como mostra a figura 2.1a. Para que haja equilíbrio hidrostático, é necessário que a resultante de todas as forças, que atuam no volume de líquido destacado, seja nula. Uma delas é o peso $\vec{P} = m\vec{g} = \rho V\vec{g}$, do volume V . A outra força é a resultante \vec{E} , das forças de pressão que o resto do líquido exerce na superfície do volume V (figura 2.1b). Ou seja, $\vec{P} + \vec{E} = 0$. Desse modo, a força \vec{E} , que “empurra” a porção de líquido destacada, possui magnitude igual ao peso da mesma, $E = P = \rho Vg$, e é denominada *empuxo*.

Figura 1.1 - Representação das forças que atuam sobre um corpo submerso no interior de um líquido.



Fonte elaborada pelos compiladores.

No caso do volume V , estar preenchido por outro corpo com densidade ρ' , diferente daquela do líquido ρ , o empuxo não será alterado. Isto é, o empuxo E , será sempre o peso do líquido de densidade ρ , deslocado pelo corpo de densidade ρ' que foi colocado em seu interior.

No caso em que $\rho > \rho'$, o corpo submerso no líquido irá para a superfície, já que o empuxo exercido pelo líquido será maior que o peso do corpo. Caso contrário (ou seja, $\rho' > \rho$), o corpo submerso deverá ir para o fundo do recipiente que contém o líquido. Em ambos os casos, o corpo submerso no líquido não ficará em equilíbrio hidrostático.

2.2.2 Medida de densidade de um sólido - Princípio de Arquimedes

2.2.3 Medida do volume de um sólido com uma balança

O volume de um sólido pode ser obtido medindo-se o empuxo sofrido por ele quando mergulhado em um líquido de densidade conhecida – normalmente água. A determinação do empuxo depende da balança utilizada.

Dois tipos de balança são comumente utilizados em laboratórios de ensino: aquelas sobre as quais atua uma força de tração, e aquelas sobre as quais atua uma “força normal” (ver figuras 2.2.a e 2.3.a, em que estão indicadas as forças exercidas sobre as balanças durante a pesagem).

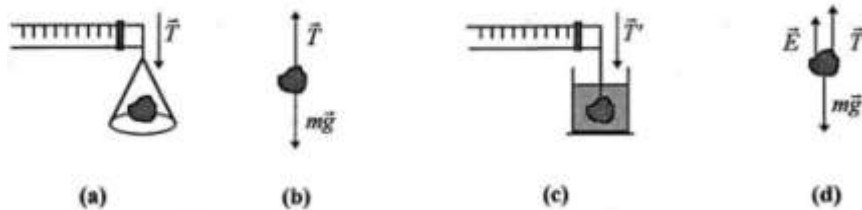
Observações preliminares:

1. Nos dois casos desprezaremos o empuxo devido ao ar.

2. Veja as figuras 2.2 e 2.3 para compreender o significado dos símbolos usados a seguir.
3. Lembre-se que o empuxo é dado por $E = \rho_l v_s g$, no qual ρ_l é a densidade do líquido e v_s , o volume do sólido.
4. Balanças são calibradas em unidades de massa, isto é, o valor, indicado em uma medida, representa a força exercida sobre a balança, dividida pela aceleração da gravidade.

2.2.4 Balanças que sofrem ação de “força de tração”

Figura 1.2 – Esquema de forças atuando em uma balança de tração.



Fonte elaborada pelos compiladores.

Nesse caso, faz-se a leitura da massa real do corpo: $m = T/g$ (figura 2.2.a) e depois a da sua *massa aparente*: $m' = T'/g$ (figura 2.2.c). A partir dos diagramas de forças do corpo livre (2.2.b) e do corpo submerso (2.2.d) é fácil ver como ele está em equilíbrio

$$E = mg - T' = mg - m'g$$

$$\rho_l v_s g = (m - m')g$$

$$v_s = \frac{m - m'}{\rho_l}$$

Se o líquido for água, cuja densidade é 1 g/cm^3 , o volume do sólido (em cm^3) será simplesmente a diferença entre as leituras da balança (em gramas) feitas com o corpo no ar e na água.

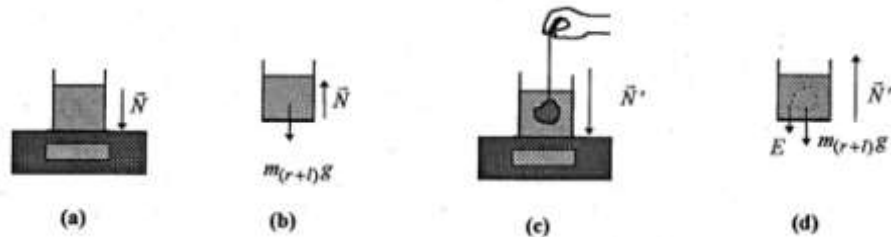
Balanças que sofrem ação de “força normal”

Neste caso deve-se primeiramente determinar a massa do recipiente com o líquido que será usado para submergir o corpo (figuras 2.3.a e 2.3.b): $m_{r+l} = N/g$. Depois, mergulha-se o corpo, cujo volume se quer determinar, segurando-o por um fio,

tomando-se cuidado para que ele fique totalmente submerso, mas não encoste no fundo ou nas laterais do recipiente (figura 2.3.c). Faz-se a nova leitura na balança: ($m'_{r+l} = N'/g$).

Através do diagrama de forças do recipiente, com o líquido na situação em que o corpo está submerso (figura 2.3.d), obtém-se:

Figura 1.3 – Esquema de forças atuando em uma balança de força normal.



Fonte elaborada pelos compiladores.

$$E = N' - m_{r+l}g$$

$$\rho_l v_s g = (m'_{r+l} - m_{r+l})g$$

$$v_s = \frac{m'_{r+l} - m_{r+l}}{\rho_l}$$

Novamente, **se o líquido for água**, o volume do sólido será simplesmente a diferença entre as duas leituras da balança.

Note a diferença entre os dois casos; no primeiro aparecem as massas do corpo e, no segundo, as massas do recipiente com o líquido.

Em algumas balanças, desse segundo tipo, pode-se *tarar* a balança com o recipiente + líquido. Nesse caso, **se o líquido for água**, o volume do corpo poderá ser lido diretamente na balança.

2.2.5 Medida do volume v_s e da densidade de um sólido ρ_s , utilizando-se o Areômetro de Nicholson

Figura 1.4 - Areômetro de Nicholson.

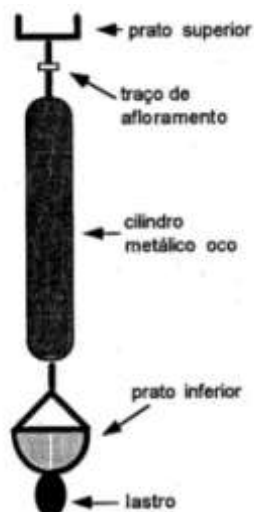
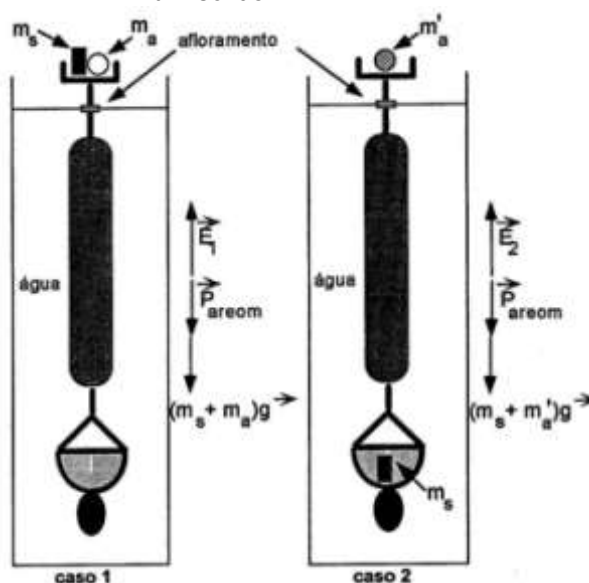


Figura 1.5 - Utilização do areômetro de Nicholson para a determinação da densidade de um sólido.



Fonte elaborada pelos compiladores.

O Areômetro¹ de Nicholson consiste, basicamente, em um cilindro metálico oco, ao qual são adaptados dois pratos: um superior e outro inferior (figura 2.4). A haste que une o prato superior ao cilindro possui uma referência denominada “traço de afloramento”. Diz-se que ocorreu o “afloramento”² de um areômetro quando ele se encontra em equilíbrio hidrostático, submerso em um líquido, e o “traço de afloramento” coincide com a superfície do fluido.

O volume da estrutura do areômetro, situada abaixo do traço de afloramento, será denominado por V_{areom} , enquanto que seu peso total será denominado por P_{areom} .

A medida do volume de um sólido, v_s , é feita seguindo alguns procedimentos. Inicialmente, determina-se diretamente, com uma balança, a massa do sólido em questão, m_s . Posteriormente, coloca-se o corpo sólido juntamente com uma massa adicional m_a sobre o prato superior do areômetro, de modo que seu “afloramento ou equilíbrio hidrostático” seja obtido estando submerso em água (caso 1, figura 2.5). Para esse caso, a equação de equilíbrio hidrostático resulta em:

$$(m_s + m_a)g + P_{areom} = \rho_{\text{água}}gV_{areom} \quad (2)$$

Em seguida, remove-se do prato superior o referido sólido, recolocando-o no prato inferior do areômetro. Para que o “afloramento” ocorra novamente, uma massa

¹ Areômetro: para medir densidades de líquidos ou sólidos.

Areômetro: para medir densidades de gases.

² Aflorar: colocar no mesmo nível.

m'_a deve ser acrescentada ao prato superior (caso 2, figura 2.5). O equilíbrio, nesse caso, fornece:

$$(m_s + m'_a)g + P_{areom} = \rho_{\acute{a}gua}g(V_{areom} + v_s) \quad . \quad (3)$$

Associando as equações 2 e 3, obtemos o volume e a densidade do sólido:

$$v_s = \frac{(m'_a - m_a)}{\rho_{\acute{a}gua}} \quad (4)$$

e

$$\rho_s = \frac{m_s}{v_s} = \frac{m_s}{(m'_a - m_a)}\rho_{\acute{a}gua} \quad . \quad (5)$$

Em resumo: o empuxo sobre o sólido é simplesmente a diferença entre os pesos necessários para se obter afloramento com ele no prato inferior e no superior. Pois, quando o corpo está dentro do líquido, o empuxo sobre ele precisa ser compensado por uma massa de afloramento maior.

2.2.6 Medida da densidade de um líquido ρ_l , utilizando-se o Areômetro de Nicholson

A medida da densidade de um líquido ρ_l é feita seguindo alguns procedimentos. Inicialmente, coloca-se o areômetro imerso em água, sendo “aflorado” com uma massa $m_t = m_s + m_a$, no prato superior (caso 1, figura 2.6). Nessa situação, o equilíbrio hidrostático nos fornece:

$$m_t g + P_{areom} = \rho_{\acute{a}gua}gV_{areom} \quad . \quad (6)$$

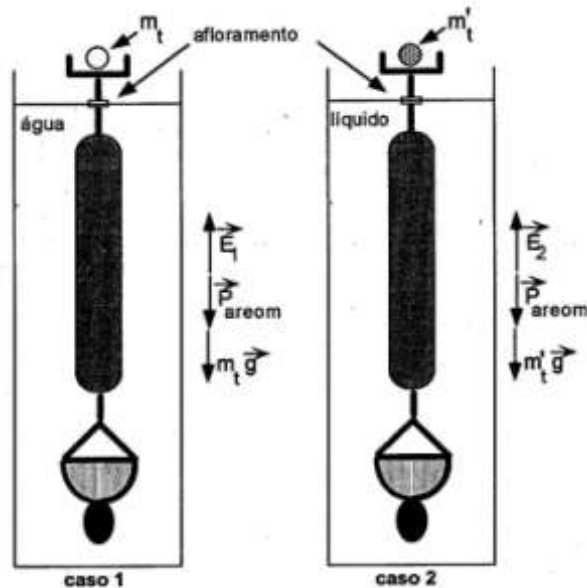
Posteriormente, coloca-se o mesmo areômetro imerso no líquido, cuja densidade ρ_l , se quer determinar sendo “aflorado” com uma massa m'_t (caso 2, figura 2.6), resultando em um equilíbrio hidrostático dado por:

$$m'_t g + P_{areom} = \rho_l g V_{areom} \quad . \quad (7)$$

Associando as equações 6 e 7, obtemos a densidade do líquido:

$$\rho_l = \rho_{\text{água}} - \frac{(m_t - m'_t)}{V_{\text{areom}}} \quad (8)$$

Figura 1.6 - Utilização do areômetro de Nicholson para a determinação da densidade de um líquido.



Fonte elaborada pelos compiladores.

Tabela 1.1 - Densidades de alguns materiais.

Material	ρ (gr/cm ³)
Alumínio	2,69
Cobre	8,93
Latão	8,56
Água	1
Álcool	0,789
N ₂	0,001250 @ 0 °C, 1 Atm

Fonte elaborada pelos compiladores.

Procedimento

As videoaulas a serem utilizadas nas análises a serem realizadas podem ser encontradas no seguinte link:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLDre2jYH3njjMv8cYIDXmIZCO1qB5h9CU>.

Procure pelas videoaulas com os títulos mencionados abaixo.

2.3.1 Determinação do volume e da densidade de um sólido com uma balança

Videoaula correspondente: Empuxo e Princípio de Arquimedes: Medida da densidade de um sólido com uma balança.

- a) As primeiras medidas apresentadas na vídeo-aula correspondem as medidas necessárias para determinação do volume do sólido, ou seja a massa do recipiente + fluido e a massa do recipiente + fluido + sólido. Anote os resultados das medidas e, baseado nas informações descritas na apostila e na vídeo-aula, determine o volume do sólido. Explique por que é possível, nesse caso, obter o valor do volume diretamente da balança.
- b) Anote também a massa do sólido m_s medida diretamente, com uma balança.
- c) Calcule a densidade do sólido, compare com o valor tabelado e determine de que material é feito esse sólido.

2.3.2 Determinação do volume e da densidade de um sólido utilizando o Areômetro de Nicholson

Videoaula correspondente: Flutuação e Areômetro de Nicholson: Medida da densidade de sólidos e líquidos.

- a) A primeira medida apresentada na vídeo-aula corresponde a medida da massa do sólido m_s e da massa adicionada para afloramento do areômetro com o sólido no prato superior, conforme mostra a figura 2.5 (caso 1). Anote a massa do sólido m_s e massa adicionada m_a medidos diretamente com uma balança.
- b) A segunda medida apresentada na vídeo-aula corresponde a massa adicionada para afloramento do areômetro com o sólido no prato inferior, conforme mostra a figura 2.5 (caso 2). Anote a massa adicionada m'_a medida diretamente com uma balança.
- c) Calcule o volume e a densidade do sólido. Compare com os valores obtidos no item 2.3.1. Discuta seus resultados.

2.3.3 Determinação da densidade de um líquido utilizando o Areômetro de Nicholson

- a) Na terceira medida apresentada na vídeo-aula é realizado o afloramento do areômetro, em água, conforme a figura 2.6. Anote a medida da soma da massa do areômetro + da massa adicionada e a partir daí determine o volume do

Areômetro utilizando o princípio de Arquimedes. Anote também a massa adicionada para o afloramento do areômetro na água.

- b) Na quarta medida apresentada do vídeo é mostrado a determinação direta, na balança, da massa adicionada ao prato superior, m'_i quando o areômetro é aflorado em um líquido desconhecido.
- c) Calcule a densidade do líquido. Compare com o valor medido utilizando um areômetro padrão e com valores tabelados. Sabendo que o líquido aparece em alguma explicação na vídeo-aula, a que possivelmente corresponde o líquido?

Bibliografia

TIMONER, A.; MAJORANA, F. S.; E HAZOFF, W. **Manual de laboratório de Física:** mecânica, calor e acústica. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.