

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
JOINVILLE



Roteiro da Experiência 1

Densimetria

FÍSICA EXPERIMENTAL II – FEX2001
Joinville/SC, fevereiro de 2024

Introdução

Eureka! (em grego, *εὕρηκα/εὑρηκα* – "Encontrei!") é uma famosa exclamação atribuída ao matemático grego Arquimedes de Siracusa (287–212 A.C.), quando descobriu como resolver um complexo dilema apresentado pelo rei Hierão II, que queria saber o volume de ouro em sua coroa. Arquimedes sabia que para isso deveria determinar a densidade ρ da substância, definida como a razão da massa m por volume V

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

O problema complicado era como medir o volume da coroa sem a derreter. Arquimedes descobriu a solução quando entrou numa banheira com água e observou que o nível da água subia quando ele entrava. Concluiu então que para medir o volume da coroa bastava mergulhar a coroa em água e calcular o volume de água deslocado, que deveria ser equivalente. Conta-se que ele saiu nu, correndo pelas ruas e gritando eufórico: "Eureka! Eureka!". "O Princípio de Arquimedes" foi como ficou conhecida a descoberta do grande cientista grego.[1]

De que forma pode ser determinada a densidade das substâncias com este princípio, conhecida atualmente como densimetria?

Objetivos

Determinar a densidade do corpo de prova e da água pela densimetria.

Equipamentos e materiais disponíveis

Os equipamentos já estão montados e os materiais disponíveis na bancada.

- Suporte flexível montado na bancada (prendedor universal, haste flexível e garra);
- Proveta de 50,0 ml com 50 graduações;
- Garrafa pequena contendo água;
- Dinamômetro de 1,0 N com 100 graduações;
- Corpo de prova: Cilindro de latão com gancho;
- Plataforma elevatória para laboratório;
- Balança digital e papel toalha (disponível na bancada da balança).

Limitações e cuidados da experiência

- Cuidado para não derramar água na bancada durante a experiência.
- Não deixe na bancada os objetos pessoais que possam ser danificados ao serem molhados.
- Verifique se o dinamômetro está calibrado e não force além do limite.
- Não force a plataforma elevatória.
- Ao terminar a experiência, retorne a água na garrafa, seque o corpo de prova com papel toalha e descarte o papel toalha na lixeira do laboratório.

A investigação seguirá o método científico de forma simplificada e resumida, dividida em duas atividades experimentais.

Atividade experimental 1

1. Observações e Perguntas

Elabore, anote e realize procedimentos simples e rápido para as observações qualitativas restrito aos equipamentos, materiais disponíveis e limitações da experiência, citados anteriormente, para as seguintes observações:

- a) A força (F_{peso}) necessária para pendurar o corpo de prova no ar.

Procedimento:

O que é observado?

- b) A relação entre a força F necessária para pendurar o corpo de prova e do volume V deslocado da água pelo corpo de prova quando é gradativamente mergulhado na água contido numa proveta.

Procedimento:

O que é observado?

- c) O peso aparente ($F_{aparente}$) quando o corpo de prova é totalmente mergulhado, onde o volume deslocado V é igual ao volume do corpo de prova V_{Total} .

Procedimento:

O que é observado?

Baseado nas observações realizadas anteriormente, identifique qual ou quais fenômenos são de interesse para uma investigação mais detalhada e criteriosa. Anote abaixo.

Com o fenômeno identificado podemos fazer algumas perguntas que poderão (ou não) ser respondidas ao concluir a experiência. Os principais questionamentos são:

- a) Por que o fenômeno ocorre?
- b) Como ele é descrito?
- c) Quais outros fatores podem influenciá-los?

Havendo mais perguntas, anote abaixo.

2. Hipóteses e Teorias

Revise o princípio de Arquimedes [2], considere o objeto pendurado e imerso em um líquido em equilíbrio estático e demonstre a equação teórica

$$F = mg - \rho_{\text{liquido}} gV, \quad (2)$$

que relaciona a força F necessária para pendurar o corpo de prova de massa m e do volume V deslocado do líquido (de densidade ρ_{liquido}) pelo corpo de prova quando é gradativamente imerso no líquido, onde g é a aceleração da gravidade local. Da equação (2), quando o objeto não é imerso no líquido, não há obviamente volume deslocado do líquido e $V = 0$ e a força necessária para pendurar no ar é o peso do objeto

$$F_{\text{peso}} = mg. \quad (3)$$

Quando o objeto é totalmente mergulhado, o volume deslocado do líquido V é igual ao volume do corpo de prova V_{Total} , nessa situação, pela equação (2) o peso do objeto pendurado parece menor (peso aparente F_{aparente}):

$$F_{\text{aparente}} = F_{\text{peso}} - \rho_{\text{liquido}} gV_{\text{Total}}. \quad (4)$$

A densidade relativa do objeto de prova em relação a líquido onde é totalmente mergulhado é definido como

$$D \equiv \frac{\rho_{\text{objeto}}}{\rho_{\text{liquido}}}, \quad (5)$$

e a partir da definição e das equações anteriores demonstre que:

$$D = \frac{F_{\text{peso}}}{F_{\text{peso}} - F_{\text{aparente}}}. \quad (6)$$

3. Experimentos

I) Determinação da densidade de referência

Procedimento experimental

- Para água, meça a massa da proveta m_{proveta} na balança digital, complete com água até a marca 30 ml de volume e meça novamente a massa do conjunto m_{conjunto} , a massa da água é a diferença $m = m_{\text{conjunto}} - m_{\text{proveta}}$, anote a massa e o volume com seus respectivos erro de escala na Tabela 1.
- Para corpo de prova, meça com a balança digital a massa com respectivo erro de escala e anote na Tabela 1.
- Insira o corpo de prova na proveta com água e mergulhe completamente na água (inclusive o gancho), e meça o volume deslocado com respectivo erro de escala e anote na Tabela 1.
- Reserve a proveta com água para a experiência parte II).
- Calcule a densidade com respectivo o erro propagado e anote na Tabela 1.
- Considere $1,0 \text{ ml} \equiv 1,0 \text{ cm}^3$.

Tabela 1	Água	Corpo de prova
$(m \pm \Delta m) [g]$		
$(V \pm \Delta V) [cm^3]$		
$(\rho \pm \Delta \rho) [g/cm^3]$		

II) Densimetria

Procedimento experimental

- Prenda verticalmente o dinamômetro no suporte flexível, pendure o corpo de prova no dinamômetro.
- Posicione a proveta com água em cima da plataforma elevatória.
- Insira o corpo de prova dentro da proveta e ajuste o suporte flexível para que o corpo de prova não toque na parede lateral e que esteja prestes a encostar na água.
- Verifique se o dinamômetro está na vertical e registre na Tabela 2 a força necessária para pendurar o corpo de prova no ar, onde o volume V deslocado do líquido nessa situação é zero ($V = 0 \text{ ml}$).
- Gire o parafuso de passo da plataforma elevatória e eleve a proveta para mergulhar o corpo de prova até que desloque um mililitro (1 ml) do líquido em relação a marca anterior, anote o volume V deslocado e a força no dinamômetro na Tabela 2.
- Repita e) até a total imersão (inclusive o gancho), onde o volume deslocado V é igual ao volume do corpo de prova V_{Total} .
- Gire o parafuso de passo da plataforma elevatória no sentido contrário até que o corpo de prova seja retirado da água e espere que a água escorra totalmente de volta para proveta.
- Repita os passos d) à g) até completar toda Tabela 2.

Tabela 2				
$V(\text{ml})$	$F_1 \text{ (N)}$	$F_2 \text{ (N)}$	$F_3 \text{ (N)}$	$F_4 \text{ (N)}$
0				

Atividade experimental 2

4. Análises

- a) Identifique as variáveis das quantidades físicas e o erro de escala dos instrumentos de medida utilizados na experiência II) e anote na Tabela 3.

Tabela 3			
Variável	Quantidade Física	Instrumento	Erro de escala
Independente			
Dependente			

- b) Análise estatística das medidas realizadas.

A partir das medidas da Tabela 2, calcule e preencha na Tabela 4:

- A média da força \bar{F} .
- O desvio médio da força $\overline{\Delta F}$.
- O desvio padrão da força σ_F .

Tabela 4			
$V(ml)$	$\bar{F}(N)$	$\overline{\Delta F}(N)$	$\sigma_F(N)$
0			

- c) Análise da equação teórica (2).

Linearize a equação (2) para construção do gráfico linear no papel milimetrado e escreva as relações para:

Variável independente: $x' =$

Variável dependente: $y' =$

Coefficiente angular: $a' =$

(7)

Coefficiente linear: $b' =$

d) Construção e análise do gráfico linear no papel milimetrado.

i. Preencha a Tabela 5, utilizando as relações (7) e os valores da Tabela 4.

Tabela 5	
Variável independente:	Variável dependente:

ii. A partir da Tabela 5, construa um gráfico linear no papel milimetrado.

iii. Indique na reta obtida, os pontos P_1 , P_2 e P_3 . Apresente os valores lidos com suas respectivas unidades e calcule o valor do coeficiente angular e coeficiente linear com suas respectivas unidades e escreva a equação experimental obtida.

Equação experimental (papel milimetrado):	(8)
---	-----

e) Construção e análise do gráfico linear no Excel.

i. A partir da Tabela 5, construa um gráfico linear no Excel. Encontre o melhor ajuste da linha de tendência da curva pelo valor do R-quadrático (próximo de 1).

ii. Leve em consideração o erro de escala dos instrumentos de medidas identificado na Tabela 3 e escreva a equação experimental obtida.

Equação experimental (Excel):	(9)
-------------------------------	-----

f) Resultados

A partir das equações obtidas (8) e/ou (9) e as relações (7):

i. Obtenha a densidade da água, considere $g = 9,79061 \text{ m/s}^2$ [3], e calcule o erro percentual, considerando o valor de referência da Tabela 1.

ii. Calcule a densidade relativa D e obtenha a densidade do corpo de prova. Calcule o erro percentual, considerando o valor de referência da Tabela 1.

5. Conclusões

Com os resultados obtidos tente responder as perguntas feitas no início da investigação, e escreva a conclusão.

Referências

[1] [Eureka \(exclamação\) – Wikipédia, a enciclopédia livre \(wikipedia.org\)](#) consultado em 08 de janeiro de 2024.

[2] HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 2 – Gravitação, Ondas e Termodinâmica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8ª Edição.

[3] <https://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=e856809e0d522d3153e2e7e8ec263bf2>