

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**BEATRIZ ALVES DOS SANTOS
JHONATAN BARBOZA DA SILVA
KEVIN RYOJI NAKASHIMA**

**RELATÓRIO DE LABORATÓRIO DE FÍSICA
PRÁTICA 1: INSTRUMENTOS, MEDIDAS E INCERTEZAS**

PROFESSOR: RICHARD CHARLES GARRATT

**SÃO CARLOS, SP
26 de março de 2025**

OBJETIVO

O objetivo deste relatório é documentar e discutir os resultados de experimentos físicos realizados no laboratório, como também o processo e métodos utilizados. Para isso, foram realizados dois experimentos práticos envolvendo medições diretas de comprimento, massa e volume e medições indiretas de volume e densidade dos materiais disponibilizados.

No primeiro experimento, tivemos como objetivo calcular o volume e, em seguida, a densidade de um cilindro metálico com uma perfuração também cilíndrica para identificar o material que o compõe.

No segundo experimento, nosso objetivo era definir o diâmetro de um fio de cobre irregular a partir de sucessivas medições em diferentes locais utilizando um micrômetro.

Esses experimentos têm como finalidade consolidar conhecimentos sobre medições diretas e indiretas, tratamento de erros e propagação de incertezas, habilidades essenciais para qualquer trabalho experimental em física.

MATERIAIS E MÉTODOS

Devido à natureza dos experimentos feitos no laboratório, houve a necessidade de usar diversas ferramentas de medida, sendo elas: paquímetro, micrômetro, balança de precisão e uma proveta graduada. Além disso, para definir as medidas, foram utilizados, como objetos de análise, um cilindro metálico e um fio de cobre.

Na primeira parte do experimento, determinamos os valores relativos ao volume do cilindro, tanto de maneira direta quanto indireta, a fim de compará-los e identificar o valor com a menor incerteza. Para a medição indireta, utilizamos um paquímetro para determinar as medidas do raio e da altura do cilindro interno e externo, com o intuito de determinar o volume da peça pela subtração dos volumes de ambos. Ademais, para realizar a medição direta, mergulhamos o objeto em uma proveta graduada para obter o valor do volume do objeto por meio do Princípio de Arquimedes, ou seja, comparando o valor final e inicial da indicação de volume na proveta.

Na segunda parte, por se tratar de uma medida de dispersão, determinamos o valor do diâmetro do fio de cobre em 10 pontos diferentes, a fim de encontrar o valor médio e o desvio médio absoluto. Para realizar a medição dos diâmetros, usamos o micrômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

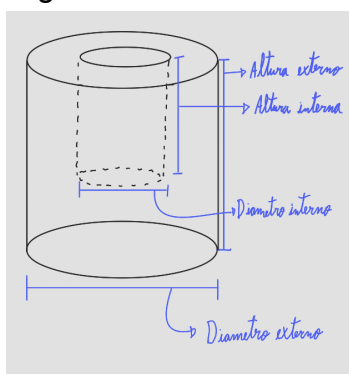
1) Experimento 1

a) Volume do Cilindro Metálico

Método Indireto

Para determinar o volume do cilindro metálico com um furo central (figura 1), utilizamos inicialmente um paquímetro universal com vernier (precisão de $\pm 0,02$ mm).

Figura 1



Foram medidas as seguintes dimensões:

- Diâmetro externo (D_e): $21,10 \pm 0,05$ mm
- Altura externa (H_e): $36,20 \pm 0,05$ mm
- Diâmetro interno (D_i): $10,00 \pm 0,05$ mm
- Altura interna (H_i): $17,00 \pm 0,05$ mm

A partir desses valores, calculamos:

1. Volume externo (V_e):

$$V_e = \pi \left(\frac{D_e}{2} \right)^2 H_e = 12657,95 \pm 77,47 \text{ mm}^3$$

2. Volume interno (V_i): (correspondente ao furo central)

$$V_i = \pi \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 H_i = 1335,18 \pm 17,28 \text{ mm}^3$$

3. Volume total (V_t):

$$V_t = V_e - V_i = 11322,77 \pm 94,75 \text{ mm}^3 \quad (\text{ou } 11,32 \pm 0,09 \text{ cm}^3)$$

Método Direto (Deslocamento de Água)

Como comparação, mediu-se o volume por deslocamento de água em uma proveta graduada (precisão de $\pm 1 \text{ cm}^3$). O valor obtido foi:

Volume Direto = $11 \pm 1 \text{ cm}^3$

Esse método, porém, apresenta maior incerteza devido à limitação da proveta.

b) Densidade do Cilindro Metálico

Para calcular a densidade, utilizamos o valor do volume com menor incerteza, ou seja, o obtido pelo método indireto.

A massa do cilindro, medida em uma balança com precisão ($\pm 0,01 \text{ g}$), foi:

$m = 30,63 \pm 0,01 \text{ g}$

Com esses dados, a densidade (ρ) foi calculada:

$$\rho = \frac{m}{V_t} = 2,706 \pm 0,022 \text{ g/cm}^3$$

Análise e Conclusão

A densidade calculada pelo método indireto ($2,71 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$) foi adotada por sua maior precisão. Comparando-a com valores de referência:

Material	Densidade (g/cm^3)
Alumínio	2,70
Latão	8,40
Aço	7,85

Aplicando o critério de compatibilidade de grandezas:

$$|2,71 - 2,70| < 2(0,02 + 0,01) \Rightarrow 0,01 < 0,06$$

conclui-se que o material do cilindro é alumínio, dentro da margem de incerteza experimental.

Tabela de Resultados Consolidados	
Grandeza	Valor (\pm Incerteza)
Volume externo (V_e)	$12657,95 \pm 77,47 \text{ mm}^3$
Volume interno (V_i)	$1335,18 \pm 17,28 \text{ mm}^3$
Volume total (V_t)	$11322,77 \pm 94,75 \text{ mm}^3$
Massa (m)	$30,63 \pm 0,01 \text{ g}$
Densidade (ρ)	$2,71 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$

2) Experimento 2 (Diâmetro do Fio de Cobre)

Discussão Metodológica: Comparação de medidas em único ponto ou em diversos?

Quando realizamos medições em um único ponto do fio, estamos essencialmente avaliando a precisão do instrumento de medição e sua capacidade de repetibilidade. Este método, porém, falha em captar variações reais ao longo do comprimento do material. Por outro lado, a estratégia de medir em múltiplos pontos revela informações valiosas sobre a uniformidade dimensional real do fio, por isso essa estratégia foi adotada.

Procedimento Experimental:

Utilizando um micrômetro com precisão de $\pm 0,01 \text{ mm}$, realizamos dez medições do diâmetro em diferentes pontos de um fio de cobre, obtendo os seguintes valores:

Medidas de dispersão	
Primeira	$2,27 \pm 0,01 \text{ mm}$
Segunda	$2,20 \pm 0,01 \text{ mm}$
Terceira	$2,21 \pm 0,01 \text{ mm}$
Quarta	$2,23 \pm 0,01 \text{ mm}$
Quinta	$2,24 \pm 0,01 \text{ mm}$
Sexta	$2,21 \pm 0,01 \text{ mm}$

Sétima	$2,17 \pm 0,01 \text{ mm}$
Oitava	$2,18 \pm 0,01 \text{ mm}$
Nona	$2,33 \pm 0,01 \text{ mm}$
Décima	$2,18 \pm 0,01 \text{ mm}$

Análise dos Dados:

O diâmetro médio (\bar{d}) = 2,222 mm

O desvio de cada medição em relação à média é ($d_i - \bar{d}$):

Medidas de dispersão	Desvio à média
Primeira	+0,048
Segunda	-0,022
Terceira	-0,012
Quarta	+0,008
Quinta	+0,018
Sexta	-0,012
Sétima	-0,052
Oitava	-0,042
Nona	+0,108
Décima	-0,042

Desvio médio absoluto :

$$\Delta d = \frac{\sum_{i=1}^N |d_i - \bar{d}|}{N}.$$

$\Delta d = 0,0364 \text{ mm} \rightarrow 0,04 \text{ mm}$. (arredondando)

Comparando as incertezas:

$\Delta d (0,04 \text{ mm}) > D (0,01 \text{ mm})$, a incerteza dominante é a dispersão das medidas.

Assim, o resultado final das medidas do diâmetro d é

$d = 2,22 \pm 0,04 \text{ mm}$.

Interpretação dos Resultados

A análise dos dados revelou uma variação máxima de 0,16 mm entre os valores extremos medidos (2,17 mm e 2,33 mm), o que demonstra que o fio não é perfeitamente uniforme. O desvio médio calculado de 0,04 mm, significativamente maior que a precisão nominal do micrômetro (0,01 mm), indica claramente que as variações observadas são características intrínsecas do objeto analisado e não simplesmente erros de medição. Estas flutuações dimensionais podem ser atribuídas a dois fatores principais: imperfeições naturais do fio e/ou pequenas deformações. Considerando esta análise, o diâmetro médio do fio foi determinado como $2,22 \pm 0,04$ mm.

CONCLUSÕES

Análise dos Resultados

Em ambos os experimentos, os resultados obtidos foram consistentes com os valores esperados, dentro das margens de incerteza. No primeiro experimento, a densidade calculada do cilindro ($2,71 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$) confirmou que o material era alumínio, uma vez que esse valor está dentro da faixa de referência ($\sim 2,70 \text{ g/cm}^3$), sendo as pequenas discrepâncias atribuíveis às limitações de precisão do paquímetro ($\pm 0,05 \text{ mm}$) e a possíveis irregularidades na superfície do cilindro. O método indireto (cálculo por medidas dimensionais) demonstrou maior confiabilidade em comparação ao método direto (deslocamento de água), cuja alta incerteza ($\pm 1 \text{ cm}^3$) decorre da precisão limitada da proveta.

Já no segundo experimento, o diâmetro médio do fio de cobre foi de $2,22 \pm 0,04 \text{ mm}$, sendo a incerteza de $\pm 0,04 \text{ mm}$ um reflexo das variações reais do material, que superam a precisão do micrômetro ($0,01 \text{ mm}$). Isso indica que as diferenças nas medições devem-se a características do fio, como irregularidades naturais ou pequenas deformações, e não apenas às limitações do instrumento.

Conhecimento Adquirido

A realização dos experimentos permitiu ao grupo desenvolver habilidades fundamentais em laboratório, como o manuseio correto de instrumentos de precisão (paquímetro e micrômetro), incluindo calibração, leitura de escalas e técnicas para minimizar erros. Além disso, a experiência reforçou a importância do trabalho em equipe, com a divisão de tarefas e discussões críticas para validar resultados, e proporcionou um entendimento prático sobre propagação de incertezas. Por fim, o contato direto com o método científico — desde a formulação de hipóteses até a avaliação de erros — consolidou uma visão mais crítica e estruturada sobre como grandezas físicas são determinadas experimentalmente.

Considerações Finais

Os experimentos cumpriram seus objetivos, validando tanto os princípios físicos envolvidos quanto a importância do rigor metodológico. As discrepâncias observadas foram compatíveis com as limitações instrumentais.

BIBLIOGRAFIA

Jose F. Schneider. Laboratório de Física I: livro de práticas. Instituto de Física de São Carlos, 2017. Disponível em: <
<http://granada.ifsc.usp.br/labApoio/images/apostilas/fisicai-2017.pdf> >. Acesso em: 30 mar. 2025.

Euroaktion. Tabela e densidade de materiais. *euroaktion*, 2025. Disponível em: <
<http://www.euroaktion.com.br/Tabela%20de%20Densidade%20dos%20Materiais.pdf> >. Acesso em: 30 mar. 2025.

The End!



Melhor parte do relatório!!

Kevin é de suma importância que esta ilustração esteja no relatório.
ass: Beatriz Alves

TABELA 1

Medidas diretas e indiretas	
Diâmetro externo	$21,10 \pm 0,05 \text{ mm}$
Altura externa	$36,20 \pm 0,05 \text{ mm}$
Diâmetro interno	$10,00 \pm 0,05 \text{ mm}$
Altura interna	$17,00 \pm 0,05 \text{ mm}$
Massa	$30,63 \pm 0,01 \text{ g}$
Volume externo	$12657,94961 \text{ mm}^3$
Incerteza do volume externo	$77,47363833 \text{ mm}^3$
Volume interno	$1335,176878 \text{ mm}^3$
Incerteza do volume interno	$17,27875959 \text{ mm}^3$
Volume total	$11322,77273 \text{ mm}^3$
Incerteza do volume total	$94,75239259 \text{ mm}^3$
Volume medido diretamente	$11 \pm 1 \text{ cm}^3$
Densidade total	$2,705830388 \text{ cm}^3/\text{g}$
Incerteza da densidade	$0,022396178 \text{ cm}^3/\text{g}$