UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Instituto de Física — Departamento de Física
FIS01200 - Física Geral e Experimental I A

Roteiro de Laboratório
Medições

1 Laboratório

- "Filosofia"
  - Física é uma Ciência experimental
  - as habilidades desenvolvidas no laboratório são essenciais ao Físico e complementares àquelas desenvolvidas em sala de aula
- Elementos
  - práticas (com roteiros) e demonstrações
  - caderno de laboratório

2 Caderno de Laboratório

- numerar as páginas ($\neq$ de numerar as folhas!)
- página 1: identificação do(a) estudante
- página 2: índice (vai sendo preenchido ao longo do semestre)
- páginas 3+: anotações

2.1 Como Fazer Anotações

- tudo à caneta! Uso de lápis é proibido no caderno de laboratório
- <u>nunca</u> apagar! Em caso de erro, riscar ~~umas~~ uma vez e seguir anotando
- <u>colar</u> gráficos, etc. — NADA PODE ESTAR SOLTO NO CADERNO
- data e título do experimento no topo de cada página do caderno
- para cada experimento:
  - indicar o objetivo do experimento
  - indicar lista de material/montagem (de preferência, uma ilustração)
  - descrever os procedimentos adotados
  - registrar os resultados obtidos
  - identificar as fórmulas utilizadas e exemplificar os cálculos realizados
  - identificar possíveis fontes de erro
  - registrar uma conclusão

3 Algarismos Significativos (AS)

- **informam a incerteza associada a uma grandeza física.** Não confunda AS com casas decimais! Exemplos:
  - $\underbrace{1000}_{4\text{ AS}}$ mL significa um volume entre 999,5 mL e 1000,4 mL
  - $\underbrace{1}_{1\text{ AS}}$ L significa um volume entre 0,5 L e 1,4 L
  - $\underbrace{1}_{1\text{ AS}} \times 10^3$ mL é como acima; $\underbrace{1,000}_{4\text{ AS}} \times 10^3$ mL é como no primeiro caso!

3.1 Operações com Algarismos Significativos (Versão Simplificada)

- na soma e na subtração, colocamos todos os termos na mesma unidade e expressamos o resultado com número de decimais igual ao do termo com maior incerteza:

$$\begin{array}{r} 4,782 \\ +\quad 8,45 \\ \hline 13,23 \end{array}$$

- na multiplicação e na divisão, o resultado conserva o número de AS do termo com menor número de AS:

$$8,837 \times 7,5 = 66$$

- em cálculos "longos," arredondamos somente a resposta final, não os resultados intermediários. Exemplo:

$$\frac{3,57 + 6,1}{47} + 0,285 = 0,2057\ldots + 0,285 = 0,49$$

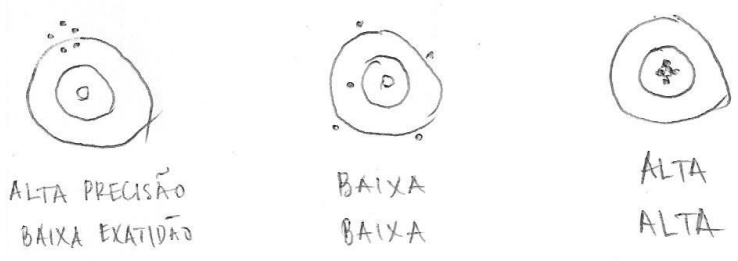
- para efeito de AS, constantes como π ou o 2 em $E = \frac{1}{2}mv^2$ são exatas, isso é, têm infinitos AS.

4 Incerteza em Medições

4.1 Erros

- grosseiros: relacionados a imperícia ou desatenção. Devem ser eliminados
- sistemáticos: tipicamente, relacionados à calibração de instrumentos. Devem ser eliminados/compensados
- acidentais ou aleatórios: fogem ao controle. **Devem ser levados em conta expressando os resultados com o correto número de AS**

4.2 Precisão e Exatidão



4.3 Distribuição Estatística de Dados Experimentais (ou "Como Determinar a Incerteza em uma Medida")

De modo geral no laboratório, a <u>média</u> $\overline{x}$ é a melhor estimativa do valor mais provável de uma grandeza x que foi medida n vezes:

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

A dispersão das medidas (provável diferença entre uma única observação e a média) pode ser estimada com o <u>desvio padrão</u> σ_x :

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2\right)^{1/2}$$

A incerteza da média é expressa pelo desvio padrão da média $\sigma_{\overline{x}}$:

$$\sigma_{\overline{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} = \left(\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2 \right)^{1/2}$$

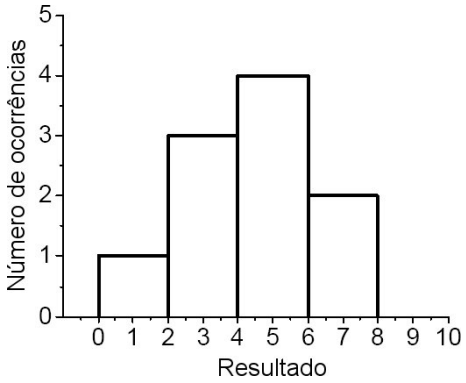
O resultado de n medições deve ser expresso como $x = \overline{x} \pm \sigma_{\overline{x}}$. Exemplos:

$$5,30 \pm 0,06$$
$$125 \pm 4$$
$$(200 \pm 5) \times 10^{-7}$$

Quando $\sigma_{\overline{x}}$ não puder ser estimado ou for menor que a precisão do instrumento de medida, prevalece a precisão do instrumento. A precisão do instrumento deve ser indicada pelo fabricante; caso não seja, usamos metade da menor divisão da escala no instrumento.

4.4 Atividade Experimental

- lance simultaneamente 2 dados e registre a soma dos valores obtidos em cada um
- repita pelo menos 49 vezes
- construa um histograma para representar a distribuição dos resultados. Exemplo:



- calcule a média
- calcule o desvio padrão
- calcule o desvio padrão da média
- expresse o "resultado" desse experimento como $x = \overline{x} \pm \sigma_{\overline{x}}$. (Atenção para o compromisso entre $\sigma_{\overline{x}}$ e a "escala do instrumento de medida." Como o valor mostrado por um dado é um número inteiro de 1 a 6, não faz sentido indicar uma incerteza fracionária!)

5 Referências

1. R. Axt e V. H. Guimarães, Física Experimental: Manual de Laboratório para Mecânica e Calor. Porto Alegre, UFRGS, 1991. Disponível na Biblioteca do IF, referência F01.50.P A972F 2.ed.
2. C. H. de Brito Cruz et al., Guia para Física Experimental: Caderno de Laboratório, Gráficos e Erros. Campinas, UNICAMP, 1997. Disponível em `http://www.ifi.unicamp.br/~brito/graferr.pdf`.
3. M. H. Tabacniks et al., Conceitos Básicos da Teoria de Erros. São Paulo, USP, 2003. Disponível em `http://euclides.if.usp.br/~ewout/ensino/fge2255/textos/ConcBasTeorErr.pdf`.
4. D. S. Lee, Physics Lab Notebook and Lab Report Information Booklet. La Miranda, Biola University, 2005. Disponível em `http://www.drjbloom.com/Public%20files/Laboratory%20Notebook%20Booklet.pdf`.
5. University of Maryland, Physics 275 Laboratory Manual. Disponível na Biblioteca do IF, referência F01.50.P U58P V.275.