

# **Física Experimental I**

**2º Semestre de 2016**

**Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva**

# *Introdução ao curso de Física Experimental I*

- Cronograma do curso
- Método de avaliação
- Método para confecção dos relatórios
- Horário de atendimento aos alunos
- Disponibilização do material didático
- Equipamentos e cuidados

# *Cronograma do curso*

- 12/08 – (sexta-feira) – AULA 1 – Apresentação e Introdução
- 19/08 – (sexta-feira) – AULA 2 – Teoria dos erros
- 26/08 – (sexta-feira) – AULA 3 – Medidas com a utilização de régua e paquímetro
- 02/09 – (sexta-feira) – AULA 4 – Medidas com a utilização de micrômetro
- 09/09 – (sexta-feira) – Não haverá aula (Semana da Pátria)
- 16/09 – (sexta-feira) – AULA 5 – Gráficos em papéis milimetrado, mono-log, di-log
- 23/09 – (sexta-feira) – AULA 6 – Medida do coeficiente de elasticidade
- 30/09 – (sexta-feira) – AULA 7 – Métodos dos mínimos quadrados
- 07/10 – (sexta-feira) – AULA 8 – Trilho de ar (MRU)
- 14/10 – (sexta-feira) – AULA 9 – Trilho de ar (MRUV)
- 21/10 – (sexta-feira) – Não haverá aula (Semana Acadêmica)
- 28/10 – (sexta-feira) – Não haverá aula (Funcionário Público)
- 04/11 – (sexta-feira) – AULA 10 – Medida do coeficiente de atrito
- 11/11 – (sexta-feira) – AULA 11 – Triângulo de forças
- 18/11 – (sexta-feira) – AULA 12 – Pêndulo Simples
- 25/11 – (sexta-feira) – AULA 13 – Queda livre
- 02/12 – (sexta-feira) – **AVALIAÇÃO**
- 09/12 – (sexta-feira) – **VISTA DE PROVA**
- 16/12 – (sexta-feira) – **RECUPERAÇÃO**

## *Método de avaliação*

$$\text{Nota Final} = (\text{MR} \times 0,2) + (\text{PR} \times 0,8)$$

MR = Média dos Relatórios (20%)

PR = Prova (80%)

# *Método para confecção de relatórios*

O relatório deve ser composto pelos seguintes itens:

- Nome e número USP
- Título do Experimento
- Objetivo
- Materiais utilizados
- Procedimento experimental e esquema do aparato utilizado
- Resultados e análise dos dados
- Discussão e conclusões

**Alerta:** O aluno que faltar a aula do experimento não poderá ter seu nome incluso ao mesmo, e terá sua nota igual a zero neste experimento.

# *Horário de atendimento aos alunos*

Segunda-feira → 14:00 – 18:00

# *Disponibilização de todo o material didático*

Todo o material didático será disponibilizado no STOA-USP.

- Slides utilizados nas aulas teóricas
- Roteiros para as aulas experimentais
- Modelo de relatório
- Avaliação e frequência dos alunos
- Cronograma das aulas

<http://disciplinas.stoa.usp.br/>

# *Equipamentos e cuidados*

- Multímetro (ohmímetro, voltímetro, amperímetro, ...)
- Fonte de alimentação variável (corrente e tensão)
- Cabos e fios
- Equipamentos elétrico e eletrônico  
(resistores, capacitores, indutores, diodos, LEDs, ...)
- Campo magnético
- Laser
- Termômetros



# **Física Experimental I**

**2º Semestre de 2016**

**Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva**

# Medidas de grandezas físicas

- Valor numérico e sua incerteza, unidades apropriadas

*Exemplos:*

- <i>Velocidade</i>	→	$(10,02 \pm 0,04) \text{ m/s}$
- <i>Tempo</i>	→	$(2,003 \pm 0,001) \mu\text{s}$
- <i>Temperatura</i>	→	$(273,3 \pm 0,7) \text{ K}$
- <i>Comprimento</i>	→	$(1022 \pm 10) \text{ mm}$
- <i>Volume</i>	→	$(43,04 \pm 0,05) \text{ cm}^3$

# Medidas diretas e indiretas

Nas **medidas diretas**, o valor numérico atribuído à grandeza física é lido diretamente da escala do instrumento.

*Exemplos:*

- *Comprimento medido com uma régua*
- *Tempo medido com um cronômetro*
- *Corrente elétrica medida com um amperímetro*

Nas **medidas indiretas**, a grandeza resulta de um cálculo realizado com valores de grandezas medidas diretamente.

*Exemplo:*

- *O volume de um objeto pode ser medido indiretamente, a partir das medidas diretas de suas dimensões com uma régua.*

# Erros de medida

**Valor verdadeiro:** quando esse valor já é conhecido antes de fazer o experimento. Por exemplo, quando se mede um padrão para aferir o funcionamento de um equipamento.

**Valor medido:** é resultado de uma medida.

Quanto mais próximo o valor medido está do valor verdadeiro, maior é a exatidão da medida. Como todo experimento possui uma incerteza intrínseca, chamada de erro, nunca saberemos dizer se o valor medido é exatamente verdadeiro.

Para saber avaliar de que ordem é o erro, devemos notar que existem três fontes fundamentais de erro:

**Erros grosseiros:** são cometidos por imperícia do operador, tais como erros na leitura ou de cálculos, desconhecimento do método experimental ou do uso dos instrumentos.

**Erros sistemáticos:** são cometidos de forma idêntica durante o experimento, tipicamente por uma limitação do método de medida ou uma falha do instrumento.

*Exemplo:* - *Medida de valores de comprimento sem perceber que a régua utilizada não começa desde o zero.*

**Erros aleatórios ou estatísticos:** são causados pelas mudanças aleatórias não controladas nas condições do processo de medida, incluindo o operador, os instrumentos, o ambiente do experimento e o próprio sistema físico.

Esses são os erros mais importantes de analisar. Esses erros são inevitáveis, mas pela sua natureza aleatória é possível definir estratégias experimentais para minimizá-las e para estimar o quanto influenciam na confiabilidade do resultado numérica.

# Medida direta de uma grandeza

A medida direta da grandeza, com seu erro estimado pode ser feita de duas formas:

- Medindo-se apenas uma vez a grandeza  $x$
- Medindo-se várias vezes a mesma grandeza  $x$ , mantendo as mesmas condições físicas

No primeiro caso, a estimativa do erro na medida  $\Delta x$  é feita a partir do equipamento utilizado e o resultado será dado por:

$$(x \pm \Delta x) \text{ unidade de medida}$$

### Precisão dos instrumentos

- **Analógicos calibrados:** metade da menor divisão
- **Analógicos não calibrados:** menor divisão
- **Digitais:** última casa decimal mostrada.



## Dados com dispersão aleatórias

Considerando que tenha sido feita uma série de  $N$  medidas para a grandeza  $x$ . Descontados os erros grosseiros e sistemáticos, os valores medidos  $x_1, x_2, \dots, x_n$  não são geralmente iguais entre si.

O valor mais provável da grandeza que se está medindo pode ser obtido pelo cálculo do valor médio:

**Valor médio ou média aritmética:**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

## Desvio padrão ou desvio médio quadrático

É simplesmente a média aritmética dos desvios de cada dado experimental com relação ao valor médio.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Com isso, o resultado do experimento com sua incerteza, é expresso como:

$$(\bar{x} \pm \sigma) \textit{ unidade de medida}$$

## Forma correta de expressar o resultado de uma medida

- Não existem resultados experimentais sem incerteza.
- Se há dispersão nos valores das medidas repetidas  $x_i$ , calcule o valor médio  $\bar{x}$  e o desvio padrão  $\sigma$ .

$$(\bar{x} \pm \sigma) \textit{ unidade de medida}$$

- Caso só tenha uma medida ou se não há dispersão, a precisão do instrumento  $\Delta$  é a incerteza

$$(x \pm \Delta x) \textit{ unidade de medida}$$

- Quando o valor calculado para  $\sigma$  é menor que a precisão do instrumento  $\Delta$ , a incerteza é o próprio  $\Delta$ .

*Exemplo:*

Considere uma série de medidas do diâmetro de um fio  $\varphi$ , feitas com um instrumento cuja precisão era de 0,05 cm.

Medida	1	2	3	4	5
$\varphi$ (cm)	2,05	2,00	2,05	2,10	1,95

Calcule o valor medido do diâmetro desse fio.

## Resposta:

• Valor médio:  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \longrightarrow \bar{\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5}$

$$\bar{\varphi} = \left( \frac{2,05 + 2,00 + 2,05 + 2,10 + 1,95}{5} \right) cm = (2,03) cm$$

• Desvio padrão:  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \longrightarrow \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - 2,03)^2}{5-1}}$

$$\sigma = \left( \sqrt{\frac{(2,05 - 2,03)^2 + (2,00 - 2,03)^2 + (2,05 - 2,03)^2 + (2,10 - 2,03)^2 + (1,95 - 2,03)^2}{5-1}} \right) cm = (0,06) cm$$

• Incerteza instrumental:  $\Delta = (0,05) cm$

Diâmetro medido:  $(2,03 \pm 0,06) cm$