

Física Experimental I

1º Semestre de 2023

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

22/03 (quarta-feira)	Aula 1 – Apresentação e Introdução ao curso (teoria)
29/03 (quarta-feira)	Aula 2 – Teoria dos erros (teoria)
05/04 (quarta-feira)	Não haverá aula (Semana Santa)
12/04 (quarta-feira)	Aula 3 – Medidas com a utilização de régua e paquímetro (exp.)
19/04 (quarta-feira)	Aula 4 – Medidas com a utilização de micrômetro (exp.)
26/04 (quarta-feira)	Aula 5 – Métodos dos mínimos quadrados e gráficos (teoria)
03/05 (quarta-feira)	Aula 6 – Trilho de ar (MRU) (exp.)
10/05 (quarta-feira)	Aula 7 – Gráficos em papéis mono-log, di-log (teoria)
17/05 (quarta-feira)	Aula 8 – Trilho de ar (MRUV) (exp.)
24/05 (quarta-feira)	Aula 9 – Medida do coeficiente de elasticidade (exp.)
31/05 (quarta-feira)	Aula 10 – Medida do coeficiente de atrito (exp.)
07/06 (quarta-feira)	Aula 11 – Triângulo de forças (exp.)
14/06 (quarta-feira)	Aula 12 – Pêndulo Simples (exp.)
21/06 (quarta-feira)	
28/06 (quarta-feira)	P1 (AVALIAÇÃO)
05/07 (quarta-feira)	Vista de Prova
12/07 (quarta-feira)	Prova Substitutiva
19/07 (quarta-feira)	RECUPERAÇÃO

Método de avaliação

$$\text{Nota Final} = (\text{MR} \times 0,4) + (\text{PR} \times 0,6)$$

MR = Média dos Relatórios (40%)

PR = Prova (60%)

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

Sexta-feira —————> 14:30 – 16:00

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
- Horário de atendimento
- Monitoria

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

lucasarno@usp.br

Equipamentos e cuidados

- **Equipamentos de medidas**

Paquímetro

Micrômetro

Balança de precisão

Cronômetro

- **Kits didáticos**

Colchão de ar

Triângulo de forças

Pêndulos

Barra metálica

Corpos de prova

Física Experimental I

1º Semestre de 2023

Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva

Medidas de grandezas físicas

- Valor numérico e sua incerteza, unidades apropriadas
- Algarismos significativos

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 numérico.

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 Δx é feita a partir do equipamento utilizado e o resultado será dado por:

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

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 σ .

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

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

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

- Quando o valor calculado para σ é menor que a precisão do instrumento Δ , a incerteza é o próprio Δ .

Exemplo:

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

Medida	1	2	3	4	5
φ (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: $\Delta = (0,05) cm$

• Incerteza final: $\sigma = \sqrt{0,06^2 + 0,05^2} = 0,08 cm$

Diâmetro medido: $(2,03 \pm 0,08) cm$