

Introdução às Medidas em Física

4300152

1ª Aula

Roberto V Ribas

rvribas@if.usp.br

www.dfn.if.usp.br/~ribas

Edifício Oscar Sala (Pelletron),

sala 240, r. 6840

Programa da disciplina

Papel da experimentação no método científico

Introdução aos conceitos da física experimental

Noção de medida e incerteza

Incerteza instrumental + Medidas diretas

Incerteza estatística, Introdução à Teoria dos Erros

Aplicação: o Pêndulo simples

Propagação de incertezas e média ponderada

Aplicação: densidade de sólidos

Aplicação: medida da distância focal de uma lente

Análise de dados experimentais + modelos

Gravitação Universal e Movimento de Queda

Lei de Ohm

Leis empíricas + Escalas Logarítmicas

Lei de resfriamento de Newton

O monocórdio e as cordas vibrantes

Atividades (Ver Cronograma)

Experimentos

7 experiências

Atividades

Exercícios – individual (stoa)

Guias/relatórios - grupo (casa)

Provas

2 provas

Individualizar notas

**Prova 1 – 4 primeiras
experiências**

**Prova 2 – Todos os
experimentos**

Material Didático e muitas informações

STOA – Moodle <https://edisciplinas.usp.br/>

*Exercícios relacionados a cada aula. Disponíveis por 1 semana.
Valem 10% da nota de cada atividade (guia ou relatório)*

Apostila, tópicos do curso, manuais

Exercícios obrigatórios, exercícios de apoio

Área dos grupos com arquivos importantes

Ambiente de discussão/comunicação

Importante: Todo informe aos alunos será feito nesse ambiente

Objetivos do Curso

Vivenciar a atividade experimental (medida de dados):

técnicas e instrumentos de medida;

teoria de erros (estatística);

criatividade - use e abuse;

Aprender a interpretar os resultados de medidas;

senso crítico - use e abuse;

Aprender a se comunicar com a comunidade científica e em geral;

Cálculo da média

Média das provas:

$$P = (P_1 + 2 * P_2) / 3$$

Média dos atividades:

$$R = (\sum R_i - R_{\min}) / 6$$

Nota atividade: exercícios (stoa) + guias/relatórios (casa)

Se $P \geq 3$ e $R \geq 5$:

$$M = (4 * P + 6 * R) / 10$$

Se $P < 3$ ou $R < 5$:

$$M = \min\{P, R\}$$

Se $P < 3$ e $R < 5$:

$$M = P$$

Se $M \geq 5$:

Aprovado

Gravíssimo

Relatórios duplicados, “clonados”, cópias de relatórios anteriores.....

Consequência: Nota Zero

(no mínimo – Fraude pode ter outras consequências)

Frequência

Faltas podem ser no máximo 3

Alunos com falta não são elegíveis para receber a nota integral do relatório

- 1 falta em exper. de 2 dias - 50% nota relatório
- 2 faltas em exper. de 2 dias - 0% nota relatório
- 1 falta em exper. de 1 dia - 0% nota relatório

Não há aula de reposição

Medidas e Incertezas

Nossa disciplina, se relaciona principalmente com a questão da medida. Como medir, atribuir um valor a uma certa grandeza (massa, comprimento, intervalo de tempo, etc.)

E toda medida é incerta! – Então, como podemos quantificar a nossa incerteza em uma dada medida?

ordens de grandeza - comprimento



<http://htwins.net/scale2/>

Ordem de grandeza

Muitas vezes, basta termos uma idéia da tal grandeza, não necessitamos de detalhes. Por exemplo, se alguém lhe pergunta – qual é a distância entre São Paulo e o Rio de Janeiro?

Se me perguntassem, eu diria 400 Km.

- **E a distância entre a Terra e a Lua? Eu diria 400 mil Km.**
- **Mas são só estimativas! Como representar esse fato, de que os números não são exatos, quando os escrevemos? Só sabemos o número de zeros depois do 4, mas nem temos certeza se é realmente 4 ou 3 (são, mais aproximadamente 434 (356) Km e 384.800 Km)**

Ordem de Grandeza - Representação

E como representar essas medidas aproximadas, quando as escrevemos? Como deixar isso claro, que são estimativas ou medidas não muito precisas?

- **Potências de 10!**
- **Distância entre São Paulo e Rio: 4×10^2 Km.**
- **Distância entre Terra e Lua: 4×10^5 Km.**
- ***Aprender como fazer estimativas razoáveis, é uma coisa que vcs todos devem praticar. Na Física, isso é conhecido como “Problemas de Fermi”***

O que é uma medida?

Medir significa quantificar uma grandeza com relação a algum padrão tomado como unidade;

Por exemplo, ao medir o tamanho de um objeto com uma régua, estamos comparando a marcação calibrada da régua com o objeto sendo medido.

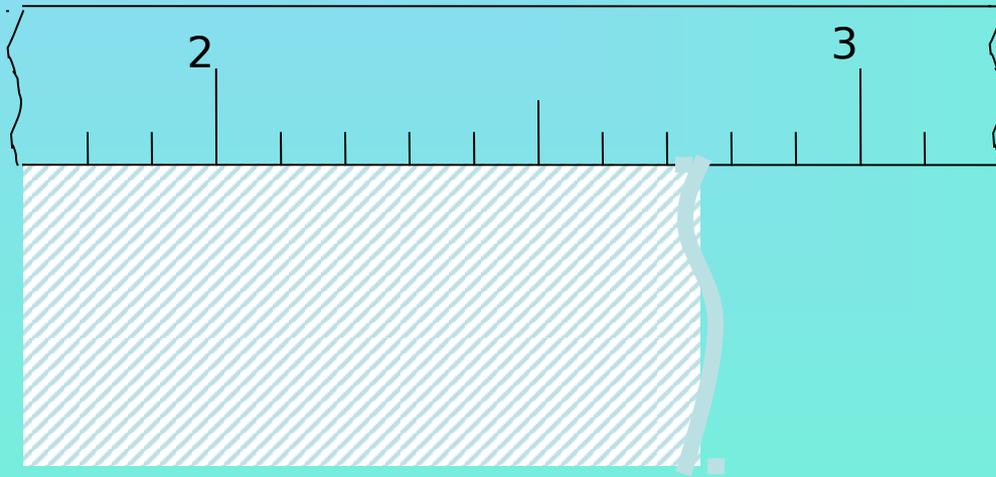
Características de uma medida

Se eu repetir várias vezes uma determinada medida, vou obter sempre o mesmo resultado?

E se um outro experimentador repetir a medida?

E se eu repetir a medida com outro instrumento?

Características de uma medida



Características de uma medida

A cada medida repetida, ou cada experimentador diferente que realizar a medida ou cada instrumento diferente que usarmos, o resultado da medida pode ser diferente !

Mas, o que isso significa?

Conceitos envolvidos em uma medida experimental

Supondo que existe um valor verdadeiro associado à grandeza que está sendo medida, nunca iremos obter esse valor em nossas medições.

Isso ocorre devido a características da própria grandeza sendo medida ou limitações intrínsecas e inevitáveis dos nossos instrumentos e técnicas de medida.

Conceitos envolvidos em uma medida experimental

Definindo:

Erro = *valor verdadeiro - valor medido*

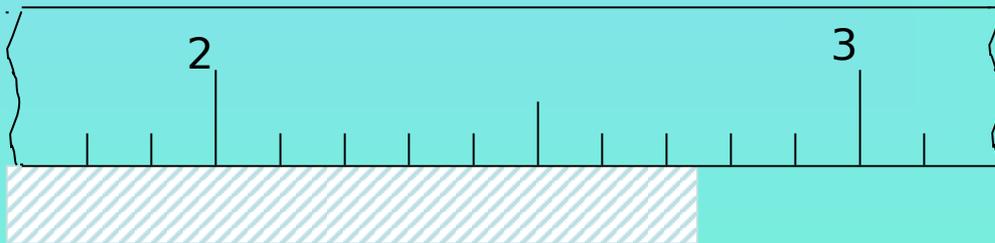
pode-se afirmar que toda medida experimental apresenta um erro, que precisa ser estimado e compreendido. É impossível conhecer o erro! (se fosse, saberíamos o *valor verdadeiro*)

Incerteza = *estimativa estatística (para mais ou para menos) do valor do erro*

Representação Numérica

Se toda medida tem uma incerteza, como representá-la?

(Valor \pm incerteza)



(2,74) cm

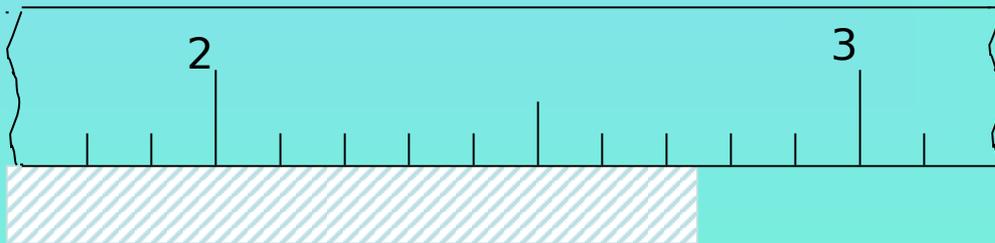
tenho “certeza”

estou em “dúvida”

Representação Numérica

Se toda medida tem uma incerteza, como representá-la?

(Valor \pm incerteza)



(2,74 \pm ?) cm

E incerteza?

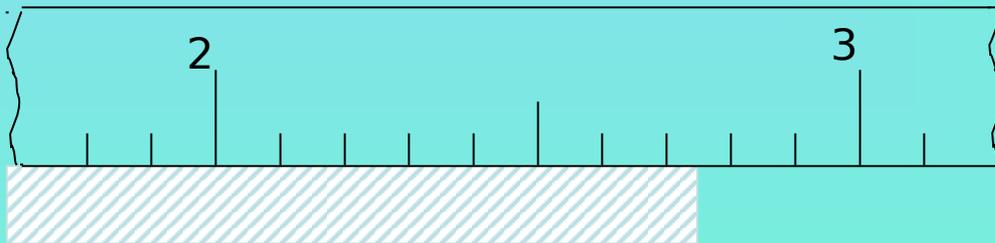
tenho “certeza”

Avalia o melhor possível

Representação Numérica

Como avaliar a incerteza?

Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento



(2,74 ± ?) cm

E a incerteza?

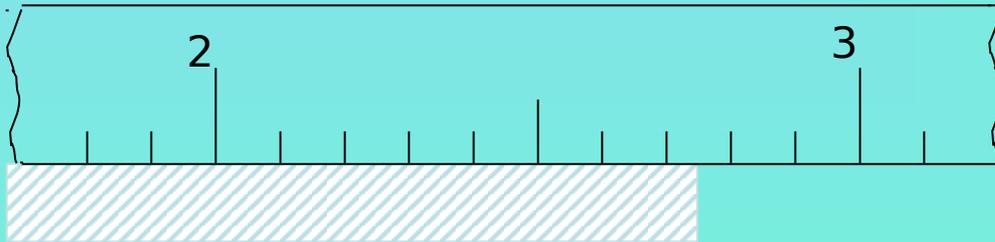
tenho “certeza”

Avalia o melhor possível

Representação Numérica

Como avaliar a incerteza?

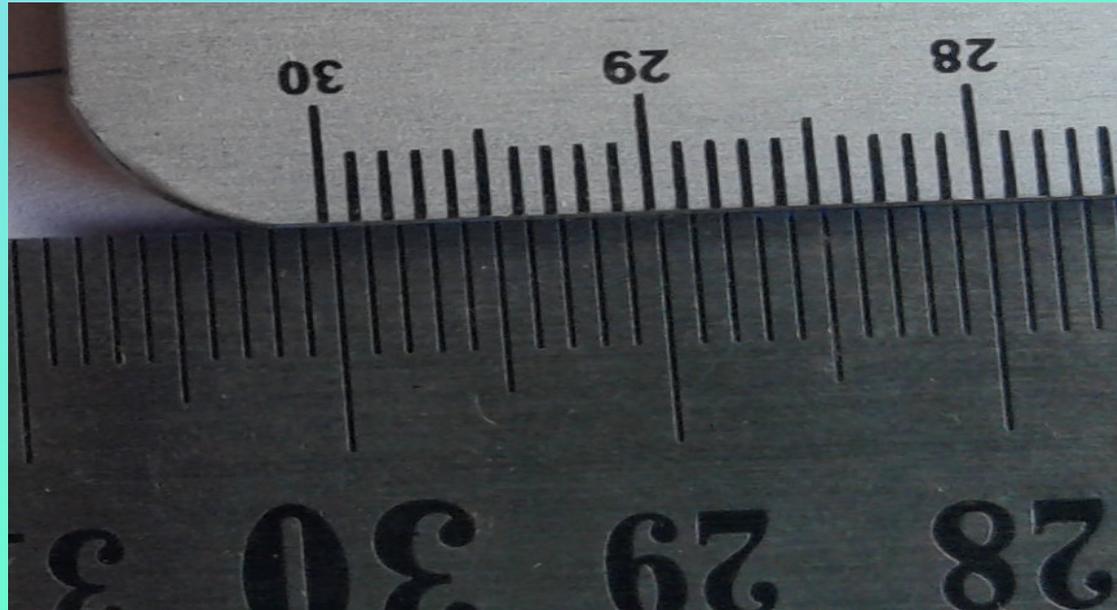
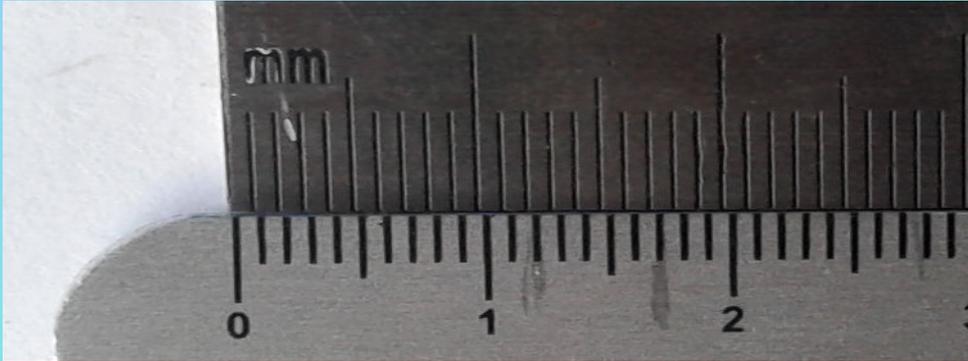
Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento.



$(2,74 \pm 0,05)$ cm

metade da menor divisão ($1 \text{ mm} \div 2 = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$)

Por que $\frac{1}{2}$ da menor divisão?



Algarismos significativos

Algarismos usados para representar um valor

Quantidade define confiabilidade e precisão

345 - 1200,0 - 0,0004 - 43 - 12,45

3

5

1

2

4

~~12 10²~~

4 10⁻⁴

12,000 10²

Para contar número de algarismos significativos de um valor inicia-se pelo primeiro algarismo não nulo.

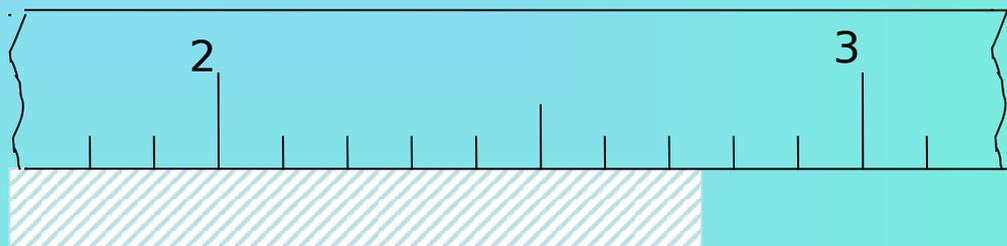
Algarismos significativos

- O número de algarismos significativos da medida depende da precisão do instrument utilizado.
- O número de algarismos significativos não depende do número de casas decimais.

345 - 1200,0 - 0,0004 - 43 - 12,45

Algarismo significativo em um número pode ser entendido como cada algarismo que individualmente tem algum significado físico.

Algarismos significativos de uma medida



$(2,74 \pm 0,05)$ cm

Dizemos que os algarismos 2, 7 e 4 são os algarismos significativos do valor da medida, sendo 4 o algarismo duvidoso;

E 5 é o único algarismo significativo da incerteza.

Algarismos significativos em uma medida

Regra geral:

Nas medidas que faremos, só faz sentido colocar um (em alguns casos dois) algarismo significativo na incerteza.

E a incerteza é que determina o número de algarismos significativos da medida.

Forma correta: $(2,74 \pm 0,05)$ cm

Faz sentido dizer que o resultado da medida foi $(2,746 \pm 0,050)$ cm ? Ou seja, estimar mais um algarismo significativo no valor da medida ?



GARGANTA
DO REGISTRO
ALTITUDE 1.666,285 m



GARGANTA
DO REGISTRO
ALTITUDE 1.666,285 m

GARGANTA
DO REGISTRO
ALTITUDE 1.669,28 m



GARGANTA
DO REGISTRO
ALTITUDE 1.669,28 m

Como realizar medidas

Análise do instrumento de medida

identificação do tipo e funcionamento

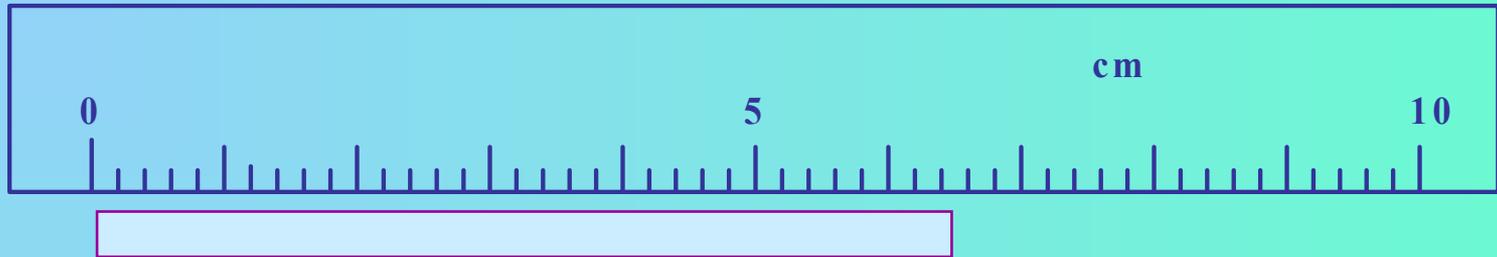
Fundo de escala e unidade

seleção conveniente

Precisão e incerteza da medida

Escala simples

Duas escalas: principal e auxiliar (nônio ou vernier)



Régua - mede distâncias

Fundo de escala = 10 cm

Precisão = menor divisão/2 = 0,1 cm ou 1 mm

Para realizar a medida:

$$\text{Comp} = (6,5 \pm 0,1) \text{ cm}$$

↑
duvidoso

Cálculo com algarismos significativos

Soma ou diferença:

Resultado final deve ser escrito até a posição correspondente a posição do algarismo duvidoso de maior valor absoluto

$$\begin{array}{r} 2,5 \times 10^4 + 1234 = 25 \text{ |||} \\ \quad \quad \quad \underline{1234} \\ \quad \quad \quad 26 \text{ |||} \end{array} = 2,6 \times 10^4$$

Multiplicação ou divisão:

Resultado final deve ser escrito com o mesmo número de significativos do componente com menos significativos

$$\begin{array}{r} 2,5 \times 10^4 \times 1234 = 25000 \\ \quad \quad \quad \underline{1234} \\ \quad \quad \quad 30850000 \end{array} \longrightarrow 3,1 \times 10^7$$

Algarismos significativos

Quando representamos o resultado de uma operação aritmética ou numérica – **arredondamento** pode ser necessário

3,1415926535

3 sig \longrightarrow 3,14

5 sig \longrightarrow 3,1416

Regra: adiciona-se uma unidade ao último algarismo significativo, se o valor do algarismo seguinte for igual ou maior que 5; caso contrário mantém-se o mesmo valor

2,34999



3 sig \longrightarrow 2,35

2 sig \longrightarrow 2,3

Sistema Internacional (SI)

Definição de valores padrão, representação usada internacionalmente

Unidades

- **m (metro)**
- **Kg (quilograma)**
- **s (segundo)**
- **N (Newton)**
- **J (Joule)**
- **W (Watt)**
- **C (Coulomb)**
- **V (Volt)**
- **A (Ampere)**
- **Ω (Ohm)**
- **T (Tesla)**

Sistema Internacional (SI)

Tabela 5 - Prefixos do SI

Fator	Nome do Prefixo	Símbolo	Fator	Nome do Prefixo	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Inmetro, 2012, disponível em <http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/sistema-internacional-unidades.pdf>

Medidas experimentais

Medir as dimensões necessárias para obter a área da sala e da lousa, primeiramente sem usar régua ou trena e depois usando um desses dois instrumentos

Calcular as respectivas áreas escrevendo o resultado final com o número correto de significativos

Medir o tempo para dez oscilações de um pêndulo simples, primeiramente usando o número de batimentos cardíacos e depois usando um cronômetro

Unidades “naturais”

Os países de língua inglesa até hoje usam padrões que evoluíram de medidas naturais. P. ex. para o comprimento:

- polegada: (2,54cm)
- palmo: 9 polegadas (~22,8 cm)
- pé: 12 polegadas (~30,3cm)
- jarda: 3 pés (~91 cm)
- braça: 6 pés (~1,83m)
- milha (unidade romana - mille passi): (~1610 m)
- légua: 3 milhas

Análise dos Dados

Preencha a tabela com os dados coletados por todos os colegas

Comparar os valores de área da lousa, volume da sala e tempo de oscilação do pêndulo obtidos usando unidades atípicas

**Normalizar as medidas e cálculos calibrando seu instrumento de medida (comparação com padrão)
(reescreva os valores)**

Comparar novamente os valores