

Introdução às Medidas em Física (4300152)

Aula 01 (17/03/2023)

Paula R. P. Allegro

paula.allegro@usp.br

Na aula de hoje:

- Informações gerais da disciplina:
 - O curso
 - Objetivos
 - Atividades
 - Datas Importantes
 - Critérios de Aprovação
 - Site da Disciplina: material didático e informações
- Experiência 01: Introdução aos conceitos de física experimental

Referências para a aula de hoje:

- Apostila do curso (página principal do moodle):
 - Capítulo 1: Introdução à Disciplina 4300152
 - Capítulo 2: Medidas Físicas
 - Capítulo 3: Instrumentos De Medida
 - Experiência I (Aulas 01 e 02) Calibração de Medidas e Pêndulo Simples.
- Texto: Conceitos Básicos da Teoria de Erros (aba Material Didático / arquivos 2023)
 - Capítulo 1: Expressão de Medições Experimentais

O curso:

- Iniciação às atividades experimentais:
 - Compreender a necessidade de se efetuar medidas
 - Compreender os cuidados necessários para uma tomada de dados
 - Ser capaz de escolher e utilizar os equipamentos e procedimentos adequados
 - Ser capaz de elaborar e testar modelos teóricos
 - Estimar incertezas de medidas e avaliar a propagação das mesmas
 - Sistematizar o armazenamento de dados através de tabelas
 - Analisar dados experimentais através da utilização de gráficos
 - Discutir criticamente os resultados obtidos

Objetivos do Curso

- Vivenciar a atividade experimental (medida de dados):
 - técnicas e instrumentos de medida;
 - teoria de erros (estatística);
- Aprender a interpretar os resultados de medidas;
- Aprender a se comunicar com a comunidade científica e em geral;

Atividades

- 7 experimentos:

Experimento	Conceitos a serem desenvolvidos
1) Medidas de objetos e Pêndulo simples	<ul style="list-style-type: none">○ Noção de medida e incerteza○ Incerteza instrumental + Medidas diretas○ Incerteza estatística + Introdução à Teoria dos Erros
2) Densidade de sólidos	
3) Medida da distância focal de uma lente	
4) Gravitação Universal e Movimento de Queda	<ul style="list-style-type: none">○ Propagação de incertezas e média ponderada
5) Lei de Ohm	
6) Lei de resfriamento de Newton	<ul style="list-style-type: none">○ Análise de dados experimentais + modelos
7) O monocórdio e as cordas vibrantes	
	<ul style="list-style-type: none">○ Leis empíricas + Escalas Logarítmicas

Atividades

- Em cada experimento:
 - Exercícios – individual (e-disciplinas)
 - Guias/relatório - grupo (casa)
 - Grupos de 2 a 3 alunos (Fixos durante o semestre!)

- 2 Provas:
 - Prova 1 – 4 primeiras experiências
 - Prova 2 – Todos os experimentos

Datas importantes

Mês	Dia	Atividade	Entregas
Março	17	Aula 01: Experiência 1-1	
	24	Aula 02: Experiência 1-2	Guia 1-1
	31	Aula 03: Experiência 2-1	Guia 1-2
Abril	7	Semana da Pátria – Não haverá aula	
	14	Aula 04: Experiência 2-2	Guia 2-1
	21	Semana sem aula - Tiradentes	
	28	Aula 05: Experiência 3	Guia 2-2
Maio	5	Aula 06: Experiência 4-1	Guia 3
	13	Aula 07: Experiência 4-2	Guia 4-1
	19	PROVA 1	Guia 4-2
	26	Aula 08: Experiência 5-1	
Junho	2	Aula 09: Experiência 5-2	
	9	Semana sem aula – Corpus Christi	Relatório 5
	16	Aula 10: Experiência 6	
	23	Aula 11: Experiência 7-1	Relatório 6
	30	Aula 12: Experiência 7-2	Relatório 7 – parte 1
Julho	7	PROVA 2	Relatório 7 - completo

Critérios de Avaliação

- Frequência:

- Faltas: podem ser no máximo 4

- Controle da frequência: listas de presença durante as aulas presenciais

Problemas pessoais que impeçam o comparecimento à aula ou justifiquem eventuais atrasos devem ser relatados ao professor da disciplina para serem analisados

- Notas das atividades: Alunos com falta não são elegíveis para receber a nota integral da atividade

- 1 falta em experiência de 2 dias - 50% nota relatório

- 2 faltas em experiência de 2 dias - 0% nota relatório

- 1 falta em experiência de 1 dia - 0% nota relatório

Não há aula de reposição!

Critérios de Avaliação

- Notas:

- Tarefas: guias/relatórios + exercícios (casa)

$$R_i = \frac{9 \text{ Guia}_i + \text{Exer}_i}{10}$$

- Média das tarefas:

- A tarefa de menor nota (R_{\min}) é desconsiderada:

$$M_R = \frac{\sum_{i=1}^7 R_i - R_{\min}}{6}$$

- Relatórios/guias duplicados (iguais) ou com pedaços copiados e cópias de relatórios/guias dos anos anteriores.

Nota Zero

Sem direito a substituição!

Critérios de Avaliação

◦ Média das provas:

$$M_P = \frac{P_1 + 2P_2}{3}$$

◦ Média Final:

• Se $M_P \geq 3$ e $M_R \geq 5$:
$$M_F = \frac{4M_P + 6M_R}{10}$$

• Se $M_P < 3$ ou $M_R < 5$:
$$M_F = \min\{M_P, M_R\}$$

• Se $M_P < 3$ e $M_R < 5$:
$$M_F = M_P$$

• Critério de **Aprovação** na disciplina:

$$M_F \geq 5$$

Site da disciplina: Material Didático e muitas informações

- E-disciplinas – Moodle

<https://edisciplinas.usp.br/>

- 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

Aviso - Monitoria

- Monitora: **Isabella Yumi Hirosue** (email: yumihirosue@usp.br).
- Quando:
 - Segundas das 18:00 às 19:30 hs
 - Quartas das 18:00 às 19:30 hs
- Onde: via Google Meet (**link – será enviado por e-mail**).

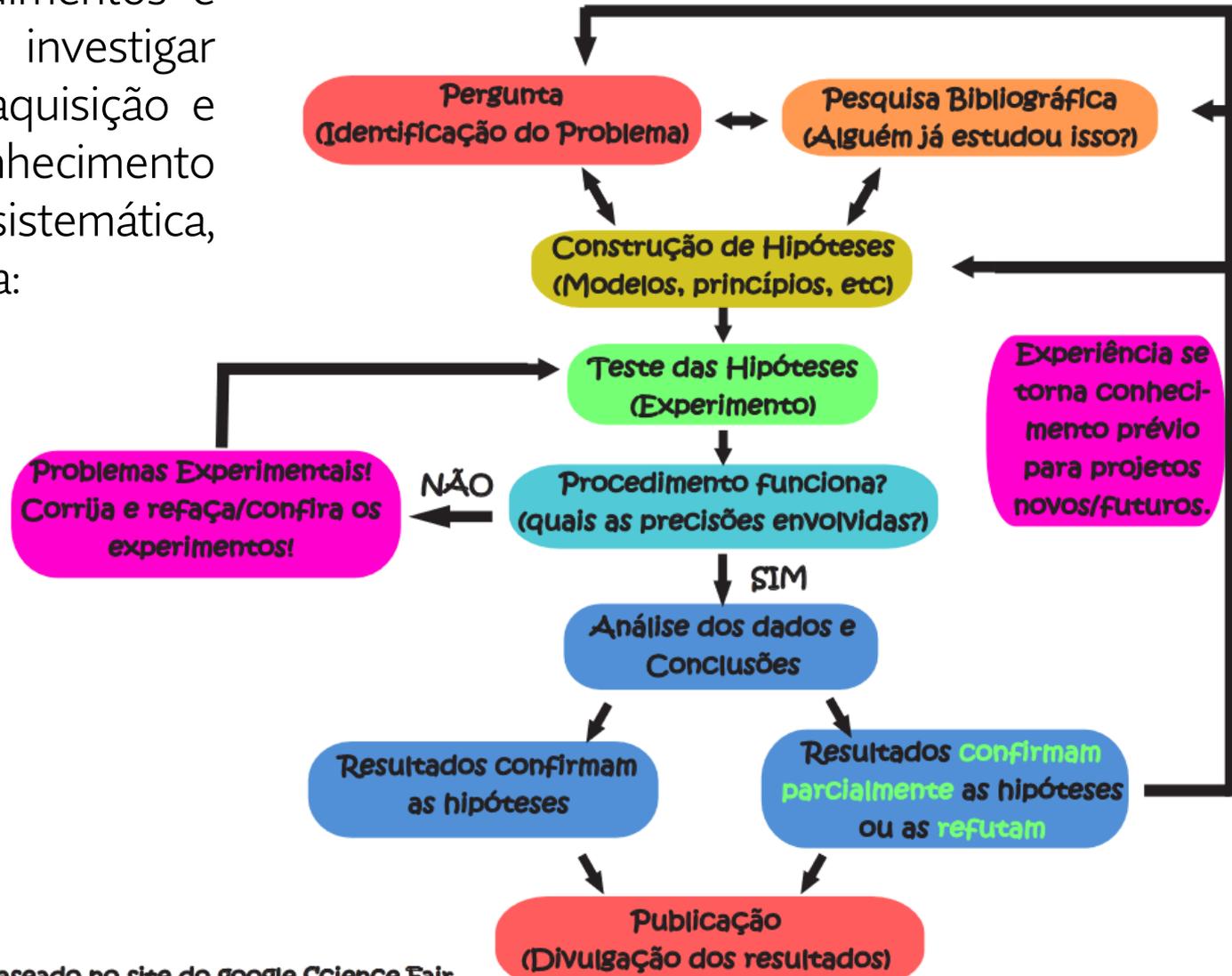
- Monitor: **Guilherme Maceno Sales** (email: guilhermemaceno@usp.br).
- Quando:
 - Terças das 18:00 às 19:30 hs
 - Quintas das 18:00 às 19:30 hs
- Onde: via Google Meet (**link – será enviado por e-mail**).

Experiência 01:

Introdução aos conceitos de física experimental

O método científico

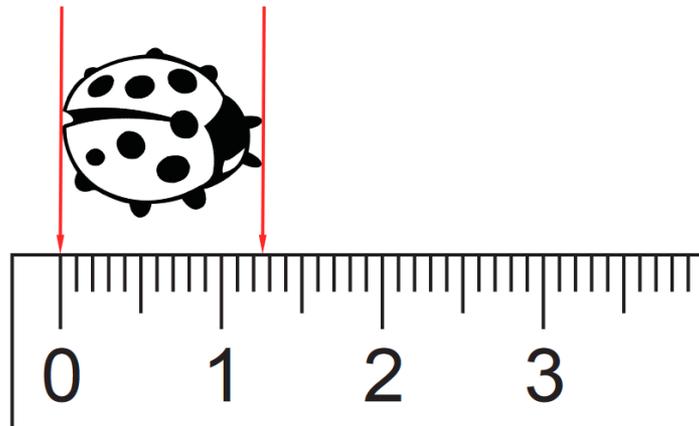
Conjunto de procedimentos e técnicas para investigar fenômenos e para aquisição e estabilização de conhecimento de forma sistemática, consistente e objetiva:



Baseado no site do google Science Fair

O que é uma medida?

- Medir significa quantificar uma grandeza com relação a algum padrão tomado como unidade.
- Exemplo:
 - ao medir o tamanho de um objeto com uma régua, estamos comparando a marcação calibrada da régua com o objeto sendo medido.



Padrões: Sistema Internacional (SI)

- Definição de valores padrão
- representação usada internacionalmente

Unidades Básicas

Grandeza	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Tempo	segundo	s
Massa	quilograma	kg
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Padrões: Sistema Internacional (SI)

Unidades Derivadas

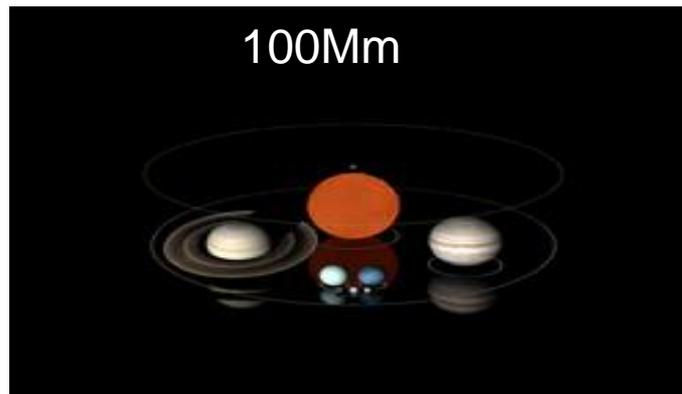
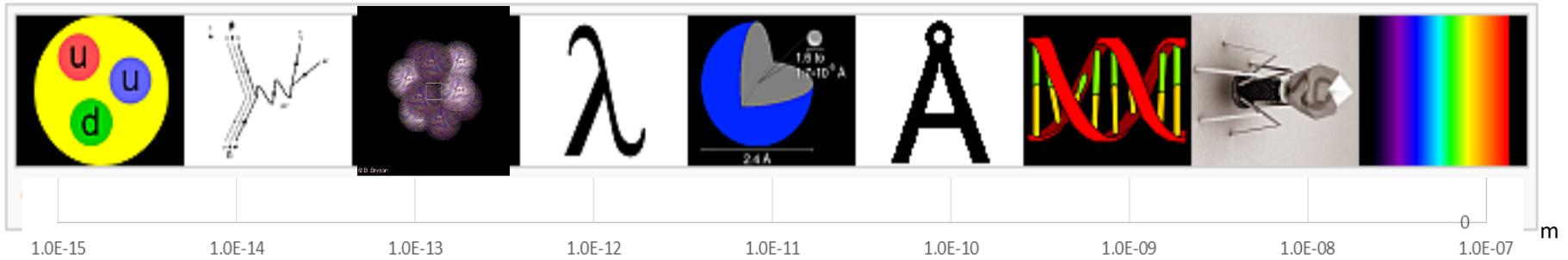
Grandeza	Nome	Símbolo	Unidades básicas
Força	Newton	N	$\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$
Energia	Joule	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$
Potência	Watt	W	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3$
Carga elétrica	Coulomb	C	$\text{A} \cdot \text{s}$
Potencial elétrico	Volt	V	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{A} \cdot \text{s}^3$
Resistência elétrica	Ohm	Ω	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{A}^2 \cdot \text{s}^3$
Indução magnética	Tesla	T	$\text{kg} / \text{A} \cdot \text{s}^2$

Medidas: Ordem de grandeza

- Para uma mesma dimensão – avaliações estimadas que representam a quantidade em cada situação
- É a potência de 10 que melhor representa o valor típico da dimensão em questão, acompanhado de sua unidade

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

Ordems de grandeza: Comprimento



Medidas

- Perguntas importantes a respeito 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?
- Toda medida é sujeita a imperfeições e limitações, quer seja do experimentador, quer seja do equipamento.
- Isso implica que os resultados experimentais sempre estão sujeitos a **erros**.

Medidas



Medidas tem mesma grau de confiabilidade?

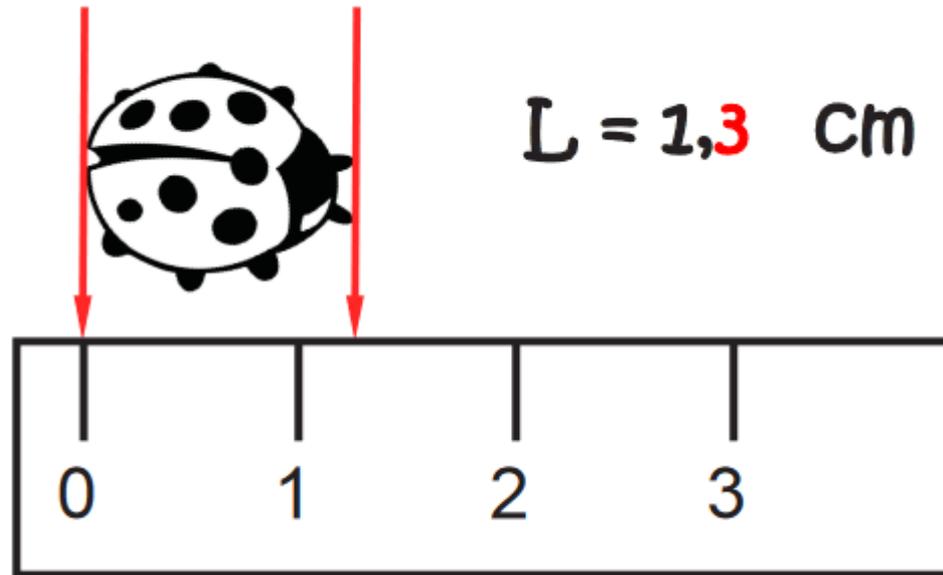
Medidas são coerentes?

Como fazer a leitura de uma medida



Como fazer a leitura de uma medida

- Podemos escolher instrumentos com maior ou menor precisão:



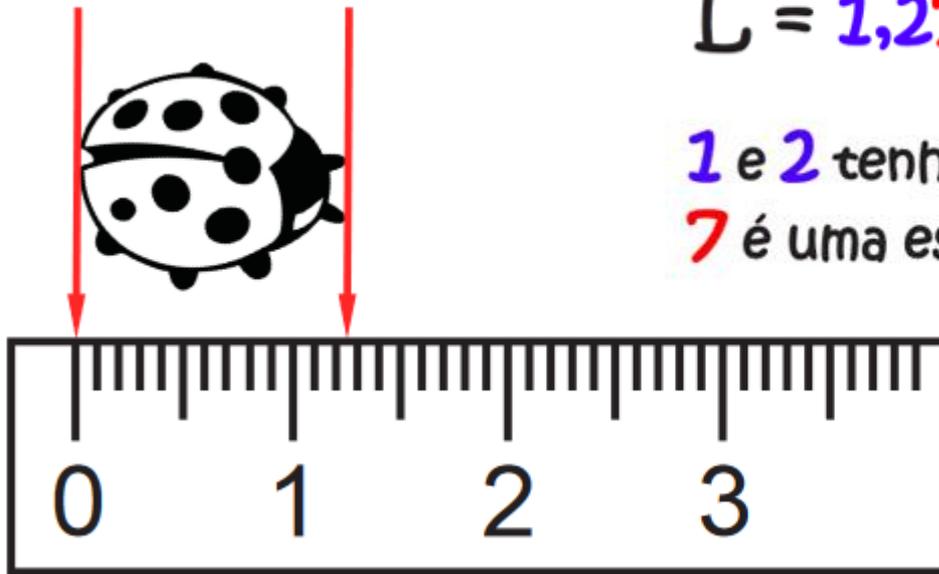
- A cada medida repetida, ou cada experimentador diferente que realizar a medida ou cada instrumento diferente que usarmos, o resultado da medida pode ser diferente !

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.
 - limitações intrínsecas e inevitáveis dos nossos instrumentos e técnicas de medida.
- A possibilidade de haver erros é que dá origem à **incerteza** de uma medida.

Representação dos resultados de uma medida

- A representação dos resultados deve dizer qual o valor medido e qual sua incerteza (*estimativa do erro*)



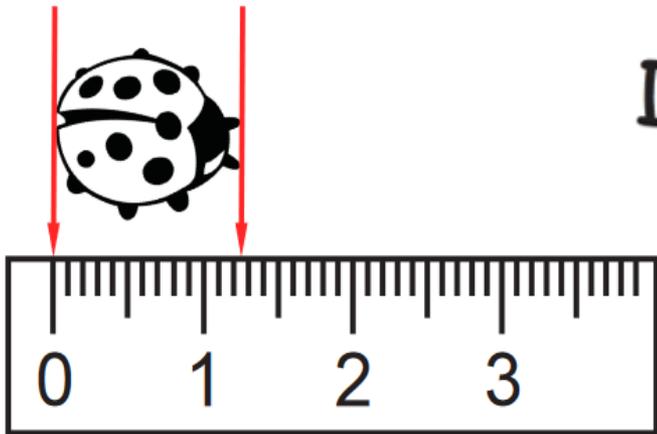
$$L = 1,27 \pm 0,05 \text{ cm}$$

1 e 2 tenho "certeza"

7 é uma estimativa → duvidoso

Representação dos resultados de uma medida

- Como avaliar a incerteza?
 - Devemos considerar:
 - a dificuldade de leitura
 - a imprecisão do equipamento.



$$L = 1,27 \pm 0,05 \text{ cm}$$

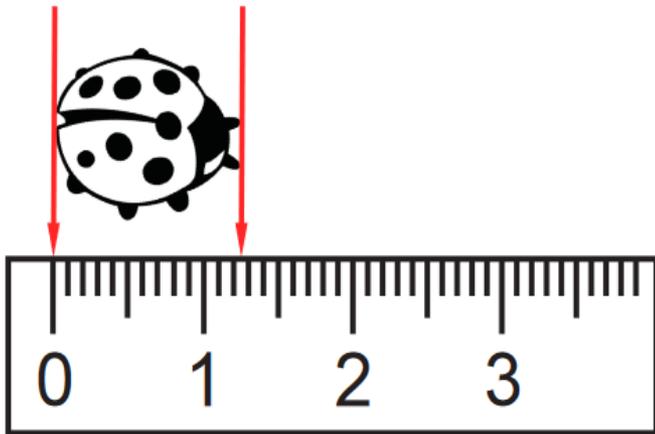
Régua: metade da menor divisão

(1 mm ÷ 2 = 0,5 mm = 0,05 cm)

Representação dos resultados: algarismos significativos

- Algarismos usados para representar o valor de uma medida.
 - Transmitem todas (e apenas) as informações relevantes:
 - todos os algarismos que tenho certeza + o primeiro duvidoso

$$L = 1,27 \pm 0,05 \text{ cm}$$



- Os algarismos 1, 2 e 7 são os algarismos significativos do valor da medida, sendo 7 o algarismo duvidoso;
- E 5 é o único algarismo significativo da incerteza.

Representação dos resultados: algarismos significativos

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

$L = 2,74 \pm 0,05 \text{ cm} \rightarrow 3$ algarismos significativos na medida

$v = 4,1 \pm 0,2 \text{ m/s} \rightarrow 2$ algarismos significativos na medida

$A = 0,0127 \pm 0,0008 \text{ km}^2 \rightarrow 3$ algarismos significativos na medida

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

Representação dos resultados: algarismos significativos

- Regra geral:

- 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 ?

Representação dos resultados: algarismos significativos

- Algarismos significativos : **zeros**
 - Zeros à esquerda **NÃO SÃO SIGNIFICATIVOS** e podem ser eliminados com mudança de unidade:

$$0,020 \pm 0,07 \text{ m} = 20 \pm 7 \text{ cm}$$

- Zeros à direita refletem **A PRECISÃO DA MEDIDA**, por isso é preciso avaliar o número de significativos da incerteza:

$$L = 6,000 \pm 0,005 \text{ cm}$$

Representação dos resultados: algarismos significativos

- Algarismos significativos: **Arredondamento**

- Se o primeiro algarismo não significativo for:

- $< 5 \rightarrow$ arredondamento para baixo

$$2,354 \pm 0,05 \text{ cm} = 2,35 + 0,05 \text{ cm}$$

- $\geq 5 \rightarrow$ arredondamento para cima

$$2,356 \pm 0,05 \text{ cm} = 2,36 + 0,05 \text{ cm}$$

Os algarismos não-significativos são sempre eliminados

Representação dos resultados: algarismos significativos

- Algarismos significativos: Operações

- Adição e Subtração

- Resultados devem ser escritos até a posição correspondente a posição do algarismo duvidoso de maior valor absoluto

- Multiplicação e Divisão

- Resultados devem ser escritos com o mesmo número de significativos do componente com menor número de significativos

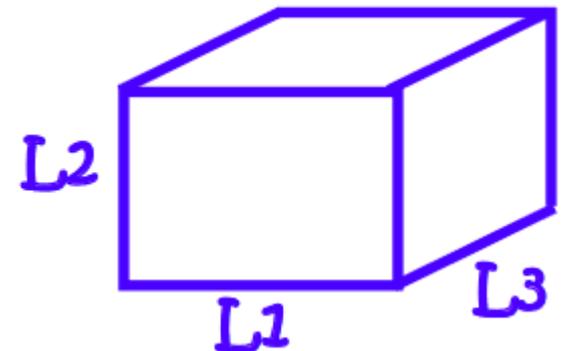
$$L_1 = 120,75 \text{ cm}; L_2 = 80 \text{ cm e } V = 5,4 \times 10^5 \text{ cm}^3$$

Adição: $L_1 + L_2 = 120,75 + 80 = 201 \text{ cm}$

Subtração: $L_1 - L_2 = 120,75 - 80 = 41 \text{ cm}$

Multiplicação: Área = $L_1 * L_2 = 120,75 * 80 = 9660 \text{ cm}^2$

Divisão: $L_3 = V/\text{Área} = 5,4 \times 10^5 / 9660 = 56 \text{ cm}$



Exercícios em aula

- Associe o número de algarismos significativos corretos a cada número.
 - a) $12,3 \cdot 10^3$
 - b) 1,325
 - c) 50
 - d) 64,758
- Calcule a soma dos números abaixo e escreva a resposta com o número correto de significativos

$$A = 246.2 ; B = 0.00779$$

Exercícios em aula

- Associe o número de algarismos significativos corretos a cada número.

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| a) $12,3 \cdot 10^3$ | 3 algarismos significativos |
| b) 1,325 | 4 algarismos significativos |
| c) 50 | 2 algarismos significativos |
| d) 64,758 | 5 algarismos significativos |

- Calcule a soma dos números abaixo e escreva a resposta com o número correto de significativos

$$A = 246,2 ; B = 0,00779$$

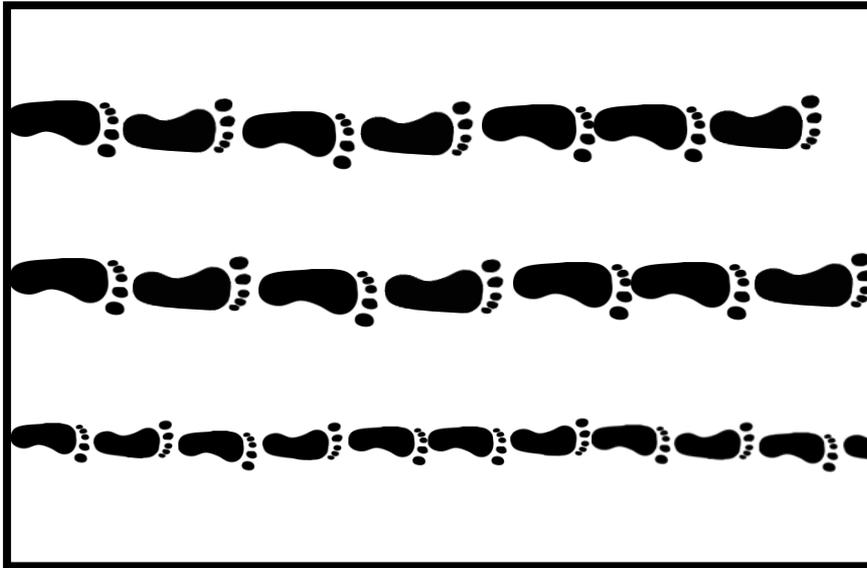
Número correto de algarismos significativos.

$$A+B = 246,2 + 0,00779 = 246,20779 = 246,2$$


Atividade prática

Medidas experimentais:

- 1) Medir as dimensões necessárias para obter a área da sala de aula usando como instrumento de medida seus pés (medidas em pés).



Certeza Duvidoso (chute)

7,3

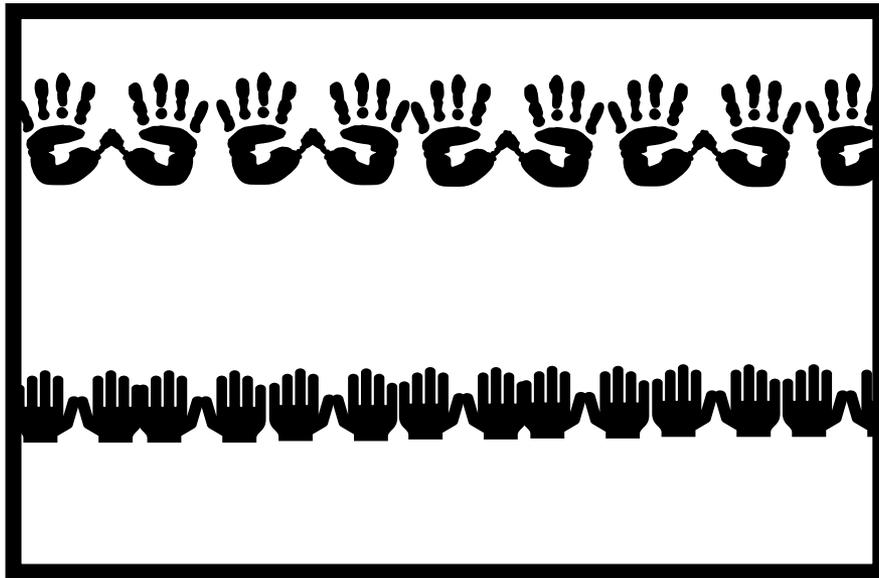
7,0

10,2

- 2) Medir o comprimento do pé usando uma régua ou trena (calibração do seu instrumento de medida)
- 3) Refazer as medidas para obter a área da sala de aula com a trena (medida em metros)

Medidas experimentais:

- 1) Medir as dimensões necessárias para obter a **área da lousa** usando como instrumento de **medida suas mãos** (**medidas em mãos**).



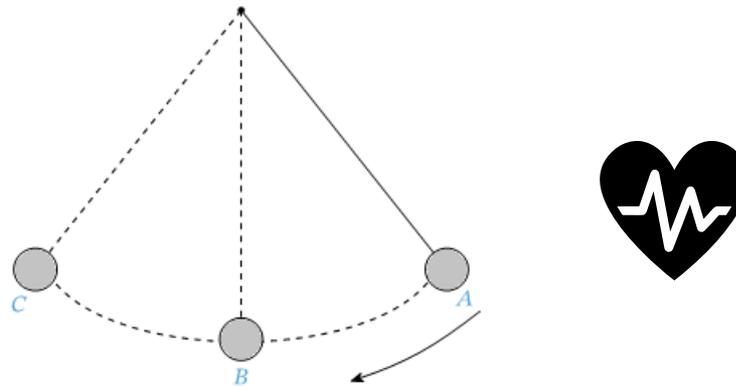
- 2) Medir o comprimento da mão usando uma régua ou trena (**calibração do seu instrumento de medida**)
- 3) Refazer as medidas para obter a **área da lousa** com uma régua ou trena.

Medidas experimentais:

- Medida feita **por cada um** dos integrantes do grupo
- Anotar as medidas no guia (tabelas 7 a 9) e na **planilha de dados** (https://drive.google.com/drive/folders/1KjwxSm-eWm0AoQBpjGQO2BpfPpwsc0Ng?usp=share_link):
 - Resultados da medida das dimensões da sala e da lousa em pés e mãos
 - Resultado da medida do comprimento do pé e da mão (calibração)
 - Resultado da medida com a trena ou régua

Medidas experimentais:

- 7) Medir o tempo para dez oscilações de um pêndulo simples usando como instrumento de medida **seus batimentos cardíacos** (medidas em batimentos cardíacos).



- 7) Medir a quantidade de batimentos cardíacos em um minuto (**calibração do seu instrumento de medida**)
- 8) Repetir a medida utilizando um **cronômetro** (medidas em segundos)
- Medida feita **por cada um** dos integrantes do grupo
 - Anotar as medidas no guia (tabelas 7 a 9) e na planilha de dados.

Análise dos Dados

- Calcular para cada integrante do grupo:
 - Área da sala
 - Usando unidades primárias (pés) + valores calibrados (m)
 - Usando unidades primárias (m)
 - Área da lousa
 - Usando unidades primárias (palmos) + valores calibrados (m)
 - Usando unidades primárias (m)
 - Tempo de oscilação do pêndulo (1 oscilação)
 - Usando unidades primárias (bc) + valores calibrados (seg)
 - Usando unidades primárias (seg)
- Comparar os valores obtidos para cada integrante

Resumo da aula de hoje:

- Definições:

- Medidas – limitadas devido a:

- características da própria grandeza sendo medida.
 - instrumentos e técnicas de medida.

- Erro = *valor verdadeiro - valor medido*

pode-se afirmar que toda medida experimental apresenta um erro, que precisa ser estimado e compreendido.

- Incerteza = *estimativa estatística do valor do erro*

Para a próxima aula (24/03):

- Entrega do Guia 1.1 (um por grupo)
- No e-disciplinas:
 - Exercício individual (até as 18:59 hs do dia 24/03)
 - Ler o texto (aba materiais didáticos/arquivos 2023):
 - Resumo_SI.pdf