

Introdução às Medidas em Física

4300152

1ª Aula (17/03/2023)

Licenciatura IME – Turma 2023142

Ricardo Andrade Terini

rterini@if.usp.br

Bloco F – Conjunto Alessandro Volta – sl. 105

Agradecimentos aos profs. Nemitala Added e Elisabeth M. Yoshimura por cederem apresentações que serviram de inspiração para esta.

IMF - AULA 1

1

Agenda de hoje

Informações gerais da disciplina:

- A disciplina
- Objetivos
- Atividades; cronograma
- Critérios de Aprovação
- Site da Disciplina: material didático e informações

Experiência 01: Introdução aos conceitos de física experimental

IMF - AULA 1

2

A Disciplina

Obj.: 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 sua propagação
- Sistematizar o armazenamento de dados através de tabelas
- Analisar dados experimentais por meio da utilização de gráficos
- Discutir criticamente os resultados obtidos

IMF - AULA 1

3

Programa da disciplina

(conceitos básicos e experimentos)

- **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**

IMF - AULA 1

4

Cronograma de IMF

(todas as turmas)

Calendário USP: início 13/03/23 término: 15/07/23

Mês	5as.	6as.	Experiência	Mês	5as.	6as.	Experiência
Março	16	17	Exp 1.1	Maio	18	19	P1
	23	24	Exp 1.2		25	26	Exp. 5.1
	30	31	Exp 2.1	Junho	1	2	Exp. 5.2
Abril	6	7	Sem aula Semana Santa		8	9	Sem aula Corpus Christi
	13	14	Exp 2.2		15	16	Exp. 6
	20	21	Sem aula - Tiradentes (21)		22	23	Exp. 7.1
	27	28	Exp 3	29	30	Exp. 7.2	
Maio	4	5	Exp 4.1	Julho	6	7	P2
	11	12	Exp 4.2				

IMF - AULA 1

Cronograma IMF Licenciatura IME - 2023

**(6as. Feiras –
Manhã - T42)**

- Aulas semanais
- 8:00 – 12:00 h.
- Grupos de 2 ou 3 alunos

Datas	Sextas-feiras Manhã e Noite – Exp.	Guias / Relat.
17/03	1.1- Calibração de Medidas e Pêndulo Simples	
24/03	1.2- Calibração de Medidas e Pêndulo Simples	Guia 1.1
31/03	2.1- Densidade de sólidos	Guia 1.2
SEM AULA	07/04	SEMANA SANTA
14/04	2.2- Densidade de sólidos	Guia 2.1
SEM AULA	21/04	TIRADENTES
28/04	3- Distância focal de uma lente	Guia 2.2
05/05	4.1- Queda livre	Guia 3
12/05	4.2- Queda livre	Guia 4.1
19/05	Prova 1	Guia 4.2
26/05	5.1- Curvas características	
02/06	5.2- Curvas características	
SEM AULA	09/06	Corpus Christi
16/06	6- Resfriamento de um líquido	Relat. 5
23/06	7.1- Cordas vibrantes	Relat. 6
30/06	7.2- Cordas vibrantes	Relat. 7.1
07/07	Prova 2	Relat. 7.2
SEM AULA	14/07	

IMF - AULA 1

Atividades		
Datas	6as.- Manhã e Noite – Exp.	Guias / Relat.
17/03	Aula 1 – Exp. 1.1	
24/03	Aula 2 – Exp. 1.2	Guia 1.1
31/03	Aula 3 – Exp. 2.1	Guia 1.2
SEM AULA	07/04	SEMANA SANTA
14/04	Aula 4 – Exp. 2.2	Guia 2.1
SEM AULA	21/04	TIRADENTES
28/04	Aula 5 – Exp. 3	Guia 2.2
05/05	Aula 6 – Exp. 4.1	Guia 3
12/05	Aula 7 – Exp. 4.2	Guia 4.1
19/05	Prova 1	Guia 4.2
26/05	Aula 8 – Exp. 5.1	
02/06	Aula 9 – Exp. 5.2	
SEM AULA	09/06	Corpus Christi
16/06	Aula 10 – Exp. 6	Relat. 5
23/06	Aula 11 – Exp. 7.1	Relat. 6
30/06	Aula 12 – Exp. 7.2	Relat. 7.1
07/07	Prova 2	Relat. 7.2
SEM AULA	14/07	

Experimentos (7 ao todo)

Atividades

- Experimentos em sala de aula (grupo) (com entrega dos dados experimentais obtidos no final de cada aula)
- Exercícios (individual):
 - em sala (sem nota, online)
 - pelo e-Disciplinas (com nota, corrigidos automaticamente; pode ser repetido dentro do prazo)
- Guias/relatórios – entrega ~1 semana (com nota, em grupo)

Provas (Avaliação Individualizada)

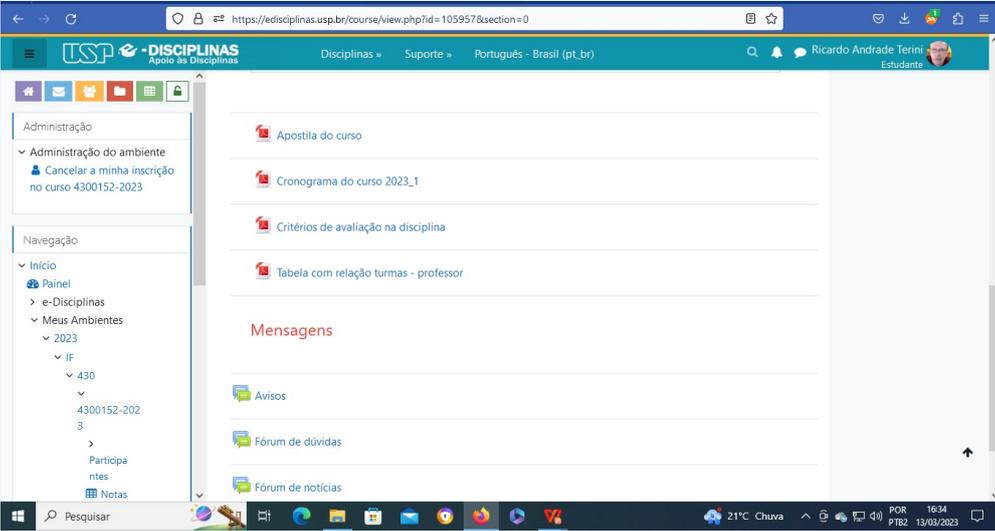
Prova 1 – Experiências 1 a 4

Prova 2 – Todos os experimentos

IMF - AULA 1

Material Didático e outras informações	
Moodle – USP – e-Disciplinas	
http://edisciplinas.usp.br/	
Apostila de IMF, tópicos do curso, manuais	
Exercícios <i>on-line</i> obrigatórios, exercícios de apoio	
Área dos grupos com arquivos importantes de cada turma	
Ambiente de discussão/comunicação/dúvidas	
Importante: Todo informe aos alunos será feito nesse ambiente	

IMF - AULA 1



The screenshot shows the 'DISCIPLINAS' web portal. The navigation menu on the left includes 'Administração', 'Navegação', and 'Início'. Under 'Administração do ambiente', there is a link to 'Cancelar a minha inscrição no curso 4300152-2023'. The main content area lists course materials: 'Apostila do curso', 'Cronograma do curso 2023_1', 'Critérios de avaliação na disciplina', and 'Tabela com relação turmas - professor'. Below this is a 'Mensagens' section with links for 'Avisos', 'Fórum de dúvidas', and 'Fórum de notícias'. The browser address bar shows 'https://disciplinas.usp.br/course/view.php?id=105957§ion=0'. The system tray at the bottom indicates the date as 13/03/2023 and the time as 16:34.

Importante: Todo informe aos alunos será feito nesse ambiente

9

IMF - AULA 1

Referências para a aula de hoje:

Apostila do curso (página principal do e-disciplinas):

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.

Conceitos Básicos da Teoria de Erros
(texto, aba *Material Didático / Arquivos 2023*)

Capítulo 1: Expressão de Medições Experimentais



Monitoria 2023_1

1. **Monitora:** [Isabella Yumi Hirose](#) (e-mail: 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](#)).

2. **Monitor:** [Guilherme Maceno Sales](#) (e-mail: 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](#)).

Opção: Postar dúvidas no “Fórum de dúvidas”

Objetivos da Disciplina - IMF

- **Vivenciar a atividade experimental** (medições e tomada 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.**

Frequência

No máximo 4 Faltas

- Controle da frequência: por meio de **listas de presença** durante as aulas. Problemas pessoais que impeçam o comparecimento à aula ou justifiquem eventuais atrasos devem ser relatados ao professor da disciplina para serem analisados.
- Alunos com falta **não são elegíveis para receber a nota integral do relatório / guia**:
 - **1 falta** em experimento de 2 aulas - **50% nota relatório/guia**
 - **2 faltas** em experimento de 2 aulas - **0% nota relatório/guia**
 - **1 falta** em experimento de 1 aula - **0% nota relatório/guia**
- **Não há aula de reposição / Atraso máximo: 15 minutos**

Gravíssimo

Relatórios / guias duplicados, “clonados”, cópias de anos anteriores.....

Consequência: **Nota Zero** nesta situação....

Sem direito a substituição

Cálculo da média M

• Média das provas: $M_p = (P_1 + 2 * P_2) / 3$

• Média das atividades: $M_R = (\sum R_i - R_{\min}) / 6$

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

Nota atividade (R_i): exercícios on-line (individual – Moodle-USP)
+ guias/relatórios (grupo - casa)

• **Média final** - Condições:

Se $M_p \geq 3$ e $M_R \geq 5$: $M_F = (4 * P + 6 * R) / 10$

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

Se $M_p < 3$ e $M_R < 5$: $M_F = M_p$

Se $M_F \geq 5$ (e frequência suf.): **Aprovado**

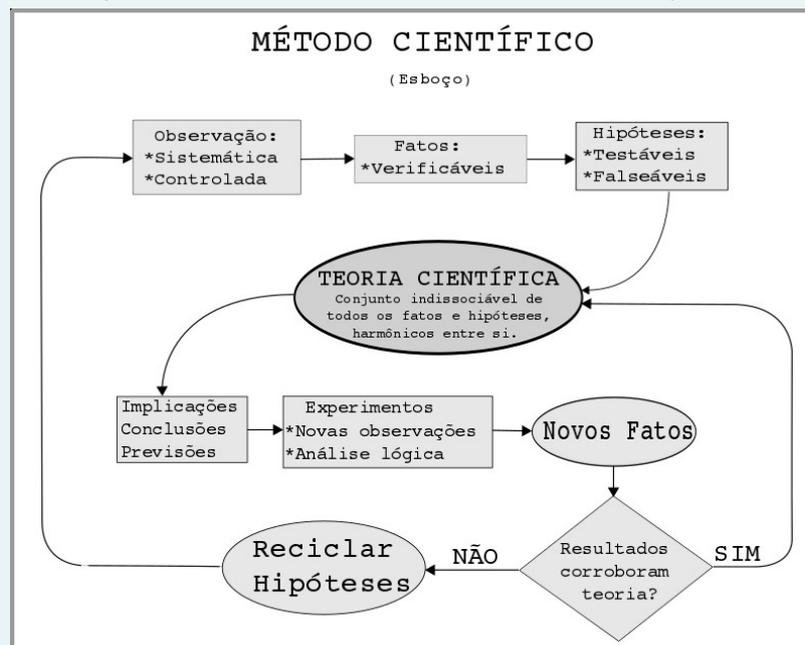
Então, vamos começar...

IMF - AULA 1

15

Experiência 01

Introdução aos conceitos de física experimental



IMF - AULA 1

16

Ordem de grandeza

Como ter uma idéia quantitativa do valor de uma quantidade ?

- Quantos *km* há entre a Terra e o Sol?
- Quantos segundos há em *1 semana*?



Para uma mesma grandeza, podemos ter, inicialmente:

– **avaliações estimadas** que representam a quantidade em cada situação –

Ordem de grandeza

É a **potência de 10** que melhor representa o valor típico da dimensão em questão, *acompanhado de sua unidade*

IMF - AULA 1

17

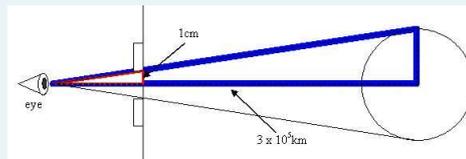


18

Ordem de grandeza

- Justificativa: Para uma dada dimensão, nem sempre é possível **medir diretamente** (com um **instrumento adequado**) o objeto de estudo.

✓ Usa-se, então, **medidas indiretas**.



Quanto vale o Diâmetro da Terra ?

- Para representar valores medidos *direta* ou *indiretamente*, pode ser necessário usar **potências de 10**, ou **unidades distintas**, ou **prefixos**.

Ex.: 15.000.000 g - 15×10^6 g - 15×10^3 kg - 15 ton

IMF - AULA 1 1.200.000 cm - 12×10^3 m - 12 km

19

O que é uma medida?

- Nossos **sentidos** nos proporcionam **avaliações qualitativas** de determinadas grandezas: **quente / frio; pesado / leve; maior / menor**.
- Medir significa **quantificar** uma grandeza **com relação a algum padrão** tomado como **unidade**.
- Ex.: Ao medir o tamanho de um objeto com uma **régua**, estamos **comparando a marcação calibrada da régua com o objeto sendo medido**.
- O **padrão** pode ser particular, local ou internacional.
- Em Ciência, usam-se **padrões internacionais**, com rastreabilidade.



20

IMF - AULA 1

Sistema Internacional (SI)

Definição de valores padrão, representação usada internacionalmente (*desde 1960*)...

- Unidades de base
 - m (metro)
 - kg (quilograma)
 - s (segundo)
 - A (ampere)
 - K (kelvin)
 - mol (mol)
 - cd (candela)
- Unidades derivadas
 - N (newton)
 - J (joule)
 - W (watt)
 - C (coulomb)
 - V (volt)
 - Ω (ohm)
 - T (tesla)....

IMF - AULA 1

21

Sistema Internacional (SI)

Tabela 5 - Prefixos SI

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	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, 2023, disponível em

http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pdf/resumo_si.pdf

IMF - AULA 1

22

Caracterização de uma medida

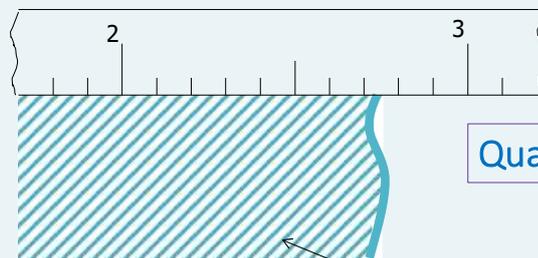
Se **eu** repetir várias vezes uma determinada medida, vou obter sempre o **mesmo resultado**?

E se um **outro experimentador** repetir a medida?

E se eu repetir a medida com **outro instrumento**?

- É com conceitos deste tipo que vamos trabalhar neste experimento e em outros desta disciplina.

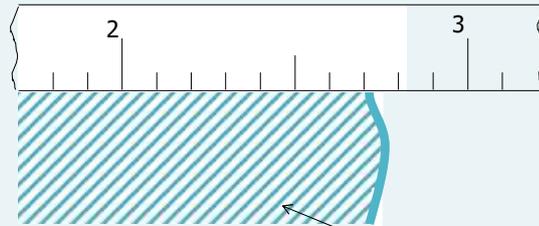
Características de uma medida



Qual a sua Leitura ?

Nem sempre o objeto da medida é bem definido

Características de uma medida



Nem sempre o objeto da medida é bem definido

IMF - AULA 1

25

Características de uma medida



Qual a sua Leitura ?

O instrumento de medida tem uma *escala* com **número limitado de divisões**

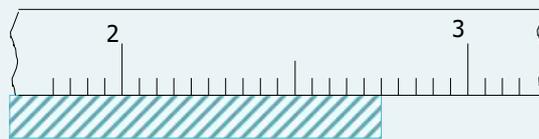
IMF - AULA 1

26

Características de uma medida



Qual a sua Leitura ?



Quanto maior o número de divisões da escala do instrumento, maior a precisão da medida.

27

IMF - AULA 1

Características de uma medida

- Assim, a cada **medida repetida...**
...ou a cada **experimentador diferente** que realizar a medida,
...ou para cada **instrumento diferente** que usarmos,
.....**o resultado da medida pode ser diferente!!**
- **Mas, o que isso significa ?**
 - Mesmo supondo que exista 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** a ser medida ou a **limitações** intrínsecas e inevitáveis **dos instrumentos e técnicas** de medida utilizados.

28

IMF - AULA 1

Conceitos envolvidos em uma medida experimental

Definindo:

Desconhecido...

- **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*

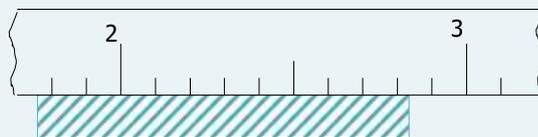
IMF - AULA 1

29

Representação Numérica

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

(Valor ± incerteza) (cm)



(2,80) cm

tenho "certeza"

estou em "dúvida" sobre esse algarismo

IMF - AULA 1

30

Representação Numérica

Como avaliar o alg. duvidoso e a incerteza?

Deve-se considerar a dificuldade de leitura e a *imprecisão* do equipamento



(2,83) cm

tenho "certeza"

estou em "dúvida"

Fazer a melhor avaliação possível do algarismo "duvidoso".

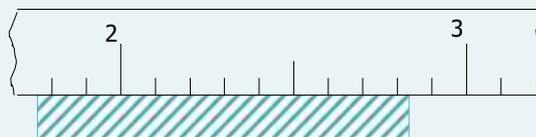
IMF - AULA 1

31

Representação Numérica

Como avaliar a incerteza?

Considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento



(2,83 ± ???) cm

tenho "certeza"

estou em "dúvida"

Fazer a melhor avaliação possível do algarismo "duvidoso".

Falta avaliar o "tamanho" da dúvida (= *incerteza*).

IMF - AULA 1

32

Representação Numérica

Como avaliar a incerteza? (Valor \pm incerteza)

Considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento



$(2,83 \pm 0,05)$ cm

incerteza

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

Fazer a melhor avaliação possível do algarismo “duvidoso”

Avaliar o “tamanho” da dúvida.

33

IMF - AULA 1

Representação Numérica

Algarismos Significativos

Ao conjunto de **algarismos certos** + o **algarismo duvidoso** de uma medida damos o nome de **ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS**.



$(2,83 \pm 0,05)$ cm

Neste caso são 3 algarismos significativos

O número de **algarismos significativos** de uma medida depende da precisão do instrumento usado na medição.

34

IMF - AULA 1

Algarismos significativos

São algarismos usados para representar um valor medido:

A *quantidade* define a **confiabilidade** e a **precisão** da medida.

- Exemplos de *resultados* escritos com os algarismos corretos:

345 m 1200,0 cm 0,0004 kg 43 s 12,45 g

- Para esses casos, a quantidade de **algarismos significativos** é:

3 5 1 2 4

$$\longrightarrow \quad 1200,0 \neq 12 \times 10^2 \quad \quad \quad 0,0004 = 4 \times 10^{-4}$$

$$1200,0 = 12,000 \times 10^2$$

Para contar o número de algarismos significativos de um valor, inicia-se da esquerda para a direita, pelo primeiro algarismo não nulo.

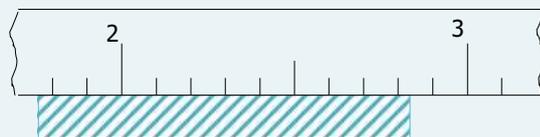
Algarismo significativo de um número pode ser entendido como *cada algarismo* que individualmente tem algum significado físico.

IMF - AULA 1

35

Algarismos Significativos em uma medida

Ao conjunto de algarismos certos e algarismo duvidoso de uma medida damos o nome de ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS.



(2,83 ± 0,05) cm

Neste caso são 3 algarismos significativos no resultado:

- 2 e 8: algarismos corretos; 3: algarismo duvidoso
- 5: único algarismo significativo da incerteza.

IMF - AULA 1

36

Algarismos Significativos em uma medida

Regra geral:

- Só faz sentido colocar **um** (em alguns casos, *dois*) **algarismo significativo** na incerteza.
- A incerteza é que determina o número de algarismos significativos da medida.

Forma correta: $(2,83 \pm 0,05)$ cm

Faria sentido dizer que o resultado dessa medida foi $(2,836 \pm 0,050)$ cm ?

- isto é: Deve-se estimar mais de um algarismo duvidoso no valor da medida ?...

IMF - AULA 1

37



Resumindo: 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**
 - Escolher uma escala simples
 - Duas escalas (às vezes): *principal* e auxiliar (nônio ou vernier)



39

IMF - AULA 1



Medindo...

Ex.: **Régua** - mede distâncias lineares, comprimentos (analogicamente)

Fundo de escala = 10 cm

Resolução (menor divisão da escala) = 0,2 cm ou 2 mm

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

Para realizar a medida:

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

duvidoso

Avaliar o algarismo duvidoso faz parte da realização da medida. É tarefa do experimentador

40

IMF - AULA 1

Cálculos com algarismos significativos

1. Soma ou diferença:

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

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

duvidoso

2. Multiplicação ou divisão:

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

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

usar
potências
de 10

IMF - AULA 1

41

Algarismos significativos - Arredondamento

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

P. ex. área de um círculo de raio 1 cm: $S = 3,1415926535 \text{ cm}^2$

$$3 \text{ sig} \rightarrow 3,14 \text{ cm}^2$$

$$5 \text{ sig} \rightarrow 3,1416 \text{ cm}^2$$

Regra de arredondamento:

- adiciona-se uma unidade ao último algarismo significativo, se o valor do *algarismo seguinte for igual ou maior que 5*;

- em caso contrário, mantém-se o mesmo valor.

$$\begin{array}{l}
 2,34999 \\
 \uparrow\uparrow \\
 \begin{array}{l}
 \rightarrow 3 \text{ sig} \rightarrow 2,35 \\
 \rightarrow 2 \text{ sig} \rightarrow 2,3
 \end{array}
 \end{array}$$

IMF - AULA 1

42

Exercícios em sala

Exercício em sala de aula

43

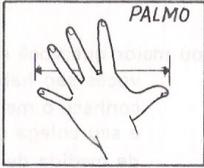
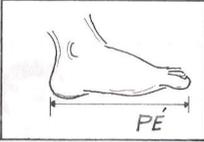
IMF - AULA 1

Medidas experimentais

(aula de hoje - cumprimentos)

Enviar os dados para mim:
rterini@if.usp.br

1. Medir as **dimensões** necessárias para obter a **área da sala e da lousa**, primeiramente **usando pés e palmos** (sem usar outro instrumento) e depois usando **régua ou trena**.
2. Calcular as respectivas **áreas**, escrevendo o resultado final com o **número correto de algarismos significativos**.
3. Medir o **tempo para dez oscilações** de um pêndulo simples, **primeiramente usando o número de batimentos cardíacos** e, depois, usando um **cronômetro**.


44

IMF - AULA 1

Medida do Período de um pêndulo

(aula de hoje - tempo)

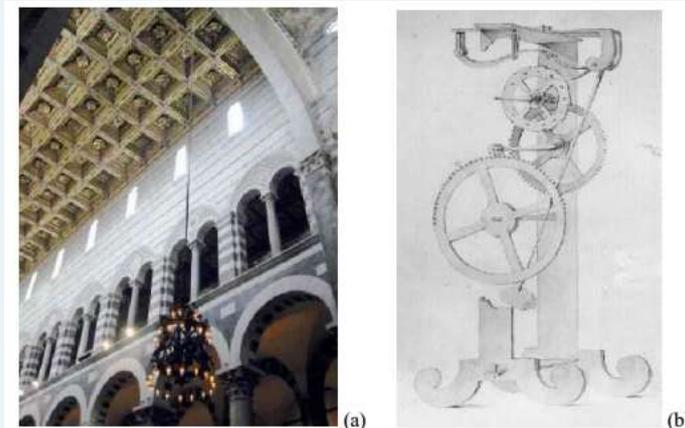


Figura 2.1 - (a) candelabro na Catedral de Pisa. (b) relógio de pêndulo concebido por Galileu.

IMF - AULA 1

45

Enviar os dados para mim:
rterini@if.usp.br

Análise dos Dados – Guia 1.1 – (Aula de hoje)

- Preencher as **tabelas** com os dados coletados por **todos os colegas do grupo**.
- Comparar os valores de **área da lousa**, **área da sala** e **tempo de oscilação do pêndulo** obtidos usando unidades não convencionais.
- Normalizar as medidas e cálculos, **calibrando seu instrumento de medida** (*comparação com padrão*) - Reescrever os valores com unidades conhecidas.
- Comparar novamente os valores.

IMF - AULA 1

46

Para a próxima aula (24/03):

✓ Entrega do **Guia 1.1** completo (um por grupo)

✓ No Moodle:

- Exercício **individual** (até as 6:30hs do dia 24/03)

- Ler o texto (aba materiais didáticos/arquivos 2023):

[Resumo_SI.pdf](#)

- Ler o *Guia 1.2*

Ricardo A. Terini

rterini@if.usp.br

Bloco F – Conj. Alessandro Volta – sl. 105