

Física Experimental I

Bacharelado em Química

Aula 01

**Grandezas, algarismos
significativos e incertezas**

Prof. Henrique Antonio Mendonça Faria

henrique.faria@unesp.br

Introdução

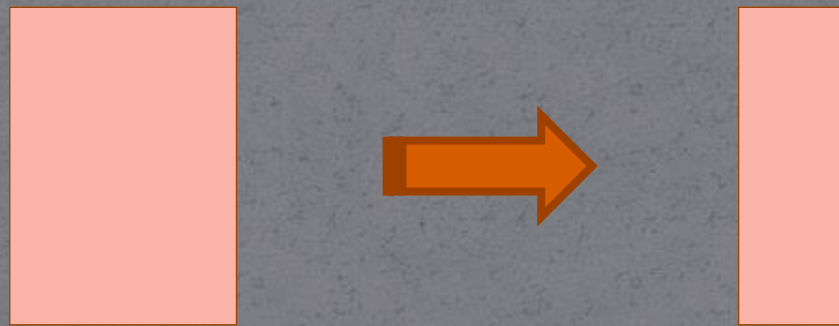
- A ciência desenvolve modelos com base em um conjunto de observações;
- Dados similares são obtidos ao se reproduzir dois experimentos nas mesmas condições.

Como interpretar o resultado?

- Dois experimentos irão fornecer dados numéricos dentro de uma faixa, definida por uma incerteza;
- As ferramentas matemáticas irão garantir que a medida mais provável para o experimento estará dentro desta faixa de incertezas.

Exemplo: medida de comprimento

- Temos três instrumentos de medida e medimos a largura de um folha de papel A4 dobrada;



- A tabela a seguir relaciona as divisões de escala de cada instrumento e os resultados das medidas.

Medida da largura do papel A4

Instrumento	menor divisão da escala	Precisão	Resultado
Régua metálica	mm (10^{-3} m)	mm	10,52 cm
Trena	mm (10^{-2} m)	mm	10,50 cm
Paquímetro	mm/100 (10^{-5} m)	0,02 mm	105,28 mm

A medida da régua metálica indica:

comprimento = 10,52 cm

Três algarismos precisos
(medidos)

Algarismo duvidoso
(estimado)

- Os algarismos que compõem a medida de uma grandeza são chamados significativos;
- A medida do papel A4 com a régua metálica (**10,52 cm**) tem quatro algarismos significativos;
- Enquanto a medida realizada com o paquímetro (**10,528 cm**) tem cinco algarismos significativos.

Para um conjunto de medidas

$$\textit{Largura} = (L \pm \Delta L) \textit{ cm}$$



**Valor
Provável**

Incerteza

Grandeza

- “Propriedade de um fenômeno, de um corpo ou de uma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma de um número e de uma referência”
(Vocabulário Internacional de Metrologia)
- “Atributo de um fenômeno, corpo ou substância que pode ser distinguido qualitativamente e determinado quantitativamente.” (Vuolo)

Medição

“Conjunto de operações que têm por objetivo determinar o valor de um grandeza.” (Vuolo)

Medição

Medição Direta: leitura da magnitude de uma grandeza utilizando instrumento devidamente calibrado;

Ex. altura e largura de uma folha de papel

Medição Indireta: Resultante de uma relação matemática de grandezas medidas diretamente.

Ex. Área da folha de papel

Unidade

- “Referência que serve de comparação entre grandezas de mesma espécie.” (Houaiss)

Exemplo

Largura desta sala: 6 metros



unidade

Grandeza e unidades

- Para que a medida tenha significado a grandeza deverá vir acompanhada de uma unidade:



- Tempo (segundos, minutos, horas).



- Comprimento (centímetros, metros).



- Massa (gramas, quilogramas).

Sistema Internacional de unidades (SI)

- Conjunto de grandezas fundamentais;
- Definidas por padrões universais;
- Usado para dimensionar um conjunto de medições em um experimento;

BASE UNITS



Sete unidades fundamentais do SI

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

Grandezas derivadas são expressas em termos das grandezas fundamentais do SI

Velocidade: metro por segundo [m/s];

Energia: [kg.m²/s²] = [J];

Concentração: - massa por volume [kg/m³];
- quantidade de substância por volume [mol/L].

Submúltiplos e múltiplos

	Prefixo	Símbolo	Potência de dez
Submúltiplos	centi	c	10^{-2}
	mili	m	10^{-3}
	micro	μ	10^{-6}
	nano	n	10^{-9}
	pico	p	10^{-12}
Múltiplos	quilo	k	10^3
	mega	M	10^6
	giga	G	10^9
	tera	T	10^{12}

Padrões no SI

Ao medirmos uma grandeza, comparamos a unidade básica com um padrão reprodutível:

Comprimento (m): o metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo;

Massa (kg): cilindro de platina iridiada (até nov/2018).
- Função da constante de Planck (h)

Conversão de unidades

- Em muitas situações do cotidiano observamos as grandezas em outro sistema de unidades;
- A conversão entre sistemas deverá ser feita pela relação entre as unidades básicas;
- Quando temos dados numéricos pode-se utilizar calculadoras de conversão.

<http://www.unitconverters.net/>

Precisão e Exatidão

Números

Número exato: não apresentam incerteza;

Ex. no de colegas na sala; no de cadeiras

Número aproximado: não se conhece com exatidão o real valor da grandeza.

Ex. medida da temperatura da sala

Jogo de Dardos

- Jogador A



- Jogador B





Precisão



Exatidão



Precisão

- Grau de concordância entre diversos resultados.



Exatidão

- Grau de concordância entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro.



Precisão na medição

- Um instrumento de medida apresenta uma escala com divisões mínimas;
- As divisões indicam a precisão da medida;

Algarismos significativos

Precisão e algarismos significativos

- A forma conveniente para expressar a precisão de um número é por meio dos algarismos significativos;
- Quanto maior for a quantidade de algarismos significativos maior será a sua precisão;

Os zeros nos Algarismos Significativos

- Zeros à esquerda não são contados como significativos:

Ex.: 22,7 cm = 0,227 m (três significativos)

- Mas os zeros à direita serão significativos:

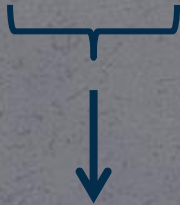
Ex.: 22,70 cm = 0,2270 m (quatro significativos)

Potência de dez

- O número de significativos é determinado pelo coeficiente:

Ex.: $9,2 \times 10^3 = 9200$ (dois significativos)

Ex.: $3,400 \times 10^3 = 3400 \text{ m}$ (quatro significativos)



O instrumento de medida permite esta precisão

Teste de conhecimentos

Identifique quantos significativos tem os números

0,5

$3,52 \times 10^3$

50

0,50

$1,6021 \times 10^{-19}$

Exercícios em sala 1

- Executar o que se pede no item 2, subitem 5 da Prática 1.

Operações com algarismos significativos

- **Adição e subtração:** resultado deverá ser expresso com o número de dígitos, após a vírgula, do número com menos dígitos.

2,53

+0,120

2,650

28,5382

– 28,520

0,0182

Operações com algarismos significativos

- **Adição e subtração:** resultado deverá ser expresso com o número de dígitos, após a vírgula, do número com menos dígitos.

$$2,53$$

$$+0,120$$

$$2,650$$



$$2,65$$

$$28,5382$$

$$- 28,520$$

$$0,0182$$



$$0,018$$

Operações com algarismos significativos

- **Multiplicação e divisão:** resultado será expresso com o mesmo número de significativos do termo com menor quantidade de significativos.

4,1432

× 2,3

9,52936

28,5382

÷ 28,520

1,0006381

Operações com algarismos significativos

- **Multiplicação e divisão:** resultado será expresso com o mesmo número de significativos do termo com menor quantidade de significativos.

$\begin{array}{r} 4,1432 \\ \times 2,3 \\ \hline 9,52936 \end{array}$	$\begin{array}{r} 28,5382 \\ \div 28,520 \\ \hline 1,0006381 \end{array}$
\downarrow	\downarrow
$9,5$	$1,0006$

Operações com algarismos significativos

- **Logarítmo**: dígitos após a vírgula será igual ao número de significativos do próprio número no qual se aplica a operação.

$$\log 23,1 = 1,363610 = 1,364$$



Três significativos



Três dígitos após
a vírgula

Arredondamentos

- Se o dígito a ser eliminado é maior que 5, O dígito anterior é aumentado.

Ex.: 5,56 → 5,6

Arredondamentos

- Se o dígito a ser eliminado é **maior que 5**,
O dígito anterior é aumentado.

Ex.: 5,56 → 5,6

- Se o dígito a ser eliminado é **menor que 5**,
O dígito anterior é mantido.

Ex.: 3,34 → 3,3

Arredondamentos

- Se o dígito a ser eliminado é **maior que 5**,
O dígito anterior é aumentado.

Ex.: 5,56 → 5,6

- Se o dígito a ser eliminado é **menor que 5**,
O dígito anterior é mantido.

Ex.: 3,34 → 3,3

- Se o dígito a ser eliminado é **igual a 5**,
O dígito anterior é mantido se par ou vai para o próximo par maior.

Ex.: 5,65 → 5,6

5,75 → 5,8

Exercícios em sala 2

- Executar o que se pede no item 2, **subitem 6** da Prática 1.

Erros e incertezas

Erro

- Dependendo das condições experimentais podemos obter o valor de uma grandeza através de uma ou várias medidas;
- As medidas podem conter erros associados à fatores externos, aos instrumentos, ou à falhas na execução do experimento.

Erro

“Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurado” (Vuolo)

Ex.: medir a largura de uma folha de papel e comparar com a medida fornecida pelo fabricante.

Erro aleatório: provenientes de efeitos inesperados, são imprevisíveis;

Ex. temperatura; umidade

Erro sistemático: originam da calibração incorreta do instrumento, sendo previsíveis.

Ex. balança não zerada; paralaxe (observação)

Erro grosseiro: decorrentes de falhas humanas ou emprego de metodologia inadequada ou tratamento de dados errôneos

Incerteza

“Parâmetro associado ao resultado de uma medição. Caracteriza da dispersão de valores que podem ser atribuídos ao mensurado.” (Vuolo)

Ex.: Trinta colegas medem a massa de uma esfera metálica em uma balança analógica.

Diferença entre erro e incerteza

Erro: o cálculo só é possível se o valor verdadeiro do mensurando for conhecido;

Incerteza: pode ser calculada mesmo não conhecendo ao valor verdadeiro.

A incerteza tem maior significado e aplicabilidade que o erro.

Quanto maior o valor da incerteza menor é a confiabilidade do resultado

Tipos de incerteza

Estatísticas (Tipo A) : obtida por métodos estatísticos;

Ex. média e desvio padrão de um conjunto de medidas.

Não Estatística (Tipo B): incerteza de calibração do instrumento; estimativa da leitura em um instrumento com escala.

Ex. uso de réguas, vidraria graduada.

Propagação de incertezas

Para expressar a incerteza em uma grandeza derivada utilizam-se equações de propagação.

Operação	Cálculo de s_Y
Adição ($Y = a + b \rightarrow Y = \bar{a} + \bar{b} \pm \Delta Y$)	$\Delta Y = \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$
Subtração ($Y = a - b \rightarrow Y = \bar{a} - \bar{b} \pm \Delta Y$)	$\Delta Y = \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$

Fonte: Laboratório de Física I, IQ-Ar, 2019.

a e b : grandezas; \bar{a} e \bar{b} : médias das grandezas;

Δa e Δb : desvio médio das grandezas;

Y : grandeza derivada;

ΔY : desvio médio da grandeza derivada.

Exemplo de propagação de incertezas

$$a = (23,5 \pm 0,1) \quad \rightarrow \quad \bar{a} = 23,5 \quad e \quad \Delta a = 0,1$$

$$b = (17,8 \pm 0,4) \quad \rightarrow \quad \bar{b} = 17,8 \quad e \quad \Delta b = 0,4$$

Calcular $Y = a + b$, com a incerteza.

Exemplo de propagação de incertezas

$$a = (23,5 \pm 0,1) \quad \rightarrow \quad \bar{a} = 23,5 \quad e \quad \Delta a = 0,1$$

$$b = (17,8 \pm 0,4) \quad \rightarrow \quad \bar{b} = 17,8 \quad e \quad \Delta b = 0,4$$

Calcular $Y = a + b$, com a incerteza.

Sabendo que: $Y = \bar{a} + \bar{b} \pm \Delta Y \quad \Delta Y = \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$

Então:

$$\Delta Y = \pm \sqrt{0,1^2 + 0,4^2} = 0,4$$

$$Y = (23,5 + 17,8) \pm 0,4 \quad \mathbf{Y = (41,3 \pm 0,4)}$$

Exercícios em sala 3

- Executar o que se pede no item 2, **subitens 7, 8 e 9** da **Prática 1**.

Próxima aula:

- Estudar: Capítulo 9, livro do Vuolo, p129 a 138;
- Pesquisar sobre o paquímetro e o micrômetro;
- Tratamento quantitativo de incertezas;
- Prática 2 – Instrumentos de Medida.

Bibliografia

1. INSTITUTO DE QUÍMICA. Física Experimental I. Araraquara: Unesp, 2019.



2. VUOLO, J. H.; Fundamentos da Teoria de Erros. 2nd ed., São Paulo: Edgar Blücher Ltda., 1996.



Contatos e material de apoio

profhenriquefaria.com

henrique.faria@unesp.br