

# Aula 1

## Unidades e grandezas

**Física Aplicada à Farmácia**

**Prof. Dr. Henrique A. M. Faria**



# Introdução

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

# Crescimento de bactérias

Cultura A



Cultura B



# Crescimento de bactérias

Cultura A



Cultura B



- Mesmas condições de crescimento;
- B se reproduz 1,05 vezes mais rápido do que A

prof Henrique Faria

# 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.

# Após um dia de reprodução

Cultura A



Cultura B



$$N = 8,69 \cdot 10^{21} \text{ bactérias}$$

$$N = 9,13 \cdot 10^{21} \text{ bactérias}$$

$$N = (8,91 \pm 0,22) \cdot 10^{21} \text{ bactérias}$$

Para os dois experimentos de reprodução em um dia:

$$N = (8,91 \pm 0,22) \cdot 10^{21} \text{ bactérias}$$



**Valor  
Provável**

**Incerteza**

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

# Sete unidades básicas do SI

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

## As grandezas derivadas são expressas em termos das unidades básicas do SI

Exemplos:

**Velocidade:** metro por segundo [m/s];

**Energia:** [kg.m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>] = [J];

**Concentração:** - massa por volume [kg/m<sup>3</sup>];  
- quantidade de substância por volume [mol/L].

## Submúltiplos e múltiplos das unidades básicas

	Prefixo	Símbolo	Potência de dez
<b>Submúltiplos</b>	centi	c	$10^{-2}$
	mili	m	$10^{-3}$
	micro	$\mu$	$10^{-6}$
	nano	n	$10^{-9}$
	pico	p	$10^{-12}$
<b>Múltiplos</b>	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:

**Tempo (s):** o segundo tem a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133;

**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.

Em função da constante de Planck (h)

# BASE UNITS



prof Henrique Faria

# Exemplo

A taxa metabólica  $R$  em animais, quando realizam uma quantidade de trabalho  $W$ , no tempo  $t$ , pode ser escrita como  $R = \frac{W}{\varepsilon t}$ , onde a eficiência  $\varepsilon$  do animal é uma quantidade sem unidades. Escreva as unidades de  $R$  no SI.

# Exemplo

A taxa metabólica  $R$  em animais, quando realizam uma quantidade de trabalho  $W$ , no tempo  $t$ , pode ser escrita como  $R = \frac{W}{\varepsilon t}$ , onde a eficiência  $\varepsilon$  do animal é uma quantidade sem unidades. Escreva as unidades de  $R$  no SI.

$$R = \frac{W}{\varepsilon t}$$

$$\text{mas } W = \text{força} \times \text{distância}: \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} = \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

$$R = \frac{W}{\varepsilon t}: \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{s}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$



# 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/>

*Para o exemplo da taxa metabólica, diária:*

$$W: \left[ \frac{kg \cdot m^2}{s^2} \right] = J(\text{joules}) \quad 1 J = \frac{1}{4,186} \text{ cal (calorias)}$$

$$1 \text{ dia} = 24h = 24 \times 3600 \text{ s} = 86400 \text{ s}$$

$$R: \left[ \frac{J}{s} \right] \Rightarrow X \left[ \frac{\text{cal}}{\text{dia}} \right] \quad 1 \left[ \frac{J}{s} \right] = \frac{1}{4,186} \cdot 86400 = 20,64 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{dia}} \right]$$

$$\text{Se } R = 2000 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{dia}} \right] \Rightarrow R = \frac{2000}{20640} = 96,9 \left[ \frac{J}{s} \right]$$

# Algarismos significativos, precisão e incerteza

- Cada instrumento de medida apresenta uma escala com divisões mínimas;
- As divisões mínimas indicam a precisão da medida;
- Contudo, é possível estimar mais um algarismo, chamado de duvidoso.

## Exemplo: medida de comprimento

- Temos três instrumentos de medida e medimos o comprimento de um barbante, entre marcas azuis;



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

## Medida do comprimento do barbante

Instrumento	menor divisão da escala	Precisão	Resultado
Régua metálica	mm ( $10^{-3}$ m)	mm	22,70 cm
Trena	mm ( $10^{-3}$ m)	mm	22,75 cm
Fita métrica	cm ( $10^{-2}$ m)	cm	22,7 cm

A medida da régua metálica indica:

comprimento = **22,70** cm

Três algarismos precisos  
(medidos)

Algarismo duvidoso  
(estimado)

- Os algarismos que compõem a medida de uma grandeza são chamados significativos;
- A medida do comprimento com a régua metálica (**22,75 cm**) tem quatro algarismos significativos;
- Enquanto a medida realizada com a fita métrica (**22,7 cm**) tem três algarismos significativos.

## Os zeros nos algarismos significativos

- Zeros à esquerda não são contados como significativos:

**Ex.:**  $22,7 \text{ cm} = 0,227 \text{ m}$  (três significativos)

- Mas os zeros à direita serão significativos:

**Ex.:**  $22,70 \text{ cm} = 0,2270 \text{ m}$  (quatro significativos)

# Desvios e limite de erro

- Dependendo das condições experimentais podemos obter o valor de uma grandeza através de uma ou várias medidas;
- Em qualquer dos casos, ao medirmos a grandeza devemos extrair o melhor valor e um limite de erro, ou a sua incerteza.



# Valor mais provável para um conjunto de medidas

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$\bar{x}$ : valor mais provável ou valor médio;

$x_i$ : medida  $i$ ;

$n$ : número de medidas.

# Desvio absoluto

$$\Delta x_i = |x_i - \bar{x}|$$

$\Delta x_i$ : desvio absoluto para a medida  $i$ ;

$\bar{x}$ : valor mais provável ou valor médio;

$x_i$ : medida  $i$ .

# Desvio médio absoluto

$$\Delta\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$\Delta\bar{x}$ : desvio médio absoluto;

$x_i$ : medida  $i$ ;

$\bar{x}$ : valor mais provável ou valor médio;

$n$ : número de medidas.

## Exemplo: três medidas com uma régua

Medida ( $i$ )	valor ( $x_i$ )	unidade
1	22,70	cm
2	22,60	cm
3	22,80	cm

$$\bar{x} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} = \frac{22,70 + 22,60 + 22,80}{3} = 22,70 \text{ cm}$$

$$\Delta x_3 = |x_3 - \bar{x}| = |22,80 - 22,70| = 0,10 \text{ cm}$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| = \frac{1}{3} [ |22,70 - 22,70| + |22,60 - 22,70| + |22,80 - 22,70| ]$$

$$\Delta \bar{x} = 0,07 \text{ cm}$$

# Resultado final da medida

O resultado é expresso pelo valor mais provável dentro de um intervalo de confiança, ou seja, o valor médio e o desvio absoluto médio:

$$x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x}$$

No exemplo das **três medidas com a régua**:

$$x = (22,70 \pm 0,07)cm$$

# Desvio padrão

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{se } n \leq 30$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{se } n > 30$$

$\sigma_x$ : desvio padrão;  $S$ : desvio padrão amostral;

$\bar{x}$ : valor mais provável ou valor médio;

$n$ : número de medidas;  $x_i$ : medida  $i$ .

## Critérios nos Algarismos Significativos

- O resultado de uma operação terá o número de significativos do número menos preciso;

**Ex.:**  $20,13 + 20,7 = 40,8$  (três algarismos)

## Critérios nos Algarismos Significativos

- O resultado de uma operação terá o número de significativos do número menos preciso;

**Ex.:**  $20,13 + 20,7 = 40,8$  (três algarismos)

- Arredondar para o número mais próximo;

**Ex.:**  $20,73 \Rightarrow 20,7$

$20,76 \Rightarrow 20,8$



## Critérios nos Algarismos Significativos

- O resultado de uma operação terá o número de significativos do número menos preciso;

**Ex.:**  $20,13 + 20,7 = 40,8$  (três algarismos)

- Arredondar para o número mais próximo;

**Ex.:**  $20,73 \Rightarrow 20,7$   
 $20,76 \Rightarrow 20,8$

- Se o último algarismo após o significativo for 5 arredondar para cima se significativo for ímpar e para baixo se for par.

**Ex.:**  $20,35 \Rightarrow 20,4$   
 $20,25 \Rightarrow 20,2$

# 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 ( $Y = a - b \rightarrow Y = \bar{a} - \bar{b} \pm \Delta Y$ )	$\Delta Y = \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$
Produto ( $Y = a \cdot b \rightarrow Y = \bar{a} \cdot \bar{b} \pm \Delta Y$ )	$\Delta Y = \pm \sqrt{\bar{b}^2 \cdot \Delta a^2 + \bar{a}^2 \cdot \Delta b^2}$
Quociente ( $Y = \frac{a}{b} \rightarrow Y = \frac{\bar{a}}{\bar{b}} \pm \Delta Y$ )	$\Delta Y = \pm \sqrt{\frac{\Delta a^2}{\bar{b}^2} + \frac{a^2}{\bar{b}^4} \Delta b^2}$

Fonte: Laboratório de Física I, IQ-Ar, 2017.

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

$\Delta a$  e  $\Delta b$  : desvio médio das grandezas;

$Y$ : grandeza derivada;  $\Delta Y$ : 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.*

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

## 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:  $Y = \bar{a} + \bar{b} \pm \Delta Y$  e  $\Delta Y = \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$*

*Então:*

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

$$Y = (23,5 + 17,8) \pm 0,4$$

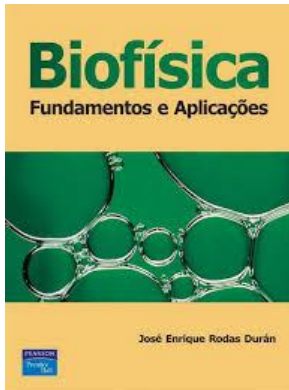
$$Y = (41,3 \pm 0,4)$$

# Exercícios

- Lista exercícios 01- baixar no site:

[profhenriquefaria.com](http://profhenriquefaria.com)

# Referências



DURAN, J.E.R. Biofísica. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. (Capítulo 1, p1 - 6.)



UNESP. Instituto de Química. Laboratório de Física I: apostila de práticas. Compilada por Santos, C.O.P; *et. al.* Araraquara: Instituto de Química, 2019.