

Licenciatura em Biologia

# Física para Biólogos

2019-2020

## Moodle

- Programa
- Bibliografia e documentos de apoio
- Informações gerais : avaliação, horários de atendimento

Estes slides contêm imagens retiradas da web, assim como conteúdos gráficos das referências

Physics of the Life Sciences, J. Newman, Springer, 2008.

Physics for Scientists and Engineers, R. A. Serway & J. W. Jewett, Thomson Brooks/Cole 2004.

Licenciatura em Biologia

# Física para Biólogos

2019-2020

## Programa

- Física na Biologia
- Sólidos e Fluidos
- Electricidade
- Magnetismo
- Vibrações e Ondas
- Óptica geométrica
- Física Contemporânea (!)

Licenciatura em Biologia

# Física para Biólogos

2019-2020

## 1- Física na Biologia

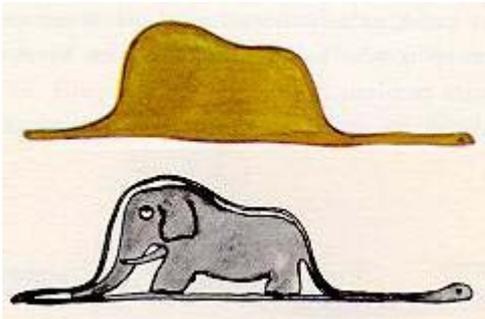
- Motivação
- Medidas, unidades e dimensões
- Representação gráfica de relações
- Ordens de grandeza
- Leis de escala

# 1.1 Motivação: porquê estudar Física?

A observação e a medição são duas componentes fundamentais das ciências físicas experimentais.

A Física e a Química são paradigmas de ciências físicas.

## O que é a Física ?



Não é nem um chapéu, nem uma boa constrictor a digerir um elefante, mas a percepção que tivermos dela também é um teste à nossa imaginação!

A Física trabalha com modelos, representações simplificadas de realidades complexas, construídas para poderem ser tratadas quantitativamente.

# 1.1 Motivação: porquê estudar Física?

A partir de ~1950 a Física e a Biologia passaram a ter ligações estreitas, através de novas tecnologias de medida e de aplicações directas ao estudo de macromoléculas.

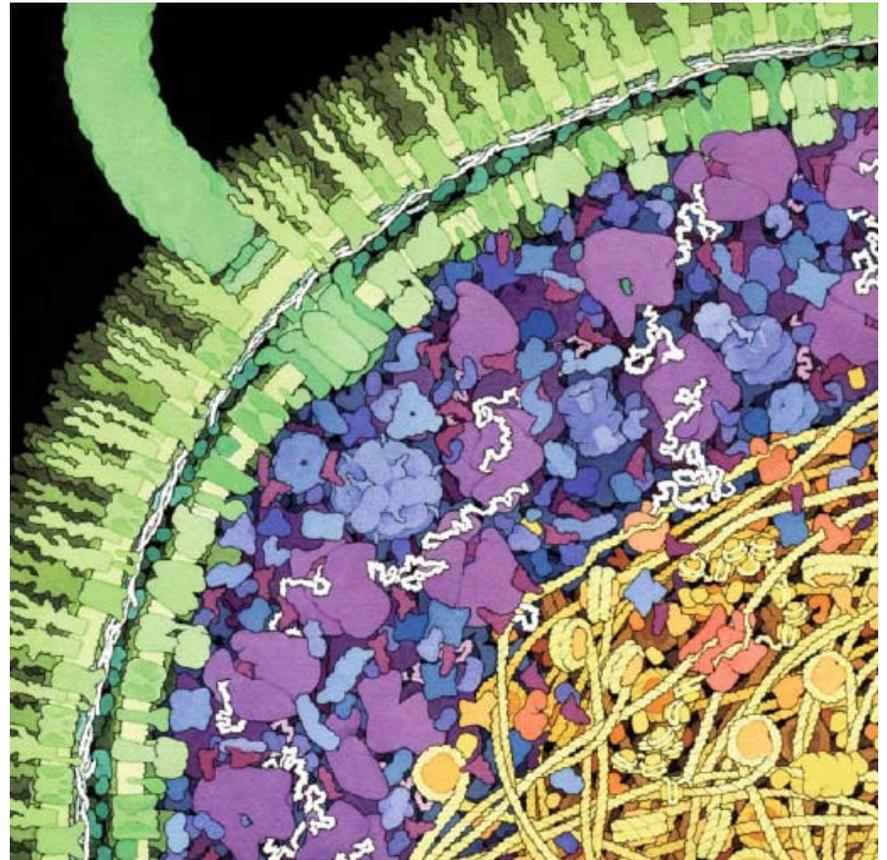
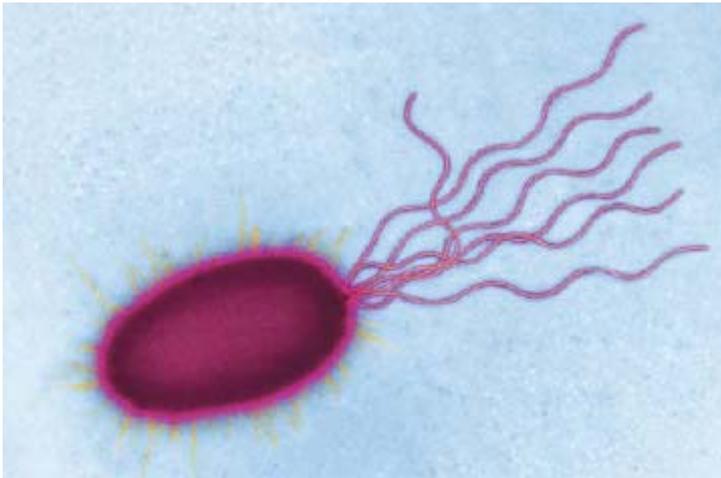
## Porque é que a Física interessa à Biologia?

- Observação e medidas: microscopias, espectroscopias, medidas electromagnéticas de alta sensibilidade (actividade cerebral, canais iónicos), instrumentação para imagens com alta resolução espacial e temporal.
- Aplicação de Física fundamental a processos biológicos a várias escalas: proteínas, regulação genética e membranas à escala celular; biologia do desenvolvimento e fisiologia à escala do órgão; ecologia e evolução à escala das populações.

# 1.1 Motivação: porquê estudar Física?

A bactéria *E. coli* é um exemplo de um sistema central em Biologia que tem sido estudado pela Física em vários aspectos...

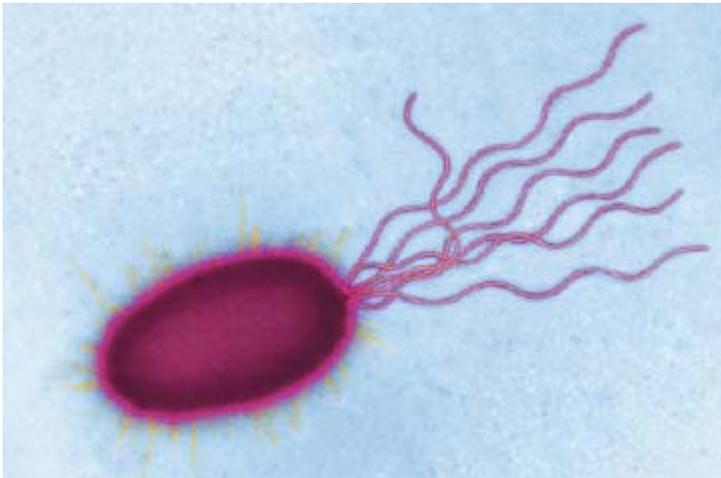
## Porque é que a Física interessa à Biologia?



# 1.1 Motivação: porquê estudar Física?

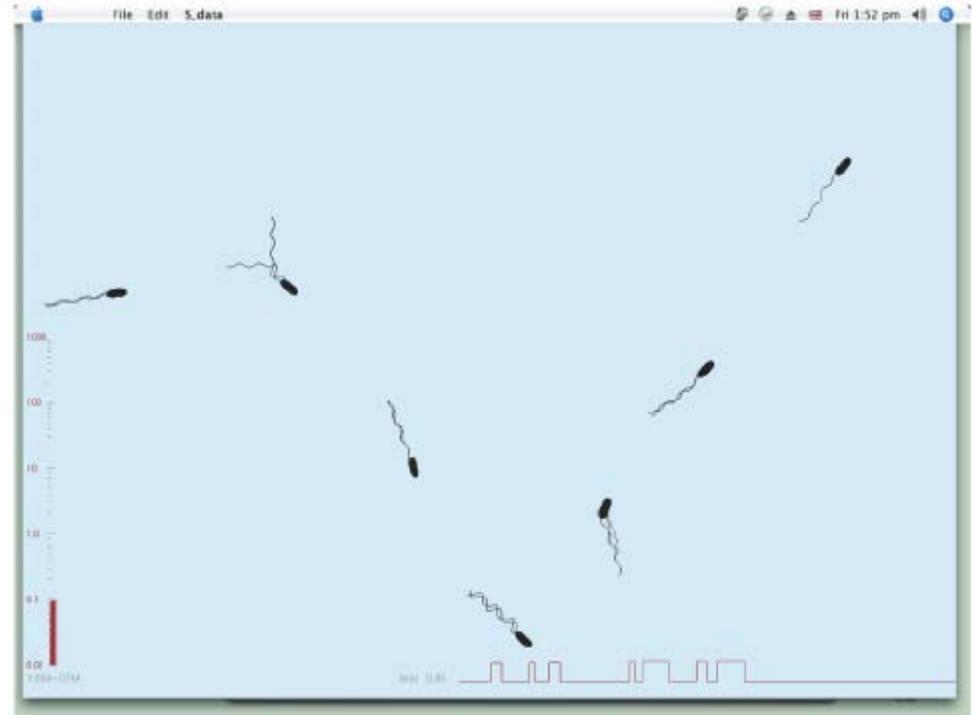
... ao ponto de ter sido possível criar E. coli virtuais suficientemente realistas para servir de alternativa a experiências reais!

## Porque é que a Física interessa à Biologia?



E. M. Purcell, Life at low Reynolds number  
Am J Physics 45, 3-11 (1977)

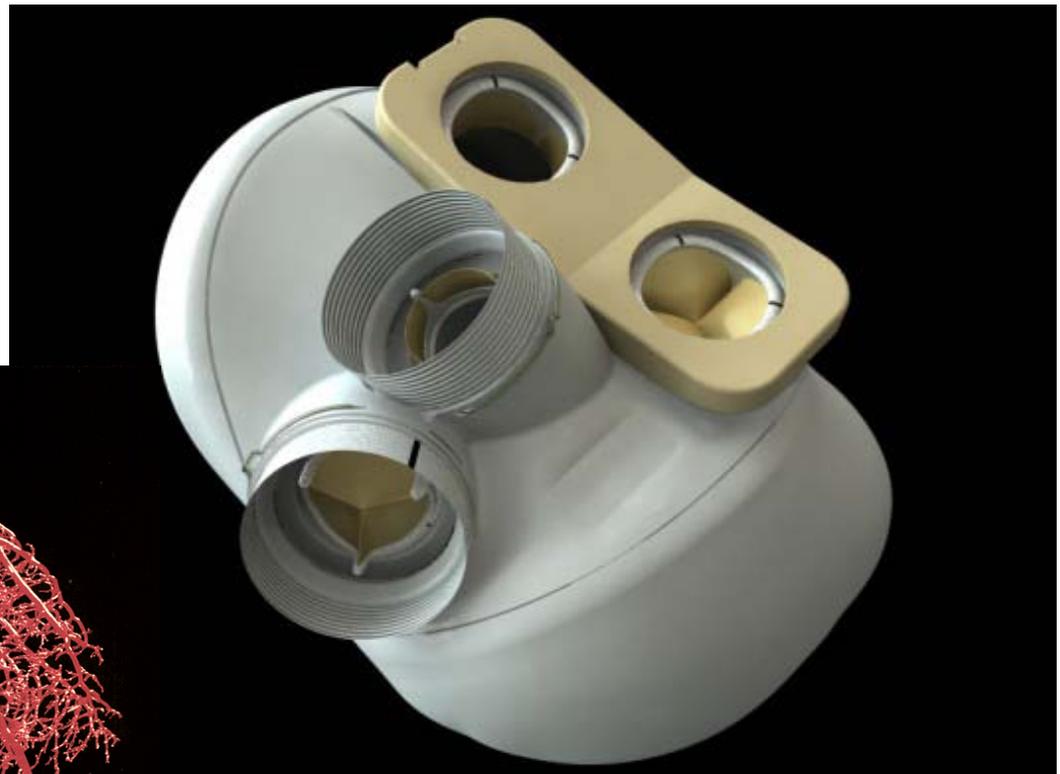
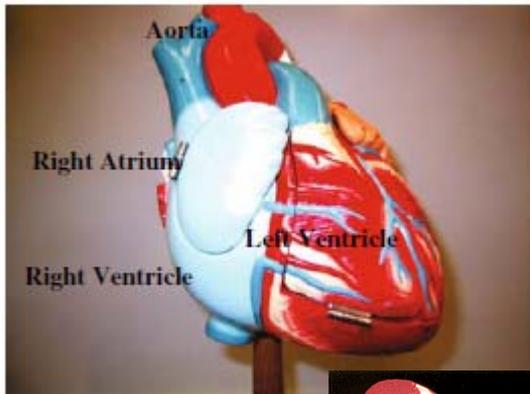
D Bray, M D Levin and K Lipkow  
The chemotactic behaviour of computer based surrogate bacteria,  
Current Biology 17, 12-19 (2007)



# 1.1 Motivação: porquê estudar Física?

Um outro exemplo a uma escala muito diferente é o estudo da electro-fisiologia cardíaca e da circulação sanguínea que permitiu a criação de corações artificiais.

## Porque é que a Física interessa à Biologia?



## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

Medir é comparar com um padrão. O resultado da medida de grandezas físicas é expresso como um **número** com **unidades**. O número representa o valor do resultado da medida em relação ao padrão. As unidades representam um padrão, ou seja, o valor unitário e a natureza dessa grandeza.

**Medir** – Atribuir números e unidades a **quantidades físicas**, com tanta **exactidão** quanto possível.



$3.00\text{cm} \pm 0.05\text{cm}$

Metade da menor divisão da escala



$0.35\text{g} \pm 0.01\text{g}$

Uma unidade do dígito menos significativo

Grandezas sem dimensões são números puros, e a sua medida não é uma medida física absoluta, é um cálculo ou uma contagem!

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

O **Sistema Internacional (SI)**, que é o sistema de unidades mais usado em ciência e tecnologia, adota por convenção as seguintes quantidades e unidades base:

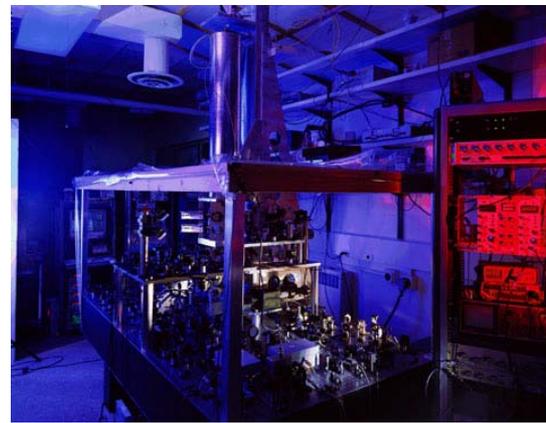
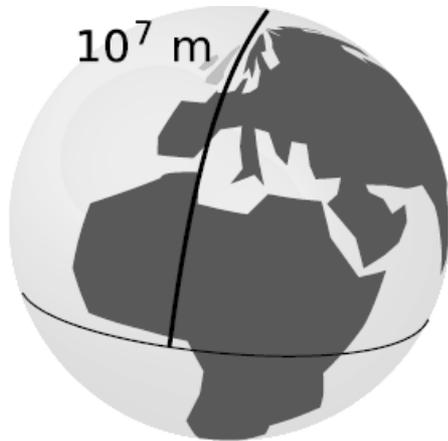
Quantidade base	Símbolo da quantidade	Unidade base	Símbolo SI
Comprimento	$l$	metro	m
Massa	$m$	kilograma	Kg
Tempo	$t$	segundo	s
Corrente eléctrica	$I$	Ampere	A
Temperatura	$T$	Kelvin	K
Intensidade luminosa	$I_v$	candela	cd
Quantidade de substância	$n$	mole	mol

Unidades base do **Sistema MKS** (metro-kilograma-segundo) em que se baseia a mecânica

Outro sistema com as mesmas quantidades base: **Sistema CGS** (centímetro-grama segundo)

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

Originalmente definidos a partir das dimensões e do período de rotação da Terra, o **metro** e o **segundo**, unidades padrão das grandezas comprimento e tempo, definem-se hoje a partir da velocidade da luz e da sua frequência.



O segundo (s) é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do céscio 133.

O metro (m) é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de  $1/299\,792\,458 \text{ s}$

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões



Até Maio do ano passado, a definição do **quilograma** (kg), unidade padrão da grandeza massa, esteve ligada a um objecto, um cilindro feito a partir de uma liga de platina e irídio...

O padrão de massa do **sistema SI** foi redefinido em Maio de 2019, a partir de outra constante fundamental da Física !

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

METRIC UNIT	QUANTITY	DEFINING CONSTANT
Kilogram	Mass	Planck constant
Meter	Distance	Speed of light
Second	Time	Cesium radiation frequency
Ampere	Current	Electron's charge
Kelvin	Temperature	Boltzmann constant
Mole	Amount of substance	Avogadro constant
Candela	Luminous intensity	Efficacy of light of a specific frequency

Os padrões do novo **sistema SI** foram redefinidos de maneira a permitir maior precisão, relacionando-os com constantes fundamentais – como já acontecia com o metro e o segundo.

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

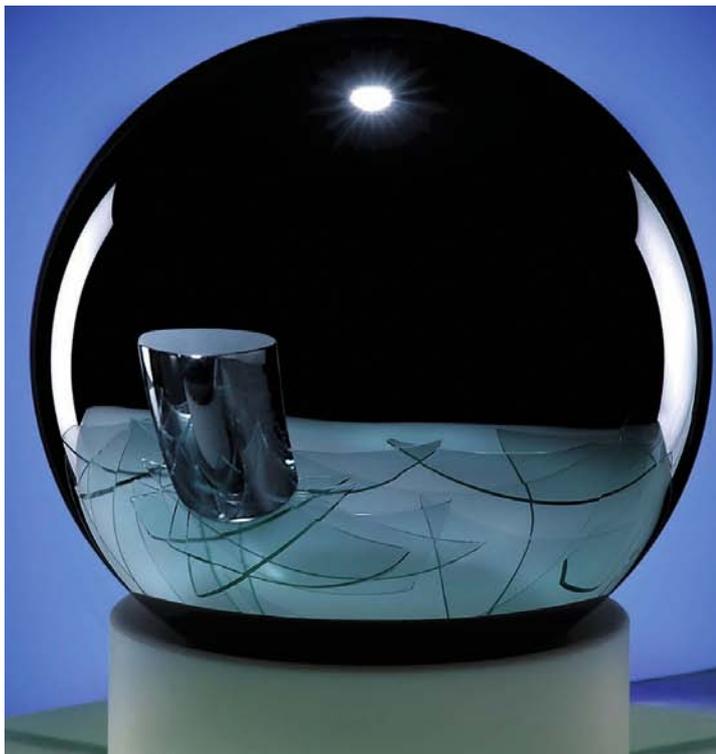


A nova definição do kg padrão a partir da constante de Planck envolve uma determinação muito precisa do número de Avogadro.

Para isso, os átomos de uma esfera muito pura de silício-28 foram 'contados' com uma precisão de uma parte em  $10^8$  !

$$N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões



No sistema antigo, a **mole** (mol) era definida como a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas **entidades elementares** quantos os átomos contidos em 0.012 kg de carbono-12...

Mas, a partir de Maio de 2019....

A **mole** (mol) é a quantidade de uma substância que contém  $6,02214076 \cdot 10^{23}$  unidades constitutivas dessa substância.

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

Quando se utiliza a mole, as **entidades elementares devem ser especificadas** e podem ser átomos, moléculas, iões, electrões, outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas.

A idade do Universo é de 'apenas' cerca de  $10^{10}$  anos, muito pequena face ao valor do **número de Avogadro**, aproximadamente igual a  $6 \times 10^{23}$  !

As unidades são de dois tipos: **unidades de base** ou **fundamentais** e **unidades derivadas** das unidades de base.

Unidades de velocidade:  $\text{m/s}$  ou  $\text{m s}^{-1}$

Unidades de densidade:  $\text{kg/m}^3$  ou  $\text{kg m}^{-3}$

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

<i>Power of Ten Mutiple</i>	<i>Prefix</i>	<i>Abbreviation</i>
$10^{-15}$	femto-	f
$10^{-12}$	pico-	p
$10^{-9}$	nano-	n
$10^{-6}$	micro-	$\mu$
$10^{-3}$	milli-	m
$10^{+3}$	kilo-	k
$10^{+6}$	mega-	M
$10^{+9}$	giga-	G
$10^{+12}$	tera-	T

Os múltiplos e submúltiplos das unidades de um sistema são usados para trabalhar em diferentes escalas ou ordens de grandeza.

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

A **dimensão** de uma quantidade base especifica a sua natureza como grandeza física, por exemplo: L é a dimensão da grandeza comprimento.

Quantidade base	Símbolo da quantidade	Símbolo da dimensão	Unidade base	Símbolo SI
Comprimento	$l$	<b>L</b>	metro	m
Massa	$m$	<b>M</b>	kilograma	kg
Tempo	$t$	<b>T</b>	segundo	s
Corrente eléctrica	$I$	<b>I</b>	Ampere	A
Temperatura	$T$	<b>Θ</b>	Kelvin	K
Intensidade luminosa	$I_v$	<b>J</b>	candela	cd
Quantidade de substância	$n$	<b>N</b>	mole	mol

# 1.2 Medidas, unidades e dimensões

Quantity	Dimension	MKS unit
Angle	dimensionless	Dimensionless = radian
Steradian	dimensionless	Dimensionless = radian <sup>2</sup>
Area	L <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Volume	L <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Frequency	T <sup>-1</sup>	s <sup>-1</sup> = hertz = Hz
Velocity	L · T <sup>-1</sup>	m · s <sup>-1</sup>
Acceleration	L · T <sup>-2</sup>	m · s <sup>-2</sup>
Angular Velocity	T <sup>-1</sup>	rad · s <sup>-1</sup>
Angular Acceleration	T <sup>-2</sup>	rad · s <sup>-2</sup>
Density	M · L <sup>-3</sup>	kg · m <sup>-3</sup>
Momentum	M · L · T <sup>-1</sup>	kg · m · s <sup>-1</sup>
Angular Momentum	M · L <sup>2</sup> · T <sup>-1</sup>	kg · m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
Force	M · L · T <sup>-2</sup>	kg · m · s <sup>-2</sup> = newton = N
Work, Energy	M · L <sup>2</sup> · T <sup>-2</sup>	kg · m <sup>2</sup> · s <sup>-2</sup> = joule = J
Torque	M · L <sup>2</sup> · T <sup>-2</sup>	kg · m <sup>2</sup> · s <sup>-2</sup>
Power	M · L <sup>2</sup> · T <sup>-3</sup>	kg · m <sup>2</sup> · s <sup>-3</sup> = watt = W
Pressure	M · L <sup>-1</sup> · T <sup>-2</sup>	kg · m <sup>-1</sup> · s <sup>-2</sup> = pascal = Pa

As unidades derivadas provêm de quantidades base via as relações algébricas que as definem. Tal como as unidades, as dimensões das quantidades derivadas escrevem-se como uma combinação de potências das dimensões das quantidades base.

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

Como as dimensões podem ser tratadas como quantidades algébricas podemos usar a chamada **análise dimensional**. Por exemplo, só podemos somar ou subtrair quantidades que tenham as mesmas dimensões. Para além disso, os termos de ambos os lados de uma equação devem ter as mesmas dimensões. Usando estas regras simples podemos usar análise dimensional para verificar de uma expressão está correcta ou não.

Suponhamos que nos dizem que a distância  $D$  ao horizonte visual se define como **a raiz quadrada** do produto do diâmetro da Terra,  $2R$ , pela altura do observador acima da superfície da Terra,  $h$ . É possível?

$$[ 2 R h ] = [R h] = L^2$$

$$[ D ] = L \neq L^2$$

$$[ (2 R h)^{1/2} ] = [(R h)^{1/2}] = (L^2)^{1/2} = L$$

A análise dimensional permite detectar rapidamente possíveis erros numa expressão.

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

Os **algarismos significativos** reflectem a **exactidão** com que se obteve um valor: são os dígitos necessário para expressar o resultado dentro do grau de incerteza da medida ou do cálculo.



$$3.00\text{cm} \pm 0.05\text{cm}$$

O resultado deve ser apresentado com as mesmas casas decimais que o erro

### Regras

- Todos os números diferentes de zero são algarismos significativos (ASs).
- Todos os zeros colocados antes de outros dígitos não são ASs (0.046 tem 2 ASs).
- Todos os zeros colocados entre dígitos são ASs (4009 kg tem 4 ASs).
- Todos os zeros colocados depois de outros dígitos e depois de uma virgula são ASs (7.90 tem 3ASs).

**O resultado deve ser dado com 3 ASs.**

## 1.2 Medidas, unidades e dimensões

### Operações com grandezas físicas e algarismos significativos

- Quando se somam ou subtraem quantidades com números de casas decimais diferentes o número de casas decimais do resultado deve ser o mesmo que o do número com menos casas decimais.
- Numa multiplicação ou divisão o resultado deve ter o mesmo número de ASs que o termo com menos ASs.

### Regras de arredondamentos

- Se a casa decimal imediatamente a seguir à escolhida para última for 5, 6, 7, 8 ou 9, aumenta-se uma unidade à casa decimal escolhida.
- Se a casa decimal imediatamente a seguir à escolhida para última for 0, 1, 2, 3 ou 4, deixa-se a casa decimal escolhida inalterada.

**Exemplo:** Suponhamos que o prego de comprimento 3.00 cm é usado como o raio para traçar um círculo. Quanto mede o perímetro P desse círculo?

$$P = 2 \pi R (= 6.00 \pi = 18.84955592) = 18.8 \text{ cm}$$

# Quiz 1 - Algarismos significativos

1.  $e^{kt} = ?$ ,  $k = 0.0189 \text{ s}^{-1}$ ,  $t = 25 \text{ s}$
2.  $ab/c = ?$ ,  $a = 483 \text{ J}$ ,  $b = 73.67 \text{ J}$ ,  $c = 15.67$
3.  $x + y + z = ?$ ,  $x = 48.1$ ,  $y = 77$ ,  $z = 65.789$
4.  $m - n - p = ?$ ,  $m = 25.6$ ,  $n = 21.1$ ,  $p = 2.43$

# Quiz 2 – Conversão de unidades

**Ano Luz** - As distâncias astronómicas são muitas vezes expressas *em anos-luz*. Um ano-luz é a distância percorrida pela luz num ano Juliano (365.25 dias). Qual o factor de conversão de anos-luz para metros?

**Nota:** A velocidade da luz é  $c = 299792458 \text{ ms}^{-1}$

# Quiz 1 - Algarismos significativos

1.  $e^{kt} = ?$ ,  $k = 0.0189 \text{ s}^{-1}$ ,  $t = 25 \text{ s}$ . [1.6]
2.  $ab/c = ?$ ,  $a = 483 \text{ J}$ ,  $b = 73.67 \text{ J}$ ,  $c = 15.67$  [ $2.27 \times 10^3 \text{ J}^2$ ]
3.  $x + y + z = ?$ ,  $x = 48.1$ ,  $y = 77$ ,  $z = 65.789$  [191]
4.  $m - n - p = ?$ ,  $m = 25.6$ ,  $n = 21.1$ ,  $p = 2.43$  [2.1]

# Quiz 2 – Conversão de unidades

**Ano Luz** - As distâncias astronómicas são muitas vezes expressas *em anos-luz*. Um ano-luz é a distância percorrida pela luz num ano Juliano (365.25 dias). Qual o factor de conversão de anos-luz para metros?

**Nota:** A velocidade da luz é  $c = 299792458 \text{ ms}^{-1}$  [ $9.4607 \times 10^{15} \text{ m}$ ]

## Quiz 3 - Algarismos significativos

Entre a observação de um relâmpago e a audição do trovão decorrem 20 s. Tomando 340 m/s para a velocidade do som, a distância a que se deu a descarga é

- a) 7 Km   b) 6800 m   c) 6,8 Km   d) 6,80 Km   e) Outra

## Quiz 4 – Dimensões

O coeficiente de tensão superficial pode definir-se como uma força por unidade de comprimento. As dimensões desta grandeza são

- a) J/s   b)  $M L^2 T^{-2}$    c)  $M L T^{-2}$    d)  $M T^{-2}$    e) N/m   f)  $M L^2 T^{-3}$

## Quiz 5 - Algarismos significativos

Um automóvel percorre em 2.5 horas a distância Lisboa-Porto por auto-estrada, que é de 313.8 Km. A velocidade média do automóvel nesta viagem é

- a) 125.52 km/h b) 125.5 km/h c) 126 km/h d) 130 km/h e)  $1.3 \cdot 10^2$  km/h

## Quiz 6 – Unidades

O joule (J) é a unidade SI de energia e 1 J vale

- a)  $1 \text{ kg m s}^{-2}$     b)  $1 \text{ M L}^2 \text{ T}^{-2}$     c)  $1 \text{ Kg m g}$     d)  $1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$   
e)  $1 \text{ N/m}$     f)  $1 \text{ g m}^2 \text{ s}^{-2}$

## Quiz 7 - Algarismos significativos

As dimensões da grandeza potência são  $M L^2 T^{-3}$  e a unidade SI de potência é o watt (W). Um secador de cabelo de 1000 W que trabalha durante 60 s consome

- a) 60000 J      b) 60000 W      c)  $6.0 \cdot 10^4$  J      d) 60kW  
e)  $6 \cdot 10^4$  kg m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>      f) Outro valor

## Quiz 8 – Unidades

Uma corda esticada com força de tensão T tem massa por unidade de comprimento  $\mu$ . As dimensões da grandeza  $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$  são

- a)  $L^2 T^{-1}$       b)  $L^2 T^{-2}$       c)  $M L T^{-2}$       d)  $L^{1/2} T^{-1}$       e)  $L T^{-1}$   
f)  $M^{-1/2} L^{1/2} T^{-1/2}$