

FÍSICA I

Prof. Dr. Patricio R. Impinnisi

Aula 1: Unidades



Medindo Grandezas como o Comprimento

MEDIÇÃO

A física e a engenharia se baseiam na medição de **grandezas físicas**

- Para isso, são necessárias:

1. Regras para medir e comparar grandezas
2. Unidades de medida

- **A unidade**

- É o nome atribuído ao valor de uma grandeza (massa, tempo, pressão, comprimento, etc.)
- Está associada a um **padrão**, um valor da grandeza igual a 1,0 unidade (por exemplo, 1,0 metro = distância percorrida pela luz no vácuo em um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ segundos)

MEDIÇÃO

- Existem muitas grandezas físicas, mas nem todas são independentes: $\text{velocidade} = \text{distância}/\text{tempo}$
- **Grandezas fundamentais:**
 - Existem **sete grandezas fundamentais** no SI
 - Três são usadas na mecânica: **comprimento, massa e tempo** As outras são:
Corrente
Temperatura
Quantidade de matéria
Intensidade luminosa
 - Todas estão associadas a padrões
 - São usadas para definir as outras grandezas
- **As grandezas fundamentais devem ser:**
 - Acessíveis (fáceis de medir)
 - Invariáveis, para que as medidas não mudem com o tempo

MEDIÇÃO

- As **Unidades do SI** (sistema métrico) formam o Sistema Internacional de Unidades
- Entre as sete unidades fundamentais do SI estão
 - o metro (comprimento)
 - o quilograma (massa)
 - o segundo (tempo)

As outras são:
Ampère (corrente)
Kelvin (temperatura)
Mol (quantidade de matéria)
Candela (intensidade luminosa)
- O SI tem muitas unidades secundárias, que são definidas a partir das unidades fundamentais, como
 - o joule (trabalho, energia): $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$
 - o watt (potência): $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^3$

MEDIÇÃO

- O **Dimensional** de uma unidade

Grandeza	Unidade	Representação	Dimensional
comprimento	metro	m	L
massa	quilograma	kg	M
tempo	segundo	s	T
intensidade de corrente elétrica	ampère	A	I
temperatura termodinâmica	kelvin	K	θ
intensidade luminosa	candela	cd	J
quantidade de matéria	mol	mol	N

MEDIÇÃO

- **O Dimensional** de uma unidade

Grandeza	Unidade	Representação
área	metro quadrado	m^2
volume	metro cúbico	m^3
velocidade	metro por segundo	$m \cdot s^{-1}$
aceleração	metro por segundo ao quadrado	$m \cdot s^{-2}$
frequência	Hertz (Hz)	s^{-1}
força	Newton (N)	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
potência	Watt (W)	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} = J \cdot s^{-1}$
carga elétrica	Coulomb (C)	$A \cdot s$
potencial elétrico	Volt (V)	$J \cdot C^{-1}$
campo elétrico	volt por metro	$V \cdot m^{-1}$

MEDIÇÃO

- O **Dimensional** de uma unidade

Grandezas	Equações Dimensionais	Unidades no SI
velocidade	$M^0 L T^{-1}$	$m \cdot s^{-1}$
aceleração	$M^0 L T^{-2}$	$m \cdot s^{-2}$
força	$M L T^{-2}$	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
trabalho (energia)	$M L^2 T^{-2}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
potência	$M L^2 T^{-3}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
impulso e quantidade de movimento	$M L T^{-1}$	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$
torque	$M L^2 T^{-2}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
momento angular	$M L^2 T^{-1}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$

Grandezas	Equações Dimensionais	Unidades no SI
velocidade angular	T^{-1}	s^{-1}
vazão	$L^3 T^{-1}$	$m^3 \cdot s^{-1}$
pressão	$M L^{-1} T^{-2}$	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
densidade	$M L^{-3}$	$kg \cdot m^{-3}$
viscosidade cinemática	$L^2 T^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-1}$
tensão superficial	$M T^{-2}$	$kg \cdot s^{-2}$
calor específico	$L^2 T^{-2} \theta^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
condutividade térmica	$M L T^{-3} \theta$	$kg \cdot m \cdot s^{-3} \cdot K$

MEDIÇÃO

- O **Dimensional** de uma unidade

Nas seguintes equações a distância x está em metros, o tempo t em segundos e a velocidade v em metros por segundo. Quais as unidades e o dimensional das constantes C_1 e C_2 ?

a) $x = C_1 + C_2 t$

b) $x = \frac{1}{2} C_1 t^2$

c) $v = 2 C_1 x$

d) $v = C_1 \exp(-C_2 t)$

MEDIÇÃO

- O **Dimensional** de uma unidade

Determine a dimensional e as unidades no SI da constante G da lei de gravitação universal de Newton dada por

$$F = \frac{Gm_2m_1}{r^2}$$

MEDIÇÃO

- O **Dimensional** de uma unidade

A pressão de um fluido em movimento depende de sua densidade ρ e de sua velocidade v . Encontre uma combinação simples entre a densidade e a velocidade para obter a dimensional correta da pressão.

MEDIÇÃO

- O **Dimensional** de uma unidade

1. Mostre que o produto entre massa aceleração e velocidade tem o dimensional de potência
2. Que combinação de força com outra grandeza física tem o dimensional de potência

MEDIÇÃO

- A **notação científica** usa potências de 10 para escrever números muito grandes ou muito pequenos

$$3.560.000.000 \text{ m} = 3,56 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$0,000000492 \text{ s} = 4,92 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

- Um **fator de conversão** é:
 - uma razão de unidades igual a 1
 - uma relação usada em conversões de unidades

$$240 \text{ km} = (240 \text{ km}) \cdot (1) = 240 \text{ km} \left(\frac{1 \text{ mi}}{1,609 \text{ km}} \right) = 149 \text{ mi}$$

- As unidades obedecem às mesmas regras algébricas que as variáveis e os números

MEDIÇÃO

- **A necessidade de maior precisão** fez com que alguns padrões fossem mudados ao longo do tempo
- No passado, o metro foi definido como
 1. um décimo milionésimo da distância entre o polo Norte e o equador
 2. o comprimento de uma barra de metal guardada na França
 3. 1.650.763,73 comprimentos de onda de uma linha de emissão do Kr-86

Hoje,



O metro é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299.792.458$ de segundo.

- **Em todas as mudanças, a nova distância foi escolhida para que o valor aproximado do metro fosse mantido**

MEDIÇÃO

- **Dígitos significativos** são os dígitos confiáveis
- **Os resultados devem ser arredondados para o menor número de dígitos significativos dos dados**
 - $25 \times 18 \rightarrow 410$; $23 \times 18975 \rightarrow 430.000$
 - Some 1 se o dígito seguinte for ≥ 5 ($13,5 \rightarrow 14$; $13,4 \rightarrow 13$)
- **Dígitos significativos não são casas decimais**
 - 0,00356 tem 5 casas decimais e 3 dígitos significativos
- **Zeros à direita podem não ser significativos**

3000 *pode* ter 4 dígitos significativos ou apenas 1! Use a notação científica: $3,000 \times 10^3$ (4 algarismos significativos) ou 3×10^3 (1 algarismo significativo)

MEDIÇÃO

Exemplos de conversões em cadeia:

$$1,3 \text{ km} \times (1000 \text{ m}) / (1 \text{ km}) = 1300 \text{ m} = 1,3 \times 10^3 \text{ m}$$

$$0,8 \text{ km} \times (1000 \text{ m}) / (1 \text{ km}) \times (100 \text{ cm}) / (1 \text{ m}) = 80\,000 \text{ cm} = 8 \times 10^4 \text{ cm}$$

$$2845 \text{ mm} \times (1 \text{ m}) / (1000 \text{ mm}) \times (3,281 \text{ ft}) / (1 \text{ m}) = 9,334 \text{ ft}$$

MEDIÇÃO

O Tempo

MEDIÇÃO

- **Todo padrão de tempo deve ser capaz de responder:**

Quando isso aconteceu?

Quanto tempo isso *durou*?

- **Os tempos seguem os mesmos processos de conversão que os comprimentos**

- Os padrões do tempo já foram baseados

1. na rotação da Terra

2. nas vibrações de um cristal de quartzo

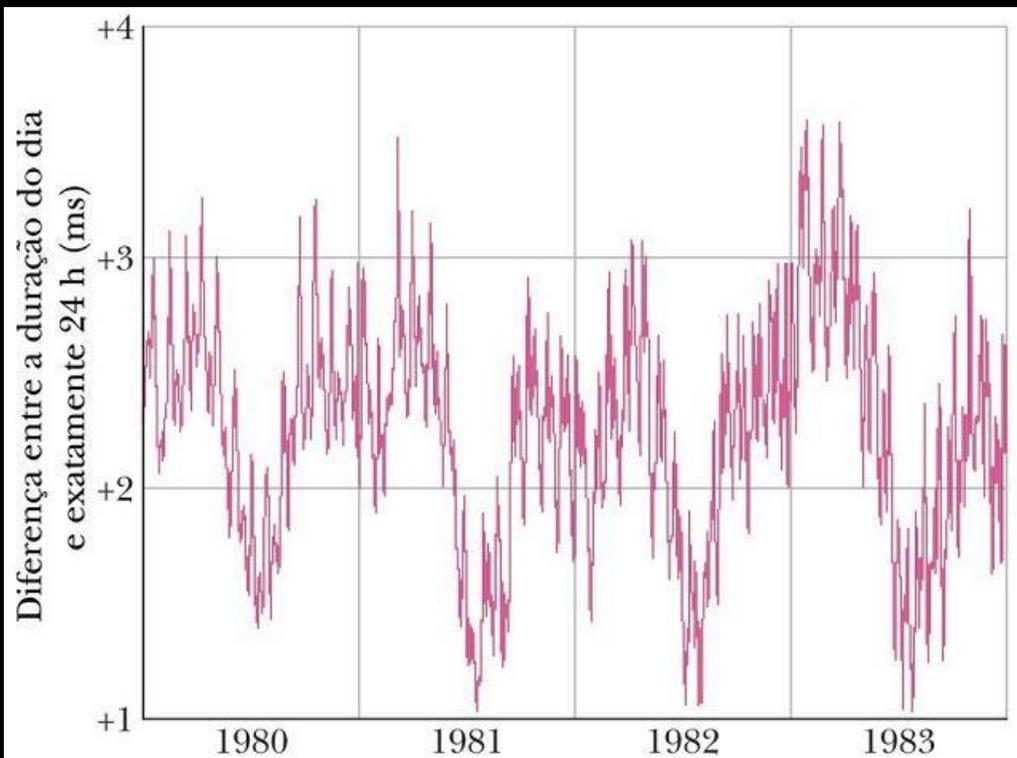
Atualmente,



Um segundo é o intervalo de tempo que corresponde a 9.192.631.770 oscilações da luz (de um comprimento de onda especificado) emitida por um átomo de césio 133.

MEDIÇÃO

Variação da duração do dia medida por um relógio atômico



A escala vertical vai até apenas 3 ms (0,003 s)

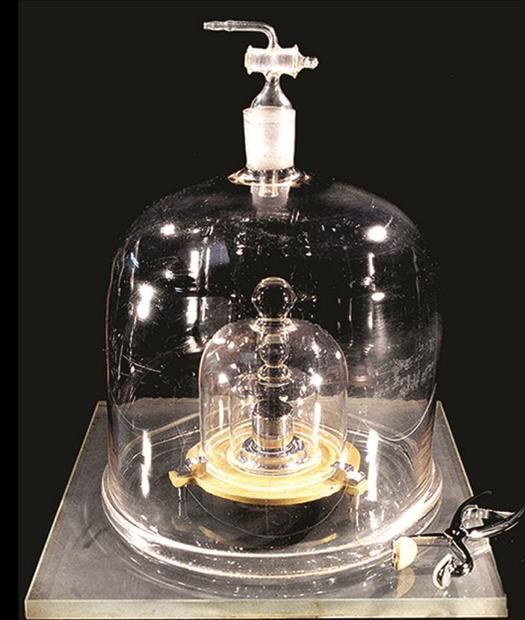
Isso mostra a precisão dos relógios atômicos e a irregularidade da rotação da Terra (que é afetada por marés e ventos).

MEDIÇÃO

A Massa

MEDIÇÃO

- O **quilograma-padrão** é um cilindro de platina e irídio guardado na França.
- Cópias precisas foram enviadas a muitos países, e outras massas podem ser medidas por comparação com essas cópias
- A **unidade de massa atômica** (u) é outro padrão de massa, usado para medir a massa de átomos e moléculas
 - Por definição, um átomo de carbono 12 tem massa de 12 u
 - $1 \text{ u} = 1,660\,538\,86 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ($\pm 10 \times 10^{-35} \text{ kg}$)



MEDIÇÃO

- A massa por unidade de volume é chamada de massa específica

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Exemplos

Massa específica: $(18 \text{ kg}) / (0,032 \text{ m}^3) = 560 \text{ kg/m}^3$

Massa: $(380 \text{ kg/m}^3) \times (0,0040 \text{ m}^3) = 1,5 \text{ kg}$

Volume: $(250 \text{ kg}) / (1280 \text{ kg/m}^3) = 0,20 \text{ m}^3$

MEDIÇÃO

A partir de 20 de maio de 2019 a massa passou a ser definida em função da constante de Planck e não mais a partir de um objeto físico (cilindro atual). Agora é determinada a partir da balança de Watt que lembra uma balança de pratos, mas o objeto a ser pesado não se equilibra com outra massa, e sim com a energia da radiação eletromagnética.

Também foram aprovadas mudanças na definição de três outras grandezas físicas fundamentais:

- o ampère será calculado em função da carga elementar;
- o kelvin com base na constante de Boltzmann;
- o mol em função da constante de Avogadro.



MEDIÇÃO

As constantes físicas

Uma constante física é uma grandeza física que acredita-se ser tanto geral na natureza quanto constante no tempo. Pode ser comparada com uma constante matemática, que é um valor numérico fixo mas não envolve diretamente qualquer medida física.

Existem muitas constantes físicas na ciência, algumas das mais reconhecidas sendo a velocidade da luz no vácuo c , a constante gravitacional G , a constante de Planck h e a carga elementar e .

Constantes físicas podem tomar diversas formas dimensionais, podendo ser dimensionais, como a velocidade da luz, ou adimensionais, como a constante de estrutura fina α .

https://pt.wikipedia.org/wiki/Constante_f%C3%ADsica

MEDIÇÃO

As unidades naturais (unidades de Planck)

Constantes físicas fundamentais	Símbolo	Dimensão
Velocidade da luz no vácuo	c	$L T^{-1}$
Constante da gravitação	G	$L^3 T^{-2} M^{-1}$
Constante reduzida de Planck	$\hbar = \frac{h}{2\pi}$	$M L^2 T^{-1}$
Constante de Força de Coulomb	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$M L^3 Q^{-2} T^{-2}$
Constante de Boltzmann	k	$M L^3 K T^{-2}$

A lista completa pode ser encontrada em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_Planck

Unidades Naturais		
Comprimento	$\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$	$1,61624 \cdot 10^{-35} \text{ m}$
Massa	$\sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$	$2,17645 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$
Tempo	$\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$	$5,39121 \cdot 10^{-44} \text{ s}$
Carga	$\sqrt{\hbar c 4\pi\epsilon_0}$	$1,8777459 \cdot 10^{-18} \text{ C}$
Temperatura	$\sqrt{\frac{\hbar c^5}{G k^2}}$	$1,41679 \cdot 10^{32} \text{ K}$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Lista disponível em:

<http://www.eletrica.ufpr.br/p/professores:patricio:inicial>

Disciplina TE303 (Física I)

Gabaritos disponíveis no mesmo endereço