Medidas Físicas e Unidades

Objetivos da Física:

- identificar leis fundamentais que regem os fenômenos naturais e utilizá-las para desenvolver teorias capazes de prever resultados de experiências futuras.
- as leis fundamentais utilizadas no desenvolvimento de teorias são expressas na linguagem matemática, ferramenta que faz uma ponte entre a teoria e a experiência.

Física Clássica (antes de 1900): Mecânica Clássica, Termodinâmica, Eletromagnetismo

Física Moderna (depois de 1900): Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, outras ...

Além do estudo das leis fundamentais, também ocorre a aplicação dessas teorias em novos problemas:

Nanotecnologia, Informação (computação) quântica, Lasers, Etc...

Medidas Físicas e Unidades

Sistema Internacional (SI): um conjunto de padrões para as quantidades fundamentais das ciências naturais

1) comprimento (metro, **m**),

2) massa (quilograma, ***kg***),

3) tempo (segundo, ***s***).

4) temperatura (kelvin, ***K***),

5) corrente elétrica (ampère, ***A***),

6) intensidade luminosa (candela, ***cd***)

7) quantidade de substância (***mol***).

Para o curso de Mecânica utilizaremos:

1) comprimento (metro, **m**),

2) massa (quilograma, ***kg***),

3) tempo (segundo, ***s***)

4) unidades derivdas, por exemplo:

força (Newton, N= kg.m/s^2)

energia (Joule, J=N.m=kg.m^2/s^2)

etc...

Medidas Físicas e Unidades

Comprimentos aproximados para diferentes coisas:

	Metro (m)
Distância das galáxias mais antigas	2×10^{26}
Distância da galáxia de Andrômeda	2×10^{22}
Distância da estrela mais próxima, Proxima Centauri	4×10^{16}
Distância de Plutão	6×10^{12}
Raio da Terra	6×10^{6}
Altura do Monte Everest	9×10^{3}
Espessura desta página	1×10^{-4}
Comprimento de um vírus típico	1×10^{-8}
Raio do átomo de hidrogênio	5×10^{-11}
Raio do próton	1×10^{-15}

~ 40 ordens de grandeza

Medidas Físicas e Unidades

Massas aproximadas para diferentes coisas:

	Massa (kg)
Universo observável	$\sim 10^{52}$
Galáxia Via Láctea	$\sim 10^{42}$
Sol	$1{,}99 \times 10^{30}$
Terra	$5{,}98 \times 10^{24}$
Lua	$7{,}36 \times 10^{22}$
Tubarão	$\sim 10^{3}$
Humano	$\sim 10^{2}$
Sapo	$\sim 10^{-1}$
Mosquito	$\sim 10^{-5}$
Bactéria	$\sim 1 \times 10^{-15}$
Átomo de hidrogênio	$1{,}67 \times 10^{-27}$
Elétron	$9{,}11 \times 10^{-31}$

Medidas Físicas e Unidades

Valor aproximado de alguns intervalos de tempo:

	tempo (s)
Idade do Universo	4×10^{17}
Idade da Terra	$1{,}3 \times 10^{17}$
Idade média de um estudante na faculdade	$6{,}3 \times 10^{8}$
Um ano	$3{,}2 \times 10^{7}$
Um dia	$8{,}6 \times 10^{4}$
Período de uma aula	$3{,}0 \times 10^{3}$
Intervalo de tempo entre batimentos normais do coração	8×10^{-1}
Período de ondas sonoras audíveis	$\sim 10^{-3}$
Período de ondas de rádio normais	$\sim 10^{-6}$
Período de vibração de um átomo em um sólido	$\sim 10^{-13}$
Período de ondas luminosas visíveis	$\sim 10^{-15}$
Duração de uma colisão nuclear	$\sim 10^{-22}$
Intervalo de tempo para a luz cruzar um próton	$\sim 10^{-24}$

Definição e uso de escalas:

Prefixo	Símbolo	Equivalente Decimal	Potência de Base 10
Yotta	Y	10^{24}	1000000000000000000000000
Zetta	Z	10^{21}	1000000000000000000000
Exa	E	10^{18}	1000000000000000000
Peta	P	10^{15}	1000000000000000
Tera	T	10^{12}	1000000000000
Giga	G	10^{9}	1000000000
Mega	M	10^{6}	1000000
Quilo	k	10^{3}	1000
Hecto	h	10^{2}	100
Deca	da	10^{1}	10
Nenhum	*nenhum*	10^{0}	1
Deci	d	10^{-1}	0,1
Centi	c	10^{-2}	0,01
Mili	m	10^{-3}	0,001
Micro	µ	10^{-6}	0,000001
Nano	n	10^{-9}	0,000000001
Pico	p	10^{-12}	0,000000000001
Femto	f	10^{-15}	0,000000000000001
Atto	a	10^{-18}	0,000000000000000001
Zepto	z	10^{-21}	0,000000000000000000001
Yocto	y	10^{-24}	0,000000000000000000000001

Exemplos:

- 10^{3} m = 1 km
- 10^{-3} kg = 1 g
- 10^{-6} s = 1 µs
- 10^{-9} m = 1 nm
- 10^{3} nm = 10^{-6} m = 1 µm

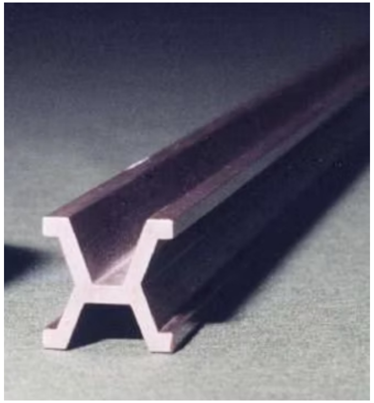
Unidades Básicas do SI

Símbolo	Nome	Quantidade
s	segundo	tempo
m	metro	comprimento
kg	kilograma	massa
A	Ampere	Corrente elétrica
K	Kelvin	temperatura
mol	mol	Quantidade de substância
cd	candela	Intensidade luminosa

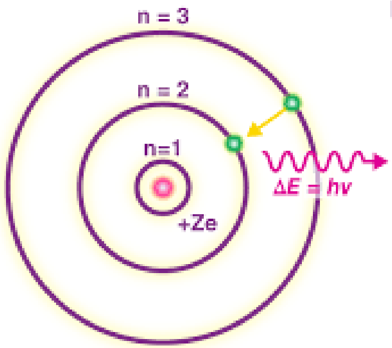
Constantes da Natureza

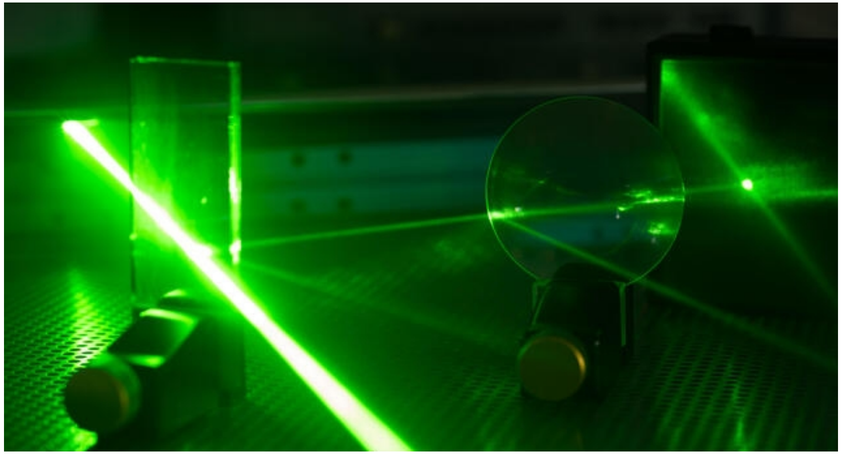
Símbolo	Nome	Quantidade
$\Delta\nu_{Cs}$	Linha espectral do Césio	9.192.631.770 Hz
c	Velocidade da luz	299.792.458 m/s
h	Constante de Planck	6.626.070.15 x 10^{-34} J.s
e	Carga do elétron	1.602.176.634 x 10^{-19} C
k	Constante de Boltzmann	1.380.649 x 10^{-23} J/K
N_A	Número de Avogadro	6.022.140.76 x 10^{23} mol^{-1}
K_{cd}	Luminosidade em 540 Thz	lúmen/Watt

Unidades Básicas do SI



Constantes da Natureza





Medidas Físicas e Unidades

Análise dimensional:

1) Na física, a dimensão determina a natureza (qualidade) de uma quantidade;

2) As dimensões de comprimento, massa e tempo são L (length), M (mass), T (time);

3) Utilizamos colchetes para denotar as dimensões de uma quantidade física;

=> A análise dimensional é muito útil para verificar a compatibilidade dos termos de uma equação.

=> Se a dimensão física do resultado não é compatível com a quantidade descrita, a equação contém erro(s).

Medidas Físicas e Unidades

Exemplos:

Distância, [d]=L

Altura, [h] = L

Área [A]=L^2

Volume [V]=L^3

Idade [i]=T

Hora [h]=T

Segundo [s]=T

Tonelada [t]=M

Grama [g]=M

Velocidade [v]=L/T

Aceleração [a]=L/T^2

Força [F]= ML/T^2

Energia [E]=ML^2/T^2

Densidade volumétrica de massa [d]=M/L^3

Medidas Físicas e Unidades

Exemplo:

Suponha a aceleração de uma partícula movendo-se com velocidade uniforme *v* em um círculo de raio r seja proprocional a alguma potência de *r* (ex., r^n) e alguma potência de *v* (ex. v^m). Determine os valores de *n* e *m* para a forma mais simples de uma equação para aceleração.

$$a \propto r^n v^m$$

$$[a] \propto [r^n v^m]$$

$$\frac{L}{T^2} \propto L^n \left(\frac{L}{T}\right)^m \implies \begin{gathered} n + m = 1 \\ m = 2 \end{gathered}$$

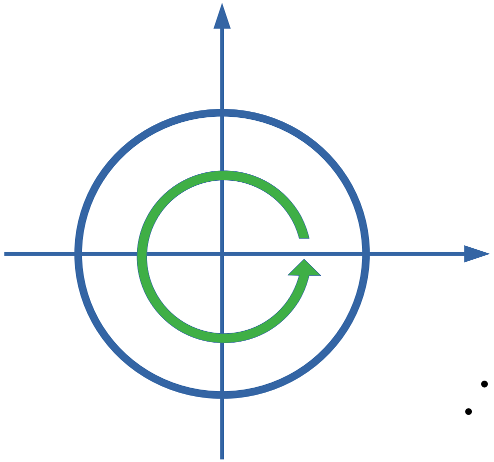
$$a \propto r^{-1} v^2 \implies a = k\frac{v^2}{r} \quad \text{onde } k \text{ é uma constante adimensional.}$$

Medidas Físicas e Unidades

Conversão de Unidades:

- muitas vezes, é necessário converter unidades de um sistema de medida para outro;
- ou convertê-las dentro de um mesmo sistema (por exemplo, de km para m);
- os fatores de conversão são dados do problema que geralmente encontrados em tabelas
- só é possível converter unidades dentro de uma mesma quantidade.

Por exemplo: **Conversão de medidas de ângulos, de grau para radiano (e vice-versa)**



1º (um grau) = 60’ (sessenta minutos de arco)
1’ (1 minuto de arco) = 60’’ (sessenta segundos de arco)

$360^o = 2\pi$ rad

rad= radiano

$$\therefore \quad 1rad = \frac{360^o}{2\pi} \approx 57.29^o \quad , \quad 1^o = \frac{2\pi rad}{360} \approx 0.017rad$$

Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: a *unidade astronômica* (*UA*) é a distância média entre a Terra e o Sol, cerca de 92,9 x 10^6 milhas. O *parsec* (*pc*) é a distância para a qual uma distância de 1 UA subentende um ângulo de exatamente 1 segundo de arco (como mostra a figura). O *ano-luz* é a distância que a luz, viajando no vácuo com uma velocidade de 186 mil milhas por segundo, percorre em um ano.

Expresse a distância entre a Terra e o Sol: a) em *parsecs, b) em* anos-luz.

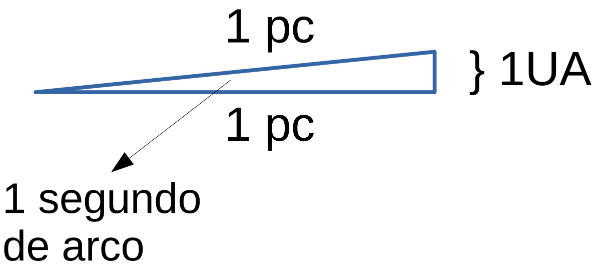
$$\text{distância entre Terra e Sol} = d_{TS}$$

$$1UA = d_{TS} = \text{ângulo}(rad) \times \text{raio}$$

$$1'' = \frac{1^o}{3600} = \frac{2\pi}{360}\frac{1}{3600}rad$$

a) $$d_{TS} = 1UA = \frac{2\pi}{360}\frac{1}{3600} \times 1pc$$

$$\approx \boxed{4.848 \times 10^{-6} pc}$$



Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: a *unidade astronômica* (*UA*) é a distância média entre a Terra e o Sol, cerca de 92,9 x 10^6 milhas. O *parsec* (*pc*) é a distância para a qual uma distância de 1 UA subentende um ângulo de exatamente 1 segundo de arco (como mostra a figura). O *ano-luz* é a distância que a luz, viajando no vácuo com uma velocidade de 186 mil milhas por segundo, percorre em um ano.

Expresse a distância entre a Terra e o Sol: a) em *parsecs, b) em* anos-luz.

$$\text{distância entre Terra e Sol} = d_{TS}$$

b) $$d_{TS} \approx 92.9 \times 10^6 \; milhas$$

$$\begin{aligned} 1ano - luz &= 1.86 \times 10^5 \; \frac{milhas}{s} \times 1 \; ano \\ &\approx 1.86 \times 10^5 \; \frac{milhas}{s} \times (365 \times 24 \times 3600) \, s \\ &\approx 5.8657 \times 10^{12} \; milhas \\ \therefore 1 \; milha &\approx \frac{10^{-12}}{5.8657} \; ano - luz \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{TS} &= 92.9 \times 10^6 \times \frac{10^{-12}}{5.8657} \; ano - luz \\ &\approx \boxed{1.58 \times 10^{-5} \; anos - luz} \end{aligned}$$

Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Um cordeirinho de estimação cresce rapidamente e sua massa é proporcional ao cubo de seu comprimento. Quando o comprimento do cordeiro varia 15,8%, sua massa aumenta 17,3 kg. Encontre a massa do cordeiro no final desse processo.

Resposta:

A massa do cordeiro (“esférico”) varia com o cubo de seu comprimento (L), portanto temos

$$m \propto L^3 \quad (\propto \text{ é o sinal matemático para proporcionalidade})$$

$$m_0 \propto L_0^3$$

Portanto, $\Delta m = m - m_0 \propto (L^3 - L_0^3)$

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{L^3 - L_0^3}{L_0^3} = \left(\frac{L}{L_0}\right)^3 - 1$$

Do enunciado,

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} = 15.8\% = 0.158 \Longrightarrow \frac{L}{L_0} = 1.158$$

$$\frac{\Delta m}{m_0} = (1.158)^3 - 1 = 0.5528$$

$$m_0 = \frac{\Delta m}{0.5528} = \frac{17.3kg}{0.5528} \approx 31.3kg$$

Portanto, a massa final do cordeiro será

$$\begin{aligned} m &= m_0 + \Delta m \\ &= 31.3kg + 17.3kg = 48.6kg \end{aligned}$$

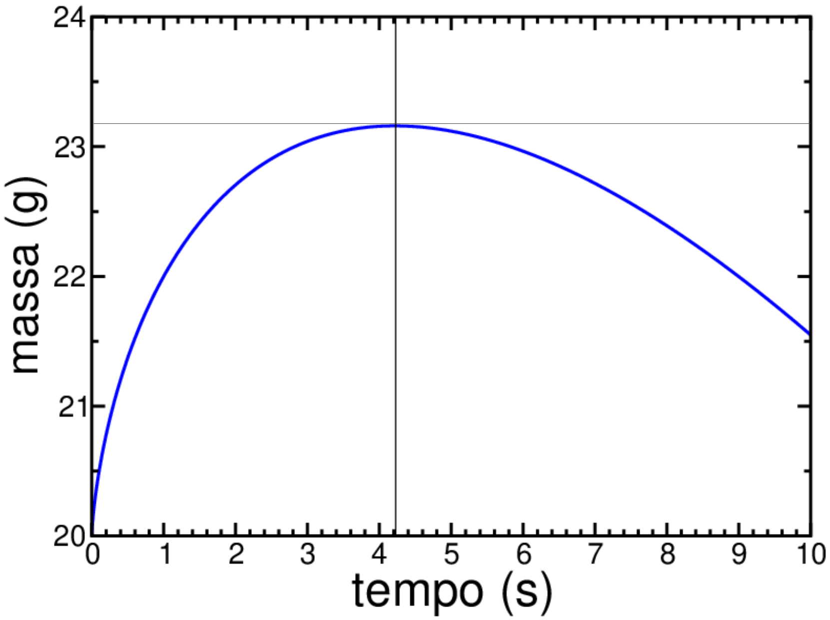
Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Despeja-se água em um recipicente que apresenta um vazamento. A massa m de água no recipiente em função do tempo t é dada por $m = 5{,}00t^{0.8} - 3{,}00t + 20$, para $t>0$, em que a massa está em gramas e o tempo em segundos. (a) Em que instante a massa de água é máxima? (b) Qual é o valor da massa nesse instante? (c) Qual a taxa de variação de massa no tempo?

Resposta:

Pelo método gráfico:

$$m(t) = 5,00t^{0.8} - 3,00t + 20$$



Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Despeja-se água em um recipicente que apresenta um vazamento. A massa m de água no recipiente em função do tempo t é dada por m = 5,00$t^{0.8}$ – 3,00t + 20, para t>0, em que a massa está em gramas e o tempo em segundos. (a) Em que instante a massa de água é máxima? (b) Qual é o valor da massa nesse instante? (c) Qual a taxa de variação de massa no tempo?

Resposta:

Pelo cálculo diferencial:

$$m(t) = 5t^{0.8} - 3t + 20$$

A taxa de variação de massa no tempo é dada pela derivada temporal de m(t),

$$\frac{d}{dt}m(t) = \frac{d}{dt}\left(5t^{0.8} - 3t + 20\right) = 4t^{-0.2} - 3$$

No instante em que a massa de água é máxima devemos ter

$$\frac{d}{dt}m(t) = 0 \Longrightarrow 4t^{-0.2} - 3 = 0$$

Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Despeja-se água em um recipicente que apresenta um vazamento. A massa m de água no recipiente em função do tempo t é dada por m = $5{,}00t^{0.8} - 3{,}00t + 20$, para t>0, em que a massa está em gramas e o tempo em segundos. (a) Em que instante a massa de água é máxima? (b) Qual é o valor da massa nesse instante? (c) Qual a taxa de variação de massa no tempo?

Resposta:

Resolvendo está equação para t: $4t^{-0.2} - 3 = 0$

$$t^{-0.2} = \frac{3}{4}$$

$$-0.2\ln(t) = \ln\left(\frac{3}{4}\right) = 0.2877$$

$$\ln t = 1.43841$$

$$t = e^{1.43841} = 4.214s$$

$$m(t = 4.214s) = 5 * (4.214)^{0.8} - 3 * (4.214) + 20$$

$$\approx 23.16g$$