

Medidas Físicas e Unidades

Objetivos da Física:

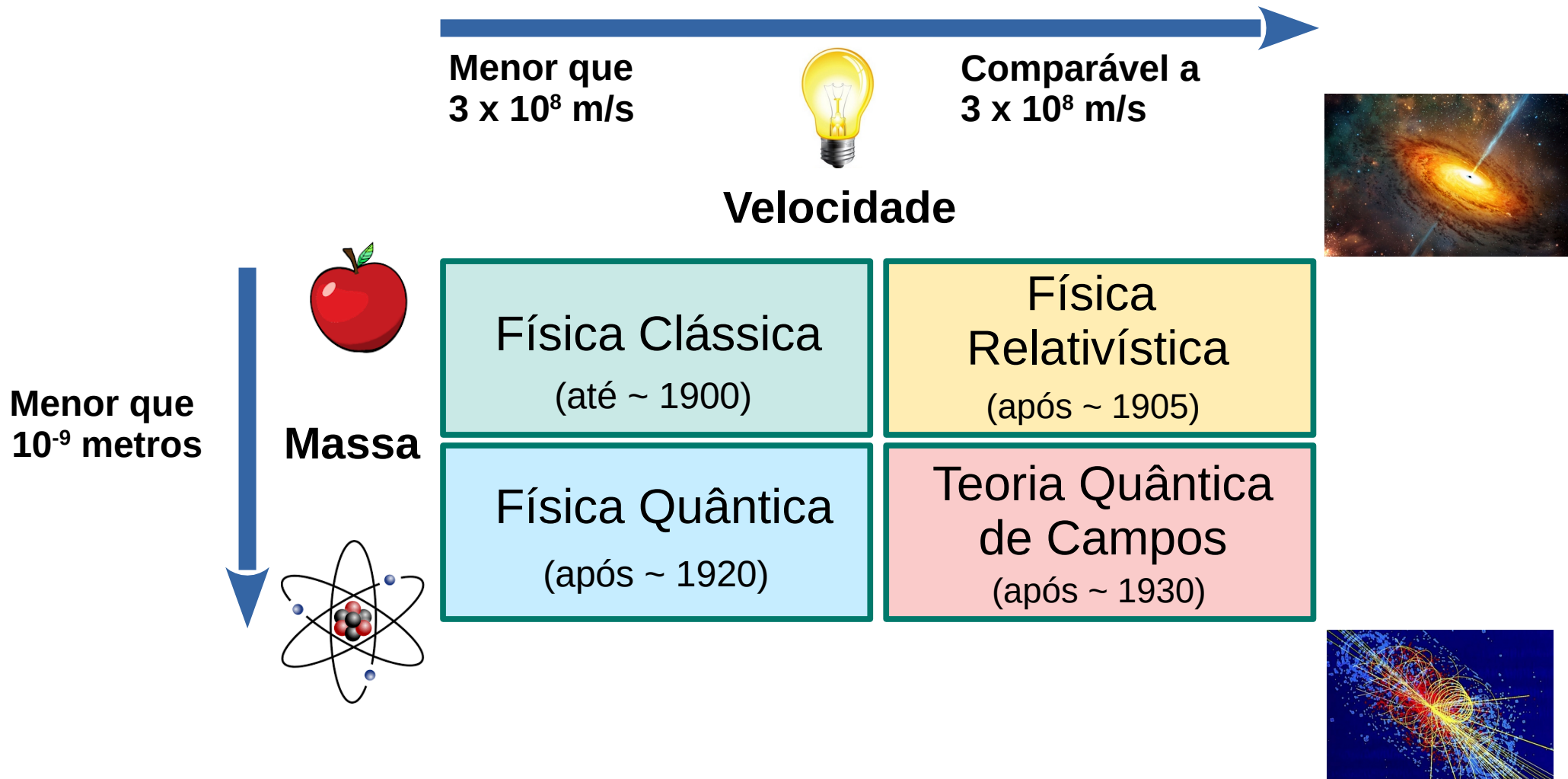
- identificar **leis fundamentais** que regem os fenômenos naturais e utilizá-las para desenvolver teorias capazes de prever resultados de experiências futuras.
- as leis fundamentais utilizadas no desenvolvimento de teorias são **expressas na linguagem matemática**, ferramenta que faz uma ponte entre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

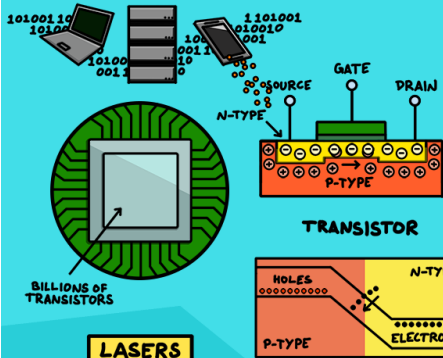
Além do estudo das leis fundamentais, também ocorre a aplicação dessas teorias em novos problemas:

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

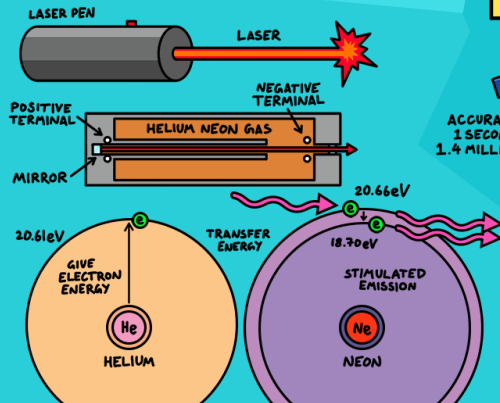


5 WAYS YOU USE QUANTUM TECHNOLOGY EVERY DAY

COMPUTERS

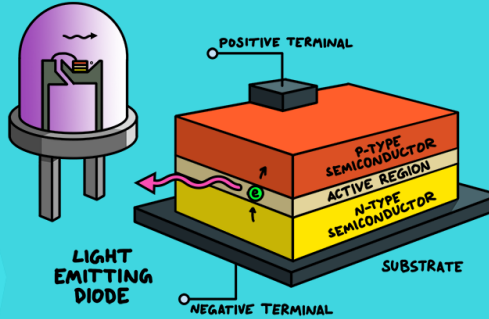


LASERS

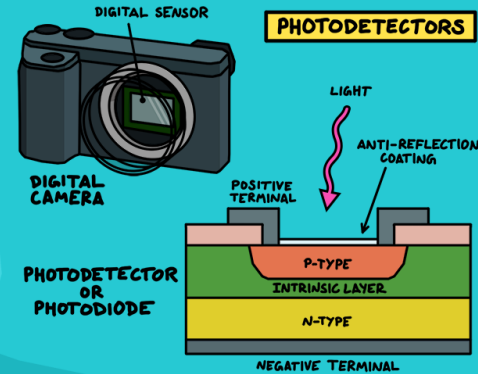


L.E.D

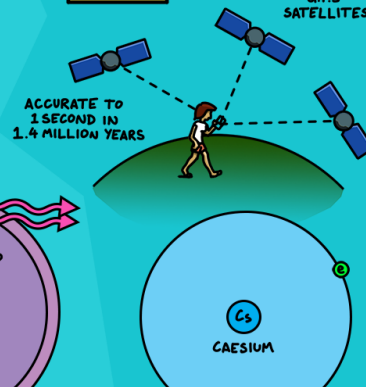
LIGHT EMITTING DIODES



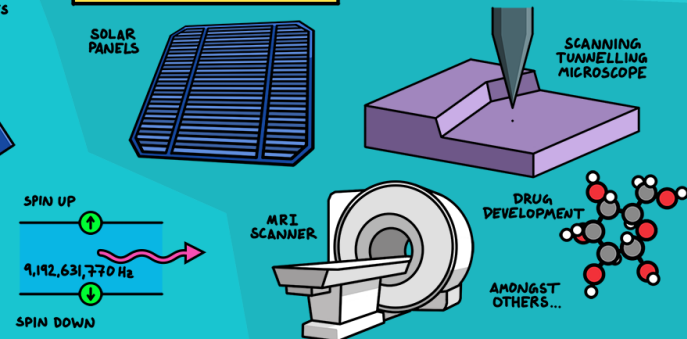
PHOTODETECTORS



G.P.S



OTHER QUANTUM TECH



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 derivadas, por exemplo:
força (Newton, $N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)
energia (Joule, $J = N \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$)
etc...

Medidas Físicas e Unidades

Comprimentos aproximados para diferentes coisas:

	Metro (m)	
Distância das galáxias mais antigas	2×10^{26}	 ~ 40 ordens de grandeza
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}	

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	$\sim 10^{-24}$

Prefixo	Símbolo	Equivalente Decimal	Potência de Base 10
<i>Yotta</i>	Y	10^{24}	1000000000000000000000000
<i>Zetta</i>	Z	10^{21}	100000000000000000000000
<i>Exa</i>	E	10^{18}	100000000000000000000000
<i>Peta</i>	P	10^{15}	10000000000000000000000
<i>Tera</i>	T	10^{12}	1000000000000000000000
<i>Giga</i>	G	10^9	100000000000000000000
<i>Mega</i>	M	10^6	1000000
<i>Quilo</i>	k	10^3	1000
<i>Hecto</i>	h	10^2	100
<i>Deca</i>	da	10^1	10
<i>Nenhum</i>	<i>nenhum</i>	10^0	1
<i>Deci</i>	d	10^{-1}	0,1
<i>Centi</i>	c	10^{-2}	0,01
<i>Mili</i>	m	10^{-3}	0,001
<i>Micro</i>	μ	10^{-6}	0,000001
<i>Nano</i>	n	10^{-9}	0,000000001
<i>Pico</i>	p	10^{-12}	0,000000000001
<i>Femto</i>	f	10^{-15}	0,000000000000001
<i>Atto</i>	a	10^{-18}	0,000000000000000001
<i>Zepto</i>	z	10^{-21}	0,000000000000000000001
<i>Yocto</i>	y	10^{-24}	0,000000000000000000000001

Definição e uso de escalas:

8

Exemplos:

- $10^3 \text{ m} = 1 \text{ km}$
- $10^{-3} \text{ kg} = 1 \text{ g}$
- $10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$
- $10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$
- $10^3 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$

Unidades Básicas do SI

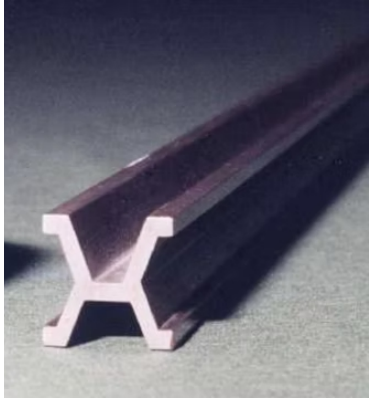
Símbolo	Nome	Quantidade
s	segundo	tempo
m	metro	comprimento
kg	kilograma	massa
A	Ampere	Corrente elétrica
K	Kelvin	temperatura
mol	mol	Quantidade de substância
cd	candela	Intensidade luminosa

Constantes da Natureza

9

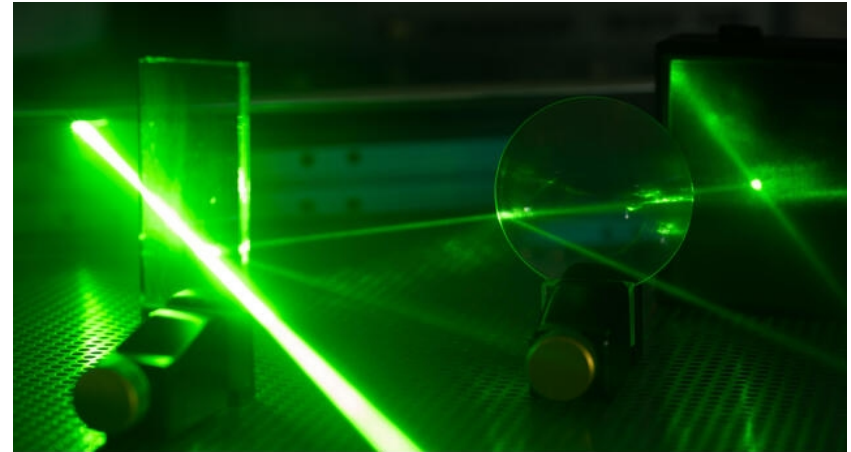
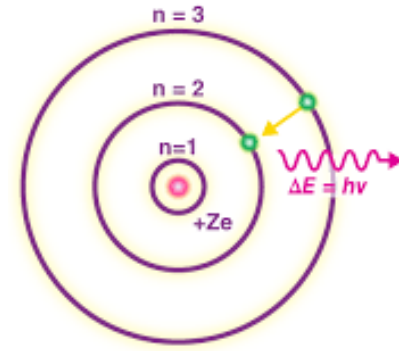
Símbolo	Nome	Quantidade
$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	Linha espectral do Césio	9.192.631.770 Hz
c	Velocidade da luz	299.792.458 m/s
h	Constante de Planck	$6.626.070.15 \times 10^{-34}$ J.s
e	Carga do elétron	$1.602.176.634 \times 10^{-19}$ C
k	Constante de Boltzmann	$1.380.649 \times 10^{-23}$ J/K
N_A	Número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

Unidades Básicas do SI



Constantes da Natureza

10



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 $[t]=M$

Gramma $[g]=M$

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 proporcional 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.

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

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

$$\frac{L}{T^2} \propto L^n \left(\frac{L}{T} \right)^m \quad \Longrightarrow \quad \begin{aligned} n + m &= 1 \\ m &= 2 \end{aligned}$$

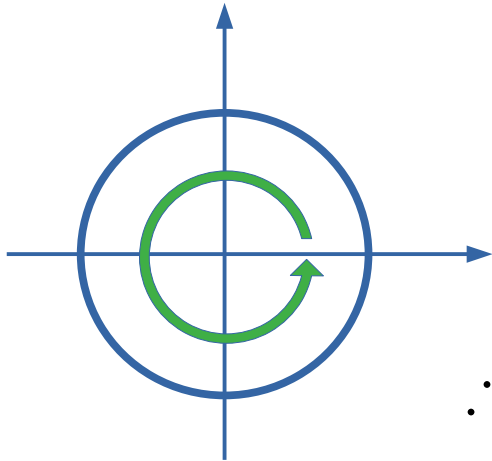
$$a \propto r^{-1} v^2 \quad \Longrightarrow \quad a = k \frac{v^2}{r} \quad \text{onde } k \text{ é uma constante adimensional.}$$

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)**



1° (um grau) = $60'$ (sessenta minutos de arco)

$1'$ (1 minuto de arco) = $60''$ (sessenta segundos de arco)

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

rad = radiano

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

Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: a *unidade astronômica (UA)* é a distância média entre a Terra e o Sol, cerca de $92,9 \times 10^6$ 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.

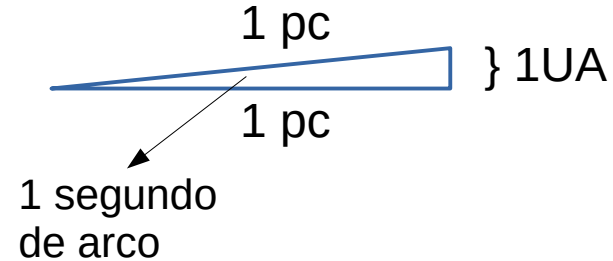
Expresse a distância entre a Terra e o Sol: a) em *parsecs*, b) em *anos-luz*.

distância entre Terra e Sol = d_{TS}

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

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

$$\begin{aligned} \text{a) } d_{TS} = 1UA &= \frac{2\pi}{360} \frac{1}{3600} \times 1pc \\ &\approx 4.848 \times 10^{-6} pc \end{aligned}$$



Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: a *unidade astronômica (UA)* é a distância média entre a Terra e o Sol, cerca de $92,9 \times 10^6$ 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*.

distância entre Terra e Sol = d_{TS}

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

$$1 \text{ ano} - \text{luz} = 1.86 \times 10^5 \frac{\text{milhas}}{\text{s}} \times 1 \text{ ano}$$

$$\approx 1.86 \times 10^5 \frac{\text{milhas}}{\text{s}} \times (365 \times 24 \times 3600) \text{ s}$$

$$\approx 5.8657 \times 10^{12} \text{ milhas}$$

$$\therefore 1 \text{ milha} \approx \frac{10^{-12}}{5.8657} \text{ ano} - \text{luz}$$

$$d_{TS} = 92.9 \times 10^6 \times \frac{10^{-12}}{5.8657} \text{ ano} - \text{luz}$$

$$\approx 1.58 \times 10^{-5} \text{ anos} - \text{luz}$$

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,

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

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

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

Portanto, a massa final do cordeiro será

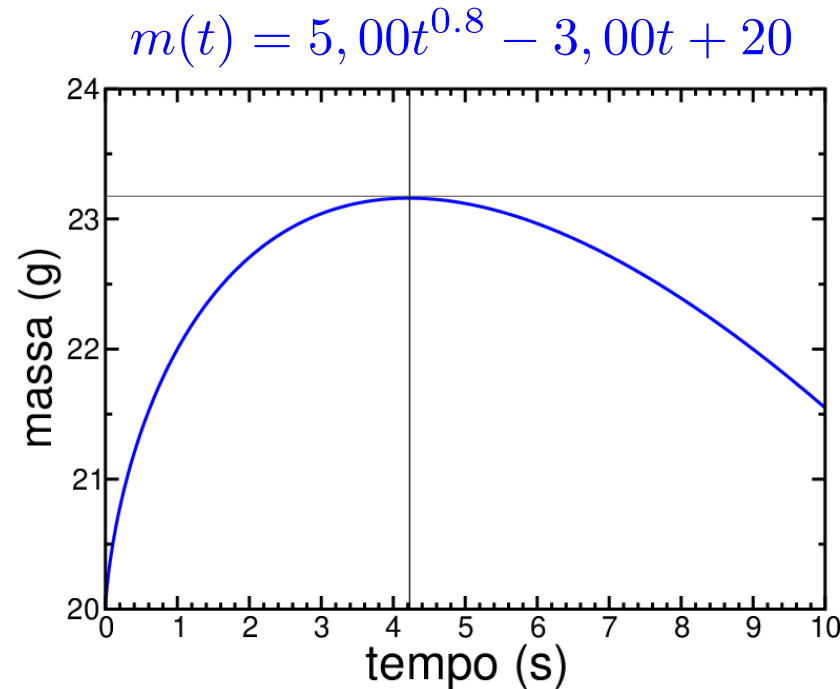
$$\begin{aligned} m &= m_0 + \Delta m \\ &= 31.3kg + 17.3kg = 48.6kg \end{aligned}$$

Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Despeja-se água em um recipiente 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:



Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Despeja-se água em um recipiente 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 cálculo diferencial:

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

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

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

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

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



Medidas Físicas e Unidades

Exemplo: Despeja-se água em um recipiente 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 esta equação para t : $4t^{-0.2} - 3 = 0$

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

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

$$\ln t = 1.43841$$

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

$$\begin{aligned} m(t = 4.214s) &= 5 * (4.214)^{0.8} - 3 * (4.214) + 20 \\ &\approx 23.16g \end{aligned}$$