



ESALQ

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo

LEB 332

Conceitos Fundamentais de Mecânica

Prof. Dr. Walter F. Molina Jr
Depto de Eng. de Biosistemas
2017

MECÂNICA CLÁSSICA

NEWTONIANA



Isaac Newton
1646 - 1727

É a área do conhecimento que estuda os movimentos, a energia e as forças que atuam sobre corpos materiais.

Estática: Estuda a causa dos movimentos

Cinemática: Estuda os movimentos sem considerar causas e consequências

Dinâmica: Estuda os movimentos e suas consequências

SISTEMA DE UNIDADES



O *Bureau International de Pesos e Medidas* (BIPM) foi criado pela Convenção do Metro, assinada em Paris, em 20 de maio de 1875 por 17 Estados, por ocasião da última sessão da Conferência Diplomática do Metro.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

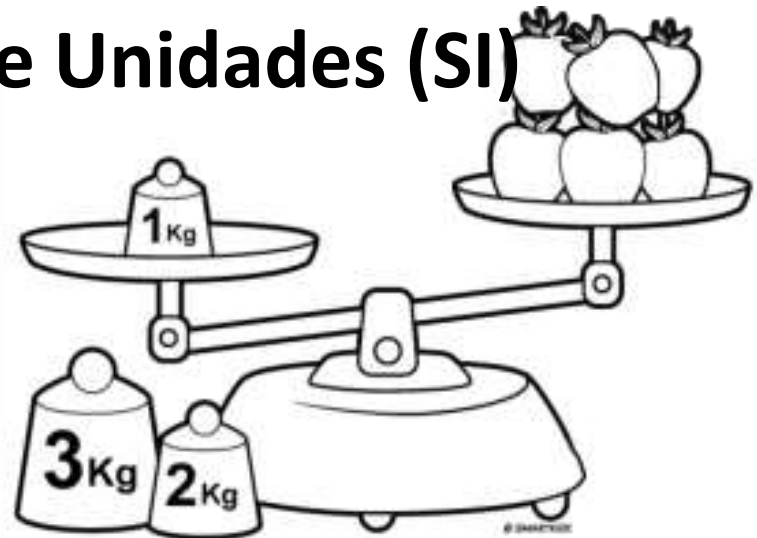


Tabela 1.1 Unidades Sistema Internacional *de Base* (INMETRO, 2007).

Grandeza	Unidade de Base		
	Nome	Símbolo	Dimensão de Base
Comprimento	metro	m	L
Massa	quilograma	kg	M
Tempo	segundo	s	T
Corrente elétrica	ampère	A	I
Temperatura termodinâmica	kelvin	K	Θ
Quantidade de matéria	mol	mol	N
Intensidade luminosa	candela	cd	J

Tabela 1.2 Unidades Sistema Internacional *Derivadas* (INMETRO, 2007).

Grandeza	Unidade de Base	
	Nome	Símbolo
Superfície	metro quadrado	m ²
Volume	metro cúbico	m ³
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s ²
Número de ondas	metro elevado à potência -1	m ⁻¹
Massa específica	quilograma por metro cúbico	Kg/m ³
Volume específico	metro cúbico por quilograma	m ³ /kg
Densidade de corrente	ampère por metro quadrado	A/m ²
Campo magnético	ampère por metro	A/m
Concentração	mol por metro cúbico	mol/m ³
Luminância	candela por metro quadrado	cd/m ²
Índice de refração	o número um	1*

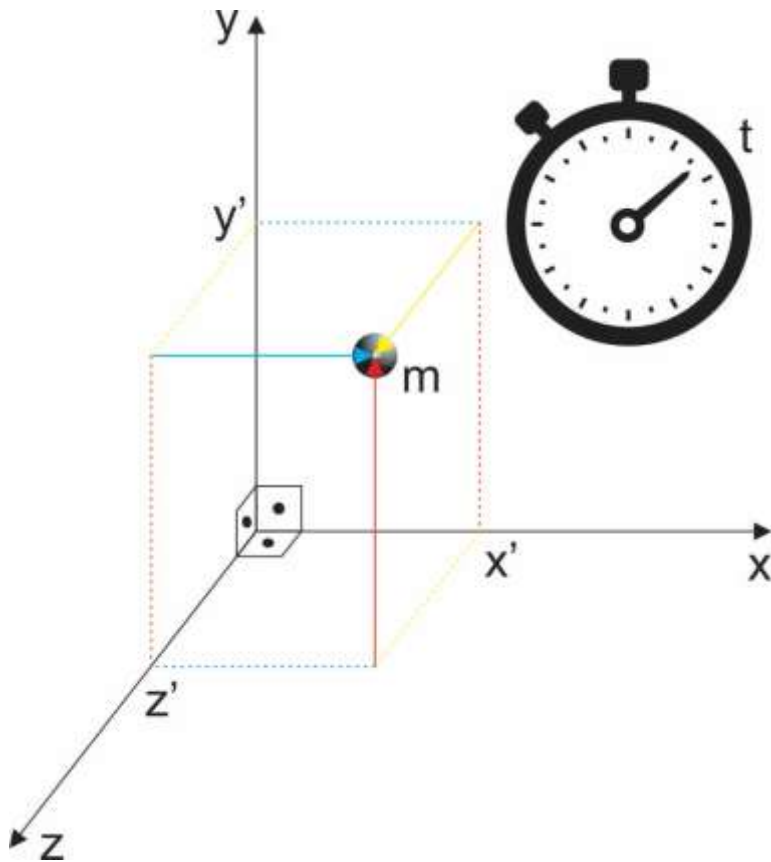
Tabela 1.4 Fatores, prefixos e símbolos dos múltiplos e submúltiplos das Unidades SI (INMETRO, 2007).

Fator	Prefixo	Símbolo
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da

Fator	Prefixo	Símbolo
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	fento	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yocto	y

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Sistema de Referencial Newtoniano



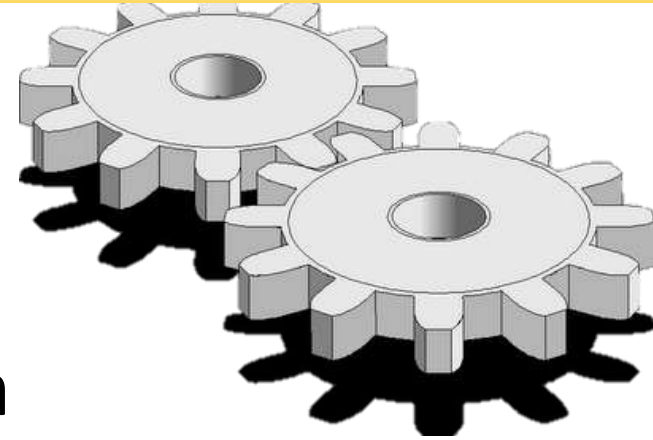
No instante t o corpo de massa m encontra-se na posição (x', y', z') do referencial inercial

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Princípio da **Inércia**

Todos os corpos permanecem em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a não ser que, sob ação de forças a eles aplicadas, sejam compelidos a mudar seu estado.

**Primeira Lei de
Newton**

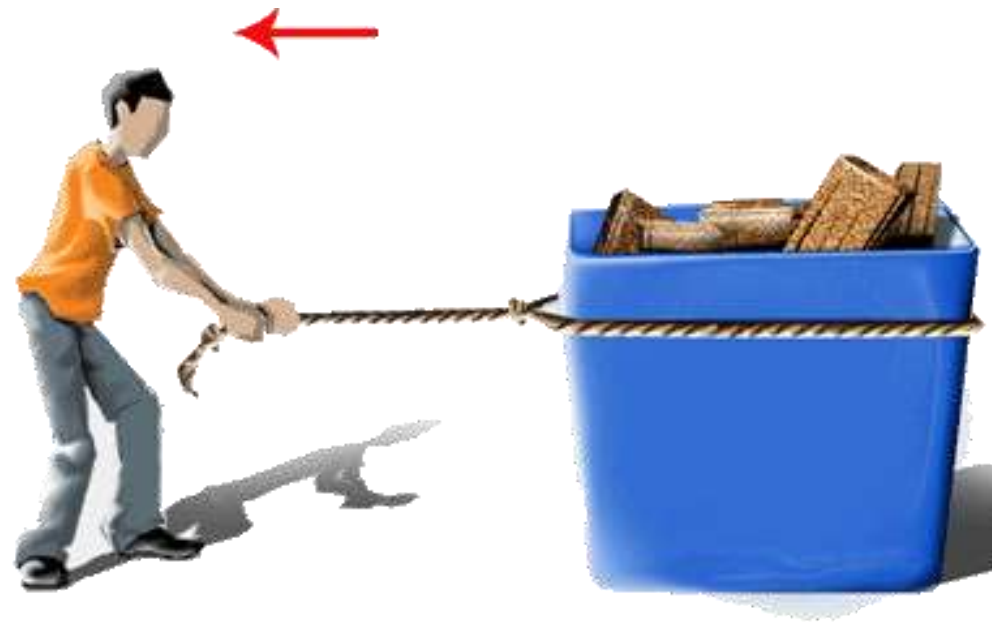


Preguiça

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Princípio Fundamental

O Que é uma
FORÇA?



Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Quantidade de Movimento



Quantidade de Movimento (Q) é a relação direta entre a massa (m) de um corpo material e sua velocidade de deslocamento (v) num dado referencial.

$$Q = m \cdot v$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Impulso

Impulso (I) é a variação da quantidade de movimento de uma partícula.

$$I = \Delta Q = Q_f - Q_i$$



Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Considerando a massa (m) da partícula constante, a sua quantidade de movimento variará de acordo com a velocidade. Então, podemos escrever:

$$Q_i = m \cdot v_i \qquad Q_f = m \cdot v_f$$

$$\Delta Q = m \cdot (v_f - v_i) = m \cdot \Delta v$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Do estudo dos movimentos (cinemática):

$$s_f = s_i + v_i t + a \frac{t^2}{2} \quad \text{e...}$$

$$v_f = v_i + at \quad \text{Portanto...}$$

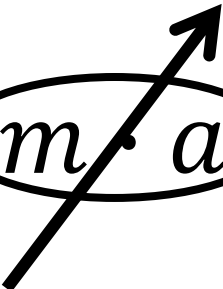
$$v_f - v_i = \Delta v = at$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Então, como visto...

$$\Delta Q = m \cdot \Delta v \quad \text{e...} \quad \Delta v = at$$

Temos...

$$\Delta Q = \cancel{m \cdot a} \cdot t \quad \text{e...} \quad I = \Delta Q$$


$$I = F \cdot t$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Princípio Fundamental

A alteração no estado de movimento de um corpo é proporcional à força aplicada à ele e ocorre na mesma direção desta força.

$$F = m \cdot a$$

**Segunda Lei de
Newton**

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Princípio de Ação e Reação

A cada ação corresponde uma reação de igual intensidade, porém em sentido contrário. Ou seja, a interação entre dois corpos provoca sempre ações mútuas em módulo, em sentidos contrários.



**Terceira Lei de
Newton**

Princípios Gerais da Mecânica Clássica



Direção?
Sentido?

Como assim?

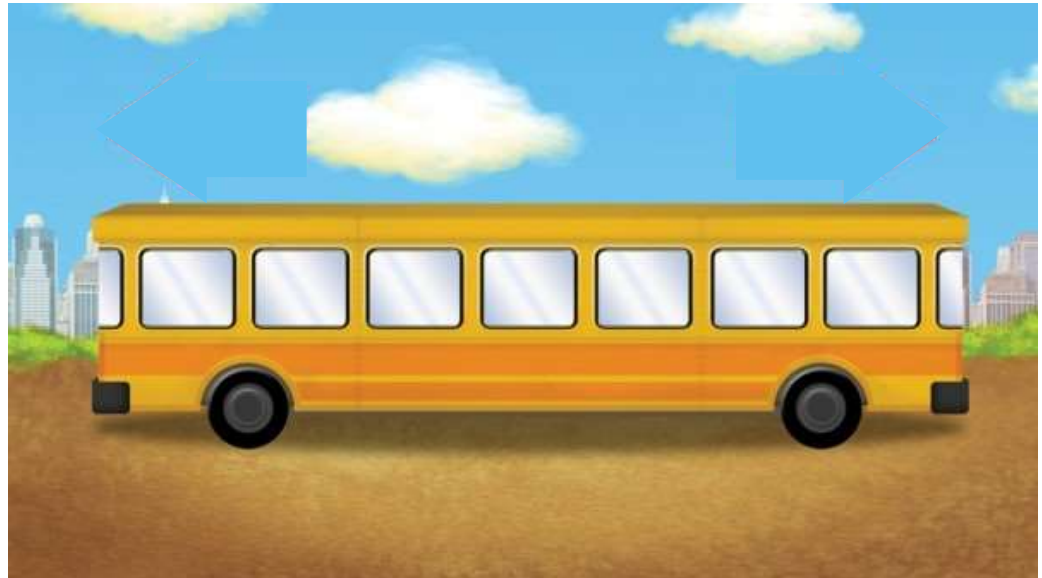


Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Grandezas Escalares



Grandezas Vetoriais



Princípios Gerais da Mecânica Clássica

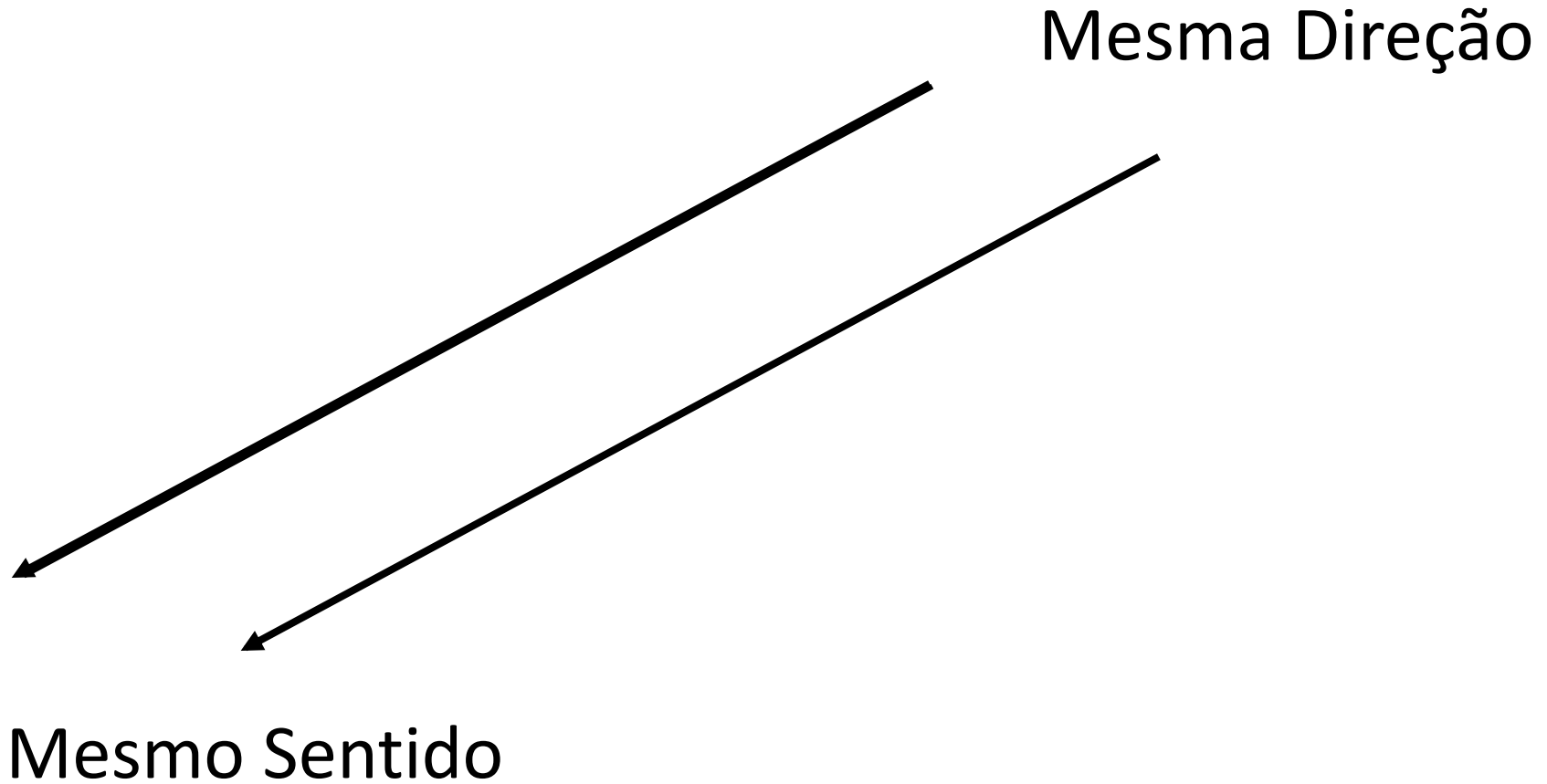
Direção?
Sentido?

Mesma Direção

Como assim?



Princípios Gerais da Mecânica Clássica



Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Grandezas Escalares e Vetoriais

Escalares: Explicam-se por si mesmas quando um número (valor) é expresso a seu respeito – massa, volume, temperatura.

Vetoriais: Necessitam de orientação dentro de um dado referencial – velocidade, força, aceleração.

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Energia

A **ENERGIA** acumulada num sistema credita-lhe a possibilidade de gerar **movimento**

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

ENERGIA CINÉTICA

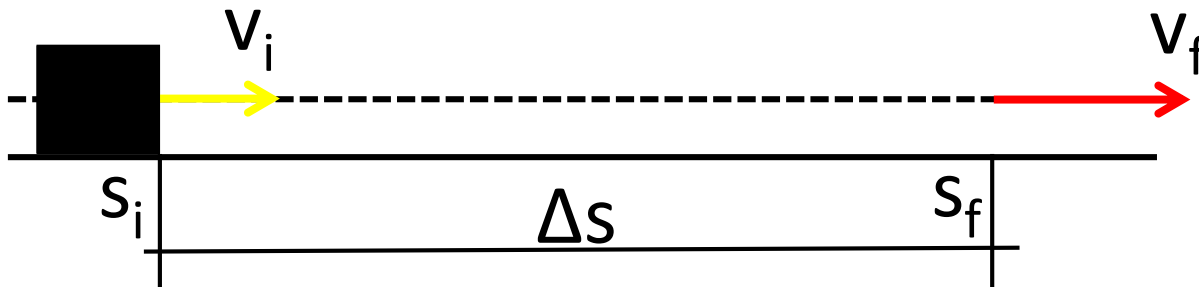
A ENERGIA CINÉTICA (E_c) pertencente a um sistema é função do movimento de suas partes e está relacionada diretamente com sua massa

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

O TRABALHO TOTAL (τ) de todas as forças atuantes num sistema físico é relação direta da variação da Energia Cinética (E_c) deste sistema.

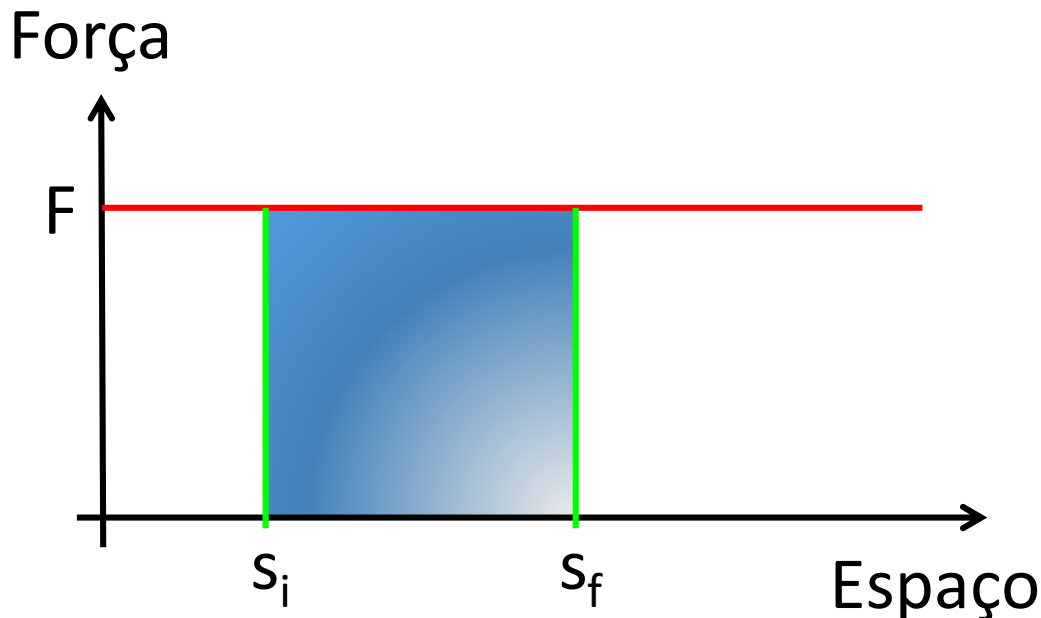


Princípios Gerais da Mecânica Clássica

TRABALHO

TRABALHO (τ) é a medida física das transformações na quantidade de energia de um dado sistema.

Num movimento retilíneo seria:



$$F \cdot \Delta s = \tau$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Do estudo dos movimentos (cinemática):

$$s_f - s_i = \Delta s = v_i t + a \frac{t^2}{2} \quad \text{e...}$$

$$v_f - v_i = \Delta v = at$$

$$\Delta s = v_i t + \frac{(v_f - v_i)t}{2}$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

$$\Delta s = v_i t + \frac{(v_f - v_i)t}{2}$$

$$\Delta s = t \left(v_i + \frac{v_f - v_i}{2} \right)$$

$$\Delta s = t \left(\frac{v_f + v_i}{2} \right)$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

$$v_f - v_i = at$$



$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$\Delta s = t \left(\frac{v_f + v_i}{2} \right)$$

$$\Delta s = \frac{(v_f + v_i)(v_f - v_i)}{2a} = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

$$\Delta s = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta s$$

EQUAÇÃO DE TORRICELLI

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

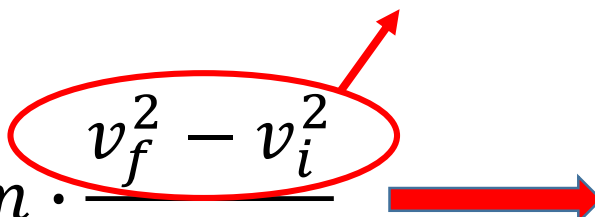
$$\Delta s = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$\tau = F \cdot \Delta s$$

$$\tau = F \cdot \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$\tau = m \cdot \cancel{a} \cdot \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\cancel{a}}$$

Velocidade

$$\tau = m \cdot \frac{v_f^2 - v_i^2}{2}$$


$$\tau = \frac{mv^2}{2} = E_c$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

POTÊNCIA

É a razão entre o *trabalho* e o *tempo*. Significa medir com que rapidez uma força (F) transforma ou transfere energia

$$P = \frac{\tau}{t} = \frac{F \cdot \Delta s}{t}$$

$$P = F \cdot v$$

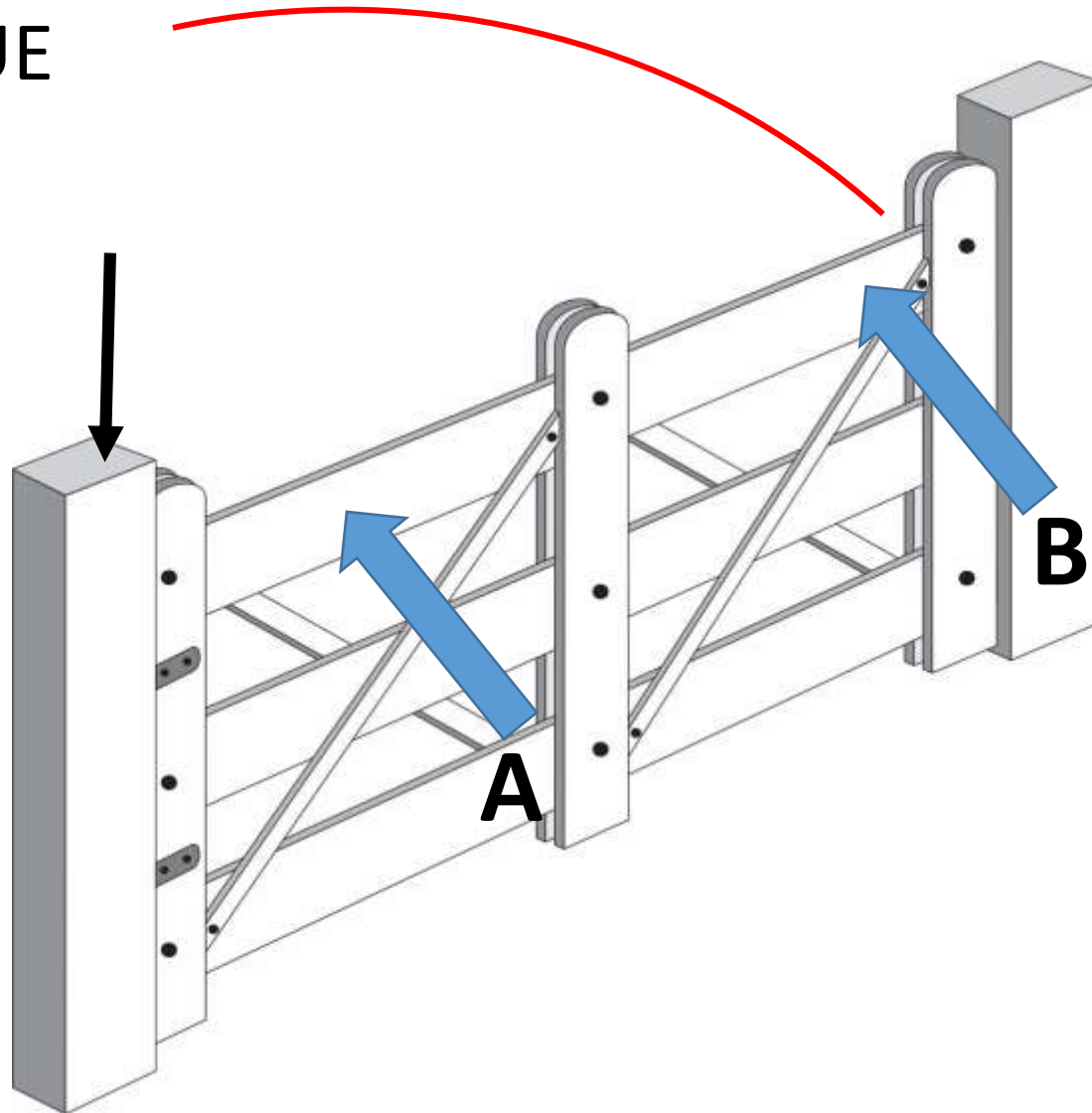
Princípios Gerais da Mecânica Clássica

TORQUE

É uma grandeza vetorial e refere-se à componente perpendicular ao ponto de rotação de uma força aplicada a um objeto que adquire tendência de girar. O ponto de rotação recebe o nome de *polo* ou pivô. A distância entre o polo e o ponto de aplicação da força é conhecida como *braço*.

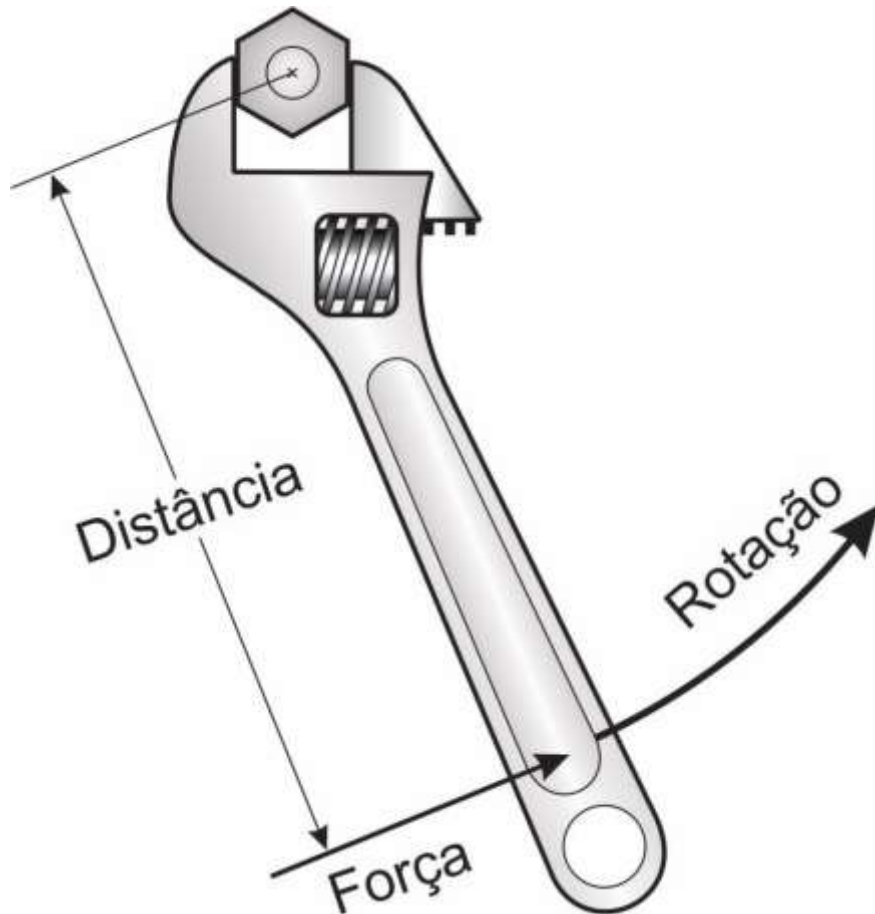
Princípios Gerais da Mecânica Clássica

TORQUE



Princípios Gerais da Mecânica Clássica

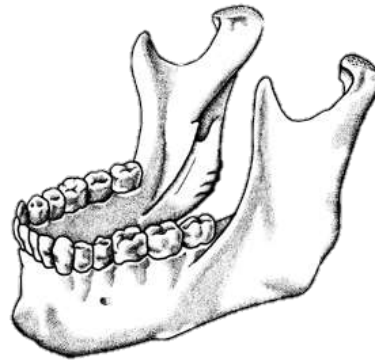
TORQUE



$$T = F \cdot b$$

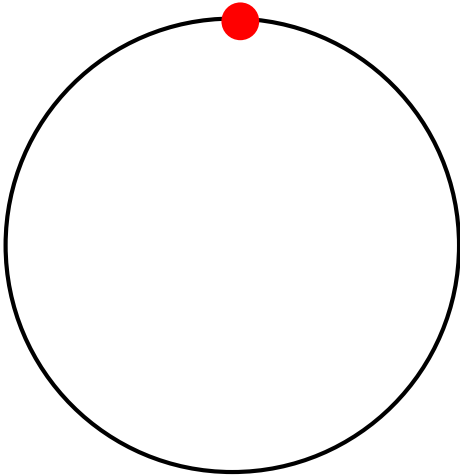
Princípios Gerais da Mecânica Clássica

TORQUE



Princípios Gerais da Mecânica Clássica

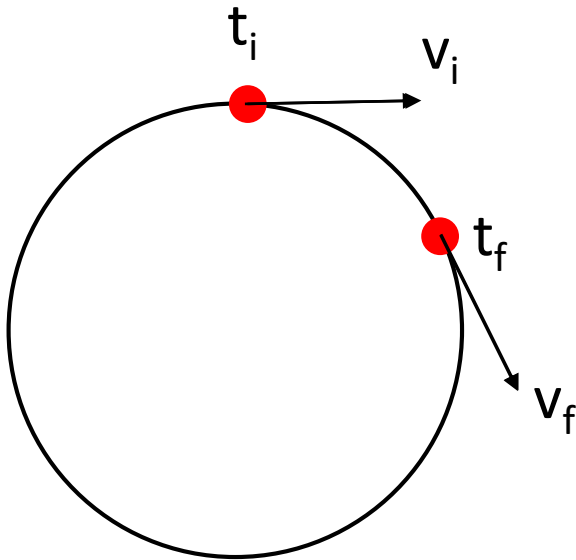
Movimento Circular Uniforme



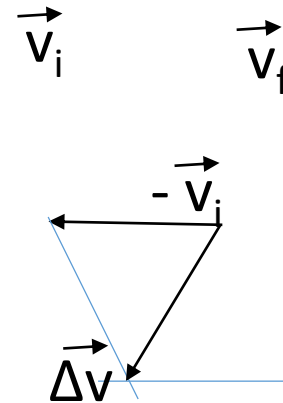
Caracteriza-se por sua trajetória ser uma circunferência e o módulo de sua velocidade ser constante.

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Movimento Circular Uniforme



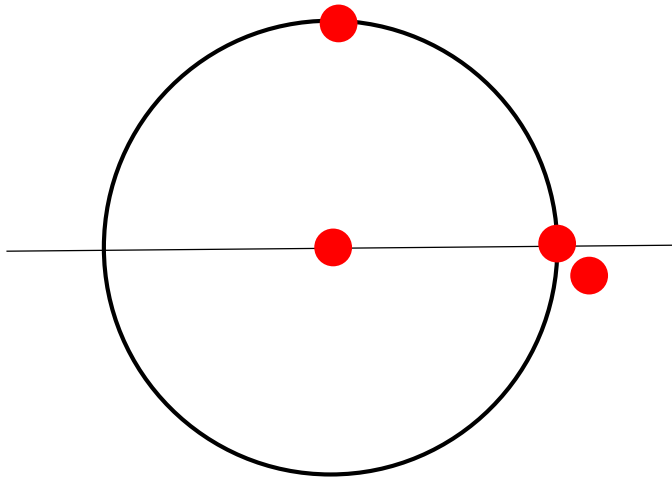
$$\Delta v = v_f - v_i$$



V – Velocidade tangencial

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Movimento Circular Uniforme



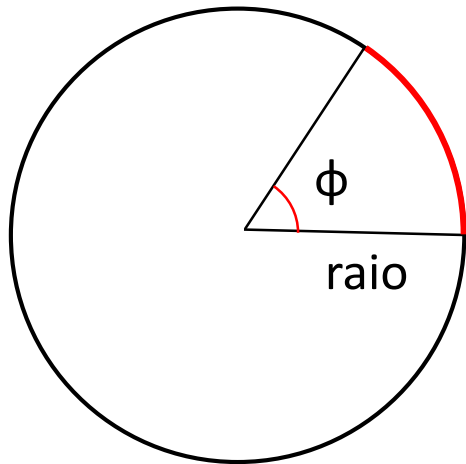
Período:

Intervalo de tempo decorrido entre as oscilações (uma volta). Normalmente representado por “ T ”. Pode ser entendido como *rotação*.

Frequência: Número de oscilações (voltas) na unidade de tempo. É o inverso do Período - $f = \frac{1}{T}$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Movimento Circular Uniforme

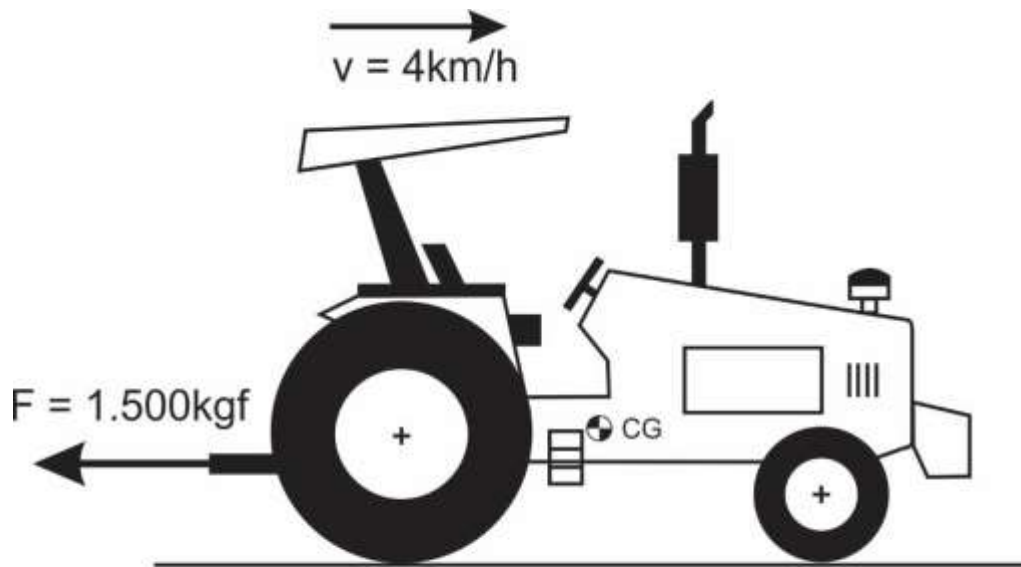


Radiano: é a medida do ângulo central formado pelo arco cujo comprimento é igual ao do raio da circunferência

π : corresponde ao número de vezes que o diâmetro cabe ao longo da circunferência
3,14159265....

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Potência no Movimento Circular

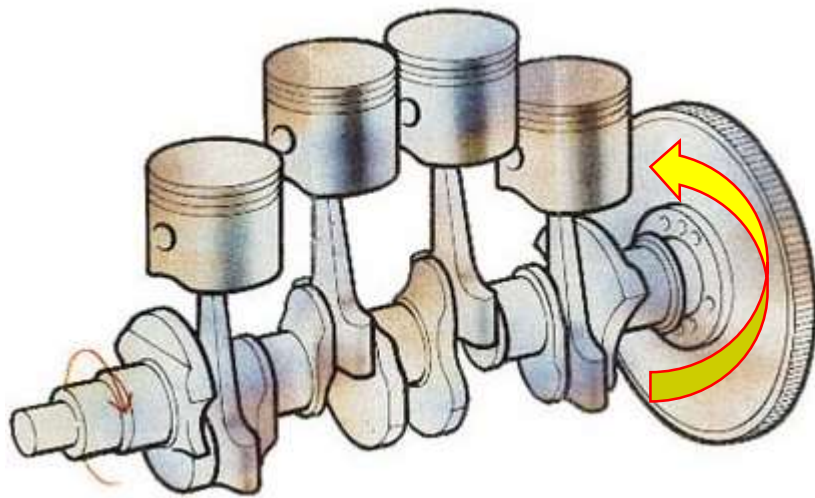


$$P = F \cdot v$$

$$P = 1.500 \cdot 4 \cdot \frac{9,8\text{N}}{1\text{kgf}} \cdot \frac{1000\text{m}}{\text{km}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 16,3\text{kW}$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Potência no Movimento Circular



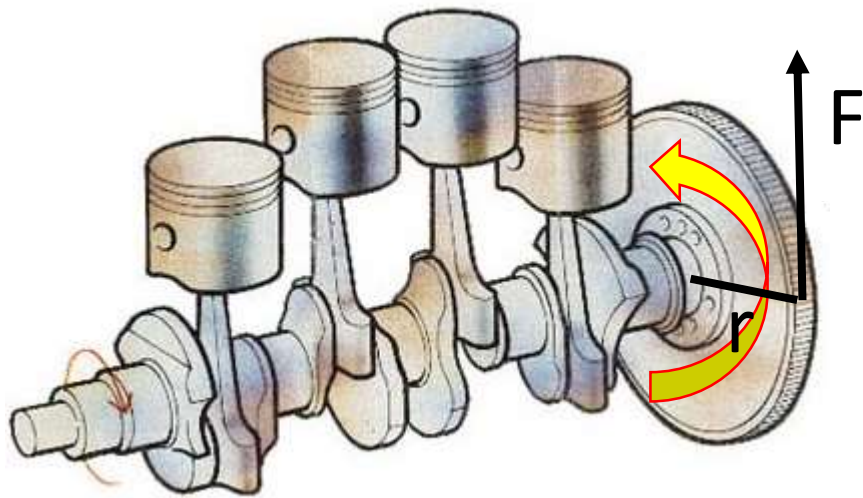
$$P = F \cdot v$$

Velocidade

angular: corresponde à variação do ângulo descrito por um ponto material ao longo de uma circunferência, num dado intervalo de tempo

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

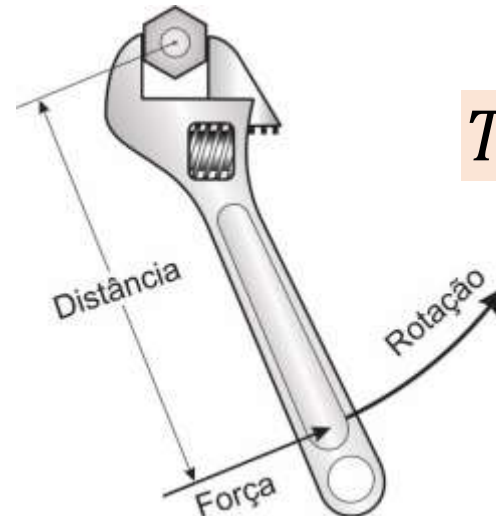
Potência no Movimento Circular



$$P = F \cdot \omega \cdot r$$

$$P = F \cdot v$$

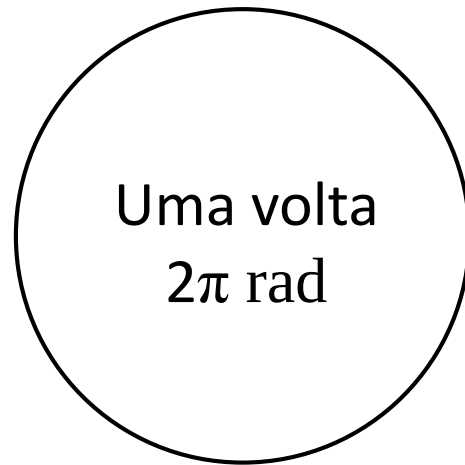
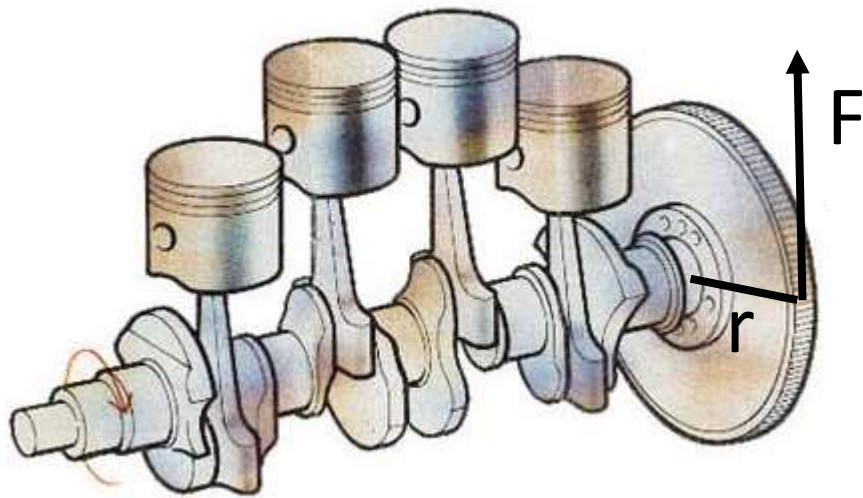
$$\omega = \frac{v}{r} \rightarrow v = \omega r$$



$$T = F \cdot b$$

Princípios Gerais da Mecânica Clássica

Potência no Movimento Circular



$$P = F \cdot \omega \cdot r \quad F \cdot r = T \quad \omega = \frac{2\pi n}{t} \quad \frac{n}{t} = N$$

$$P = 2\pi NT$$

Leitura Complementar

MOLINA JR, W.F. & ROMANELLI, T.L. Conceitos fundamentais sobre energia. In: Recursos energéticos e ambiente. Curitiba: Intersaberes, p.21-53. 2015.

MIALHE, L.G. Introdução ao estudo das fontes de potência. In: Máquinas motoras na agricultura. São Paulo: EDUSP, Vol. 1. p.1-51. 1980.

AGUIAR, M.A.M. Tópicos de mecânica clássica. 295p. 2010. Disponível em <http://sites.ifi.unicamp.br/aguiar/files/2014/10/top-mec-clas.pdf>. Acesso em 18/fev/2016.

Capítulo 1 – Conceitos Fundamentais de Mecânica Clássica – site do DEB – Arquivos de Aula – Prof. Molina