

**Márcio Azulay**

# FÍSICA

**ILUSTRADA**



**2 DINÂMICA**

**2**

# SUMÁRIO

**Física Ilustrada**  
Volume 2 • Dinâmica  
3ª Edição • 2022

- 03** Sistema Internacional
- 04** Prefixos
  
- 07** Leis de Newton
- 11** Forças
- 16** Elevadores
- 21** Plano Inclinado
- 27** Força Centrípeta
- 28** Tabela de Movimentos
  
- 33** Energia Mecânica
- 34** Conservação da Energia Mecânica
- 35** Dissipação da Energia Mecânica
- 41** Trabalho
- 47** Potência
  
- 51** Quantidade de Movimento e Impulso
- 58** Colisões

**1.** Este segundo volume se dedica a estudar os conceitos de **forças, energia mecânica** e a resolver problemas envolvendo **colisões**.

**2.** Siga os números e depois as suas respectivas setas.

**3.** Os **exercícios respondidos** estão em verde, os **desafios** estão em laranja. **Boa leitura!**





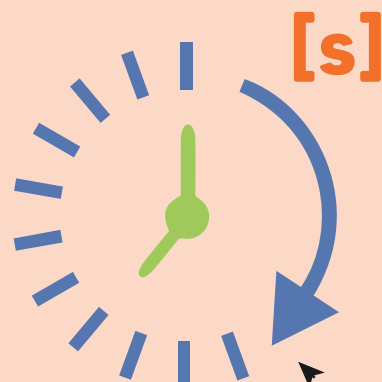
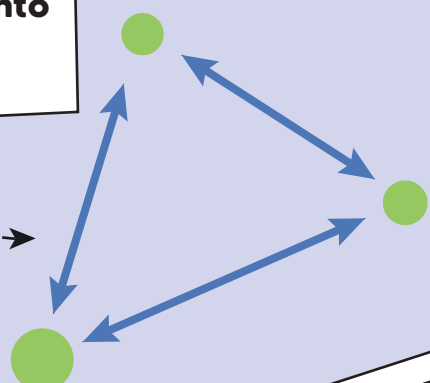
# Unidades de Medida

1. Para fazer ciência, é necessário seguir algumas regras básicas. Na física em geral, é comum se utilizar um padrão para as unidades de medida; para isso foi criado o **Sistema internacional de Medidas (S.I.)**

2. São 3 grandezas principais no SI: **Comprimento, massa e tempo.**

3. Para distância ou **comprimento** é utilizado o **metro (m)**.

[m]



[s]

5. E usaremos o **segundo (s)** para medir o **tempo**.

4. Para medir a **massa** de um corpo, o padrão utilizado é o **quilograma (kg)**.

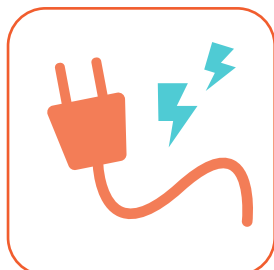
[kg]



www.marcioazulayexatas.com

Existem outras unidades do S.I. que veremos mais adiante, são elas:

CORRENTE ELÉTRICA



Ampere (A)

QUANTIDADE DE MATÉRIA

$6 \times 10^{23}$

Mol (mol)

TEMPERATURA



Kelvin (K)

ÂNGULOS



Radianos (rad)

Todas as outras medidas são derivadas dessas medidas fundamentais. Por exemplo, para medir a **velocidade** de um corpo, usaremos a combinação entre **distância** e **tempo**: metros por segundo [m/s]

# Prefixos

É comum também encontrar alguns prefixos nas unidades, eles serão utilizados para substituir números muito **grandes** (como massas de planetas) e até números muito **pequenos** (como distâncias entre átomos). Veja a seguir os principais prefixos usados na física:



## O grande

quilo

**k<sub>-</sub>**

**10<sup>3</sup>**

mega

**M<sub>-</sub>**

**10<sup>6</sup>**

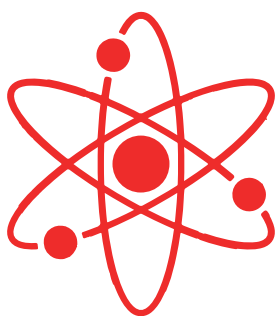
giga

**G<sub>-</sub>**

**10<sup>9</sup>**

**Ex:** 2 km = 2 quilômetros =  $2 \times 10^3$  m  
2 MHz = 2 megahertz =  $2 \times 10^6$  Hz  
2 GW = 2 gigawatts =  $2 \times 10^9$  W

www.marcioazulayexatas.com



## O pequeno

mili

**m<sub>-</sub>**

**10<sup>3</sup>**

micro

**μ<sub>-</sub>**

**10<sup>6</sup>**

nano

**n<sub>-</sub>**

**10<sup>9</sup>**

**Ex:** 2 ms = 2 milisegundos =  $2 \times 10^{-3}$  s  
2 μJ = 2 microjoules =  $2 \times 10^{-6}$  J  
2 nm = 2 nanômetros =  $2 \times 10^{-9}$  m

**01 (Respondido)** "Em apenas 2 minutos, um carro de 1,2 toneladas consegue percorrer 3,6 quilômetros por uma rodovia."

Transforme todas as medidas do texto anterior para suas respectivas unidades do S.I. (Sistema Internacional de Medidas).

### RESOLUÇÃO

Minutos deve ser transformado para segundos, multiplique por 60:

$$2 \text{ min} \times (60) = 120 \text{ s}$$

Toneladas deve ser transformado para quilogramas (kg), multiplique por 1000:

$$1,2 \text{ to} \times (1000) = 1200 \text{ kg}$$

Quilômetros deve ser transformado para metros , multiplique por 1000:

$$3,6 \text{ km} \times (1000) = 3600 \text{ m}$$

**02.** "Todas as manhãs, João sai de sua casa e caminha por 4 minutos até a padaria; compra 500 g de pão e retorna a sua casa que fica a 0,2 km de distância"

Transforme todas as medidas do texto anterior para suas respectivas unidades do S.I. (Sistema Internacional de Medidas).

**03 (Respondido)** Substitua os prefixos pelas suas potências de 10 equivalentes:

- a) 1,2 mm
- b) 500 kW

### RESOLUÇÃO

a) O prefixo "m" (mili) deve ser substituído por  $10^{-3}$ :

$$1,2 \text{ mm} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \text{metro(s)}$$

b) O prefixo “k” (quilo) deve ser substituído por  $10^3$ :

$$500 \text{ kW} = 500 \times 10^3 \text{ W} \quad \text{Watt(s)}$$

**04.** Substitua os prefixos a seguir pelas suas potências de 10 equivalentes:

- a)  $10 \mu\text{m}$
- b)  $0,2 \text{ GW}$
- c)  $15 \text{ nC}$
- d)  $0,1 \text{ mA}$
- e)  $5 \text{ kJ}$
- f)  $72 \text{ MN}$

## RESPOSTAS

**02.** 4 minutos = 240 s ; 500 gramas = 0,5 kg ; 0,2 km = 200 m

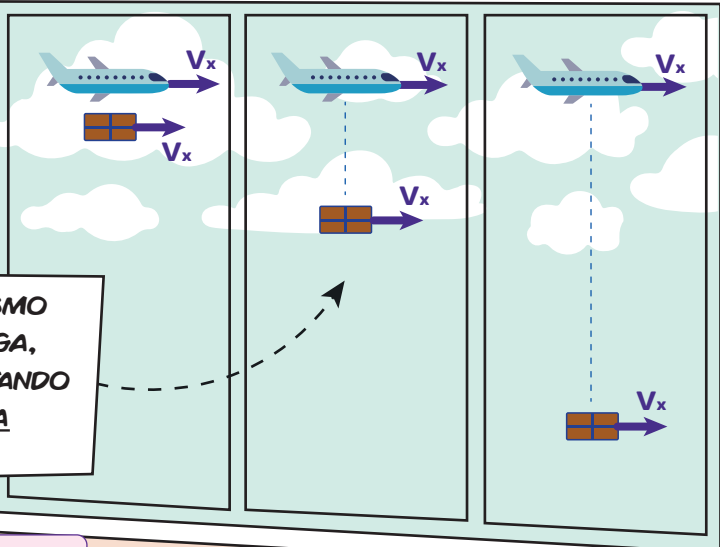
- 04.**
- a)  $10 \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6} \text{ m}$  (metros)
  - b)  $0,2 \text{ GW} = 0,2 \times 10^9 \text{ W}$  (watts)
  - c)  $15 \text{ nC} = 15 \times 10^{-9} \text{ C}$  (Coulombs)
  - d)  $0,1 \text{ mA} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ A}$  (Amperes)
  - e)  $5 \text{ kJ} = 5 \times 10^3 \text{ J}$  (Joules)
  - f)  $72 \text{ MN} = 72 \times 10^6 \text{ N}$  (Newtons)

# Leis de Newton

## 1ª Lei - Inércia

1. "TODO CORPO PERSISTE EM SEU ESTADO DE REPOUSO, OU MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME, A MENOS QUE SEJA APLICADO UMA FORÇA SOBRE ELE"

2. ISSO EXPLICA PORQUE MESMO APÓS O AVIÃO SOLTAR A CARGA, ELA CONTINUARÁ SE MOVIMENTANDO PARA A DIREITA COM A MESMA VELOCIDADE DO AVIÃO.



## 2ª Lei - Princípio Fundamental

1. "A ACELERAÇÃO ADQUIRIDA POR UM CORPO É DIRETAMENTE PROPORCIONAL À FORÇA IMPRIMIDA SOBRE ELE E INVERSAMENTE A SUA MASSA"

2. ELA BASICAMENTE PODE SER RESUMIDA NESSA:

3. OU SEJA, QUANTO MAIOR A FORÇA SOBRE UM CORPO, MAIOR SERÁ A ACELERAÇÃO DELA, MAS CORPOS COM MAIOR MASSA ACELERAM MENOS.



$$F = m \cdot a$$

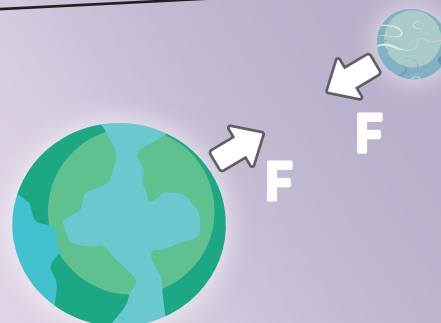
F: Força [Newtons - N]  
m: massa do corpo [kg]  
a: aceleração [m/s<sup>2</sup>]

## 3ª Lei - Ação e Reação

1. "A TODA FORÇA DE AÇÃO HÁ SEMPRE UMA REAÇÃO DE IGUAL INTENSIDADE E SENTIDO OPOSTO."

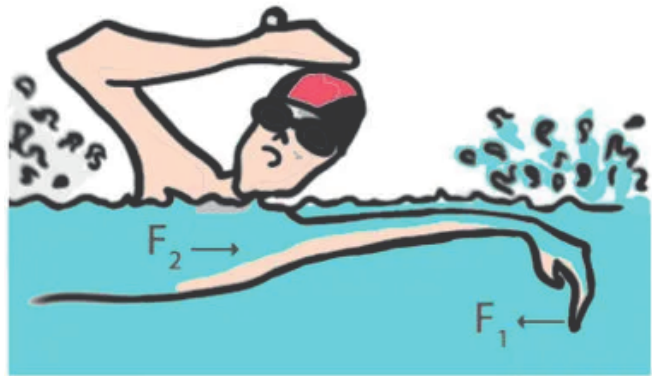
2. DA MESMA FORMA QUE A TERRA "ATRAI" A LUA...

...A LUA TAMBÉM ATRAI A TERRA COM FORÇA IGUAL.



A MASSA DA LUA É MENOR DO QUE A DA TERRA, ISSO PERMITE QUE ELA SOFRA A MAIOR ACELERAÇÃO E ORBITE O PLANETA.

**01.** (IF-GO) Um nadador, conforme mostrado na figura, imprime uma força com as mãos na água ( $F_1$ ) trazendo-a na direção de seu tórax. A água, por sua vez, imprime uma força no nadador ( $F_2$ ) para que ele se mova para frente durante o nado.



Assinale a resposta correta:

- a) Esse princípio obedece à Lei da Inércia, uma vez que o nadador permanece em seu estado de movimento.
- b) Obedecendo à Lei da Ação e Reação, o nadador imprime uma força na água para trás e a água, por sua vez, empurra-o para frente.
- c) O nadador puxa a água e a água empurra o nadador, obedecendo à Lei das Forças (segunda Lei de Newton).
- d) Nesse caso, é o nadador que puxa seu corpo, aplicando uma força nele próprio para se movimentar sobre a água.
- e) O nadador poderá mover-se, pois a força que ele aplica na água é maior do que a resultante das forças que a água aplica sobre ele.

**02.** Analise as afirmações a respeito da inércia e marque a alternativa falsa: (brasilecola.uol.com.br)

- a) A massa é a medida quantitativa da inércia.
- b) Na falta de atrito, um corpo em movimento permanecerá em movimento perpetuamente.
- c) A situação de movimento retilíneo uniforme é denominada de equilíbrio dinâmico.
- d) A tendência de um corpo em movimento uniforme e com aceleração constante é manter-se em movimento perpetuamente.
- e) O princípio da inércia é enunciado para corpos que estejam em repouso ou em velocidade constante

**03 (Respondido)** Um drone consegue aplicar uma força máxima de 100 N, ele foi usado para puxar uma caixa de 20 kg sobre um plano horizontal. Determine:

- a) A aceleração adquirida pela caixa em um plano sem atrito.
- b) A aceleração adquirida pela caixa em um plano que gera 20N de atrito.

**RESOLUÇÃO**

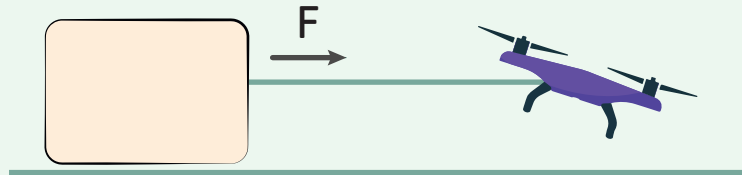
a) A única força que atua sobre a caixa é a de 100 Newtons, utilize a equação da segunda lei:

$$F_{(resultante)} = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a$$

$$100 = (20) \cdot a$$

$$a = 5 \text{ m/s}^2$$



b) Existem duas forças: a criada pelo drone e o atrito que puxa no sentido inverso (reação ao movimento):

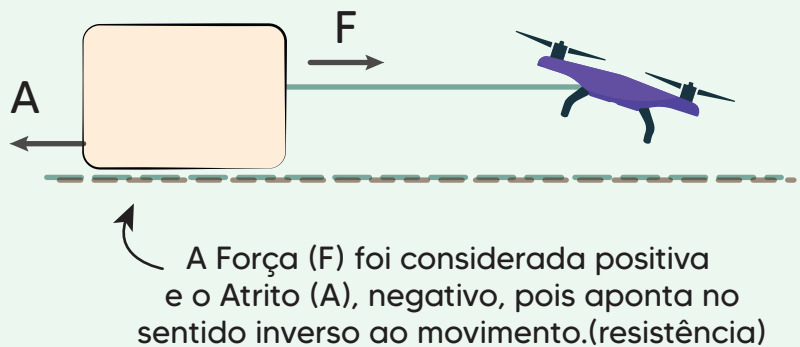
$$F_{(resultante)} = m \cdot a$$

$$F - A = (20) \cdot a$$

$$100 - 20 = (20) \cdot a$$

$$80 = (20) \cdot a$$

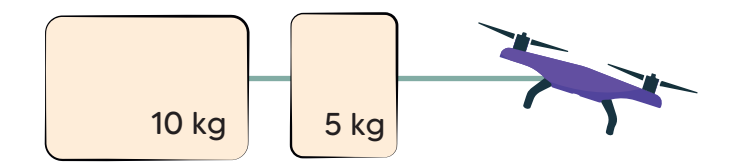
$$a = 4 \text{ m/s}^2$$



**04.** Um drone consegue aplicar uma força máxima de 120 N, ele foi usado para puxar uma caixa de 16 kg sobre um plano horizontal. Determine:

- a) A aceleração adquirida pela caixa em um plano sem atrito.
- b) A aceleração adquirida pela caixa em um plano que gera 8 N de atrito.

**05.** Um drone consegue aplicar uma força máxima de 12 N, ele foi usado para puxar duas caixas, uma de 10kg e outra de 5kg sobre um plano sem atrito, determine a aceleração sofrida pelos dois blocos.



**06.** Um drone consegue aplicar uma força máxima de 12 N, ele foi usado para puxar duas caixas separadamente, uma de 10kg e depois outra de 5kg sobre um plano sem atrito, determine a aceleração sofrida pelos dois blocos.



## RESPOSTAS

**01. Letra B** - Ação e Reação - Toda ação possui uma reação de mesmo valor, mesma direção, mas sentido oposto

**02. Letra D** - Se um corpo está em Movimento Uniforme, a sua velocidade é constante, ou seja, sua aceleração deve ser zero!

(Aceleração: Grandeza que mede a variação da velocidade de um corpo)

**04. a)  $7,5 \text{ m/s}^2$  ; b)  $7 \text{ m/s}^2$**

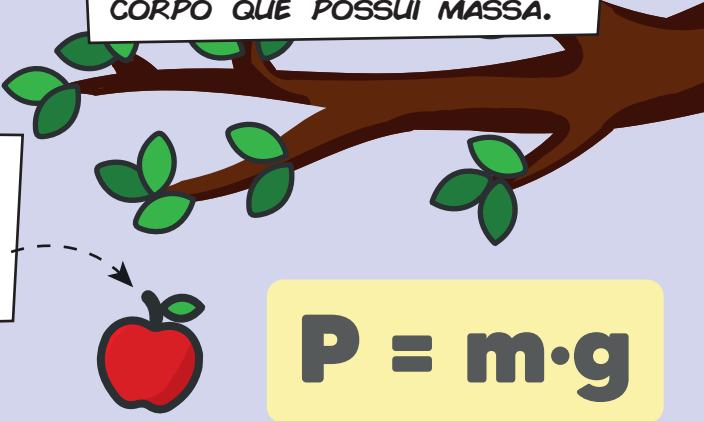
**05. a)  $0,8 \text{ m/s}^2$**  Dica: O sistema possui 15 kg (10 + 5)

**06. a)  $1,2 \text{ m/s}^2$  e  $2,4 \text{ m/s}^2$**  Dica: A aceleração adquirida pelo corpo é inversamente proporcional a sua massa: o corpo menor sempre acelera mais.



# Forças

## PESO



**1. É A FORÇA GERADA PELO CAMPO GRAVITACIONAL EM UM CORPO QUE POSSUI MASSA.**

**2. ESSA FORÇA SEMPRE ESTÁ APONTADA PARA “BAIXO”, EM DIREÇÃO AO CENTRO DO PLANETA, DA ESTRELA, LUA...**

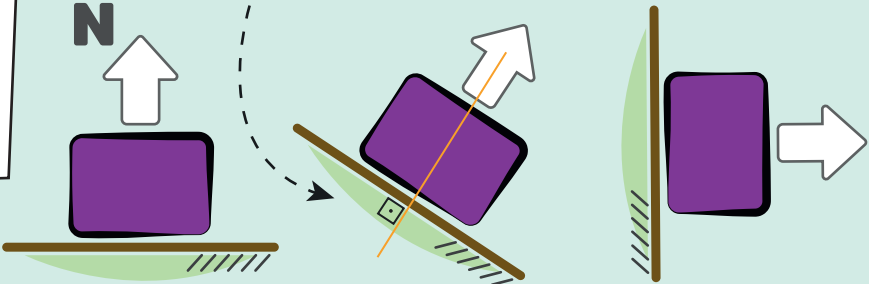
**3. ELA É ACHADA PELO PRODUTO ENTRE A MASSA (M) E A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL.**

$$P = m \cdot g$$

[Newtons - N]

m: massa do corpo [kg]  
g: gravidade [m/s<sup>2</sup>]

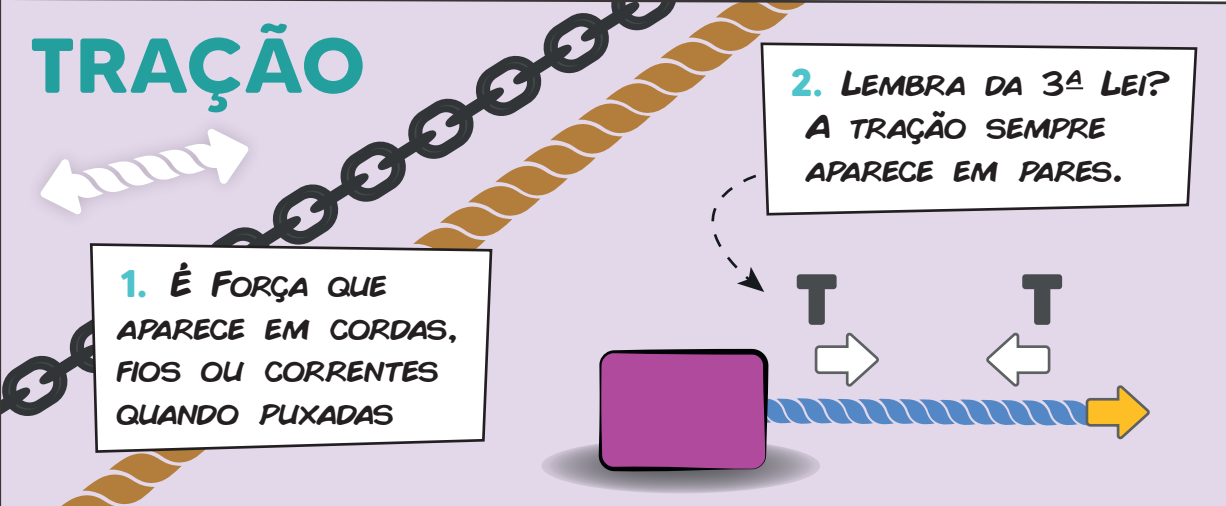
## NORMAL



**1. É A FORÇA REAÇÃO AO CONTATO CRIADO ENTRE O OBJETO E O PLANO.**

**2. PERCEBA QUE ESSA FORÇA É SEMPRE PERPENDICULAR (90°) AO PLANO DE CONTATO.**

## TRAÇÃO

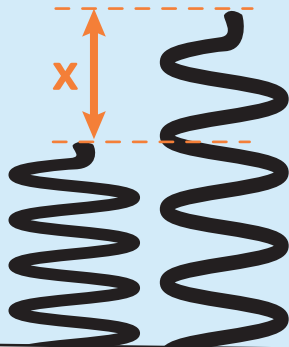
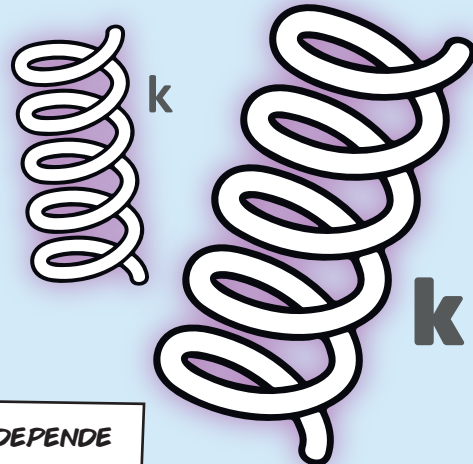


**1. É FORÇA QUE APARECE EM CORDAS, FIOS OU CORRENTES QUANDO PUXADAS**

**2. LEMBRA DA 3ª LEI? A TRAÇÃO SEMPRE APARECE EM PARES.**

# ELÁSTICA

1. FORÇA QUE TENTA RESTAURAR O COMPRIMENTO INICIAL DE UM CORPO QUE FOI DEFORMADO (MOLAS E ELÁSTICOS).



2. ESSA FORÇA DEPENDE PRINCIPALMENTE DA NATUREZA DO MATERIAL DE FABRICAÇÃO DA MOLA E DE SUAS DIMENSÕES

REPRESENTAREMOS ESSAS CARACTERÍSTICAS COM UMA CONSTANTE "K" (CONSTANTE ELÁSTICA).

3. E TAMBÉM DEPENDE DA DEFORMAÇÃO "X" SOFRIDA POR ELA (QUANTO MAIS DEFORMADA, MAIOR SERÁ A FORÇA DE REAÇÃO FEITA PELA MOLA)

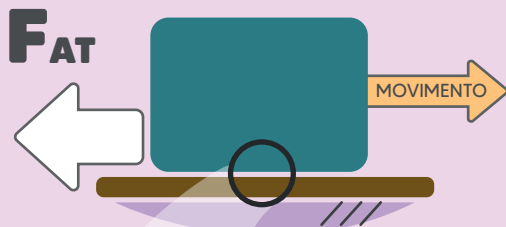
$$F_{EL} = k \cdot x$$

[Newtons - N]

k: const. elástica [N/m]  
x: deformação [m]

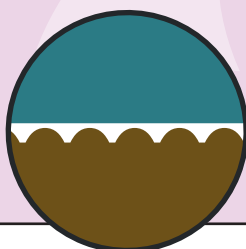
4. VEJA A FÓRMULA:

# ATRITO



1. FORÇA DE RESISTÊNCIA AO MOVIMENTO QUANDO ELA ARRASTA POR UMA SUPERFÍCIE

2. ELA DEPENDE UNICAMENTE DO CONTATO ENTRE O CORPO E O PLANO (NORMAL) E DO TIPO DE CONTATO ENTRE ELAS QUE PODE SER MAIS RUGOSO OU LISO (REPRESENTADO PELO COEFICIENTE "μ")



$$F_{AT} = N \cdot \mu$$

[N]

N: Força Normal [N]  
μ: Coeficiente de Atrito

**01 (Respondido)** Você verá na tabela ao lado alguns planetas do sistema solar e suas respectivas acelerações gravitacionais na superfície:

Determine o peso de uma pessoa com massa de 70 kg na superfície da Terra e de Mercúrio.

PLANETA	$a$ (m/s <sup>2</sup> )
Mercúrio	3,5
Vênus	9,0
Terra	10,0
Júpiter	23,5

### RESOLUÇÃO

Use a fórmula do peso:

**Na Terra:**

$$P = m \cdot a$$

$$P = (70) \cdot (10)$$

$$P = 700 \text{ N}$$

**Em Mercúrio**

$$P = m \cdot a$$

$$P = (70) \cdot (3,5)$$

$$P = 245 \text{ N}$$

**02.** Use a tabela da questão anterior para descobrir o peso que um astronauta com 80 kg de massa teria na superfície de Vênus e de Júpiter.

**03.** Um menino possui peso de 350 N na Terra, Qual é a massa dele?

**04 (Respondido)** Uma mola comum possui constante elástica de deformação igual a 200 N/m. Determine a força elástica exercida por essa mola quando deformada em 20 cm.

### RESOLUÇÃO

Transforme a deformação para metros (20 cm = 0,2 m) e use na fórmula da força elástica

$$F_{EL} = k \cdot x$$

$$F_{EL} = (200) \cdot (0,2)$$

$$F_{EL} = 40 \text{ N}$$

**05.** Uma mola consegue exercer uma força de 500 Newtons para cada metro de deformação, determine a força elástica caso ela seja deformada em 15 cm.

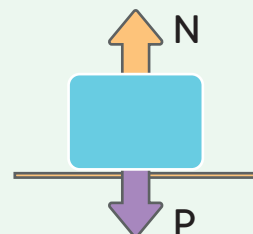
**06.** Para deformar uma mola com 50 cm até metade de seu comprimento inicial, é necessário uma força de compressão igual a 80 N. Determine a constante elástica dessa mola.

**07 (Respondido)** Um bloco com 40 kg de massa está sendo arrastada por uma superfície horizontal com atrito de coeficiente  $\mu$  igual a 0,8, determine a força de atrito entre o bloco e a superfície.

### RESOLUÇÃO

Para achar o contato entre o bloco e a superfície, faça um diagrama de forças verticais.

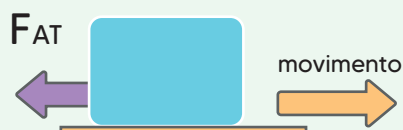
Veja que o peso é a única força responsável pelo contato entre o bloco e a superfície, logo, a força normal é igual ao peso:



$$\begin{aligned} N &= P \\ N &= m \cdot g \\ N &= (40) \cdot (10) \\ N &= 400 \text{ N} \end{aligned}$$

Use esse valor encontrado na fórmula do atrito:

$$\begin{aligned} F_{\text{AT}} &= N \cdot \mu \\ F_{\text{AT}} &= (400) \cdot (0,8) \\ F_{\text{AT}} &= 320 \text{ N} \end{aligned}$$



**08.** Um bloco com 50 kg está sendo arrastada por uma superfície cujo coeficiente de atrito é igual a 0,15, determine a resistência gerada pelo contato.

### RESPOSTAS

**02. 720 N em Vênus e 1880 N em Júpiter**

**03. 35 kg**

**05. 75 N**      **06. 320 N/m**      Dica:  $x = 0,25 \text{ m}$

**08. 75 N**

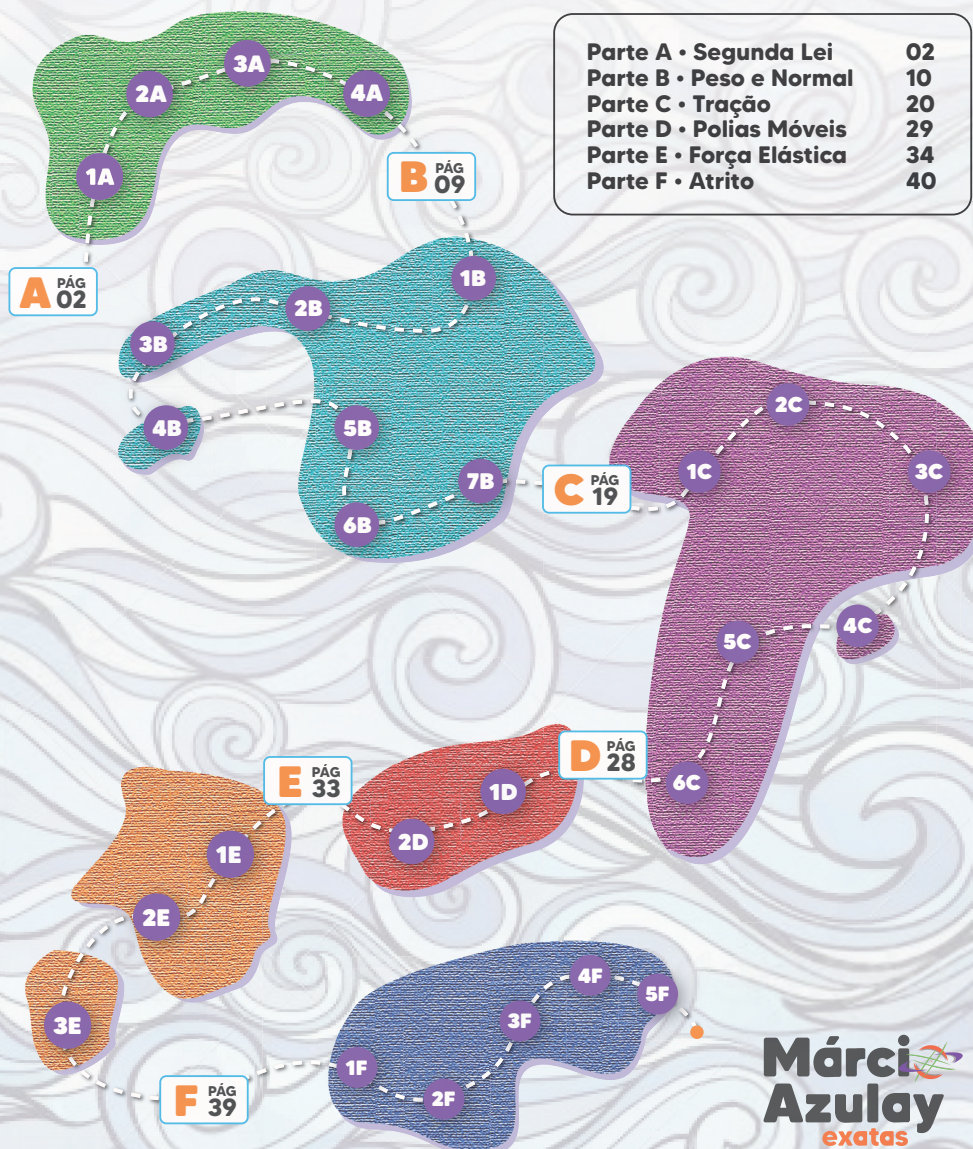


# Quer se tornar um MESTRE em **LEIS DE NEWTON**?

Agora é o momento perfeito para ler o capítulo especial:

## FÍSICA ILUSTRADA

### Capítulo Especial Problemas com Blocos



# Subindo no Elevador

LEIA ESSE CAPÍTULO DE BAIXO PARA CIMA

6. NESSE MOMENTO, A PESSOA QUE ESTÁ NO INTERIOR DESSE ELEVADOR SE SENTE MAIS LEVE QUE O NORMAL

5. ACONTECE UMA SUBIDA RETARDADA (DESACELERADA)

4. E O INVERSO ACONTECE QUANDO A PESSOA CHEGA NO SEU DESTINO, O ELEVADOR QUE ANTES ESTAVA EM MOVIMENTO, PRECISA PARAR

3. DURANTE ESSE PERÍODO, SENTIMOS UMA SENSAÇÃO DE PESO QUE É MAIOR QUE O NOSSO PESO REAL.

2. O PRIMEIRO É QUANDO ENTRAMOS NO ELEVADOR E ELE COMEÇA A SUBIR, TEMOS A CHAMADA: SUBIDA ACELERADA.

1. EXISTEM 2 MOVIMENTOS IMPORTANTES QUE ACONTECEM QUANDO UMA PESSOA ENTRA EM UM ELEVADOR QUE ESTÁ SUBINDO



# Descendo no Elevador

1. AQUI TAMBÉM EXISTEM DOIS MOVIMENTOS IMPORTANTES A SEREM MENCIONADOS

2. O PRIMEIRO ACONTECE QUANDO A PESSOA ESTÁ NO ELEVADOR QUE COMEÇA A DESCER (DESCIDA ACELERADA)

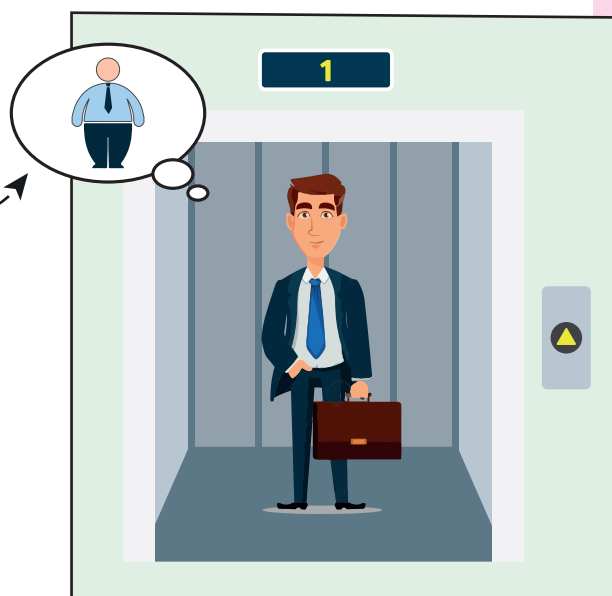
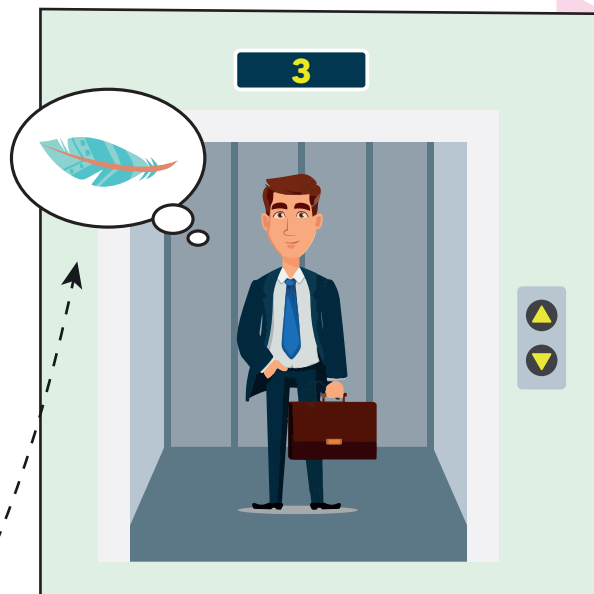
3. POR INÉRCIA DE MOVIMENTO, O PASSAGEIRO SE SENTE MAIS LEVE QUE O NORMAL

4. É QUANDO CHEGA AO SEU DESTINO (SOLO) O ELEVADOR PRECISA PARAR

5. ESSE SEGUNDO É CHAMADO DE DESCIDA RETARDADA.

6. POR UM BREVE MOMENTO, O PASSAGEIRO SE SENTE MAIS PESADO QUE O NORMAL.

\*O PESO REAL DO PASSAGEIRO NUNCA MUDA, SOMENTE O PESO APARENTE QUE MUDA EM FUNÇÃO DO MOVIMENTO.



# Como resolver problemas?

1. PRIMEIRO IDENTIFIQUE O TIPO DE MOVIMENTO

2. A PESSOA NO INTERIOR DO ELEVADOR SE SENTE MAIS LEVE OU PESADA?

3. CASO A SENSÇÃO SEJA DE LEVEZA, USE A FÓRMULA A SEGUIR

$$F = \text{PESO APARENTE} - \text{PESO REAL}$$

4. ELE SERÁ USADO PARA SUBIDA RETARDADA OU UMA DESCIDA ACELERADA.

4. E CASO SEJA UMA SENSÇÃO DE PESO, USE A FÓRMULA:

$$F = \text{PESO REAL} - \text{PESO APARENTE}$$

5. USE EM CASOS DE SUBIDA ACELERADA OU DESCIDA RETARDADA

## O que é o Peso Aparente?

2. EM EXERCÍCIOS, ELE PODE SER APRESENTADO COMO A FORÇA NORMAL (CONTATO), COMO UMA MARCAÇÃO NA BALANÇA OU ATÉ A TRAÇÃO NOS CABOS QUE O SUSTENTAM

1. É A APENAS O PESO QUE O CORPO "APARENTE" TER POR ESTAR DENTRO DE UM ELEVADOR EM MOVIMENTO





**01 (Respondido)** Uma pessoa com 70 kg está no interior de um elevador que sobe acelerado com aceleração constante de  $2 \text{ m/s}^2$ .

Determine o peso real e o peso aparente do passageiro.

### RESOLUÇÃO

Para achar o peso real, usaremos a fórmula:

$$P_{(\text{REAL})} = m \cdot g$$

$$P_{(\text{REAL})} = (70) \cdot (10)$$

$$P_{(\text{REAL})} = 700 \text{ N}$$

Para uma subida acelerada, use a relação a seguir:

$$F = P_{(\text{APARENTE})} - P_{(\text{REAL})}$$

$$m \cdot a = P_{(\text{APARENTE})} - 700$$

$$(70) \cdot (2) = P_{(\text{APARENTE})} - 700$$

$$140 = P_{(\text{APARENTE})} - 700$$

$$P_{(\text{APARENTE})} = 840 \text{ N}$$

Perceba que o peso aparente é maior que o peso real, isso significa que ele se sente mais pesado que o normal.

$$840 > 700$$



**02.** Uma pessoa com 70 kg está no interior de um elevador que sobe retardado com desaceleração constante de  $2 \text{ m/s}^2$ . Determine o peso aparente do passageiro.

**03.** Uma pessoa com 70 kg está no interior de um elevador que desce retardado com desaceleração constante de  $2 \text{ m/s}^2$ . Determine o peso aparente do passageiro.

**04.** Uma pessoa com 70 kg está no interior de um elevador que desce acelerado com aceleração constante de  $2 \text{ m/s}^2$ . Determine o peso aparente do passageiro.

**05 (Respondido)** Um elevador com 500 kg de massa leva 3 passageiros com com 75 kg cada chega ao térreo de um edifício com desaceleração constante de  $1 \text{ m/s}^2$ . Determine a tração exercida pelos cabos nesse instante.

## RESOLUÇÃO

A tração exercida pelos cabos do elevador durante a parada é o peso aparente que aparece nas fórmulas.

Mas também devemos lembrar que os cabos estão sustentando o peso dos 3 passageiros e do próprio elevador, veja o peso real do sistema:

$$P_{(\text{REAL})} = P_{(\text{passageiros})} + P_{(\text{elevador})}$$

$$P_{(\text{REAL})} = 3 \cdot (75) \cdot (10) + (500) \cdot (10)$$

$$P_{(\text{REAL})} = 2250 + 5000$$

$$P_{(\text{REAL})} = 7250 \text{ N}$$

Para uma descida retardada, use a relação a seguir:

$$F = P_{(\text{APARENTE})} - P_{(\text{REAL})}$$

$$m \cdot a = P_{(\text{APARENTE})} - 7250$$

$$(725) \cdot (1) = P_{(\text{APARENTE})} - 7250$$

$$725 = P_{(\text{APARENTE})} - 7250$$

$$P_{(\text{APARENTE})} = 7975 \text{ N}$$

$$T = 7975 \text{ N}$$

Perceba que o peso aparente é maior que o peso real, isso significa que durante o movimento os cabos sofrem uma maior tração do que o normal.  $7975 > 7250$

**06.** Um elevador com 700 kg de massa leva 4 passageiros com 75 kg cada para o décimo andar de um edifício, determine a tração nos cabos quando o elevador começa a desacelerar com intensidade de  $0,8 \text{ m/s}^2$  no topo.

**07.** Um foguete começa a decolar com aceleração constante de  $4 \text{ m/s}^2$ , determine a força de contato entre um passageiro de 70 kg com o seu assento.

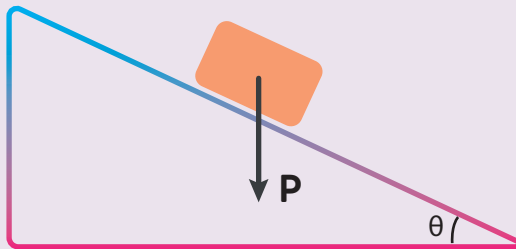
**08.** Um homem com 80 kg de massa está sobre uma balança comum no interior de um elevador que está subindo. Nesse exato momento vê que a marcação na balança é de 840 N. Essa é uma subida acelerada ou retardada? Qual é o valor da aceleração?

## RESPOSTAS

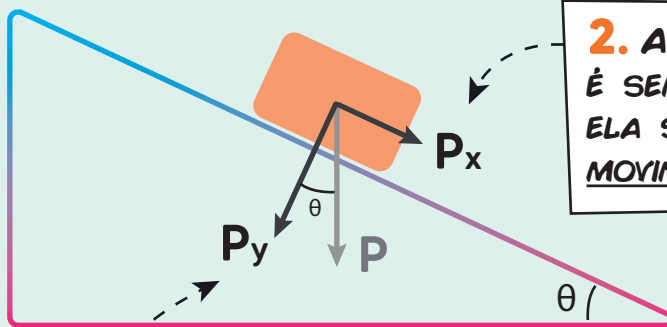
- 02. 560 N**      **03. 840 N**      **04. 560 N**      **06. 9200 N** (10000 - 800)  
**07. 980 N** (700 + 280)      **08. Subida acelerada ( $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ )**

# Plano Inclinado

EM CASOS DE PLANO INCLINADO PRECISAREMOS NOS ADAPTAR E CONSIDERAR DUAS DIREÇÕES: FORÇAS QUE SÃO PERPENDICULARES AO PLANO E FORÇAS PARALELAS AO PLANO.

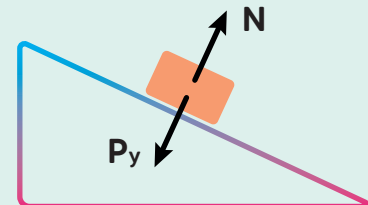


1. COMECE COM O PESO (P), ELE DEVERÁ SER DECOMPOSTO EM DUAS COMPONENTES.



2. A PRIMEIRA COMPONENTE (Px) É SEMPRE PARALELA AO PLANO, ELA SERÁ RESPONSÁVEL PELO MOVIMENTO DE DESCIDA DO BLOCO.

3. A SEGUNDA COMPONENTE (Py) É SEMPRE PERPENDICULAR AO PLANO, ELA SERÁ RESPONSÁVEL PELO CONTATO ENTRE O BLOCO E O PLANO.



$$N = P_y$$

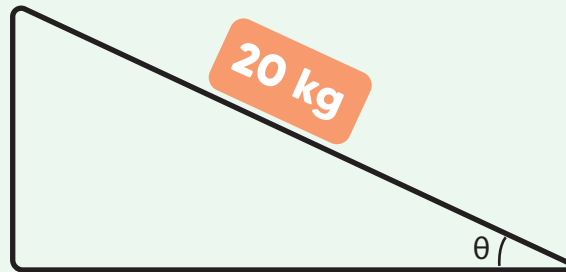
SEU USO SÓ SERÁ NECESSÁRIO EM QUESTÕES ONDE A FORÇA DE ATRITO É CONSIDERADA POIS A NORMAL (N) SERÁ IGUAL A PY.

5. PARA DECOMPOR UTILIZAREMOS AS FÓRMULAS QUE DEPENDEM DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO ( $\theta$ ) ENTRE O PLANO E A HORIZONTAL.

$$P_x = P \cdot \text{sen}(\theta)$$

$$P_y = P \cdot \text{cos}(\theta)$$

**01 (Respondido)** Um bloco de 20 kg está sobre um plano inclinado, o ângulo entre o plano e a horizontal é  $\theta$ . Desconsidere qualquer atrito e determine:



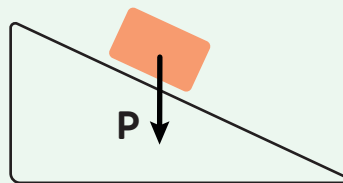
$$\begin{aligned}\sin \theta &= 0,6 \\ \cos \theta &= 0,8 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

- O peso do bloco
- A componentes do vetor peso
- A força de contato (N) entre o bloco e o plano
- A aceleração do bloco

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula do peso:

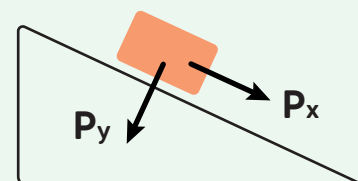
$$\begin{aligned}P &= m \cdot g \\ P &= (20) \cdot (10) \\ P &= 200 \text{ N}\end{aligned}$$



b) Use as fórmulas das componentes:

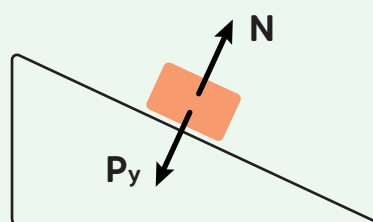
$$\begin{aligned}P_x &= P \cdot \sin(\theta) \\ P_x &= (200) \cdot (0,6) \\ P_x &= 120 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_y &= P \cdot \cos(\theta) \\ P_y &= (200) \cdot (0,8) \\ P_y &= 160 \text{ N}\end{aligned}$$



c) As forças perpendiculares ao plano são a Normal e a componente  $P_y$ :

$$\begin{aligned}N &= P_y \\ N &= 160 \text{ N}\end{aligned}$$



Ela está estática em relação a esse eixo, logo, as forças são iguais.

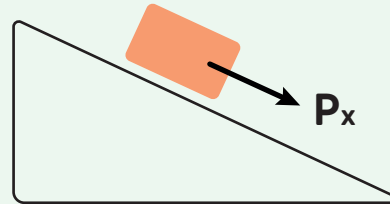
d) Para a descida do bloco, iremos considerar somente as forças paralelas ao plano, nesse caso, só temos a componente  $P_x$ .

$$F = m \cdot a$$

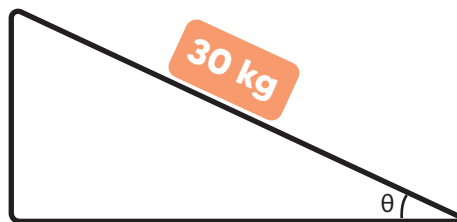
$$P_x = m \cdot a$$

$$(120) = (20) \cdot a$$

$$a = 6 \text{ m/s}^2$$



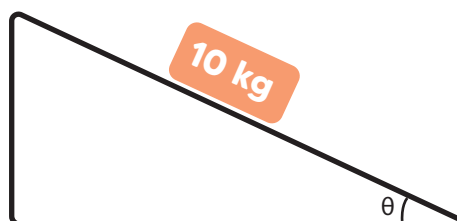
**02.** Um bloco de 30 kg está sobre um plano inclinado, o ângulo entre o plano e a horizontal é  $\theta$ . Desconsidere qualquer atrito e determine:



$$\begin{aligned} \text{sen } \theta &= 0,34 \\ \text{cos } \theta &= 0,94 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- O peso do bloco
- As componentes do vetor peso
- A força de contato (N) entre o bloco e o plano
- A aceleração do bloco

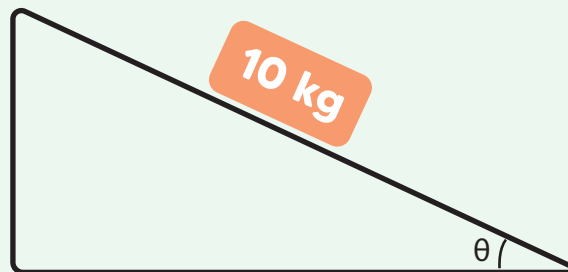
**03.** Um bloco de 10 kg está sobre um plano inclinado, o ângulo entre o plano e a horizontal é  $\theta$ . Desconsidere qualquer atrito e determine:



$$\begin{aligned} \text{sen } \theta &= 0,42 \\ \text{cos } \theta &= 0,90 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- O peso do bloco
- As componentes do vetor peso
- A força de contato (N) entre o bloco e o plano
- A aceleração do bloco

**04 (Respondido)** Um bloco de 10 kg está sobre um plano inclinado, o ângulo entre o plano e a horizontal é  $\theta$ . Considere que o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano é de 0,4. Determine:



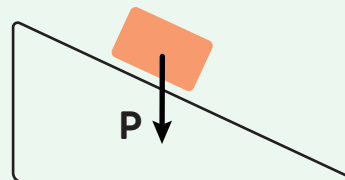
$$\begin{aligned}\sin \theta &= 0,6 \\ \cos \theta &= 0,8 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

- O peso do bloco
- As componentes do vetor peso
- A força de contato (N) entre o bloco e o plano
- A força de atrito
- A aceleração do bloco

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula do peso:

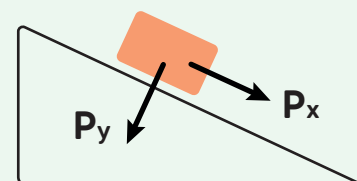
$$\begin{aligned}P &= m \cdot g \\ P &= (10) \cdot (10) \\ P &= 100 \text{ N}\end{aligned}$$



b) Use as fórmulas das componentes:

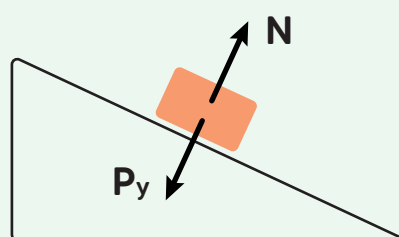
$$\begin{aligned}P_x &= P \cdot \sin(\theta) \\ P_x &= (100) \cdot (0,6) \\ P_x &= 60 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_y &= P \cdot \cos(\theta) \\ P_y &= (100) \cdot (0,8) \\ P_y &= 80 \text{ N}\end{aligned}$$



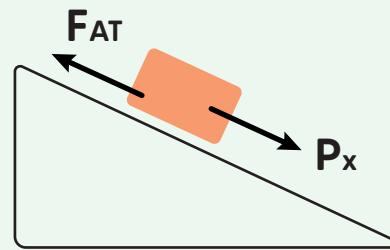
c) As forças perpendiculares ao plano são a Normal e a componente  $P_y$ :

$$\begin{aligned}N &= P_y \\ N &= 80 \text{ N}\end{aligned}$$



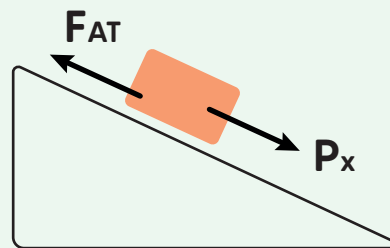
d) Use a fórmula da força de atrito, use o coeficiente 0,4:

$$\begin{aligned} F_{AT} &= N \cdot \mu \\ F_{AT} &= (80) \cdot (0,4) \\ F_{AT} &= 32 \text{ N} \end{aligned}$$



e) Para a descida do bloco, iremos considerar somente as forças paralelas ao plano, nesse caso, temos a componente  $P_x$  e a força de atrito:

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ P_x - F_{AT} &= m \cdot a \\ 60 - 32 &= (10) \cdot a \\ 28 &= 10a \\ a &= 2,8 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$



**05.** Um bloco de 5 kg está sobre um plano inclinado, o ângulo entre o plano e a horizontal é  $\theta$ . Considere que o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano é de 0,3. Determine:

- O peso do bloco
- As componentes do vetor peso
- A força de contato (N) entre o bloco e o plano
- A força de atrito
- A aceleração do bloco

$$\begin{aligned} \text{sen } \theta &= 0,77 \\ \text{cos } \theta &= 0,64 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**06.** Um bloco de 80 kg está sobre um plano inclinado, o ângulo entre o plano e a horizontal é  $\theta$ . Considere que o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano é de 0,25. Determine:

- O peso do bloco
- As componentes do vetor peso
- A força de contato (N) entre o bloco e o plano
- A força de atrito
- A aceleração do bloco

$$\begin{aligned} \text{sen } \theta &= 0,7 \\ \text{cos } \theta &= 0,7 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**RESPOSTAS**

**02. a)  $P = 300 \text{ N}$    b)  $P_x = 102 \text{ N}$  e  $P_y = 282 \text{ N}$    c)  $N = 282 \text{ N}$    d)  $3,4 \text{ m/s}^2$**

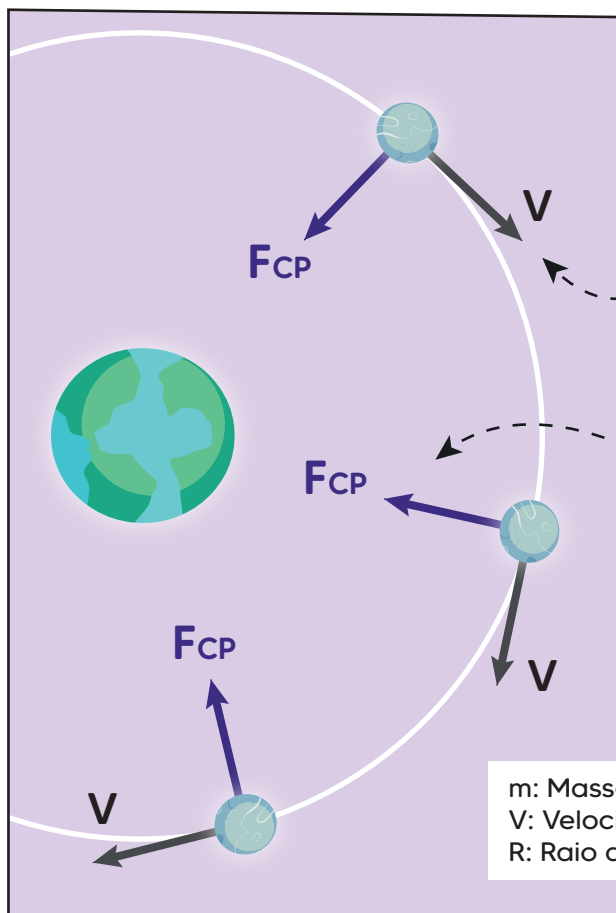
**03. a)  $P = 100 \text{ N}$    b)  $P_x = 42 \text{ N}$  e  $P_y = 90 \text{ N}$    c)  $N = 90 \text{ N}$    d)  $4,2 \text{ m/s}^2$**

**05. a)  $P = 50 \text{ N}$    b)  $P_x = 38,5 \text{ N}$  e  $P_y = 32 \text{ N}$    c)  $N = 32 \text{ N}$    d)  $9,6 \text{ N}$    e)  $5,78 \text{ m/s}^2$**

**06. a)  $P = 800 \text{ N}$    b)  $P_x = P_y = 560 \text{ N}$    c)  $N = 560 \text{ N}$    d)  $140 \text{ N}$    e)  $5,25 \text{ m/s}^2$**



# Força Centrípeta



**1. EM SITUAÇÕES NORMAIS, UM CORPO QUE POSSUI VELOCIDADE SEMPRE TENDE A REALIZAR UM MOVIMENTO RETILÍNEO (EM LINHA RETA).**

**2. A FORÇA CENTRÍPETA É A FORÇA QUE CAUSA A MUDANÇA NA DIREÇÃO DA VELOCIDADE DESSE CORPO, FAZENDO COM QUE ELE REALIZE UM MOVIMENTO CIRCULAR.**

**3. PERCEBA QUE A FORÇA CENTRÍPETA SEMPRE APONTA PARA O CENTRO DA CIRCUNFERÊNCIA E É PERPENDICULAR AO VETOR DA VELOCIDADE. VEJA A FÓRMULA:**

FORÇA CENTRÍPETA

$$F_{cp} = m \frac{V^2}{R} \quad [N]$$

## Resolvendo Problemas

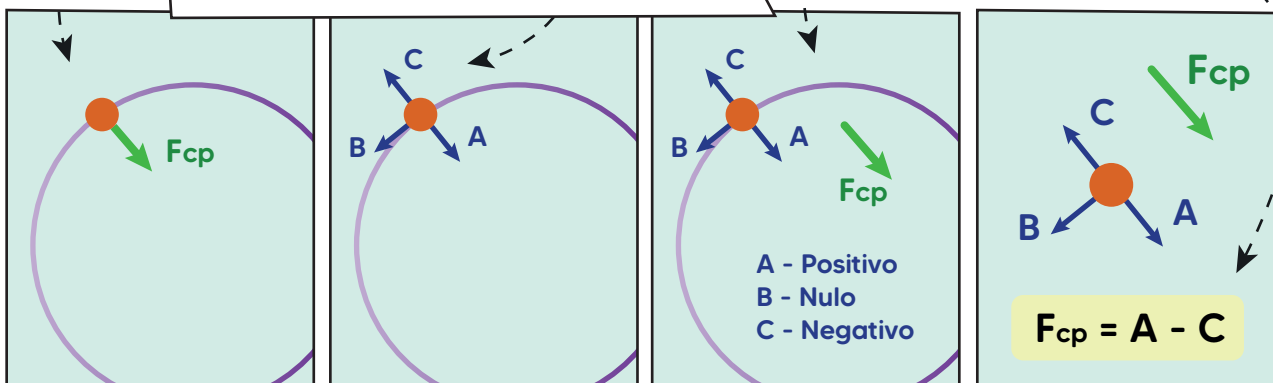
**1. PRIMEIRO IDENTIFIQUE A DIREÇÃO E O SENTIDO DA FORÇA CENTRÍPETA (EM VERDE), ELA SEMPRE APONTA PARA O CENTRO DA CIRCUNFERÊNCIA.**

**3. IDENTIFIQUE OS SINAIS: FORÇAS A FAVOR DA FORÇA CENTRÍPETA SÃO POSITIVAS; FORÇAS CONTRA A FORÇA CENTRÍPETA SÃO NEGATIVAS; FORÇAS PERPENDICULARES A FORÇA CENTRÍPETA NÃO SÃO CONSIDERADAS NO PROBLEMA.**

**2. ACRESCENTE TODAS AS FORÇAS ENVOLVIDAS NO PROBLEMA: NORMAL, PESO, TRAÇÃO, ATRITO, ETC.**

**4. FAÇA AS IGUALDADES**

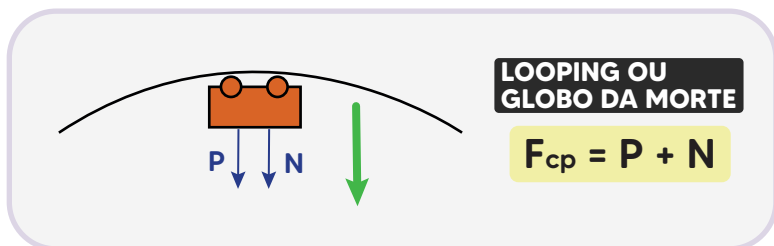
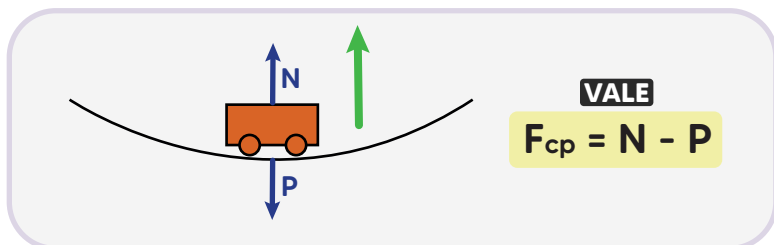
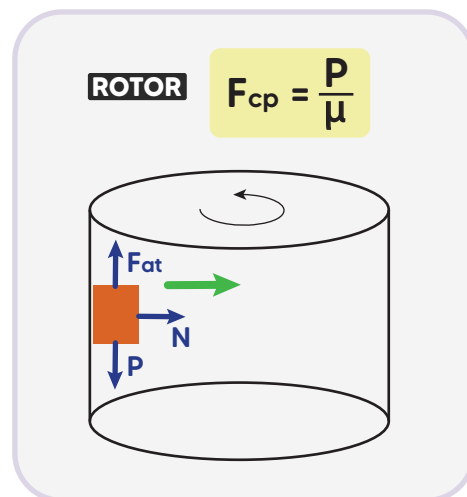
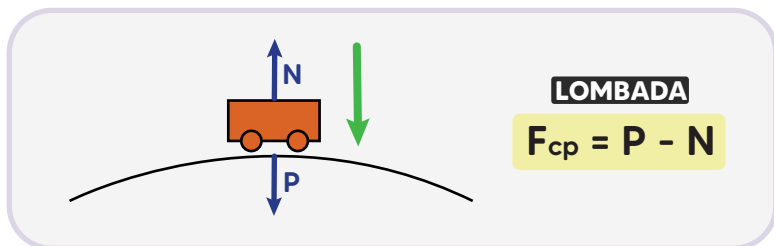
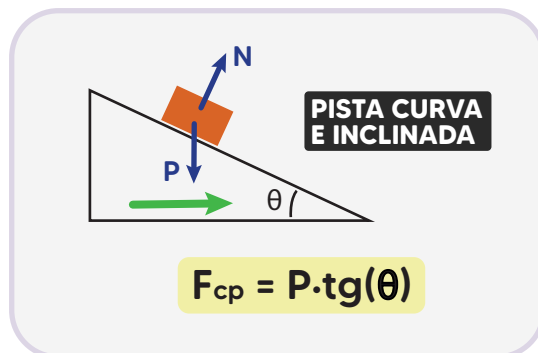
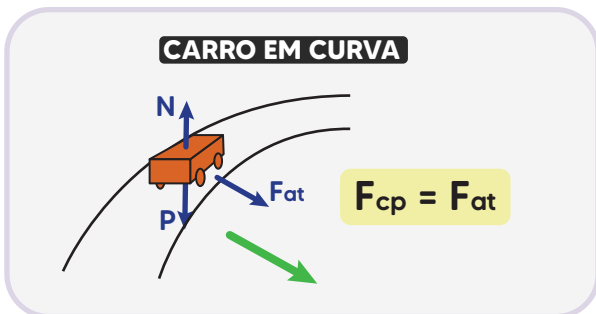
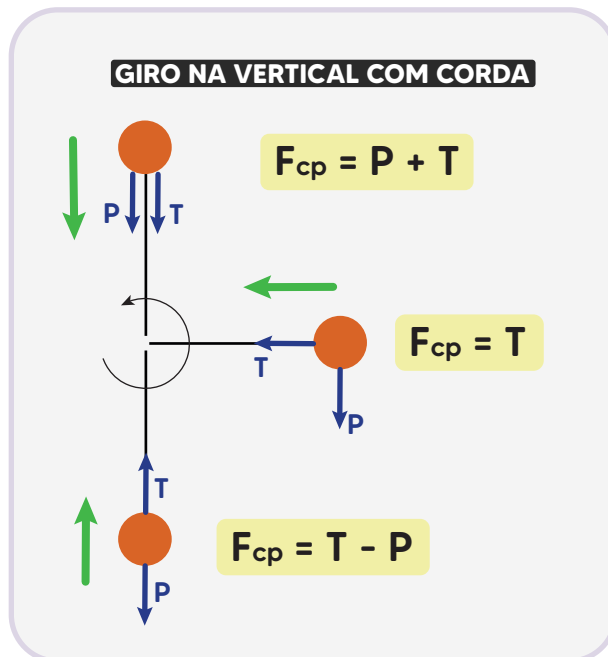
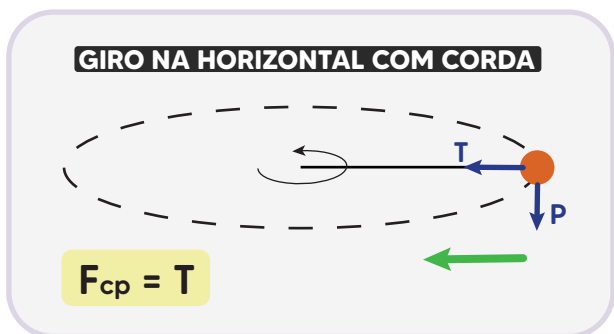
www.marcioazulayexatas.com



Veja a seguir alguns exemplos de movimentos circulares e como a força centrípeta pode ser relacionada com as forças aplicadas sobre esse corpo.

Note que a força centrípeta **não é uma força extra** a ser acrescentada ao problema, ela é uma **força resultante**.

(O vetor da força centrípeta está representado em verde nos exemplos)



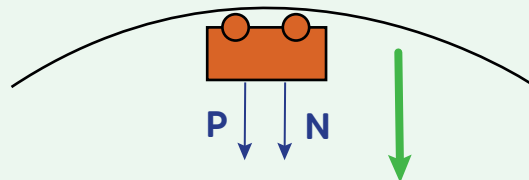
P: Peso  
T: Tração  
N: Normal  
Fat: Força de Atrito  
 $\mu$ : Coef. de Atrito

**01 (Respondido)** Um motoqueiro deseja fazer um looping completo em um globo da morte de 8 metros de diâmetro. Determine a velocidade mínima para que o motoqueiro consiga fazer a volta sem cair. (Adote:  $g = 10\text{m/s}^2$ )

**RESOLUÇÃO**

No ponto mais alto a força centrípeta é dada por:

$$F_{cp} = P + N$$



A velocidade mínima é aquela que permite que o motoqueiro faça o looping sem perder contato com a pista no ponto mais alto, ou seja, a normal (N) se aproxima de zero ( $N = 0$ ):

$$F_{cp} = P + 0$$

$$F_{cp} = P$$

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot g$$

$$\frac{V^2}{R} = g$$

$$\frac{V^2}{4} = 10$$

$$V^2 = 40$$

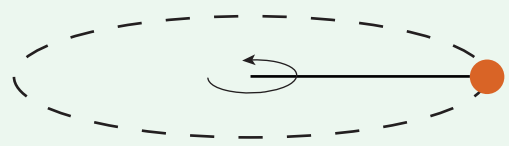
$$V = 6,3 \text{ m/s}$$

Corte as massas

Substitua os valores numéricos, se o diâmetro é 8 m, o raio é 4 m.

**02.** Um motoqueiro deseja fazer um looping completo em um globo da morte de 9,8 metros de diâmetro. Determine a velocidade mínima para que o motoqueiro consiga fazer a volta sem cair. (Adote:  $g = 10\text{m/s}^2$ )

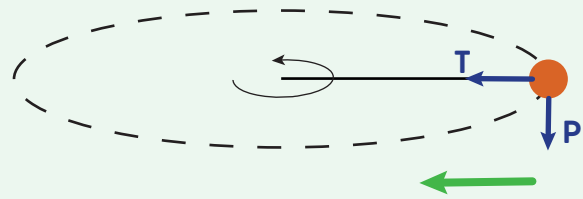
**03 (Respondido)** Um menino amarra uma esfera de 0,5 kg de massa em um fio inextensível com 2 metros de comprimento e o gira na horizontal a uma frequência de 1 Hz.



Determine a tração nesse fio (Adote:  $\pi = 3$ )

**RESOLUÇÃO**

As únicas forças agindo sobre a esfera são a força de Tração no fio e o Peso da esfera (que está perpendicular à força centrípeta, logo, deve ser descartada)



$$F_{cp} = T$$

Mas antes, precisamos descobrir a velocidade da esfera utilizando a frequência do movimento (1 Hz = 1 volta por segundo):

$$V = \omega \cdot R$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$V = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot R$$

$$V = 2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 2$$

$$V = 12 \text{ m/s}$$

O raio da trajetória é o próprio comprimento do fio

Volte com a equação da força centrípeta:

$$F_{cp} = T$$

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = T$$

$$\frac{(0,5) \cdot (12)^2}{2} = T$$

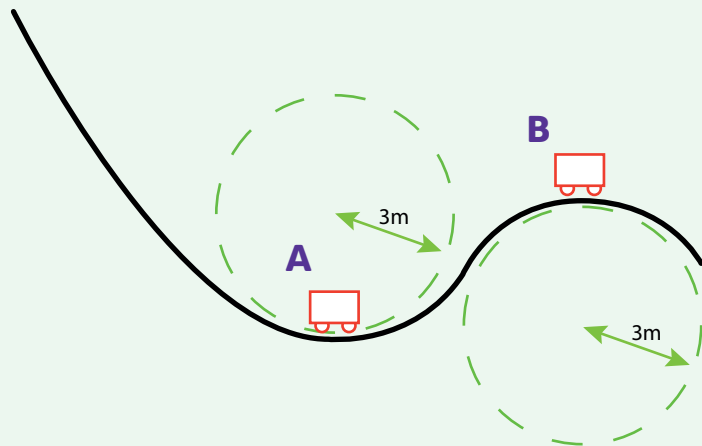
$$T = 36 \text{ N}$$

**04.** Um menino amarra uma esfera de 0,4 kg de massa em um fio inextensível com 1,6 metros de comprimento e o gira na horizontal a uma frequência de 2 Hz.

Determine a tração nesse fio (Adote:  $\pi = 3$ )

**03 (Respondido)** Parte de uma trilha de uma montanha russa está representada na figura a seguir:

O carro possui 500kg de massa no total, determine a força de contato entre o carro e os trilhos nos pontos A e B sabendo que ele mantém uma velocidade constante de 3 m/s.



**RESOLUÇÃO**

Na posição A:

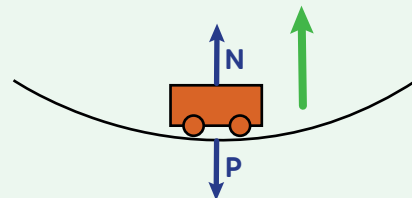
$$F_{cp} = N - P$$

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = N - m \cdot g$$

$$\frac{(500) \cdot (3)^2}{3} = N - (500) \cdot (10)$$

$$1500 = N - 5000$$

$$N = 6500 \text{ N}$$



Na posição B:

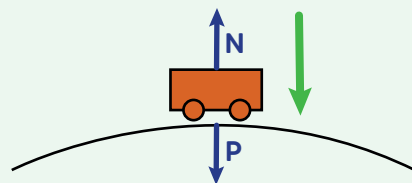
$$F_{cp} = P - N$$

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot g - N$$

$$\frac{(500) \cdot (3)^2}{3} = (500) \cdot (10) - N$$

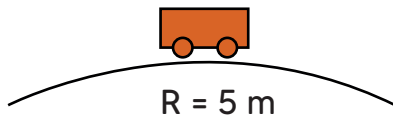
$$1500 = 5000 - N$$

$$N = 3500 \text{ N}$$

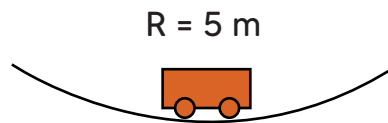


**06.** Determine a força de contato entre o móvel (400 kg) e a pista nas 3 situações a seguir quando ele se move a 4 m/s, adote a aceleração da gravidade como 10 m/s<sup>2</sup>.

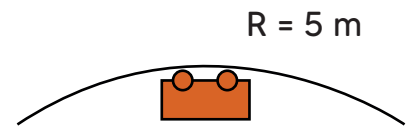
a)



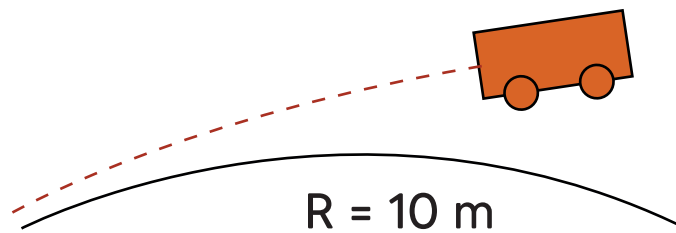
b)



c)



**07.** Determine a velocidade máxima que o carro de 400 kg pode passar pela pista a seguir sem perder contato com ela.



**RESPOSTAS**

**02.**  $V = 7 \text{ m/s}$       **04.**  $T = 92,16 \text{ N}$     Dica:  $V = 19,2 \text{ m/s}$

**06.** a)  $N = 2720 \text{ N}$  ; b)  $N = 5280 \text{ N}$  ; c)  $N = - 2720 \text{ N}$

Dica: No terceiro caso, a força normal foi negativa, isso significa que o corpo não consegue fazer o percurso sem perder contato com a pista. A velocidade mínima é de  $7,07 \text{ m/s}$ .

**07.**  $V = 10 \text{ m/s}$

# Energia Mecânica

1. ENERGIA PODE SER DEFINIDA COMO A CAPACIDADE QUE UM CORPO, UMA SUBSTÂNCIA OU UM SISTEMA FÍSICO TÊM DE REALIZAR TRABALHO (MUDANÇA)

2. A ENERGIA PODE ADOTAR AS MAIS DIVERSAS FORMAS: ELETROMAGNÉTICA, MECÂNICA, QUÍMICA, TÉRMICA. E TAMBÉM PODE SE TRANSFORMAR DE UMA PARA A OUTRA (CONVERSÃO DE ENERGIA).




3. VAMOS NOS FOCAR EM ESTUDAR A ENERGIA MECÂNICA, ELA É TODA ENERGIA ASSOCIADA AO MOVIMENTO DE CORPOS OU ARMAZENADA NOS SISTEMAS FÍSICOS.

4. EXISTEM 3 TIPOS DE ENERGIA MECÂNICA:

## CINÉTICA


Está diretamente ligada ao movimento de um corpo (velocidade)


$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

m: Massa [kg]  
v: Velocidade [m/s]

## POTENCIAL GRAVITACIONAL

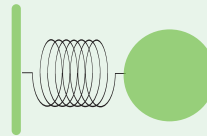
É a energia armazenada no corpo devido a atração gravitacional da Terra


$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

g: Gravidade [m/s<sup>2</sup>]  
h: Altura [m]

## POTENCIAL ELÁSTICA

Energia que é armazenada por corpos elásticos quando são deformados


$$E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

k: Const. Elástica [N/m]  
x: Deformação [m]

[Joules - J]

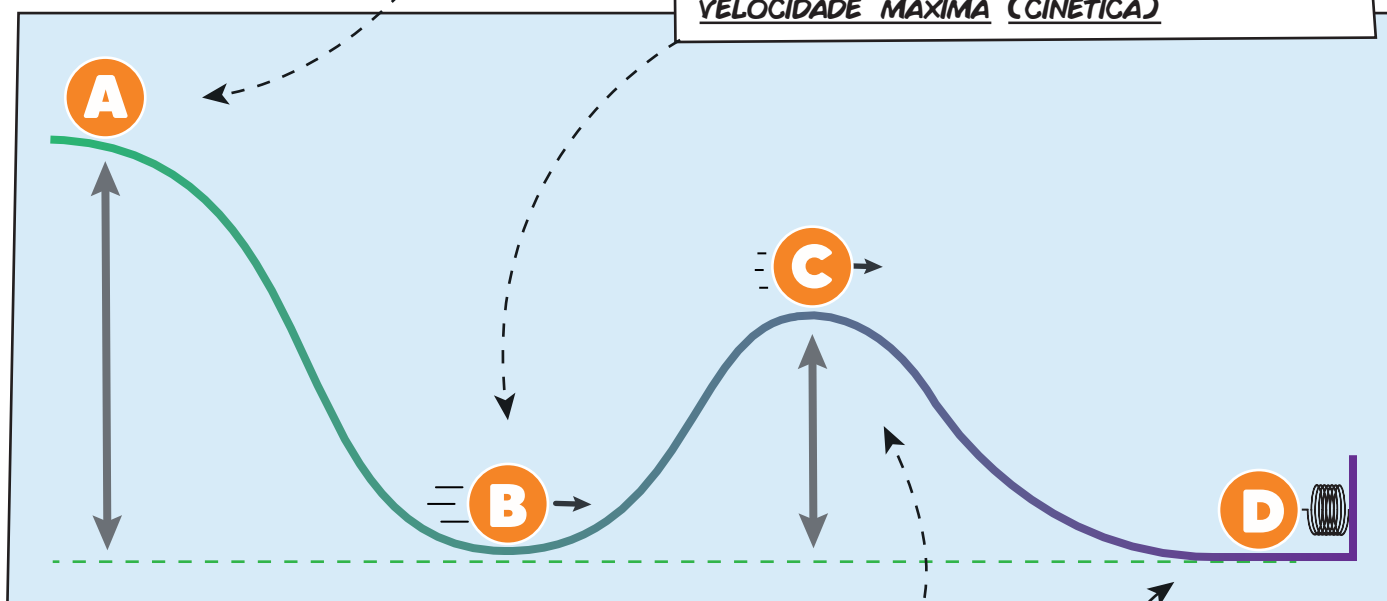
# Conservação da Energia Mecânica

$$E_m(A) = E_m(B) = E_m(C) = E_m(D)$$

1. É QUANDO A ENERGIA MECÂNICA ( $E_m$ ) É MANTIDA CONSTANTE DURANTE TODO O PERCURSO, OU SEJA, É IGUAL PARA TODOS OS PONTOS

2. PERCEBA QUE NA POSIÇÃO **A**, A ESFERA POSSUI ALTURA, LOGO, TODA ENERGIA MECÂNICA É DO TIPO POTENCIAL GRAVITACIONAL.

3. VEMOS TAMBÉM QUE QUANDO ELE CHEGA NO PONTO **B**, NÃO POSSUI MAIS ALTURA, MAS EM COMPENSAÇÃO, POSSUI VELOCIDADE MÁXIMA (CINÉTICA)



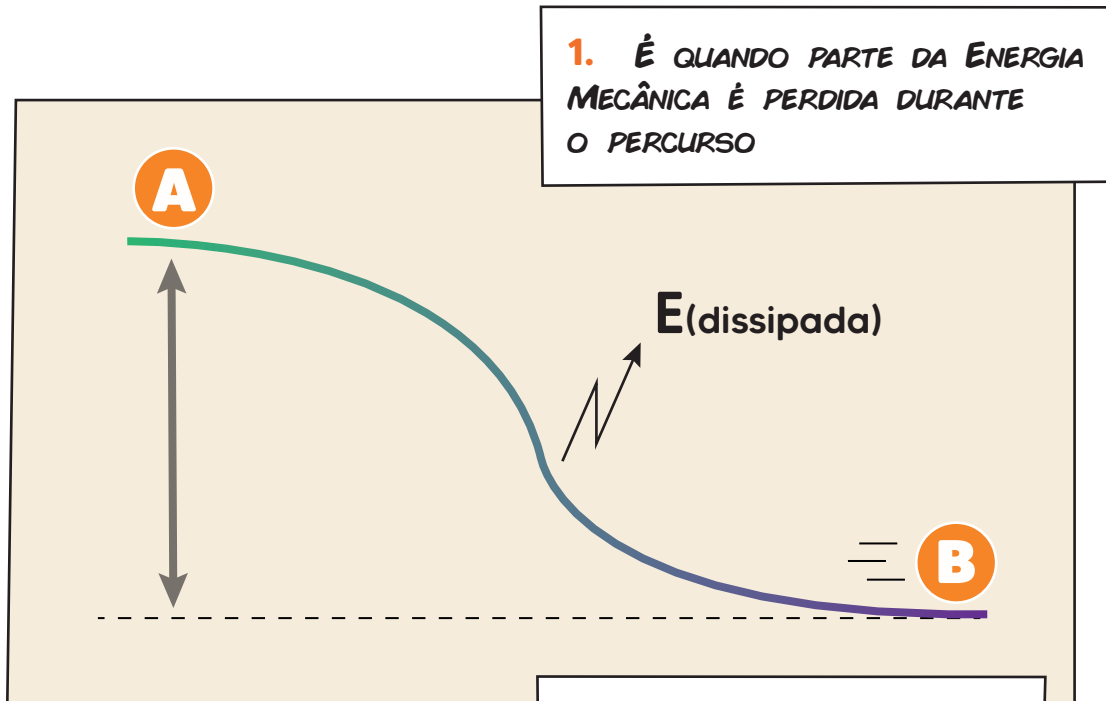
4. EM ALGUNS PONTOS, O CORPO PODE TER MAIS DE UM TIPO DE ENERGIA AO MESMO TEMPO. NO PONTO **C** POR EXEMPLO, A ENERGIA MECÂNICA ESTÁ DIVIDIDA ENTRE POTENCIAL GRAVITACIONAL E CINÉTICA (POIS ELE POSSUI VELOCIDADE E ALTURA AO MESMO TEMPO).

5. E FINALMENTE CHEGA NO PONTO **D** CAUSANDO UMA COMPRESSÃO NA MOLA, OU SEJA, POTENCIAL ELÁSTICA.

6. EM TODOS OS CASOS, A ENERGIA MECÂNICA É DIVIDIDA ENTRE CINÉTICA, GRAVITACIONAL E ELÁSTICA, MAS O IMPORTANTE É QUE A SOMA DESSAS TRÊS ENERGIAS SEMPRE POSSUIRÁ O MESMO VALOR (PARA QUALQUER PONTO).



# Dissipação da Energia Mecânica



1. É QUANDO PARTE DA ENERGIA MECÂNICA É PERDIDA DURANTE O PERCURSO

2. E CHEGA AO FINAL DO MOVIMENTO COM ENERGIA INFERIOR A QUE TINHA ANTES

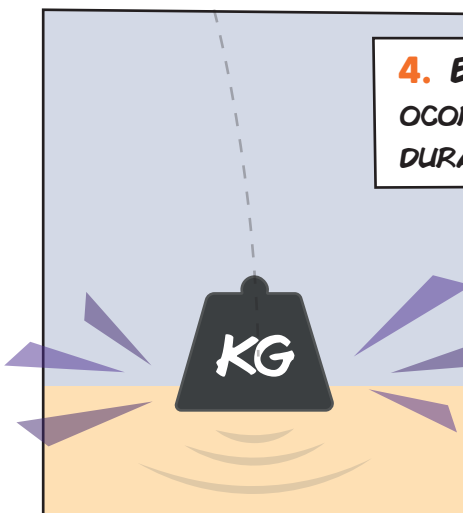
3. NESSE CASO USAMOS A FÓRMULA:

$$E_m(A) - E(\text{dissipada}) = E_m(B)$$

$$E_m(A) > E_m(B)$$

4. ESSE TIPO DE DISSIPACÃO NORMALMENTE OCORRE DEVIDO FORÇAS DE ATRITO E COLISÕES DURANTE O PERCURSO

MAS ELA NÃO É PERDIDA!  
APENAS SE TRANSFORMA EM OUTROS TIPOS:  
TÉRMICA, SONORA...



**01 (Respondido)** Um corpo de 20g se movimenta no espaço com velocidade constante de 20 m/s, calcule a sua energia cinética.

### RESOLUÇÃO

Transforme a massa para quilograma (20 g = 0,02 kg), use a fórmula da energia cinética:

$$E_c = \frac{mV^2}{2} = \frac{(0,02) \cdot (20)^2}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ Joules(J)}$$

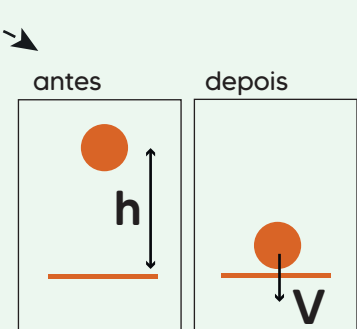
- 02.** Um carro com 1 tonelada de massa possui velocidade constante de 15 m/s, determine a energia cinética desse carro.
- 03.** A energia cinética de um corpo com 2 kg é de 625 J, qual é o valor da sua velocidade?
- 04.** Uma moeda com 10 g está na janela de um apartamento a 50 metros do solo, qual é a energia potencial gravitacional dessa moeda logo antes de cair?
- 05.** Um elástico de constante elástica (k) igual a 50 N/m, foi esticada em 10 cm. Qual é a energia armazenada por esse elástico?

**06 (Respondido)** Um objeto cai de uma altura de 5 metros, determine a sua velocidade quando chega ao solo. (Desconsidere forças de dissipação)

### RESOLUÇÃO

Se você já leu o Volume 1 (Cinemática), já deve ter aprendido a resolver esse mesmo problema com as fórmulas do MUV. Agora iremos aprender a resolver utilizando Energia Mecânica.

- No início do movimento, o objeto possui altura de 5 metros, ou seja, possui somente **energia potencial gravitacional**.
- Quando chega ao solo, a altura é zero, e por causa da gravidade, alcança a sua velocidade máxima (toda a energia potencial se converteu para **cinética**).



Use a fórmula para conservação:

$$E_m \text{ (ANTES)} = E_m \text{ (DEPOIS)}$$

$$E \text{ (gravitacional)} = E \text{ (cinética)}$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

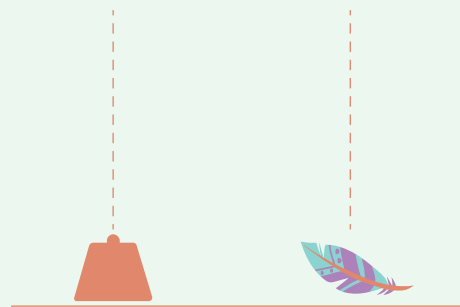
$$g \cdot h = \frac{V^2}{2}$$

$$(10) \cdot (5) = \frac{V^2}{2}$$

$$V^2 = 100$$

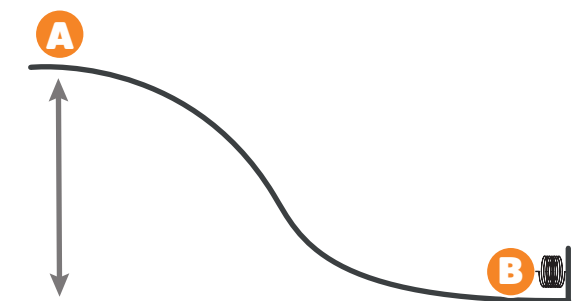
$$V = 10 \text{ m/s}$$

Corte as massas, provando novamente que a massa de um corpo não influencia no seu movimento de queda



**07.** Um objeto cai de um prédio com altura de 45 metros, determine a sua velocidade quando chega ao solo. (desconsidere forças dissipativas)

**08.** Um objeto com 4 kg de massa desce uma rampa com 0,8 metros de altura e comprime uma mola de constante elástica igual a 100 N/m quando chega ao solo; determine a deformação da mola em centímetros. (Desconsidere forças de dissipação)



**09 (Respondido)** Uma esfera de 2 kg comprime uma mola de constante elástica igual a 500 N/m quando se situa no alto de uma rampa de 10 m de altura (a deformação da mola é de 40 cm).

O objeto descreve o movimento descrito na figura a seguir.

Determine a velocidade atingida no ponto B e a altura máxima (H) atingida pelo objeto ao final do percurso (C)



(Desconsidere forças de dissipação)

**RESOLUÇÃO**

- Na posição A, a sua energia mecânica está dividida entre **Potencial Gravitacional e Elástica** (pois possui altura e comprime uma mola ao mesmo tempo)
- Na posição B, toda sua energia se torna **cinética**.

Use a fórmula da conservação:

$$E_m \text{ (ANTES)} = E_m \text{ (DEPOIS)}$$

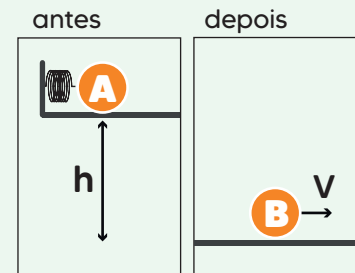
$$E \text{ (gravitacional)} + E \text{ (elástica)} = E \text{ (cinética)}$$

$$m \cdot g \cdot h + \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

$$(2) \cdot (10) \cdot (10) + \frac{(500) \cdot (0,4)^2}{2} = \frac{(2) \cdot V^2}{2}$$

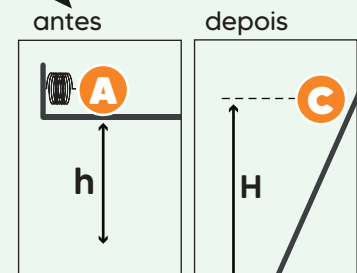
$$200 + 40 = V^2$$

$$V = 15,5 \text{ m/s}$$



Para achar a altura máxima atingida usaremos os pontos A e C:

- Na posição A, a sua energia mecânica está dividida entre **Potencial Gravitacional e Elástica** (pois possui altura e comprime uma mola ao mesmo tempo)
- Na posição C, toda sua energia se torna **potencial gravitacional** pois se chega na altura máxima com velocidade nula



Use a fórmula da conservação:

$$E_m \text{ (ANTES)} = E_m \text{ (DEPOIS)}$$

$$E \text{ (gravitacional)} + E \text{ (elástica)} = E \text{ (gravitacional)}$$

$$m \cdot g \cdot h + \frac{k \cdot x^2}{2} = m \cdot g \cdot H$$

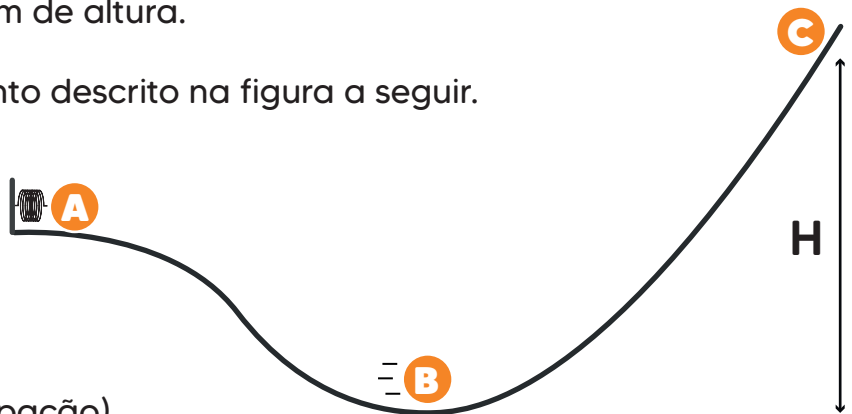
$$200 + 40 = (2) \cdot (10) \cdot H$$

$$240 = 20H \longrightarrow H = 12 \text{ m}$$

**10.** Um objeto de 4 kg comprime uma mola de constante elástica igual a 1000 N/m que está deformada em 80 cm quando se situa no alto de uma rampa de 10 m de altura.

O objeto descreve o movimento descrito na figura a seguir.

Determine a velocidade atingida no ponto B e a altura máxima (H) atingida pelo objeto ao final do percurso (C)



(Desconsidere forças de dissipação)

**11 (Respondido)** Uma criança com 30 kg desce um escorregador com 4 metros de altura e chega ao solo com velocidade de 4 m/s. Qual foi a energia dissipada por atrito no percurso?

### RESOLUÇÃO

No alto do escorregador, a criança possui energia potencial gravitacional, use a fórmula:

$$E_{\text{(pot. grav.)}} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{\text{(pot. grav.)}} = (30) \cdot (10) \cdot (4)$$

$$E_{\text{(pot. grav.)}} = 1200 \text{ J}$$

Antes

Quando chega ao solo, possui somente energia cinética:

$$E_{\text{(cinética)}} = \frac{mV^2}{2} = \frac{(30) \cdot (4)^2}{2} = 240 \text{ J}$$

Depois

Perceba que ele tinha 1200 Joules de energia e chegou ao solo com menos desse valor, houve dissipação de energia:

$$E_{\text{m (antes)}} - E_{\text{(dissipada)}} = E_{\text{m (depois)}}$$

$$1200 - E_{\text{(dissipada)}} = 240$$

$$E_{\text{(dissipada)}} = 960 \text{ J}$$

- 12.** Um bloco de 5 kg possui velocidade constante de 20 m/s quando passa por uma região de atrito que faz a sua velocidade diminuir para 10 m/s. Determine a energia mecânica dissipada nesse período.
- 13.** Uma chave de 10 g foi jogada da janela de um prédio que está a 20 metros de altura em relação ao solo e durante a queda perde 1 J de energia devido ao atrito com o ar, qual é a velocidade com que ela chega ao solo?

**RESPOSTAS**

**02. 112500 J ( 112,5 kJ )** Dica: 1 to = 1000 kg

**03. 25 m/s**

**04. 5 J** Dica: 10 g = 0,01 kg

**05. 0,25 J** Dica: 10 cm = 0,1 m

**07. 30 m/s**

**08. 80 cm** Dica: Potencial gravitacional se transforma em elástica

**10.  $V = 19 \text{ m/s}$  e  $H = 18 \text{ m}$**

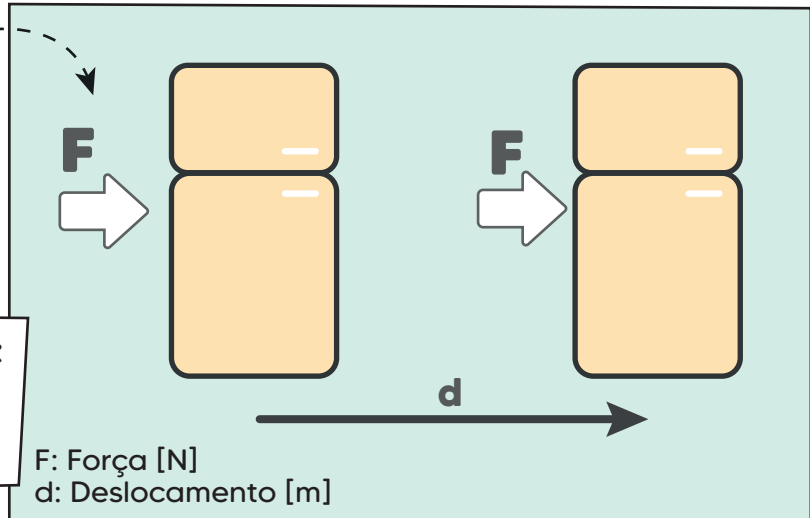
**12.  $E \text{ (dis)} = 750 \text{ J}$**  Dica: Ele possuía 1000J no início e passou a ter 250J

**13.  $V = 14,1 \text{ m/s}$**  Dica: Ele possuía 2J no início e dissipou 1J, restando 1J

# Trabalho

1. É A ENERGIA NECESSÁRIA PARA DESLOCAR UM CORPO NO ESPAÇO DEVIDO A APLICAÇÃO DE UMA FORÇA "F"

2. O TRABALHO PODE SER CALCULADO PELO PRODUTO DESSAS DUAS GRANDEZAS



$$W = F \cdot d$$

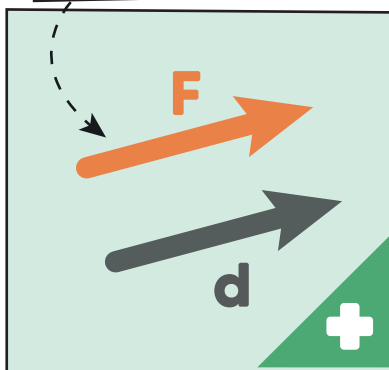
[Joules - J]

3. E COMO ESTAMOS FALANDO DE ENERGIA, TAMBÉM UTILIZAMOS A UNIDADE "JOULES"

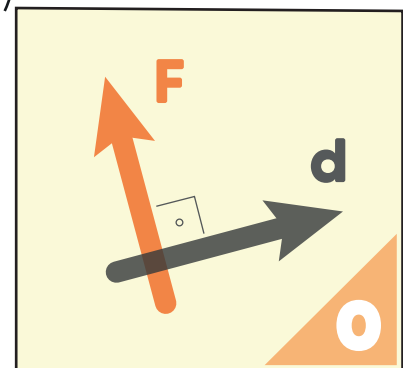
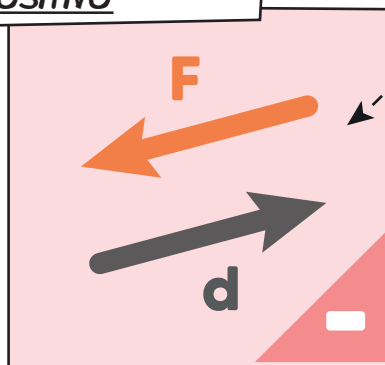
## Olha o sinal!

[www.marcioazulayexatas.com](http://www.marcioazulayexatas.com)

1. A REGRA GERAL É BEM SIMPLES, SE OS VETORES DA FORÇA (F) E O DESLOCAMENTO (D) ESTIVEREM COM O MESMO SENTIDO, O TRABALHO DESSA FORÇA SERÁ POSITIVO



2. SE FORAM SENTIDO CONTRÁRIOS, É NEGATIVO

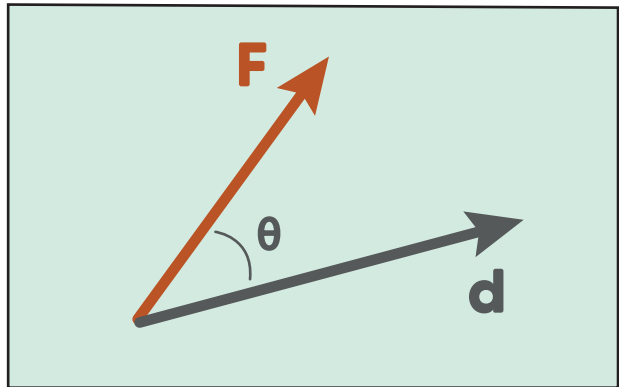


3. E SE FOREM PERPENDICULARES? (90 GRAUS)

ENTÃO O TRABALHO SERÁ NULLO PARA AQUELA FORÇA.

# A fórmula geral

1. EM ALGUMAS EXERCÍCIOS, OS VETORES DA FORÇA E DO DESLOCAMENTO POSSUIRÃO UM ÂNGULO ENTRE ELES.



2. PODEMOS USAR UMA FÓRMULA MAIS GERAL, QUE SERVIRÁ PARA QUALQUER CASO.

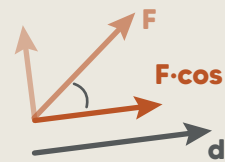
APENAS ACRESCENTE O COSSENO\* DO ÂNGULO NA FÓRMULA

$$W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$$

[Joules - J]

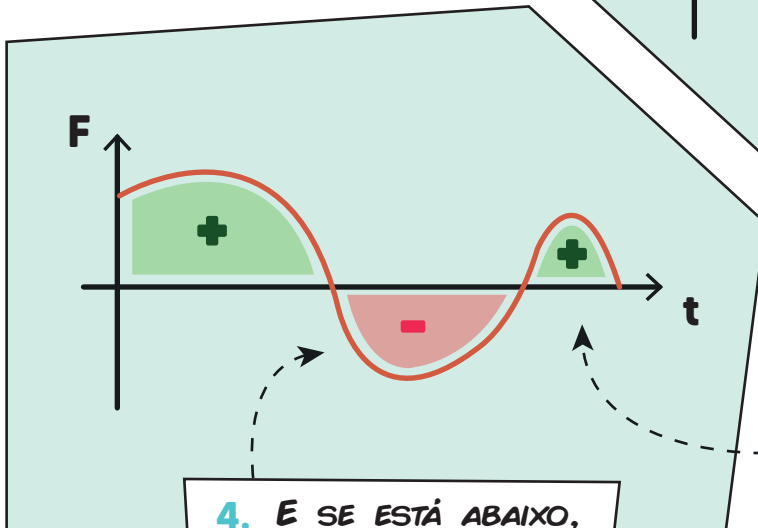
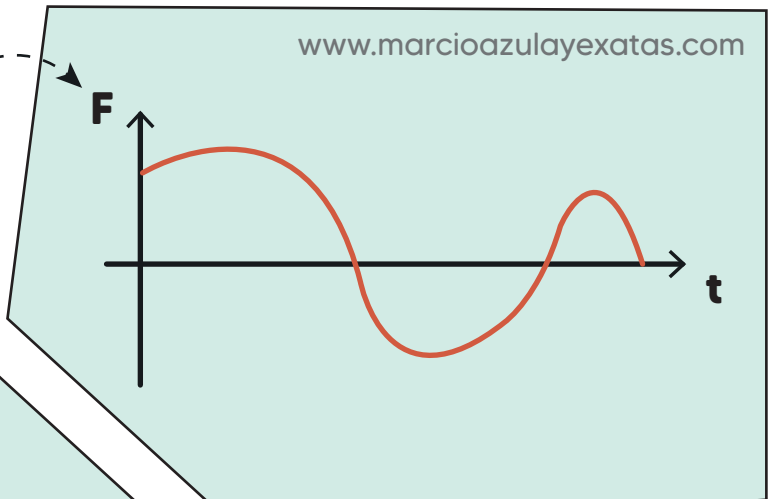
\*O vetor da força deverá ser decomposto em duas componentes ortogonais, uma será paralela ao vetor do deslocamento e a outra será perpendicular.

Somente a componente paralela irá ser considerada no problema, e esta componente paralela é responsável pela aparição do cosseno.



# Gráficos

1. ESSE MÉTODO SÓ IRÁ SER UTILIZADO EM GRÁFICOS DA FORÇA (F) EM FUNÇÃO DO DESLOCAENTO (D).



4. E SE ESTÁ ABAIXO, SERÁ NEGATIVO

2. O TRABALHO SERÁ NUMERICAMENTE IGUAL A ÁREA FORMADA ENTRE A CURVA E O EIXO HORIZONTAL

3. SE A FORMA GEOMÉTRICA ESTIVER ACIMA DO EIXO, O TRABALHO É POSITIVO.



**01 (Respondido)** O motor de um carro de 1 tonelada imprime uma força de 8 kN, determine a energia fornecida por esse motor para percorrer 50 metros.

### RESOLUÇÃO

Transforme a força: 8 kN = 8000 N. Use a fórmula do trabalho:

$$\begin{aligned} W &= F \cdot d \\ W &= (8000) \cdot (50) \\ W &= 400.000 \text{ J} \quad (0,4 \text{ MJ}) \end{aligned}$$

**02.** Uma criança puxa um carrinho de brinquedo com 1,5 kg de massa com aceleração constante de  $2 \text{ m/s}^2$  por 10 metros. Determine:

- A força com que ela puxou o carrinho
- A energia gasta pela criança exclusivamente para puxar o carro

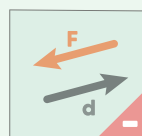
**03 (Respondido)** Uma pessoa precisa levar uma caixa de 10 kg escadaria acima até o seu apartamento que fica no segundo andar (6 metros acima do solo). Quando chega em seu apartamento, percebe que pegou a caixa errada e volta para o seu carro com ela. Determine:

- O trabalho realizado pelo peso da caixa na subida
- O trabalho realizado pelo peso da caixa na descida

### RESOLUÇÃO

a) O vetor da força peso aponta para baixo, o deslocamento aponta para cima (subida), logo, o trabalho será negativo, use a fórmula:

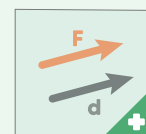
$$\begin{aligned} W &= - F \cdot d \\ W &= - P \cdot d \\ W &= - m \cdot g \cdot d \\ W &= - (10)(10) \cdot (6) \\ W &= - 600 \text{ J} \end{aligned}$$



$$P = m \cdot g$$

b) O vetor peso continua apontando para baixo, e o deslocamento também (descida), logo, o trabalho será positivo, use a fórmula:

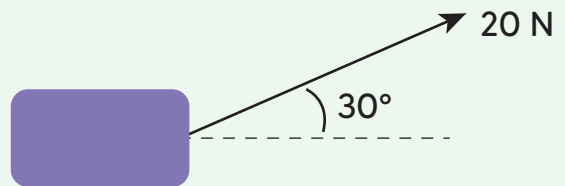
$$\begin{aligned} W &= F \cdot d \\ W &= 600 \text{ J} \end{aligned}$$



**04.** Uma pessoa precisa levar uma caixa de 2 kg escadaria acima até o seu apartamento que fica no quinto andar (16 metros acima do solo). Quando chega em seu apartamento, percebe que pegou a caixa errada e volta para o seu carro com ela. Determine:

- a) O trabalho realizado pelo peso da caixa na subida
- b) O trabalho realizado pelo peso da caixa na descida
- c) O trabalho total realizado pelo peso da caixa na ida e volta

**05 (Respondido)** Veja a figura ao lado e determine o trabalho realizado pela força (F) para puxá-la 7 metros para a direita pelo plano horizontal.



**RESOLUÇÃO**

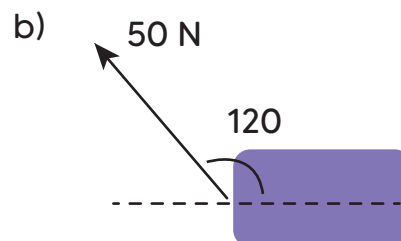
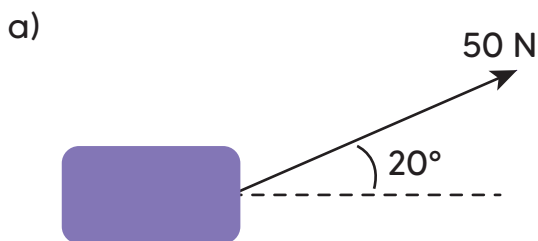
Use a fórmula geral do trabalho usando o cosseno do ângulo:

$$W = F \cdot d \cdot \cos(30^\circ)$$

$$W = (20) \cdot (7) \cdot (0,87)$$

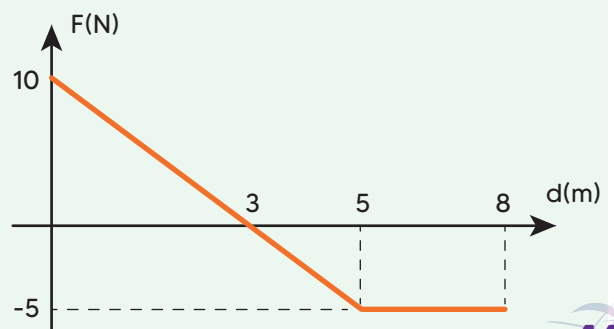
$$W = 121,8 \text{ J}$$

**06.** Veja a figuras abaixo e determine o trabalho realizado pela força (F) para puxá-las 7 metros para a direita pelo plano horizontal.



**07 (Respondido)** O movimento de uma partícula é descrita pelo gráfico ao lado. Determine:

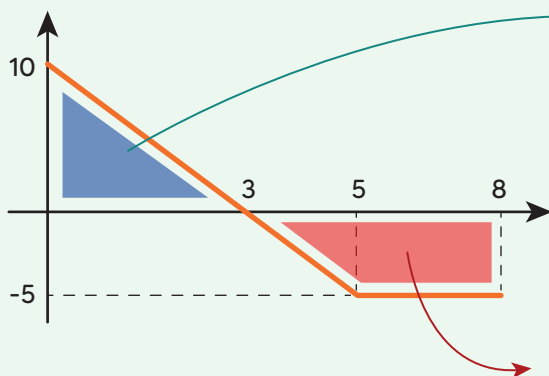
- a) O trabalho realizado pela força.
- b) A força média do movimento.



**RESOLUÇÃO**

O trabalho realizado pela força pode ser achada pela área entre a curva e o eixo horizontal, vamos dividir em 2 partes:

- Entre 0 e 3 segundos: O trabalho é positivo (acima do eixo) e representado por um triângulo.
- Entre 3 e 8 segundos: O trabalho é negativo (abaixo do eixo) e representado por um trapézio.



$$W_{(1)} = \text{Área do Triângulo}$$

$$W_{(1)} = \frac{B \cdot h}{2} = \frac{3 \cdot (10)}{2}$$

$$W_{(1)} = 15 \text{ J}$$

$$W_{(2)} = \text{Área do Trapézio}$$

$$W_{(2)} = \frac{(B + b) \cdot h}{2} = \frac{(5 + 3) \cdot (-5)}{2}$$

$$W_{(2)} = -20 \text{ J}$$

Some os dois trabalhos encontrados para achar o total:

$$W = W_{(1)} + W_{(2)} = (15) + (-20) = -5 \text{ J}$$

b) Use a fórmula do trabalho com o deslocamento igual a 8 m (gráfico):

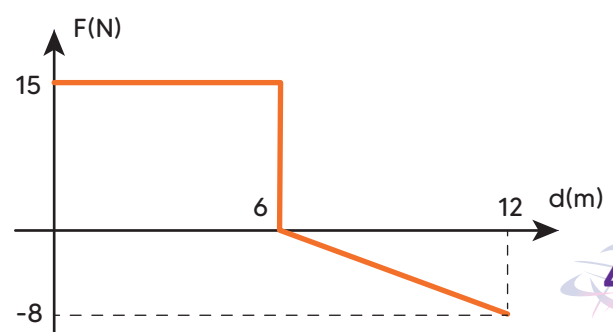
$$W = F \cdot d$$

$$-5 = F \cdot (8)$$

$$F = -0,625 \text{ N}$$

**08.** O movimento de uma partícula é descrito pelo gráfico (Fxd) ao lado. Determine:

- O trabalho realizado pela força.
- A força média do movimento.



**09 (Respondido)** É necessário 200 Joules de energia para arrastar uma caixa de 10 kg por 8 metros com aceleração constante. Determine:

- a) A força paralela ao movimento.  
b) A aceleração.

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula do trabalho:

$$\begin{aligned} W &= F \cdot d \\ 200 &= F \cdot (8) \\ F &= 25 \text{ N} \end{aligned}$$

b) Use a fórmula da força:

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ 25 &= (10) \cdot a \\ F &= 2,5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

**10.** É necessário 560 Joules de energia para arrastar uma caixa de 40 kg por 50 metros com aceleração constante. Determine:

- a) A força paralela ao movimento.  
b) A aceleração.

**11.** Um pacote deverá ser levado do décimo andar de um prédio para o térreo; um funcionário dispõe de 2 opções: ir de elevador ou descer as escadas. Em qual das opções a força peso da encomenda realizará um maior trabalho?

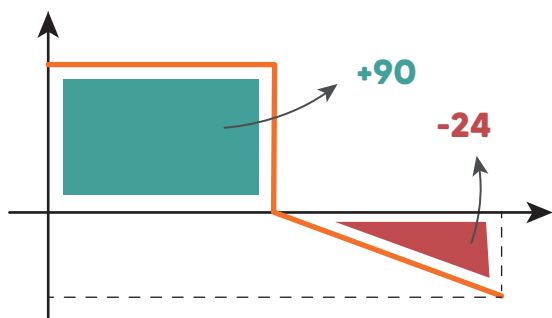
### RESPOSTAS

**02.** a)  $F = 3 \text{ N}$  ; b)  $W = 30 \text{ J}$  Dica:  $F = m \cdot a$

**04.** a)  $W = -320 \text{ J}$  ; b)  $W = 320 \text{ J}$  ; c)  $W_t = 0 \text{ J}$  Dica: O deslocamento total foi zero (ida e volta)

**06.** a)  $W = 328,89 \text{ J}$  ; b)  $W = -175 \text{ J}$

**08.** a)  $W = 66 \text{ J}$  ; b)  $F = 5,5 \text{ N}$

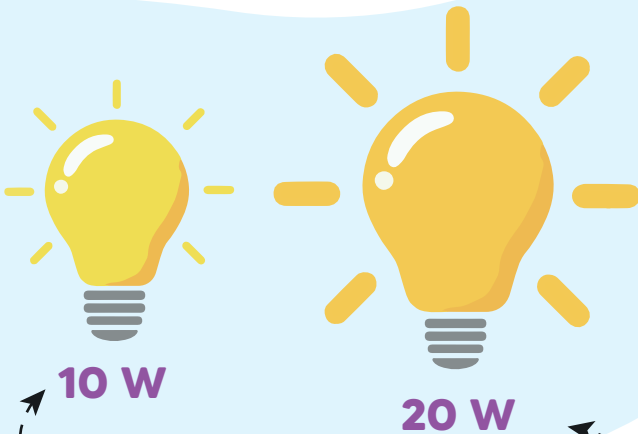


**10.** a)  $F = 11,2 \text{ N}$  ; b)  $a = 0,28 \text{ m/s}^2$

**11.** As duas são iguais

Dica: O deslocamento nos dois casos serão iguais, logo, o trabalho também será! (O trabalho não depende da trajetória, só do deslocamento)

# Potência



1. É A GRANDEZA QUE MEDE A RAPIDEZ COM QUE CERTA QUANTIDADE DE ENERGIA É CONSUMIDA OU FORNECIDA POR UM SISTEMA

2. POR EXEMPLO, IMAGINE DUAS LÂMPADAS, UMA COM POTÊNCIA DE 10 WATTS E A OUTRA COM 20 W

3. A PRIMEIRA CONSOME 10 J DE ENERGIA A CADA SEGUNDO QUE SE PASSA

4. E A SEGUNDA CONSOME 20 JOULES, O DOBRO DE ENERGIA NO MESMO INTERVALO DE TEMPO

$$P_{ot} = \frac{E}{\Delta t}$$

E: Trabalho/Energia [J]  
 $\Delta t$ : Tempo [s]

5. PARA CALCULAR A POTÊNCIA, USE A FÓRMULA:

[Watt - W]

5. E A SUA UNIDADE "WATT" É APENAS OUTRO NOME PARA SUBSTITUIR "JOULES POR SEGUNDO"

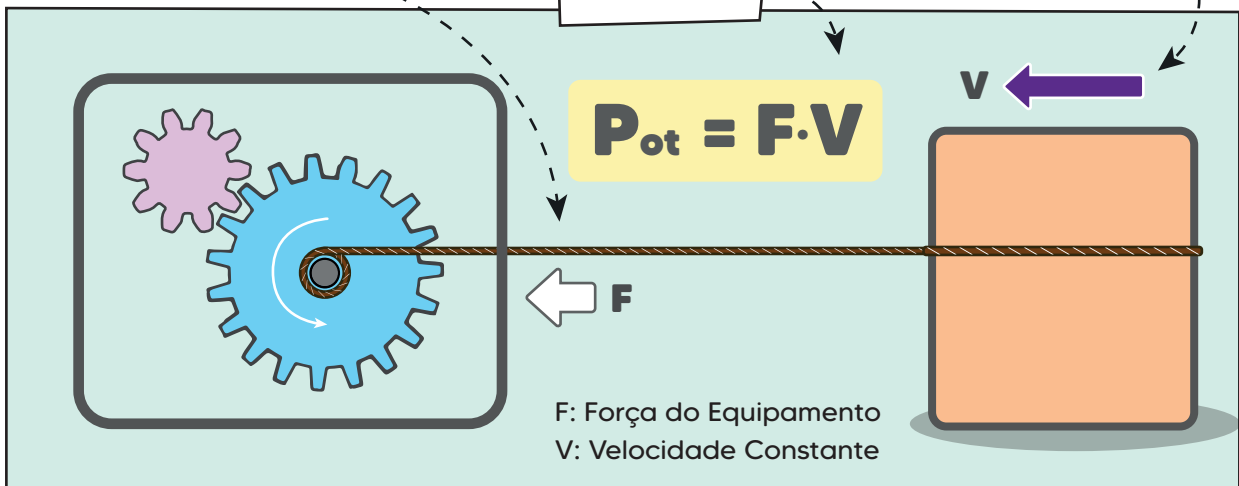
[www.marcioazulayexatas.com](http://www.marcioazulayexatas.com)

## Outra forma de calcular

1. EXISTE OUTRA FÓRMULA PARA CALCULAR A POTÊNCIA, APENAS USANDO A FORÇA GERADA PELO EQUIPAMENTO...

2. VEJA A FÓRMULA:

...E A VELOCIDADE COM QUE ELE MOVIMENTA O CORPO EM QUESTÃO.



**01 (Respondido)** Uma máquina fornece 800 Joules de energia a cada 20 segundos. Qual é a potência dessa máquina?

### RESOLUÇÃO

Use a fórmula da potência:

$$\text{Pot} = \frac{E}{\Delta t} = \frac{800}{20} = 40 \text{ W}$$

**02.** Uma máquina consome 600 Joules de energia a cada minuto, qual é a potência desse equipamento?

**03 (Respondido)** Uma lâmpada tem 15 W de potência, qual é a energia total consumida no período de 1 mês, sabendo que ela fica ligada 5 horas diárias?

### RESOLUÇÃO

Primeiro vamos descobrir o tempo total em segundos que ela ficou ligada:

- 1 mês são 30 dias
- Cada dia são 5 horas de funcionamento,
- Cada hora possui 60 minutos
- Cada minuto possui 60 segundos

$$\begin{aligned}\text{Tempo} &= (1 \text{ mês}) \times (30 \text{ dias}) \times (5 \text{ h}) \times (60 \text{ min}) \times (60 \text{ s}) \\ \text{Tempo} &= 540.000 \text{ segundos}\end{aligned}$$

Use a fórmula da potência:

$$\begin{aligned}\text{Pot} &= \frac{E}{\Delta t} \\ 15 &= \frac{E}{540.000} \\ E &= 8.100.000 \text{ J} \quad (8,1 \text{ MJ})\end{aligned}$$

**04.** Uma lâmpada possui 12 Watts de potência, determine a energia total consumida por ela após ficar ligada por 2 horas diárias no período de 2 meses.

**05.** Uma lâmpada possui 9 Watts de potência, por quanto tempo ela deve ficar ligada para gastar 10,8 kJ de energia?

**06 (Respondido)** Uma máquina consegue erguer uma caixa de 20 kg com velocidade constante de 0,5 m/s.

- a) Qual é a potência útil dessa máquina?  
 b) Qual é a potência total sabendo que ela está a 30% de sua capacidade máxima?

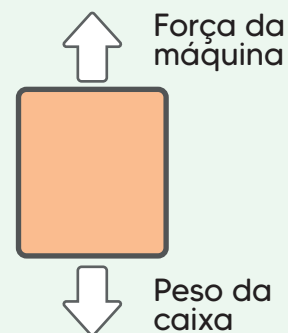
### RESOLUÇÃO

a) Utilizaremos a fórmula alternativa da potência usando somente a força e velocidade. Para erguer uma caixa de 18 kg, é necessário aplicar uma força que seja igual ao peso da caixa:

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= m \cdot g \\ \text{Peso} &= (18) \cdot (10) = 180 \text{ N} \end{aligned}$$

Use a fórmula da potência:

$$\begin{aligned} P_{\text{ot}} &= F \cdot V \\ P_{\text{ot}} &= (180) \cdot (0,5) \\ P_{\text{ot}} &= 90 \text{ W} \end{aligned}$$



b) A potência útil é a potência real fornecida pela máquina no problema (90 W). A potência total é o 100 % que ela poderia fornecer se não houvesse dissipação de energia, utilize a regra de 3 a seguir:

$$\begin{array}{l} P_{\text{(ÚTIL)}} \quad \text{———} \quad 30 \% \\ P_{\text{(TOTAL)}} \quad \text{———} \quad 100 \% \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 90 \text{ W} \quad \text{———} \quad 30 \% \\ P_{\text{(TOTAL)}} \quad \text{———} \quad 100 \% \end{array}$$

$$P_{\text{(TOTAL)}} = 300 \text{ W}$$

**07.** Uma máquina consegue erguer uma caixa de 50 kg com velocidade constante de 0,3 m/s.

- Qual é a potência útil dessa máquina?
- Qual é a potência total sabendo que ela está a 60% de sua capacidade máxima?

**08 (Respondido)** Uma pessoa aplica uma força de 40 Newtons para arrastar uma caixa em um plano horizontal por 4 metros. Determine:

- A energia gasta pela pessoa para empurrar a caixa.
- A potência desse movimento que durou 5 segundos.

### RESOLUÇÃO

- Utilize a fórmula do trabalho para achar a energia:

$$W = F \cdot d$$
$$W = (40) \cdot (4) = 160 \text{ J}$$

- Use a fórmula da potência:

$$\text{Pot} = \frac{E}{\Delta t} = \frac{160}{5} = 32 \text{ W}$$

**09.** Uma pessoa aplica uma força de 300 Newtons para arrastar uma caixa em um plano horizontal por 20 metros. Determine.

- A energia gasta pela pessoa para empurrar a caixa.
- A potência desse movimento que durou 60 segundos.

### RESPOSTAS

**02. P = 10 W** Dica: 1 min = 60 s

**04. E = 5.184.000 J (5,2 MJ)** Dica: Tempo total = 432.000 s

**05. t = 1200 s (20 min)** Dica: 10,8 kJ = 10.800 J

**07. a) 150 W ; b) 250 W**

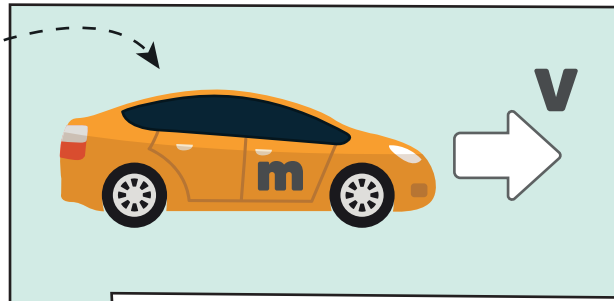
**09. a) 6000 J ; b) 100 W**



# Quantidade de Movimento

MUITO IMPORTANTE EM PROBLEMAS QUE ENVOLVEM COLISÕES

1. TODO CORPO DE MASSA QUE POSSUI VELOCIDADE TAMBÉM POSSUI UMA GRANDEZA CHAMADA: QUANTIDADE DE MOVIMENTO



$$Q = m \cdot V$$

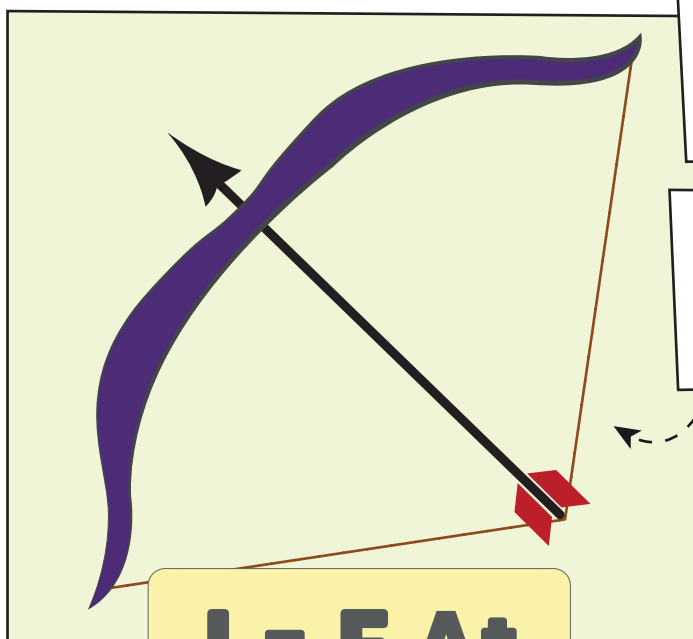
[kg · m/s]

2. PARA ACHAR ESSE VALOR, MULTIPLIQUE A MASSA (M) PELA VELOCIDADE (V).

3. PERCEBA QUE AQUI NÃO EXISTE UMA UNIDADE DE MEDIDA ESPECIAL PARA A QUANTIDADE DE MOVIMENTO, USAREMOS O PRODUTO ENTRE MASSA [KG] E A VELOCIDADE [M/S]

[www.marcioazulayexatas.com](http://www.marcioazulayexatas.com)

# Impulso



$$I = F \cdot \Delta t$$

[N · s]

F: Força [N]  
t: tempo [s]

1. É QUANDO UM CORPO SOFRE A AÇÃO DE UMA FORÇA (F) EM UM INTERVALO DE TEMPO LIMITADO

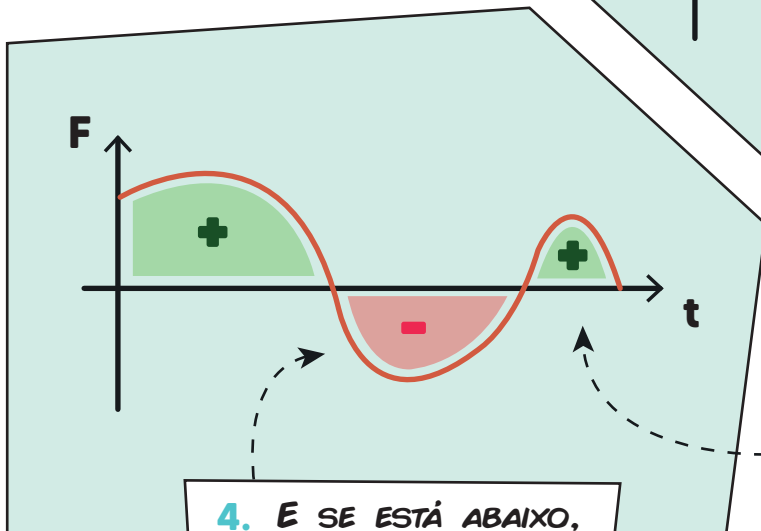
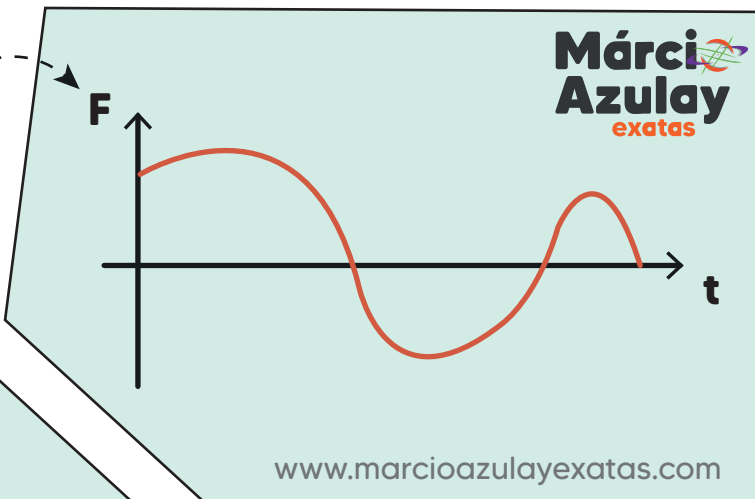
2. UMA TACADA DE "BASEBALL", O CHUTE EM UMA BOLA DE FUTEBOL E ATÉ O LANÇAMENTO DE UMA FLECHA SÃO EXEMPLOS DE IMPULSO.

3. COMO RECEBE A AÇÃO DE UMA FORÇA, A INÉRCIA DO CORPO É QUEBRADA E A VELOCIDADE DO CORPO PODE AUMENTAR OU ATÉ DIMINUIR (AMORTECIMENTO)

4. VEJA A FÓRMULA

# Gráficos

1. ESSE MÉTODO SÓ IRÁ SER UTILIZADO EM GRÁFICOS DA FORÇA (F) EM FUNÇÃO DO TEMPO (T).



2. O IMPULSO SERÁ NUMERICAMENTE IGUAL A ÁREA FORMADA ENTRE A CURVA E O EIXO HORIZONTAL

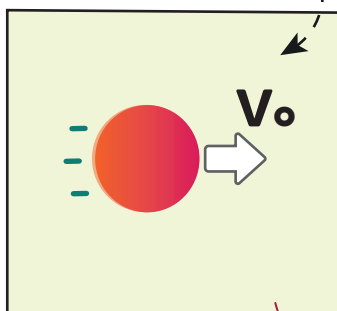
3. SE A FORMA GEOMÉTRICA ESTÁ ACIMA DO EIXO, ENTÃO O IMPULSO É POSITIVO.

4. E SE ESTÁ ABAIXO, SERÁ NEGATIVO (FREIO)

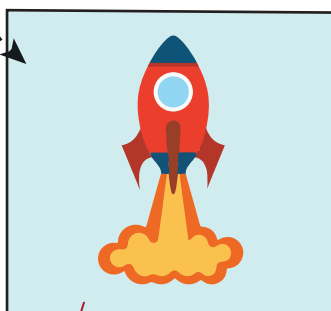
# Teorema do Impulso

1. O TEOREMA DO IMPULSO É UMA FORMA DE RELACIONAR AS DUAS GRANDEZAS VISTAS ANTERIORMENTE

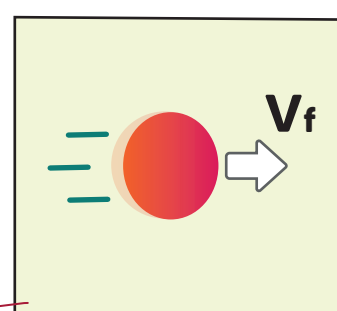
2. IMAGINE UM CORPO SE MOVIMENTANDO COM UMA VELOCIDADE INICIAL ( $V_0$ )



3. E POR UM BREVE INSTANTE, SOFRE A AÇÃO DE UMA FORÇA, OU SEJA, UM IMPULSO (I)



4. ESSE IMPULSO SERÁ RESPONSÁVEL POR UMA MUDANÇA NA SUA VELOCIDADE, LOGO, A QUANTIDADE DE MOVIMENTO TAMBÉM MUDA ( $Q_f$ )



5. ENTÃO PODEMOS RESUMIR NA EQUAÇÃO:

$$Q_0 + I = Q_f$$

$Q_0$ : Qt. de Mov. Inicial [kg.m/s]  
 $Q_f$ : Qt. de Mov. Final [kg.m/s]  
 $I$ : Impulso [N.s] ou [kg.m/s]

**01 (Respondido)** Um carro de 1,2 toneladas se movimenta em uma estrada reta com velocidade igual a 21 m/s, determine a quantidade de movimento que esse carro possui.

### RESOLUÇÃO

Transforme a massa: 1,2 to = 1200 kg. Use a fórmula:

$$Q = m \cdot V$$

$$Q = (1200) \cdot (21)$$

$$Q = 25.200 \text{ kg.m/s}$$

**02.** Determine a quantidade de movimento nos casos a seguir:

- a) Um carro de 2 toneladas com velocidade de 2 m/s
- b) Uma moto com 200 kg se movimentando a 20 m/s
- c) Um barco com 30 toneladas parado sobre o mar
- d) Uma partícula com 500 ng se movimentando na velocidade da luz ( $3 \times 10^8$  m/s)

**03 (Respondido)** Uma bola de baseball recebe uma força de 2000 N durante uma jogada, determine o impulso recebido pela bola sabendo que a tacada durou apenas 20 ms.

### RESOLUÇÃO

Normalmente os tempos virão acompanhados de prefixos (por serem intervalos muito pequenos); faça a transformação:

$$20 \text{ ms} = 20 \times 10^{-3} \text{ s} = 0,02 \text{ s}$$

Use a fórmula do impulso:

$$I = F \cdot t$$

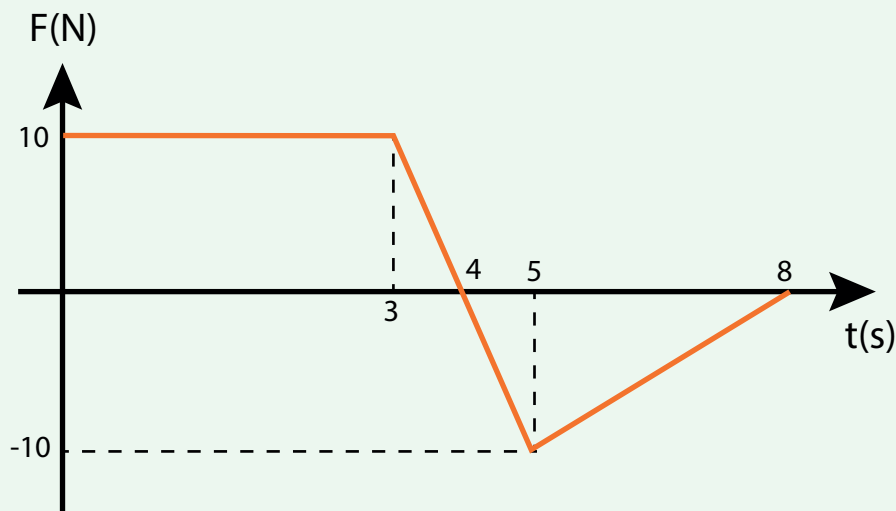
$$I = (2000) \cdot (0,02)$$

$$I = 40 \text{ N}\cdot\text{s}$$

**04.** Uma bola de futebol recebe um chute com 500 N de força por apenas meio segundo, qual foi o impulso sofrido pela bola?

**05.** Uma partícula recebeu um impulso de 90 N·s, durante 1 minuto qual foi a força média aplicada sobre a partícula?

**06 (Respondido)** O movimento de uma partícula é descrito pelo gráfico seguir:



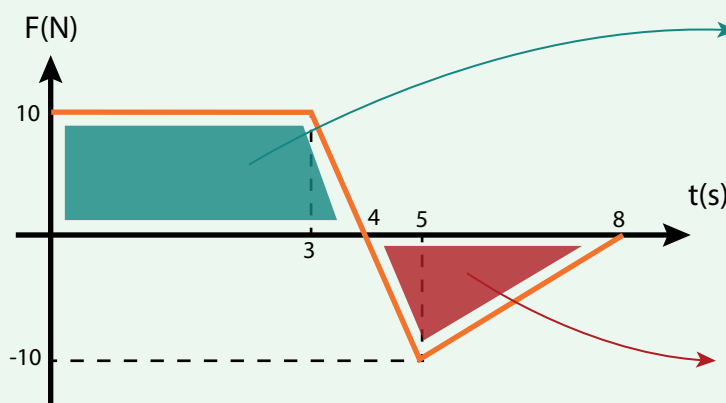
Determine:

a) O impulso, b) A força média

### RESOLUÇÃO

a) O impulso poderá ser achado pela área do gráfico, vamos dividir em 2 partes:

- Entre 0 e 4 segundos: Impulso positivo representado por um trapézio
- Entre 4 e 8 segundos: Impulso negativo representado por um triângulo



$I = \text{Área do Trapézio}$

$$I = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

$$I = \frac{(4 + 3) \cdot 10}{2} = 35 \text{ N}\cdot\text{s}$$

$I = \text{Área do Triângulo}$

$$I = \frac{B \cdot h}{2} = \frac{4 \cdot (-10)}{2}$$

$$I = -20 \text{ N}\cdot\text{s}$$

Some os dois impulsos encontrados para achar o impulso total

$$I = I(1) + I(2) = (35) + (-20) = 15 \text{ N}\cdot\text{s}$$

b) Use a fórmula do impulso com o tempo igual a 8s (tirado do gráfico):

$$I = F \cdot t$$

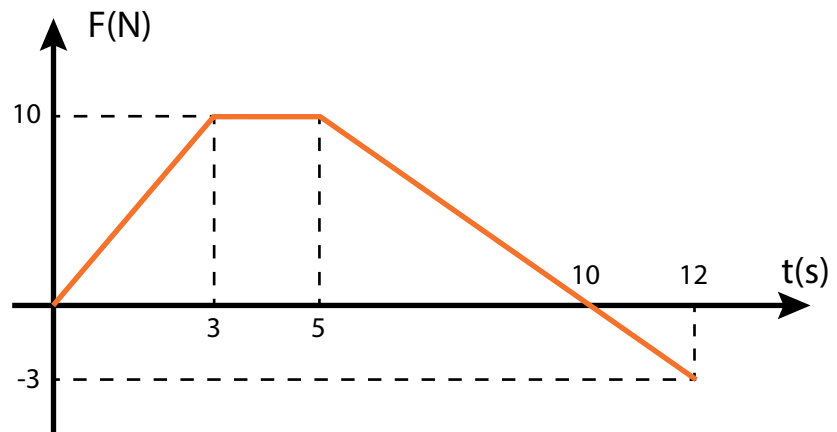
$$15 = F \cdot (8)$$

$$F = 1,875 \text{ N}$$

**07.** O movimento de uma partícula é descrito pelo gráfico ao lado:

Determine:

- O impulso,
- A força média



**08 (Respondido)** Um carro de 1 to está se movimentando com velocidade de 10 m/s quando o seu motor imprime uma força de 900 N por apenas 5 segundos, determine a sua velocidade após o impulso.

### RESOLUÇÃO

Usamos o Teorema do Impulso:

$$Q = m \cdot V$$

$$Q(\text{inicial}) + I = Q(\text{final})$$

$$m \cdot V(\text{inicial}) + F \cdot t = m \cdot V(\text{final})$$

$$(1000) \cdot (10) + (900) \cdot (5) = (1000) \cdot V(\text{final})$$

$$10.000 + 4.500 = (1000) \cdot V(\text{final})$$

$$14.500 = (1000) \cdot V(\text{final})$$

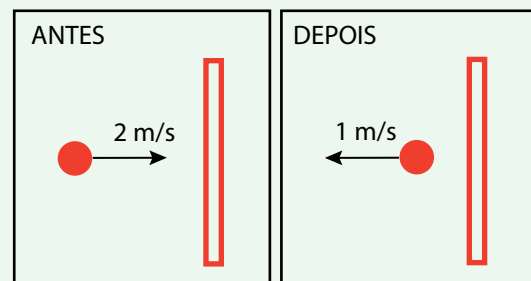
$$V(\text{final}) = 14,5 \text{ m/s}$$

**09.** Um carro de 1,5 to está se movimentando com velocidade de 8 m/s quando seu motor imprime uma força de 1200 N por apenas 4 segundos, determine a sua velocidade após o impulso.

**10.** Um carro de 1,2 to está se movimentando com velocidade de 20 m/s quando avista o sinal vermelho e pisa no freio até parar, determine:

- a) O impulso aplicado pelos freios
- b) A força média aplicada pelos freios sabendo que o movimento durou apenas 3 segundos.

**11 (Respondido)** Uma bola está a 2 m/s quando bate em uma parede de concreto e ricocheteia no sentido contrário. Após bater na parede, a bola passa a ter velocidade de 1 m/s. Sabendo que a massa da bola é de 300g, determine:



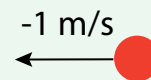
- a) O impulso produzido pela parede
- b) O módulo da força exercida pela parede se o contato com a bola durou apenas 0,05 segundos.

**RESOLUÇÃO**

a) Massa: 300 g = 0,3 kg. Use o Teorema do Impulso.

$$\begin{aligned}
 Q(\text{inicial}) + I &= Q(\text{final}) \\
 m \cdot V(\text{inicial}) + I &= m \cdot V(\text{final}) \\
 (0,3) \cdot (2) + I &= (0,3) \cdot (-1) \\
 0,6 + I &= -0,3 \\
 I &= -0,3 - 0,6 \\
 I &= -0,9 \text{ N}\cdot\text{s}
 \end{aligned}$$

A velocidade final é negativa pois aponta no sentido contrário da velocidade inicial



b) Use a fórmula do impulso:

$$\begin{aligned}
 I &= F \cdot t \\
 -0,9 &= F \cdot (0,05) \\
 F &= -18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**12.** Uma bola está a 5 m/s quando bate em uma parede de concreto e ricocheteia no sentido contrário. Após bater na parede, a bola passa a ter velocidade de 2 m/s. Sabendo que a massa da bola é de 500g, determine:

- a) O impulso produzido pela parede
- b) A força exercida pela parede se o contato com a bola durou apenas 0,25 s.

**13 (Respondido)** Prove que a unidade de medida para o impulso (I) é igual ao da quantidade de movimento (Q).

**RESOLUÇÃO**

O impulso é o produto da Força (F) pelo tempo (t)

$$I = F \times t$$

E por sua vez, a força é o produto da massa (m) pela aceleração (a):

$$I = m \times a \times t$$

A unidade de medida para a massa é o "kg", para a aceleração é o "m/s<sup>2</sup>" e o tempo é medido em "s":

$$I = [kg] \times [m/s^2] \times [s]$$

Multiplique tudo, você poderá cortar os tempos:

$$I = [kg] \times [m/s^2] \times [s]$$

$$I = [kg \times m/s]$$

Feito!

A unidade para o Impulso [N.s] é igual a unidade para a Quantidade de Movimento [kg.m/s]

**RESPOSTAS**

Dica: 500 ng = 5x10<sup>-10</sup> kg

**02.** a) 4000 kg.m/s ; b) 4000 kg.m/s ; c) 0 ; d) 0,15 kg.m/s

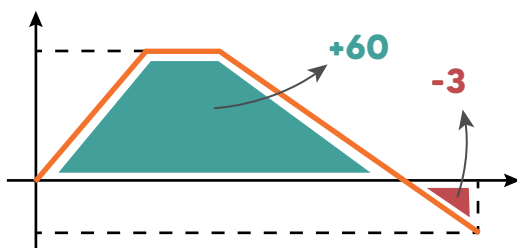
**04.** I = 250 N.s      **05.** F = 1,5 N      Dica: 1 min = 60 s

**07.** a) I = 57 N.s ; b) F = 4,75 N

**09.** V = 11,2 m/s      Dica: 1,5 to = 1500 kg

**10.** a) I = - 24.000 N.s  
b) F = 8.000 N

**12.** a) I = - 3,5 N.s  
b) F = -14 N



# Colisões

1. DOIS CORPOS A E B ESTÃO EM ROTA PARA UMA COLISÃO FRONTAL.

2. A QUANTIDADE DE MOVIMENTO (Q) CONTIDA NOS DOIS CORPOS ACABA SENDO CONSERVADA, COMEÇAMOS COM A EQUAÇÃO:

$$Q_{\text{ANTES}} = Q_{\text{DEPOIS}}$$

$$Q_A + Q_B = Q_A' + Q_B'$$

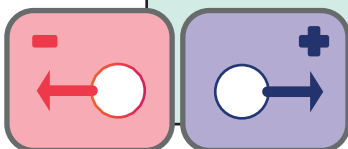
3. PERCEBEU O APÓSTROFO (')? ELE SERÁ USADO PARA DIFERENCIAR AS INFORMAÇÕES DE ANTES E DEPOIS DA COLISÃO

4. USE A FÓRMULA DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO  $Q = m \cdot v$

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

6. E NÃO ESQUEÇA DE ANALISAR OS SINAIS DAS VELOCIDADES, VAMOS ADOPTAR UM PADRÃO?

7. USE O SINAL POSITIVO SE ESTIVER APONTADO PARA A DIREITA, NEGATIVO PARA A ESQUERDA



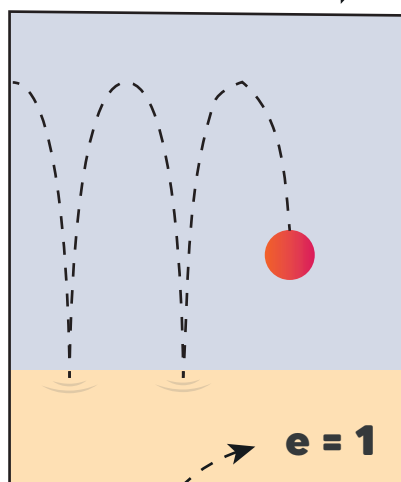


# Restituição de Movimento

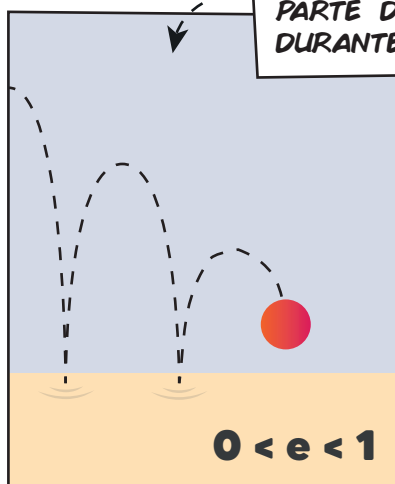
1. BASICAMENTE, PODEMOS RESUMIR AS COLISÕES EM 3 TIPOS

2. A PERFEITAMENTE ELÁSTICA É AQUELA COLISÃO QUE CONSERVA TODA A ENERGIA MECÂNICA.

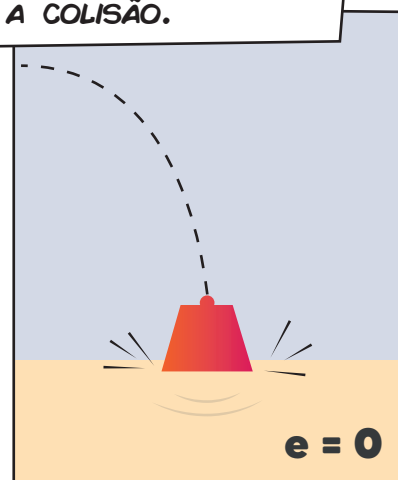
3. NA PARCIALMENTE ELÁSTICA, PARTE DA ENERGIA DISSIPADA DURANTE A COLISÃO.



$e = 1$



$0 < e < 1$



$e = 0$

5. REPRE QUE CADA TIPO POSSUI UM COEFICIENTE DIFERENTE CHAMADO DE COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO

4. E POR ÚLTIMO, A COLISÃO DO TIPO INELÁSTICA ACONTECE QUANDO NÃO HÁ SEPARAÇÃO DOS CORPOS APÓS A COLISÃO

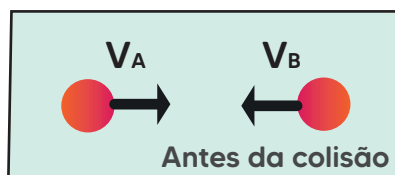
6. ELE PODE SER ACHADO PELA RELAÇÃO ENTRE O AFASTAMENTO E APROXIMAÇÃO DOS CORPOS.

VEJA A FÓRMULA:

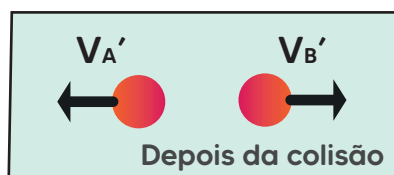
$$e = \frac{V_B' - V_A'}{V_A - V_B}$$

Depois da colisão

Antes da colisão



Antes da colisão

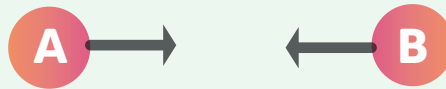


Depois da colisão

7. ELA SERÁ USADA EM CONJUNTO COM A FÓRMULA DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO VISTA ANTERIORMENTE.

SE PREPARE PARA RESOLVER SISTEMA DE EQUAÇÕES!

**01 (Respondido)** Dois carros A e B estão se movimentando em uma pista retilínea e chocam-se frontalmente; após a colisão inelástica, os dois carros permanecem unidos. Determine a velocidade do conjunto após a colisão.



Os dois carros possuem massa 1 tonelada cada, a velocidade do carro A era de 20 m/s e o do carro B era de 16 m/s antes da colisão

### RESOLUÇÃO

Utilize a conservação da quantidade de movimento

$$Q_{\text{(antes)}} = Q_{\text{(depois)}}$$

$$Q_A + Q_B = Q_{A'} + Q_{B'}$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v_{A'} + m_B \cdot v_{B'}$$

$$1000 \cdot (20) + 1000 \cdot (-16) = 1000 \cdot (v_{A'}) + 1000 \cdot (v_{B'})$$

$$20 - 16 = v_{A'} + v_{B'}$$

$$4 = v_{A'} + v_{B'}$$

Corte todos os termos por 1000

A velocidade de B foi negativa pois ele se movimenta para a esquerda

O enunciado fala que a colisão foi do tipo inelástica, ou seja, os dois carros permaneceram juntos após a colisão com velocidades iguais:

$$4 = v_{A'} + v_{B'}$$

$$4 = v' + v'$$

$$2v' = 4$$

$$v' = 2 \text{ m/s}$$

$$v' = v_{A'} = v_{B'}$$

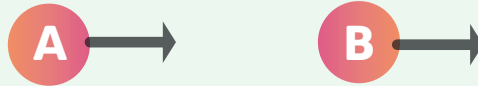


**02.** Dois carros A e B estão se movimentando em uma pista retilínea e chocam-se frontalmente; após a colisão inelástica, os dois carros permanecem unidos. Determine a velocidade do conjunto após a colisão.

Os dois carros possuem massa 1 tonelada cada, a velocidade do carro A era de 18 m/s e o do carro B era de 12 m/s antes da colisão



**03 (Respondido)** Dois carros A e B estão se movimentando em uma pista retilínea como mostra a figura. Após uma colisão inelástica, os dois carros permanecem unidos. Determine a velocidade do conjunto após a colisão.



Os dois carros possuem massa 1 tonelada cada, a velocidade do carro A era de 20 m/s e o do carro B era de 16 m/s antes da colisão

### RESOLUÇÃO

Utilize a conservação da quantidade de movimento

$$Q_{\text{(antes)}} = Q_{\text{(depois)}}$$

$$Q_A + Q_B = Q_{A'} + Q_{B'}$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v_{A'} + m_B \cdot v_{B'}$$

$$1000 \cdot (20) + 1000 \cdot (16) = 1000 \cdot (v_{A'}) + 1000 \cdot (v_{B'})$$

$$20 + 16 = v_{A'} + v_{B'}$$

$$36 = v_{A'} + v_{B'}$$

Corte todos os termos por 1000

O enunciado fala que a colisão foi do tipo inelástica, ou seja, os dois carros permaneceram juntos após a colisão com velocidades iguais:

$$36 = v_{A'} + v_{B'}$$

$$36 = v' + v'$$

$$2v' = 36$$

$$v' = 18 \text{ m/s}$$

$$v' = v_{A'} = v_{B'}$$

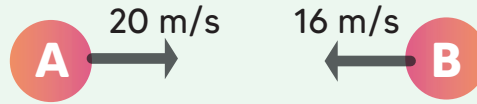


**04.** Dois carros A e B estão se movimentando em uma pista retilínea como mostra a figura. Após uma colisão inelástica, os dois carros permanecem unidos. Determine a velocidade do conjunto após a colisão.

Os dois carros possuem massa 1 tonelada cada, a velocidade do carro A era de 18 m/s e o do carro B era de 12 m/s antes da colisão



**05 (Respondido)** Duas partículas estão se movimentando em sentidos contrários como mostra a figura a seguir. Sabe-se que a massa da partícula A é igual a 0,8 vezes massa de B.



A colisão entre as duas partículas foi parcialmente elástica e possui um coeficiente de restituição igual a 0,5. Conhecendo todos esses dados, determine as velocidades das partículas A e B e seus sentidos após a colisão.

### RESOLUÇÃO

Ache a igualdade entre as massas:

$$m_A = 0,8 \cdot m_B$$

Use a fórmula da conservação:

$$Q \text{ (antes)} = Q \text{ (depois)}$$

$$Q_A + Q_B = Q_{A'} + Q_{B'}$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v_{A'} + m_B \cdot v_{B'}$$

$$m_A \cdot (20) + m_B \cdot (-16) = m_A \cdot v_{A'} + m_B \cdot v_{B'}$$

Substitua:  $m_A = 0,8 m_B$

$$(0,8 \cdot m_B) \cdot (20) + m_B \cdot (-16) = (0,8 \cdot m_B) \cdot (v_{A'}) + m_B \cdot v_{B'}$$

$$16 \cdot m_B - 16 \cdot m_B = 0,8 \cdot m_B \cdot v_{A'} + m_B \cdot v_{B'}$$

$$16 - 16 = 0,8 \cdot v_{A'} + v_{B'}$$

$$0 = 0,8 \cdot v_{A'} + v_{B'}$$

$$0,8 \cdot v_{A'} + v_{B'} = 0$$

(EQUAÇÃO 1)

Corte  $m_B$   
em todos  
os termos

Inverta a  
equação

Agora é hora de usar o coeficiente de restituição

$$e = \frac{v_{B'} - v_{A'}}{v_A - v_B}$$

$$0,5 = \frac{v_{B'} - v_{A'}}{(20) - (-16)}$$

$$0,5 = \frac{v_{B'} - v_{A'}}{36}$$

$$v_{B'} - v_{A'} = 18 \text{ (EQUAÇÃO 2)}$$

Resolva o sistema de equações encontrado:

$$\begin{cases} 0,8 \cdot V_{A'} + V_{B'} = 0 & \text{(EQUAÇÃO 1)} \\ V_{B'} - V_{A'} = 18 & \text{(EQUAÇÃO 2)} \end{cases}$$

$$V_{A'} = -10 \text{ m/s}$$

$$V_{B'} = 8 \text{ m/s}$$

Interpretando sinais:

Após a colisão, a partícula A se movimenta para a esquerda, e B se move para a direita



**06.** Duas partículas estão se movimentando em sentidos contrários como mostra a figura a seguir. Sabe-se que a massa da partícula A é igual a 0,6 vezes massa de B.



A colisão entre as duas partículas foi parcialmente elástica e possui um coeficiente de restituição igual a 0,6. Conhecendo todos esses dados, determine as velocidades das partículas A e B e seus sentidos após a colisão.

**07.** Duas partículas estão se movimentando com mesmo sentido como mostra a figura a seguir. Sabe-se que as massas das partículas são:  $m_A = 12 \text{ kg}$  e  $m_B = 18$



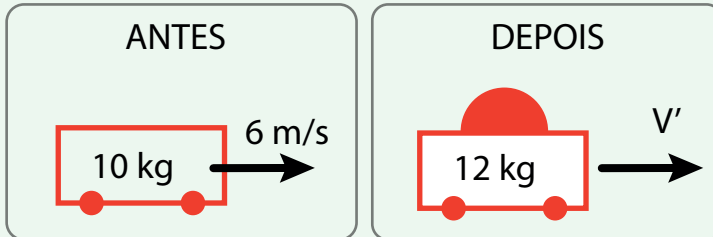
A colisão entre as duas partículas foi perfeitamente elástica. Conhecendo todos esses dados, determine as velocidades das partículas A e B e seus sentidos após a colisão.

**08 (Respondido)** Um carrinho de brinquedo com 10 kg está se movimentando em uma pista reta com 6 m/s quando um menino acrescenta gentilmente uma carga de 2 kg em cima do carro quando passa por ele.

Determine a velocidade do sistema após o evento.

## RESOLUÇÃO

Veja o desenho da situação antes e depois:



Podemos apenas considerar que ele sofre um acréscimo de 2 kg na sua massa e agora vale 12 kg.

Use a conservação do movimento:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{(antes)}} &= Q_{\text{(depois)}} \\
 m \cdot V &= m' \cdot V' \\
 (10) \cdot (6) &= (12) \cdot V' \\
 60 &= 12 \cdot V' \\
 V_{A'} &= 5 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**09.** Um carrinho de brinquedo com 8 kg está se movimentando em uma pista reta com 4 m/s quando um menino acrescenta gentilmente uma carga de 2 kg em cima do carro quando passa por ele.

Determine a velocidade do sistema após o evento.

## RESPOSTAS

**02.**  $V' = 3 \text{ m/s}$

**04.**  $V' = 15 \text{ m/s}$

**06.**  $V_{A'} = - 10 \text{ m/s}$  (esquerda)  
 $V_{B'} = + 5 \text{ m/s}$  (direita)

**07.**  $V_{A'} = + 8 \text{ m/s}$  (direita)  
 $V_{B'} = + 18 \text{ m/s}$  (direita)

**09.**  $V' = 3,2 \text{ m/s}$