

# FÍSICA

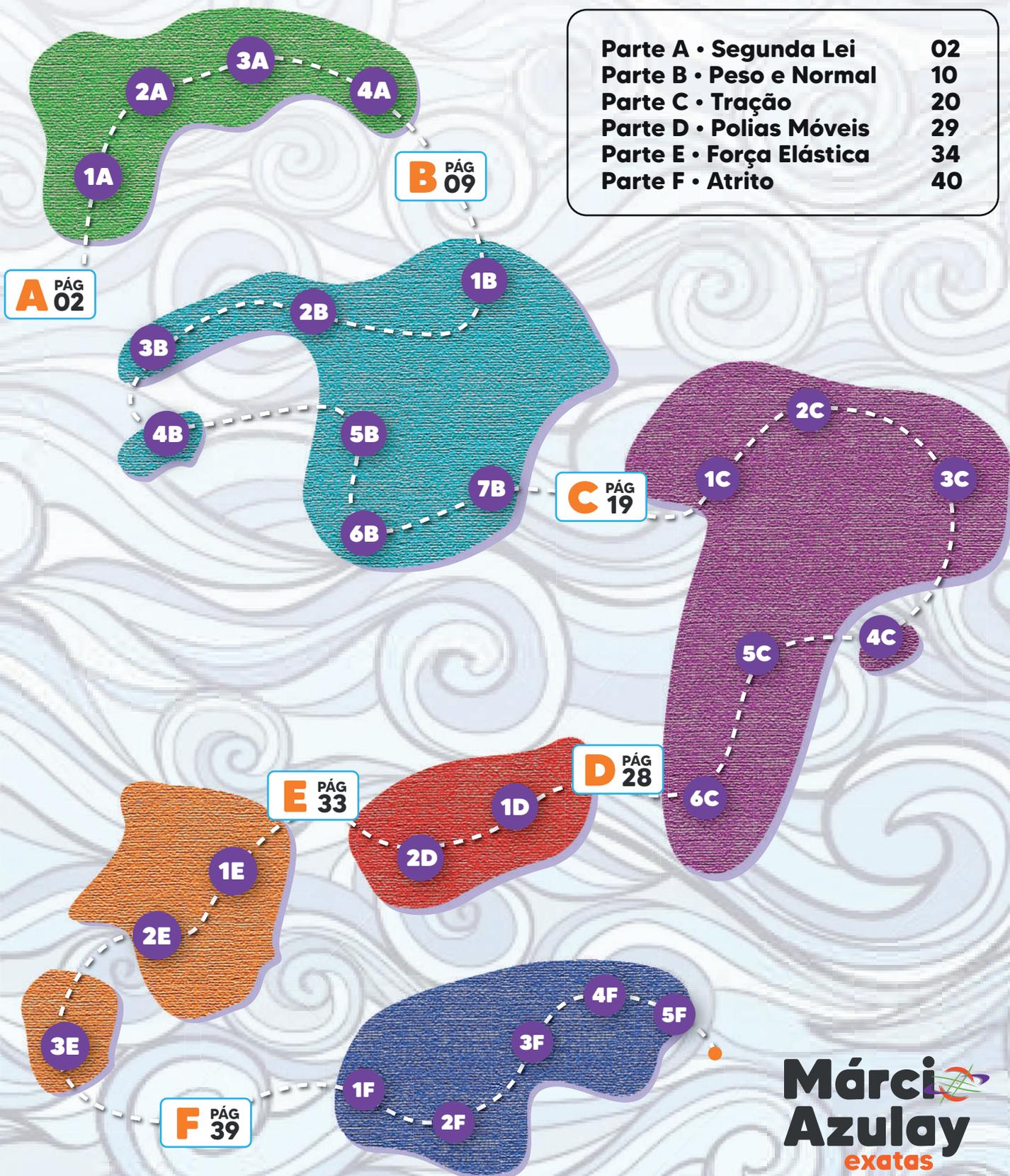
## ILUSTRADA

## Capítulo Especial

### Problemas com Blocos

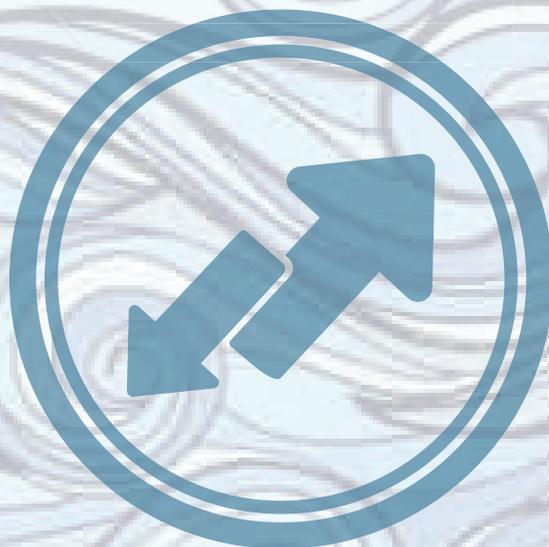
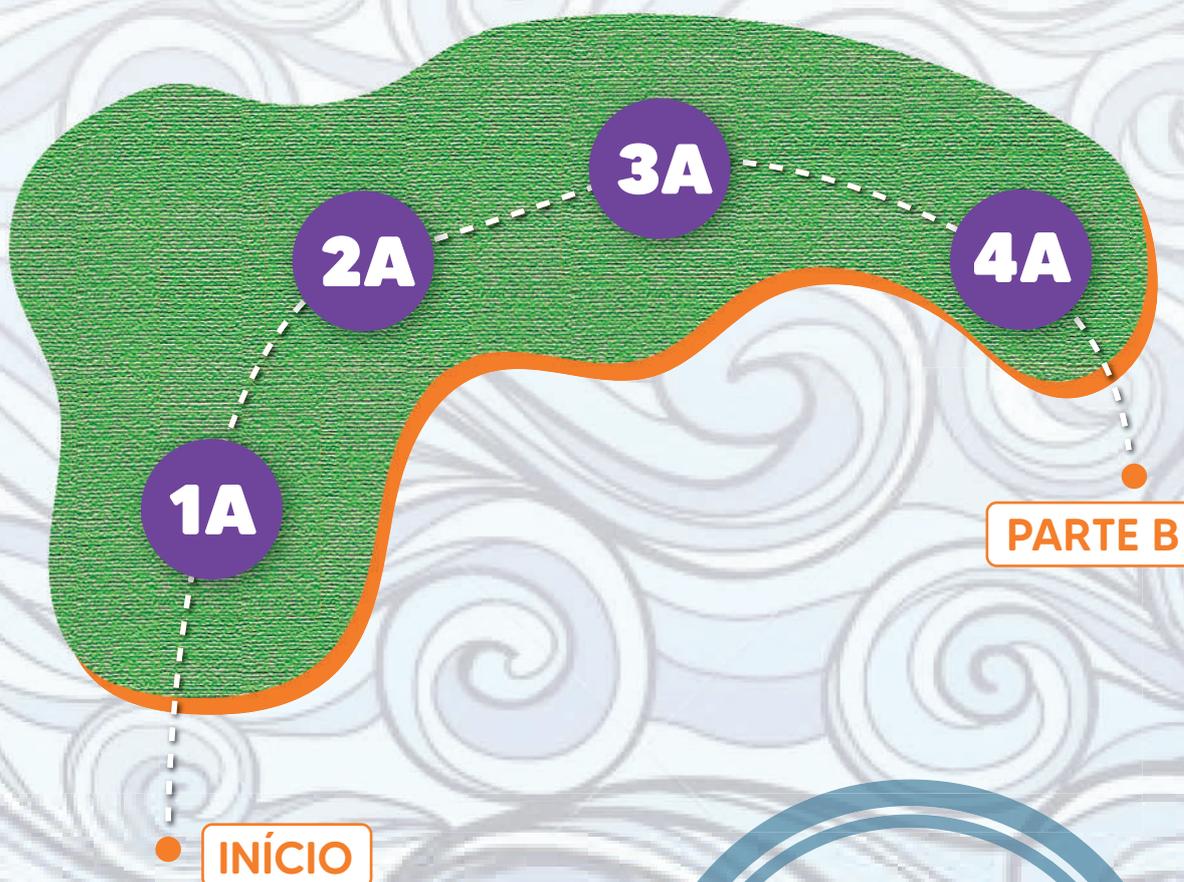


Parte A • Segunda Lei	02
Parte B • Peso e Normal	10
Parte C • Tração	20
Parte D • Polias Móveis	29
Parte E • Força Elástica	34
Parte F • Atrito	40



## Parte A • Segunda Lei de Newton

Introdução	03
Nível 1A - A básica	04
Nível 2A - Mais Forças	05
Nível 3A - Outras Direções	06
Nível 4A - Decompondo Forças	08



# Introdução

Veja a Segunda Lei de Newton:

**“A aceleração sofrida por um corpo é diretamente proporcional a força aplicada sobre ele e inversamente proporcional a sua massa”**

1. Ela basicamente pode ser resumida nessa fórmula:

$$F = m \cdot a$$

2. Explicando: A força aplicada em um objeto de massa (como um bloco) pode gerar uma aceleração nele, ou seja, um M.U.V.



3. Como exemplo temos um bloco de 5 kg (quilogramas) sofrendo a ação de uma força de 20N (Newtons).



4. Se essa for a única força, esse bloco sofrerá uma aceleração de  $4 \text{ m/s}^2$  no mesmo sentido do vetor da força.

5. Vamos resolver problemas!

**Nível 1A****A básica**

Um bloco no espaço está sendo puxado por uma força de 50N, qual é a aceleração sofrida por esse bloco de 10 kg?



1. Faremos um diagrama de forças (desenho dos blocos e forças)



E adicione uma seta indicando o sentido de movimento desse corpo (representado em laranja).

2. A força resultante (ou somatório das forças) é igual ao produto da massa pela aceleração:

$$F = m \cdot a$$

$$50 = 10 \cdot a$$

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

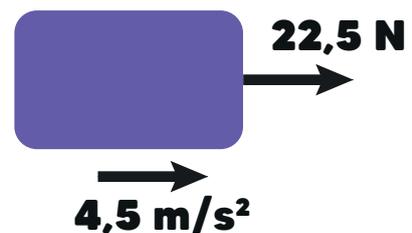
[www.marcioazulayexatas.com](http://www.marcioazulayexatas.com)

**Propostos:**

- 1) Determine a aceleração de um corpo de 15 kg que sofre uma força única de 105 N para a direita.



- 2) Um corpo adquire uma aceleração constante de  $4,5 \text{ m/s}^2$  quando existe uma força de 22,5 N sobre ele, qual é a massa desse bloco?



R: 1)  $7 \text{ m/s}^2$   
2) 5 kg

## Nível 2A

### Mais forças

Um bloco no espaço está sendo puxado por duas forças como mostra a figura ao lado, determine:

- A força resultante
- A aceleração do bloco



1. Faça o diagrama de forças e adicione o SM, nesse caso ele apontará para a direita pois  $F_2 > F_1$



2. a) A força resultante é o somatório de forças sobre o sistema, siga a regra geral: Forças que vão no mesmo sentido no 'SM' são positivas, forças que vão contra são negativas.

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c}
 - \quad + \\
 \longrightarrow \\
 \text{SM}
 \end{array} \\
 F_R = + F_2 - F_1 \\
 F_R = 25 - 5 \\
 F_R = 20 \text{ N}
 \end{array}$$

3. b) Aplique a Segunda Lei de Newton:

$$\begin{array}{l}
 F_R = m \cdot a \\
 20 = 4 \cdot a \\
 a = 5 \text{ m/s}^2
 \end{array}$$

### Propostos:

- 1) Determine a força resultante e a aceleração sofrida pelo bloco ao lado.  
(  $F_1 = 4 \text{ N}$ ,  $F_2 = 3 \text{ N}$ ,  $F_3 = 5 \text{ N}$  )



- 2) O bloco ao lado adquire uma aceleração constante de  $2 \text{ m/s}^2$  para a esquerda. Determine a intensidade da força F.



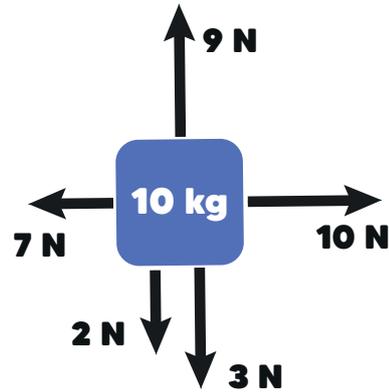
R: 1)  $F_R = 2 \text{ N}$  (p/ esquerda);  $a = 0,1 \text{ m/s}^2$   
2)  $11 \text{ N}$

# Nível 3A

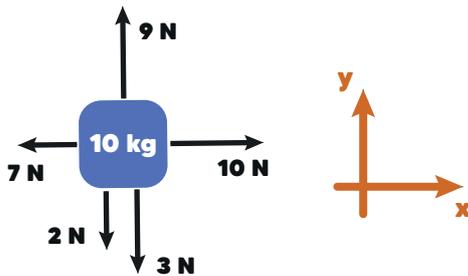
## Outras direções

Um bloco no espaço está sendo puxado por várias forças como mostra a figura, determine:

- As componentes horizontais e verticais das forças resultantes.
- O módulo força resultante.
- A aceleração sofrida pelo bloco.



- Nesse caso teremos 2 sentidos para o movimento, um para forças na horizontal (x) e uma para forças na vertical (y):



- Primeiro analisamos as forças horizontais:



$$F_{R(x)} = +10 - 7 = 3N$$

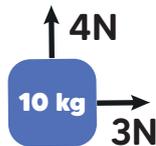
- E depois as forças verticais:



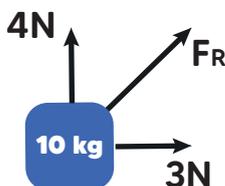
$$F_{R(y)} = +9 - 2 - 3$$

$$F_{R(y)} = 4N$$

- a) As componentes das forças horizontais e verticais resultantes são respectivamente 3N e 4N.



- b) Como as duas forças encontradas são perpendiculares entre si (90 graus), a força resultante ( $F_R$ ) será achada utilizando o Teorema de Pitágoras:



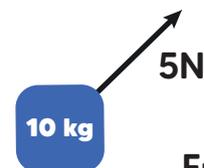
$$F_R^2 = F_{R(x)}^2 + F_{R(y)}^2$$

$$F_R^2 = 3^2 + 4^2$$

$$F_R^2 = 25$$

$$F_R = 5N$$

- c) Aplique a segunda Lei:



$$F_R = m \cdot a$$

$$5 = 10 \cdot a$$

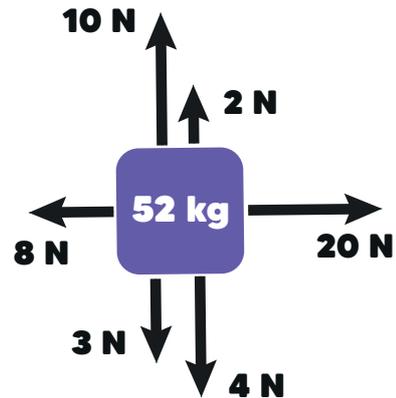
$$a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

(no mesmo sentido da força)

## Propostos:

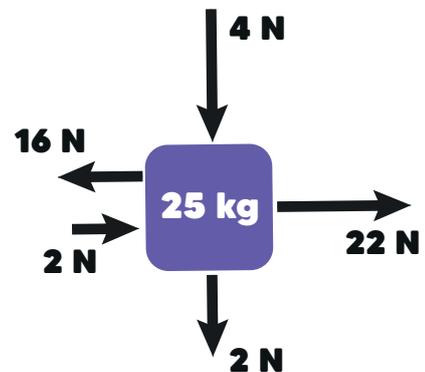
1) Em relação a figura ao lado, determine:

- A força resultante horizontal
- A força resultante vertical
- O módulo da força resultante sobre o bloco
- A aceleração sofrida por ele



2) Em relação a figura ao lado, determine:

- A força resultante horizontal
- A força resultante vertical
- O módulo da força resultante sobre o bloco
- A aceleração sofrida por ele

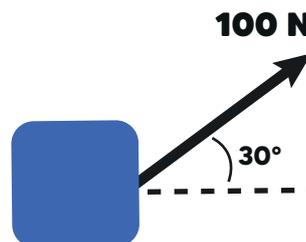


R: 1) a) 12 N (direita) b) 5 N (p/cima) c) 13 N d)  $0,25 \text{ m/s}^2$   
 2) a) 8 N (direita) b) 6 N (p/baixo) c) 10 N d)  $0,4 \text{ m/s}^2$

## Nível 4A

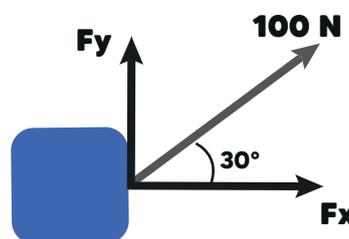
### Decompondo forças

Um bloco no espaço está sendo puxado por uma força de 100N que possui um ângulo de inclinação de  $30^\circ$  em relação a horizontal. Determine:



- A componente horizontal dessa força
- A componente vertical

- Já aprendemos no nível anterior a fazer a resultante de forças ortogonais; aqui devemos fazer o processo inverso, pegaremos uma força na diagonal e iremos decompor em um vetor horizontal ( $F_x$ ) e um vertical ( $F_y$ ):



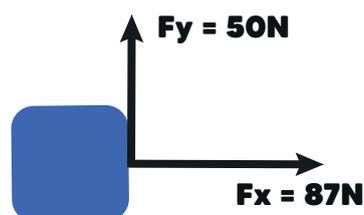
- Se atente a regra geral! A componente que encosta no ângulo irá receber o cosseno. Nesse exemplo será a componente  $F_x$ .

$$\begin{aligned} F_x &= F \cdot \cos(30) \\ F_x &= 100 \cdot (0,87) \\ F_x &= 87\text{N} \end{aligned}$$

- E a componente que não encosta no ângulo irá receber o seno. Nesse exemplo será a componente  $F_y$ .

$$\begin{aligned} F_y &= F \cdot \sin(30) \\ F_y &= 100 \cdot (0,50) \\ F_y &= 50\text{N} \end{aligned}$$

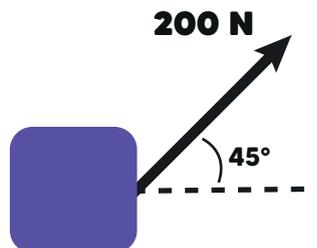
- E pronto! Agora você tem dois vetores ortogonais.



## Propostos:

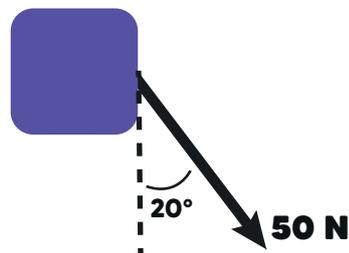
1) Em relação a figura ao lado, determine:

- A componente horizontal da força F
- A componente vertical da força F



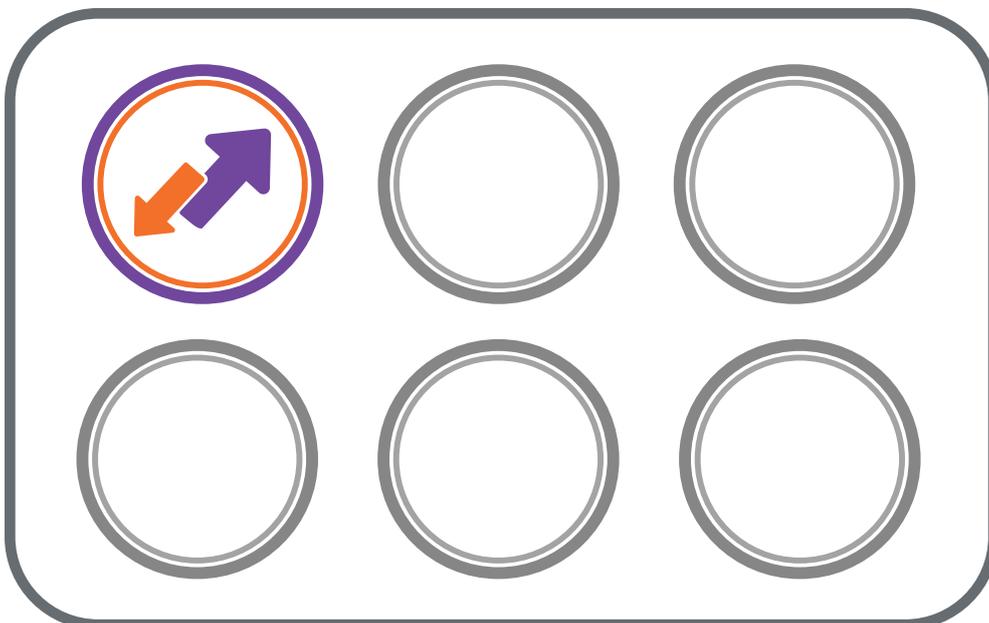
2) Em relação a figura ao lado, determine:

- A componente horizontal da força F
- A componente vertical da força F



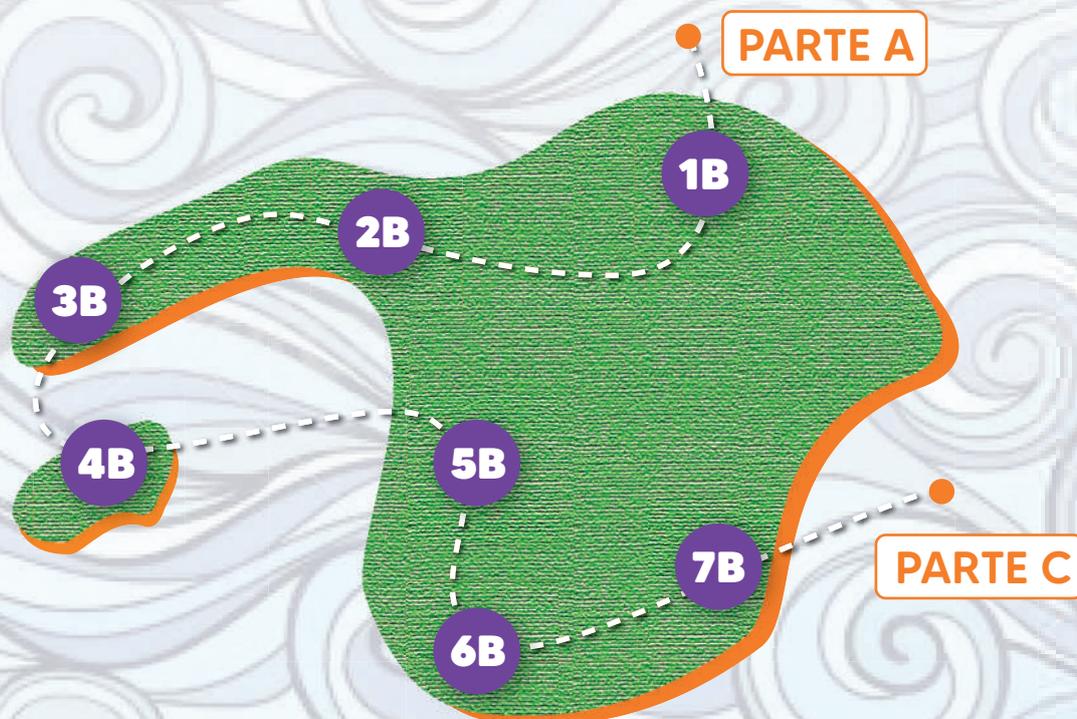
R: 1) a) 141,4N (direita) b) 141,4N (p/cima)  
2) a) 17,1N (direita) b) 47N (p/baixo)

**Parabéns! Você chegou no final da Parte A!**



## Parte B • Peso e Normal

Introdução	11
Nível 1B - Para baixo	12
Nível 2B - Aqui na Terra e na Lua	13
Nível 3B - Apenas o contato	14
Nível 4B - Aumentando a Normal	15
Nível 5B - Diminuindo a Normal	16
Nível 6B - Diagonal para baixo	17
Nível 7B - Diagonal para cima	18



## Introdução

O que é o Peso?

“É a força sofrida por um corpo quando ele está inserido em uma região que possui campo gravitacional, esse campo é gerado por um corpo de grande massa no espaço como uma lua, planeta, estrela etc”

O vetor peso sempre aponta para baixo, em direção ao centro do planeta, ele basicamente pode ser resumido por essa fórmula:

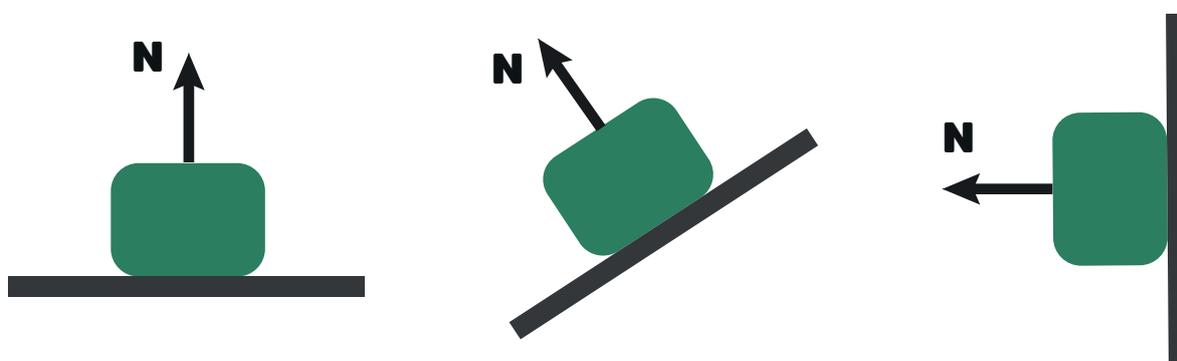
$$P = m \cdot g$$



g: Aceleração da Gravidade [m/s<sup>2</sup>]

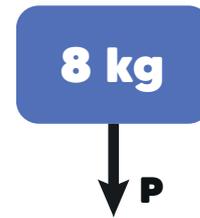
O que é a Normal?

“É a força de reação ao contato com uma superfície qualquer, esse força é sempre perpendicular ao plano”



**Nível 1B****Para baixo**

Um bloco de 8 kg está inserido em um ambiente cuja aceleração gravitacional ( $g$ ) é de  $10 \text{ m/s}^2$ . Determine o peso desse bloco.



**1.** Usaremos a fórmula:

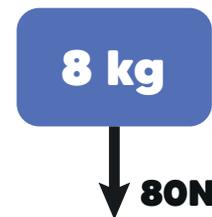
$$P = m \cdot g$$

$$P = 8 \cdot 10$$

$$P = 80 \text{ N}$$

**2.**

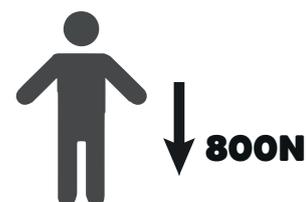
O peso desse bloco é de 80 Newtons:

**Propostos:**

1) Determine o peso de um bloco de 40 kg em um ambiente de aceleração gravitacional igual a  $9 \text{ m/s}^2$ .



2) Um homem na Terra possui 800N de peso, determine a sua massa sabendo que a aceleração da Terra ao nível do mar é de  $10 \text{ m/s}^2$ .



R: 1) 360 N  
2) 80 kg

## Nível 2B

### Aqui na Terra e na Lua

Um homem na Terra possui peso 1000N, determine o Peso desse mesmo homem na superfície da Lua.

$$g(\text{Terra}) = 10\text{m/s}^2; g(\text{Lua}) = 1,6 \text{ m/s}^2$$



**1.** O peso desse homem depende da gravidade do local, mas a massa dele sempre será a mesma.

**2.** Vamos usar o peso desse homem na Terra para achar a sua massa:

$$\begin{aligned} P &= m \cdot g \\ 1000 &= m \cdot 10 \\ m &= 100 \text{ kg} \end{aligned}$$



**3.** Sabendo do valor da massa, usaremos novamente a fórmula para achar o seu peso na Lua.

$$\begin{aligned} P &= m \cdot g \\ P &= 100 \cdot 1,6 \\ P &= 160 \text{ N} \end{aligned}$$



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

### Propostos:

1) Um homem na Terra possui peso igual a 850N, determine o seu peso na superfície de Júpiter.  
 $g(\text{Júpiter}) = 25 \text{ m/s}^2$



2) Qual deve ser a gravidade do local para que um cachorro de 10 kg de massa possua o triplo de seu peso na Terra?

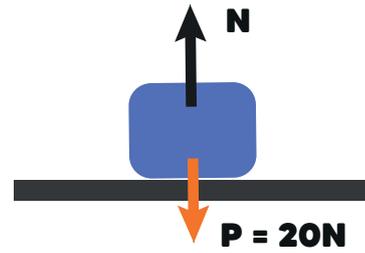


R: 1) 2125 N  
2) 30 m/s<sup>2</sup>

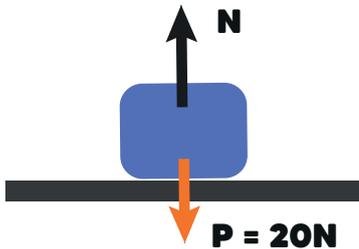
## Nível 3B

### Apenas contato

Um bloco de peso 20N está em repouso sobre uma superfície reta e horizontal. Determine a intensidade da força Normal.



1. Nesse caso só possuímos 2 forças agindo sobre o bloco: Normal e o Peso. Veja o diagrama de forças:



2. Aplicaremos a 2ª Lei de Newton na vertical.



$$F_R = m \cdot a$$

$$N - P = m \cdot a$$

Por padrão: forças para cima são positivas; para baixo é negativo.

3. Esse objeto está em repouso em relação a vertical, logo podemos dizer que a sua aceleração ( $a$ ) é igual a zero ( $a = 0$ ):

$$N - P = m \cdot a$$

$$N - P = m \cdot (0)$$

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

(Assim provamos que a Normal sentida por esse bloco é igual ao seu próprio peso)

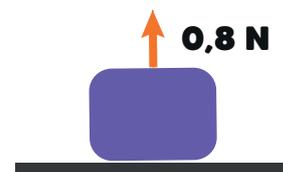
4. Substituindo:  
 $N = P = 20N$

### Propostos:

- 1) Determine a força Normal sentida por um bloco de peso igual a 30N que está sobre uma superfície reta e horizontal.



- 2) A força de contato entre um bloco e a superfície de contato é de 0,8 N. Determine o Peso e a massa desse bloco  $g = 10 \text{ m/s}^2$

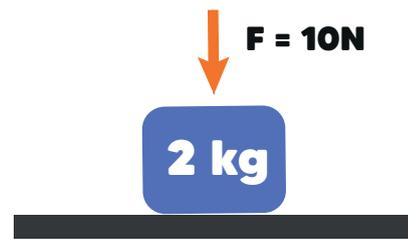


R: 1) 30N 2) 0,8 N e 0,08 kg

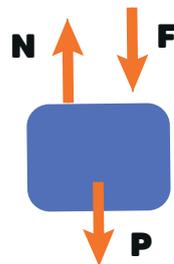
## Nível 4B

### Aumentando a Normal

Um bloco de 2kg está sobre um plano reto e horizontal quando sofre a ação de mais uma força de 10N para baixo. Determine a intensidade da força Normal.



1. Empurrar o bloco contra o solo é uma boa forma de aumentar o contato entre ele e o plano (aumentar a Normal) sem precisar alterar o seu Peso; veja o diagrama de forças:



2. Aplique a 2ª Lei de Newton (Lembre-se: para cima é positivo, para baixo é negativo)

$$F_R = m \cdot a$$

$$N - P - F = m \cdot a$$

$$N - (m \cdot g) - 10 = m \cdot a$$

$$N - (2 \cdot 10) - 10 = 2 \cdot 0$$

$$N - 20 - 10 = 0$$

$$N = 30 \text{ N}$$

**OBS.** Nesse caso a aceleração foi novamente igual a zero pois o bloco está em repouso em relação a vertical.

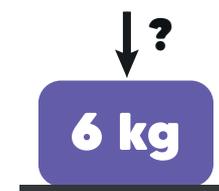
### Propostos:

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

- 1) Determine a força Normal sentida pelo bloco de 4kg quando sofre a ação de mais uma força vertical para baixo de intensidade 15N.



- 2) Um objeto possui 6 kg de massa, determine a intensidade da força que devemos empurrar o bloco para que a Normal sentida seja de 80N.

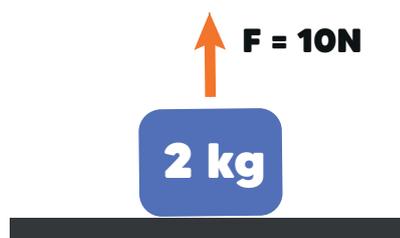


R: 1) 55 N, 2) 20 N

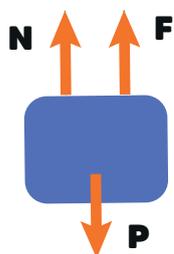
## Nível 5B

### Diminuindo a Normal

Um bloco de 2kg está sobre um plano reto e horizontal quando sofre a ação de mais uma força de 10N para cima. Determine a intensidade da força Normal.



1. Puxar o bloco para cima é uma boa forma de diminuir o contato entre o bloco e o plano sem precisar diminuir o seu Peso; veja o diagrama de forças:



2. Aplique a 2ª Lei de Newton (Lembre-se: para cima é positivo, para baixo é negativo)

$$F_R = m \cdot a$$

$$N + F - P = m \cdot a$$

$$N + 10 - (m \cdot g) = m \cdot a$$

$$N + 10 - (2 \cdot 10) = 2 \cdot 0$$

$$N + 10 - 20 = 0$$

$$N = 10 \text{ N}$$

**OBS.** Nesse caso a aceleração foi novamente igual a zero pois o bloco está em repouso em relação a vertical.

### Propostos:

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

- 1) Determine a força Normal sentida pelo bloco de 4kg quando sofre a ação de mais uma força vertical para cima de intensidade 15N.



- 2) Um objeto possui 6 kg de massa, determine a intensidade da força que devemos puxar o bloco para cima para que a Normal sentida seja de 35N.



R: 1) 25 N, 2) 25 N

## Nível 6B

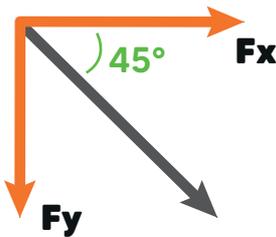
### Diagonal para baixo

Um bloco de 10kg sendo puxado por uma força de 30N que faz um ângulo de  $45^\circ$  em relação a horizontal como mostra a figura ao lado, determine:

- A força Normal
- A aceleração do bloco



- Força na diagonal? Decomponha!
  - A componente horizontal ( $F_x$ ) toca no ângulo, logo recebe o cosseno.
  - A componente vertical ( $F_y$ ) não toca no ângulo, logo recebe o seno.



$$F_x = F \cdot \cos(45^\circ)$$

$$F_x = 30 \cdot (0,7)$$

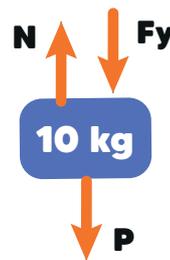
$$F_x = 21 \text{ N}$$

$$F_y = F \cdot \sin(45^\circ)$$

$$F_y = 30 \cdot (0,7)$$

$$F_y = 21 \text{ N}$$

- Aplique a 2ª Lei de Newton na vertical para achar a Normal:



$$F_{R(y)} = m \cdot a$$

$$N - F_y - P = m \cdot a$$

$$N - 21 - 100 = 10 \cdot 0$$

$$N - 121 = 0$$

$$N = 121 \text{ N}$$

www.marcioazulayexatas.com

- Aplique a 2ª Lei de Newton na horizontal para achar a aceleração:



$$F_{R(x)} = m \cdot a$$

$$F_x = m \cdot a$$

$$21 = 10 \cdot a$$

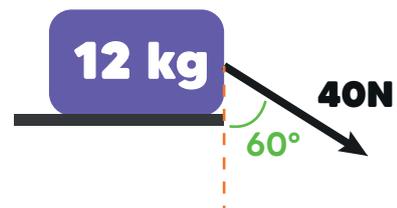
$$a = 2,1 \text{ m/s}^2$$

### Propostos:

1) Um bloco de 12 kg está sendo puxado por uma força  $F = 40\text{N}$  que faz  $60^\circ$  em relação a vertical. Determine:

- A força Normal
- A aceleração do bloco

$$\sin(60^\circ) = 0,87, \cos(60^\circ) = 0,50$$



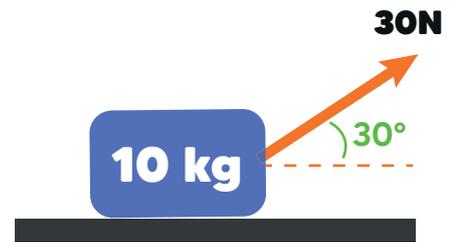
R: a) 140 N, b) 2,9 m/s<sup>2</sup>

## Nível 7B

### Diagonal para cima

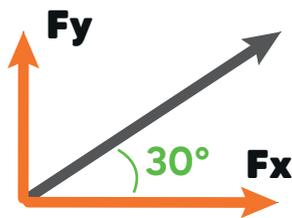
Um bloco de 10kg sendo puxado por uma força de 30N que faz um ângulo de  $30^\circ$  em relação a horizontal como mostra a figura ao lado, determine:

- A força Normal
- A aceleração do bloco



#### 1. Força na diagonal? Decomponha!

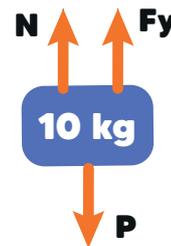
- A componente horizontal ( $F_x$ ) toca no ângulo, logo recebe o cosseno.
- A componente vertical ( $F_y$ ) não toca no ângulo, logo recebe o seno.



$$\begin{aligned} F_x &= F \cdot \cos(30^\circ) \\ F_x &= 30 \cdot (0,87) \\ F_x &= 26,1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= F \cdot \sin(30^\circ) \\ F_y &= 30 \cdot (0,50) \\ F_y &= 15 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 2. Aplique a 2ª Lei de Newton na vertical para achar a Normal:



$$\begin{aligned} F_{R(y)} &= m \cdot a \\ N + F_y - P &= m \cdot a \\ N + 15 - 100 &= 10 \cdot 0 \\ N - 85 &= 0 \\ N &= 85 \text{ N} \end{aligned}$$

www.marcioazulayexatas.com

#### 3. Aplique a 2ª Lei de Newton na horizontal para achar a aceleração:



$$\begin{aligned} F_{R(x)} &= m \cdot a \\ F_x &= m \cdot a \\ 26,1 &= 10 \cdot a \\ a &= 2,61 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

### Propostos:

1) Um bloco de 12 kg está sendo puxado por uma força  $F = 40\text{N}$  que faz  $20^\circ$  em relação a horizontal. Determine:

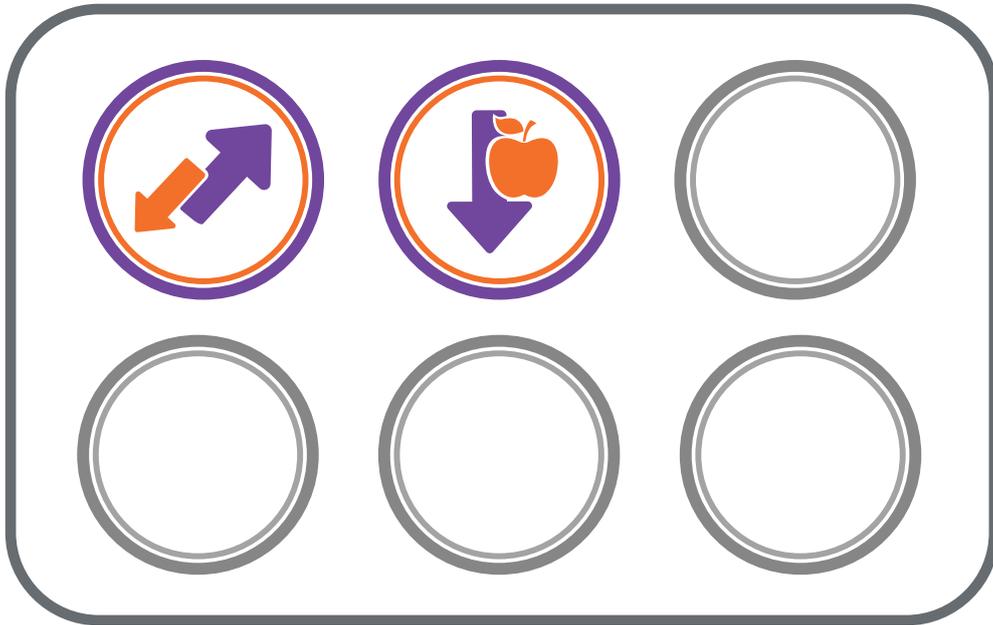
- A força Normal
- A aceleração do bloco

$$\sin(20^\circ) = 0,34, \cos(20^\circ) = 0,94$$



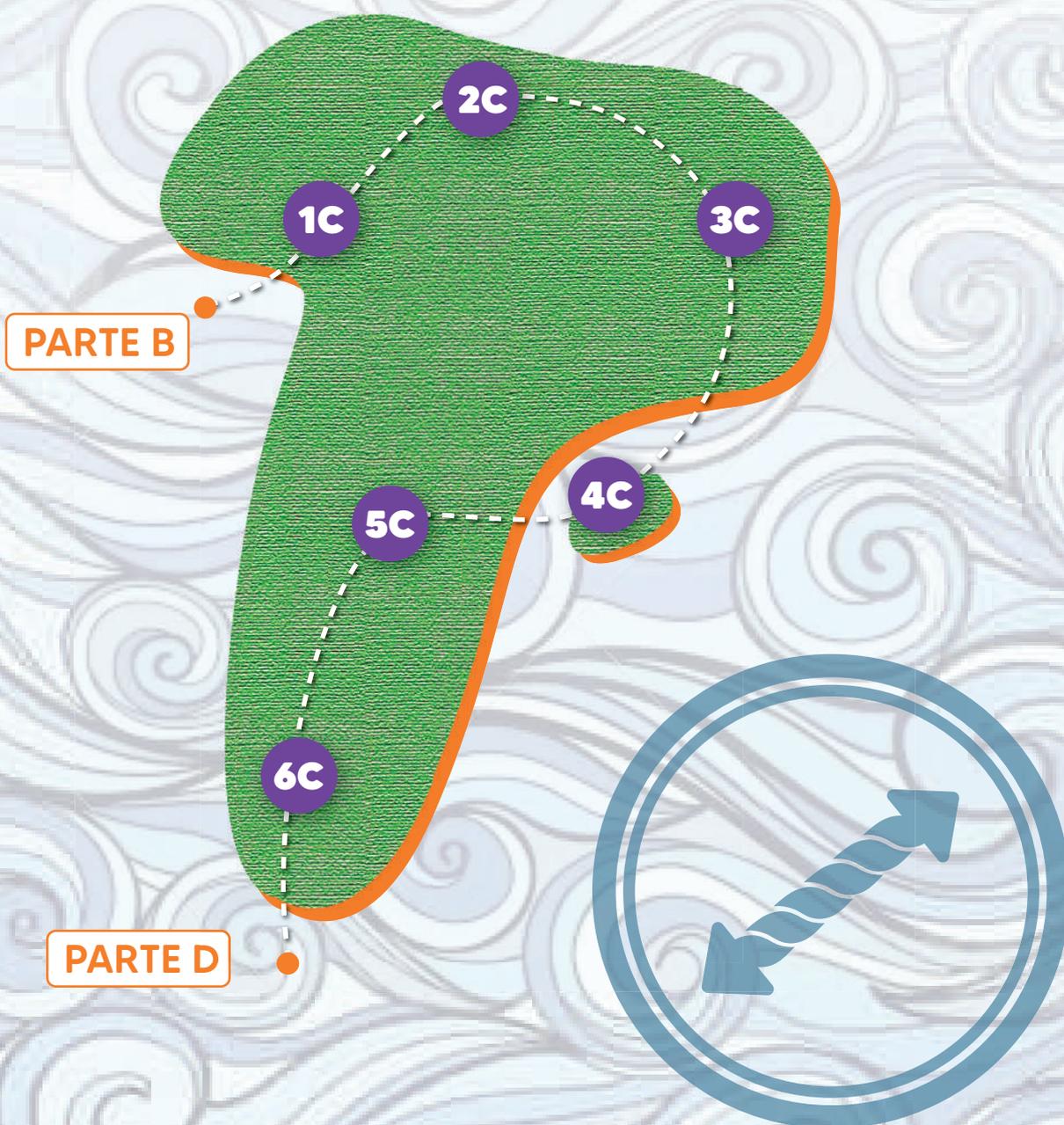
R: a) 106,4 N, b) 3,13 m/s<sup>2</sup>

**Parabéns! Você chegou no final da Parte B!**



## Parte C • Tração

Introdução	21
Nível 1C - Um fio	22
Nível 2C - Dois fios	23
Nível 3C - Pendurado	24
Nível 4C - Desequilibrado	25
Nível 5C - Puxando de um lado	26
Nível 6C - Puxando de dois lados	27

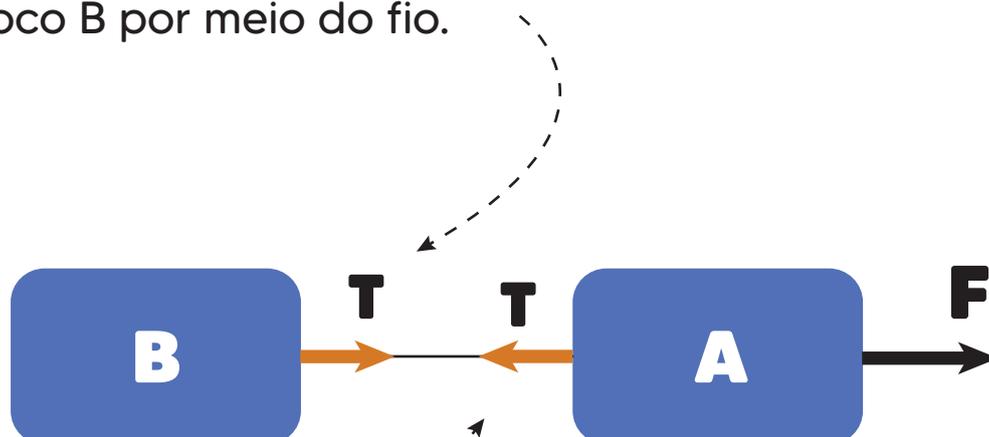


## Introdução

O que é a Tração?

“É a força que aparece em fios, cabos ou cordas quando puxadas, essa força é muito utilizada quando precisamos transferir forças entre corpos distantes”

Nesse exemplo abaixo, o bloco A está sendo puxado por uma força “F”. No momento que ele se move para a direita, ele acaba puxando também o bloco B por meio do fio.



Lembra da ação e reação? O bloco B também puxa o bloco A para a esquerda por meio do fio com uma força “T” de mesma intensidade.

## Nível 1C

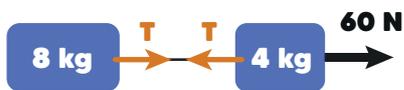
### Um fio

Dois blocos estão conectados por um fio inextensível como mostra ao lado. Determine:

- A aceleração dos blocos
- A tração no fio



- Começamos adicionando as trações no fio (ação e reação)



Não esqueça do sentido de movimento!

- Aplique a segunda lei no sistema:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F - T + T = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a$$

A massa (m) é a massa do sistema (8 + 4)

$$60 = (8+4) \cdot a$$

$$60 = 12 \cdot a$$

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

- Para achar a tração devemos isolar um dos dois blocos. Nesse exemplo vamos isolar o bloco de 4 kg.



- Aplique a segunda lei nesse bloco:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F - T = m \cdot a$$

$$60 - T = (4) \cdot (5)$$

$$60 - T = 20$$

$$T = 40 \text{ N}$$

www.marcioazulayexatas.com

### Propostos:

- Veja o desenho ao lado e determine:

- A aceleração do sistema
- A tração no fio



- Veja o desenho ao lado e determine:

- A aceleração do sistema
- A tração no fio



R: 1)  $a = 4 \text{ m/s}^2$  ;  $T = 60 \text{ N}$       2)  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$  ;  $T = 17,5 \text{ N}$

## Nível 2C

### Dois fios

Veja o desenho abaixo e determine: a) A aceleração do sistema  
b) A tração no fio 1 ; c) A tração no fio 2.



1. Adicione as forças nos dois fios ( $T_1$  e  $T_2$ ):



2. Aplique a segunda lei:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F - \cancel{T_1} + \cancel{T_1} - \cancel{T_2} + \cancel{T_2} = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a$$

$$20 = (10 + 6 + 4) \cdot a$$

$$20 = 20 \cdot a$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$

3. Para achar a tração no fio 1 ( $T_1$ ), isole o bloco de 4 kg:



$$F_R = m \cdot a$$

$$F - T_1 = m \cdot a$$

$$20 - T_1 = (4) \cdot (1)$$

$$T_1 = 16 \text{ N}$$

4. Isole o bloco de 10 kg para achar a tração no fio 2 ( $T_2$ ).



$$F_R = m \cdot a$$

$$T_2 = m \cdot a$$

$$T_2 = (10) \cdot (1)$$

$$T_2 = 10 \text{ N}$$

www.marcioazulayexatas.com

### Propostos:

1) Veja o desenho abaixo e determine:

a) A aceleração do sistema

b) A tração nos dois fios



R:  $a = 2 \text{ m/s}^2$  ;  $T_1 = 30 \text{ N}$  ;  $T_2 = 16 \text{ N}$

**Nível 3C****Pendurado**

Um corpo de 20 kg está pendurado por um fio no teto, determine a tração nesse fio.



1. Nesse caso só possuímos 2 forças agindo sobre o corpo: Tração e o Peso. Veja o diagrama de forças:



2. Como esse corpo está em equilíbrio, podemos afirmar que essas duas forças são iguais:

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

**Propostos:**

**15 kg**

- 1) Um bloco de 15 kg está pendurado no teto por um fio comum, determine a tração nesse fio.

- 2) Dois corpos estão pendurados no teto como mostra a figura ao lado.

**25 kg**

**5 kg**

- Determine a tração nos dois fios.

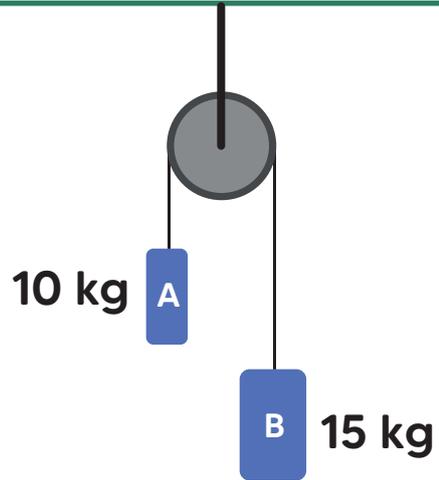
R: 1) 150N 2) 300 N e 50 N

# Nível 4C

## Desequilibrado

Dois corpos de 10 e 15 kg estão pendurados em uma polia fixa no teto e conectados por um fio comum como mostra a figura, assim que soltamos o sistema irá entrar em movimento, determine:

- O sentido do giro dessa polia
- A aceleração do sistema
- A tração no fio



**1.** O corpo de maior massa (B) tende a descer puxando o corpo de menor massa (A) para cima. Nesse caso a polia irá girar no sentido horário. (O sentido de movimento está em verde)

**2.** Adicione as forças de tração e peso:

www.marciouzulayexatas.com

**3.** Aplique a 2ª Lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

$$P_B - T + T - P_A = m \cdot a$$

$$P_B - P_A = m \cdot a$$

$$(m_B \cdot g) - (m_A \cdot g) = (m_A + m_B) \cdot a$$

$$(15 \cdot 10) - (10 \cdot 10) = (10 + 15) \cdot a$$

$$150 - 100 = 25 \cdot a$$

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

**4.** Agora iremos isolar um dos blocos para achar a tração. (Vamos isolar o bloco A)

$$F_R = m \cdot a$$

$$T - P_A = m \cdot a$$

$$T - 100 = (10) \cdot (2)$$

$$T - 100 = 20$$

$$T = 120 \text{ N}$$

### Propostos:

1) Veja o sistema ao lado e determine:

- O sentido de giro da polia
- A aceleração do sistema
- A tração no fio

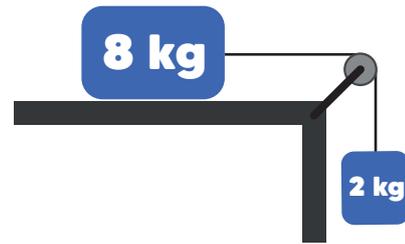
R: Anti-horário ;  $a = 2 \text{ m/s}^2$  ;  $T = 96 \text{ N}$

## Nível 5C

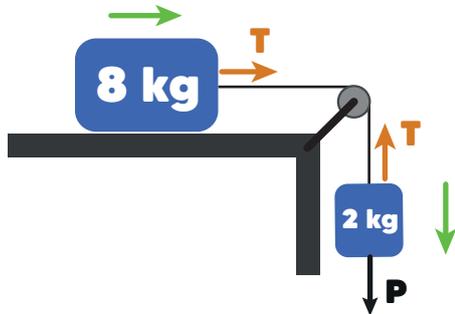
### Puxando de um lado

Veja o sistema ao lado e determine:

- A aceleração do sistema
- A tração no fio



- O peso do bloco de 2 kg é a única força está gerando movimento no sistema. Começamos adicionando as forças e o sentido de movimento (em verde):



www.marcioazulayexatas.com

- Aplice a 2ª Lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

$$P - \cancel{T} + \cancel{T} = m \cdot a$$

$$P = m \cdot a$$

$$(2 \cdot 10) = (8 + 2) \cdot a$$

$$20 = 10a$$

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

- Agora iremos isolar um dos blocos para achar a tração. (Vamos isolar o bloco de 8 kg)



$$F_R = m \cdot a$$

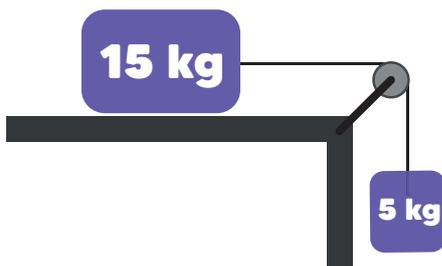
$$T = m \cdot a$$

$$T = (8) \cdot (2)$$

$$T = 16 \text{ N}$$

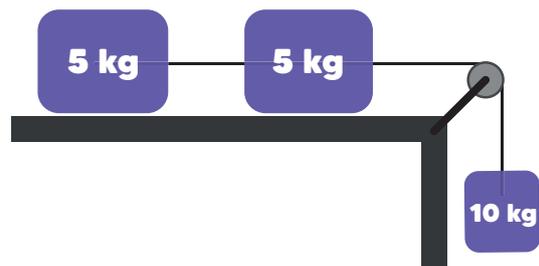
### Propostos:

- Veja o sistema abaixo e determine a aceleração e a tração no fio.



R: 1)  $a = 2,5 \text{ m/s}^2$  ;  $T = 37,5 \text{ N}$

- Veja o sistema abaixo e determine a aceleração e a tração nos dois fios.



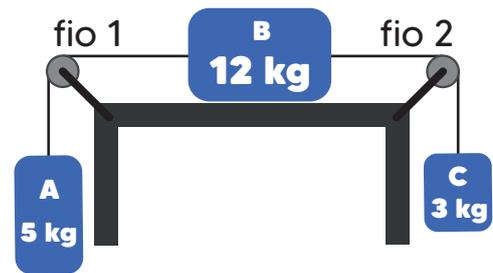
2)  $a = 5 \text{ m/s}^2$  ;  $T_1 = 50 \text{ N}$  ;  $T_2 = 25 \text{ N}$

## Puxando dos dois lados

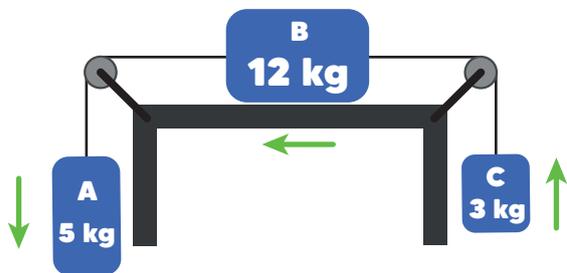
### Nível 6C

Veja o sistema ao lado e determine:

- O sentido de movimento da caixa B
- A aceleração do sistema
- A tração no fio 1
- A tração no fio 2

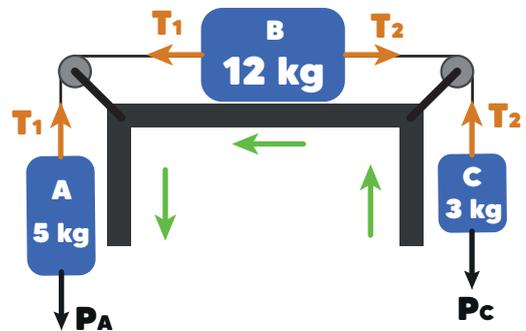


- O bloco "A" possui massa maior que o bloco "C", logo, podemos afirmar que o bloco "B" está indo para a esquerda:



(o sentido de movimento está em verde)

- Adicione as forças:



- Aplice a 2ª Lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

$$P_A - \cancel{T_1} + \cancel{T_1} - \cancel{T_2} + \cancel{T_2} - P_C = m \cdot a$$

$$P_A - P_C = m \cdot a$$

$$m_A \cdot g - m_C \cdot g = (m_A + m_B + m_C) \cdot a$$

$$5 \cdot 10 - 3 \cdot 10 = (5 + 12 + 3) \cdot a$$

$$50 - 30 = 20 \cdot a$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$

- Isle o bloco "A" para achar a tração no fio 1 ( $T_1$ ):

$$F_R = m \cdot a$$

$$P_A - T_1 = m \cdot a$$

$$50 - T_1 = 5 \cdot 1$$

$$T_1 = 45 \text{ N}$$



- E por fim isolamos o bloco "C" para achar a tração no fio 2 ( $T_2$ ):

$$F_R = m \cdot a$$

$$T_2 - P_C = m \cdot a$$

$$T_2 - 30 = 3 \cdot 1$$

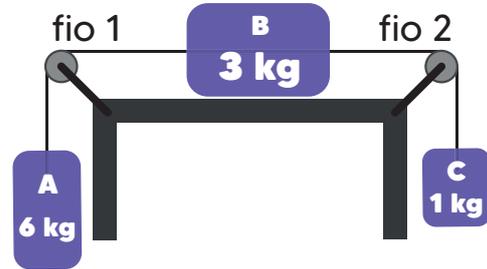
$$T_2 = 33 \text{ N}$$



## Propostos:

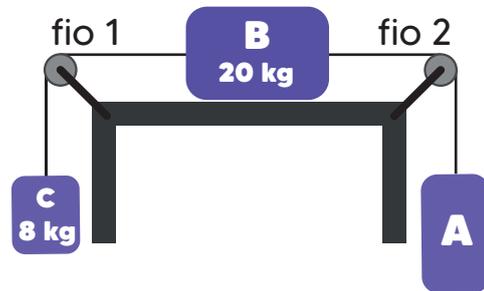
1) Veja o sistema ao lado de determine:

- O sentido de movimento do bloco B
- A aceleração do sistema
- A tração no fio 1
- A tração no fio 2



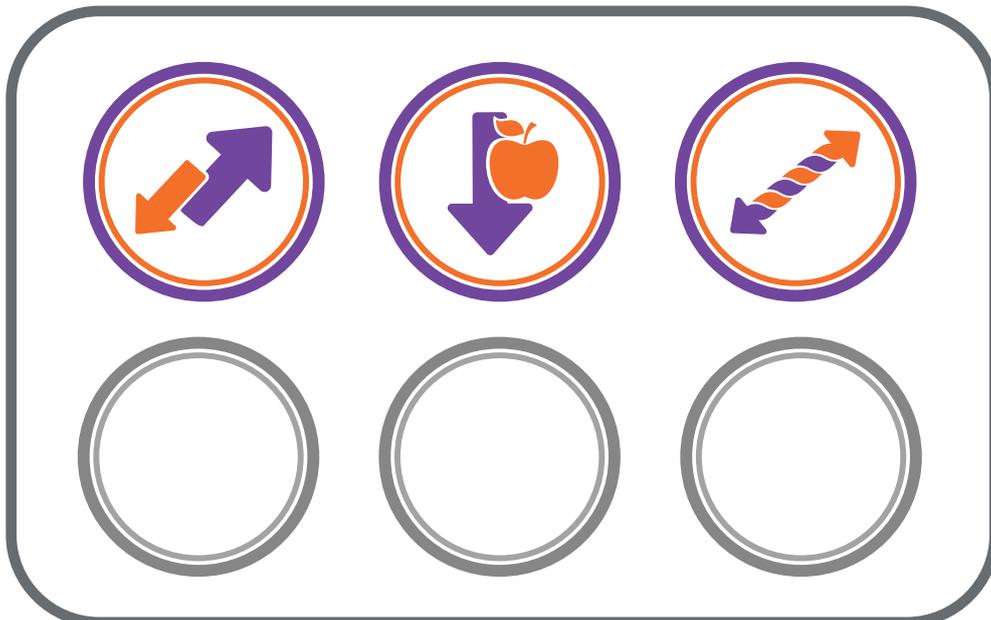
2) Sabendo que o bloco "B" se movimenta para a direita com aceleração de  $2 \text{ m/s}^2$ , determine:

- A massa do bloco A
- A tração no fio 1
- A tração no fio 2



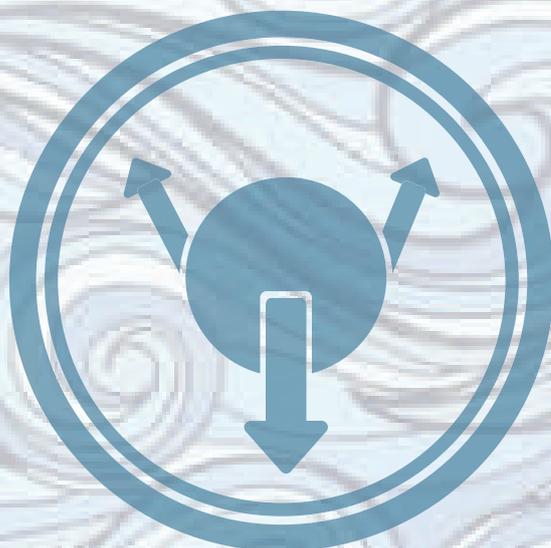
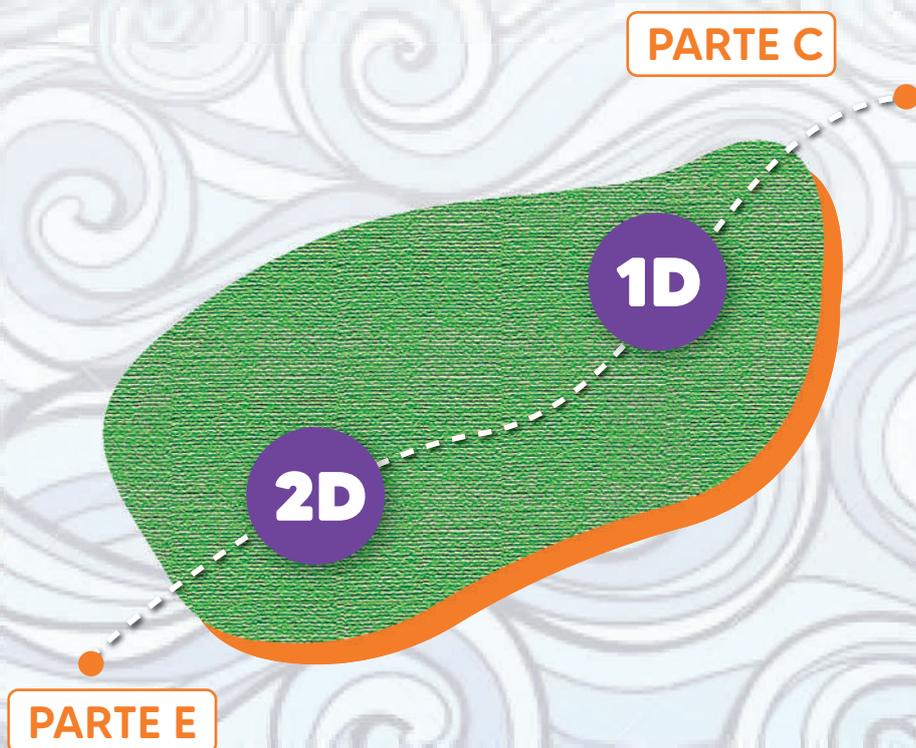
- a) Esquerda b)  $5 \text{ m/s}^2$  c) 30 N d) 15 N
- a) 17 kg b) 96 N c) 136 N

**Parabéns! Você chegou no final da Parte C!**



## Parte D • Polias Móveis

Introdução	30
Nível 1D - Máquina simples	31
Nível 2D - Várias Polias	32

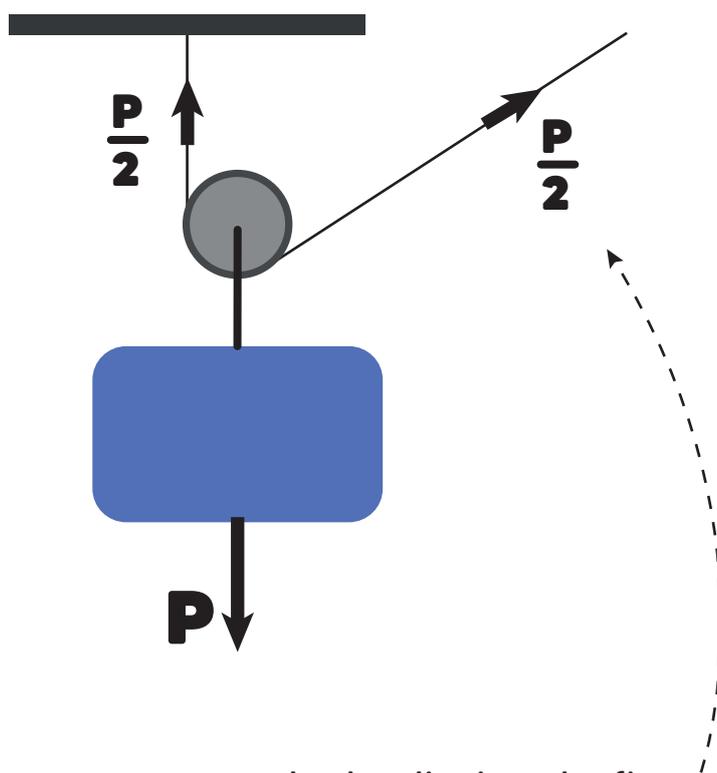


## Introdução

Para que serve?

“Todas as polias móveis são utilizadas para diminuir a força necessária para mover um corpo qualquer através de fios, sendo assim, considerada uma máquina simples”

Nesse exemplo abaixo temos somente uma polia móvel, o peso desse objeto erguido é dividido para os dois lados do fio que o sustentam.

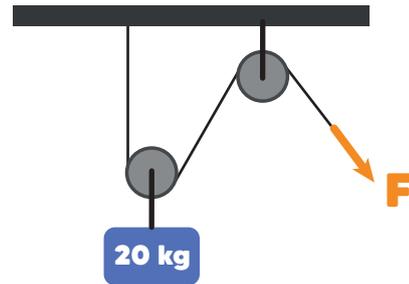


Para quem puxa a lado direito do fio somente precisará aplicar um força equivalente a metade do peso do bloco.

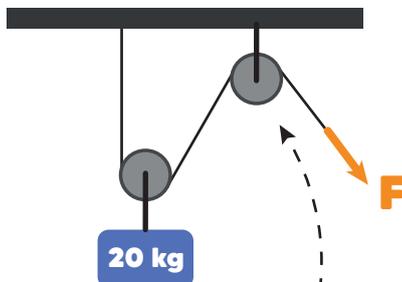
## Nível 1D

## Máquina Simples

Um bloco de 20 kg está em equilíbrio pelo sistema de polias descrito ao lado.  
Determine a força (F) necessária para manter esse bloco em equilíbrio

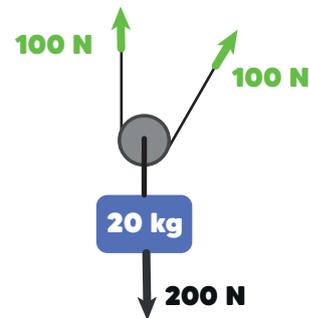


1. O sistema possui somente 1 polia móvel a esquerda (pois quando puxamos o fio, ela subirá junto com o bloco de 20 kg).

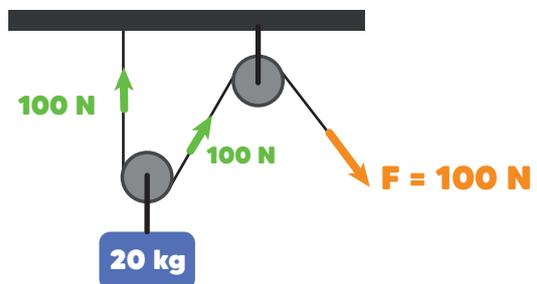


A polia a direita é uma polia fixa!

2. O peso do bloco é de 200 N, este será dividido para os dois lados do fio:



3. Como estamos puxando somente do direito, a força necessária para manter o equilíbrio é de 100 N.

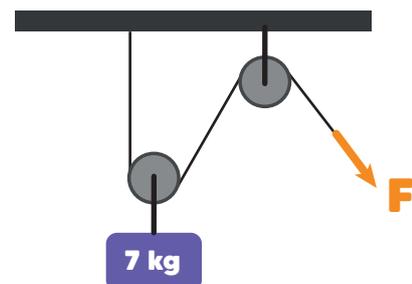


(Qualquer força a mais irá gerar um movimento acelerado)

### Propostos:

1) Veja o desenho ao lado e determine:

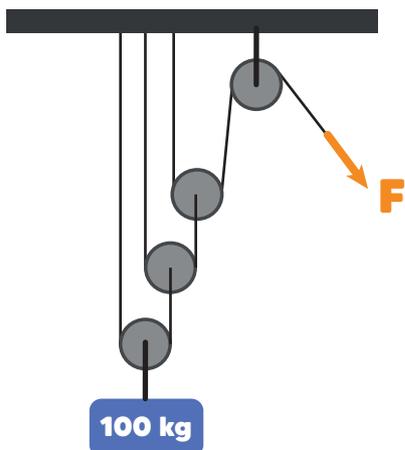
- a) A força (F) para manter o sistema em equilíbrio.



R: 1) a)  $F = 35 \text{ N}$

## Nível 2D

### Várias Polias



Veja o sistema de polias ao lado e determine a força necessária para manter o sistema em equilíbrio.

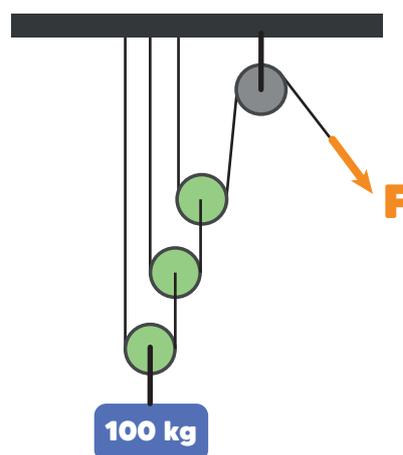
1. Nesse caso temos um total de 3 polias móveis (a quarta polia a direita é fixa)

2. O processo será o mesmo, o peso será dividido por 2 para cada polia móvel existente, logo, o peso será dividido por 2 em um total de 3 vezes.

Podemos usar a fórmula geral:

$$F = \frac{P}{2^n}$$

F: força final  
P: Peso do corpo  
n: Numero de polias móveis



3. Usando a fórmula:

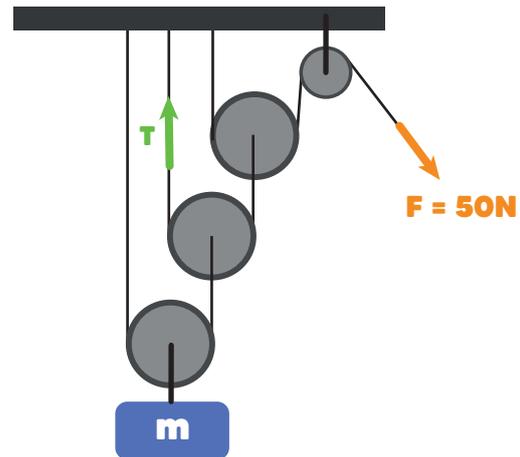
$$F = \frac{P}{2^n} = \frac{1000}{2^3} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ N}$$

### Propostos:

1) Um sistema composto de 5 polias móveis é utilizado para erguer um bloco de 48 kg, qual é a força final a ser utilizada para manter esse bloco em equilíbrio?

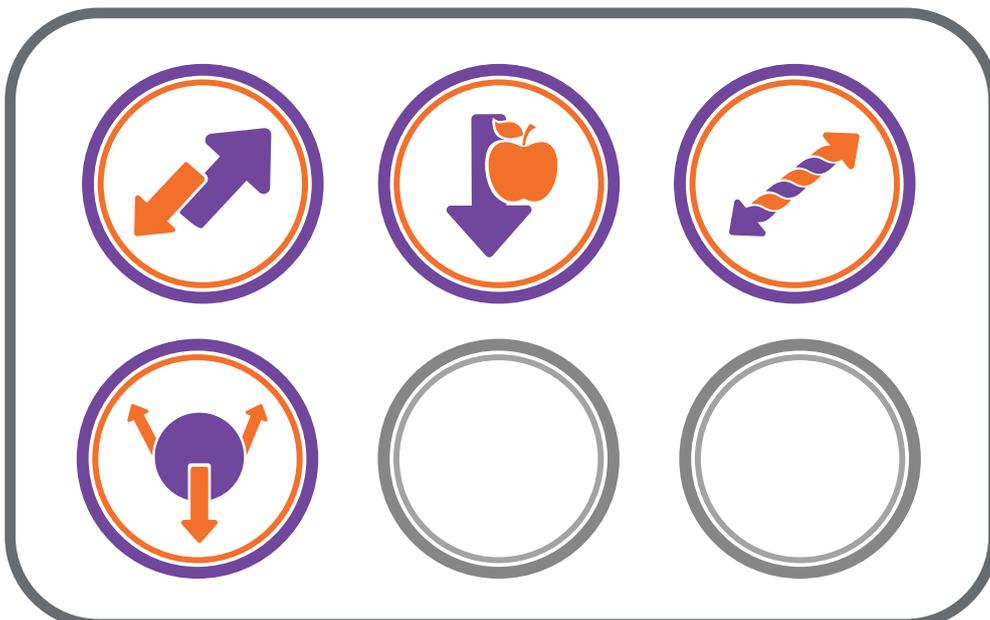
2) Um homem utiliza um sistema composto por 3 polias móveis para erguer uma caixa de massa "m", sabendo que ele precisa aplicar uma força de 20 N para manter esse bloco em equilíbrio, qual é a massa dessa caixa?

3) Veja o sistema e determine em Newtons a intensidade da tração "T" e a massa "m":



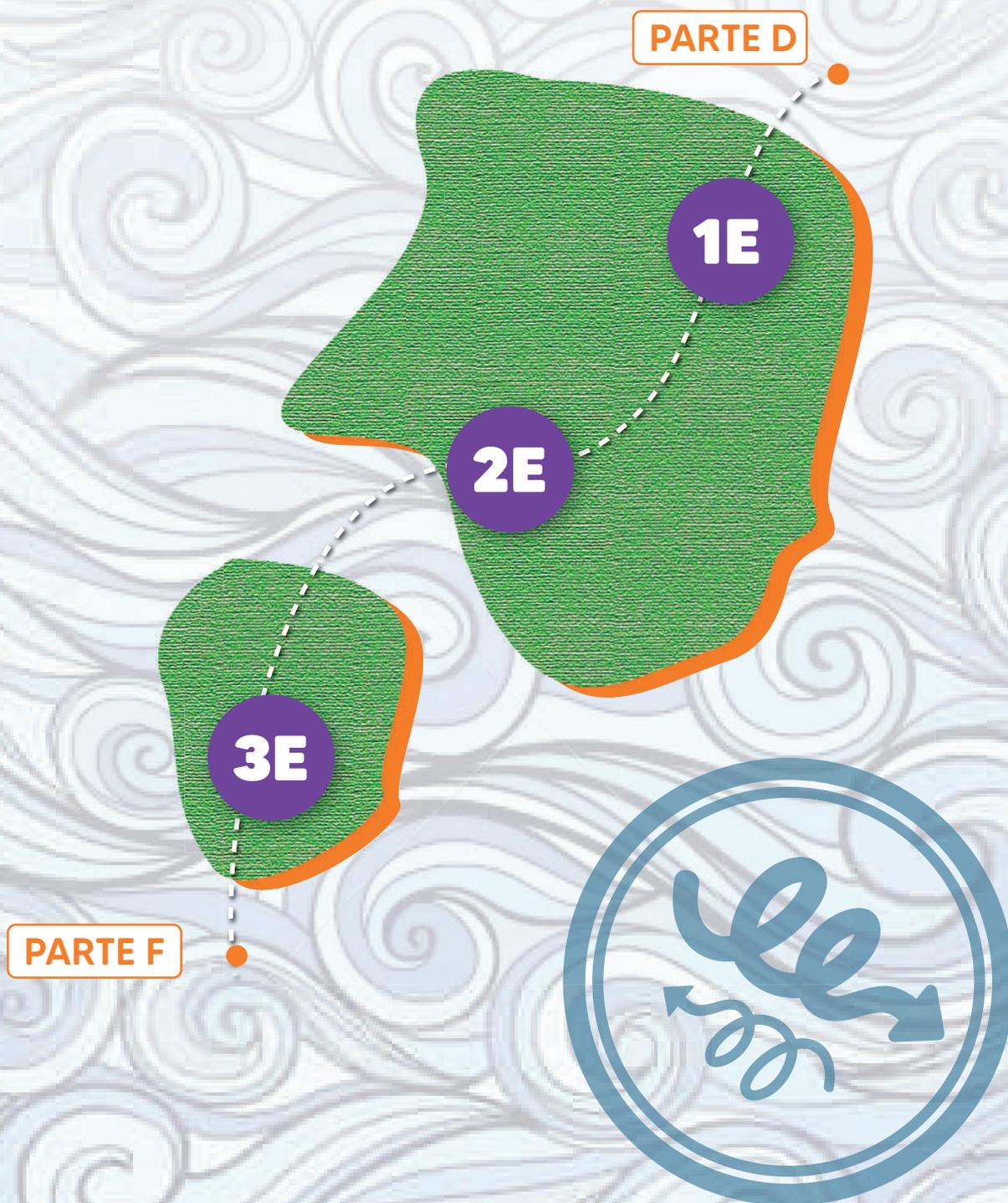
R: 1)  $F = 15\text{ N}$  ; 2)  $m = 16\text{ kg}$  ; c)  $T = 100\text{ N}$ ,  $m = 40\text{ kg}$

**Parabéns! Você chegou no final da Parte D!**



## Parte E • Força Elástica

Introdução	35
Nível 1E - Deformação	36
Nível 2E - Esticando	37
Nível 3E - Amortecedor	38

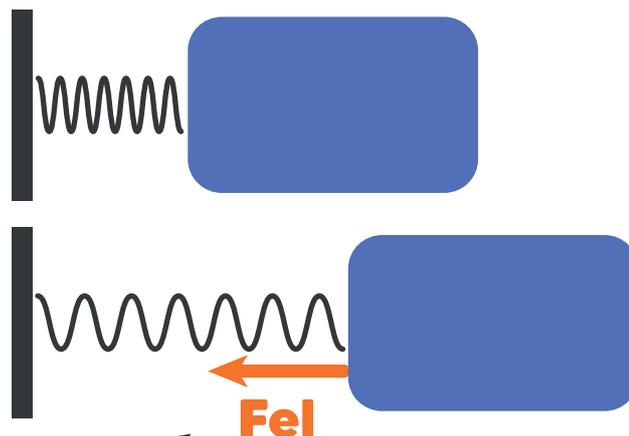


## Introdução

O que é Força Elástica?

“É a força que aparece em molas ou elásticos quando sofrem algum tipo de deformação, ela sempre terá o objetivo de restaurar a sua posição inicial”

Nesse exemplo abaixo, o bloco que está preso a uma mola na parede foi puxada para a esquerda fazendo com que a mola estique.



A força elástica ( $F_{el}$ ) então apontará para a esquerda com o objetivo de restaurar a sua posição inicial.

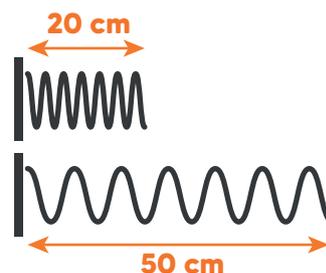
A força elástica é o produto da constante elástica “ $k$ ” que mede a rigidez da mola e a deformação “ $x$ ” sofrida por ela:

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

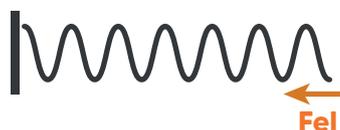
## Nível 1E

## Deformação

Uma mola de 20 cm de comprimento foi esticada até alcançar 50 cm. Sabendo que a constante elástica é de 150 N/m, determine o sentido e a intensidade da força elástica.



1. Se a mola foi esticada para a direita, a força elástica apontará para a esquerda com o objetivo de restaurar a sua posição inicial:



2. Para achar a deformação da mola devemos fazer a diferença entre a posição final e a posição neutra:

$$x = 50 - 20$$

$$x = 30 \text{ cm}$$

Transforme para metros:

$$30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

3. Use a fórmula da força elástica:

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

$$F_{el} = (150) \cdot (0,3)$$

$$F_{el} = 45 \text{ N}$$

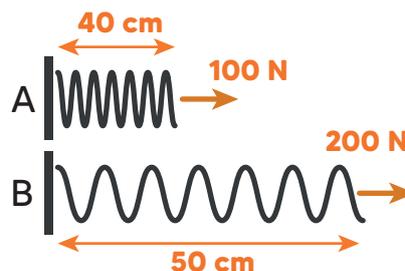
## Propostos:

1) Uma mola de constante igual a 200 N/m foi comprimida em 15 cm. Determine: a) a força elástica ; b) A deformação quando a força elástica é de 50 N.

2) Foram feito dois experimentos A e B com a mesma mola:

- No experimento "A" a mola foi esticada por uma força de 100 N até adquirir um comprimento de 40 cm.

- No experimento B a força aplicada foi de 200 N e adquiriu um comprimento de 50 cm.



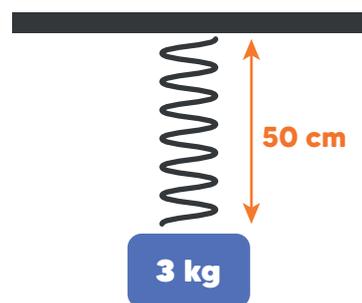
Qual é o comprimento neutro ( $X_0$ ) dessa mola?

R: 1) a) 30 N ; b) 0,25 m 2)  $X_0 = 0,3 \text{ m}$

## Nível 2E

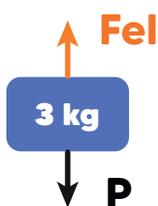
### Esticando

O desenho ao lado mostra um bloco de 3 kg preso ao teto por uma mola de constante elástica igual a 200 N/m, nesse momento o comprimento da mola é de 50 cm, determine:



- A deformação sofrida por essa mola
- O comprimento inicial (neutro) da mola

- Nesse momento, o bloco está totalmente equilibrado, isso significa que a força elástica que aponta para cima é igual a força peso do bloco que aponta para baixo:



$$\begin{aligned}
 F_{el} &= P \\
 k \cdot x &= m \cdot g \\
 (200) \cdot x &= (3) \cdot (10) \\
 200 \cdot x &= 30 \\
 x &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- A deformação foi de 0,15 m (15 cm), e a posição final foi de 50 cm, logo, a posição inicial será:

$$\begin{aligned}
 x &= x(\text{final}) - x(\text{inicial}) \\
 15 &= 50 - X_0 \\
 X_0 &= 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Propostos:

1) Um bloco de 20 kg está pendurado no teto por uma mola comum de constante elástica "k". Determine essa constante se a deformação total da mola foi de 50 cm.

2) Qual será a deformação de uma mola de constante igual a 300 N/m quando penduramos um bloco 45 kg nele?

R: 1)  $k = 400 \text{ N/m}$  ; 2)  $x = 1,5 \text{ m}$

## Nível 3E

### Amortecedor

Um corpo de 20 kg foi posto sobre uma plataforma ligada a uma mola de constante elástica igual a 120 N/m, Determine a deformação sofrida pela mola.



1. Nesse caso só possuímos 2 forças agindo sobre o corpo: força elástica e o Peso. Veja o diagrama de forças:

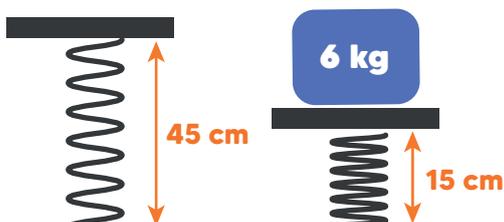


2. Como esse corpo está em equilíbrio, podemos afirmar que essas duas forças são iguais:

$$\begin{aligned} F_{el} &= P \\ k \cdot x &= m \cdot g \\ (120) \cdot x &= (20) \cdot (10) \\ 120 \cdot x &= 200 \\ x &= 5/3 \text{ m} \end{aligned}$$

### Propostos:

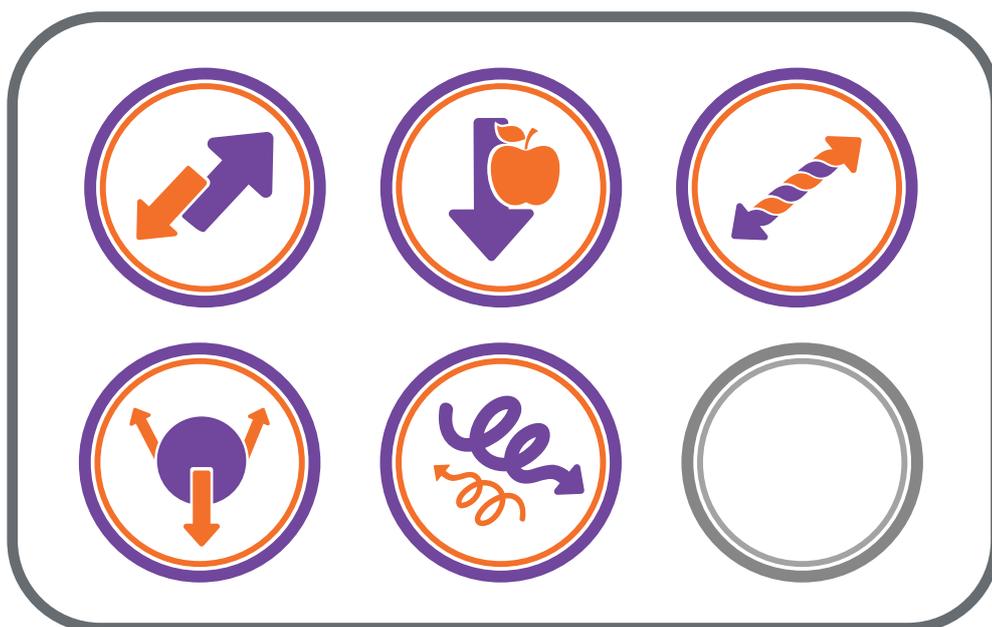
- 1) Determine a constante elástica da mola descrita no sistema abaixo:



- 2) Um carro tem 1,6 toneladas de massa, sabe-se que cada roda desse carro possui uma mola de constante elástica igual a 80000 N/m. Qual é a deformação sofrida por cada uma dessas molas?

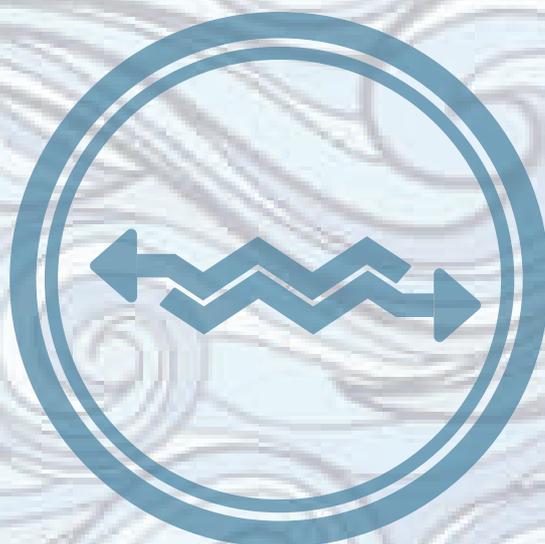
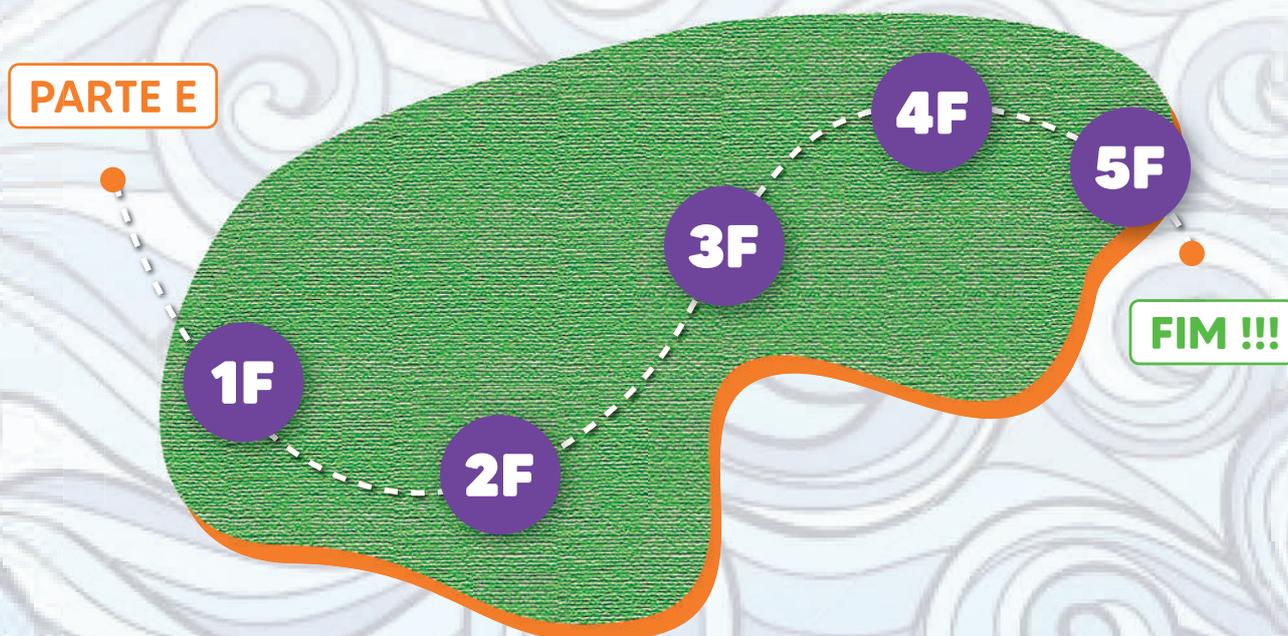
R: 1)  $k = 200 \text{ N/m}$  2)  $x = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$

**Parabéns! Você chegou no final da Parte E!**



## Parte F • Atrito

Introdução	41
Nível 1F - Resistência	42
Nível 2F - Um atrito para cada	43
Nível 3F - Puxando de um lado II	44
Nível 4F - Puxando dos dois lados II	46
Nível 5F - Até parar	48

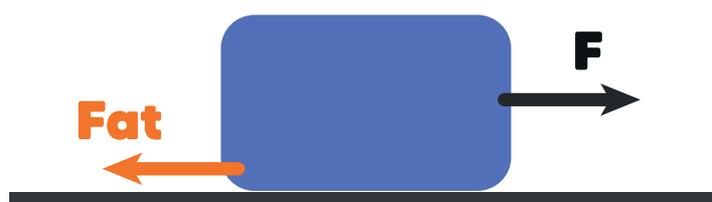


## Introdução

O que é Atrito?

“É uma força de resistência ao movimento quando possui contato com alguma superfície”

Nesse exemplo abaixo, o bloco está se movimentando para a direita sobre uma superfície horizontal; a força de atrito (Fat) aparece puxando para a esquerda resistindo a esse movimento.



Essa força depende de dois fatores: O contato entre o corpo e a superfície (conhecemos essa força como a Normal), também de um coeficiente ( $\mu$ ) que mede o tipo de superfície que esse bloco está passando, esta pode ser mais lisa (promovendo menos atrito) ou mais rugosa (promovendo mais atrito). Sua fórmula é:

$$\mathbf{Fat = N \cdot \mu}$$

## Nível 1F

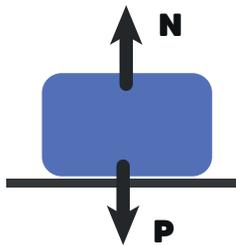
## Resistência

Um bloco de 10 kg de massa está sendo puxado por uma força de 60 N enquanto passa por uma região com atrito de coeficiente igual a 0,4. Determine:

- A força de atrito
- A aceleração do bloco



- A normal desse bloco é igual ao peso dele:



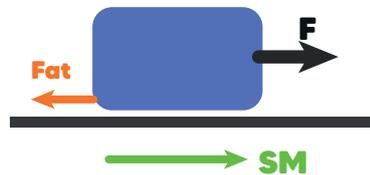
$$\begin{aligned} N &= P \\ N &= m \cdot g \\ N &= 10 \cdot 10 \\ N &= 100 \text{ N} \end{aligned}$$

- Usamos a normal (N) para achar a força de atrito



$$\begin{aligned} \text{Fat} &= N \cdot \mu \\ \text{Fat} &= (100) \cdot (0,4) \\ \text{Fat} &= 40 \text{ N} \end{aligned}$$

- Para achar a aceleração do bloco, usamos a 2ª lei de Newton:



$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ F - \text{Fat} &= m \cdot a \\ 60 - 40 &= 10 \cdot a \\ 20 &= 10 a \\ a &= 2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

### Propostos:

- Um bloco está sendo puxado para a direita com uma força de 200N, determine:
  - A força de atrito desse bloco ( $\mu = 0,2$ )
  - A aceleração sofrida por ele



- Um bloco de 50 kg está sendo puxado por uma força de 80 N para a direita como mostra a figura ao lado. Qual deve ser o coeficiente de atrito para que esse bloco permaneça em equilíbrio? ( $a = 0$ )



R: 1) a) 160 N ; b) 0,5 m/s<sup>2</sup> 2) 0,16

## Nível 2F

### Um atrito para cada

O desenho ao lado mostra dois bloco "A" e "B" com massas 5 e 10 kg respectivamente unidos por um cabo sendo puxados por uma força de 150 N para a direita. ( $\mu = 0,5$ ) Encontre:

- A força de atrito do bloco A
- A força de atrito do bloco B
- A aceleração do sistema
- A tração no fio



- Cada bloco tem a sua própria Normal, logo, cada um tem uma força de atrito:



$$\text{Fat}(A) = N(A) \cdot \mu$$

$$\text{Fat}(A) = P(A) \cdot \mu$$

$$\text{Fat}(A) = 50 \cdot (0,5)$$

$$\text{Fat}(A) = 25 \text{ N}$$

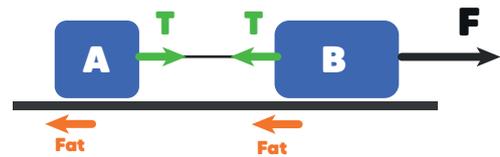
$$\text{Fat}(B) = N(B) \cdot \mu$$

$$\text{Fat}(B) = P(B) \cdot \mu$$

$$\text{Fat}(B) = 100 \cdot (0,5)$$

$$\text{Fat}(B) = 50 \text{ N}$$

- Use a segunda lei para achar a aceleração:



$$F_R = m \cdot a$$

$$F - T + T - \text{Fat}(A) - \text{Fat}(B) = m \cdot a$$

$$F - \text{Fat}(A) - \text{Fat}(B) = m \cdot a$$

$$150 - 25 - 50 = (5+10) \cdot a$$

$$75 = 15 a$$

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

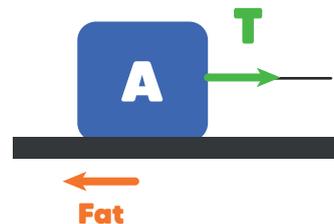
- E finalmente a tração pode ser achar isolando um dos blocos. Nesse exemplo foi escolhido o bloco A:

$$F_R = m \cdot a$$

$$T - \text{Fat}(A) = m \cdot a$$

$$T - 25 = 5 \cdot 5$$

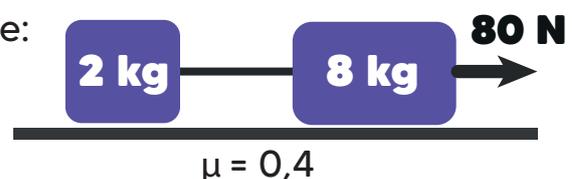
$$T = 50 \text{ N}$$



### Propostos:

1) Veja o sistema ao lado e determine:

- A força de atrito dos dois blocos
- A aceleração sofrida por eles
- A tração no fio



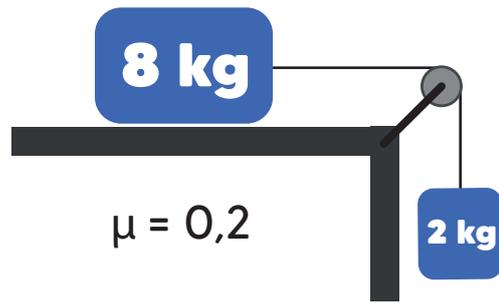
R: 1) a)  $\text{Fat}(A) = 8 \text{ N}$ ;  $\text{Fat}(B) = 32 \text{ N}$  b)  $4 \text{ m/s}^2$  c)  $T = 16 \text{ N}$

## Nível 3F

### Puxando de um lado II

Veja o sistema ao lado e determine:

- O atrito entre o bloco de 8 kg e a superfície.
- A aceleração do sistema
- A tração no fio
- O coeficiente de atrito para que o sistema permaneça em equilíbrio

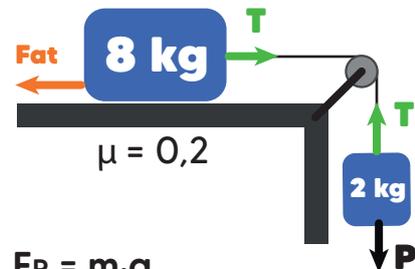


- Somente o bloco de 8 kg possui contato, logo, somente ele possui atrito.



$$\begin{aligned} \text{Fat} &= N \cdot \mu \\ \text{Fat} &= P \cdot \mu \\ \text{Fat} &= (80) \cdot (0,20) \\ \text{Fat} &= 16 \text{ N} \end{aligned}$$

- Use a segunda lei para achar a aceleração:



$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ P - \cancel{T} + \cancel{T} - \text{Fat} &= m \cdot a \\ P - \text{Fat} &= m \cdot a \\ 20 - 16 &= (2+8) \cdot a \\ 4 &= 10 \cdot a \\ a &= 0,4 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- Isole um dos blocos para achar o atrito. (bloco de 8 kg)



$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ T - \text{Fat} &= m \cdot a \\ T - 16 &= (8) \cdot (0,4) \\ T - 16 &= 3,2 \\ T &= 19,2 \text{ N} \end{aligned}$$

- O sistema está em equilíbrio, isso significa que a aceleração do sistema é zero: (repetimos o passo 2)

$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ P - \cancel{T} + \cancel{T} - \text{Fat} &= m \cdot a \\ P - \text{Fat} &= m \cdot a \\ 20 - \text{Fat} &= (2+8) \cdot (0) \\ 20 - \text{Fat} &= 0 \\ \text{Fat} &= 20 \text{ N} \end{aligned}$$

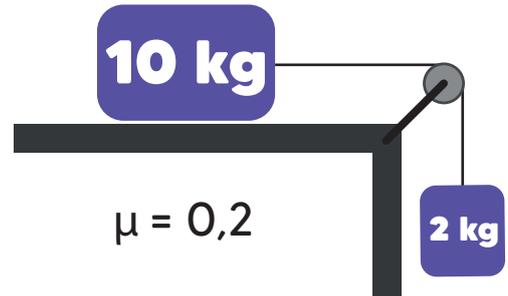
- Provamos no passo 4 que a força de atrito entre o bloco de 8kg e a superfície deve ser igual ao peso do bloco de 2 kg. Somente dessa forma o sistema estará em equilíbrio. Continuando...

$$\begin{aligned} \text{Fat} &= 20 \text{ N} \\ N \cdot \mu &= 20 \\ (80) \cdot \mu &= 20 \\ \mu &= 0,25 \end{aligned}$$

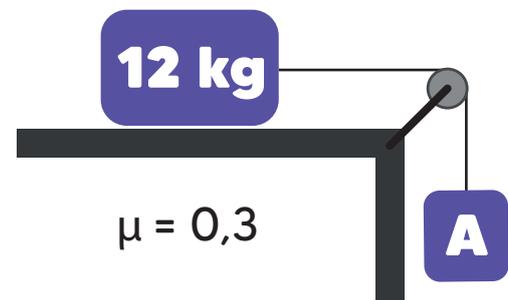
## Propostos:

1) Veja o sistema ao lado e determine:

- A força de atrito do bloco de 10 kg
- A aceleração do sistema
- A tração no fio

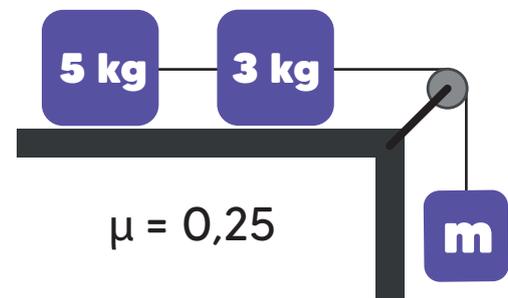


2) Veja o sistema ao lado e determine a massa do bloco A para que o sistema permaneça em equilíbrio.



3) Veja o sistema ao lado e determine:

- O valor de "m" para que o sistema permaneça em equilíbrio.
- A tração no fio entre os blocos de 5 e 3 kg



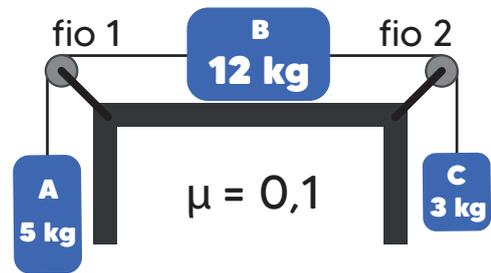
R: 1) a)  $F_{at} = 20\text{ N}$  ; b)  $a = 0\text{ m/s}^2$  ; c)  $T = 20\text{ N}$   
 2)  $m = 3,6\text{ kg}$     3) a)  $2\text{ kg}$  ; b)  $T = 12,5\text{ N}$

## Nível 4F

### Puxando dos dois lados II

Veja o sistema ao lado e determine:

- O atrito e a direção do bloco B
- A aceleração do sistema
- A tração no fio 1
- A tração no fio 2

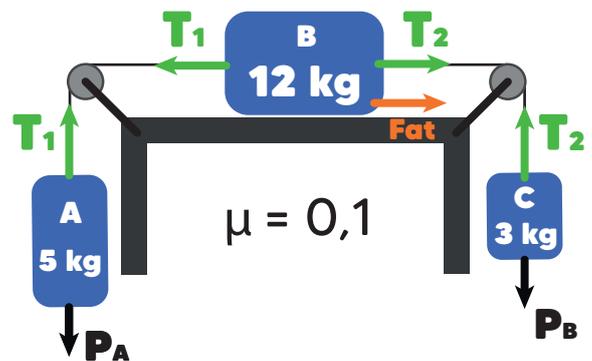


- Somente o bloco "B" possui contato, logo, somente ele possui atrito. Como o bloco "A" é mais pesado que o bloco "C", o bloco "B" se movimenta para a esquerda, o atrito então aponta para a direita:



$$\begin{aligned} \text{Fat(B)} &= N(\text{B}) \cdot \mu \\ \text{Fat(B)} &= P(\text{B}) \cdot \mu \\ \text{Fat(B)} &= (120) \cdot (0,1) \\ \text{Fat(B)} &= 12 \text{ N} \end{aligned}$$

- Adicione todas as forças e aplique a segunda lei:



Na ordem:

$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ P_A - \cancel{T_1} + \cancel{T_1} - \text{Fat} - \cancel{T_2} + \cancel{T_2} - P_B &= m \cdot a \\ P_A - \text{Fat} - P_B &= m \cdot a \\ 50 - 12 - 30 &= (5+12+3) \cdot a \\ 8 &= 20a \\ a &= 0,4 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- Isolar o bloco A para achar a tração 1:

$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ P_A - T_1 &= m \cdot a \\ 50 - T_1 &= (5) \cdot (0,4) \\ 50 - T_1 &= 2 \\ T_1 &= 48 \text{ N} \end{aligned}$$



- E por último isolamos o bloco C para achar a tração 2:

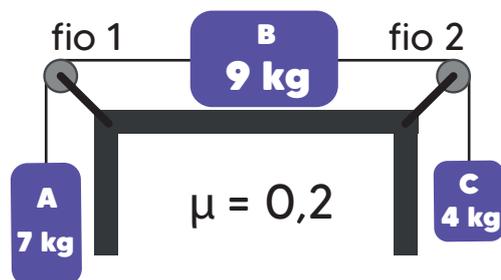


$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ T_2 - P_B &= m \cdot a \\ T_2 - 30 &= (3) \cdot (0,4) \\ T_2 - 30 &= 1,2 \\ T_2 &= 31,2 \text{ N} \end{aligned}$$

## Propostos:

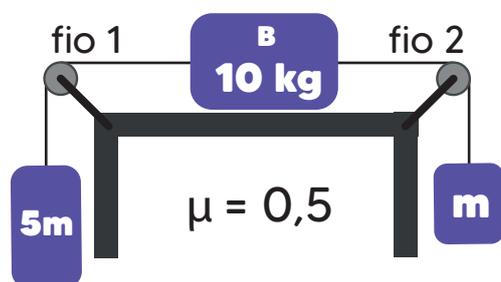
1) Veja o sistema ao lado e determine:

- A força de atrito do bloco B
- A aceleração do sistema
- A tração no fio 1
- A tração no fio 2



2) Veja o sistema ao lado e determine:

- O atrito do bloco B
- A massa "m" para que o sistema se mova com aceleração de  $2 \text{ m/s}^2$ .
- O valor de "m" (em kg) para que o sistema esteja em equilíbrio.



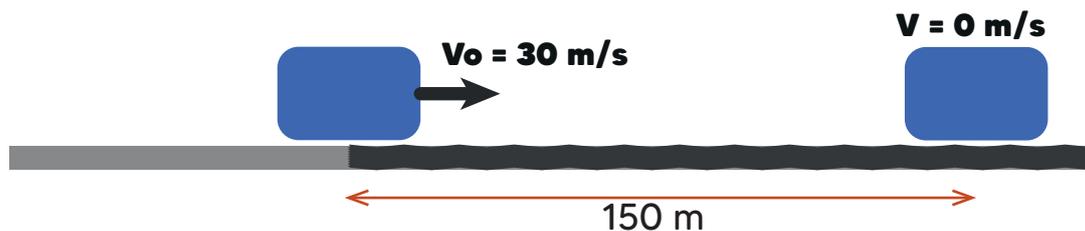
R: 1) a)  $F_{at} = 18 \text{ N}$  ; b)  $a = 0,6 \text{ m/s}^2$  ; c)  $T_1 = 65,8 \text{ N}$  ; d)  $T_2 = 42,4 \text{ N}$   
 2) a)  $F_{at} = 50 \text{ N}$  ; b)  $m = 2,5 \text{ kg}$  ; c)  $m = 1,25 \text{ kg}$

## Nível 5F

### Até parar

Um corpo de 5 kg possui velocidade inicial de 30 m/s quando passa por uma região de atrito e desacelera uniformemente até parar. Sabe-se que o alcance desse corpo foi de 150 m. Determine:

- A aceleração sofrida por esse corpo
- A força de atrito
- O coeficiente de atrito
- O tempo de movimento



- Nesse exemplo já estamos envolvendo tempo e distâncias, logo, usaremos fórmulas do MUV (primeiro Torricelli):

$$\begin{aligned}
 V^2 &= V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S \\
 (0)^2 &= (30)^2 + 2 \cdot a \cdot (150) \\
 0 &= 900 + 300 \cdot a \\
 a &= -3 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

(O sinal negativo significa desaceleração)

- Use a segunda lei de Newton. (a força de atrito é a única que está agindo sobre o corpo)

$$F_R = m \cdot a$$

$$-F_{at} = m \cdot a$$

$$-F_{at} = (5) \cdot (-3)$$

$$-F_{at} = -15$$

$$F_{at} = 15 \text{ N}$$



- Para achar o coeficiente

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

$$F_{at} = P \cdot \mu$$

$$15 = (50) \cdot \mu$$

$$\mu = 0,3 \text{ N}$$

- Usamos a função da velocidade para achar o tempo de movimento:

$$V = V_0 + a \cdot t$$

$$0 = 30 + (-3) \cdot t$$

$$3t = 30$$

$$t = 10 \text{ s}$$

## Propostos:

Um corpo de 10 kg possui velocidade inicial de 25 m/s quando passa por uma região de atrito e desacelera uniformemente até parar. Sabe-se que o alcance desse corpo foi de 125 m. Determine:

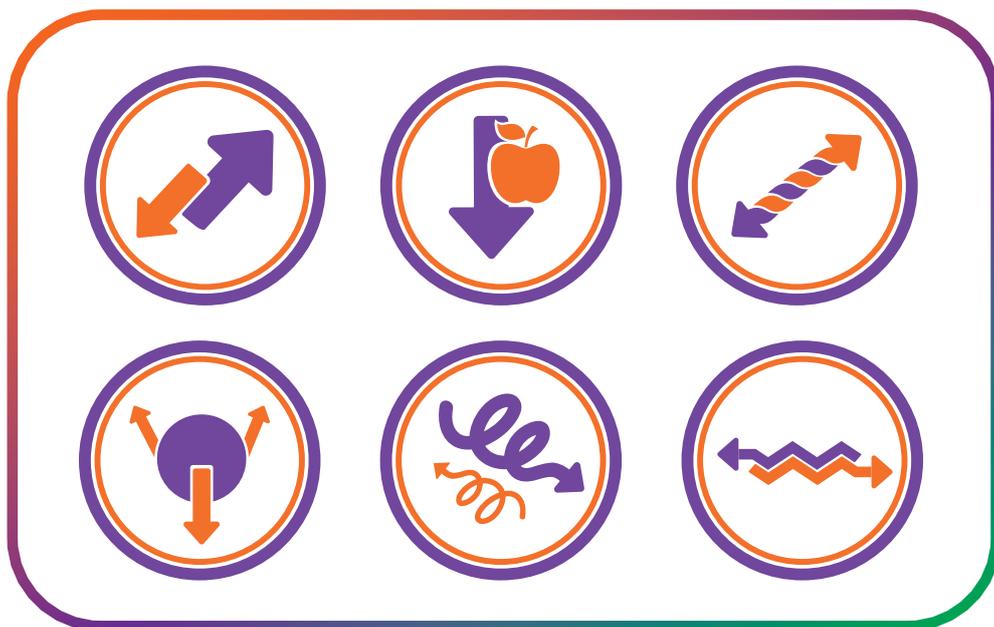
- A aceleração sofrida por esse corpo
- A força de atrito
- O coeficiente de atrito
- O tempo de movimento

2) Um corpo de 20 kg possui velocidade inicial de 40 m/s quando passa por uma região de atrito e desacelera uniformemente até parar. Sabe-se que esse movimento durou um total de 20 s. Determine:

- A aceleração sofrida por esse corpo
- A força de atrito
- O coeficiente de atrito
- O alcance desse corpo

R: 1) a)  $a = -2,5 \text{ m/s}^2$  ; b)  $F_{at} = 25 \text{ N}$  ; c)  $\mu = 0,25$  ; d)  $t = 10 \text{ s}$   
 2) a)  $a = -2 \text{ m/s}^2$  ; b)  $F_{at} = 40 \text{ N}$  ; c)  $\mu = 0,2$  ; d)  $A = 400 \text{ m}$

**Parabéns! Você chegou no final da Parte F!**



**Agora você possui todas as ferramentas necessárias para resolver problemas mais complexos! Obrigado por ler :)**