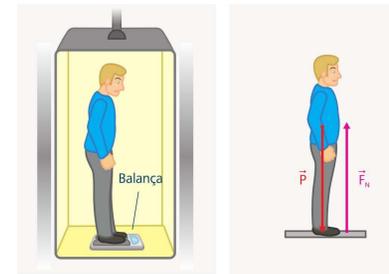


## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

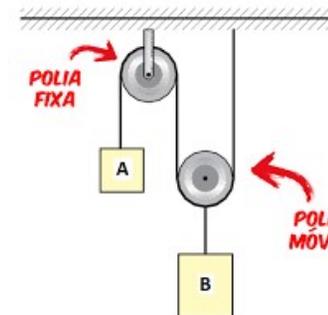
A) FORÇA PESO → PLANO INCLINADO



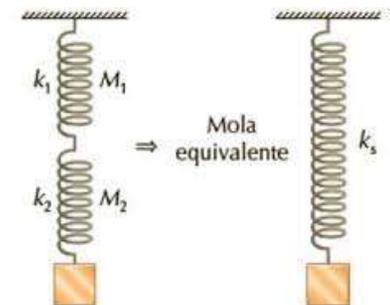
B) FORÇA NORMAL → BALANÇA EM ELEVADORES



C) FORÇA DE TRAÇÃO → POLIAS FIXAS E MÓVEIS

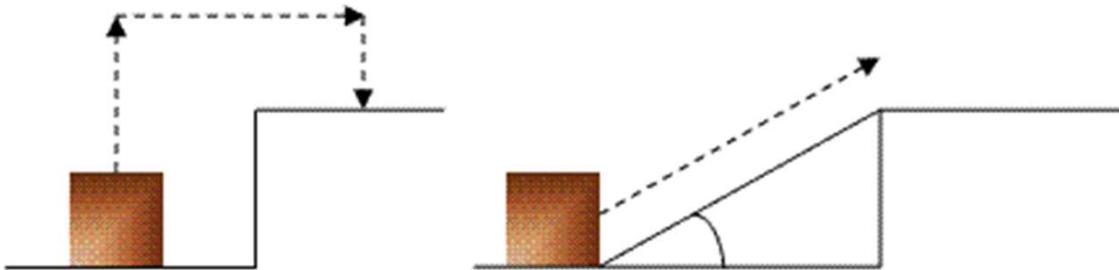


D) FORÇA ELÁSTICA → ASSOCIAÇÃO DE MOLAS



## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### A) Força peso PLANO INCLINADO



#### - DINÂMICA VETORIAL

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

Como resolver problemas que tenha um plano inclinado?

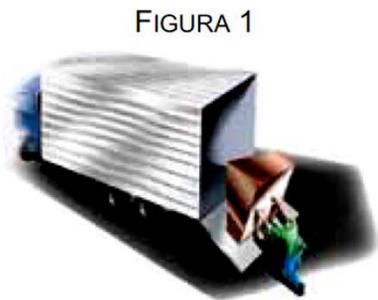


FIGURA 1

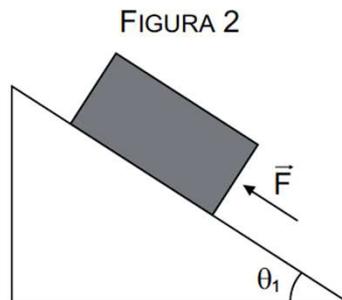
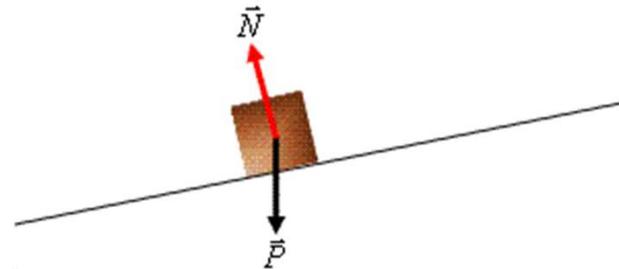


FIGURA 2



**1º PASSO** – Representação das forças

**2º PASSO** – Aplicação do P.F.D



**1º PASSO** – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)

- Tração, elástica (se houver)

- Atrito (se houver)

**2º PASSO** – Decomposição da força Peso

**3º PASSO** – Aplicação do P.F.D

### - DINÂMICA VETORIAL

#### 1 - Introdução;

#### 2 - Forças;

> Definição

> Tipos

> Grandeza Vetorial

#### 3 - Leis de Newton;

> Histórico

> 1ª Lei - Inércia

> 2ª Lei - PFD

> 3ª Lei - Ação e

Reação

#### 4 - As principais forças da Dinâmica;

> Peso

> Normal

> Tração

> Elástica

> Atrito

#### 5 – Aplicações das forças

> Plano Inclinado

> Elevadores

> Polias móveis

> Associação de molas

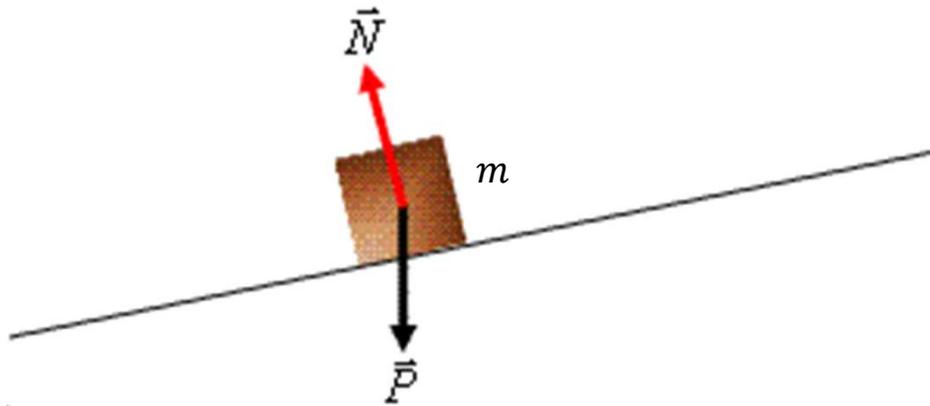
#### 6 – Forças em

trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### A) Força peso → PLANO INCLINADO

#### SITUAÇÃO I – SEM ATRITO



Como a força Peso e a força Normal atuam em direções diferentes, temos 2 opções:

- Resolver usando a soma vetorial;
- Resolver fazendo a decomposição de vetores.

#### - DINÂMICA VETORIAL

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

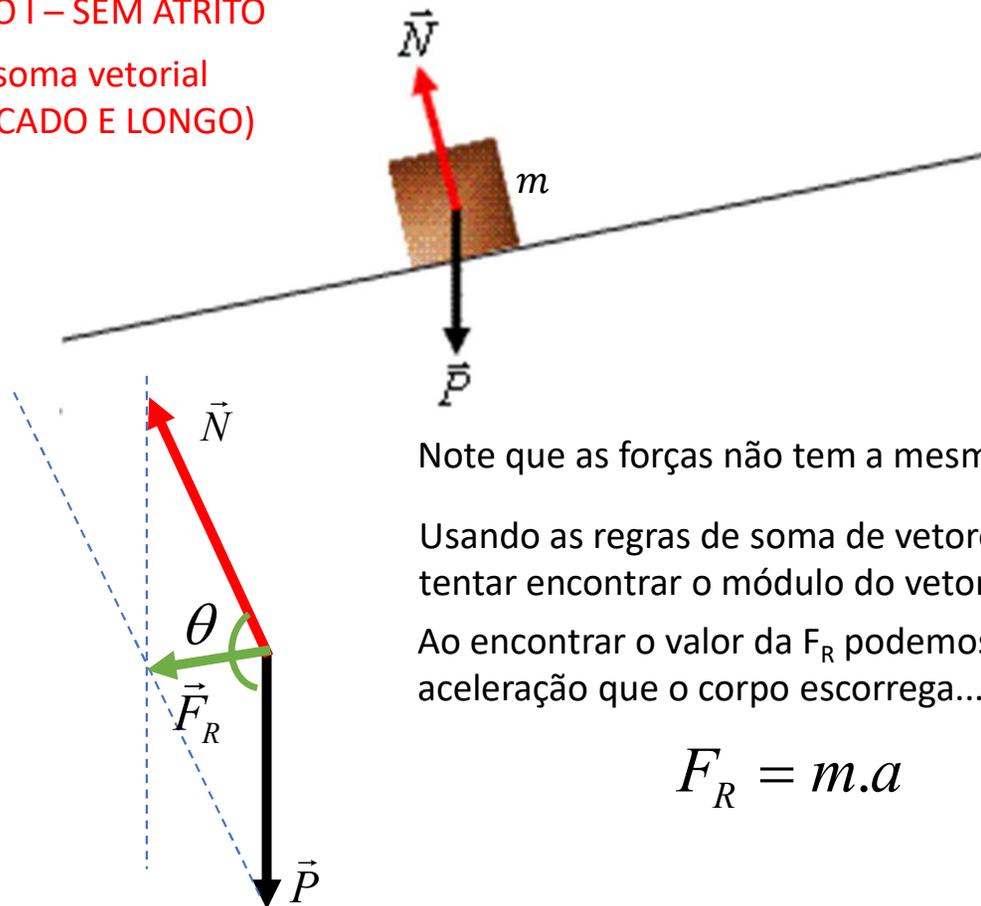
##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

Método soma vetorial  
(COMPLICADO E LONGO)



Note que as forças não tem a mesma direção...

Usando as regras de soma de vetores, podemos tentar encontrar o módulo do vetor resultante

Ao encontrar o valor da  $F_R$  podemos descobrir a aceleração que o corpo escorrega...

$$F_R = m.a$$

### - DINÂMICA VETORIAL

#### 1 - Introdução;

#### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

#### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

#### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

#### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

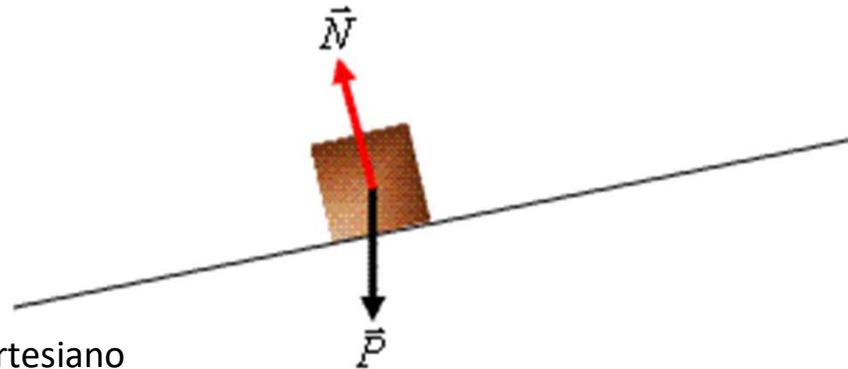
#### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

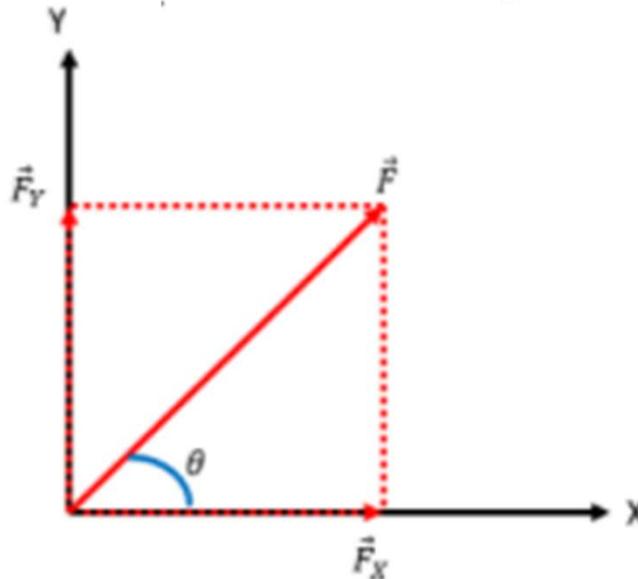
## A) Força peso $\longrightarrow$ PLANO INCLINADO

SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

Método decomposição  
(mais simples)



Decomposição tradicional – Eixo Cartesiano



$$|\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cos\theta$$

$$|\vec{F}_y| = |\vec{F}| \sin\theta$$

### - DINÂMICA VETORIAL

#### 1 - Introdução;

#### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

#### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei – Ação e Reação

#### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

#### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

#### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

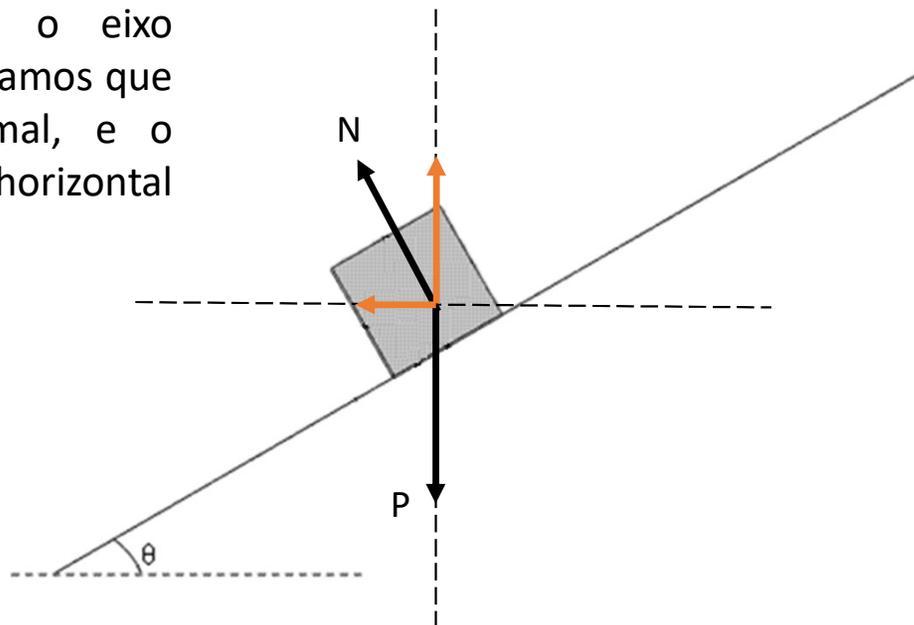
### A) Força peso $\longrightarrow$ PLANO INCLINADO

#### SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

#### Método decomposição

Então, iremos decompor a força Peso. Por quê?

Porque se fizéssemos a decomposição usando o eixo cartesiano tradicional, teríamos que decompor a força Normal, e o movimento não se dá na horizontal ou na vertical.



## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

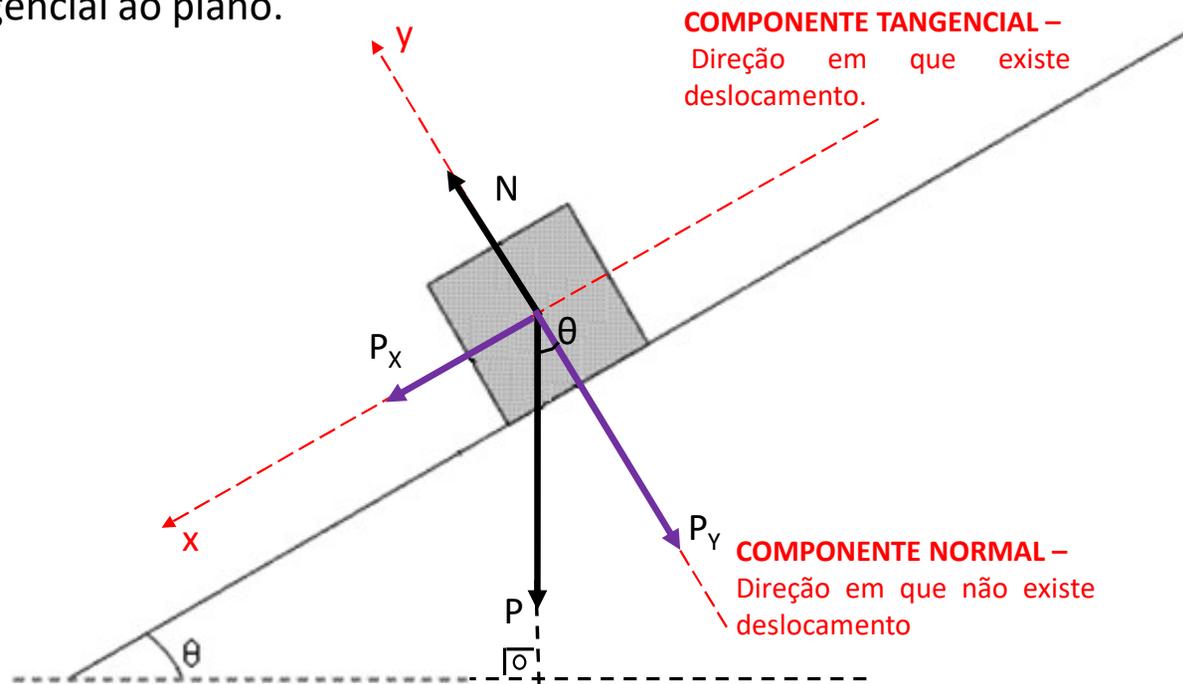
## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

#### Método decomposição

Então, iremos decompor a força Peso. Por quê?

Porque o movimento acontece ao longo de um plano inclinado, portanto ao longo da direção tangencial ao plano.



## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei – Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

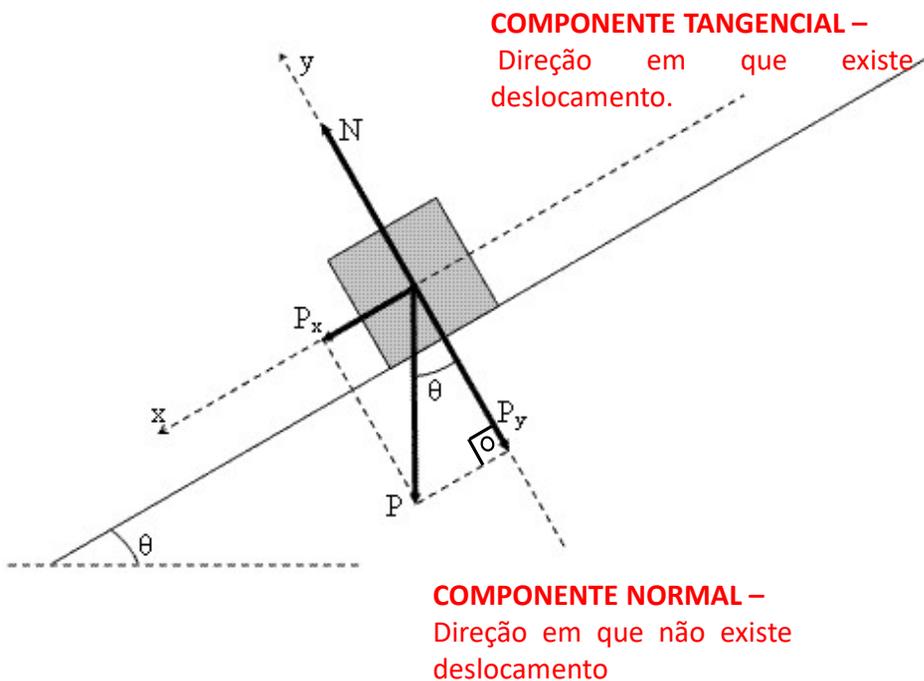
# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

#### Método decomposição

Decomposição da força Peso:



$$\sin\theta = \frac{P_x}{P}$$

$$P_x = P \cdot \sin\theta$$

$$\cos\theta = \frac{P_y}{P}$$

$$P_y = P \cdot \cos\theta$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em

trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

Método decomposição

Decomposição da força Peso:

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

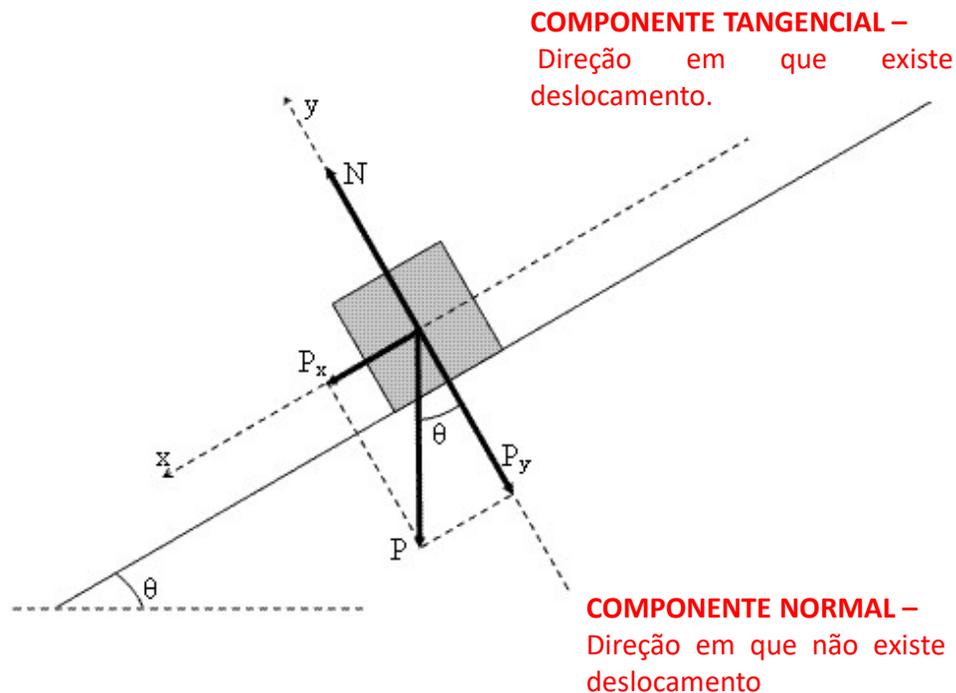
$$P_y = P \cdot \text{cos}\theta$$

**Observação:**

No eixo Y, como não temos deslocamento:

$$F_{r_y} = 0$$

$$N = P_y$$



## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

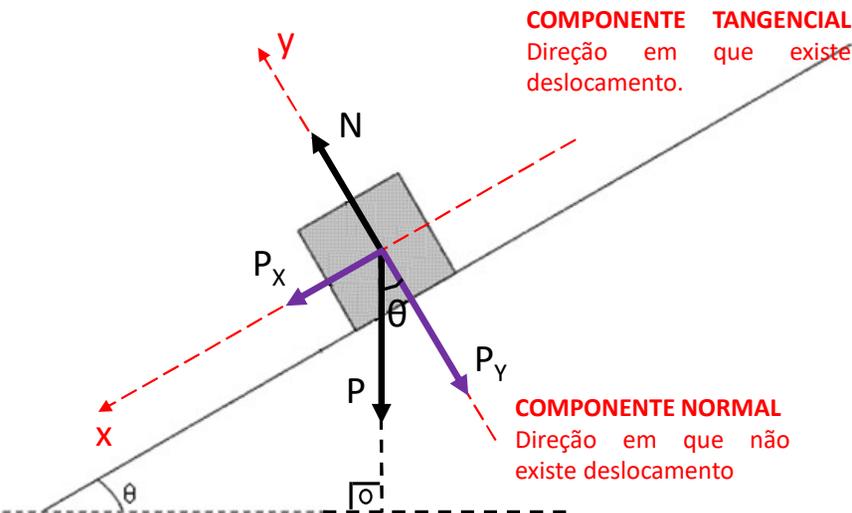
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO I – SEM ATRITO

Vamos calcular a aceleração do sistema?



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

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

**1º PASSO** – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)
- Tração, elástica (se houver)

**2º PASSO** – Decomposição da força Peso

**3º PASSO** – Aplicação do P.F.D

$$Fr = m \cdot a$$

#### Eixo X

$$Fr_x = m \cdot a$$

$$P_x = m \cdot a$$

$$P \cdot \text{sen}\theta = m \cdot a$$

$$(\cancel{m} \cdot g) \cdot \text{sen}\theta = \cancel{m} \cdot a$$

$$g \cdot \text{sen}\theta = a$$

$$a = g \cdot \text{sen}\theta$$

#### Eixo Y

##### Observação:

No eixo Y, como não temos deslocamento:

$$Fr_y = m \cdot a_y = 0$$

$$N = P_y$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

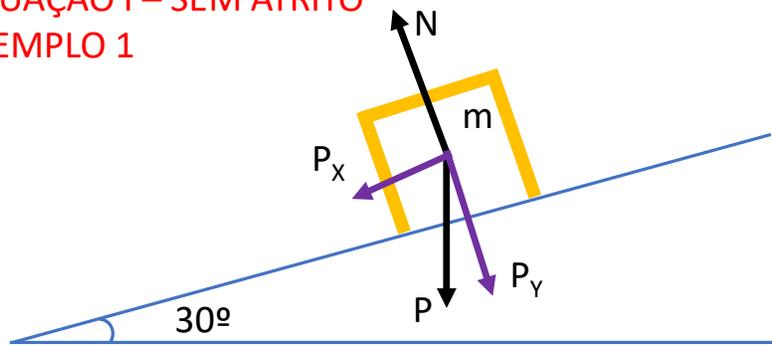
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

SITUAÇÃO I – SEM ATRITO  
EXEMPLO 1



**1º PASSO** – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)
- Tração, elástica (se houver)

**2º PASSO** – Decomposição da força Peso

**3º PASSO** – Aplicação do P.F.D

$$Fr = m \cdot a$$

Um corpo de massa  $m = 10 \text{ kg}$  está apoiado em um plano com inclinação  $\theta = 30^\circ$  e sem atrito. Qual a aceleração adquirida pelo corpo? Use a gravidade no local como  $10 \text{ m/s}^2$

$$m = 10 \text{ kg}$$
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = m \cdot g$$

$$P = 10 \cdot 10 = 100 \text{ N}$$

$$P_x = P \cdot \text{sen} 30$$

$$P_x = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ N}$$

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

$$P_y = 100 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 50\sqrt{3} \text{ N}$$

### Eixo X

$$Fr_x = m \cdot a_x$$

$$P_x = 10 \cdot a_x$$

$$50 = 10 \cdot a_x$$

$$a_x = \frac{50}{10} = 5 \text{ m/s}^2$$

### Eixo Y

**Observação:**

No eixo Y, como não temos deslocamento:

$$Fr_y = m \cdot a_y = 0$$

$$N = P_y$$

### Usando a fórmula

$$a = g \cdot \text{sen} \theta$$

$$a = 10 \cdot \text{sen}(30)$$

$$a = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5 \text{ m/s}^2$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

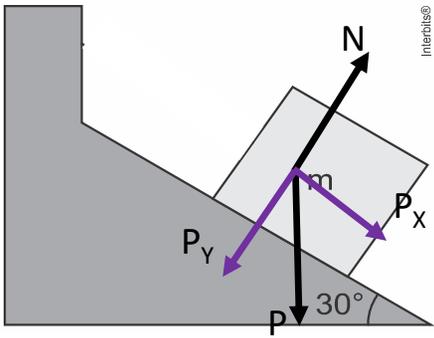
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO I – SEM ATRITO – EXEMPLO 2 (UEG 2019)

Sobre um plano inclinado é colocada uma caixa em repouso e fixada a um cabo inextensível de massa desprezível. Não existe atrito entre a caixa e o plano inclinado.



Qual será a aceleração da caixa ao se cortar o cabo?

- a)  $\frac{g}{2}$
- b)  $g$
- c)  $\frac{g}{3}$
- d)  $\frac{2g}{3}$
- e)  $\sqrt{3} \cdot \frac{g}{g}$

#### Eixo X

$$Fr_x = m \cdot a$$

$$P_x = m \cdot a$$

$$P \cdot \text{sen}\theta = m \cdot a$$

$$(m \cdot g) \cdot \text{sen}\theta = m \cdot a$$

$$g \cdot \text{sen}\theta = a$$

$$a = g \cdot \text{sen}\theta$$

$$a = g \cdot \frac{1}{2} = \frac{g}{2}$$

#### Eixo Y

#### Observação:

No eixo Y, como não temos deslocamento:

$$Fr_y = m \cdot a_y = 0$$

$$N = P_y$$

**1º PASSO** – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)
- Tração, elástica (se houver)

**2º PASSO** – Decomposição da força Peso

**3º PASSO** – Aplicação do P.F.D

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

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

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

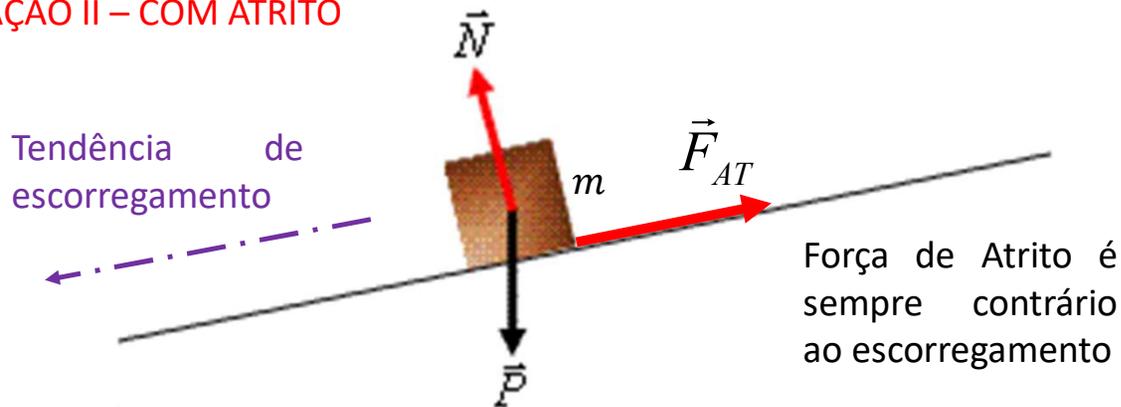
### 6 – Forças em

trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### A) Força peso → PLANO INCLINADO

#### SITUAÇÃO II – COM ATRITO



**1º PASSO** – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)
- Tração, elástica (se houver)
- Atrito (contrário ao escorregamento)

**2º PASSO** – Decomposição da força Peso

**3º PASSO** – Aplicação do P.F.D – **Eixo y:**  $N = P_y$

$$\text{Eixo x: } P_x - F_{AT} = m \cdot a$$

#### - DINÂMICA VETORIAL

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei – Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

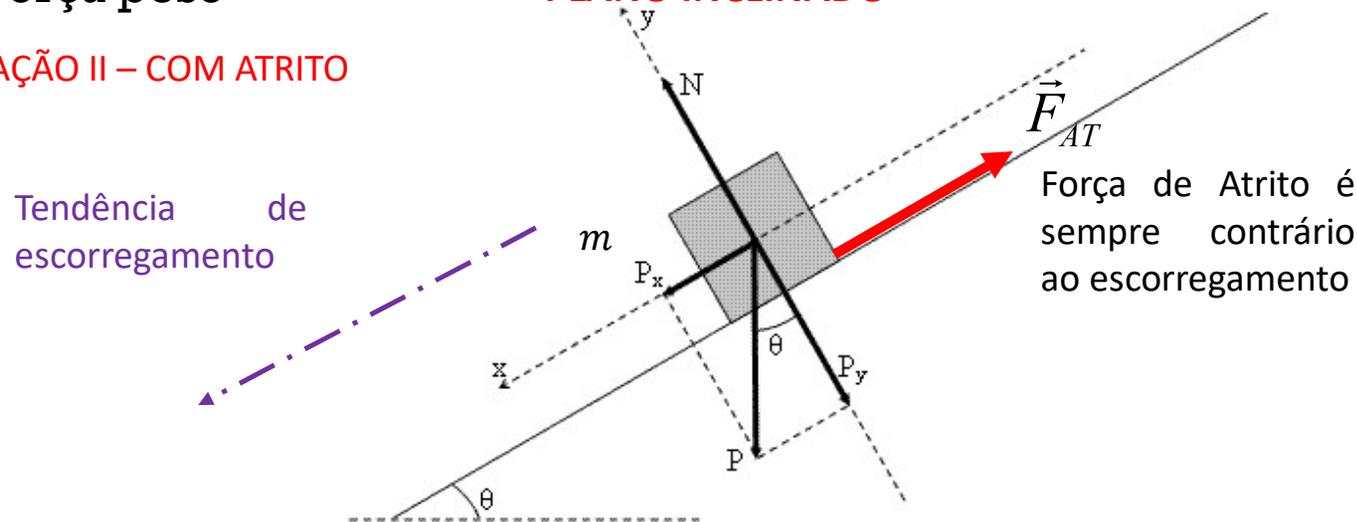
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO II – COM ATRITO



Força de Atrito é sempre contrário ao escorregamento

#### 1º PASSO – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)
- Tração, elástica (se houver)
- Atrito (contrário ao escorregamento)

#### 2º PASSO – Decomposição da força Peso

#### 3º PASSO – Aplicação do P.F.D – Eixo $y$ : $N = P_y$

$$\text{Eixo } x: P_x - F_{AT} = m \cdot a$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO II – COM ATRITO

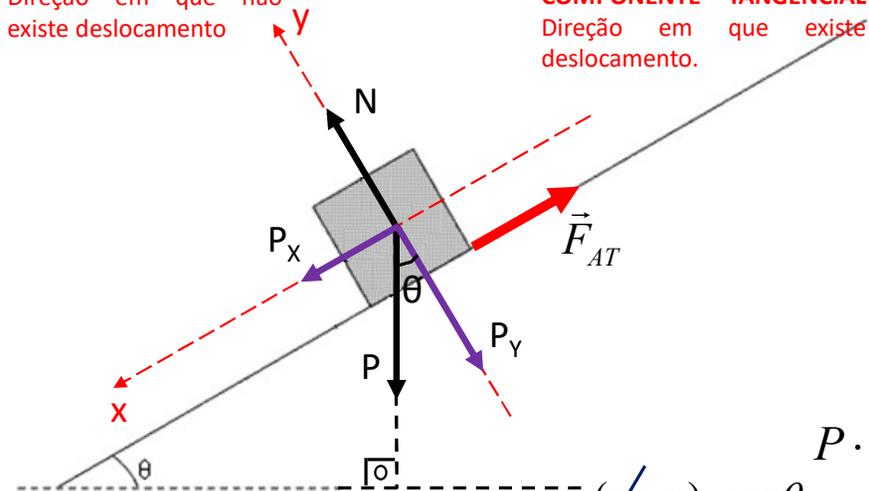
Vamos calcular a aceleração do sistema?

#### COMPONENTE NORMAL

Direção em que não existe deslocamento

#### COMPONENTE TANGENCIAL

Direção em que existe deslocamento.



**1º PASSO** – Representação das forças

- Peso, Normal (sempre tem)
- Tração, elástica (se houver)

**2º PASSO** – Decomposição da força Peso

**3º PASSO** – Aplicação do P.F.D

Eixo y:  $N = P_y$

Eixo x:  $P_x - F_{AT} = m \cdot a$

#### Eixo X

$$F_{rX} = m \cdot a$$

$$P_x - F_{AT} = m \cdot a$$

$$P \cdot \text{sen}\theta - \mu \cdot N = m \cdot a$$

$$(m \cdot g) \cdot \text{sen}\theta - \mu \cdot (m \cdot g) \cdot \text{cos}\theta = m \cdot a$$

$$g \cdot \text{sen}\theta - \mu \cdot g \cdot \text{cos}\theta = a$$

$$a = g \cdot (\text{sen}\theta - \mu \cdot \text{cos}\theta)$$

#### Eixo Y

#### Observação:

No eixo Y, como não temos deslocamento:

$$F_{rY} = m \cdot a_y = 0$$

$$N = P_y$$

$$N = P \cdot \text{cos}\theta$$

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

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

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

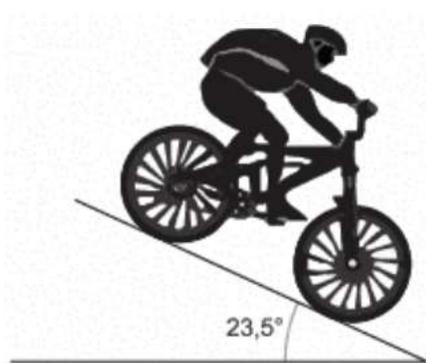
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### A) Força peso → PLANO INCLINADO

#### SITUAÇÃO II – COM ATRITO – EXEMPLO 3

Ao descer uma ladeira plana e inclinada  $23,5^\circ$  em relação à horizontal, um ciclista mantém sua velocidade constante acionando os freios da bicicleta.



(<https://br.pinterest.com>. Adaptado.)

Considerando que a massa do ciclista e da bicicleta, juntos, seja  $70 \text{ kg}$ , que a aceleração gravitacional no local seja  $10 \text{ m/s}^2$ , que  $\sin 23,5^\circ = 0,40$  e que  $\cos 23,5^\circ = 0,92$ , a intensidade da resultante das forças de resistência ao movimento que atuam sobre o conjunto ciclista mais bicicleta, na direção paralela ao plano da ladeira, é

- a) 280 N.
- b) nula.
- c) 640 N.
- d) 760 N.
- e) 1.750 N.

[A]

Como o ciclista mantém uma velocidade constante, a força resultante será de:

$$F_R = P \sin 23,5^\circ = 70 \cdot 10 \cdot 0,4$$

$$\therefore F_R = 280 \text{ N}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO II – COM ATRITO – EXEMPLO 4

Uma pessoa desceu uma ladeira, inclinada de um ângulo  $30^\circ$  em relação à horizontal, em um carrinho de rolimã, com aceleração média de  $1,5 \text{ m/s}^2$ . Considere que a aceleração gravitacional fosse  $10 \text{ m/s}^2$ , que a massa do conjunto pessoa e carrinho fosse  $60 \text{ kg}$ , que  $\sin 30^\circ = 0,50$  e que  $\cos 30^\circ = 0,87$ . Se, durante a descida, o conjunto foi impulsionado apenas pelo próprio peso, a intensidade média da resultante das forças de resistência que atuaram sobre o conjunto foi de

- a) 300 N.
- b) 210 N.
- c) 520 N.
- d) 390 N.
- e) 90 N.

[B]

Usando a 2ª lei de Newton, determinamos a força resultante sobre o sistema:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F_R = 60 \text{ kg} \cdot 1,5 \text{ m/s}^2 \therefore F_R = 90 \text{ N}$$

No plano inclinado, definimos a expressão da força resultante com o auxílio da decomposição do peso e da força de atrito:

$$F_R = P_x - F_{\text{at}}$$

$$P_x = P \cdot \sin 30^\circ = 60 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \therefore P_x = 300 \text{ N}$$

Substituindo na expressão da força resultante, determinamos a força resistiva média.

$$F_R = P_x - F_{\text{at}} \Rightarrow F_{\text{at}} = P_x - F_R \Rightarrow F_{\text{at}} = 300 \text{ N} - 90 \text{ N} \therefore F_{\text{at}} = 210 \text{ N}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

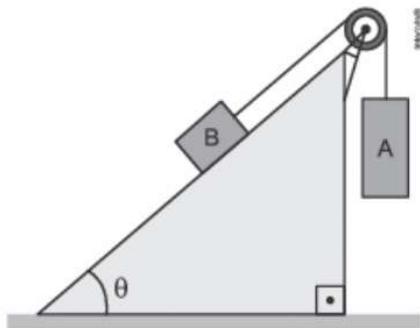
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso → PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO II – COM ATRITO – EXEMPLO 5

No sistema mostrado na figura a seguir, a polia e o fio são ideais (massas desprezíveis e o fio inextensível) e não deve ser considerado nenhuma forma de atrito. Sabendo-se que os corpos A e B têm massa respectivamente iguais a 4 kg e 2 kg e que o corpo A desce verticalmente a uma aceleração constante de  $5 \text{ m/s}^2$ , qual o valor do ângulo  $\theta$ , que o plano inclinado forma com a horizontal?

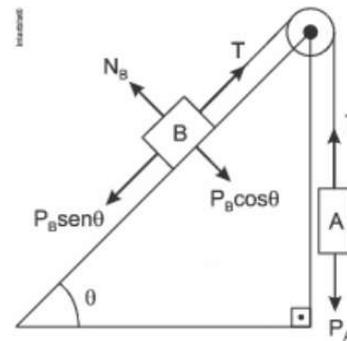


Adote o módulo da aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .

- a)  $45^\circ$
- b)  $60^\circ$
- c)  $\frac{\pi}{4} \text{ rad}$
- d)  $\frac{\pi}{6} \text{ rad}$

[D]

Representando as forças no sistema e resolvendo, chegamos a:



$$\begin{cases} P_A - T = m_A a \\ T - P_B \text{ sen } \theta = m_B a \end{cases} \Rightarrow m_A g - m_B g \text{ sen } \theta = (m_A + m_B) a \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 40 - 20 \text{ sen } \theta = 6 \cdot 5 \Rightarrow 20 \text{ sen } \theta = 10 \Rightarrow \text{sen } \theta = \frac{1}{2}$$
$$\therefore \theta = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

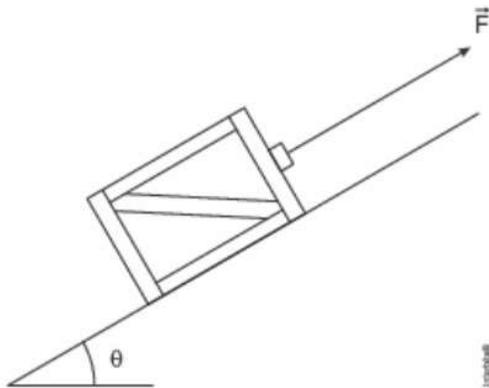
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## A) Força peso $\longrightarrow$ PLANO INCLINADO

### SITUAÇÃO II – COM ATRITO – EXEMPLO 6

Uma caixa encontra-se em repouso sobre um plano inclinado, o qual forma um ângulo  $\theta$  com a horizontal. Sabe-se que a caixa está submetida à ação de uma força  $\vec{F}$ , indicada na figura a seguir, cujo módulo é igual a 25 N, e que existe atrito entre superfície de contato da caixa e do plano. Considere a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , o coeficiente de atrito estático entre as superfícies de contato igual a 0,5, o  $\cos\theta = 0,8$ , o  $\sin\theta = 0,6$  e a massa da caixa igual a 10 kg.

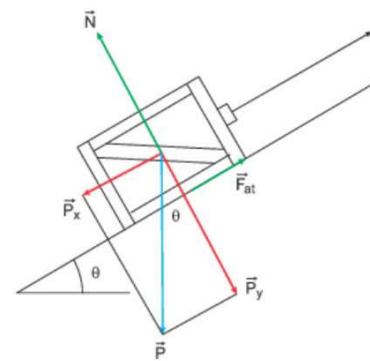


A força de atrito estático entre as superfícies de contato do corpo e do plano tem módulo igual

- 35 N e mesmo sentido da força  $\vec{F}$ .
- 35 N e sentido contrário ao da força  $\vec{F}$ .
- 40 N e mesmo sentido da força  $\vec{F}$ .
- 40 N e sentido contrário ao da força  $\vec{F}$ .

[A]

De acordo com o diagrama de forças abaixo.



No eixo normal ao plano temos:

$$N = P_y = P \cdot \cos \theta$$

No eixo paralelo ao plano inclinado, temos:

$$P_x = F + F_{at}$$

$$P \cdot \sin \theta = F + F_{at}$$

$$m \cdot g \cdot \sin \theta = F + F_{at}$$

$$F_{at} = m \cdot g \cdot \sin \theta - F$$

$$F_{at} = 10 \cdot 10 \cdot 0,6 - 25 \therefore F_{at} = 35 \text{ N}$$

A força de atrito aponta no mesmo sentido de  $\vec{F}$ .

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

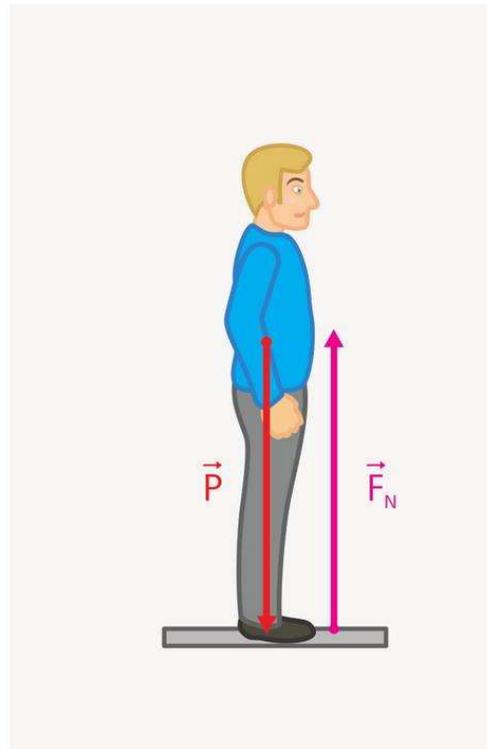
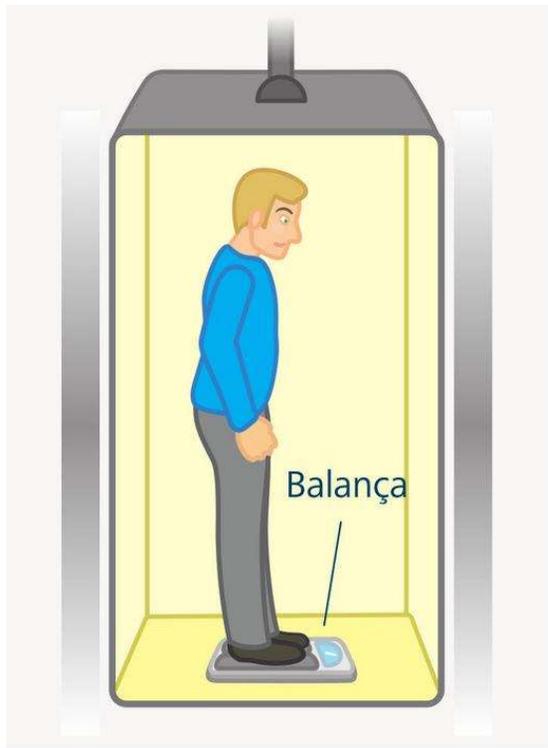
### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### B) Força normal → **BALANÇA EM ELEVADORES**



#### - **DINÂMICA VETORIAL**

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

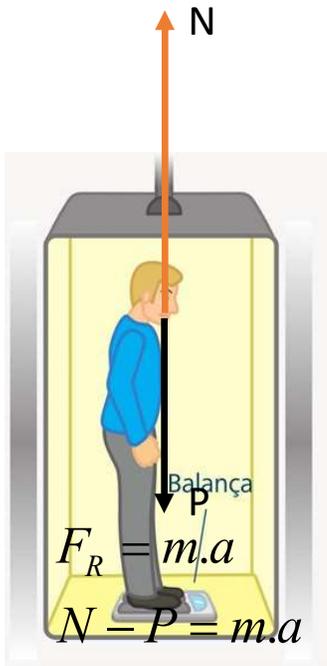
##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## B) Força normal → **BALANÇA EM ELEVADORES**

### Caso 01 –

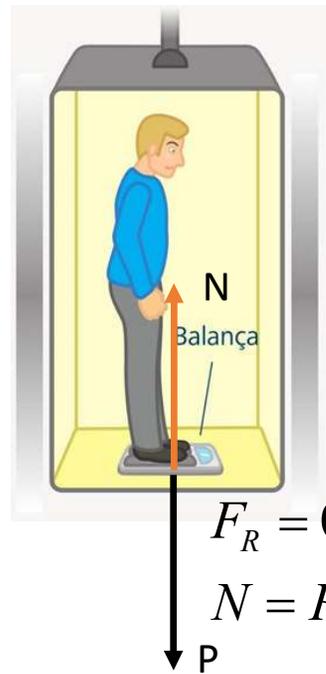
Aceleração para cima



A balança irá mostrar uma massa aparente **maior**

### Caso 02 –

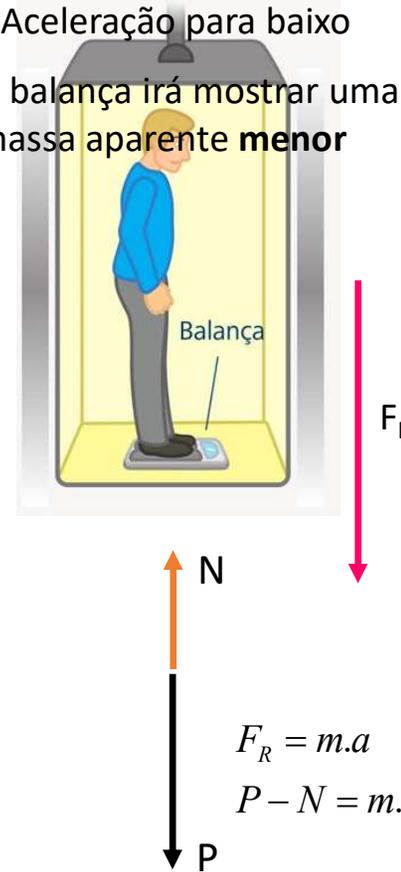
Velocidade constante  
( $a = 0$ )



A balança irá mostrar uma massa aparente igual a **massa real**

### Caso 03 –

Aceleração para baixo  
A balança irá mostrar uma massa aparente **menor**



## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

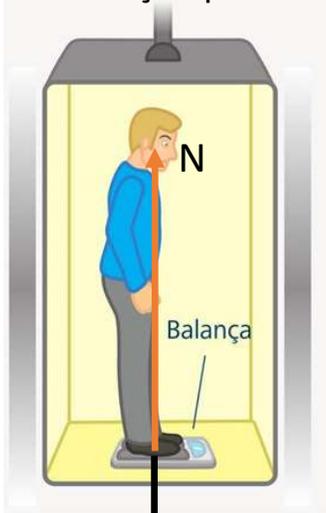
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## B) Força normal → **BALANÇA EM ELEVADORES**

**Caso 01 –**  
Aceleração para cima

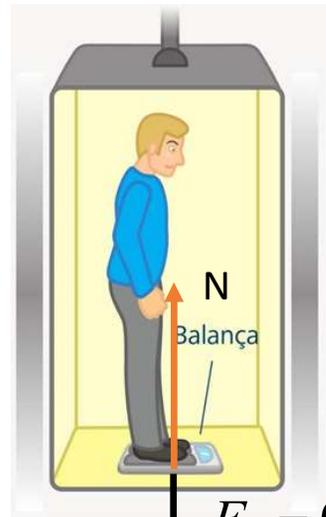


$$F_R = m \cdot a$$

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

A balança irá mostrar uma massa aparente **maior**

**Caso 02 –**  
Velocidade constante  
( $a = 0$ )



$$F_R = 0$$

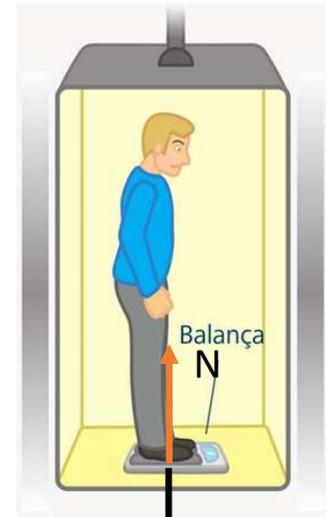
$$F_R = 0$$

$$N = P$$

A balança irá mostrar uma massa aparente igual a **massa real**

**Caso 03 –**  
Aceleração para baixo

A balança irá mostrar uma massa aparente **menor**



$$F_R = m \cdot a$$

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

### - DINÂMICA VETORIAL

#### 1 - Introdução;

#### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

#### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

#### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

#### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

#### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### B) Força normal → **BALANÇA EM ELEVADORES**

(Ueg 2019) Pedro, ao se encontrar com João no elevador, inicia uma conversa, conforme a charge a seguir.



Disponível em: <[https://pbs.twimg.com/media/DsFho\\_cWoAEIwkl.jpg](https://pbs.twimg.com/media/DsFho_cWoAEIwkl.jpg)>. Acesso em: 05 abr. 2019. (Adaptado).

De acordo com as informações da charge, verifica-se que João

- a) mudará sua massa no movimento ascendente do elevador.
- b) diminuirá o peso quando o elevador descer acelerado.
- c) terá seu peso inalterado pelo movimento acelerado do elevador.**
- d) terá o peso indicado pela balança quando o elevador estiver parado.
- e) aumentará sua massa quando o elevador estiver subindo acelerado.

GABARITO OFICIAL - B

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### B) Força normal $\longrightarrow$ **BALANÇA EM ELEVADORES**

Tanto a massa quanto o peso do João não se alteram com o movimento do elevador, pois a balança mede a reação normal ao apoio na sua superfície e, essa sim é alterada quando há aceleração e a chamamos de “massa aparente” ou ainda comumente de “peso aparente”.

Se o elevador estiver parado ou em movimento uniforme, com velocidade constante, a marcação na balança é a mesma, isto é, mede a massa do João. Porém, quando o elevador estiver acelerando no mesmo sentido do movimento, temos um “peso aparente” menor, pois a reação sobre a balança é menor e quando o elevador estiver diminuindo a velocidade, esse valor aumenta.

Assim, deve-se discordar do gabarito oficial por estabelecer uma incorreção conceitual, uma vez que a balança não mede peso e o mesmo não se altera. O correto procedimento da banca seria considerar a alternativa [C] como resposta.

A seguir equaciona-se 4 situações possíveis contendo aceleração no elevador e suas equações considerando o Princípio Fundamental da Dinâmica:

1. Elevador subindo acelerado (N aumenta).

$$N - P = m \cdot a \Rightarrow N = P + m \cdot a \therefore N = m \cdot (g + a)$$

2. Elevador freando ao subir (N diminui).

$$P - N = m \cdot a \Rightarrow N = P - m \cdot a \therefore N = m \cdot (g - a)$$

3. Elevador descendo acelerado (N diminui).

$$P - N = m \cdot a \Rightarrow N = P - m \cdot a \therefore N = m \cdot (g - a)$$

4. Elevador retardando ao descer (N aumenta).

$$N - P = m \cdot a \Rightarrow N = P + m \cdot a \therefore N = m \cdot (g + a)$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### B) Força normal $\longrightarrow$ **BALANÇA EM ELEVADORES**

**(Espcex 2012)** Um elevador possui massa de 1500 kg. Considerando a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  a tração no cabo do elevador, quando ele sobe vazio, com uma aceleração de  $3 \text{ m/s}^2$  é de:

- a) 4500 N
- b) 6000 N
- c) 15500 N
- d) 17000 N
- e) 19500 N**

$$F_R = m \cdot a \rightarrow T - P = ma \rightarrow T - 15000 = 1500 \times 3 \rightarrow T = 19500 \text{ N.}$$

#### - **DINÂMICA VETORIAL**

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### B) Força normal $\longrightarrow$ **BALANÇA EM ELEVADORES**

(Ifsul 2011) Uma pessoa de massa igual a 65 kg está dentro de um elevador, inicialmente parado, que começa a descer. Durante um curto intervalo de tempo, o elevador sofre uma aceleração para baixo de módulo igual a  $2 \text{ m/s}^2$ . Considerando-se a aceleração gravitacional no local igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , durante o tempo em que o elevador acelera a força normal exercida pelo piso do elevador na pessoa é igual a

- a) 520 N.
- b) 650 N.
- c) 780 N.
- d) zero.

Dados:  $m = 65 \text{ kg}$ ;  $a = 2 \text{ m/s}^2$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Como o elevador está descendo em movimento acelerado, a resultante das forças é para baixo, ou seja, a intensidade da normal é menor que a intensidade do peso.

Aplicando o princípio fundamental da dinâmica:

$$P - N = ma \Rightarrow mg - N = ma \Rightarrow N = m(g - a) = 65(10 - 2) \Rightarrow$$

$$N = 520 \text{ N.}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

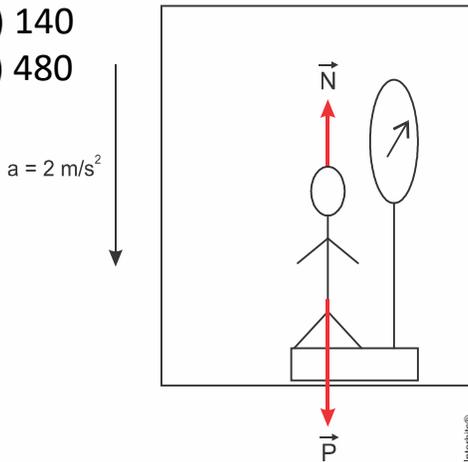
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## B) Força normal → **BALANÇA EM ELEVADORES**

(Upf 2015) A queda de um elevador em um prédio no centro de Porto Alegre no final de 2014 reforçou as ações de fiscalização nesses equipamentos, especialmente em relação à superlotação. A partir desse fato, um professor de Física resolve explorar o tema em sala de aula e apresenta aos alunos a seguinte situação: um homem de massa 70 kg está apoiado numa balança calibrada em newtons no interior de um elevador que desce à razão de  $2 \text{ m/s}^2$ . Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  pode-se afirmar que a intensidade da força indicada pela balança será, em newtons, de:

- a) 560
- b) 840
- c) 700
- d) 140
- e) 480



Como o diagrama de corpo livre nos mostra, a força resultante a pessoa é:

$$F_R = P - N$$

Usando o Princípio Fundamental da Dinâmica (2ª lei de Newton):

$$F_R = m \cdot a$$

Igualando as duas equações e isolando a força normal, temos:

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

$$N = m(g - a)$$

$$N = 70 \text{ kg} (10 \text{ m/s}^2 - 2 \text{ m/s}^2) = 560 \text{ N}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

## 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

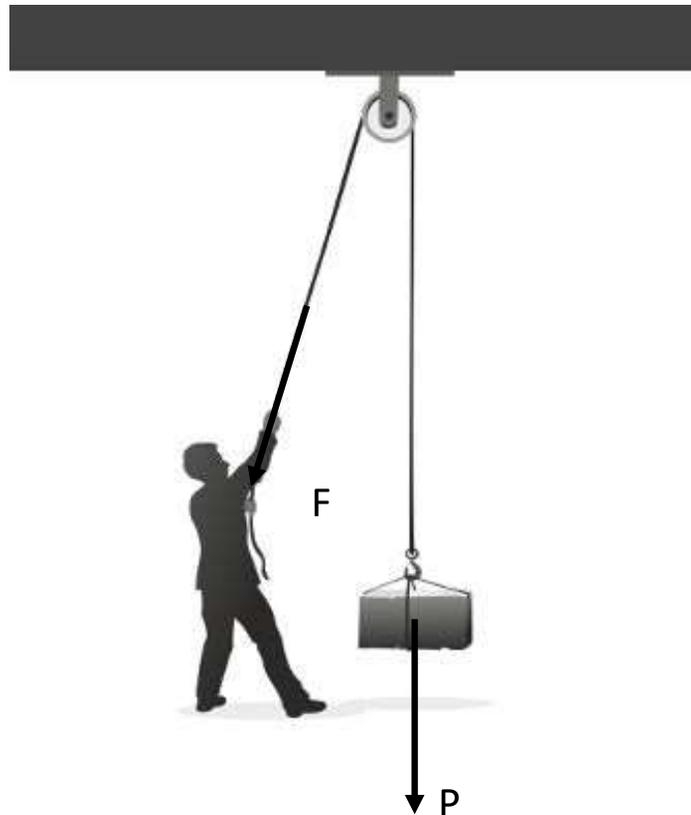
## 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### C) Força de tração → POLIAS FIXAS E POLIAS MÓVEIS

#### Caso 01 – Polias Fixas

Nas roldanas fixas não verificamos uma redução no esforço necessário para movimentar um objeto. Portanto, o módulo da força motora será igual ao módulo da força resistente (peso da carga a ser transportada). Elas modificam apenas o sentido e a direção da força motora que equilibra o peso. Desta forma, são utilizadas para tornar mais cômodo o trabalho de puxar um objeto.



#### - DINÂMICA VETORIAL

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

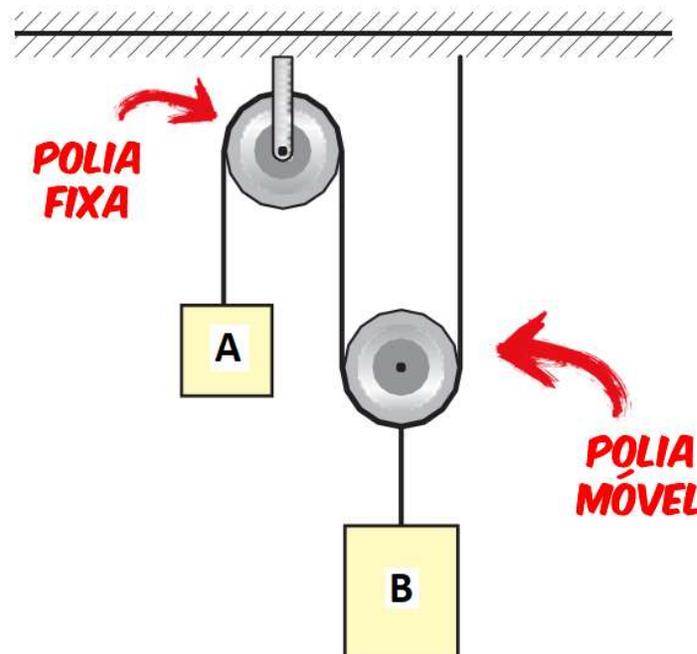
##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### C) Força de tração → POLIAS FIXAS E POLIAS MÓVEIS

#### Caso 02 – Polias Móveis

A grande vantagem do uso das roldanas móveis é que reduz o valor da força motora necessária para movimentar um determinado corpo, entretanto, um comprimento maior de corda deverá ser puxado.



#### - DINÂMICA VETORIAL

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

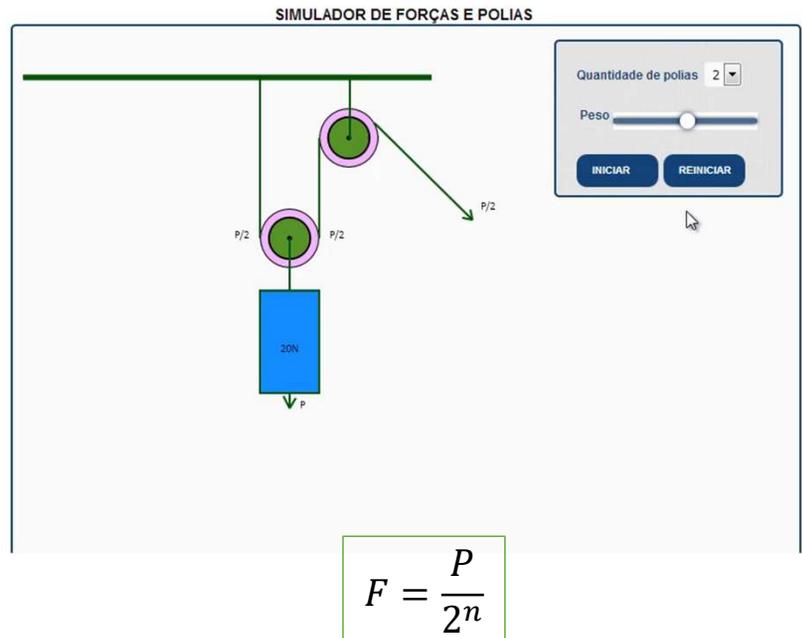
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

##### 6 – Forças em

trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### C) Força de tração → **POLIAS FIXAS E POLIAS MÓVEIS**



F – força na extremidade da corda (cabo)

P – Peso do objeto

n – número de polias **móveis**

#### - **DINÂMICA VETORIAL**

##### 1 - Introdução;

##### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

##### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei – Ação e Reação

##### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

##### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

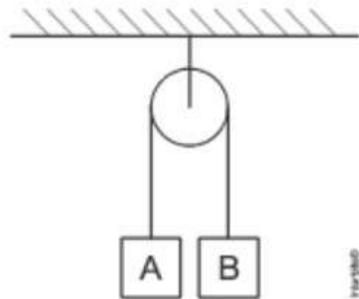
##### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## C) Força de tração → POLIAS FIXAS E POLIAS MÓVEIS

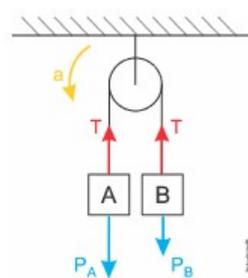
O sistema a seguir apresenta aceleração de  $2\text{ m/s}^2$  e a tração no fio é igual a  $72\text{ N}$ . Considere que a massa de **A** é maior que a massa de **B**, o fio é inextensível e não há atrito na polia. A diferença entre as massas desses dois corpos é igual a

(Considere  $g = 10\text{ m/s}^2$ .)



Como a massa do bloco A é maior que a massa do bloco B, a tendência do sistema de blocos é "girar" no sentido anti-horário, ou em outras palavras, o bloco A descer e o bloco B subir.

Desta forma, temos que:



Analisando os blocos separadamente, temos que no bloco A só existe duas forças atuando, sendo elas o peso do bloco A e a tração do fio. Assim,

$$F_R = m_A \cdot a = P_A - T$$

$$2 \cdot m_A = 10 \cdot m_A - 72$$

$$8 \cdot m_A = 72$$

$$m_A = 9\text{ kg}$$

Analogamente, no bloco B temos duas forças atuando, sendo elas o peso do bloco e a tração do fio. Assim,

$$F_R = m_B \cdot a = T - P_B$$

$$2 \cdot m_B = 72 - 10 \cdot m_B$$

$$12 \cdot m_B = 72$$

$$m_B = 6\text{ kg}$$

Assim, a diferença entre as massas dos blocos será de:

$$m_A - m_B = 9 - 6 = 3\text{ kg}$$

- a) 1kg.
- b) 3kg.**
- c) 4kg.
- d) 6kg.

### - DINÂMICA VETORIAL

#### 1 - Introdução;

#### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

#### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

#### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

#### 5 – Aplicações das forças

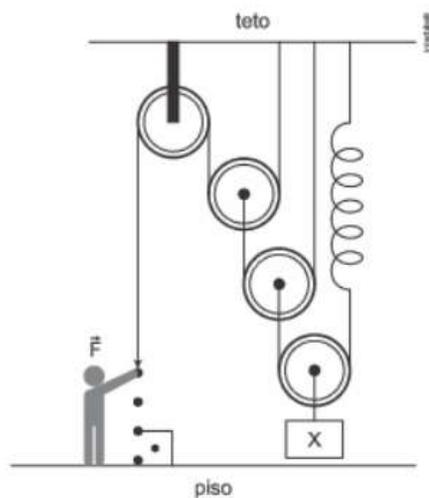
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

#### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### C) Força de tração → POLIAS FIXAS E POLIAS MÓVEIS

O sistema de polias, sendo uma fixa e três móveis, encontra-se em equilíbrio estático, conforme mostra o desenho. A constante elástica da mola, ideal, de peso desprezível, é igual a  $50 \text{ N/cm}$  e a força  $\vec{F}$  na extremidade da corda é de intensidade igual a  $100 \text{ N}$ . Os fios e as polias, iguais, são ideais.

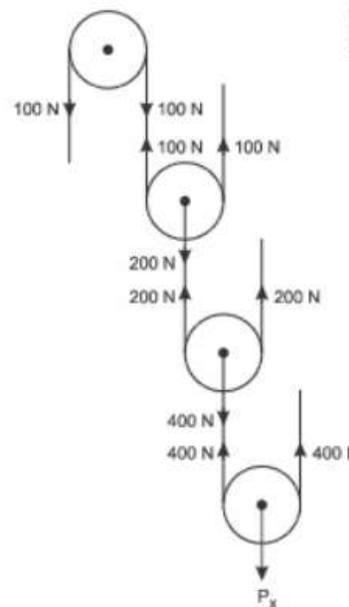


Desenho ilustrativo - fora de escala

O valor do peso do corpo  $X$  e a deformação sofrida pela mola são, respectivamente,

- a)  $800 \text{ N}$  e  $16 \text{ cm}$ .
- b)  $400 \text{ N}$  e  $8 \text{ cm}$ .
- c)  $600 \text{ N}$  e  $7 \text{ cm}$ .
- d)  $800 \text{ N}$  e  $8 \text{ cm}$ .
- e)  $950 \text{ N}$  e  $10 \text{ cm}$ .

Esquematisando as forças, temos:



Portanto:

$$P_X = 800 \text{ N}$$

$$F_{el} = kx \Rightarrow 400 = 50 \cdot 10^2 \cdot x$$

$$x = 0,08 \text{ m} = 8 \text{ cm}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

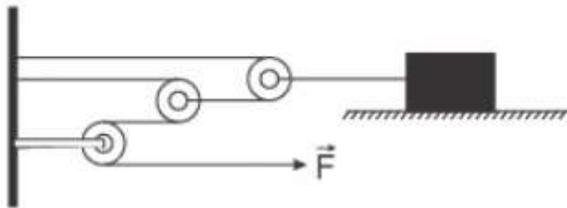
### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

## C) Força de tração → POLIAS FIXAS E POLIAS MÓVEIS

Uma invenção que significou um grande avanço tecnológico na Antiguidade, a polia composta ou a associação de polias, é atribuída a Arquimedes (287 a.C. a 212 a.C.). O aparato consiste em associar uma série de polias móveis a uma polia fixa. A figura exemplifica um arranjo possível para esse aparato. É relatado que Arquimedes teria demonstrado para o rei Hierão um outro arranjo desse aparato, movendo sozinho, sobre a areia da praia, um navio repleto de passageiros e cargas, algo que seria impossível sem a participação de muitos homens. Suponha que a massa do navio era de 3.000 kg, que o coeficiente de atrito estático entre o navio e a areia era de 0,8 e que Arquimedes tenha puxado o navio com uma força  $\vec{F}$ , paralela à direção do movimento e de módulo igual a 400 N.

Considere os fios e as polias ideais, a aceleração da gravidade igual a  $10\text{ m/s}^2$  e que a superfície da praia é perfeitamente horizontal.



Disponível em: [www.histedbr.fae.unicamp.br](http://www.histedbr.fae.unicamp.br). Acesso em: 28 fev. 2013 (adaptado).

$$F = \frac{P}{2^N} \quad \longrightarrow \quad P \longrightarrow F_{AT\ MAX}$$

$$F_{AT} = \mu_e \cdot N \quad \longrightarrow \quad N = P$$

$$N = m \cdot g$$

$$N = 3000 \cdot 10 = 30000\text{ N}$$

$$F_{AT} = 0,8 \cdot 30000 = 24000\text{ N}$$

O número mínimo de polias móveis usadas, nessa situação, por Arquimedes foi

- a) 3.
- b) 6.
- c) 7.
- d) 8.
- e) 10.

$$F > \frac{F_{AT}}{2^N}$$

$$400 \cdot 2^N > 24000$$

$$2^N > 60$$

$$400 > \frac{24000}{2^N}$$

$$2^N > \frac{24000}{400}$$

$$N = 6 \quad (2^6 = 64)$$

### - DINÂMICA VETORIAL

#### 1 - Introdução;

#### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

#### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

#### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

#### 5 – Aplicações das forças

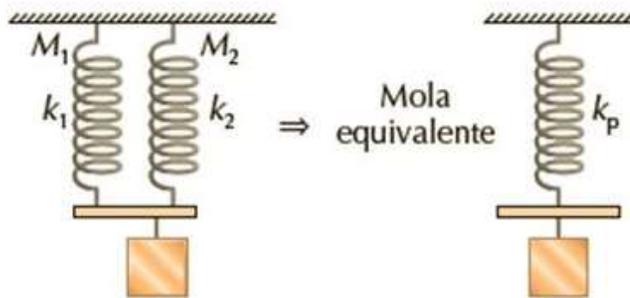
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

#### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

# 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

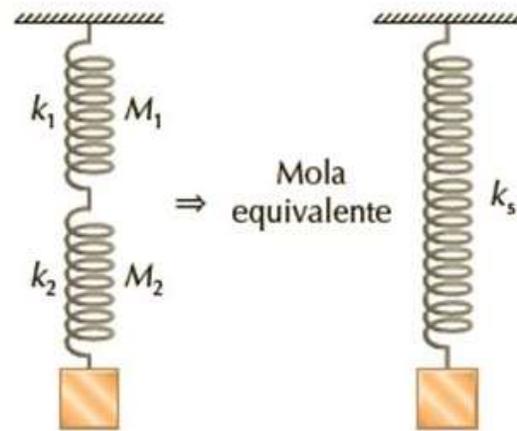
## D) Força elástica → ASSOCIAÇÃO DE MOLAS

### A ASSOCIAÇÃO EM PARALELO



$$k_p = k_1 + k_2$$

### B ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE



$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Ou,  
Faça...  
(produto pela soma)

$$k_s = \frac{k_1 \cdot k_2}{(k_1 + k_2)}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### D) Força elástica → ASSOCIAÇÃO DE MOLAS

Suponha que duas pessoas muito parecidas (com mesma massa e demais características físicas) estejam sobre um colchão de molas, posicionando-se uma delas de pé e a outra deitada. Supondo que as molas desse colchão sejam todas helicoidais e com o eixo da hélice sempre vertical, do ponto de vista de associação de molas, é correto afirmar que a pessoa que está de pé deforma

- a) mais o colchão, em virtude de ser sustentada por um menor número de molas associadas em paralelo, se comparada à pessoa deitada.
- b) mais o colchão, em virtude de ser sustentada por um menor número de molas associadas em série, se comparada à pessoa deitada.
- c) menos o colchão, em virtude de ser sustentada por um menor número de molas associadas em paralelo, se comparada à pessoa deitada.
- d) menos o colchão, em virtude de ser sustentada por um menor número de molas associadas em série, se comparada à pessoa deitada.

Para  $n$  molas em série:

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$$

Para  $n$  molas em paralelo:

$$k_{eq} = k_1 + k_2 + \dots + k_n$$

As molas no colchão encontram-se em paralelo, logo, menos delas serão acionadas pela pessoa que está de pé, resultando num menor  $k_{eq}$ , deformando mais o colchão.

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

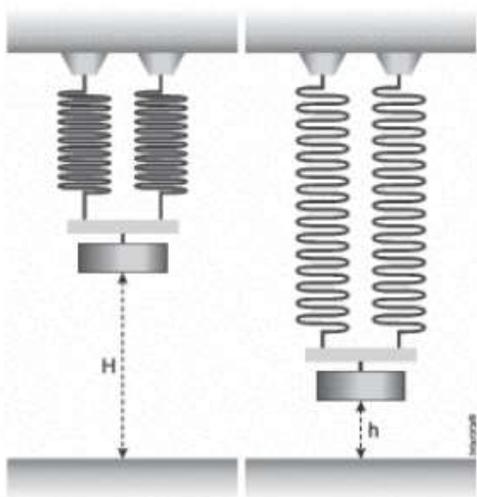
- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas

## 5 – As aplicações práticas das Forças na Dinâmica

### D) Força elástica → ASSOCIAÇÃO DE MOLAS

Uma massa de  $0,50 \text{ kg}$  está presa na extremidade de um sistema formado por duas molas em paralelo, conforme mostra a figura a seguir. As molas são idênticas, de constante elástica  $k = 50 \text{ N/m}$  e massa desprezível. A outra extremidade do sistema está fixa em um apoio de teto de modo que o sistema fica verticalmente posicionado. A massa é lentamente solta da posição de relaxamento do sistema, a uma altura  $H = 12 \text{ cm}$  do plano de uma mesa, até que fique em repouso. A que altura  $h$  da mesa a mola permanece em seu ponto de repouso? Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



- a) 2,0 cm.
- b) 3,0 cm.
- c) 5,0 cm.
- d) 6,0 cm.
- e) 7,0 cm.

Pela segunda lei de Newton:

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

$$F_e - P = 0$$

$$F_e = P$$

$$k_e \cdot x = m \cdot g$$

$$k_e \cdot (H - h) = m \cdot g$$

$$H - h = \frac{mg}{k_e}$$

$$-h = \frac{mg}{k_e} - H$$

$$h = -\frac{mg}{k_e} + H$$

Como as molas estão em paralelo então:

$$k_e = k + k \Rightarrow k_e = 100$$

Logo:

$$h = -\frac{0,5 \cdot 10}{100} + 0,12$$

$$h = 0,07 \text{ m} \Rightarrow h = 7 \text{ cm}$$

## - DINÂMICA VETORIAL

### 1 - Introdução;

### 2 - Forças;

- > Definição
- > Tipos
- > Grandeza Vetorial

### 3 - Leis de Newton;

- > Histórico
- > 1ª Lei - Inércia
- > 2ª Lei - PFD
- > 3ª Lei - Ação e Reação

### 4 - As principais forças da Dinâmica;

- > Peso
- > Normal
- > Tração
- > Elástica
- > Atrito

### 5 – Aplicações das forças

- > Plano Inclinado
- > Elevadores
- > Polias móveis
- > Associação de molas

### 6 – Forças em trajetórias curvilíneas