



# Física [na pandemia]

## Aula 05



Prof. Dr. José Rafael Bordin  
Departamento de Física  
UFPel



# Sumário

→ O que é Energia?

→ Trabalho & Potência





# Energia

→ Quantidade abstrata que os corpos possuem necessária para a correta descrição da interação entre dois ou mais corpos

→ Não conseguimos medir a energia em si, mas suas variações

→ Variações podem ocorrer na velocidade ou na posição





# Trocas de Energia

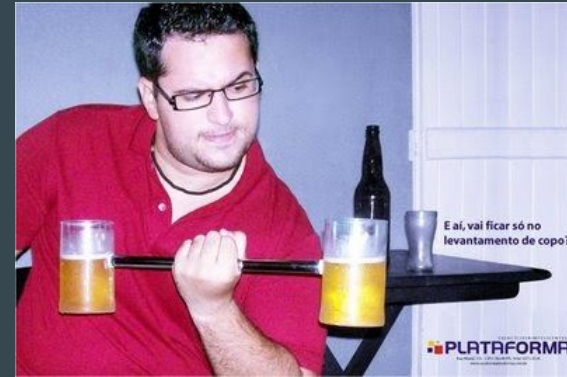
→ Se dois corpos com temperaturas diferentes entram em contato, o corpo mais quente irá transferir energia para o mais frio até que as temperaturas estejam iguais - **CALOR**





# Trocas de Energia

→ Quando uma força move um corpo, alterando sua posição e/ou sua velocidade, também há troca de energia - **TRABALHO MECÂNICO**

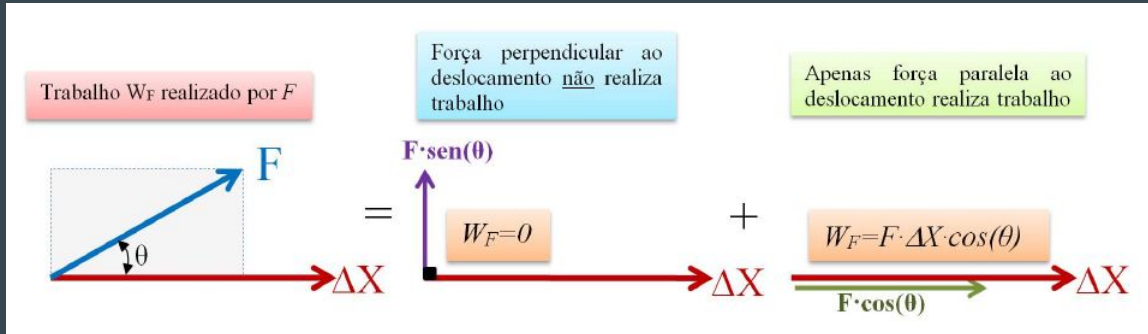




# Trabalho de uma Força Constante

→ Somente forças paralelas ao movimento realizam trabalho

→ Quanto maior o deslocamento gerado pela força  $F$ , maior o Trabalho ( $W$ ) realizado pela força  $F$



$$W_F = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\theta) \quad (J)$$

$$\text{Joule (J)} = \text{Nm} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$



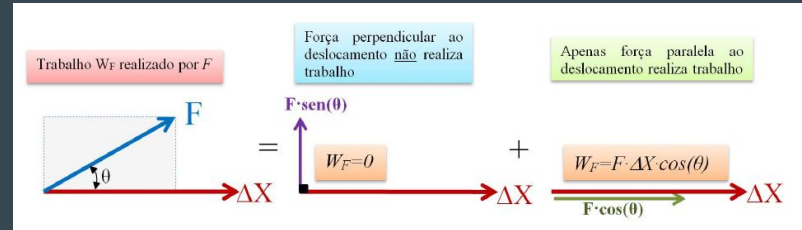
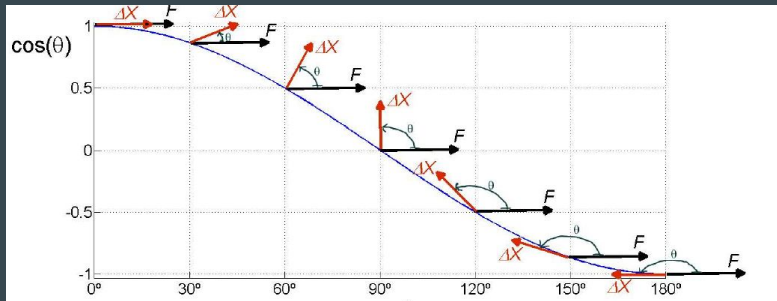
# Trabalho de uma Força Constante

→ Se a componente ortogonal da força na direção do movimento paralela a  $\Delta X$  possui o mesmo sentido do deslocamento o trabalho é **POSITIVO**. Caso o sentido seja o oposto, o trabalho é **NEGATIVO**

$$W_F = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\theta) \quad (J)$$

ADICIONOU ENERGIA  
AO CORPO

ADICIONOU ENERGIA  
AO CORPO



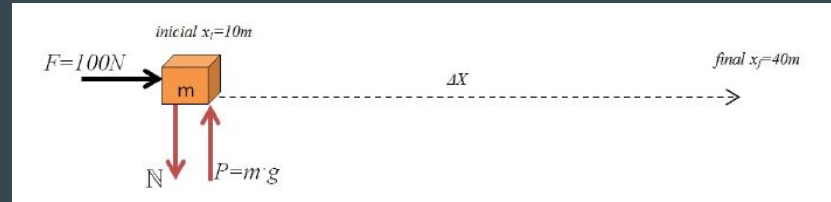


# Exemplo 1: Deslocamento paralelo ao eixo-x

E.1) Calcular o trabalho realizado por:

a) uma força horizontal aplicada de 100N (cujo sentido é para direita) para deslocar um corpo de massa  $m=10\text{kg}$  da posição inicial  $x_i=10\text{m}$  até a posição final de  $x_f=40\text{m}$ .

b) Pela reação normal  $N$ .





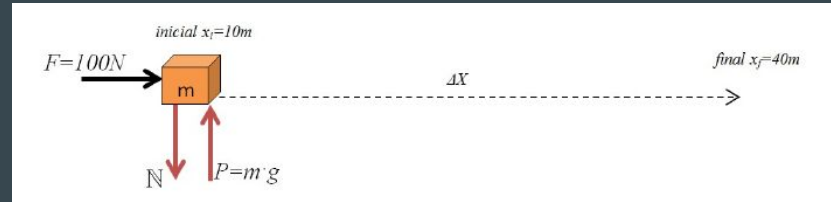


# Exemplo 1: Deslocamento paralelo ao eixo-x

E.1) Calcular o trabalho realizado por:

a) uma força horizontal aplicada de 100N (cujo sentido é para direita) para deslocar um corpo de massa  $m=10\text{kg}$  da posição inicial  $x_i=10\text{m}$  até a posição final de  $x_f=40\text{m}$ .

b) Pela reação normal  $N$ .



Força e deslocamento **PARALELOS** (mesma direção) e **PARA A DIREITA** (mesmo sentido):  $\theta = 0^\circ$

$$\cos(0^\circ) = 1$$

Peso **ORTOGONAL** ao deslocamento:  $\theta = 90^\circ$

Normal **ORTOGONAL** ao deslocamento:  $\theta = 270^\circ$

$$\cos(90^\circ) = \cos(270^\circ) = 0$$

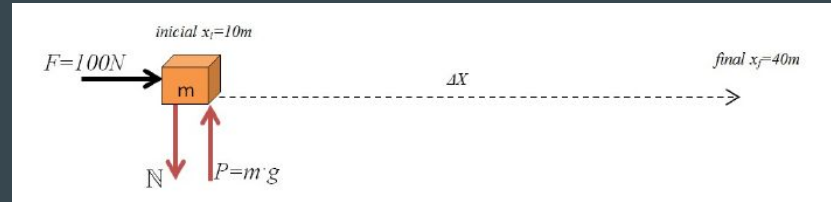


# Exemplo 1: Deslocamento paralelo ao eixo-x

E.1) Calcular o trabalho realizado por:

a) uma força horizontal aplicada de 100N (cujo sentido é para direita) para deslocar um corpo de massa  $m=10\text{kg}$  da posição inicial  $x_i=10\text{m}$  até a posição final de  $x_f=40\text{m}$ .

b) Pela reação normal  $N$ .



$$\text{a): } W_F = F \cdot \Delta X \cdot \cos(0^\circ)$$

$$W_F = \underbrace{100\text{N}}_F \cdot \underbrace{(40\text{m} - 10\text{m})}_{\Delta X = X_f - X_i} \cdot \underbrace{\cos(0^\circ)}_1 = 3000\text{J}.$$

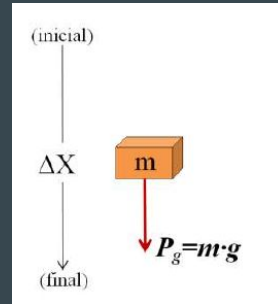
$$\text{b): } W_N = N \cdot \Delta X \cdot \underbrace{\cos(90^\circ)}_0 = 0\text{J}.$$



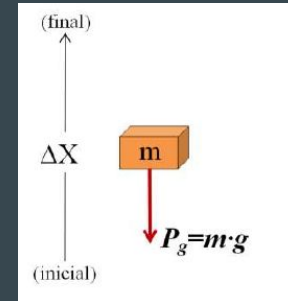
## Exemplo 2: Deslocamento paralelo ao eixo-y

E.2) Calcular o trabalho realizado pela força peso sobre um bloco de massa  $m=10\text{kg}$ , durante:

a) A queda de uma altura de 10m.



b) A subida da mesma altura de queda do item a.

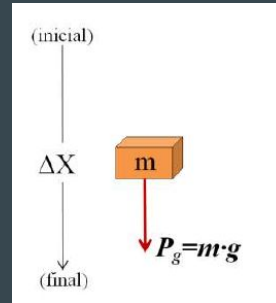




## Exemplo 2: Deslocamento paralelo ao eixo-y

E.2) Calcular o trabalho realizado pela força peso sobre um bloco de massa  $m=10\text{kg}$ , durante:

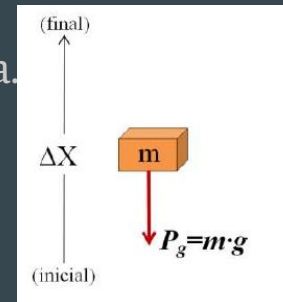
a) A queda de uma altura de 10m.



Força e deslocamento com mesma direção e sentido:  $\theta = 0^\circ$

$$\cos(0^\circ) = 1$$

b) A subida da mesma altura de queda do item a.



Força e deslocamento com direção e sentido opostos:  $\theta = 270^\circ$

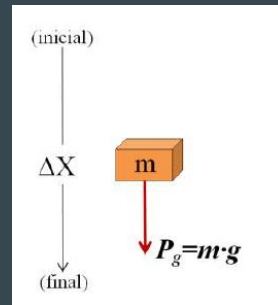
$$\cos(270^\circ) = -1$$



## Exemplo 2: Deslocamento paralelo ao eixo-y

E.2) Calcular o trabalho realizado pela força peso sobre um bloco de massa  $m=10\text{kg}$ , durante:

a) A queda de uma altura de  $10\text{m}$ .



Força e deslocamento com  
mesma direção e sentido:  $\theta = 0^\circ$

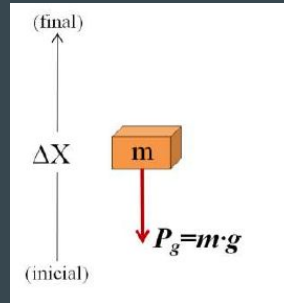
$$\cos(0^\circ) = 1$$

$$W_g = P_g \cdot \Delta X \cdot \underbrace{\cos(0^\circ)}_1 = \underbrace{10\text{kg} \cdot 10\text{m} / \text{s}^2}_{\text{peso}} \cdot \underbrace{10\text{m}}_{\Delta X} \cdot (1) = 1000\text{J} .$$



## Exemplo 2: Deslocamento paralelo ao eixo-y

b) A subida da mesma altura de queda do item a.



Força e deslocamento com direção e sentido opostos:  $\theta = 270^\circ$

$$\cos(270^\circ) = -1$$

$$W_g = P_g \cdot \Delta X \cdot \underbrace{\cos(180^\circ)}_{-1} = \underbrace{10\text{kg} \cdot 10\text{m} / \text{s}^2}_{\text{peso}} \cdot \underbrace{10\text{m}}_{\Delta X} \cdot (-1) = -1000\text{J}.$$

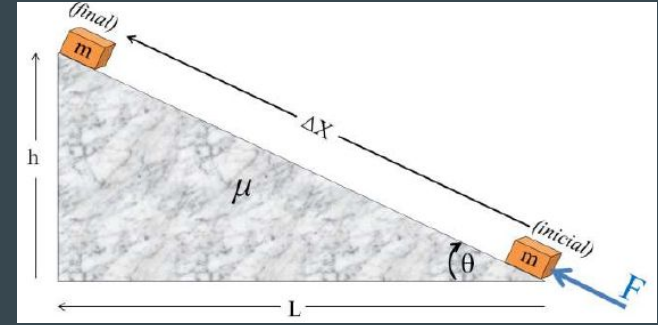


## Exemplo 3: Deslocamento em um plano inclinado

E.3) Na figura ao lado, tem-se um bloco de massa  $m=6\text{kg}$ . Esse bloco é empurrado para cima, por uma força  $F=50\text{N}$ , a uma distância  $X=5\text{m}$  ao longo da superfície de um plano inclinado de  $\theta=30^\circ$  e com coeficiente de atrito dinâmico  $\mu=0.25$ .

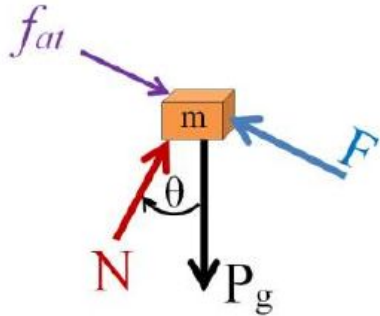
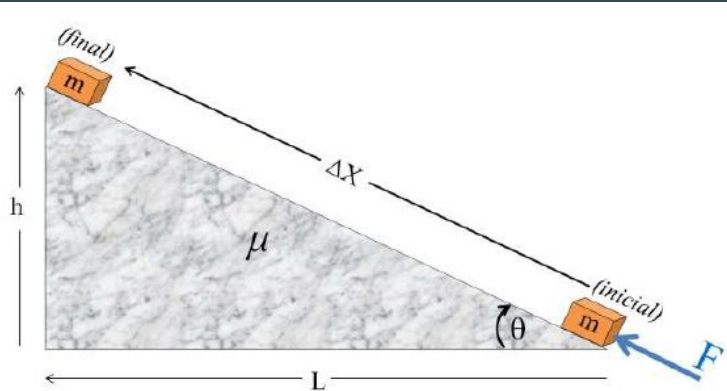
a) calcule o trabalho realizado pela força  $F$ , pela força Peso  $P_g$ , pela reação Normal  $N$  e pela força de atrito  $f_{\text{at}}$ .

b) Calcule o trabalho total (que é o somatório de todos os trabalhos realizados por todas as forças externas sobre  $m$ ).

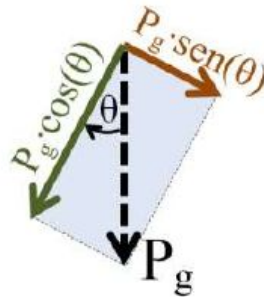
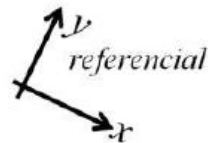




# Exemplo 3: Deslocamento em um plano inclinado



$$f_{at} = \mu \cdot N$$
$$P_g = m \cdot g$$



→  $F$  é paralela e possui o mesmo sentido do deslocamento  
 $\theta = 0^\circ$

→  $P_{gx}$  é paralela e possui sentido oposto ao movimento  
 $\theta = 180^\circ$

→  $f_{at}$  é paralela e possui sentido oposto ao movimento  
 $\theta = 180^\circ$

→  $N$  e  $P_{gy}$  são ortogonais ao movimento  
 $\theta = 90^\circ / 270^\circ$



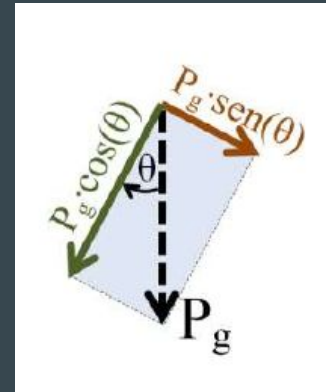
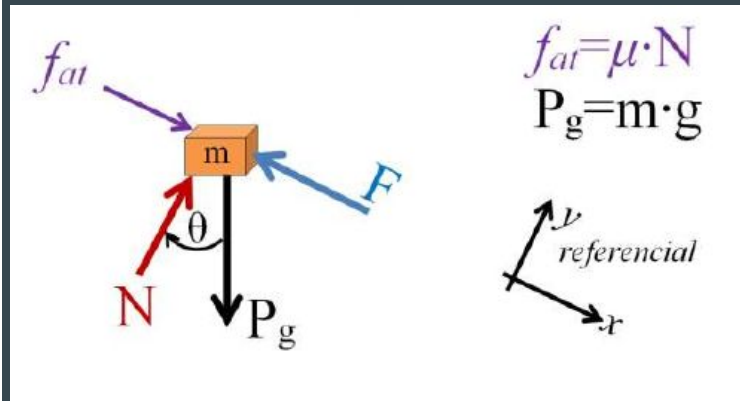
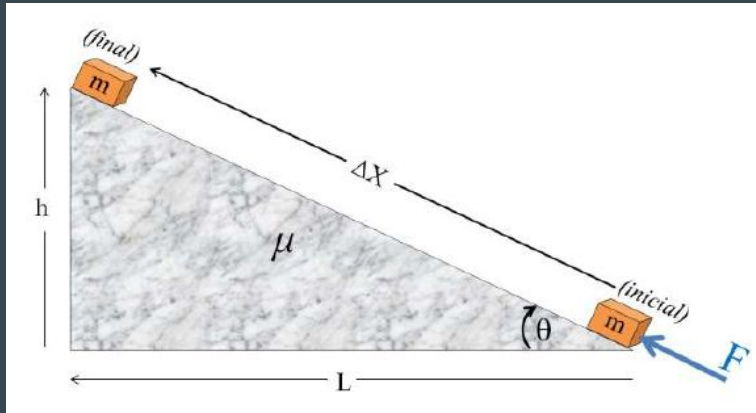


# Exemplo 3: Deslocamento em um plano inclinado

♠ Trabalho realizado pela força  $F$ :  $W_F = F \cdot \Delta X = 50N \cdot 5m = \boxed{250J}$ .

♠ Trabalho realizado pela força peso (somente  $P_x$  realiza trabalho):

$$W_{P_g} = -\underbrace{P_g}_{P} \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \Delta X = -6kg \cdot 10m/s^2 \cdot \text{sen}(30^\circ) \cdot 5m = \boxed{-150J}.$$





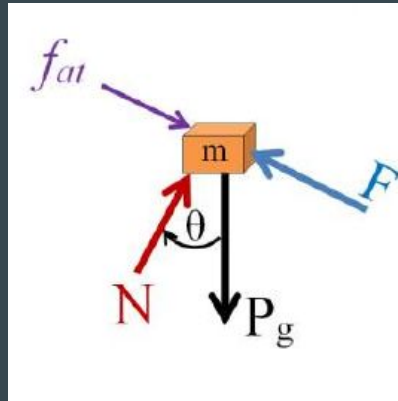
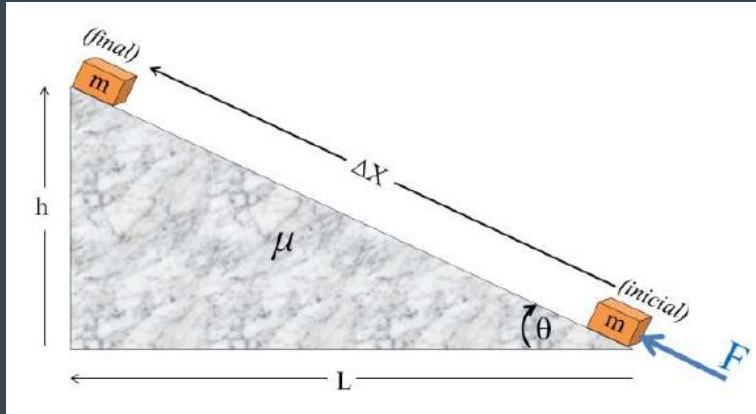
# Exemplo 3: Deslocamento em um plano inclinado

♣ Trabalho realizado pela reação Normal:

$$W_N = N \cdot \Delta X \cdot \underbrace{\cos(90^\circ)}_0 = \boxed{0J}.$$

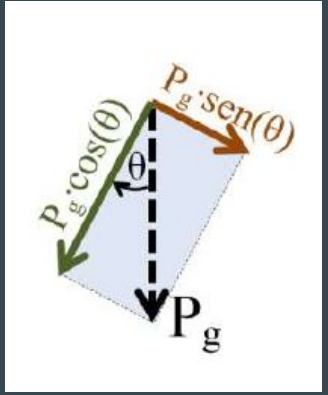
♣ Trabalho realizado pela força de atrito:

$$W_{f_{at}} = -f_{at} \cdot \Delta X = -\mu \cdot \underbrace{N}_{P_y} \cdot \Delta X = -\mu \cdot \underbrace{P_g \cdot \cos(\theta)}_{P_y} \cdot \Delta X =$$
$$-\underbrace{0,25}_\mu \cdot \underbrace{6kg \cdot 10m/s^2}_{P_y} \cdot \cos(30^\circ) \cdot \underbrace{5m}_{\Delta X} = \boxed{-65,0J}.$$



$$f_{at} = \mu \cdot N$$
$$P_g = m \cdot g$$

referencial



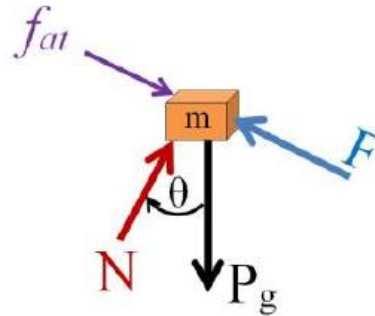
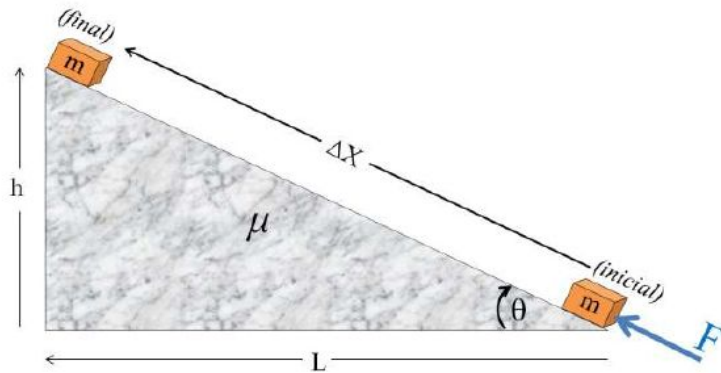
# Exemplo 3: Deslocamento em um plano inclinado

**b) Trabalho total:**

$$W_{TOTAL} = W_F + W_{P_g} + W_N + W_{f_{at}}$$

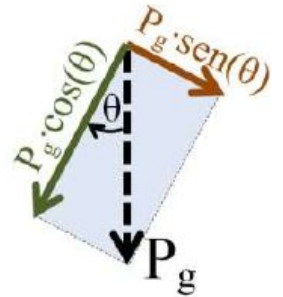
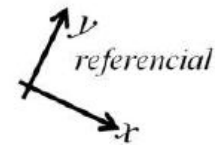
$$= 250J + (-150J) + 0J + (-65J)$$

$$W_{TOTAL} = 35J.$$



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

$$P_g = m \cdot g$$





# Potência Média

→ Nos informa o quão rápido o trabalho é realizado

$$Potência = \frac{Energia}{tempo}$$

$$W_F = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\theta) \quad (J)$$

$$P_{med} = \frac{F \cdot \Delta X \cdot \cos(\theta)}{\Delta t} \quad (W)$$

$$P_{med} = \frac{W}{\Delta t} \quad (W); \quad 1 \cdot W = J / s$$

$$P_{med} = F \cdot \left( \frac{\Delta X}{\Delta t} \right) = F \cdot v \quad (W = J / s)$$

1 Watt (W) = 1 J/s

Outras unidades: cv, HP, btu



# Exemplo

E.1) Uma máquina com potência média de 500W gasta 500J de energia por segundo, ou seja, 500J/s. Se essa máquina ficar ligada por uma hora, qual é a energia gasta?

$$P_{med} = \frac{W}{\Delta t}$$

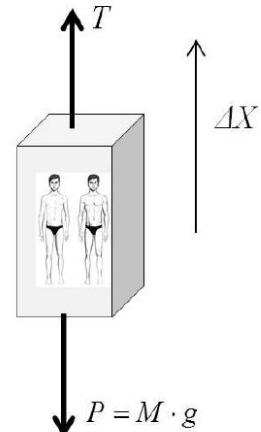
$$W = P_{med} \cdot \Delta t$$

$$W = 500 \frac{J}{s} \cdot \overbrace{3600 s}^{1 \text{ hora}} = \boxed{1800000 J}.$$



# Exemplo

E.2) Você deseja dimensionar um motor para um elevador de um prédio residencial. Esse elevador vai subir 10 andares (totalizando 28m de altura) com uma carga máxima de 6 pessoas (80kg por pessoa, totalizando 480kg) com velocidade constante. Você pode dimensionar a potência do elevador a depender do tempo de subida que você achar necessário. Por exemplo, qual deve ser a potência do motor para que o tempo de subida dure a) 2 min ou b) 15s.



*Aplicando a 2ª lei de Newton no elevador, temos*

$$+\uparrow \sum F_{\text{ext},y} = 0,$$

*(subindo com velocidade constante)*

$$T - P = 0 \Rightarrow T = P$$
$$T = M \cdot g$$

*A força de tração no cabo do elevador é que vai realizar Trabalho:  $W_T = T \cdot \Delta X$ . Veja que o trabalho realizado pela força peso é  $W_g = -W_T$ .*



# Exemplo



a)

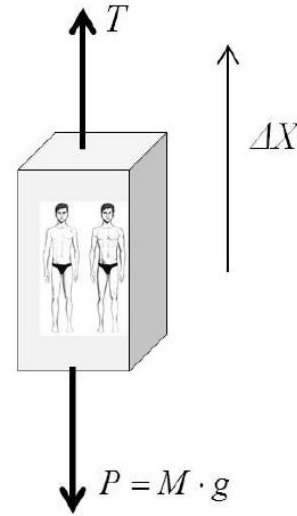
$$P_{med} = F \cdot \left( \frac{\Delta X}{\Delta t} \right) = F \cdot v$$

$$P_{med} = \underbrace{(480 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2)}_{\text{tração no cabo do elevador}} \cdot \frac{\overbrace{28 \text{ m}}^{\Delta X}}{\underbrace{2 \cdot 60 \text{ s}}_{2 \text{ min}}} = \boxed{1120 \text{ W} = 1,52 \text{ cv}}$$

b)

$$P_{med} = F \cdot \left( \frac{\Delta X}{\Delta t} \right) = F \cdot v$$

$$P_{med} = \underbrace{(480 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2)}_{\text{tensão no cabo do elevador}} \cdot \frac{28 \text{ m}}{15 \text{ s}} = \boxed{8960 \text{ W} = 12,18 \text{ cv}}$$



Aplicando a 2ª lei de Newton no elevador, temos

$$+\uparrow \sum F_{ext,y} = 0,$$

(subindo com velocidade constante)

$$T - P = 0 \Rightarrow T = P$$

$$T = M \cdot g$$

A força de tração no cabo do elevador é que vai realizar

Trabalho:  $W_T = T \cdot \Delta X$ . Veja que o trabalho realizado pela força peso é  $W_g = -W_T$ .



## Exemplo



E.3) A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda a ingestão diária de 2000kcal para o ser humano.

a) Calcule essa energia em Joule. Dados: 1cal=4.19J e k=1000.

$$\text{a) } W = 2000\text{kcal} = 2000 \cdot \underbrace{1000}_k \cdot \underbrace{4,19\text{J}}_{1\text{cal}} = \boxed{8,38 \cdot 10^6 \text{ J}}.$$





# Exemplo



E.3) A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda a ingestão diária de 2000kcal para o ser humano.

b) A potência média.

$$\text{b) } P_{med} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{8.38 \cdot 10^6 J}{\underbrace{24 \cdot 3600 s}_{1 \text{ dia}}} = \boxed{97W}.$$