Física 1 (4310145) - Energia Cinética e Trabalho

Sumário

Sumário

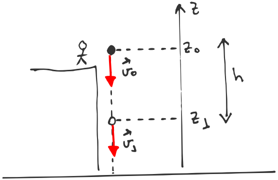
Sumário

- Podemos aplicar

$$v_1^2 = v_0^2 - 2g(z_1 - z_0)$$

- Em particular, se $v_0 = 0$ e $h = z_0 - z_1$, podemos escrever

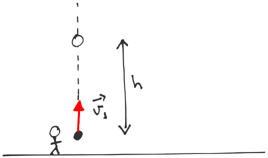
$$v_1 = \sqrt{2gh}$$



- Lançando um corpo verticalmente para cima com velocidade inicial v_1, ele sobe uma altura h

$$0 = v_1^2 - 2g\Delta z \quad \Rightarrow \quad \Delta z = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{2gh}{2g} = h$$

ou seja, a velocidade adquirida na queda é capaz de fazê-lo subir até a mesma altura

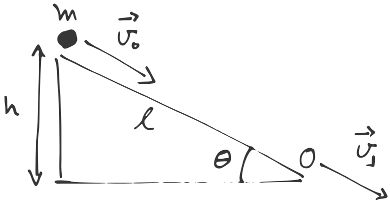


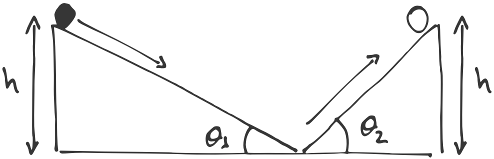
Introdução

- A massa atinge a base do plano com velocidade

$$v_1^2 = v_0^2 + 2(g \sin\theta)\ell$$
$$v_1^2 = v_0^2 + 2gh$$

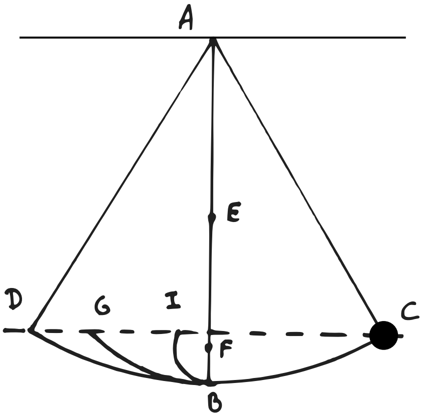
- Em que $h = \ell \sin\theta$, é altura do plano inclinado.
- Note que $|\vec{v}_1|$ não depende de θ.
- Um resultado análogo vale para a velocidade necessária para subir uma altura h em um plano inclinado





Introdução

- Podemos aplicar a mesma ideia para o caso do movimento de um pendulo



Introdução

- Note que podemos escrever

$$v_1^2 = v_0^2 - 2g(z_1 - z_0)$$
$$\frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = \frac{1}{2}v_0^2 + gz_0$$

- Podemos dizer que a grandeza

$$\frac{1}{2}v^2 + gz$$

é conservada no movimento de uma partícula.

- Entretanto, outras quantidades também são conservadas:

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgz \qquad \text{ou} \qquad \frac{1}{2}m^2v^2 + m^2gz$$

Introdução

- Sejam z, v e a a altura, velocidade e aceleração de m
- Sejam Z, V a altura e velocidade de M
- A aceleração de M é $-a$
- Note que

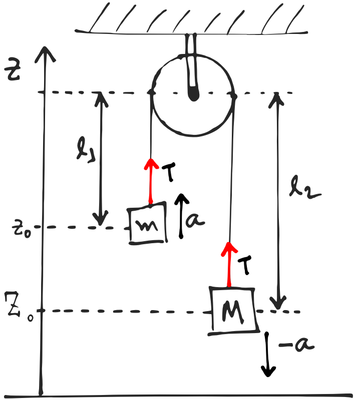
$$\Delta\ell_1 = (z_1 - z_0) = \Delta\ell_2 = -(Z_1 - Z_0) \qquad (1)$$

- Aplicando a 2a Lei de Newton, temos

$$\begin{aligned} T - mg &= ma \\ T - Mg &= -Ma \end{aligned} \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{(M-m)}{(M+m)} g$$

- Aplicando a Eq. de Torricelli para cada massa

$$\begin{aligned} v_1^2 &= v_0^2 + 2a(z_1 - z_0) \\ V_1^2 &= V_0^2 + 2(-a)(Z_1 - Z_0) \end{aligned}$$



Introdução

- Substituindo o valor de a, obtemos

$$\frac{1}{2}v_1^2 - \frac{1}{2}v_0^2 = g\left(\frac{m-M}{m+M}\right)(z_0 - z_1) = g\,(z_0 - z_1) - \frac{2M}{m+M}g\,(z_0 - z_1)$$
$$\frac{1}{2}V_1^2 - \frac{1}{2}V_0^2 = g\left(\frac{M-m}{M+m}\right)(Z_0 - Z_1) = g\,(Z_0 - Z_1) - \frac{2m}{m+M}g\,(Z_0 - Z_1)$$

que ainda pode ser escrito como

$$\frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = \frac{1}{2}v_0^2 + gz_0 - \frac{2Mg}{m+M}(z_0 - z_1) \tag{2}$$
$$\frac{1}{2}V_1^2 + gZ_1 = \frac{1}{2}V_0^2 + gZ_0 - \frac{2mg}{m+M}(Z_0 - Z_1) \tag{3}$$

Multiplicando Eq. (2) por m e Eq. (3) por M, e somando as equações, obtemos

$$\left(\frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1\right) + \left(\frac{1}{2}MV_1^2 + MgZ_1\right) = \left(\frac{1}{2}mv_0^2 + mgz_0\right) + \left(\frac{1}{2}MV_0^2 + MgZ_0\right)$$

Introdução

- ou seja, para um sistema de partículas sob ação do campo gravitacional, a grandeza que se conserva é

$$E = \sum_i \left(\frac{1}{2} m_i v_i^2 + m_i g z_i \right)$$

Sumário

- A energia cinética K é a energia associada ao estado de movimento de um objeto.
- Quanto mais rápido um objeto se move, maior é a energia cinética.
- Quando um objeto está em repouso, a energia cinética é nula.
- Para um objeto de massa m cuja velocidade v é muito menor que a velocidade da luz[1],
- A unidade de energia cinética no SI é o joule (J)

$$1 \text{ joule} = 1\text{J} = 1\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

[1] $c = 299792458 \text{m/s}$

- A energia cinética K é a energia associada ao estado de movimento de um objeto.
- Quanto mais rápido um objeto se move, maior é a energia cinética.
- Quando um objeto está em repouso, a energia cinética é nula.
- Para um objeto de massa m cuja velocidade v é muito menor que a velocidade da luz[1],

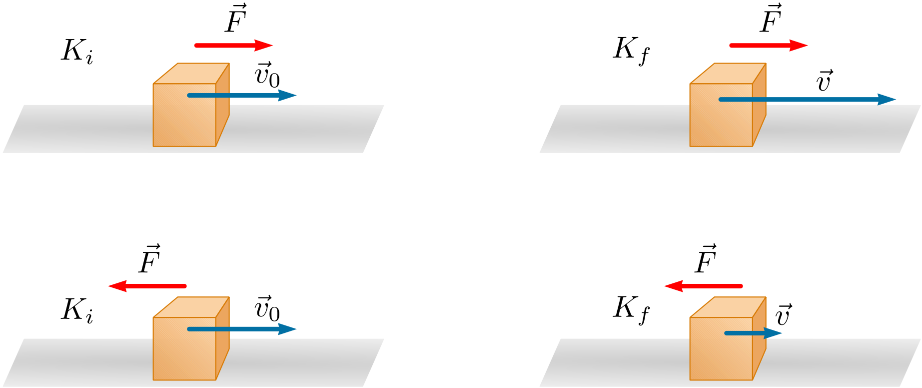
$$K = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \text{(Energia cinética)}$$

- A unidade de energia cinética no SI é o joule (J)

$$1\ \text{joule} = 1\text{J} = 1\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

[1] $c = 299792458\text{m/s}$

Sumário



- A força aplicada transferiu energia para o objeto ou do objeto
- Nas transferências de energia por meio de forças, dizemos que um trabalho W é realizado pela força sobre o objeto.

Trabalho

Trabalho (W) é a energia transferida para um objeto ou de um objeto por meio de uma força que age sobre o objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo.

- Trabalho $\longrightarrow$ energia transferida
- Realizar Trabalho $\longrightarrow$ ato de transferir energia
- A unidade do trabalho no SI é o Joule (J)

Encontrando uma expressão para o trabalho

Energia cinética e Trabalho

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$

- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.

- Podemos usar

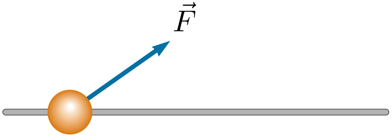
$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

$$K_f - K_i = F_x d \implies W = F_x d$$

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$

- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

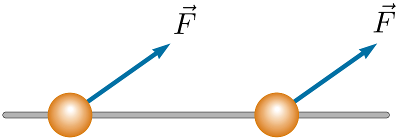


$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

$$K_f - K_i = F_x d \implies W = F_x d$$

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$



- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

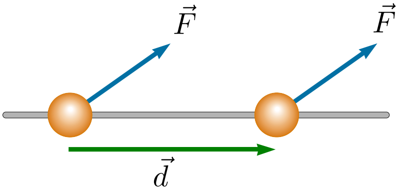
$$K_f - K_i = F_x d \implies W = F_x d$$

Encontrando uma expressão para o trabalho

Energia cinética e Trabalho

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$



- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

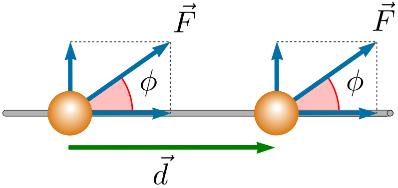
$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad\Longrightarrow\quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \quad\Longrightarrow\quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

$$K_f - K_i = F_x d \quad\Longrightarrow\quad W = F_x d$$

Encontrando uma expressão para o trabalho

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$



- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad \Longrightarrow \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x md \quad \Longrightarrow \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

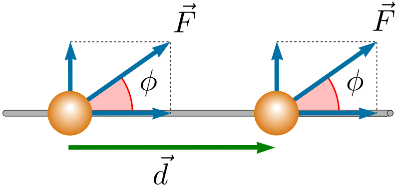
$$K_f - K_i = F_x d \quad \Longrightarrow \quad W = F_x d$$

Encontrando uma expressão para o trabalho

Energia cinética e Trabalho

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$



- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad \Longrightarrow \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \quad \Longrightarrow \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

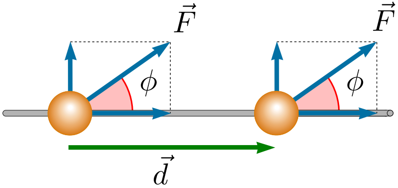
$$K_f - K_i = F_x d \quad \Longrightarrow \quad W = F_x d$$

Encontrando uma expressão para o trabalho

Energia cinética e Trabalho

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$



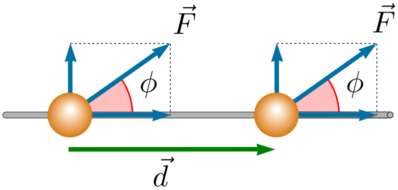
- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \implies \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

$$K_f - K_i = F_x d \implies W = F_x d$$

- Uma força constante $\vec{F}$ acelera a conta.
- Podemos relacionar a força à aceleração por meio da 2° Lei de Newton

$$F_x = ma_x$$

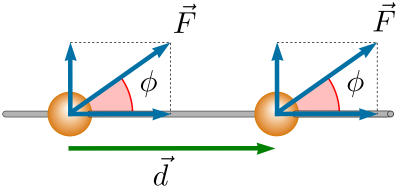


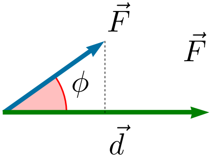
- A força muda a velocidade da conta de $\vec{v}_0$ para $\vec{v}$.
- Podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad \Longrightarrow \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = a_x m d \quad \Longrightarrow \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F_x d$$

$$K_f - K_i = F_x d \quad \Longrightarrow \quad W = F_x d$$

$$W = F_x d = (F\cos\phi)d = \vec{F}\cdot\vec{d}$$

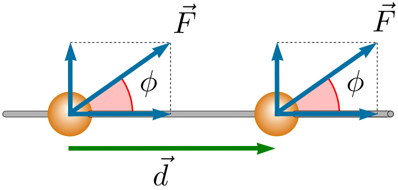


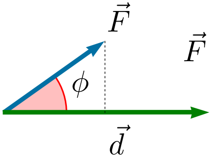


$$\vec{F}\cdot\vec{d} = Fd\cos\phi$$

$$W = F_x d = (F\cos\phi)d = \vec{F}\cdot\vec{d}$$

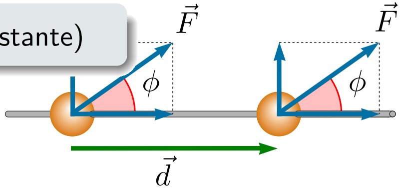
Componente da força paralela ao deslocamento





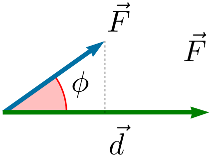
$$\vec{F}\cdot\vec{d} = F\,d\cos\phi$$

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$ (trabalho realizado por uma força constante)



$$W = F_x d = (F\cos\phi)d = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

Componente da força paralela ao deslocamento

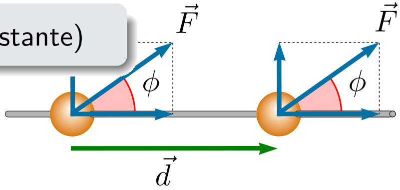


$$\vec{F} \cdot \vec{d} = F d \cos\phi$$

Encontrando uma expressão para o trabalho

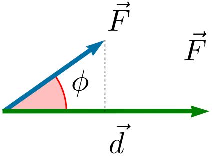
Para calcular o trabalho que uma força realiza sobre um objeto quando este sofre um deslocamento, usamos apenas a componente da força paralela ao deslocamento do objeto. A componente perpendicular não realiza trabalho.

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$ (trabalho realizado por uma força constante)



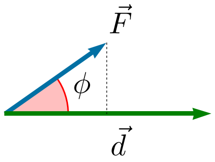
$$W = F_x d = (F\cos\phi)d = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

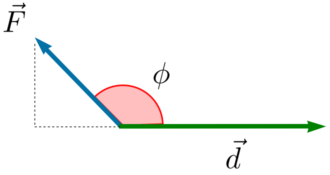
Componente da força paralela ao deslocamento



$$\vec{F} \cdot \vec{d} = Fd\cos\phi$$

- O trabalho realizado por uma força sobre um objeto pode ser positivo ou negativo





$$\vec{F}\cdot\vec{d} = Fd\cos\phi \ > 0 \qquad\qquad \vec{F}\cdot\vec{d} = Fd\cos\phi \ < 0$$

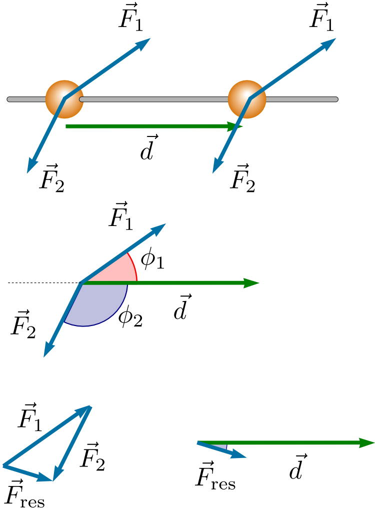
O trabalho realizado por uma força é positivo, se a força possui uma componente vetorial no sentido do deslocamento, e negativo, se a força possui uma componente vetorial no sentido oposto. Se a força não possui uma componente vetorial na direção do deslocamento, o trabalho é nulo.

- Quando duas ou mais forças atuam sobre um objeto, o trabalho total realizado sobre o objeto é a soma dos trabalhos realizados separadamente pelas forças.
- Podemos calcular como
  - Determinando o trabalho separadamente

$$W = \vec{F}_1 \cdot \vec{d} + \vec{F}_2 \cdot \vec{d}$$

  - Determinando a resultante $\vec{F}_{\text{res}}$

$$W = \vec{F}_{\text{res}} \cdot \vec{d}$$



- No slide 10, vimos que

$$K_f - K_i = F_x d = \vec{F} \cdot \vec{d} = W$$

Teorema do Trabalho e Energia Cinética

$$\Delta K = W \qquad K_f = W + K_i$$

- Se $W > 0$ a energia cinética da partícula aumenta $K_f > K_i$
- Se $W < 0$ a energia cinética da partícula diminui $K_f < K_i$

$W = W_{\text{tot}} = (\sum_i \vec{F}_i) \cdot \vec{d}$

Teste

Uma partícula está se movendo ao longo do eixo x. A energia cinética aumenta, diminui ou permanece a mesma se a velocidade da partícula varia (a) de -3m/s para -2m/s e (b) de -2m/s para 2m/s? (c) Nas situações dos itens (a) e (b) o trabalho realizado sobre a partícula é positivo, negativo ou nulo?

Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \, \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$

- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\,\text{N}}$$

Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \ \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

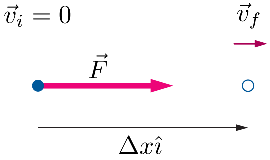
$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$

- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\text{N}}$$



Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \; \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

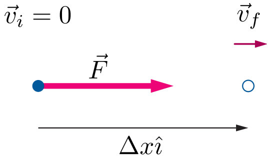
$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$

- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\text{N}}$$



Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F}\cdot(\Delta x\hat{\imath}) \\ &= (F_x\hat{\imath})\cdot(\Delta x\hat{\imath}) \\ &= F_x\Delta x\;\hat{\imath}\cdot\hat{\imath} = F_x\Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x\Delta x = \Delta K$$

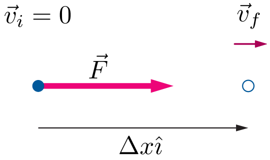
$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$

- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602\times10^{-19}\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6\times10^{-14}\text{N}}$$



Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

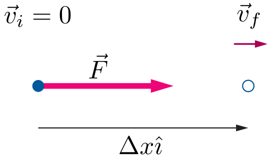
- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \, \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$



- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\text{N}}$$

Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

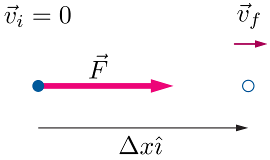
- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \; \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$



- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\text{N}}$$

Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

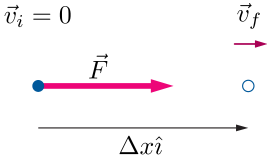
- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \ \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$



- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\,\text{N}}$$

Exemplo: Força sobre um elétron

Em uma televisão de tubo, elétrons são acelerados em um canhão eletrônico. A força que acelera os elétrons é uma força elétrica devido a um campo elétrico. Um elétron é acelerado do repouso até uma energia cinética de $2,5$keV, em uma distância de $2,5$cm. Encontre a força no elétron, assumindo que ela é contante e atua na direção do movimento do elétron.

- Conhecemos K_i e K_f

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 \qquad K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$

- Podemos aplicar o teorema do trabalho-energia cinética

$$\Delta K = W$$

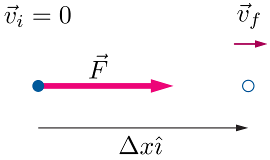
- Sendo que

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= (F_x \hat{\imath}) \cdot (\Delta x \hat{\imath}) \\ &= F_x \Delta x \, \hat{\imath} \cdot \hat{\imath} = F_x \Delta x \end{aligned}$$

- Ficamos com

$$F_x \Delta x = \Delta K$$

$$F_x = \frac{1}{\Delta x}(K_f - K_i)$$



- temos de mudar de unidade

$$1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

- Finalmente, temos

$$\boxed{F_x = 1,6 \times 10^{-14}\text{N}}$$

Exemplo: Corrida de trenós

Em uma corrida, um trenó ($m = 80$kg) é puxado com uma força de 180N a $40°$ acima da horizontal. Encontre (a) o trabalho realizado por quem puxa o trenó e (b) a velocidade final do trenó após se deslocar $\Delta x = 5,0$m, supondo que ele parte do repouso e que não existe atrito.

- O trabalho que a pessoa realiza é $F_x \Delta x$
- Este também é o trabalho total!

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= W_{\text{pessoa}} = F_x \Delta x \\ &= F \cos\theta \Delta x \\ &= (180\text{N}) \cos(40°)(5,0\text{m}) \end{aligned}$$

$$\boxed{W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} = 6,9 \times 10^2\,\text{J}}$$

- Do teorema do trabalho-energia cinética, temos

$$W_{\text{tot}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W_{\text{tot}}}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(289\text{J})}{(80\text{kg})}}$$

$$\boxed{v_f = 4,2\text{m/s}}$$

Exemplo: Corrida de trenós

Em uma corrida, um trenó ($m = 80$kg) é puxado com uma força de 180N a 40° acima da horizontal. Encontre (a) o trabalho realizado por quem puxa o trenó e (b) a velocidade final do trenó após se deslocar $\Delta x = 5,0$m, supondo que ele parte do repouso e que não existe atrito.

- O trabalho que a pessoa realiza é $F_x \Delta x$
- Este também é o trabalho total!

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} &= F_x \Delta x \\ &= F \cos\theta \Delta x \\ &= (180\text{N})\cos(40°)(5,0\text{m}) \end{aligned}$$

$$\boxed{W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} = 6,9 \times 10^2\,\text{J}}$$

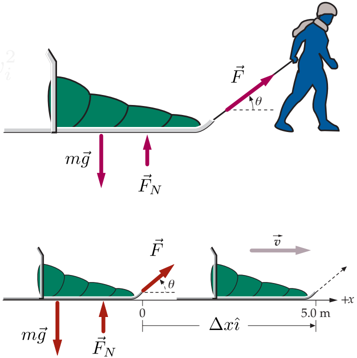
- Do teorema do trabalho-energia cinética, temos

$$W_{\text{tot}} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W_{\text{tot}}}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(289\text{J})}{(80\text{kg})}}$$

$$\boxed{v_f = 4,2\text{m/s}}$$



Exemplo: Corrida de trenós

Em uma corrida, um trenó ($m = 80\text{kg}$) é puxado com uma força de 180N a $40°$ acima da horizontal. Encontre (a) o trabalho realizado por quem puxa o trenó e (b) a velocidade final do trenó após se deslocar $\Delta x = 5,0\text{m}$, supondo que ele parte do repouso e que não existe atrito.

- O trabalho que a pessoa realiza é $F_x \Delta x$
- Este também é o trabalho total!

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} &= F_x \Delta x \\ &= F\cos\theta\Delta x \\ &= (180\text{N})\cos(40°)(5,0\text{m}) \end{aligned}$$

$$\boxed{W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} = 6,9 \times 10^2\,\text{J}}$$

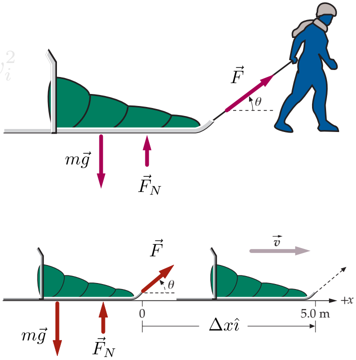
- Do teorema do trabalho-energia cinética, temos

$$W_{\text{tot}} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W_{\text{tot}}}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(289\text{J})}{(80\text{kg})}}$$

$$\boxed{v_f = 4,2\text{m/s}}$$



Exemplo: Corrida de trenós

Em uma corrida, um trenó ($m = 80$kg) é puxado com uma força de 180N a $40°$ acima da horizontal. Encontre (a) o trabalho realizado por quem puxa o trenó e (b) a velocidade final do trenó após se deslocar $\Delta x = 5,0$m, supondo que ele parte do repouso e que não existe atrito.

- O trabalho que a pessoa realiza é $F_x \Delta x$
- Este também é o trabalho total!

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= W_{\text{pessoa}} = F_x \Delta x \\ &= F \cos\theta \Delta x \\ &= (180\text{N}) \cos(40°)(5,0\text{m}) \end{aligned}$$

$$\boxed{W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} = 6,9 \times 10^2\,\text{J}}$$

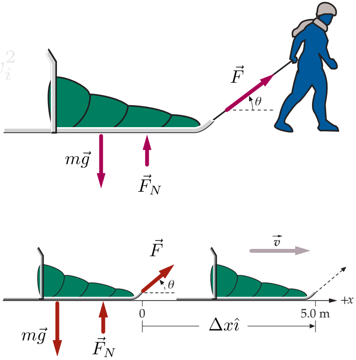
- Do teorema do trabalho-energia cinética, temos

$$W_{\text{tot}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W_{\text{tot}}}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(289\text{J})}{(80\text{kg})}}$$

$$\boxed{v_f = 4,2\text{m/s}}$$



Exemplo: Corrida de trenós

Em uma corrida, um trenó ($m = 80$kg) é puxado com uma força de 180N a $40°$ acima da horizontal. Encontre (a) o trabalho realizado por quem puxa o trenó e (b) a velocidade final do trenó após se deslocar $\Delta x = 5,0$m, supondo que ele parte do repouso e que não existe atrito.

- O trabalho que a pessoa realiza é $F_x \Delta x$
- Este também é o trabalho total!

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= W_{\text{pessoa}} = F_x \Delta x \\ &= F\cos\theta\Delta x \\ &= (180\text{N})\cos(40°)(5,0\text{m}) \end{aligned}$$

$$\boxed{W_{\text{tot}} = W_{\text{pessoa}} = 6,9\times 10^2\,\text{J}}$$

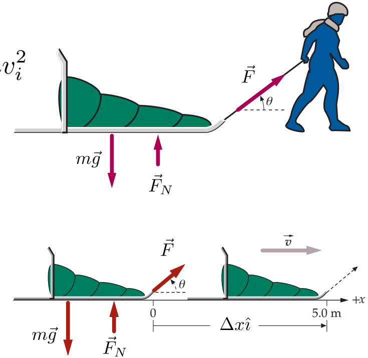
- Do teorema do trabalho-energia cinética, temos

$$W_{\text{tot}} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W_{\text{tot}}}{m}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2(289\text{J})}{(80\text{kg})}}$$

$$\boxed{v_f = 4,2\text{m/s}}$$



Sumário

Trabalho realizado pela força gravitacional

Energia cinética e Trabalho

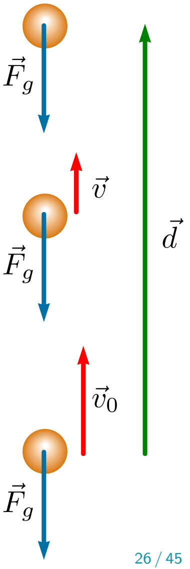
- Energia cinética inicial

$$K_i = \frac{1}{2} m v_0^2$$

- Trabalho realizado pela força gravitacional

$$W_g = \vec{F} \cdot \vec{d} = \vec{F}_g \cdot \vec{d} = mgd\cos\phi$$

  - Durante a subida $W_g = -mgd$
  - Durante a descida $W_g = +mgd$

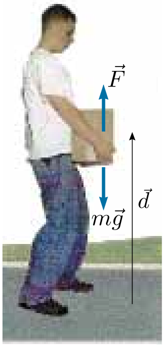


- Durante o deslocamento para cima
  - A força aplicada $\vec{F}$ realiza um trabalho $W_a > 0$
  - A força gravitacional $\vec{F}_g$, realiza um trabalho $W_g < 0$
- A variação de energia cinética é

$$\Delta K = K_f - K_i = W_a + W_g$$

- Se $v_i = 0$ e $v_f = 0$, teremos

$$W_a = -W_g$$



Exemplo: Trabalho para puxar uma caixa

Um objeto ($m = 200$kg) é puxado em uma rampa ($\theta = 30°$) por uma distância $d = 20$m, mas o objeto está em repouso nos instantes inicial e final. Qual é o trabalho realizado pelas forças que agem sobre a caixa? (despreze o atrito)

- Trabalho da força normal $\vec{F}_N$

$$\begin{aligned} W_N &= \vec{F}_N \cdot \vec{d} \\ &= F_N d \cos(90°) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Trabalho da força gravitacional $\vec{F}_g$

$$\begin{aligned} W_g &= \vec{F}_g \cdot \vec{d} \\ &= F_g d \cos((30+90)°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

ou

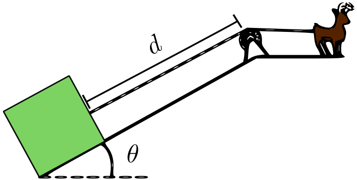
$$\begin{aligned} W_g &= (mg \sin\theta)(d)\cos(180°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

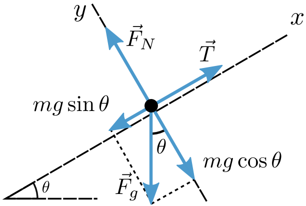
- Trabalho da força $\vec{T}$
- Podemos usar

$$\Delta K = W_{\text{total}}$$

como $\Delta K = 0$, temos

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} = W_N + W_g + W_T &= 0 \\ W_T &= -W_N - W_g \\ W_T &= 1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$





Exemplo: Trabalho para puxar uma caixa

Um objeto ($m = 200\text{kg}$) é puxado em uma rampa ($\theta = 30°$) por uma distância $d = 20\text{m}$, mas o objeto está em repouso nos instantes inicial e final. Qual é o trabalho realizado pelas forças que agem sobre a caixa? (despreze o atrito)

- Trabalho da força normal $\vec{F}_N$

$$\begin{aligned} W_N &= \vec{F}_N \cdot \vec{d} \\ &= F_N d \cos(90°) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Trabalho da força gravitacional $\vec{F}_g$

$$\begin{aligned} W_g &= \vec{F}_g \cdot \vec{d} \\ &= F_g d \cos((30+90)°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

ou

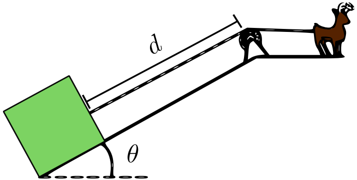
$$\begin{aligned} W_g &= (mg\sin\theta)(d)\cos(180°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

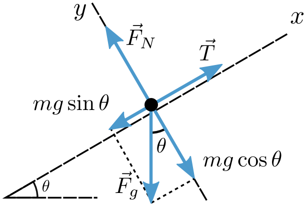
- Trabalho da força $\vec{T}$
- Podemos usar

$$\Delta K = W_{\text{total}}$$

como $\Delta K = 0$, temos

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_N + W_g + W_T = 0 \\ W_T &= -W_N - W_g \\ W_T &= 1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$





Exemplo: Trabalho para puxar uma caixa

Um objeto ($m = 200$kg) é puxado em uma rampa ($\theta = 30°$) por uma distância $d = 20$m, mas o objeto está em repouso nos instantes inicial e final. Qual é o trabalho realizado pelas forças que agem sobre a caixa? (despreze o atrito)

- Trabalho da força normal $\vec{F}_N$

$$\begin{aligned} W_N &= \vec{F}_N \cdot \vec{d} \\ &= F_N d \cos(90°) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Trabalho da força gravitacional $\vec{F}_g$

$$\begin{aligned} W_g &= \vec{F}_g \cdot \vec{d} \\ &= F_g d \cos((30 + 90)°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

ou

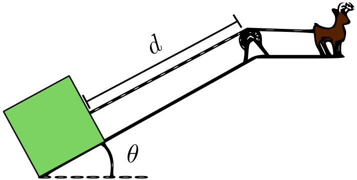
$$\begin{aligned} W_g &= (mg\sin\theta)(d)\cos(180°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

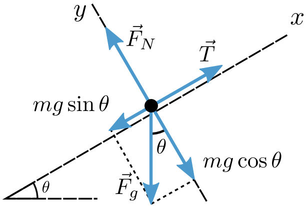
- Trabalho da força $\vec{T}$
- Podemos usar

$$\Delta K = W_{\text{total}}$$

como $\Delta K = 0$, temos

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_N + W_g + W_T = 0 \\ W_T &= -W_N - W_g \\ W_T &= 1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$





Exemplo: Trabalho para puxar uma caixa

Um objeto ($m = 200$kg) é puxado em uma rampa ($\theta = 30°$) por uma distância $d = 20$m, mas o objeto está em repouso nos instantes inicial e final. Qual é o trabalho realizado pelas forças que agem sobre a caixa? (despreze o atrito)

- Trabalho da força normal $\vec{F}_N$

$$\begin{aligned} W_N &= \vec{F}_N \cdot \vec{d} \\ &= F_N d \cos(90°) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Trabalho da força gravitacional $\vec{F}_g$

$$\begin{aligned} W_g &= \vec{F}_g \cdot \vec{d} \\ &= F_g d \cos((30+90)°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

ou

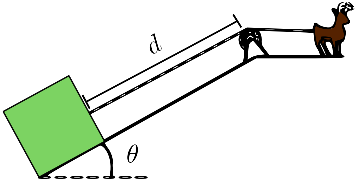
$$\begin{aligned} W_g &= (mg\sin\theta)(d)\cos(180°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$

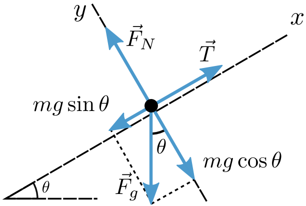
- Trabalho da força $\vec{T}$
- Podemos usar

$$\Delta K = W_{\text{total}}$$

como $\Delta K = 0$, temos

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} = W_N + W_g + W_T &= 0 \\ W_T &= -W_N - W_g \\ W_T &= 1,96 \times 10^4 \text{J} \end{aligned}$$





Exemplo: Trabalho para puxar uma caixa

Um objeto ($m = 200$kg) é puxado em uma rampa ($\theta = 30°$) por uma distância $d = 20$m, mas o objeto está em repouso nos instantes inicial e final. Qual é o trabalho realizado pelas forças que agem sobre a caixa? (despreze o atrito)

- Trabalho da força normal $\vec{F}_N$

$$\begin{aligned} W_N &= \vec{F}_N \cdot \vec{d} \\ &= F_N d \cos(90°) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Trabalho da força gravitacional $\vec{F}_g$

$$\begin{aligned} W_g &= \vec{F}_g \cdot \vec{d} \\ &= F_g d \cos((30+90)°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \,\text{J} \end{aligned}$$

ou

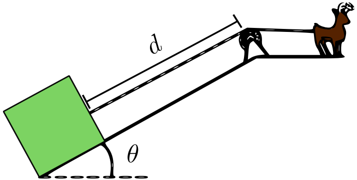
$$\begin{aligned} W_g &= (mg\sin\theta)(d)\cos(180°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \,\text{J} \end{aligned}$$

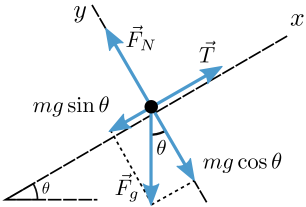
- Trabalho da força $\vec{T}$
- Podemos usar

$$\Delta K = W_{\text{total}}$$

como $\Delta K = 0$, temos

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_N + W_g + W_T = 0 \\ W_T &= -W_N - W_g \\ W_T &= 1,96 \times 10^4 \,\text{J} \end{aligned}$$





Exemplo: Trabalho para puxar uma caixa

Um objeto ($m = 200$kg) é puxado em uma rampa ($\theta = 30°$) por uma distância $d = 20$m, mas o objeto está em repouso nos instantes inicial e final. Qual é o trabalho realizado pelas forças que agem sobre a caixa? (despreze o atrito)

- Trabalho da força normal $\vec{F}_N$

$$\begin{aligned} W_N &= \vec{F}_N \cdot \vec{d} \\ &= F_N d \cos(90°) \\ &= 0 \end{aligned}$$

- Trabalho da força gravitacional $\vec{F}_g$

$$\begin{aligned} W_g &= \vec{F}_g \cdot \vec{d} \\ &= F_g d \cos((30+90)°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \,\text{J} \end{aligned}$$

ou

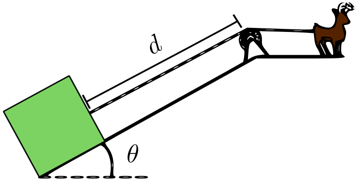
$$\begin{aligned} W_g &= (mg \sin\theta)(d)\cos(180°) \\ &= -1,96 \times 10^4 \,\text{J} \end{aligned}$$

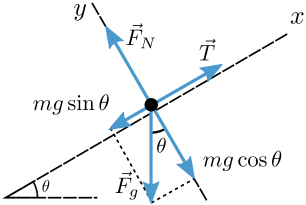
- Trabalho da força $\vec{T}$
- Podemos usar

$$\Delta K = W_{\text{total}}$$

como $\Delta K = 0$, temos

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_N + W_g + W_T = 0 \\ W_T &= -W_N - W_g \\ W_T &= 1,96 \times 10^4 \,\text{J} \end{aligned}$$





Sumário

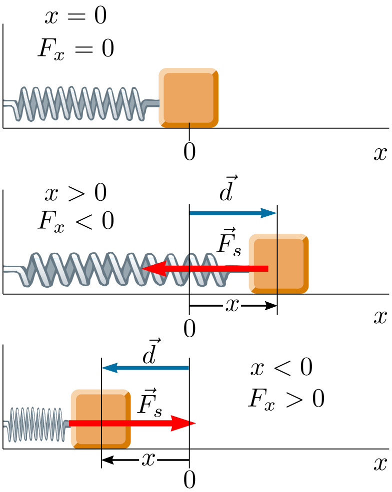
- A força elástica é dada por

$$\vec{F}_s = -k\vec{d} \quad \text{(Lei de Hook)}$$

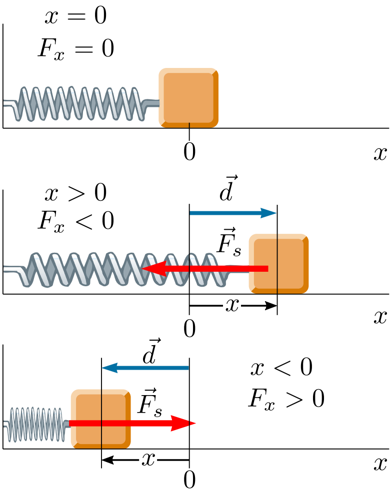
  k é a constante elástica e
  $\vec{d}$ é o vetor que sai da origem até a massa.

- Podemos escrever $\vec{F}_s = F_x\hat{\imath}$, com $F_x = -kx$

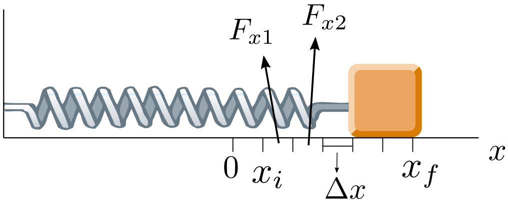
- Como determinar o trabalho da força elástica?



- Vamos assumir
  - que a mola não tem massa.
  - que a mola obedece a lei de Hook
  - que não exite atrito entre o bloco e o piso
- Não podemos usar $W = F_x \Delta x$ pois F_x não é constante!
- Estratégia:
  - dividimos o deslocamento em segmentos tão pequenos que podemos supor que a força não varia
  - em cada segmento, a força é aproximadamente constante e podemos usar $W = F_x \Delta x$
  - para obter o trabalho total, somamos o trabalho em cada segmento



- Se tornarmos os segmentos infinitesimais, o erro na aproximação vai tender a zero



- O trabalho total W_s realizado pela mola de x_i até x_f é a soma dos trabalhos

$$W_s = \sum_i \left(F_{xi} \Delta x \right)$$

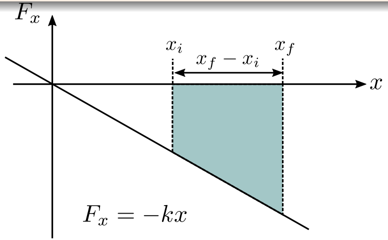
- No limite em que $\Delta x \to 0$, teremos $\qquad W_s = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$

- Como $F_x = -kx$, teremos

$$W_s = \int_{x_i}^{x_f} F_x\, dx = -k \int_{x_i}^{x_f} x\, dx = -k \left[\frac{x^2}{2}\right]_{x=x_i}^{x=x_f} = -k \left[\frac{x_f^2}{2} - \frac{x_i^2}{2}\right]$$

Trabalho de uma força elástica

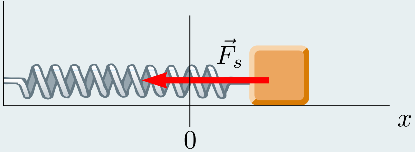
$$W_s = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$



- $W_s < 0$ quando aumenta a deformação da mola $|x_f| > |x_i|$
- $W_s > 0$ quando diminui a deformação da mola $|x_f| > |x_i|$
- $W_s = 0$ quando a deformação da mola não muda $|x_f| = |x_i|$

Teste

Em três situações, as posições inicial e final, respectivamente, ao longo do eixo x da abaixo são: (a) -3cm, 2cm; (b) 2cm, 3cm; (c) -2cm, 2cm. Em cada situação, o trabalho realizado sobre o bloco pela força elástica é positivo, negativo ou nulo?



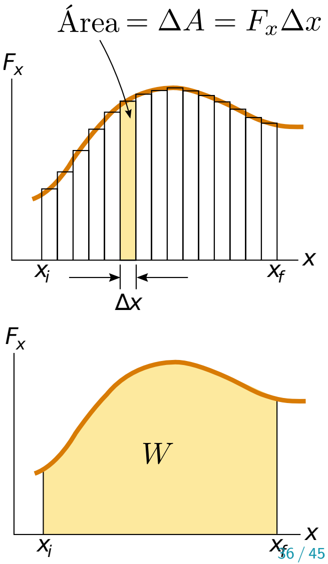
Sumário

- A ideia que discutimos para o caso do trabalho da força elástica pode ser estendido para uma força variável qualquer

$$W \approx \sum_{x_i}^{x_f} F_x \Delta x$$

- No limite em que $\Delta x \to 0$, teremos

$$W = \lim_{\Delta x \to 0} \sum_{x_i}^{x_f} F_x \Delta x = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$



Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \left[-x^{-1} \right]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$

Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

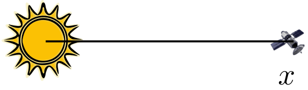
- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \left[-x^{-1} \right]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$



Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

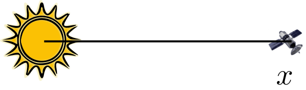
- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \Big[-x^{-1} \Big]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$



Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

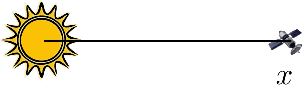
- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \left[-x^{-1} \right]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$



Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

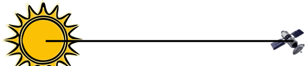
- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \Big[-x^{-1} \Big]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$



x

Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

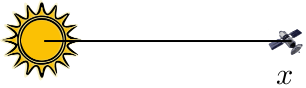
- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \Big[-x^{-1} \Big]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$



Exemplo: sonda interplanetária

Uma sonda interplanetária é atraída para o Sol por uma força de módulo $F = 1,3 \times 10^{22}/x^2$, onde x é a distância entre o Sol e a sonda. Determine o trabalho feito pelo Sol na sonda, quando a sonda se afasta do Sol de uma distância de $1,5 \times 10^{11}$m até $2,3 \times 10^{11}$m.

- Usamos

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

- Neste caso

$$F_x = -1,3 \times 10^{22} \frac{1}{x^2}$$

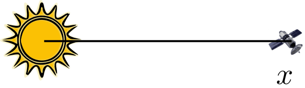
- Ficamos com

$$W = -1,3 \times 10^{22} \int_{x_i}^{x_f} x^{-2} dx$$

$$W = -1,3 \times 10^{22} \Big[-x^{-1} \Big]_{x_i}^{x_f}$$

$$W = 1,3 \times 10^{22} \left[\frac{1}{x_f} - \frac{1}{x_i} \right]$$

$$\boxed{W = -3,0 \times 10^{10}\,\text{J}}$$



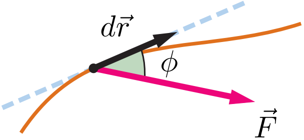
Sumário

Trabalho - Análise tridimensional

Energia cinética e Trabalho

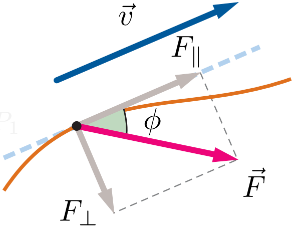
- O trabalho depende da componente da força na direção do deslocamento do corpo.
- A componente $F_{\parallel}$ está relacionada com ϕ, por $F_{\parallel} = F\cos\phi$
- O trabalho dW realizado por $\vec{F}$, durante o deslocamento $d\vec{r}$ é

$$dW = F_{\parallel}\, dr = F\cos\phi\, dr = \vec{F}\cdot d\vec{r}$$



- Escrevendo em componentes, encontramos

$$dW = \vec{F}\cdot d\vec{r} = (F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k})\cdot(dx\hat{\imath} + dy\hat{\jmath} + dz\hat{k})$$
$$dW = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$



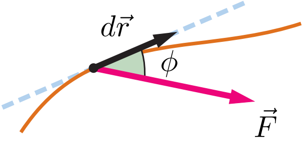
- O Trabalho realizado sobre a partícula, enquanto ela se move de um ponto P_1 até P_2, é

$$\boxed{W = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx + \int_{y_1}^{y_2} F_y dy + \int_{z_1}^{z_2} F_z dz}$$

Trabalho - Análise tridimensional

Energia cinética e Trabalho

- O trabalho depende da componente da força na direção do deslocamento do corpo.
- A componente $F_{\|}$ está relacionada com ϕ, por $F_{\|} = F\cos\phi$

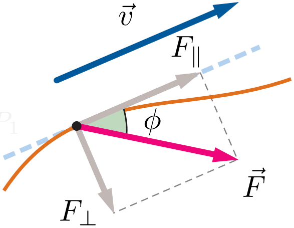


- O trabalho dW realizado por $\vec{F}$, durante o deslocamento $d\vec{r}$ é

$$dW = F_{\|}\, dr = F\cos\phi\, dr = \vec{F}\cdot d\vec{r}$$

- Escrevendo em componentes, encontramos

$$dW = \vec{F}\cdot d\vec{r} = (F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k})\cdot(dx\hat{\imath} + dy\hat{\jmath} + dz\hat{k})$$
$$dW = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$



- O Trabalho realizado sobre a partícula, enquanto ela se move de um ponto P_1 até P_2, é

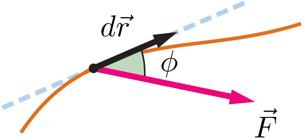
$$\boxed{W = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx + \int_{y_1}^{y_2} F_y dy + \int_{z_1}^{z_2} F_z dz}$$

Trabalho - Análise tridimensional

Energia cinética e Trabalho

- O trabalho depende da componente da força na direção do deslocamento do corpo.
- A componente $F_{\|}$ está relacionada com ϕ, por $F_{\|} = F\cos\phi$
- O trabalho dW realizado por $\vec{F}$, durante o deslocamento $d\vec{r}$ é

$$dW = F_{\|}\, dr = F\cos\phi\, dr = \vec{F}\cdot d\vec{r}$$

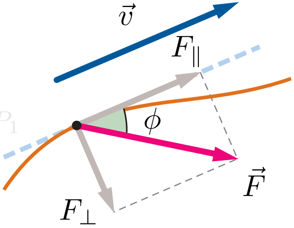


- Escrevendo em componentes, encontramos

$$dW = \vec{F}\cdot d\vec{r} = (F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k})\cdot(dx\hat{\imath} + dy\hat{\jmath} + dz\hat{k})$$
$$dW = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$

- O Trabalho realizado sobre a partícula, enquanto ela se move de um ponto P_1 até P_2, é

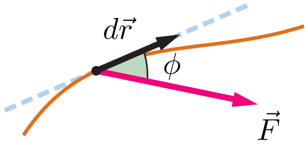
$$\boxed{W = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx + \int_{y_1}^{y_2} F_y dy + \int_{z_1}^{z_2} F_z dz}$$



- O trabalho depende da componente da força na direção do deslocamento do corpo.

- A componente $F_{\parallel}$ está relacionada com ϕ, por $F_{\parallel} = F\cos\phi$

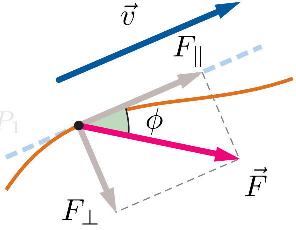
- O trabalho dW realizado por $\vec{F}$, durante o deslocamento $d\vec{r}$ é



$$dW = F_{\parallel}\, dr = F\cos\phi\, dr = \vec{F}\cdot d\vec{r}$$

- Escrevendo em componentes, encontramos

$$dW = \vec{F}\cdot d\vec{r} = (F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k})\cdot(dx\hat{\imath} + dy\hat{\jmath} + dz\hat{k})$$
$$dW = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$



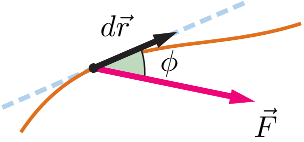
- O Trabalho realizado sobre a partícula, enquanto ela se move de um ponto P_1 até P_2, é

$$\boxed{W = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx + \int_{y_1}^{y_2} F_y dy + \int_{z_1}^{z_2} F_z dz}$$

- O trabalho depende da componente da força na direção do deslocamento do corpo.

- A componente $F_{\|}$ está relacionada com ϕ, por $F_{\|} = F\cos\phi$

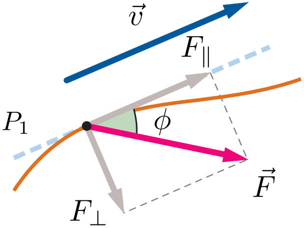
- O trabalho dW realizado por $\vec{F}$, durante o deslocamento $d\vec{r}$ é



$$dW = F_{\|}\,dr = F\cos\phi\,dr = \vec{F}\cdot d\vec{r}$$

- Escrevendo em componentes, encontramos

$$dW = \vec{F}\cdot d\vec{r} = (F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k})\cdot(dx\hat{\imath} + dy\hat{\jmath} + dz\hat{k})$$
$$dW = F_x dx + F_y dy + F_z dz$$



- O Trabalho realizado sobre a partícula, enquanto ela se move de um ponto P_1 até P_2, é

$$\boxed{W = \int_{P_1}^{P_2}\vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{x_1}^{x_2}F_x dx + \int_{y_1}^{y_2}F_y dy + \int_{z_1}^{z_2}F_z dz}$$

- Já vimos que

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x)dx$$

- Usando $F(x) = ma$, podemos escrever

$$W = m\int_{x_i}^{x_f} a dx = m\int_{x_i}^{x_f} \left(\frac{dv}{dt}\right) dx$$

- Podemos usar a regra da cadeia

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx}\frac{dx}{dt} = v\frac{dv}{dx}$$

$$\begin{aligned} W &= m\int_{x_i}^{x_f} v\frac{dv}{dx}dx \\ &= m\int_{x_i}^{x_f} v\, dv \\ &= m\left[\frac{v^2}{2}\right]_{v_i}^{v_f} \end{aligned}$$

$$\boxed{W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = K_f - K_i}$$

Sumário

- A definição de trabalho não diz nada sobre quanto tempo ele leva para ser realizado
- Em física, a taxa na qual uma força realiza trabalho é chamada de potência P
- Potência é a taxa de transferência de energia
- O trabalho realizado durante um intervalo de tempo dt é dado por

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r} = \vec{F} \cdot \vec{v}\, dt$$

- A potência, então, é

Potência instantânea

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Potência média

$$P_{\text{méd}} = \frac{W}{\Delta t}$$

- No SI a unidade de potência é chamada de watt

$$1\text{W} = 1\text{J/s} \qquad 1\text{hp} \approx 746\text{W}$$

$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \implies d\vec{r} = \vec{v}dt$

Teste

Um bloco descreve um movimento circular uniforme sob a ação de uma corda presa ao bloco e ao centro de uma circunferência. A potência desenvolvida pela força que a corda exerce sobre o bloco é positiva, negativa ou nula?

Dicas

- Reproduza as passagens de maneira independente!
- Está fazendo a lista?
- Estude as referências!
- Estude os exemplos resolvidos dos livros!

- D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker. *Fundamentos de Física - Mecânica*, volume 1. LTC, 10 edition, 2016
- P.A. Tipler and G. Mosca. *Física para Cientistas e Engenheiros*, volume 1. LTC, 10 edition, 2009
- H.M. Nussenzveig. *Curso de física básica, 1: mecânica.* E. Blucher, 2013
- H.D. Young, R.A. Freedman, F.W. Sears, and M.W. Zemansky. *Sears e Zemansky física I: mecânica*
- M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Um curso universitário - Mecânica.* Editora Blucher, 2018
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, and M.L. Sands. *Lições de Física de Feynman.* Bookman, 2008