

Licenciatura em Biologia

Física para Biólogos

2019-2020

Programa

- Física na Biologia
- **Sólidos e Fluidos**
- Electricidade
- Magnetismo
- Vibrações e Ondas
- Óptica geométrica
- Física Contemporânea (!)

Estes slides contêm imagens retiradas da web, assim como conteúdos gráficos da referência
Physics for Scientists and Engineers, R. A. Serway & J. W. Jewett, Thomson Brooks/Cole 2004.

Licenciatura em Biologia

Física para Biólogos

2019-2020

2- Sólidos e Fluidos

- Movimentos.
- Forças e movimentos. Conservação do momento linear.
- **Trabalho e energia. Conservação de energia e energia potencial.**
- Pressão. Princípio de Arquimedes.
- Tensão superficial e capilaridade.
- Escoamentos e equação de Bernoulli.
- Viscosidade.
- Movimento de insectos, aves e bactérias.
- Difusão e pressão osmótica.
- Equação de Nernst para a membrana do axónio.

2.3 Trabalho e energia

Uma massa pontual com uma certa velocidade tem uma energia associada a esse movimento.

Energia cinética

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \geq 0$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v = \sqrt{v_x^2}$$

Unidade SI: Joule

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

Três dimensões – movimento no espaço

Duas dimensões – movimento no plano

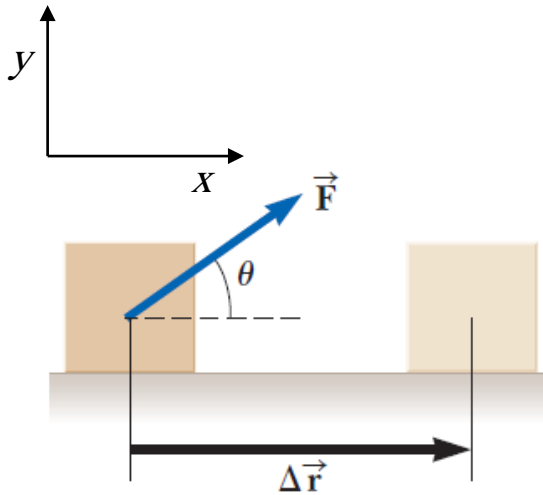
Uma dimensão – movimento retilíneo

A energia cinética depende do referencial, mas o que nos interessa sobretudo é o balanço desta energia.

2.3 Trabalho e energia

O trabalho realizado por uma força sobre uma partícula está associado ao deslocamento do seu ponto de aplicação.

Trabalho de uma força constante



$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = |\vec{F}| |\Delta\vec{r}| \cos \theta$$

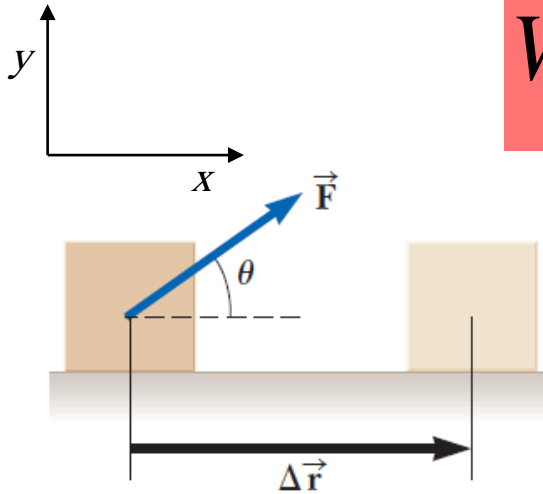
$$\begin{aligned} W &= (F_x \vec{u}_x + F_y \vec{u}_y) \cdot \Delta x \vec{u}_x \\ &= F_x \Delta x = |\vec{F}| \cos \theta \Delta x \end{aligned}$$

Quais são as dimensões, e as unidades SI, da grandeza trabalho?

2.3 Trabalho e energia

O trabalho mede-se em joule (SI), portanto é uma energia ou uma variação de energia!

Trabalho de uma força constante



$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = |\vec{F}| |\Delta \vec{r}| \cos \theta = F_x \Delta x$$

$$v_f = v_i + a \Delta t$$

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$\Delta x = \Delta t \left(v_i + \frac{\Delta v}{2} \right)$$

$$\Delta K = \frac{m}{2} (v_f^2 - v_i^2) = \frac{m}{2} ((v_i + \Delta v)^2 - v_i^2)$$

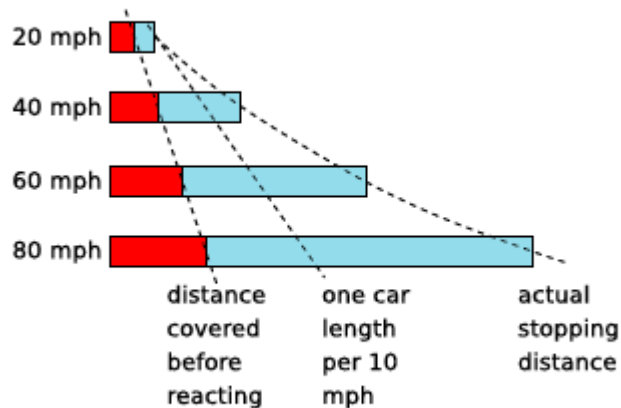
$$= m \Delta v \left(v_i + \frac{\Delta v}{2} \right) = m a \Delta x = F_x \Delta x$$

O trabalho é igual à variação da energia cinética.

2.3 Trabalho e energia

O trabalho mede-se em joule (SI), portanto é uma energia ou uma variação de energia!

Quiz 29



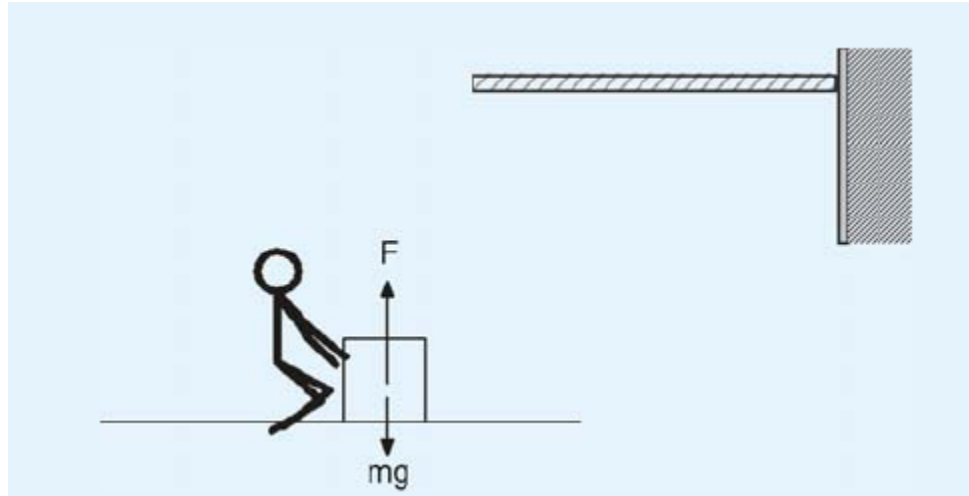
Porque é que a distância necessária para travar não é proporcional à velocidade?

O trabalho é igual à variação da energia cinética.

2.3 Trabalho e energia

O trabalho é uma grandeza física – não é o esforço envolvido numa operação.

Várias forças podem contribuir para W

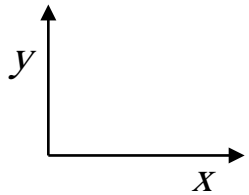


O transporte horizontal do bloco a velocidade constante 'custa' esforço muscular mas não tem associada a realização de trabalho.

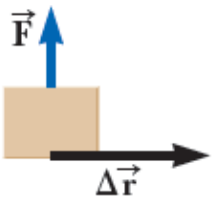
2.3 Trabalho e energia

Forças perpendiculares ao deslocamento realizam trabalho nulo.
Forças de sentido oposto ao deslocamento realizam trabalho negativo.

Quiz 30



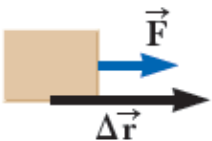
Ordene por ordem decrescente o trabalho realizado pela força azul em cada caso.



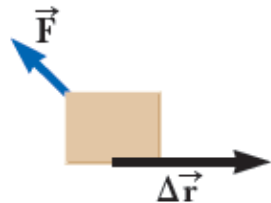
a



b



c

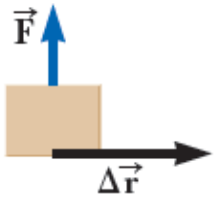
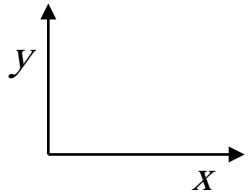


d

2.3 Trabalho e energia

Forças perpendiculares ao deslocamento realizam trabalho nulo.
Forças de sentido oposto ao deslocamento realizam trabalho negativo.

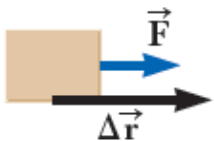
Quiz 30



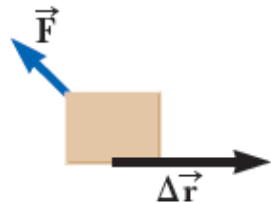
a



b



c



d

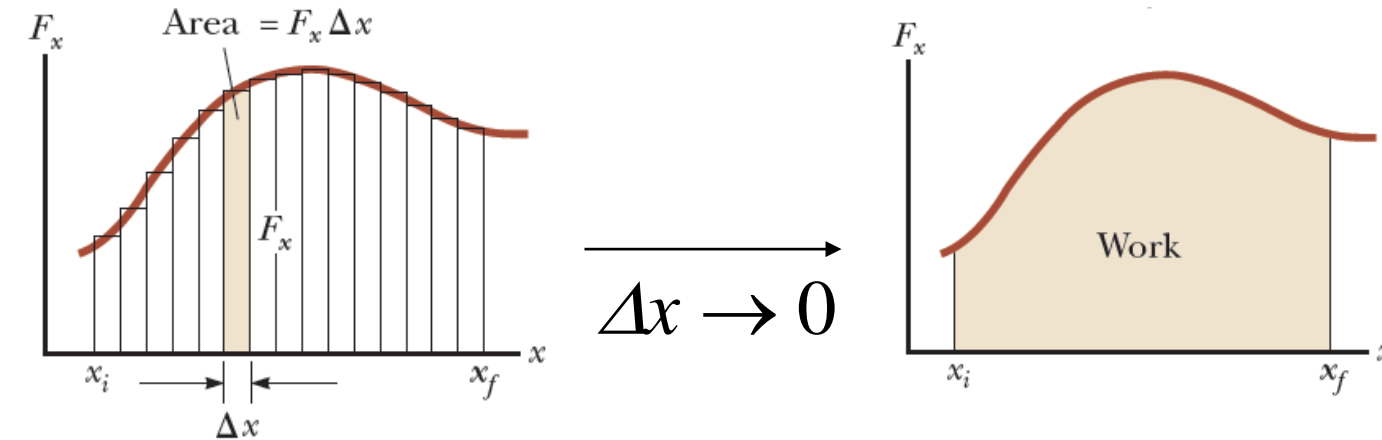
Ordene por ordem decrescente o trabalho realizado pela força azul em cada caso.

$$W(c) > W(a) = 0 > W(d) > W(b)$$

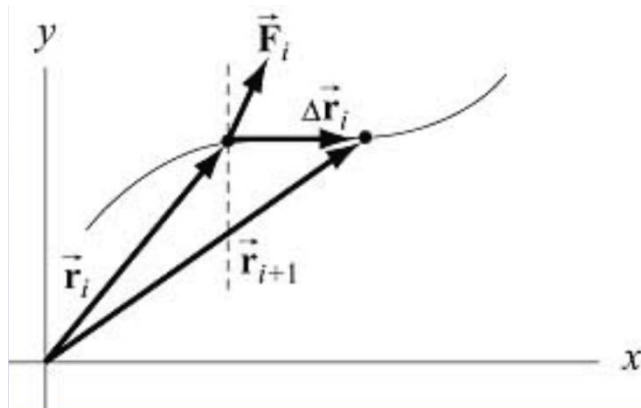
2.3 Trabalho e energia

O resultado $W = \Delta K$ é válido em geral: o trabalho é a maneira de transferir energia mecânica de/para um sistema.

Trabalho – definição geral



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

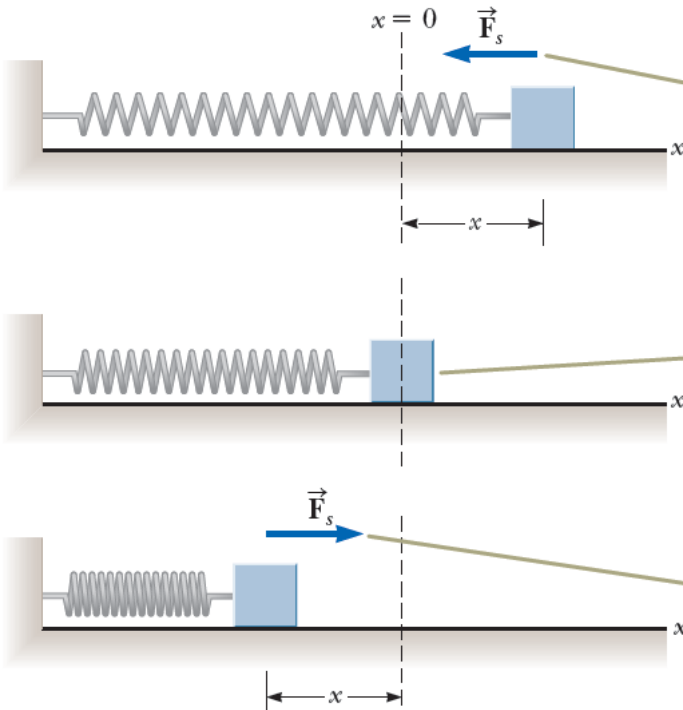


$$W = \int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx + \int_{y_i}^{y_f} F_y dy$$

2.3 Trabalho e energia

O resultado $W = \Delta K$ é válido em geral: o trabalho é a maneira de transferir energia mecânica de/para um sistema.

Força elástica



When x is positive (stretched spring), the spring force is directed to the left.

When x is zero (natural length of the spring), the spring force is zero.

When x is negative (compressed spring), the spring force is directed to the right.

$$\vec{F} = -k x \vec{u}_x$$

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

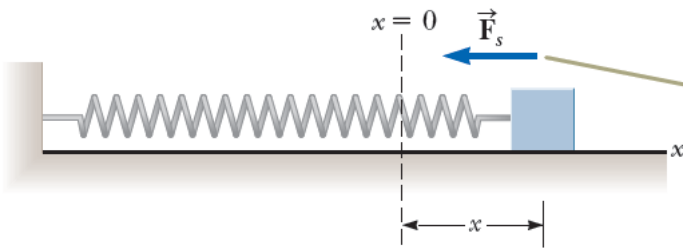
$$= \frac{k}{2} x_i^2 - \frac{k}{2} x_f^2$$

$$= -\Delta\left(\frac{k x^2}{2}\right)$$

2.3 Trabalho e energia

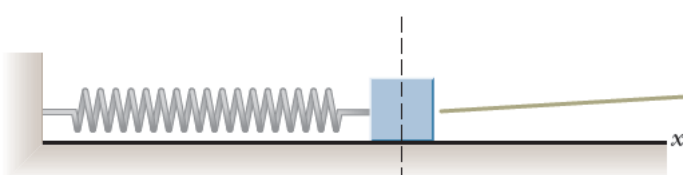
O resultado $W = \Delta K$ é válido em geral: o trabalho é a maneira de transferir energia mecânica de/para um sistema.

Força elástica



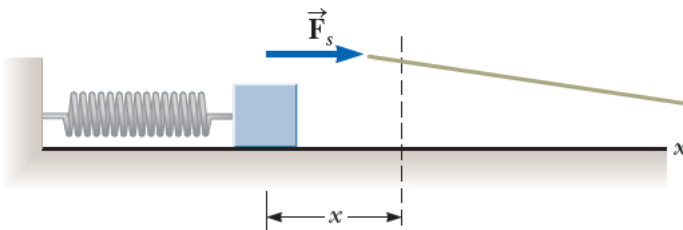
When x is positive (stretched spring), the spring force is directed to the left.

$$W = \Delta K$$



When x is zero (natural length of the spring), the spring force is zero.

$$W = -\Delta\left(\frac{kx^2}{2}\right) = -\Delta U$$



When x is negative (compressed spring), the spring force is directed to the right.

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

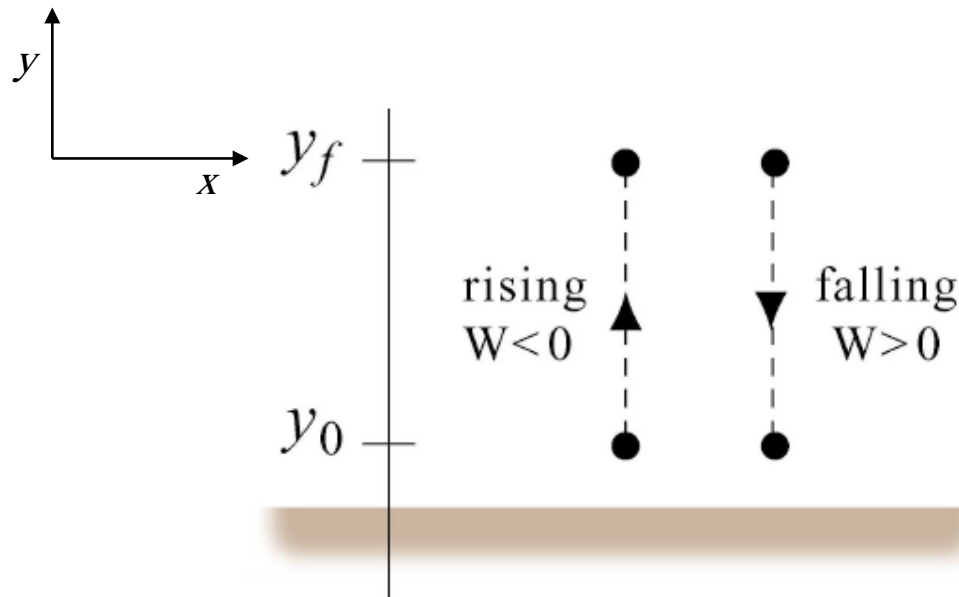
$$K + U = \text{const}$$

Na vibração de uma mola ideal a soma da energia cinética com a energia potencial elástica $U = kx^2/2$ é conservada.

2.3 Trabalho e energia

O resultado $W = \Delta K$ é válido em geral: o trabalho é a maneira de transferir energia mecânica de/para um sistema.

Força gravítica



$$\vec{F} = -m g \vec{u}_y$$

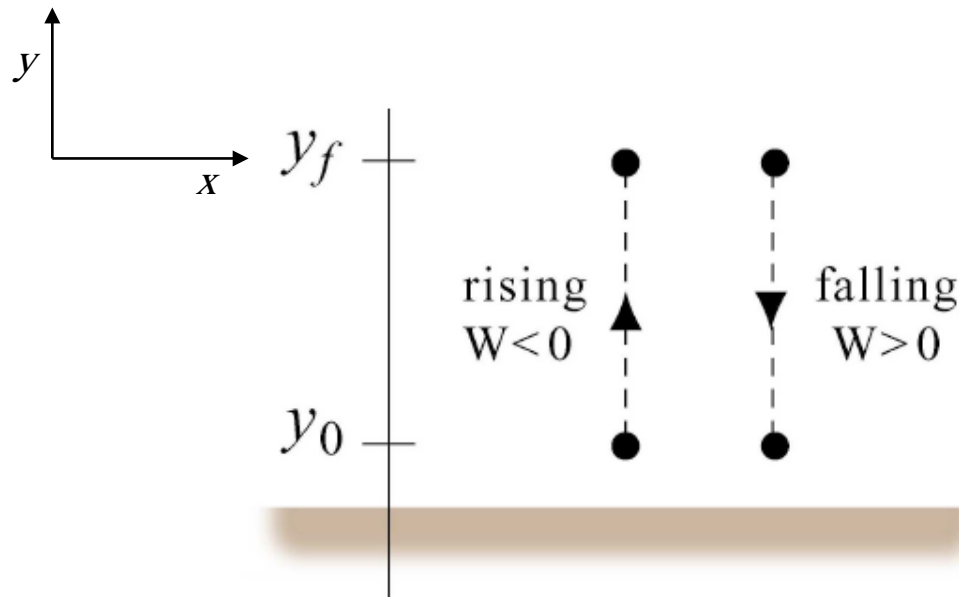
$$\begin{aligned} W &= \int_{y_i}^{y_f} F_y dy = -m g \int_{y_i}^{y_f} dy \\ &= m g y_i - m g y_f \\ &= -\Delta(m g y) \end{aligned}$$

O resultado vale independentemente do percurso, pois só o deslocamento vertical contribui para o trabalho do peso.

2.3 Trabalho e energia

O resultado $W = \Delta K$ é válido em geral: o trabalho é a maneira de transferir energia mecânica de/para um sistema.

Força gravítica



$$W = \Delta K$$

$$W = -\Delta(m g y) = -\Delta U$$

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

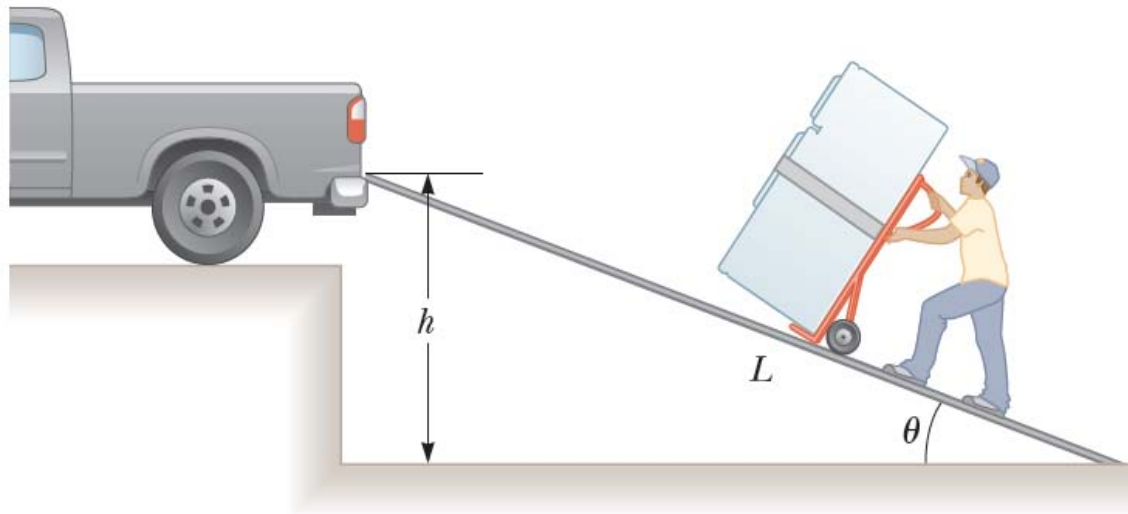
$$K + U = \text{const}$$

No movimento sob a acção da gravidade a soma da energia cinética com a energia potencial gravítica $U = m g h$ é conservada.

2.3 Trabalho e energia

O trabalho realizado contra o peso sem variação de velocidade é igual à variação da energia potencial gravítica.

Quiz 31 - Força gravítica



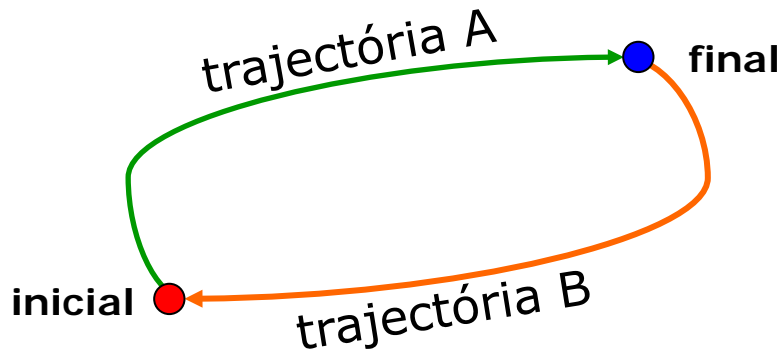
O trabalho realizado pelo homem na carga:

- a) Aumenta com a inclinação da rampa.
- b) Diminui com a inclinação da rampa.
- c) Não depende da inclinação da rampa.

2.3 Forças conservativas.

As forças conservativas são aquelas para as quais existe uma função U , a energia potencial, tal que $W = -\Delta U$.

Conservação da energia mecânica



$$W_c \equiv \int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \vec{F}_c \cdot d\vec{r} = -\Delta U$$

$$W_c = \Delta K$$

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

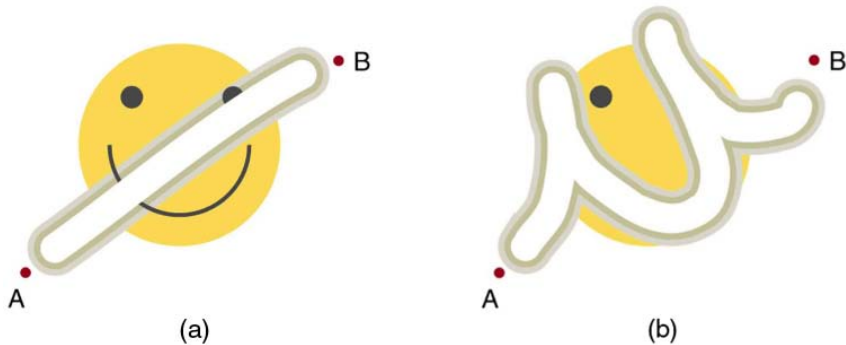
$$K + U = \text{const}$$

Em geral, o trabalho depende da trajetória, e não apenas dos pontos inicial e final.

2.3 Trabalho e energia. Forças não conservativas

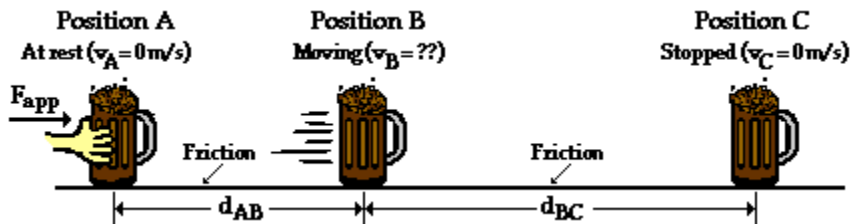
O resultado $W = \Delta K$ é válido em geral: o trabalho é a maneira de transferir energia mecânica de/para um sistema.

Trabalho das forças de atrito



O trabalho das forças de atrito é sempre negativo, e depende do percurso.

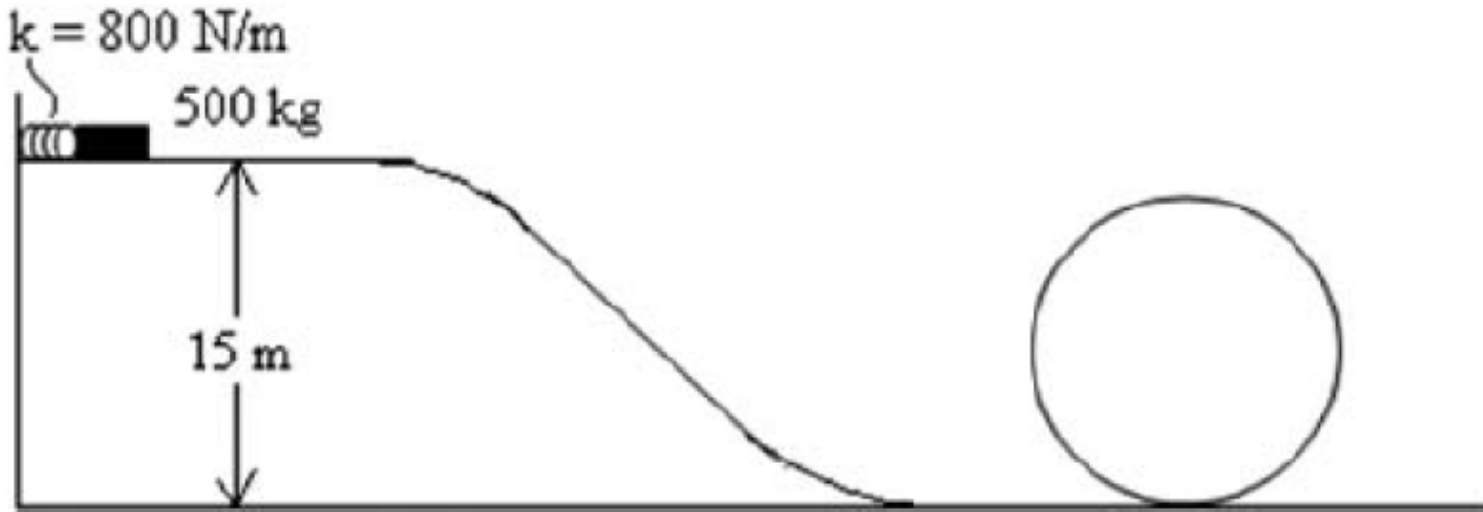
As forças de atrito são não conservativas.



2.3 Forças conservativas.

A força elástica e a força gravítica são dois exemplos de forças conservativas.

Problema 3.21

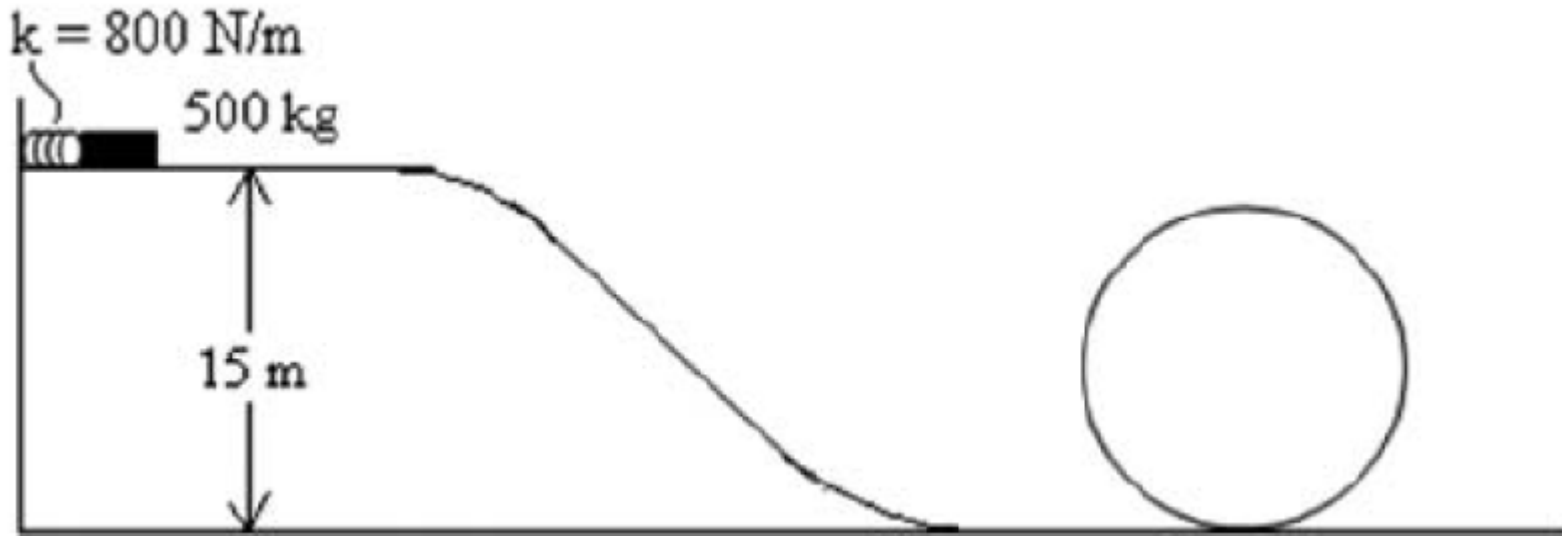


Numa montanha russa um carro com 500 kg de massa, incluindo os ocupantes, é posto em marcha por uma mola de constante 800 N/m , inicialmente comprimida 3 m . O atrito é desprezável ao longo do movimento do carro. Qual é a velocidade do carro à entrada no loop?

2.3 Forças conservativas.

A força elástica e a força gravítica são dois exemplos de forças conservativas.

Problema 3.21

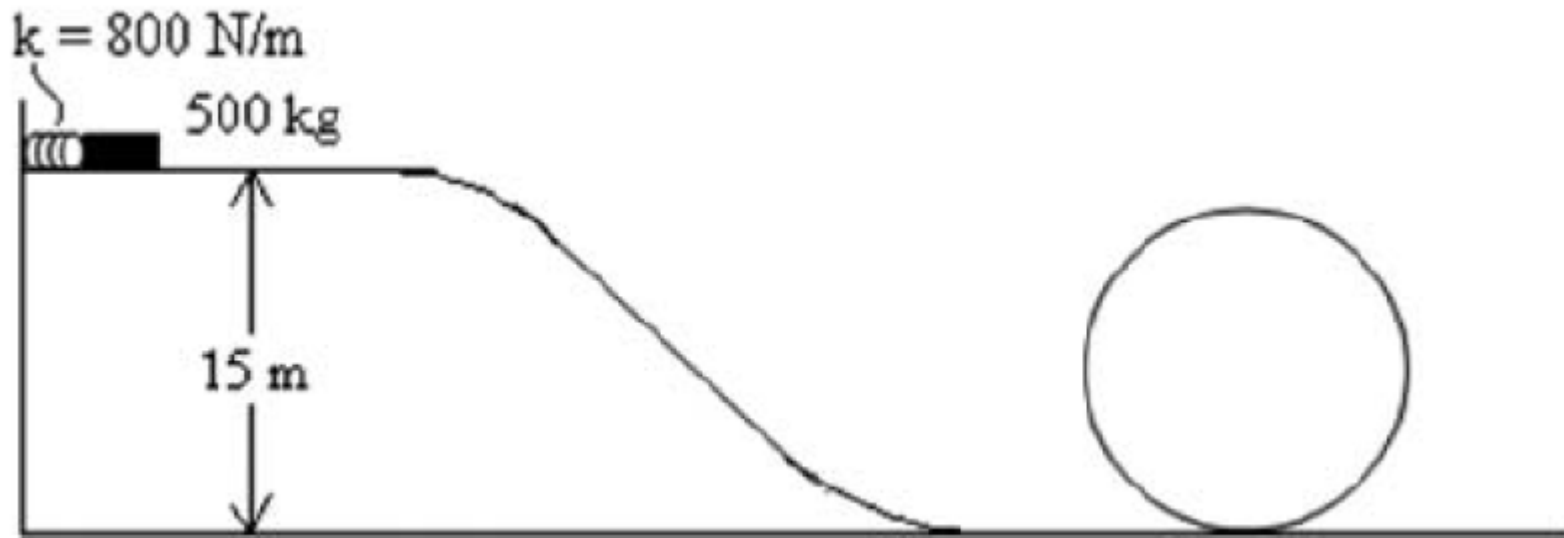


Se a velocidade do carro no ponto mais alto do loop for 8.55 m/s , qual é o diâmetro do loop?

2.3 Forças conservativas.

A força elástica e a força gravítica são dois exemplos de forças conservativas.

Problema 3.21

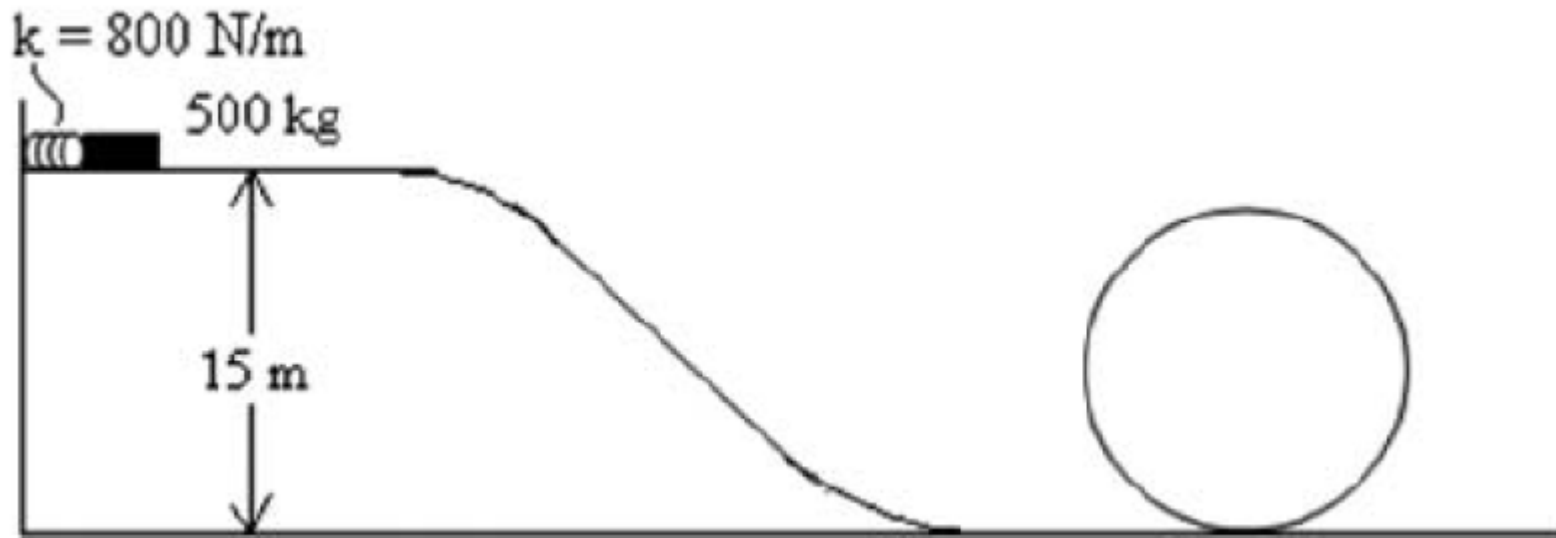


Calcule o trabalho realizado pelo peso do carro durante a subida do loop.

2.3 Trabalho e energia. Forças não conservativas

A força de atrito não é conservativa – está associada a dissipação de energia mecânica.

Problema 3.21



Supondo agora que há atrito entre o carro as calhas (com coeficiente 0.20), qual é a velocidade do carro quando acaba a extensão da mola?