Física 1 (4310145) - Aula 07/05/2020

Informações

- Capítulo 2
  - Perguntas: Todas!
  - Problemas: 2.1, 2.3, 2.5, 2.7, 2.9, 2.14, 2.17, 2.21, 2.31, 2.37, 2.41, 2.67, 2.69
- Capítulo 3
  - Perguntas: 3.1, 3.3, 3.5 , 3.12, 3.13
  - Problemas: 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.9, 3.10, 3.15, 3.32, 3.27, 3.33, 3.37, 3.43
- Capítulo 4
  - Perguntas: 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.13, 4.17
  - Problemas: 4.1, 4.3, 4.7, 4.9, 4.11, 4.19, 4.25, 4.29, 4.47, 4.57, 4.65, 4.69
- Capítulo 5
  - Perguntas: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.9
  - Problemas: 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.11, 5.13, 5.15, 5.19, 5.21, 5.31, 5.35, 5.45, 5.63
- Capítulo 6
  - Perguntas: 6.1, 6.2, 6.3, 6.5, 6.6, 6.9. 6.13
  - Problemas: 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.13, 6.19, 6.25, 6.33, 6.39, 6.41, 6.43, 6.57, 6.59
- Capítulo 7
  - Perguntas: 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.9, 7.11
  - Problemas: 7.1, 7.3, 7.5, 7.7, 7.15, 7.17, 7.21, 7.23, 7.31, 7.37, 7.41, 7.43, 7.45, 7.49, 7.67
- Capítulo 8
  - Perguntas: 8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.9, 8.11
  - Problemas: 8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.7, 8.9, 8.13, 8.15, 8.19, 8.25, 8.37, 8.39, 8.41, 8.45, 8.47, 8.53, 8.57, 8.67
- Capítulo 9
  - Perguntas:
  - Problemas:
- Capítulo 10
  - Perguntas:
  - Problemas:
- Capítulo 11
  - Perguntas:
  - Problemas:

---

jader.pereira.santos@gmail.com (11-963653978)
felipefreitas@usp.br

Sumário

Sumário

Sumário

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que

$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$

- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\implies$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas

- O trabalho total pode ser escrito como

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \implies W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$

- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$

- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$

$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \implies W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que

$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$

- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\Longrightarrow$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas
- O trabalho total pode ser escrito como

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \quad \Longrightarrow \quad W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$

- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$

- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$

$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \quad \Longrightarrow \quad W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que

$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$

- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\Longrightarrow$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas
- O trabalho total pode ser escrito como

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \implies W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$

- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$

- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$

$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \implies W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que
$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$
- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\implies$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas
- O trabalho total pode ser escrito como
$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \implies W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$
- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$
$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$
- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$
$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \implies W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que

$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$

- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\Longrightarrow$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas
- O trabalho total pode ser escrito como

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \quad \Longrightarrow \quad W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$

- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$

- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$

$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \quad \Longrightarrow \quad W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que

$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$

- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\Longrightarrow$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas
- O trabalho total pode ser escrito como

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \quad \Longrightarrow \quad W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$

- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$

- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$

$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \quad \Longrightarrow \quad W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

- Já vimos que

$$W_{\text{tot}} = \sum_i \Delta K_i = \Delta K_{\text{sis}}$$

- Dois tipos de forças podem atuar em um sistema:
  - Forças internas $\implies$ • Conservativas • Não-conservativas
  - Forças externas
- O trabalho total pode ser escrito como

$$W_{\text{tot}} = W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} + W_{\text{c}} \implies W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = W_{\text{tot}} - W_{\text{c}}$$

- Usando $W_{\text{c}} = -\Delta U_{\text{sis}}$ e $W_{\text{tot}} = \Delta K_{\text{sis}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} &= \Delta K_{\text{sis}} + \Delta U_{\text{sis}} \\ &= (K_{\text{sis,f}} - K_{\text{sis,i}}) + (U_{\text{sis,f}} - U_{\text{sis,i}}) \end{aligned}$$

- Vamos definir $E_{\text{mec}} = K_{\text{sis}} + U_{\text{sis}}$

$$W_{\text{ext}} + W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} \implies W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

Conservação da Energia Mecânica

Teorema trabalho-energia

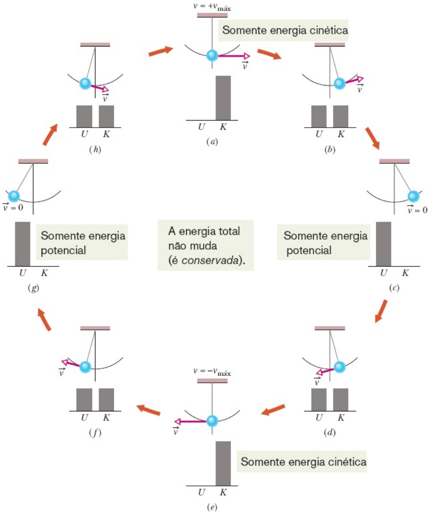
$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Caso $W_{\text{ext}} = 0$ e $W_{\text{nc}} = 0$, teremos

Conservação de Energia Mecânica

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0 \qquad E_{\text{mec,f}} = E_{\text{mec,i}} = K_f + U_f = K_i + U_i = \text{constante}$$

Conservação da Energia Mecânica
Exemplo: caso com atrito



Conservação da Energia Mecânica
Exemplo: caso com atrito

- Da 2° Lei de Newton

$$F - f_k = ma \qquad (1)$$

- como as forças são constantes, podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (2)$$

- Combinando as Eq.(1) e (2), temos

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{(F - f_k)}{m}d$$

- que pode ser escrita como

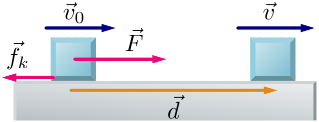
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d$$

- ou ainda

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$

- Experimentalmente, observa-se que

$$\boxed{\Delta E_t = f_k d}$$



Conservação da Energia Mecânica

Exemplo: caso com atrito

- Da 2° Lei de Newton

$$F - f_k = ma \qquad (1)$$

- como as forças são constantes, podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (2)$$

- Combinando as Eq.(1) e (2), temos

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{(F - f_k)}{m}d$$

- que pode ser escrita como

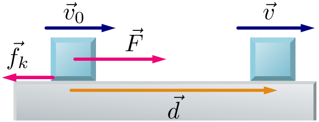
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d$$

- ou ainda

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$

- Experimentalmente, observa-se que

$$\boxed{\Delta E_t = f_k d}$$



Conservação da Energia Mecânica
Exemplo: caso com atrito

- Da 2° Lei de Newton

$$F - f_k = ma \qquad (1)$$

- como as forças são constantes, podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (2)$$

- Combinando as Eq.(1) e (2), temos

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{(F - f_k)}{m}d$$

- que pode ser escrita como

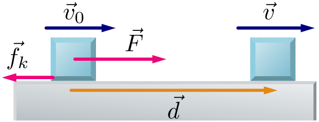
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d$$

- ou ainda

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$

- Experimentalmente, observa-se que

$$\boxed{\Delta E_t = f_k d}$$



- Da 2° Lei de Newton

$$F - f_k = ma \qquad (1)$$

- como as forças são constantes, podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (2)$$

- Combinando as Eq.(1) e (2), temos

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{(F - f_k)}{m}d$$

- que pode ser escrita como

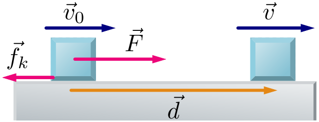
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d$$

- ou ainda

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$

- Experimentalmente, observa-se que

$$\boxed{\Delta E_t = f_k d}$$



Conservação da Energia Mecânica
Exemplo: caso com atrito

- Da 2° Lei de Newton

$$F - f_k = ma \qquad (1)$$

- como as forças são constantes, podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (2)$$

- Combinando as Eq.(1) e (2), temos

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{(F - f_k)}{m}d$$

- que pode ser escrita como

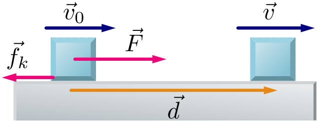
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d$$

- ou ainda

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$

- Experimentalmente, observa-se que

$$\boxed{\Delta E_t = f_k d}$$



- Da 2° Lei de Newton

$$F - f_k = ma \qquad (1)$$

- como as forças são constantes, podemos usar

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \qquad (2)$$

- Combinando as Eq.(1) e (2), temos

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{(F - f_k)}{m}d$$

- que pode ser escrita como

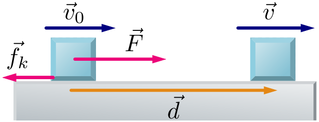
$$Fd = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d$$

- ou ainda

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$

- Experimentalmente, observa-se que

$$\boxed{\Delta E_t = f_k d}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16\text{m/s}$ a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

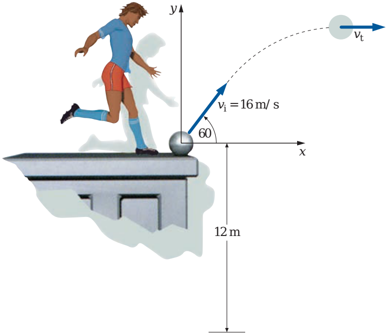
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \Rightarrow \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16$m/s a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

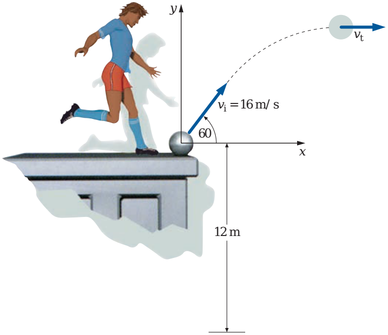
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16$m/s a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

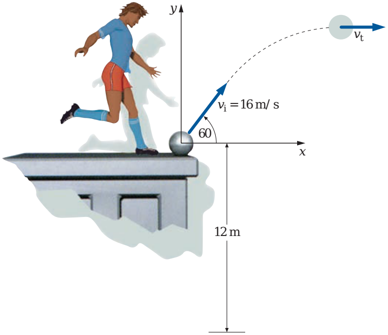
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16$m/s a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

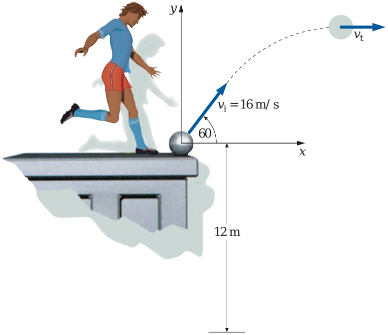
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16\text{m/s}$ a um angulo de 60° acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

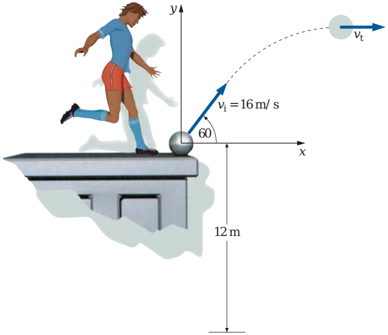
- $v_t = v_i \cos(60^\circ)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60^\circ)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16$m/s a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

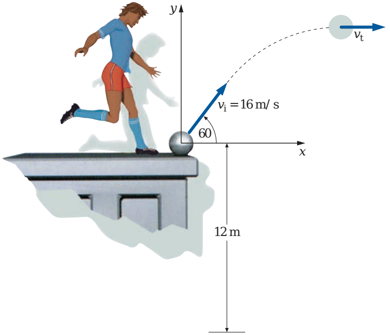
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16\text{m/s}$ a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

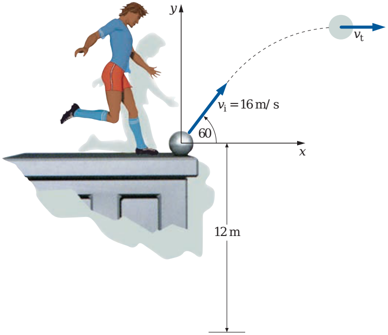
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16\text{m/s}$ a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$
$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

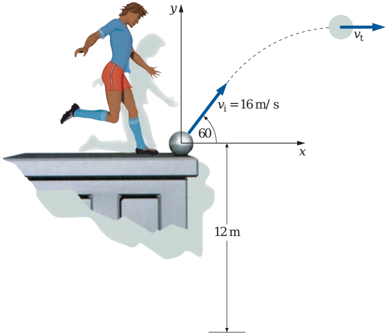
$$y_t = \frac{1}{2g}\left(v_i^2 - v_t^2\right)$$

- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$
$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16\text{m/s}$ a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

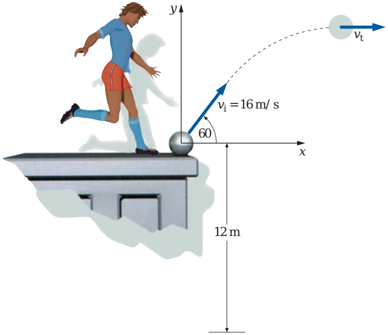
- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}(v_i^2 - v_t^2)$$

- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$



- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \Rightarrow \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$

Exemplo: Chutando uma bola

Próximo a borda de um telhado de um prédio de 12m de altura, você chuta uma bola com uma rapidez inicial $v_i = 16\text{m/s}$ a um angulo de $60°$ acima da horizontal. Desprezando a resitência do ar, encontre (a) a altura máxima, acima do telhado do prédio, atingida pela bola e (b) sua rapidez, quando está prestes a tocar o solo.

- Sistema: Terra + bola
- Instante logo depois do chute até o instante logo antes da bola tocar no solo.
- Usamos

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - \cancelto{0}{W_{\text{nc}}}$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = 0$$

$$E_{\text{mec},f} = E_{\text{mec},i}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

- Como $y_i = 0$, ficamos com

$$y_t = \frac{1}{2g}(v_i^2 - v_t^2)$$

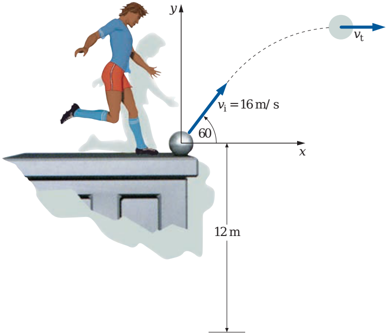
- $v_t = v_i \cos(60°)$

$$y_t = \frac{v_i^2}{2g}\sin^2(60°)$$

$$\boxed{y_t = 9,8\text{m}}$$

- Para (b)

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2gy_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_f = 22\text{m/s}}$$



Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

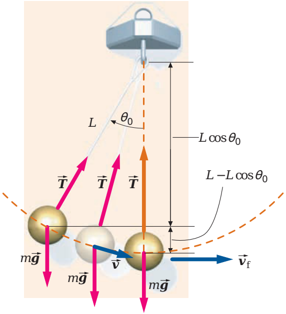
- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}m(v_i)^2 + mgy_i$$

$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$

$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1 - \cos\theta_0)}}$$



- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$

$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$

Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mg\cancelto{0}{y_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$

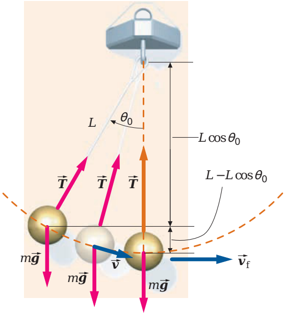
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$

$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$

- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$

$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$



Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mg\cancelto{0}{y_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$

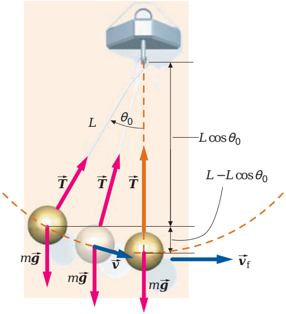
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$

$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$

- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$

$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$



Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$
$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

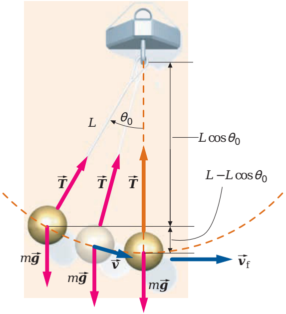
$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mg\cancelto{0}{y_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$
$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$



- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$
$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$

Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$
$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

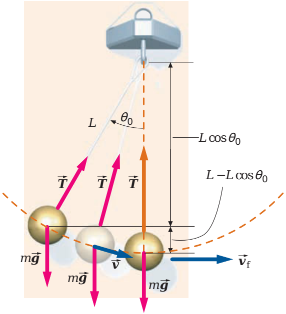
$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mg\cancelto{0}{y_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$
$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$



- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$
$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$

Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$
$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

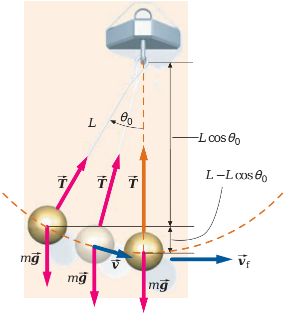
$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + \cancelto{0}{mgy_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$
$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$



- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$
$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$

Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$
$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

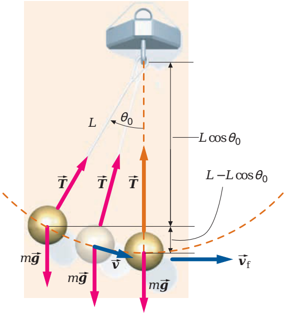
$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mg\cancelto{0}{y_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$
$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$



- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$
$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$

Exemplo: um pendulo

Um pêndulo de comprimento L é puxado até que o fio forme um ângulo θ_0 com a vertical e largado do repouso. Quando a massa passa pelo ponto ponto mais baixo do arco, encontre expressões para (a) a velocidade da bola e (b) a tensão do fio.

- Sistema: Pêndulo + Terra

$$\cancelto{0}{W_{\text{ext}}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$
$$W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}}$$

- A força $\vec{T}$ é interna e não-conservativa

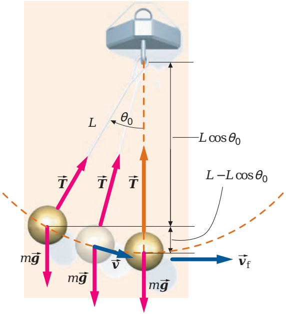
$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot d\vec{r}$$

usando $d\vec{r} = \vec{v}dt$, obtemos

$$W_{\text{nc}} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{T} \cdot \vec{v}dt = 0$$

- Teremos

$$E_{\text{mec f}} = E_{\text{mec i}}$$
$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mg\cancelto{0}{y_f} = \frac{1}{2}m(\cancelto{0}{v_i})^2 + mgy_i$$
$$v_f = \sqrt{2gy_i}$$
$$\boxed{v_f = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_0)}}$$

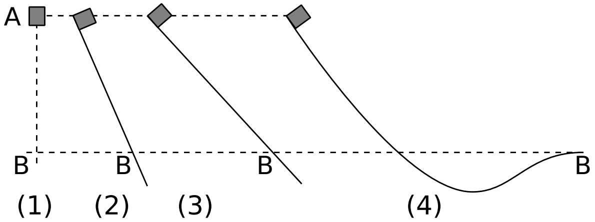


- No ponto mais baixo

$$T - mg = ma_y \qquad a_y = v_f^2/L$$
$$T = m\left(\frac{v_f^2}{L} + g\right) \implies \boxed{T = mg(3 - 2\cos\theta_0)}$$

Teste

A figura mostra quatro situações, uma na qual um bloco inicialmente em repouso é deixado cair e outra três nas quais o bloco desce deslizando em rampas sem atrito. (a) Ordene as situações de acordo com a energia cinética do bloco no ponto B, em ordem decrescente. (b) Ordene as situações de acordo com a velocidade do bloco no ponto B, em ordem decrescente.

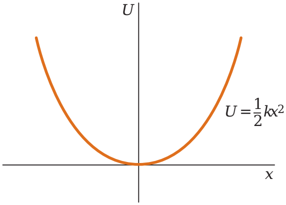


Sumário

Curva de energia potencial

- Considere uma força conservativa $\vec{F} = F_x\hat{\imath}$ atuando sobre uma partícula

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

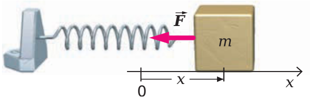


- A componente F_x da força é, portanto

$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$

- Exemplo: sistema massa-mola

$$F_x = -\frac{dU}{dx} = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}kx^2\right) = -kx$$



Condição para Equilíbrio Estável

Em equilíbrio estável, um pequeno deslocamento em qualquer sentido resulta em uma força restauradora que acelera a partícula de volta a sua posição de equilíbrio.

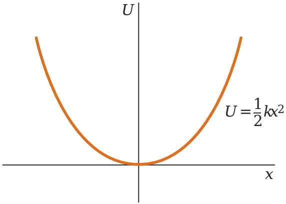
Curva de energia potencial

- Considere uma força conservativa $\vec{F} = F_x\hat{\imath}$ atuando sobre uma partícula

$$
\begin{aligned}
dU &= -\vec{F}\cdot d\vec{r} \\
dU &= -(F_x\hat{\imath})\cdot(dx\hat{\imath} + dy\hat{\jmath} + dz\hat{k}) \\
dU &= -F_x dx
\end{aligned}
$$

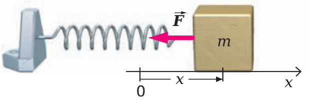
- A componente F_x da força é, portanto

$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$



- Exemplo: sistema massa-mola

$$F_x = -\frac{dU}{dx} = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}kx^2\right) = -kx$$

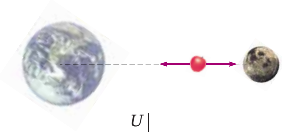


Condição para Equilíbrio Estável

Em equilíbrio estável, um pequeno deslocamento em qualquer sentido resulta em uma força restauradora que acelera a partícula de volta a sua posição de equilíbrio.

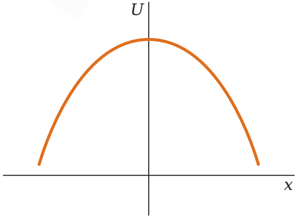
Curva de energia potencial

$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$



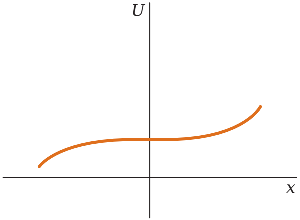
Condição para Equilíbrio Instável

Em equilíbrio instável, um pequeno deslocamento resulta em uma força que acelera a partícula afastando-a de sua posição de equilíbrio.

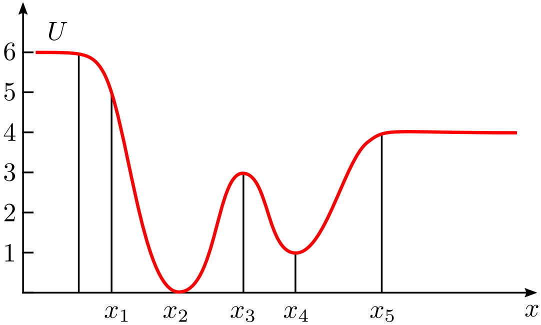


Condição para Equilíbrio indiferente

Em equilíbrio indiferente, um pequeno deslocamento em qualquer sentido resulta em uma força nula e a partícula continua em equilíbrio .



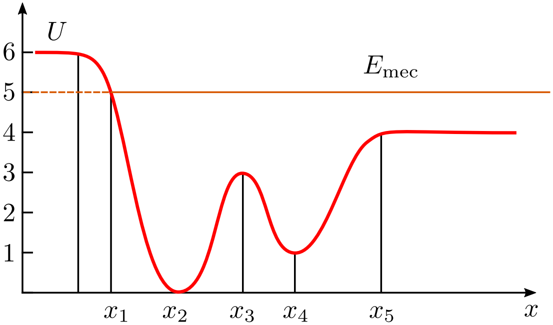
Curva de energia potencial



$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$

$$E_{\text{mec}} = U(x) + K(x)$$

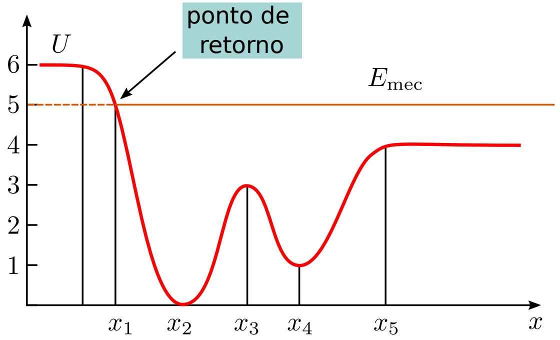
Curva de energia potencial



$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$

$$E_{\mathsf{mec}} = U(x) + K(x)$$

Curva de energia potencial

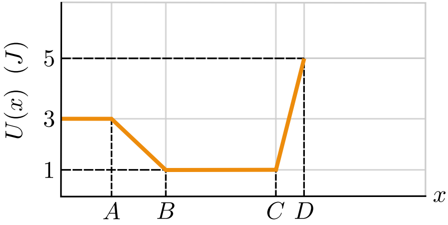


$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$

$$E_{\mathsf{mec}} = U(x) + K(x)$$

Teste

A figura mostra a função energia potencial $U(x)$ de um sistema no qual uma partícula se move em uma dimensão. (a) Ordene as regiões AB, BC e CD de acordo com o módulo da força que age sobre a partícula, em ordem decrescente. (b) Qual é o sentido da força quando a partícula está na região AB?



Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Na região $-a < x < a$, a força sobre uma partícula é representada pela função energia potencial

$$U = -b\left(\frac{1}{a+x} + \frac{1}{a-x}\right)$$

onde a e b são constantes positivas. (a) Determine a força F_x na região $-a < x < a$. (b) Para qual valor x a força é zero? (c) No ponto onde a força é zero, o equilíbrio é estável ou instável?

- A força é dada por

$$F_x = -\frac{dU}{dx} = -b\left[\frac{1}{(a+x)^2} - \frac{1}{(a-x)^2}\right]$$

- $F_x = 0$ para $x = 0$
- Estabilidade?

$$\frac{d^2U}{dx^2} > 0 \longrightarrow \text{Eq. estável}$$
$$\frac{d^2U}{dx^2} < 0 \longrightarrow \text{Eq. instável}$$

$$\left.\frac{d^2U}{dx^2}\right|_{x=0} = -4\frac{b}{a^3} < 0$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Na região $-a < x < a$, a força sobre uma partícula é representada pela função energia potencial

$$U = -b\left(\frac{1}{a+x} + \frac{1}{a-x}\right)$$

onde a e b são constantes positivas. (a) Determine a força F_x na região $-a < x < a$. (b) Para qual valor x a força é zero? (c) No ponto onde a força é zero, o equilíbrio é estável ou instável?

- A força é dada por

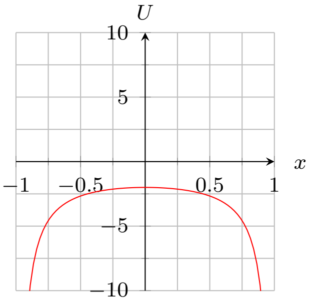
$$F_x = -\frac{dU}{dx} = -b\left[\frac{1}{(a+x)^2} - \frac{1}{(a-x)^2}\right]$$

- $F_x = 0$ para $x = 0$
- Estabilidade?

$$\frac{d^2U}{dx^2} > 0 \quad \longrightarrow \quad \text{Eq. estável}$$

$$\frac{d^2U}{dx^2} < 0 \quad \longrightarrow \quad \text{Eq. instável}$$

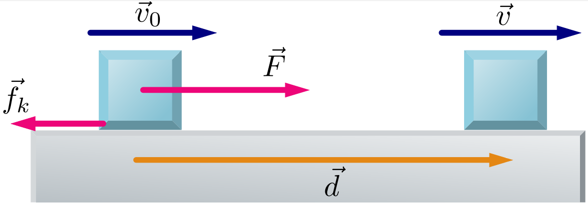
$$\left.\frac{d^2U}{dx^2}\right|_{x=0} = -4\frac{b}{a^3} < 0$$



Teste

Em três experimentos, um bloco é empurrado por uma força horizontal em um piso com atrito, como na figura. O módulo F da força aplicada e o efeito da força sobre a velocidade do bloco são mostrados na tabela. Nos três experimentos, o bloco percorre a mesma distância d. Ordene os três experimentos de acordo com a variação da energia térmica do bloco e do piso, em ordem decrescente.

Tentativa	F	Velocidade do bloco
a	$5,0$N	diminui
b	$7,0$N	permanece constante
c	$8,0$N	aumenta



Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = Fd\cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_{\text{t}} = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = F d \cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_{\text{t}} = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = F d \cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_t = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = Fd\cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_t = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = F d \cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_{\text{t}} = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = Fd\cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_t = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Exemplo: Força e a função Energia Potencial

Um operário empurra um caixote ($m = 14$kg), em um piso de concreto, com uma força horizontal constante $\vec{F}$ de módulo 40N. Em um deslocamento retilíneo de módulo $d = 0,50$m, a velocidade do caixote diminui de $v_0 = 0,60$m/s para $v = 0,20$m/s. (a) Qual foi o trabalho realizado pela força $\vec{F}$, e sobre que sistema o trabalho foi realizado? (b) Qual é o aumento ΔE_t da energia térmica do caixote e do piso?

- (a) Podemos calcular o trabalho como

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$
$$W = F d \cos(0) = (40\text{N})(0,50\text{m})$$
$$\boxed{W = 20\text{J}}$$

- O trabalho foi realizado no sistema caixote-piso!

- (b) Teremos

$$W_{\text{ext}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{nc}}$$

- Neste caso

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$
$$\Delta E_{\text{mec}} = -2,2\text{J}$$

- Assim $W_{\text{nc}} = \Delta E_{\text{mec}} - W_{\text{ext}} = -22,2\text{J}$
- e portanto

$$\boxed{\Delta E_{\text{t}} = -W_{\text{nc}} = 22,2\text{J}}$$

Dicas

- Reproduza as passagens de maneira independente!
- Estude as referências!

  - 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