

Física 1 (4310145) - Aula 24/03/2020



- Novo cronograma

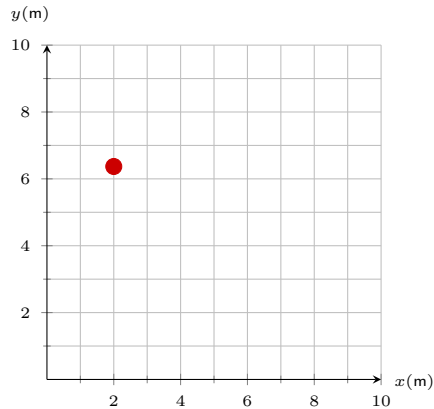
- Lista (P_L) $\mapsto$ Data de entrega ??/??/2020
- Prova 1 (P_1) $\mapsto$ Data da prova 1 ??/??/2020
- Prova 2 (P_2) $\mapsto$ Data da prova 2 ??/??/2020

- 1 Movimento balístico
 - Movimento Balístico

- 1 Movimento balístico
 - Movimento Balístico

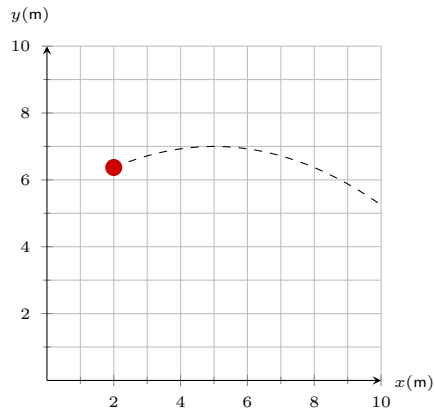
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



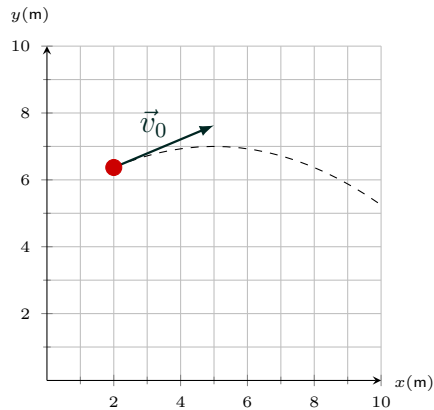
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



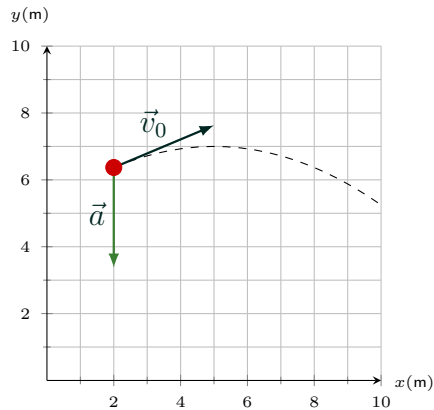
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



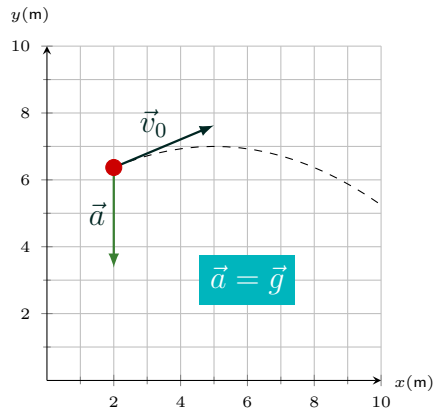
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



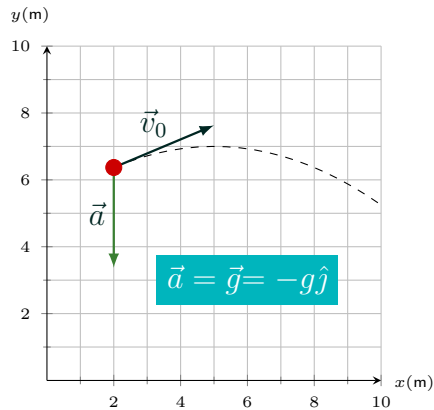
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



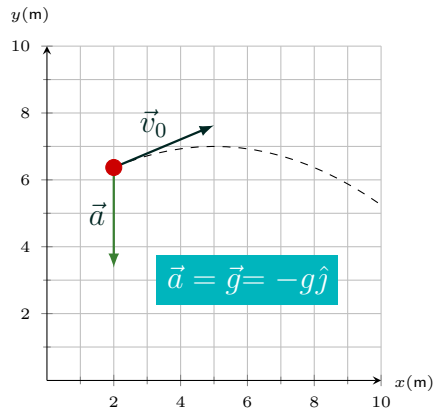
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



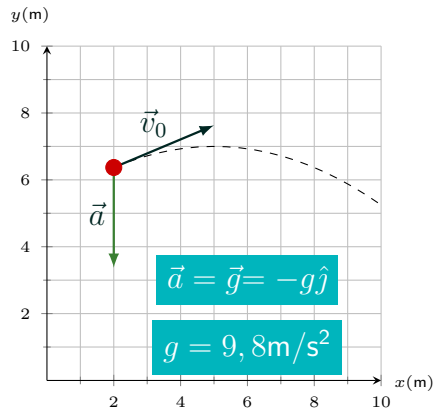
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



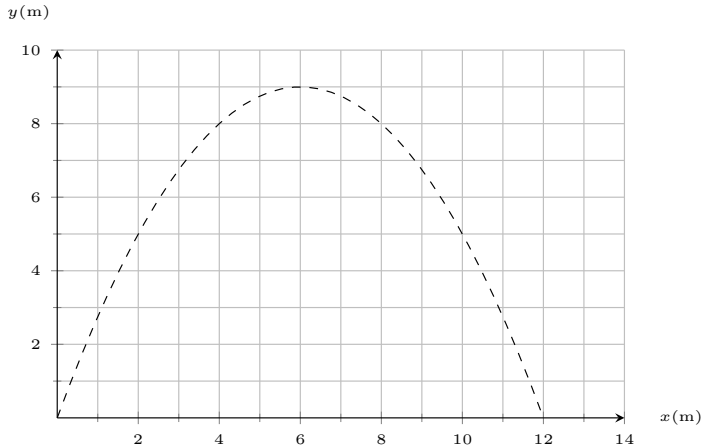
Movimento balístico

- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



Movimento balístico

Velocidade



Movimento balístico

Velocidade

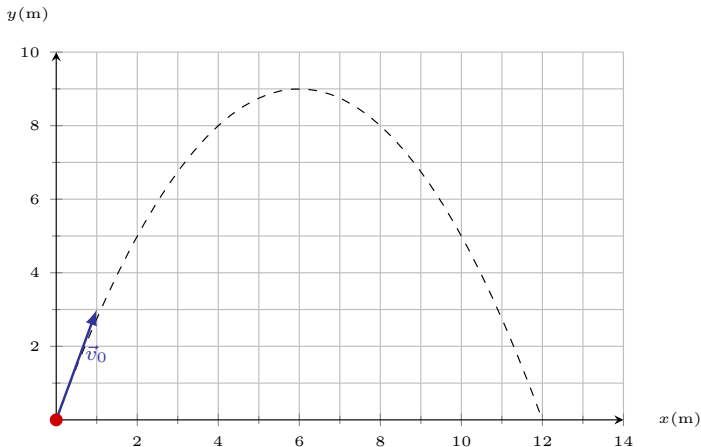
- Vetor velocidade em $t = 0$

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$$

- Sendo as componentes em $t = 0$

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$



Movimento balístico

Velocidade

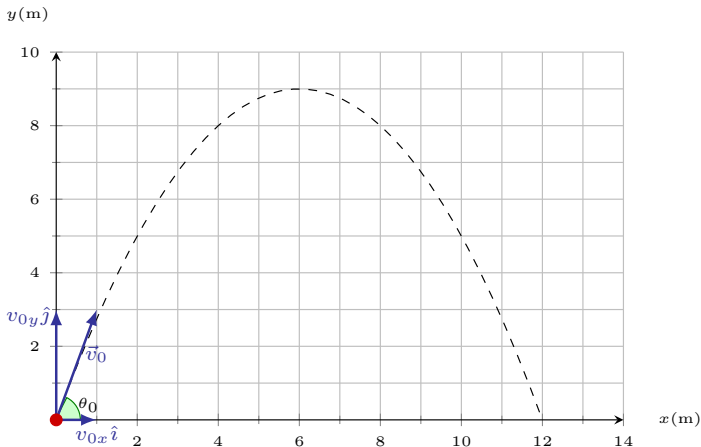
- Vetor velocidade em $t = 0$

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$$

- Sendo as componentes em $t = 0$

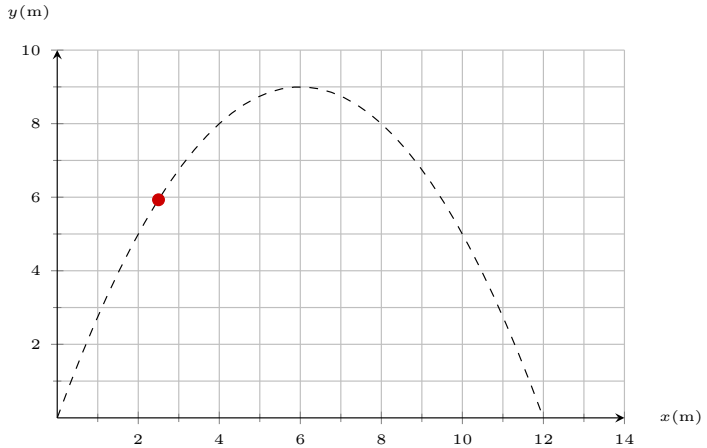
$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$



Movimento balístico

Velocidade



Movimento balístico

Velocidade

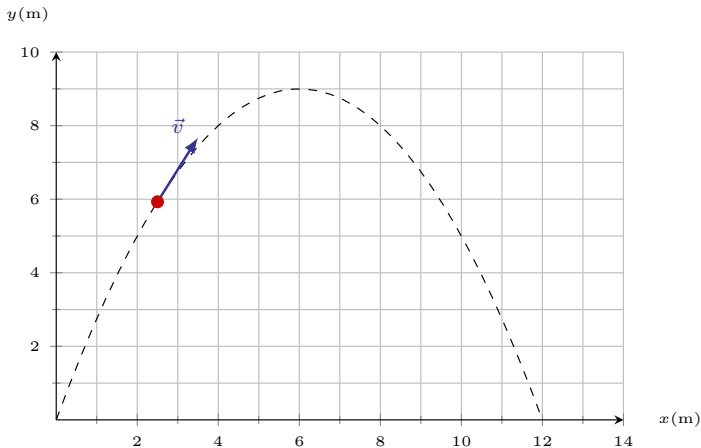
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

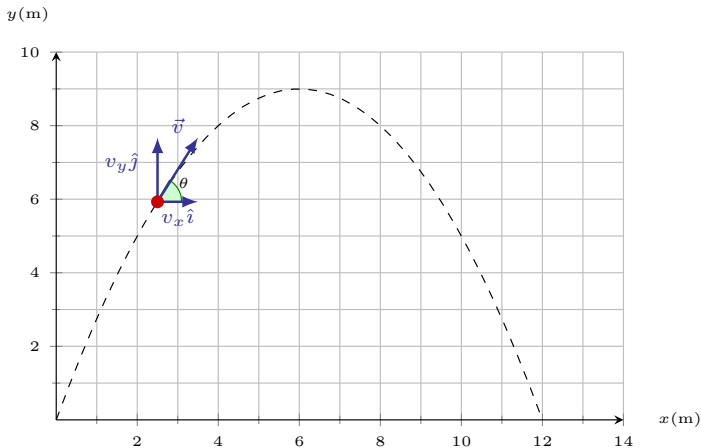
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

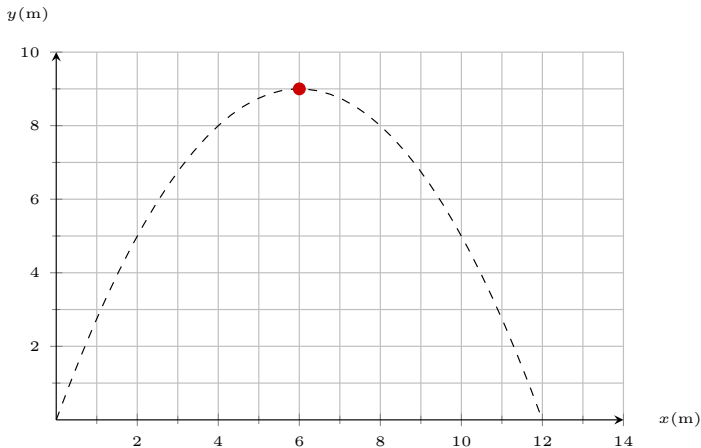
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

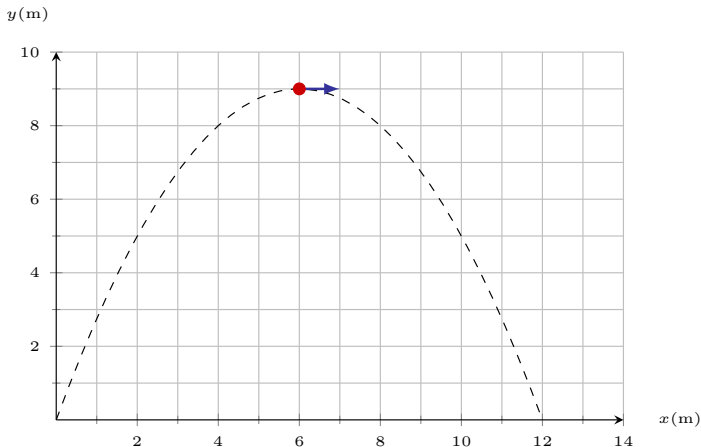
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

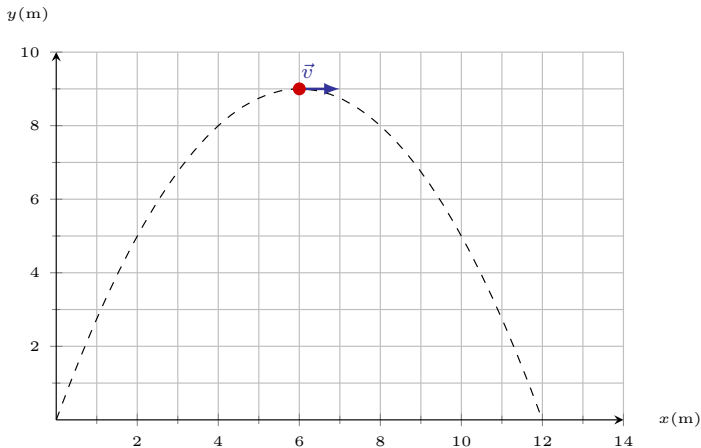
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

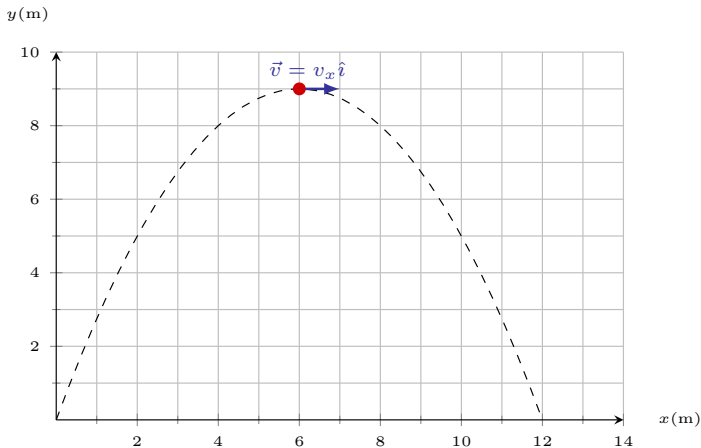
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

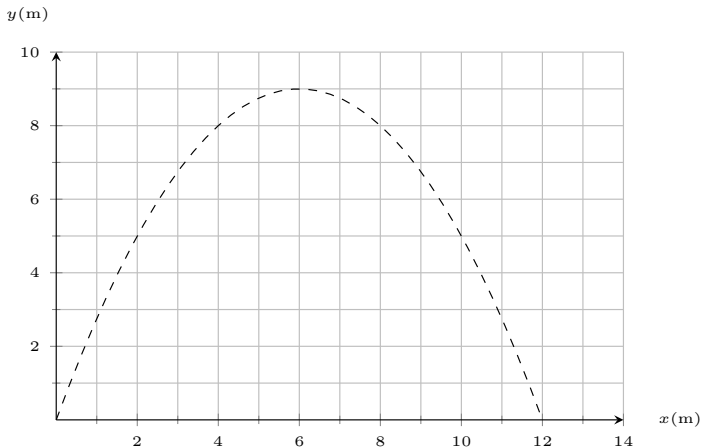
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

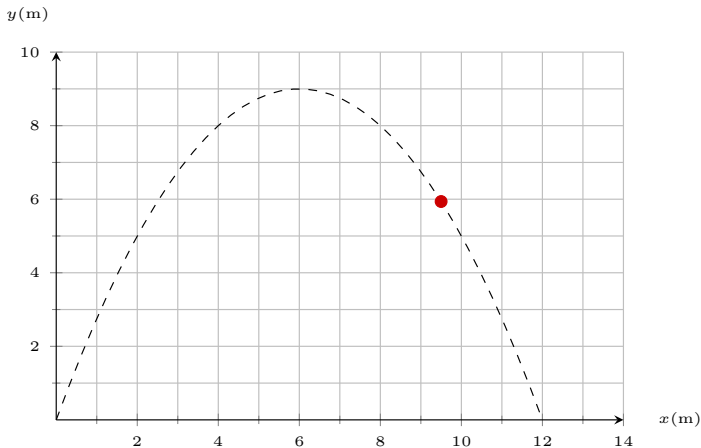
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

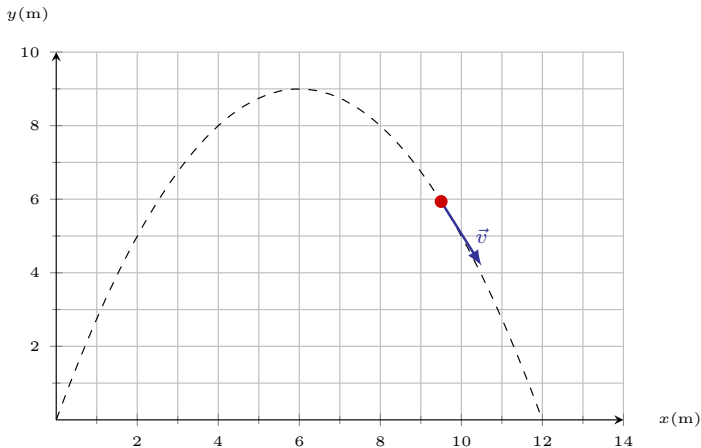
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

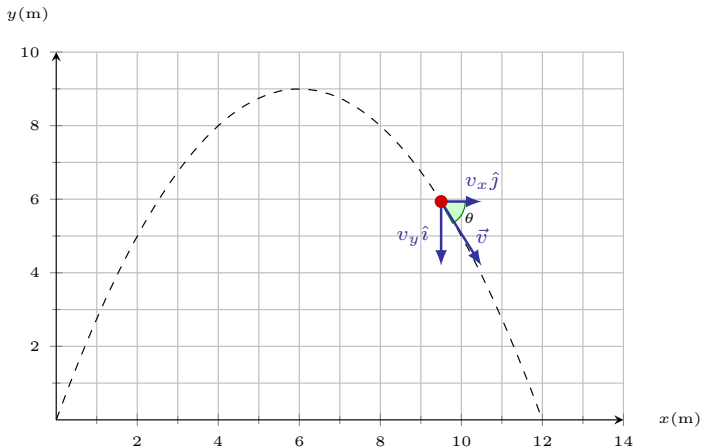
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

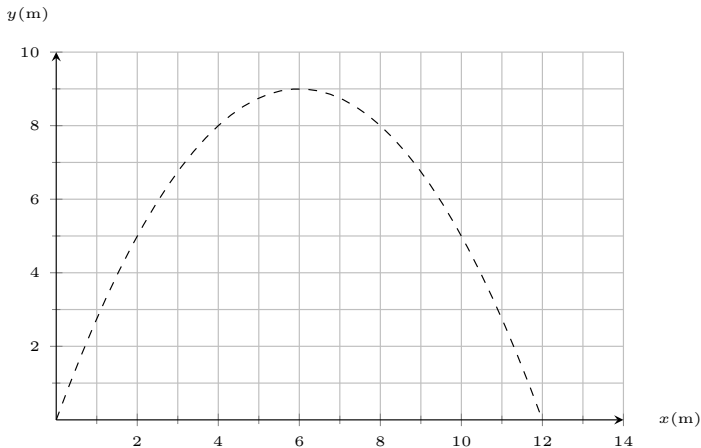
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

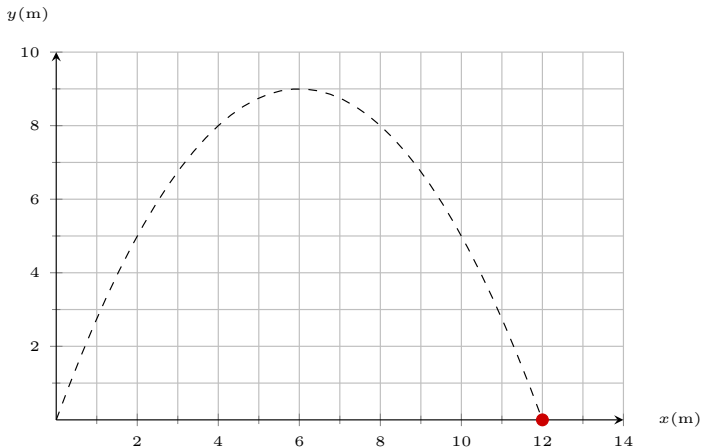
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

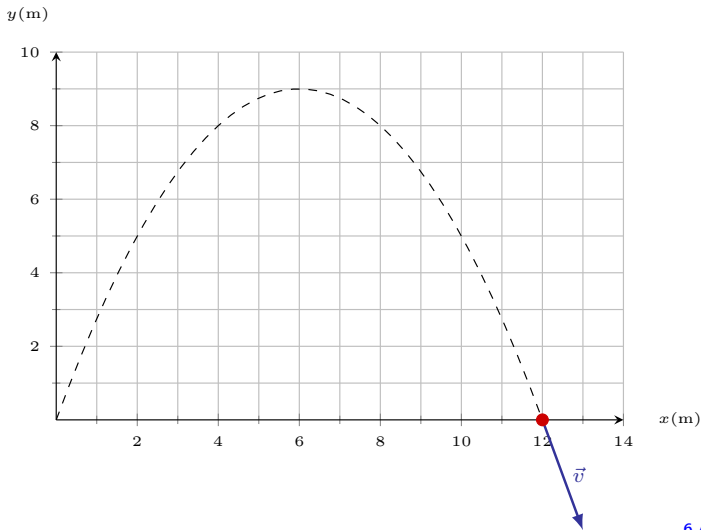
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Velocidade

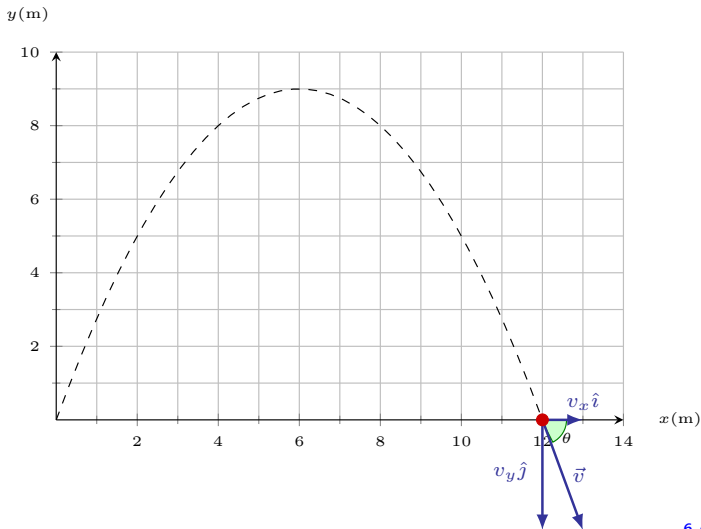
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



Movimento balístico

Aceleração

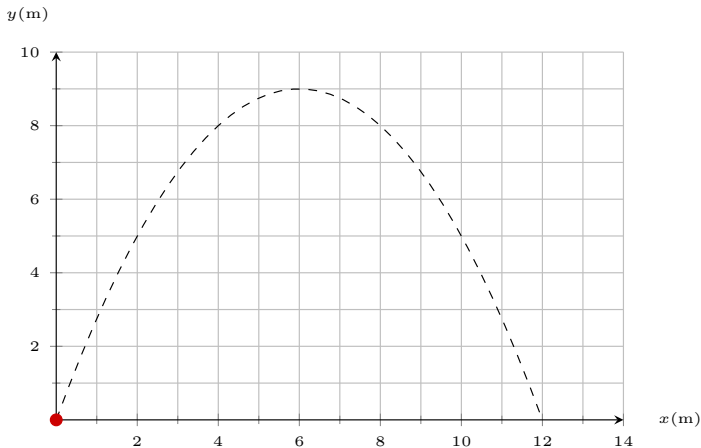
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

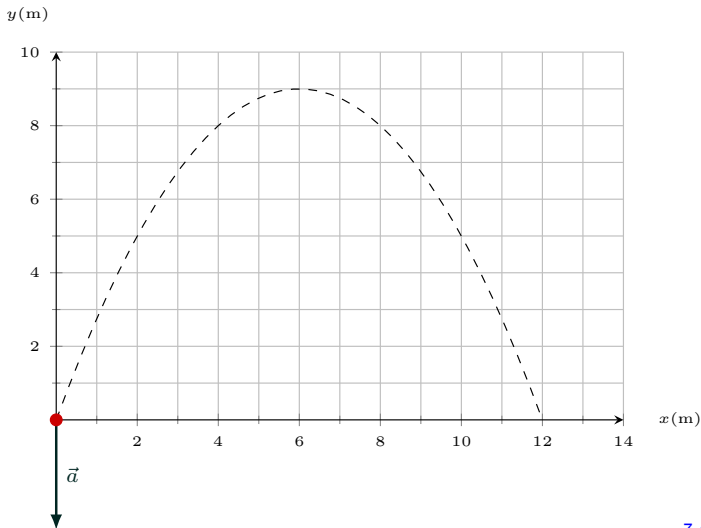
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

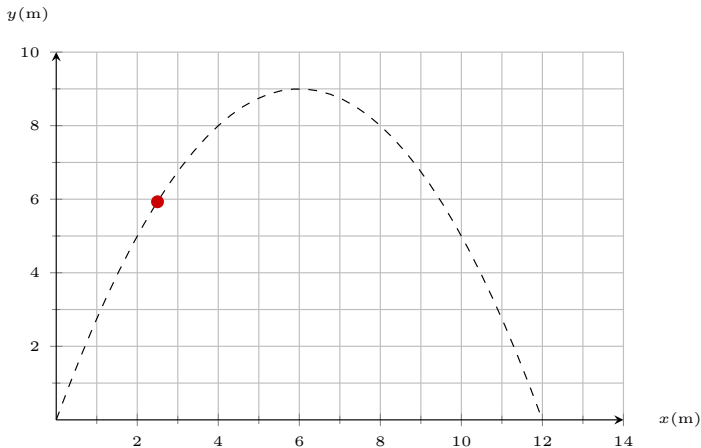
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

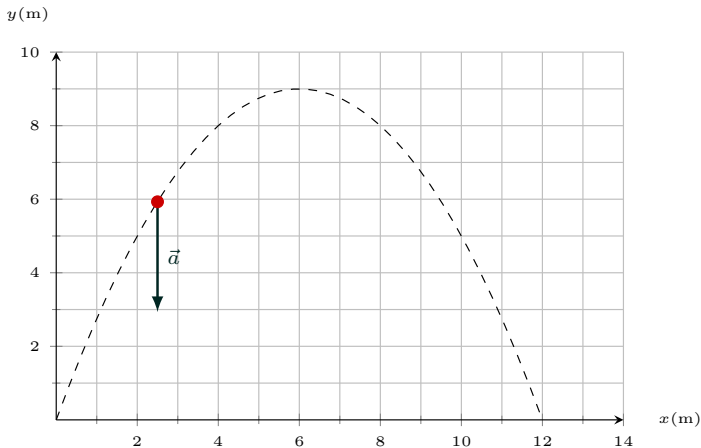
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

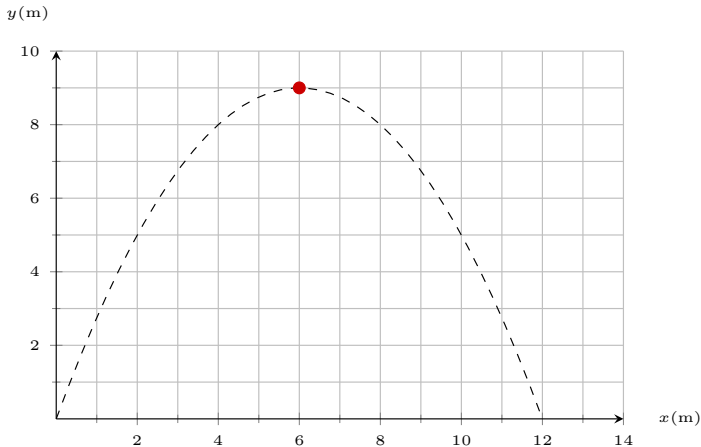
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

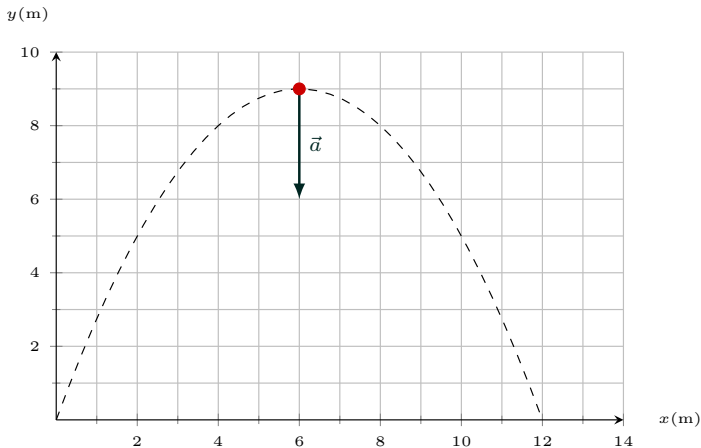
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

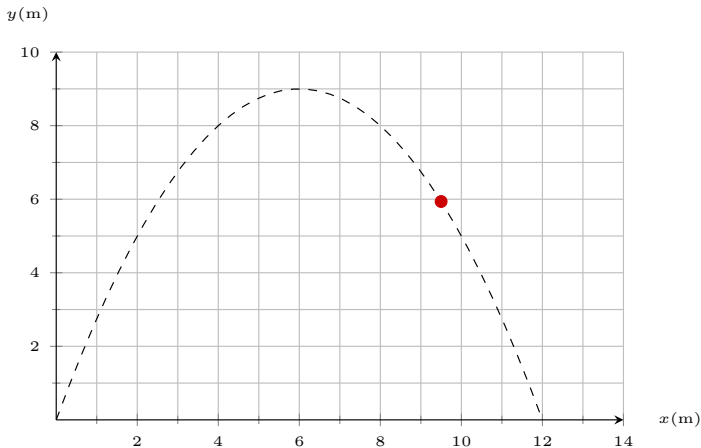
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

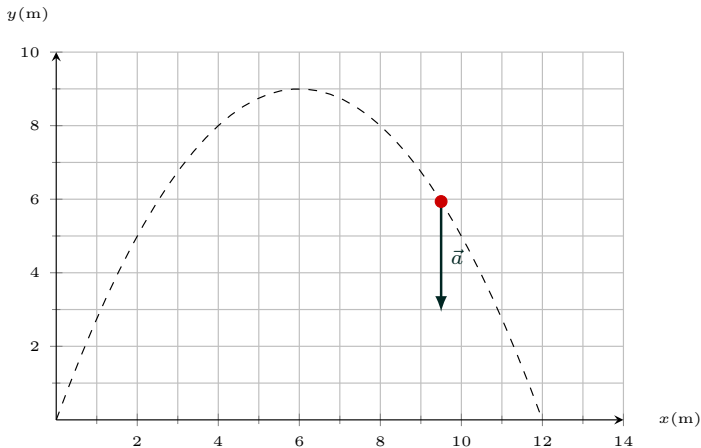
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

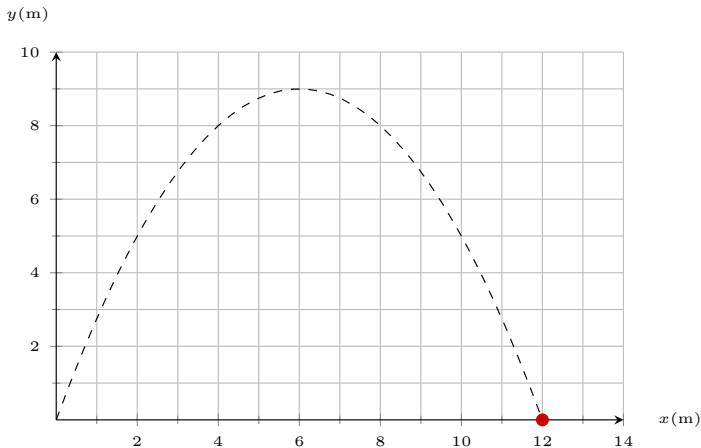
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Movimento balístico

Aceleração

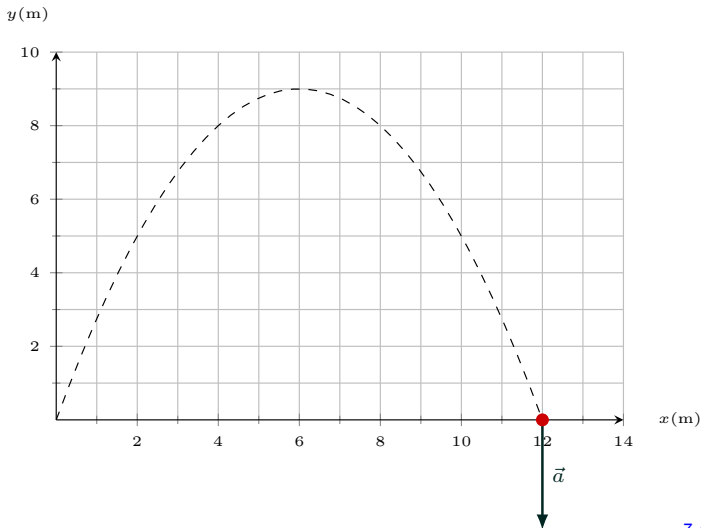
- Aceleração

$$\vec{a} = -g\hat{j}$$

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



Exemplo

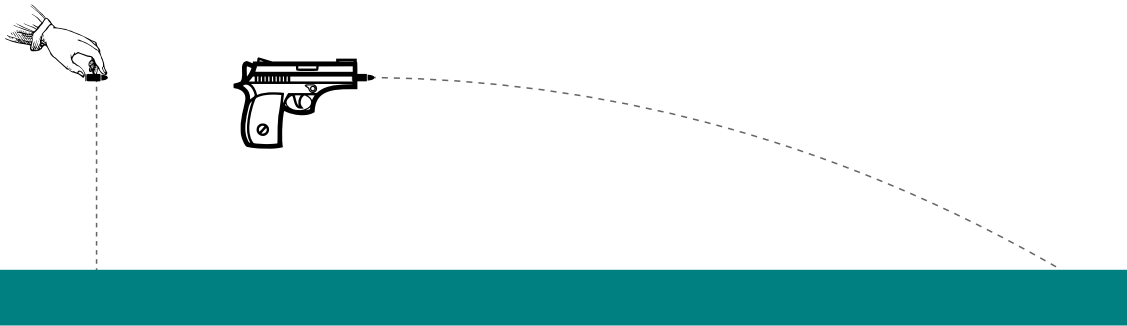
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

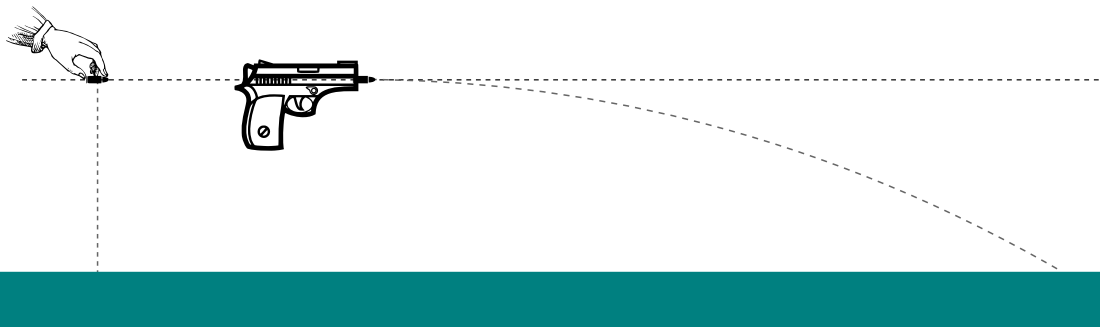
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

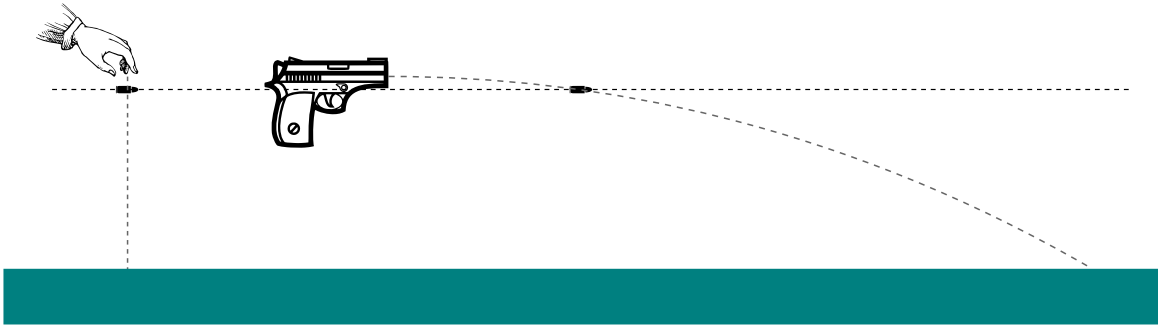
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

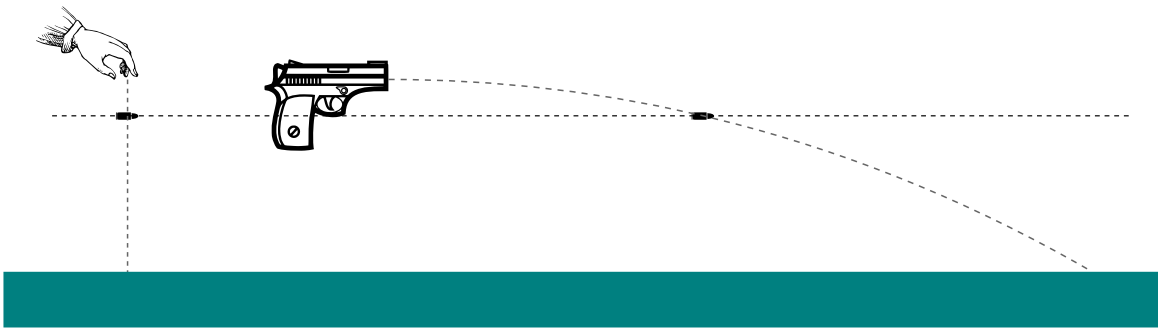
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

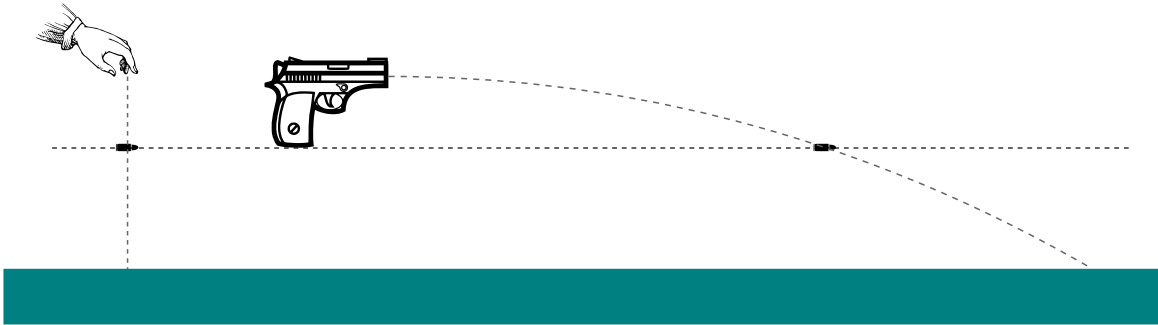
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

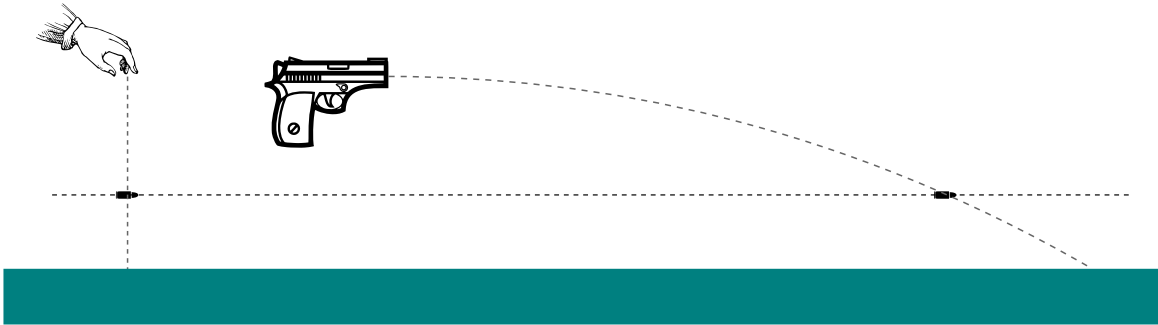
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

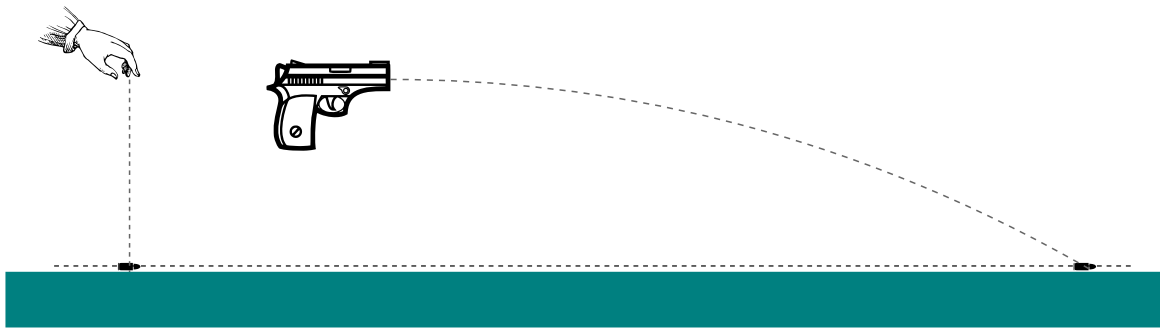
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

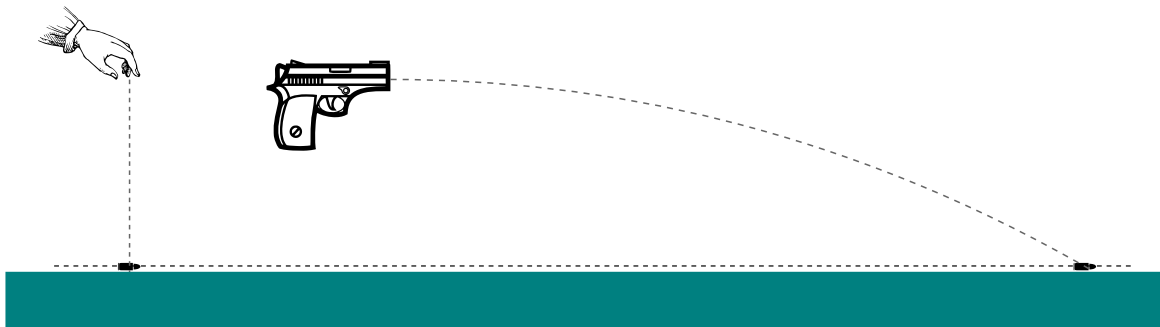
Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

Movimento Balístico



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo

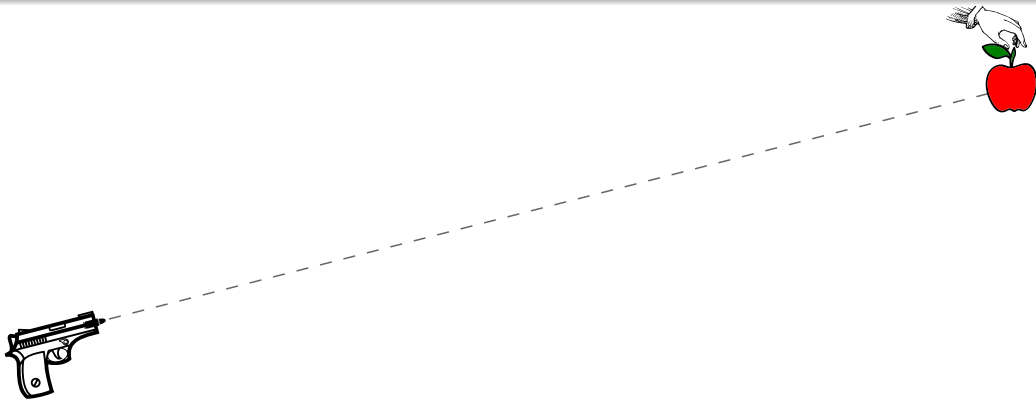
Movimento Balístico



- A bala sempre atinge a maçã!

Exemplo

Movimento Balístico



- A bala sempre atinge a maçã!

Exemplo

Movimento Balístico



- A bala sempre atinge a maçã!

Exemplo

Movimento Balístico



- A bala sempre atinge a maçã!

Exemplo

Movimento Balístico



- A bala sempre atinge a maçã!

Em um dado instante, uma bala que descreve um movimento balístico tem uma velocidade

$$\vec{v} = 25\hat{i} - 4,9\hat{j}$$

Aqui, o eixo x é horizontal, o eixo y é vertical e aponta para cima e $\vec{v}$ está em metros por segundo. A bola já passou pelo ponto mais alto da trajetória?

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:

- Não existe aceleração na direção horizontal!
- A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever



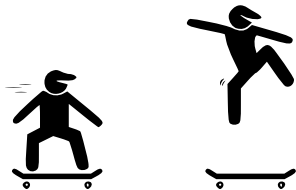
Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever



Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever



Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever

$$x = x_0 + v_{0x}t$$

Movimento horizontal e vertical

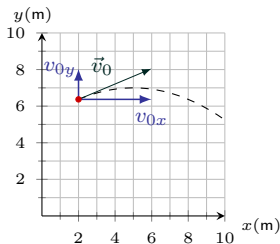
Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever

$$x = x_0 + v_{0x}t$$



Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Movimento de um projétil:
 - Não existe aceleração na direção horizontal!
 - A componente horizontal da velocidade permanece inalterada:

$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

- Como $a_x = 0$, podemos escrever

$$x = x_0 + v_{0x}t$$

$$x = x_0 + (v_0 \cos \theta_0)t$$

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Para o movimento vertical, temos

$$a_y = -g$$

- Equação de movimento para aceleração constante

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2$$

$$y = y_0 + (v_0 \sin \theta_0)t - \frac{g}{2}t^2$$

- Também valem as demais equações válidas para aceleração constante

$$v_y = v_{0y} - gt \quad \implies \quad v_y = (v_0 \sin \theta_0) - gt$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0) \quad \implies \quad v_y^2 = (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(y - y_0)$$

$$g = 9,8\text{m/s}^2$$

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Para o movimento vertical, temos

$$a_y = -g$$

- Equação de movimento para aceleração constante

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2$$

$$y = y_0 + (v_0 \sin \theta_0)t - \frac{g}{2}t^2$$

- Também valem as demais equações válidas para aceleração constante

$$v_y = v_{0y} - gt \quad \implies \quad v_y = (v_0 \sin \theta_0) - gt$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0) \quad \implies \quad v_y^2 = (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(y - y_0)$$

$$g = 9,8\text{m/s}^2$$

Movimento horizontal e vertical

Movimento balístico

- Para o movimento vertical, temos

$$a_y = -g$$

- Equação de movimento para aceleração constante

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2$$

$$y = y_0 + (v_0 \sin \theta_0)t - \frac{g}{2}t^2$$

- Também valem as demais equações válidas para aceleração constante

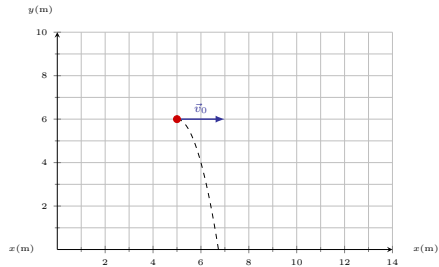
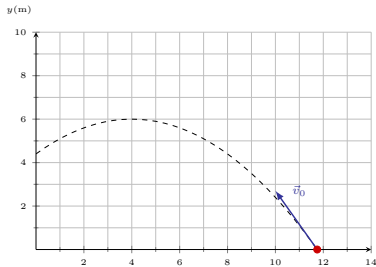
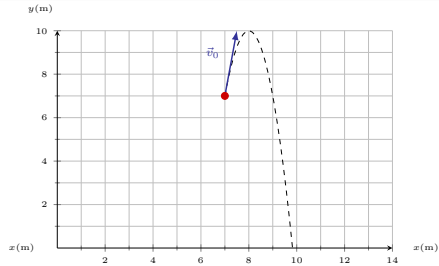
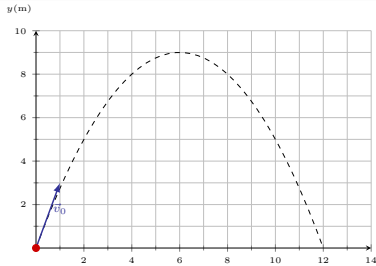
$$v_y = v_{0y} - gt \quad \implies \quad v_y = (v_0 \sin \theta_0) - gt$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g(y - y_0) \quad \implies \quad v_y^2 = (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(y - y_0)$$

$$g = 9,8\text{m/s}^2$$

Equação da trajetória

Movimento balístico



Equação da trajetória

Movimento balístico

- Podemos obter a equação do caminho percorrido pelo projétil (trajetória).
- Para isso, temos de eliminar t nas equações

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \quad (2)$$

- Isolando t em (1) e substituindo em (2), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \quad (3)$$

$$= \frac{v_0 \sin \theta_0}{v_0 \cos \theta_0}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (4)$$

$$= \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (5)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Podemos obter a equação do caminho percorrido pelo projétil (trajetória).
- Para isso, temos de eliminar t nas equações

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \quad (2)$$

- Isolando t em (1) e substituindo em (2), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \quad (3)$$

$$= \frac{v_0 \sin \theta_0}{v_0 \cos \theta_0}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (4)$$

$$= \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (5)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Podemos obter a equação do caminho percorrido pelo projétil (trajetória).
- Para isso, temos de eliminar t nas equações

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \quad (2)$$

- Isolando t em (1) e substituindo em (2), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \quad (3)$$

$$= \frac{v_0 \sin \theta_0}{v_0 \cos \theta_0}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (4)$$

$$= \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (5)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Podemos obter a equação do caminho percorrido pelo projétil (trajetória).
- Para isso, temos de eliminar t nas equações

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \quad (2)$$

- Isolando t em (1) e substituindo em (2), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \quad (3)$$

$$= \frac{v_0 \sin \theta_0}{v_0 \cos \theta_0}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (4)$$

$$= \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0}\right)^2 \quad (5)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Podemos obter a equação do caminho percorrido pelo projétil (trajetória).
- Para isso, temos de eliminar t nas equações

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \quad (2)$$

- Isolando t em (1) e substituindo em (2), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_{0x}} \right)^2 \quad (3)$$

$$= \frac{v_0 \sin \theta_0}{v_0 \cos \theta_0} \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2 \quad (4)$$

$$= \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2 \quad (5)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Como x_0 , y_0 , g , v_0 , θ_0 são constantes, a Eq. (5) tem a forma

$$y = A + Bx + Cx^2$$

$$A = y_0 - \frac{g}{2} \left(\frac{x_0 \sec \theta_0}{v_0} \right)^2 - x_0 \tan \theta_0$$

$$B = g \left(\frac{\sec \theta_0}{v_0} \right)^2 + \tan \theta_0$$

$$C = \frac{g}{2} \left(\frac{\sec^2 \theta_0}{v_0^2} \right)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Como x_0 , y_0 , g , v_0 , θ_0 são constantes, a Eq. (5) tem a forma

$$y = A + Bx + Cx^2$$

$$A = y_0 - \frac{g}{2} \left(\frac{x_0 \sec \theta_0}{v_0} \right)^2 - x_0 \tan \theta_0$$

$$B = gx_0 \left(\frac{\sec \theta_0}{v_0} \right)^2 + \tan \theta_0$$

$$C = -\frac{g}{2} \left(\frac{\sec^2 \theta_0}{v_0^2} \right)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Como x_0 , y_0 , g , v_0 , θ_0 são constantes, a Eq. (5) tem a forma

$$y = A + Bx + Cx^2$$

$$A = y_0 - \frac{g}{2} \left(\frac{x_0 \sec \theta_0}{v_0} \right)^2 - x_0 \tan \theta_0$$

$$B = gx_0 \left(\frac{\sec \theta_0}{v_0} \right)^2 + \tan \theta_0$$

$$C = -\frac{g}{2} \left(\frac{\sec^2 \theta_0}{v_0^2} \right)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Como x_0 , y_0 , g , v_0 , θ_0 são constantes, a Eq. (5) tem a forma

$$y = A + Bx + Cx^2$$

$$A = y_0 - \frac{g}{2} \left(\frac{x_0 \sec \theta_0}{v_0} \right)^2 - x_0 \tan \theta_0$$

$$B = gx_0 \left(\frac{\sec \theta_0}{v_0} \right)^2 + \tan \theta_0$$

$$C = -\frac{g}{2} \left(\frac{\sec^2 \theta_0}{v_0^2} \right)$$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Como x_0 , y_0 , g , v_0 , θ_0 são constantes, a Eq. (5) tem a forma

$$y = A + Bx + Cx^2$$

$$A = y_0 - \frac{g}{2} \left(\frac{x_0 \sec \theta_0}{v_0} \right)^2 - x_0 \tan \theta_0$$

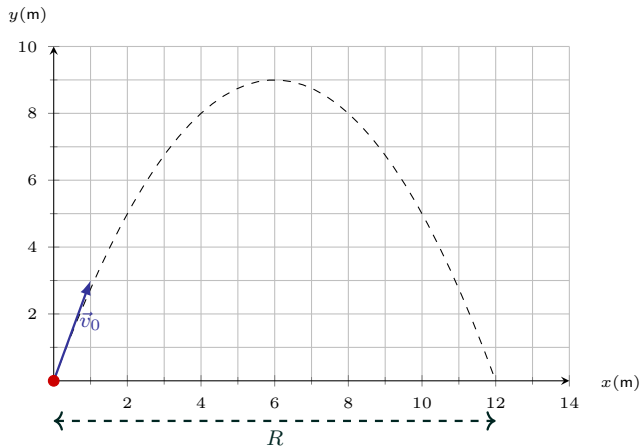
$$B = gx_0 \left(\frac{\sec \theta_0}{v_0} \right)^2 + \tan \theta_0$$

$$C = -\frac{g}{2} \left(\frac{\sec^2 \theta_0}{v_0^2} \right)$$

Alcance horizontal

Movimento balístico

- Alcance horizontal R : é a distância horizontal percorrida pelo projétil até voltar à altura de lançamento.



Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \quad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta_0)}{g}$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \quad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta_0)}{g}$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \qquad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta_0)}{g}$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \qquad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta_0)$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \qquad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta_0)$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \quad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta_0)$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Já vimos que

$$\Delta y = \tan \theta_0 \Delta x - \frac{g}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos \theta_0} \right)^2$$

- Para determinar o alcance R fazemos

$$\Delta x = R \qquad \Delta y = 0$$

- E obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta_0)$$

dica: $\sin(2\phi) = 2 \sin \phi \cos \phi$

Para qual angulo de lançamento o alcance horizontal R é máximo?

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta_0)$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

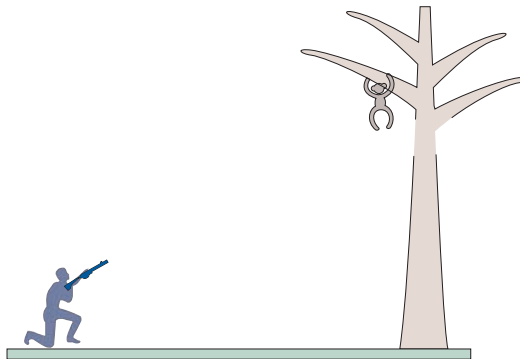
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

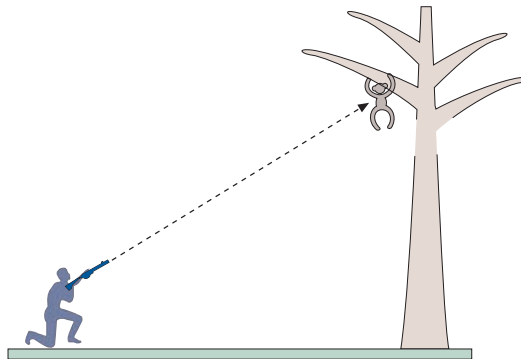
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

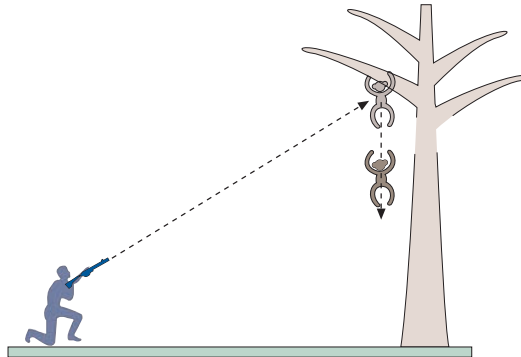
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

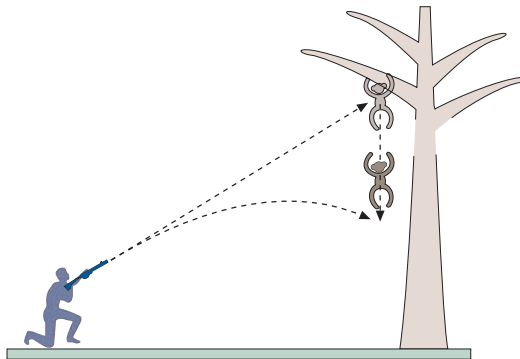
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

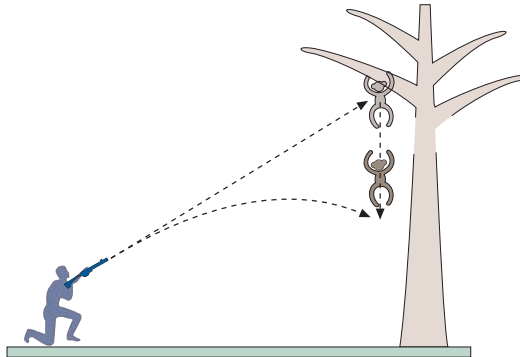
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

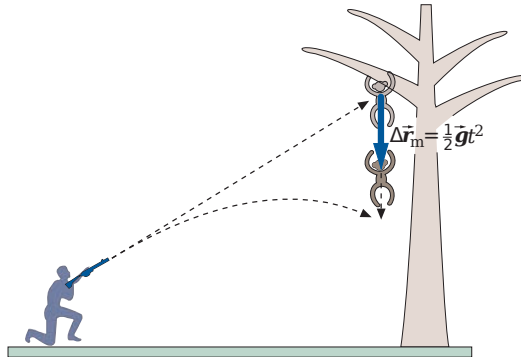
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

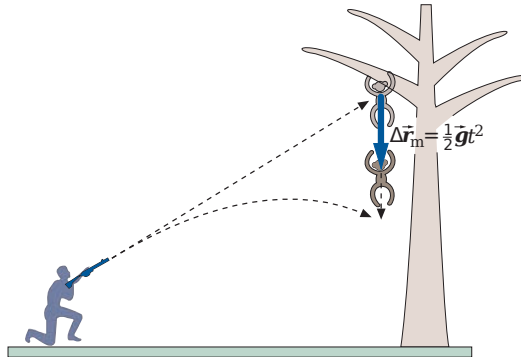
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

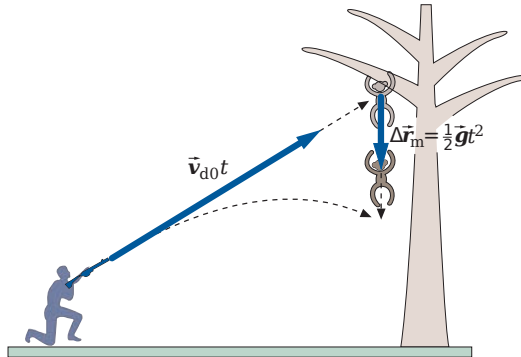
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

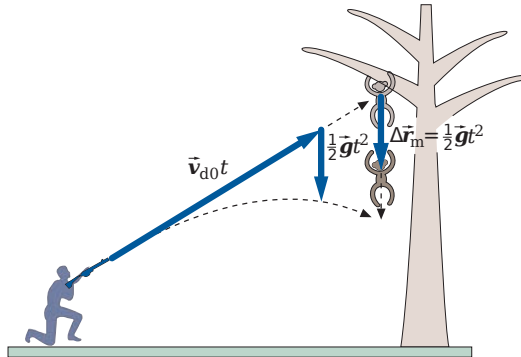
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

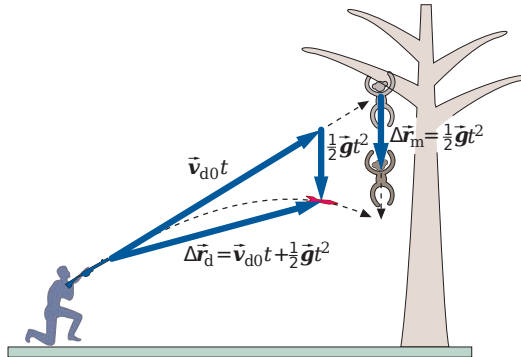
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

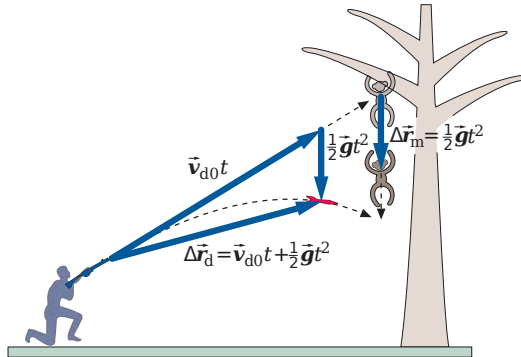
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{\vec{g}}{2} t^2$$

- Deslocamento do dardo

$$\Delta \vec{r}_d = \vec{v}_{d0} t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

- Note que no tempo t o dardo e o macaco estão ambos a uma distância de $\frac{1}{2} g t^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2, \quad \vec{g} = -g \hat{j}$$

- 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

