Física 1 (4310145) - Movimento em Duas e Três Dimensões

Sumário

Sumário

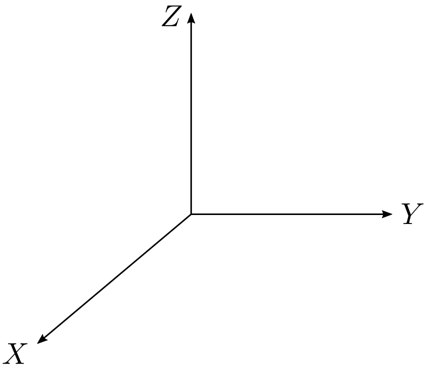
Sumário

- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\mathrm{m})\hat{\imath} + (-5\mathrm{m})\hat{\jmath} + (1\mathrm{m})\hat{k}$$



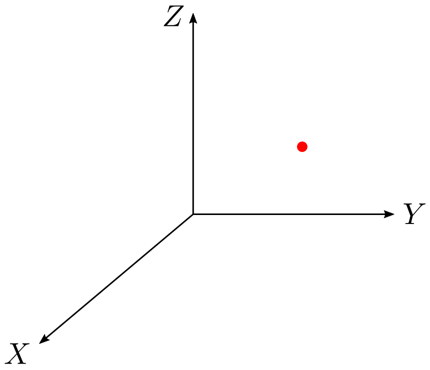
Posição e deslocamento
Posição

- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\text{m})\hat{\imath} + (-5\text{m})\hat{\jmath} + (1\text{m})\hat{k}$$



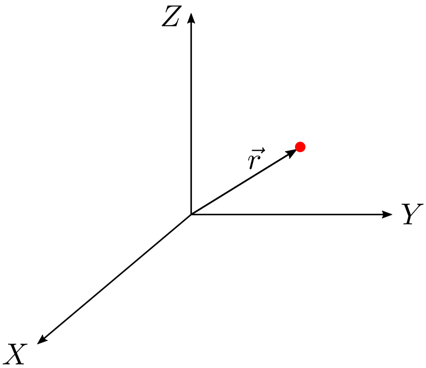
Posição e deslocamento
Posição

- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\mathrm{m})\hat{\imath} + (-5\mathrm{m})\hat{\jmath} + (1\mathrm{m})\hat{k}$$



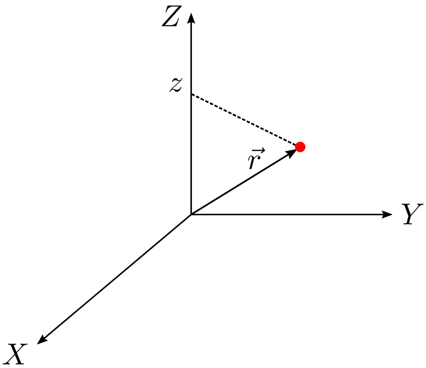
Posição e deslocamento
Posição

- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\text{m})\hat{\imath} + (-5\text{m})\hat{\jmath} + (1\text{m})\hat{k}$$



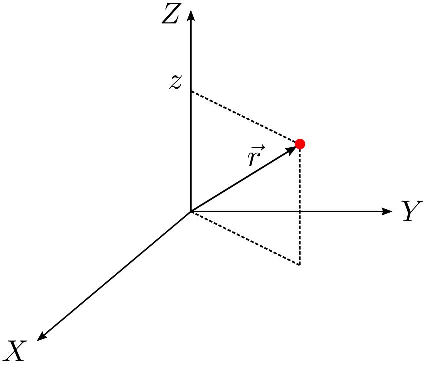
Posição e deslocamento
Posição

- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\text{m})\hat{\imath} + (-5\text{m})\hat{\jmath} + (1\text{m})\hat{k}$$

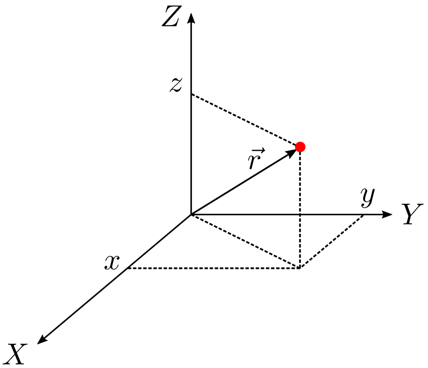


- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\text{m})\hat{\imath} + (-5\text{m})\hat{\jmath} + (1\text{m})\hat{k}$$

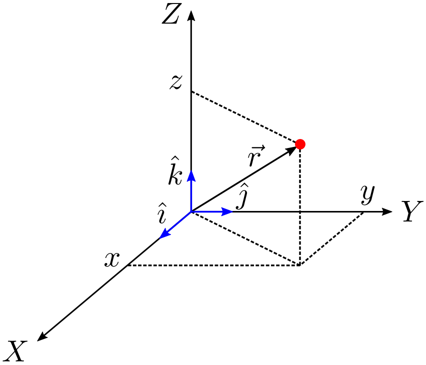


- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} = r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\text{m})\hat{\imath} + (-5\text{m})\hat{\jmath} + (1\text{m})\hat{k}$$

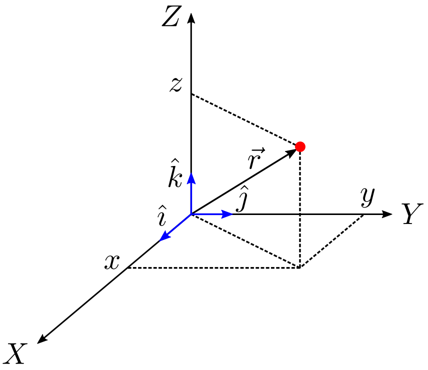


- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} \; = \; r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\mathrm{m})\hat{\imath} + (-5\mathrm{m})\hat{\jmath} + (1\mathrm{m})\hat{k}$$

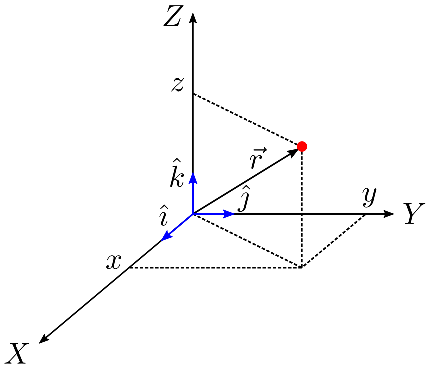


- A localização de uma partícula pode ser especificada por um vetor posição $\vec{r}$
- Na notação dos vetores unitários

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath} + z\,\hat{k} \;=\; r_x\,\hat{\imath} + r_y\,\hat{\jmath} + r_z\,\hat{k}$$

- Exemplo

$$\vec{r} = (2\text{m})\hat{\imath} + (-5\text{m})\hat{\jmath} + (1\text{m})\hat{k}$$



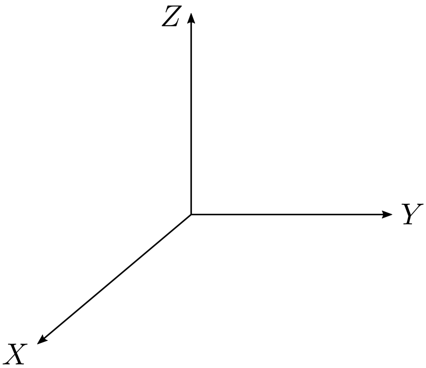
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{i} + y_2\hat{j} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{i} + y_1\hat{j} + z_1\hat{k})$$

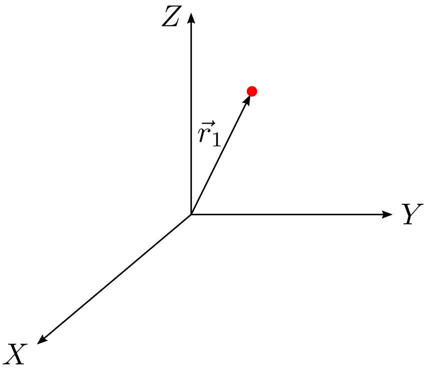
$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_2 - y_1)\hat{j} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\,\hat{i} + \Delta y\,\hat{j} + \Delta z\,\hat{k}$$



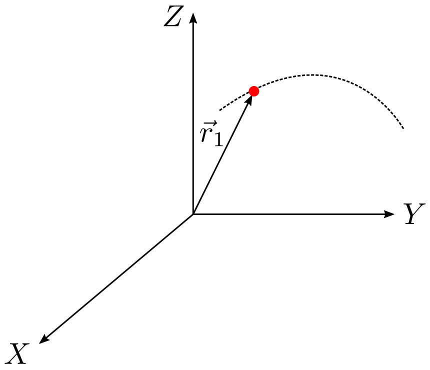
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



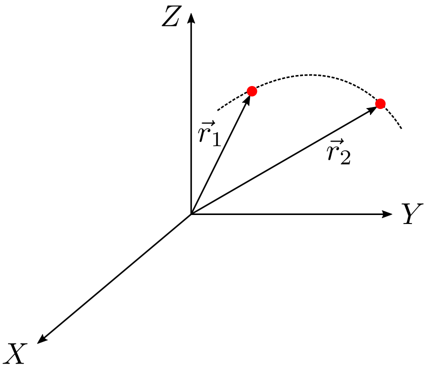
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{i} + y_2\hat{j} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{i} + y_1\hat{j} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_2 - y_1)\hat{j} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\,\hat{i} + \Delta y\,\hat{j} + \Delta z\,\hat{k}$$



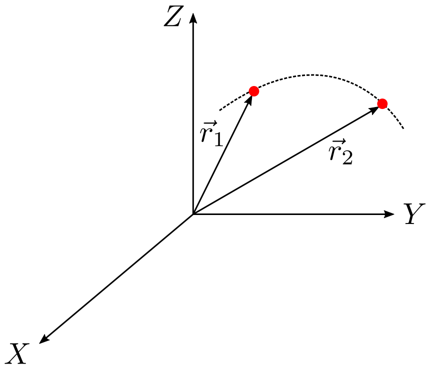
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{\imath} + y_2\hat{\jmath} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{\imath} + y_1\hat{\jmath} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\ \hat{\imath} + \Delta y\ \hat{\jmath} + \Delta z\ \hat{k}$$



Posição e deslocamento
Deslocamento

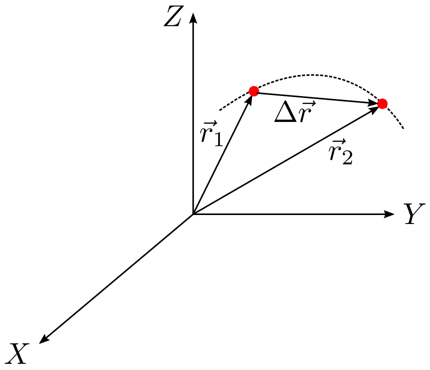
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{\imath} + y_2\hat{\jmath} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{\imath} + y_1\hat{\jmath} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\ \hat{\imath} + \Delta y\ \hat{\jmath} + \Delta z\ \hat{k}$$



Posição e deslocamento
Deslocamento

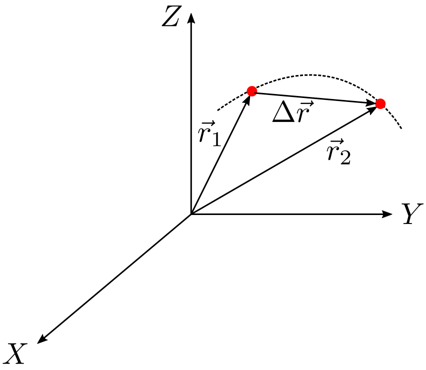
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{\imath} + y_2\hat{\jmath} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{\imath} + y_1\hat{\jmath} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\ \hat{\imath} + \Delta y\ \hat{\jmath} + \Delta z\ \hat{k}$$



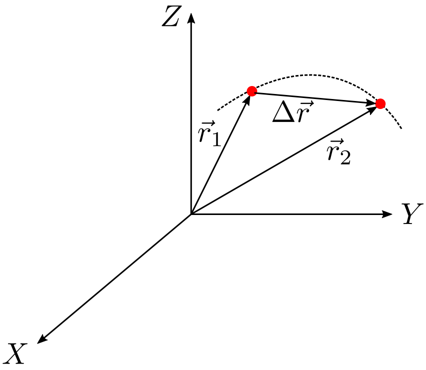
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{\imath} + y_2\hat{\jmath} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{\imath} + y_1\hat{\jmath} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\ \hat{\imath} + \Delta y\ \hat{\jmath} + \Delta z\ \hat{k}$$



Posição e deslocamento
Deslocamento

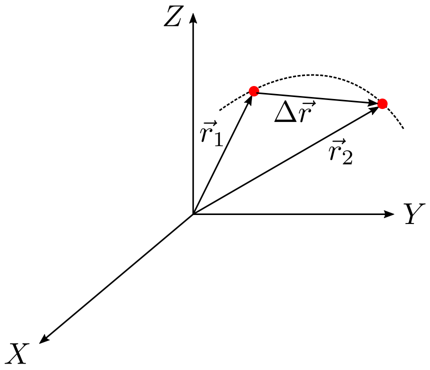
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{\imath} + y_2\hat{\jmath} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{\imath} + y_1\hat{\jmath} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\ \hat{\imath} + \Delta y\ \hat{\jmath} + \Delta z\ \hat{k}$$



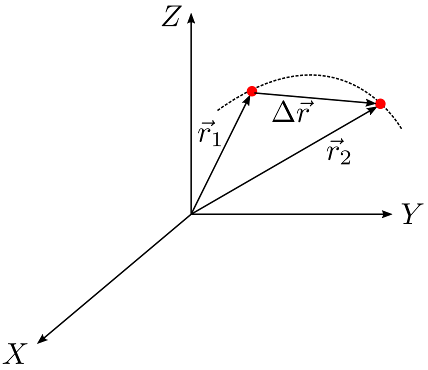
- No tempo $t = t_1$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_1 = \vec{r}(t_1)$
- No tempo $t = t_2$ a posição da partícula é dada por $\vec{r}_2 = \vec{r}(t_2)$
- Durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ o deslocamento da partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}_2 + (-\vec{r}_1)$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{\imath} + y_2\hat{\jmath} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{\imath} + y_1\hat{\jmath} + z_1\hat{k})$$

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{\imath} + (y_2 - y_1)\hat{\jmath} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\ \hat{\imath} + \Delta y\ \hat{\jmath} + \Delta z\ \hat{k}$$



Posição e deslocamento
Exemplo

- Uma partícula se movimenta segundo as equações

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28 \qquad\qquad y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- No instante $t = 15\text{s}$, qual é o vetor posição $\vec{r}$ da partícula na notação dos vetores unitários e na notação módulo-ângulo?

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{\imath} + y(t)\hat{\jmath}$$

$$(\ x(t)\ \text{ e }\ y(t)\ ) \qquad \Longleftrightarrow \qquad (\ \theta(t)\ \text{ e }\ |\vec{r}(t)|\ )$$

- Em $t = 15\text{s}$, temos: $x(15) = 66\text{m}$ e $y(15) = -57\text{m}$

$$\boxed{\vec{r}(15\text{s}) = (66\text{m})\hat{\imath} + (-57\text{m})\hat{\jmath}}$$

- Uma partícula se movimenta segundo as equações

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28 \qquad y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- No instante $t = 15$s , qual é o vetor posição $\vec{r}$ da partícula na notação dos vetores unitários e na notação módulo-ângulo?

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{\imath} + y(t)\hat{\jmath} \qquad ($$

$$(\ x(t) \ \text{ e } \ y(t)\ ) \iff (\ \theta(t) \ \text{ e } \ |\vec{r}(t)|\ )$$

- Em $t = 15$s, temos: $x(15) = 66$m e $y(15) = -57$m

$$\boxed{\vec{r}(15\text{s}) = (66\text{m})\hat{\imath} + (-57\text{m})\hat{\jmath}}$$

- Uma partícula se movimenta segundo as equações

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28 \qquad y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- No instante $t = 15$s , qual é o vetor posição $\vec{r}$ da partícula na notação dos vetores unitários e na notação módulo-ângulo?

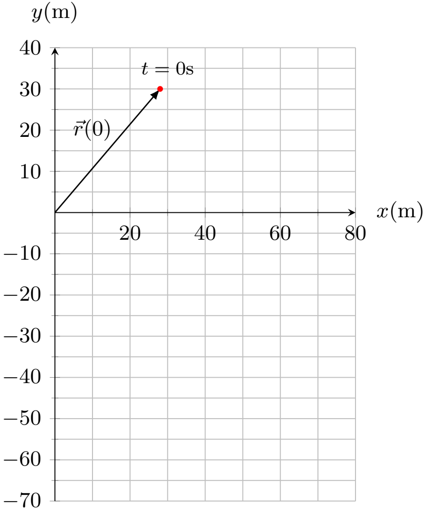
$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{\imath} + y(t)\hat{\jmath}$$

$$(\ x(t) \ \text{ e } \ y(t)\ ) \qquad \Longleftrightarrow \qquad (\ \theta(t) \ \text{ e } \ |\vec{r}(t)|\ )$$

- Em $t = 15$s, temos: $x(15) = 66$m e $y(15) = -57$m

$$\boxed{\vec{r}(15\text{s}) = (66\text{m})\hat{\imath} + (-57\text{m})\hat{\jmath}}$$

Posição e deslocamento
Exemplo



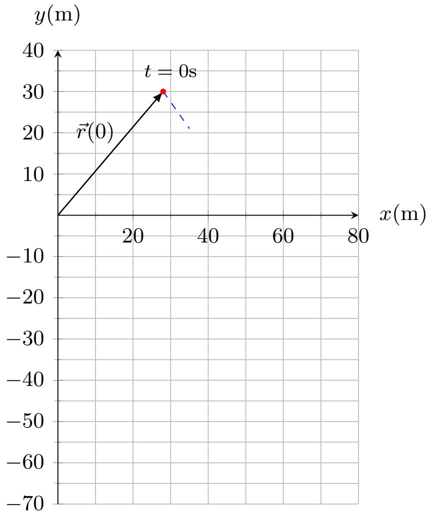
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\text{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\text{m})^2 + (-57\text{m})^2} = 87\text{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\text{m}}{66\text{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

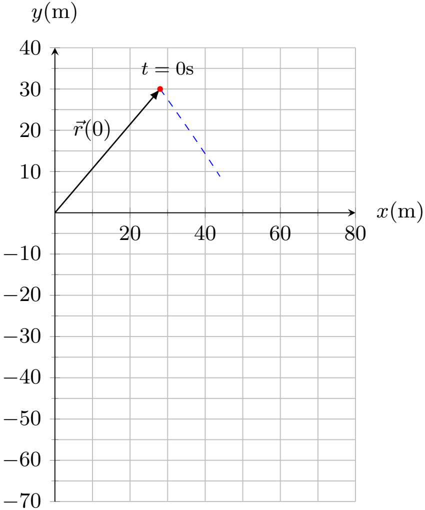
$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



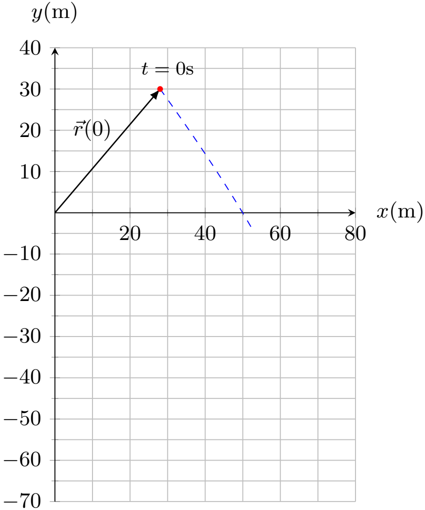
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

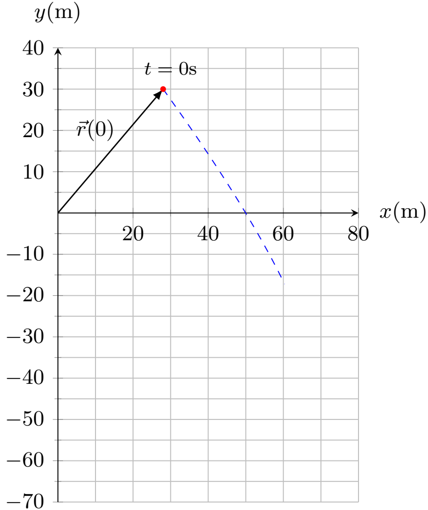
$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

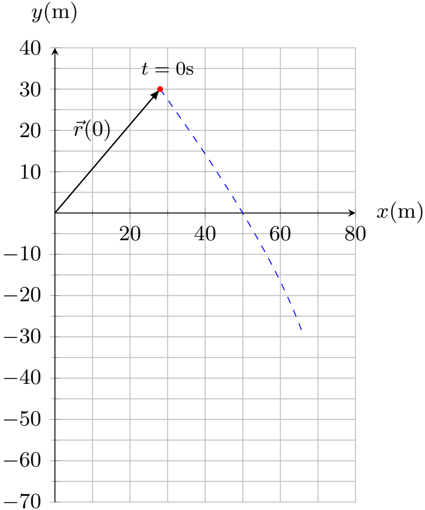
$$|\vec{r}(15\text{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\text{m})^2 + (-57\text{m})^2} = 87\text{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\text{m}}{66\text{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



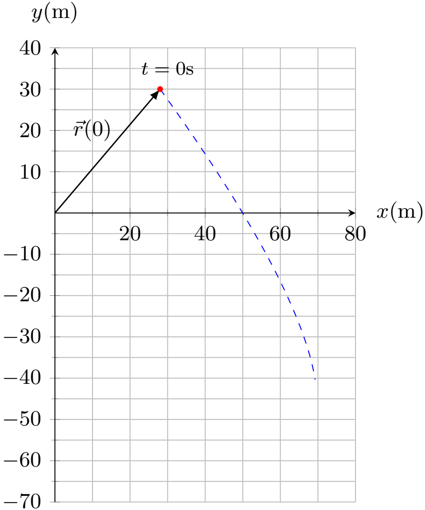
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



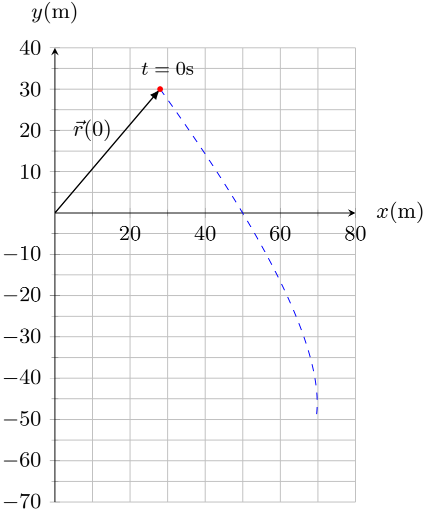
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



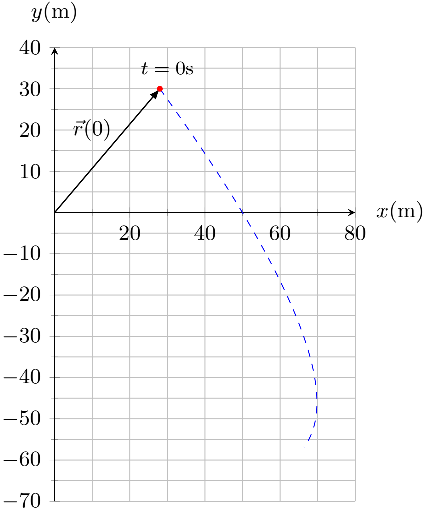
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

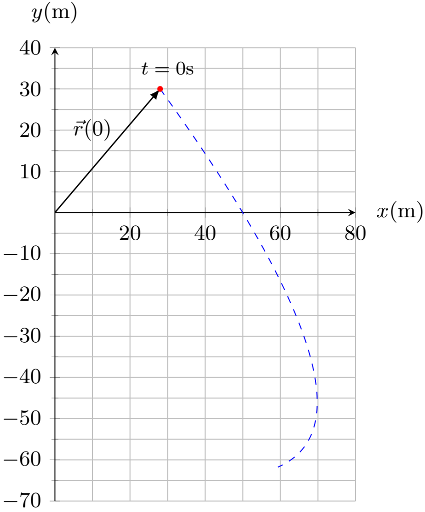
$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



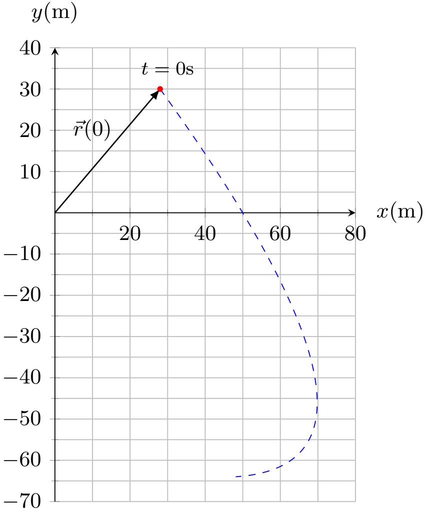
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



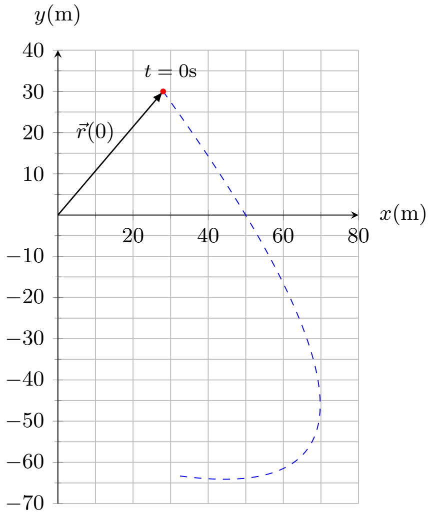
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)$$
$$= -41^\circ$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



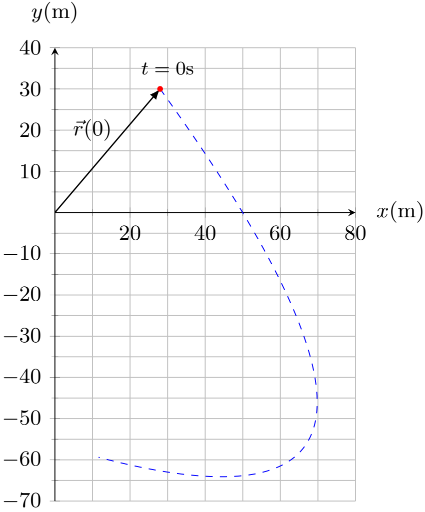
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

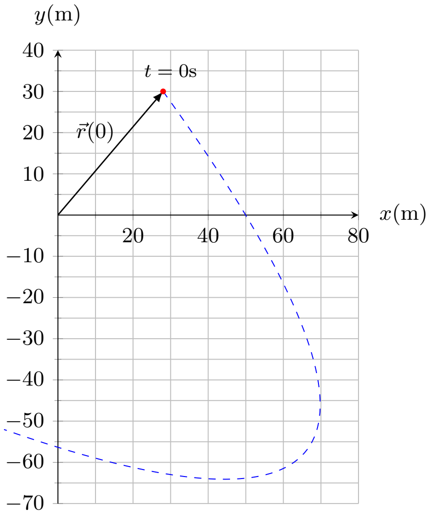
$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



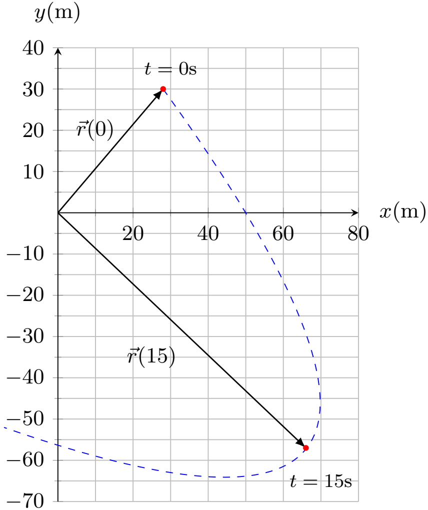
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\text{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\text{m})^2 + (-57\text{m})^2} = 87\text{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-57\text{m}}{66\text{m}}\right) = -41^\circ$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

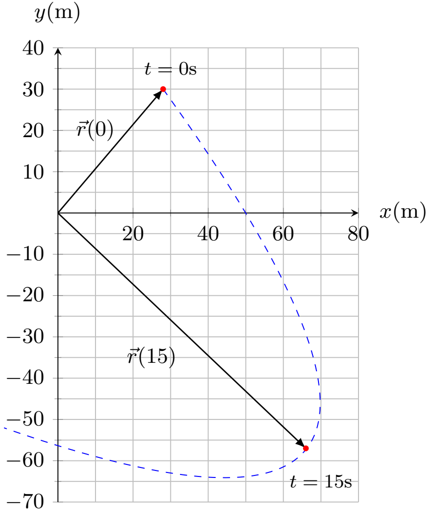
$$|\vec{r}(15\text{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\text{m})^2 + (-57\text{m})^2} = 87\text{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\text{m}}{66\text{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

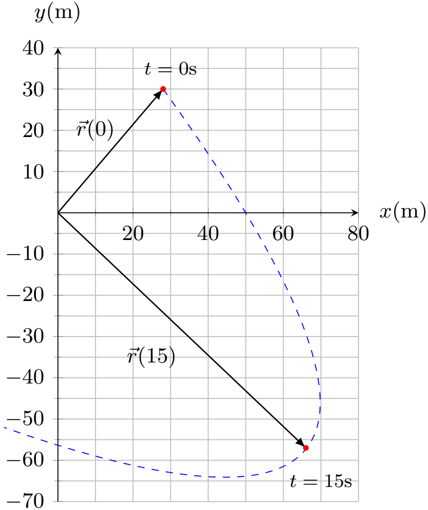
$$|\vec{r}(15\mathsf{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathsf{m})^2 + (-57\mathsf{m})^2} = 87\mathsf{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathsf{m}}{66\mathsf{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Posição e deslocamento
Exemplo



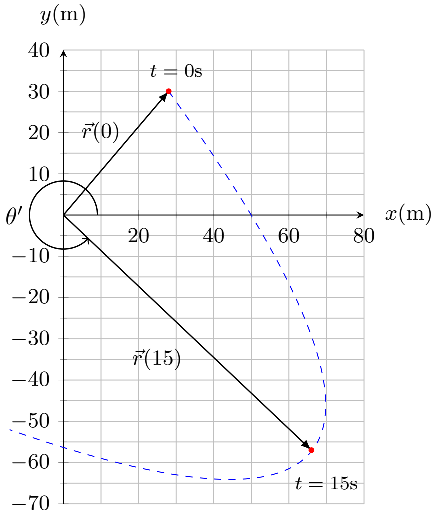
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



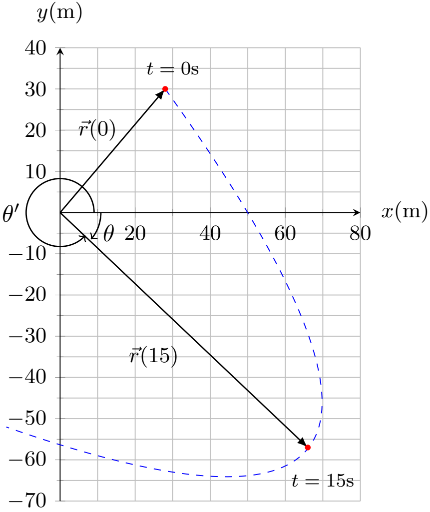
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\mathrm{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\mathrm{m})^2 + (-57\mathrm{m})^2} = 87\mathrm{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\mathrm{m}}{66\mathrm{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



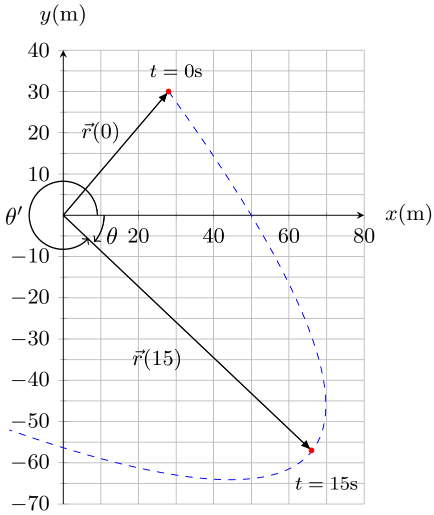
- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\text{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\text{m})^2 + (-57\text{m})^2} = 87\text{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)\\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\text{m}}{66\text{m}}\right)\\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.



- O módulo $|\vec{r}|$ é dado por

$$|\vec{r}(15\text{s})| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(66\text{m})^2 + (-57\text{m})^2} = 87\text{m}$$

- e o ângulo de $\vec{r}$ é dado por

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{-57\text{m}}{66\text{m}}\right) \\ &= -41^\circ\end{aligned}$$

- Portanto $\theta = -41^\circ$ ou $\theta = 319^\circ$ indicam a mesma orientação.

Sumário

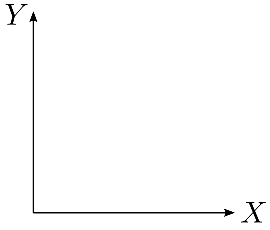
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



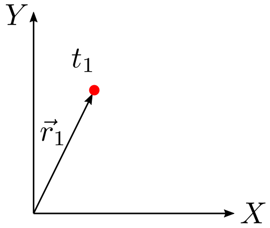
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



Vetor velocidade
Velocidade média

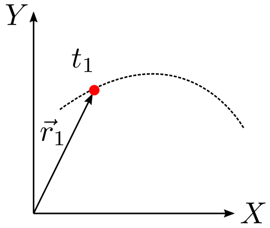
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



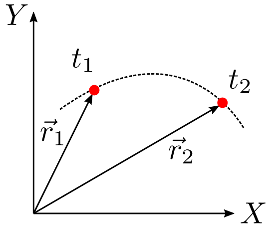
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes[†]

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



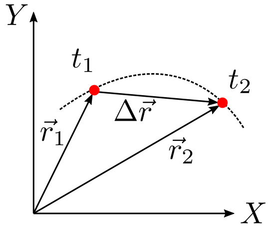
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes[†]

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



Vetor velocidade
Velocidade média

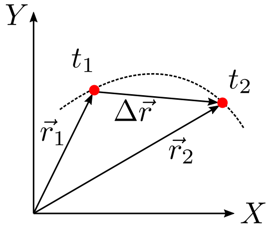
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

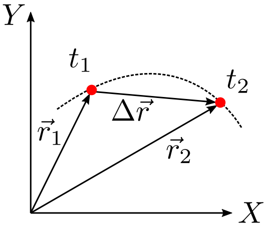
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†



$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

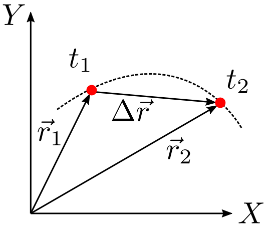
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Vetor velocidade
Velocidade média

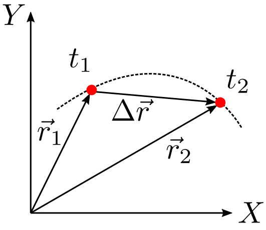
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes†

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

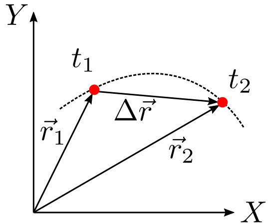
- O vetor velocidade média é definido como

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes[†]

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)\hat{\jmath} + \left(\frac{\Delta z}{\Delta t}\right)\hat{k}$$



$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

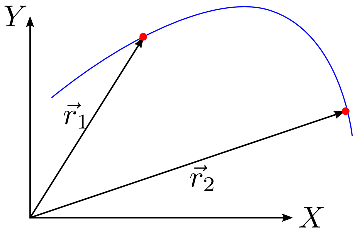
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

† $\Delta\vec{r} = \Delta x\hat{\imath} + \Delta y\hat{\jmath} + \Delta z\hat{k}$

- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero

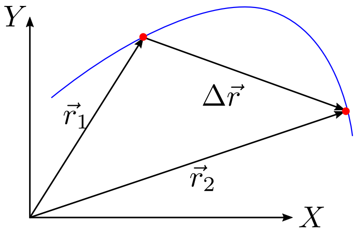
- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero

- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero

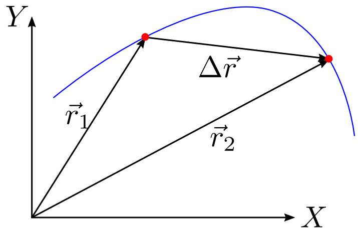


Vetor velocidade
Velocidade instantânea

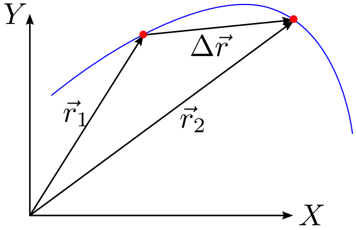
- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



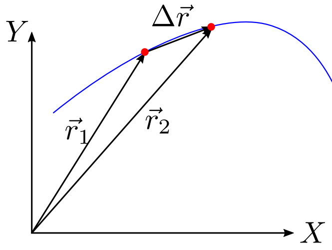
- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



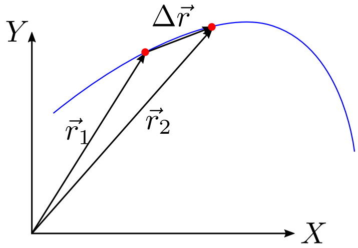
- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



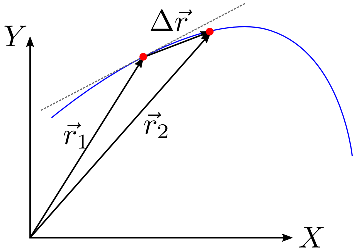
- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



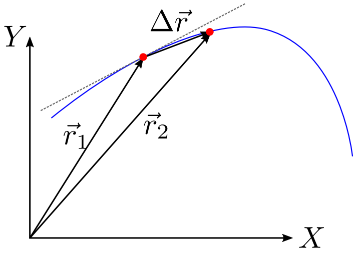
- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



- Se consideramos intervalos de tempo cada vez menores, a magnitude do deslocamento se aproxima da distância ao longo da curva
- O ângulo entre $\Delta\vec{r}$ e a tangente à curva no início do intervalo se aproxima de zero



Vetor velocidade instantânea

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

- Em termos das componentes

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x \hat{\imath} + \Delta y \hat{\jmath} + \Delta z \hat{k}}{\Delta t}$$

$$= \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right) \hat{\imath} + \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right) \hat{\jmath} + \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta z}{\Delta t} \right) \hat{k}$$

$$= \frac{dx}{dt} \hat{\imath} + \frac{dy}{dt} \hat{\jmath} + \frac{dz}{dt} \hat{k}$$

$$= v_x \hat{\imath} + v_y \hat{\jmath} + v_z \hat{k}$$

- Sendo que

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt} \qquad v_z = \frac{dz}{dt}$$

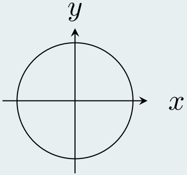
A figura mostra uma trajetória circular descrita por uma partícula. Se a velocidade da partícula em um dado instante é

$$\vec{v} = (2\text{m/s})\hat{\imath} - (2\text{m/s})\hat{\jmath},$$

em qual dos quadrantes a partícula está se movendo nesse instante se o movimento é

1. no sentido horário?
2. no sentido anti-horário?

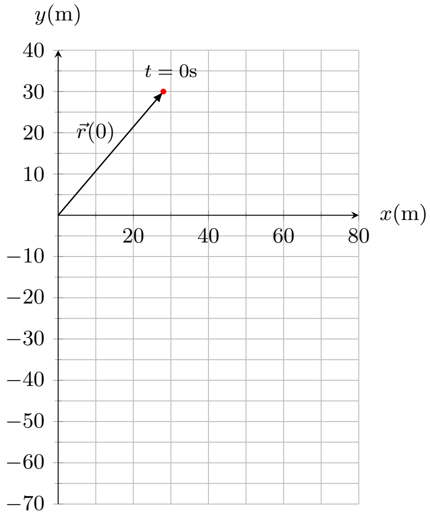
Desenhe $\vec{v}$ na figura para os dois casos.



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?

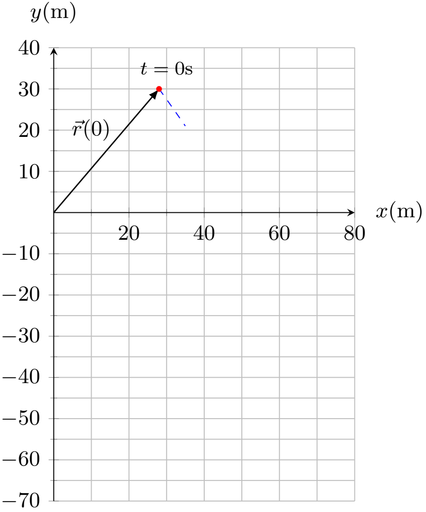


Vetor velocidade
Exemplo

- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

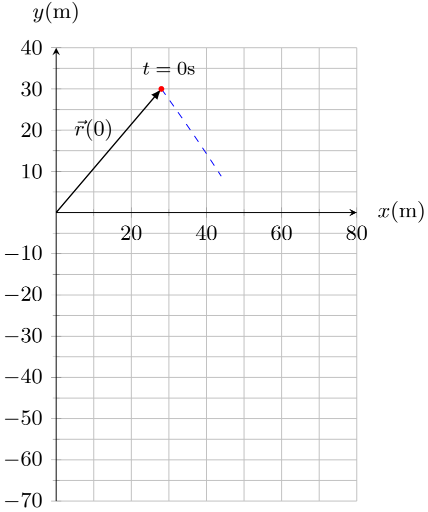
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

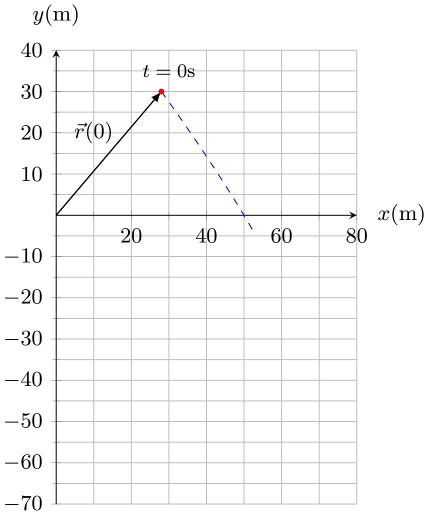
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

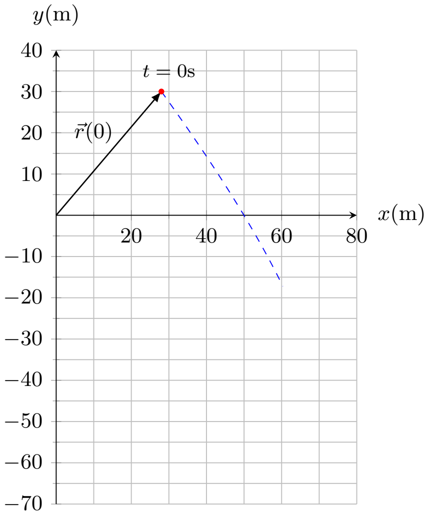
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?

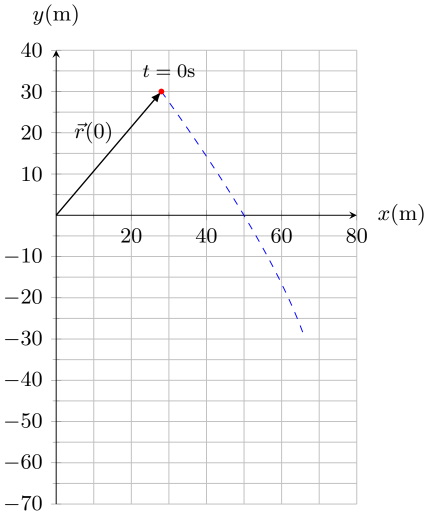


Vetor velocidade
Exemplo

- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

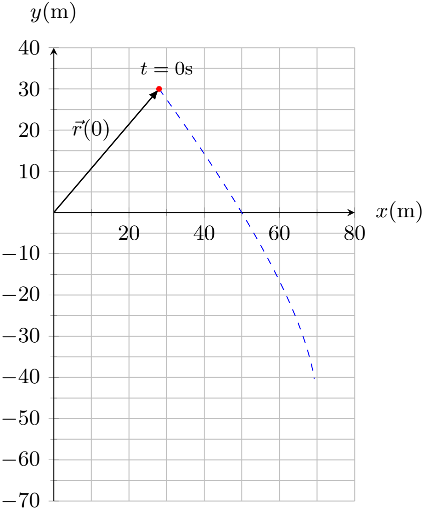
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

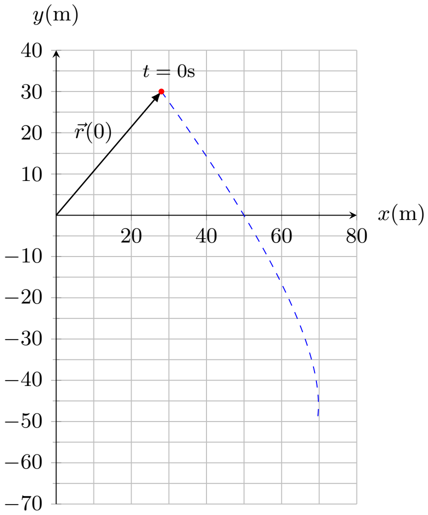
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

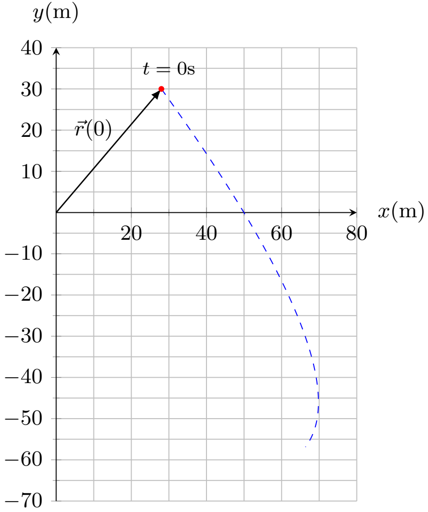
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

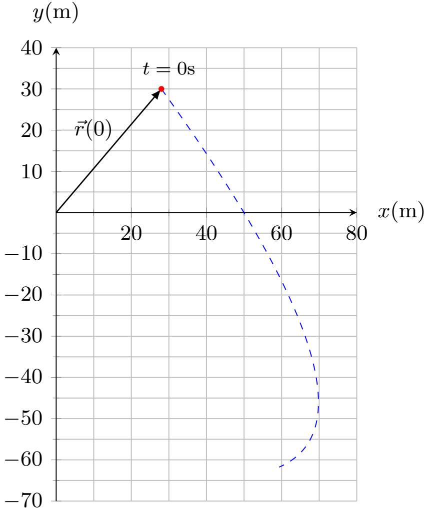
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

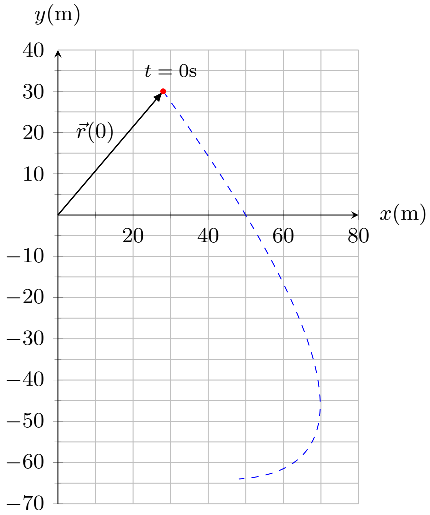
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

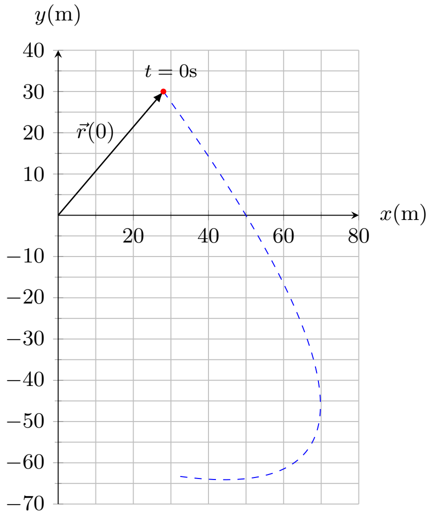
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

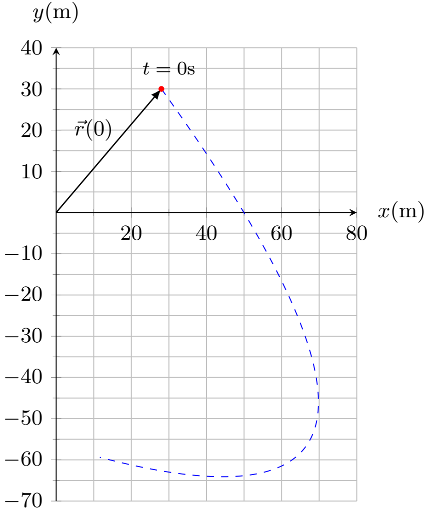
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

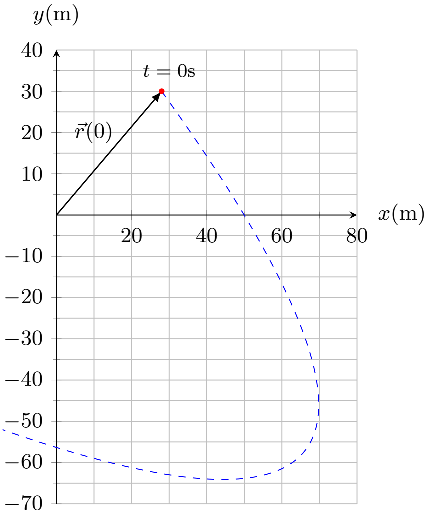
- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?

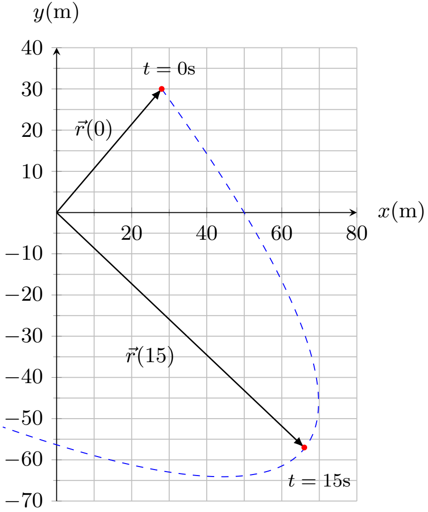


Vetor velocidade
Exemplo

- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15$s?



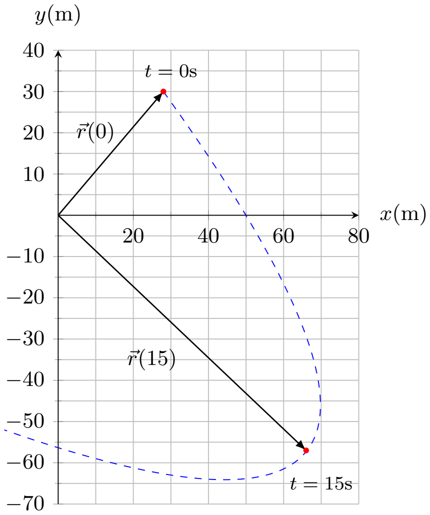
- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt}$$



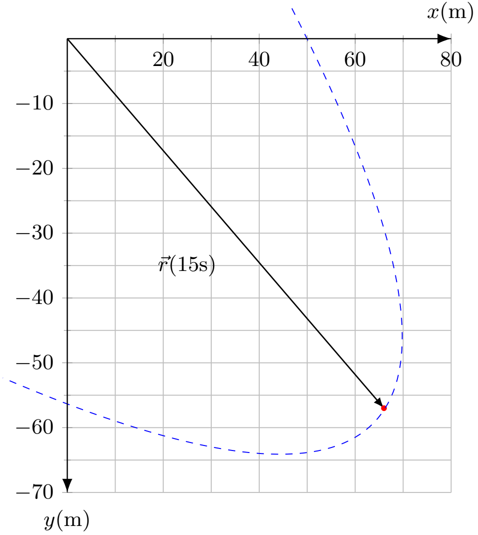
- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt}$$



Vetor velocidade
Exemplo

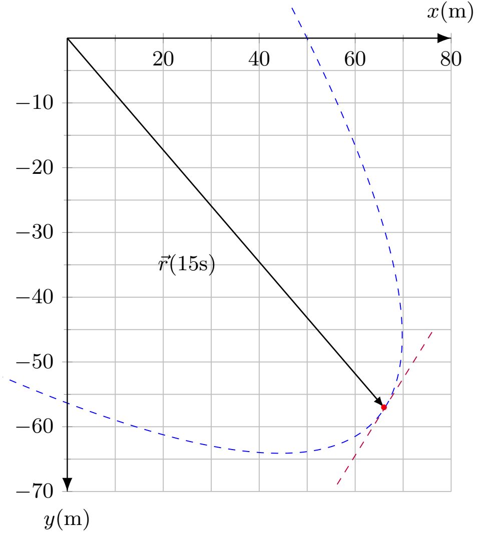
- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt}$$



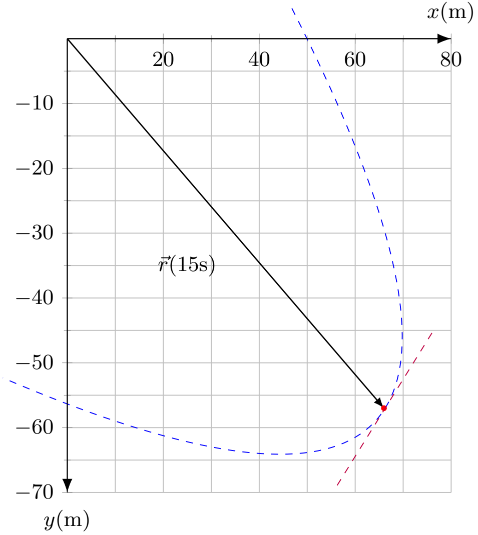
- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt}$$



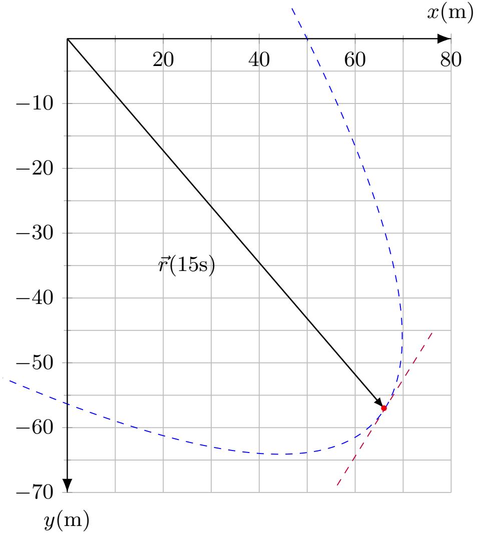
- Você lembra da partícula do slide 7?

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a velocidade $\vec{v}$ no instante $t = 15\text{s}$?

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt}$$



Vetor velocidade
Exemplo

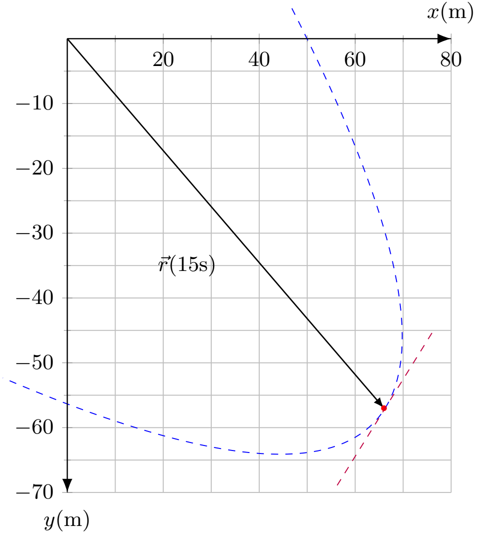
$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$



Vetor velocidade
Exemplo

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

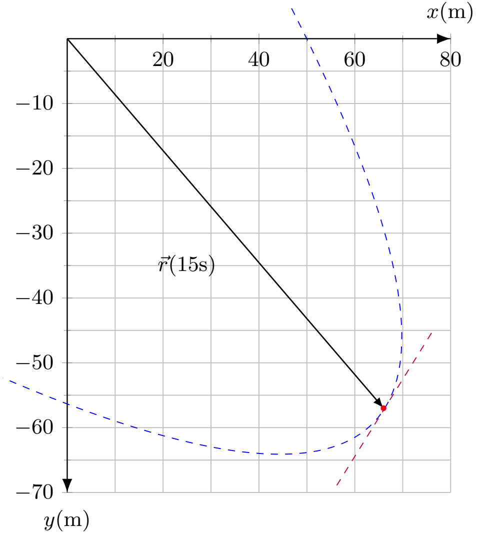
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$

$$v_x(15\text{s}) = -2,1\text{m/s} \qquad v_y(15\text{s}) = -2,5\text{m/s}$$



Vetor velocidade
Exemplo

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

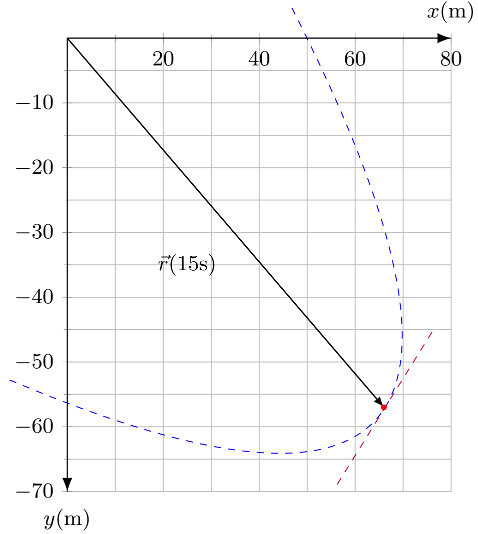
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$

$$v_x(15\text{s}) = -2,1\text{m/s} \qquad v_y(15\text{s}) = -2,5\text{m/s}$$



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

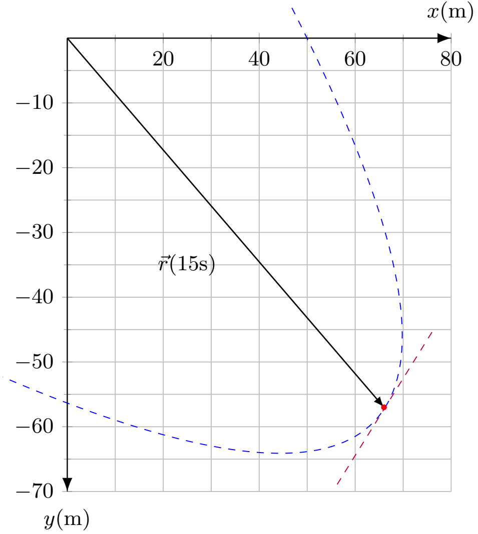
$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

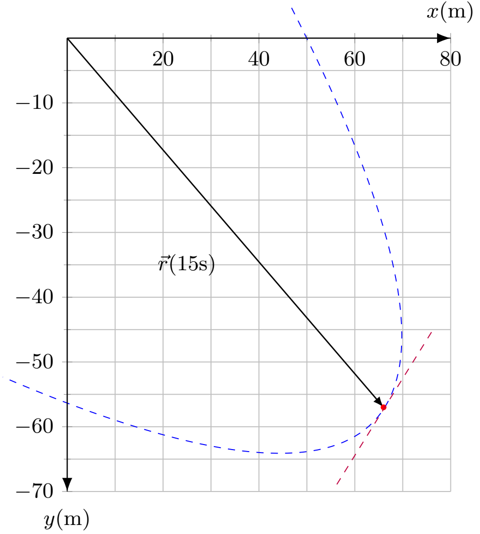
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$

$$v_x(15\text{s}) = -2,1\text{m/s} \qquad v_y(15\text{s}) = -2,5\text{m/s}$$



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

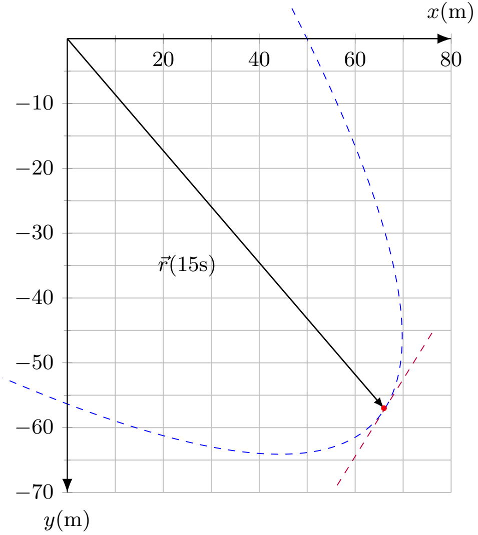
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$

$$v_x(15\text{s}) = -2,1\text{m/s} \qquad v_y(15\text{s}) = -2,5\text{m/s}$$



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

Vetor velocidade

Exemplo

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

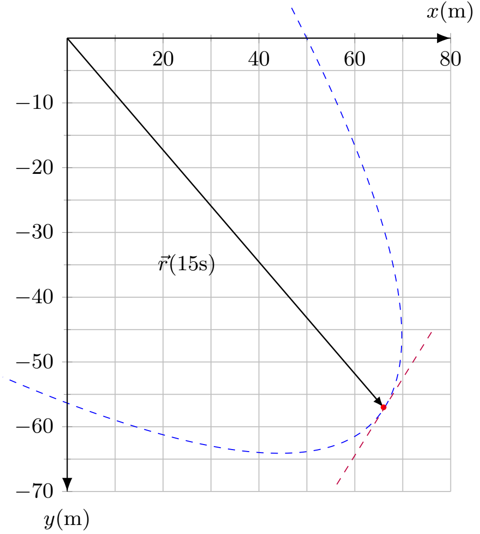
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15$s

$v_x(15\text{s}) = -2,1$m/s $\quad v_y(15\text{s}) = -2,5$m/s



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

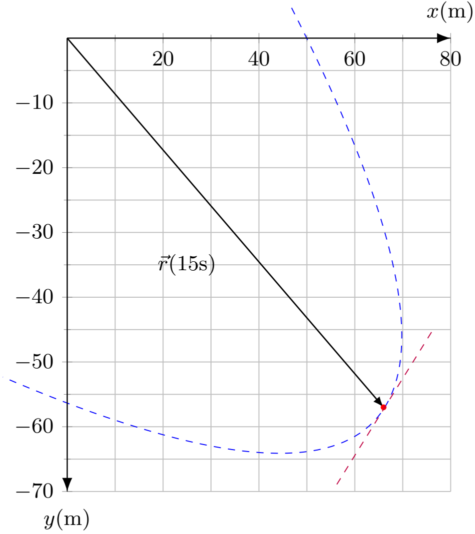
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15$s

$v_x(15\text{s}) = -2,1\text{m/s}$ $\quad$ $v_y(15\text{s}) = -2,5\text{m/s}$



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

Vetor velocidade
Exemplo

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,31t^2 + 7,2t + 28)$$

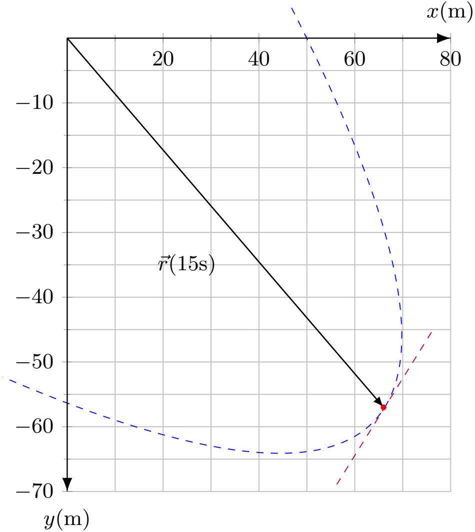
$$= -0,62t + 7,2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(0,22t^2 - 9,1t + 30)$$

$$= 0,44t - 9,1$$

- Em $t = 15\text{s}$

$$v_x(15\text{s}) = -2,1\text{m/s} \qquad v_y(15\text{s}) = -2,5\text{m/s}$$



$\frac{d}{dx}x^m = mx^{m-1}$

- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

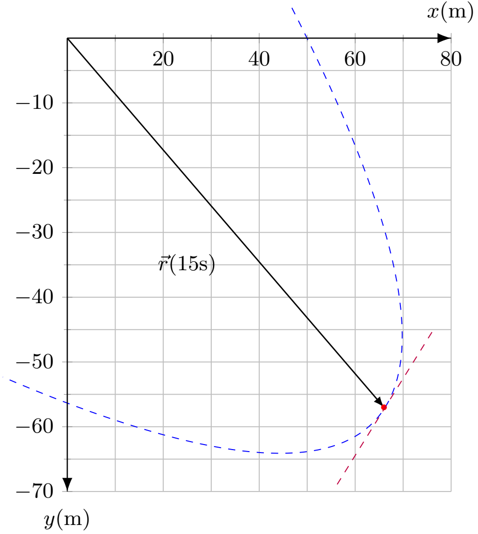
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = +230^\circ \\ 50^\circ - 180^\circ = -130^\circ \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

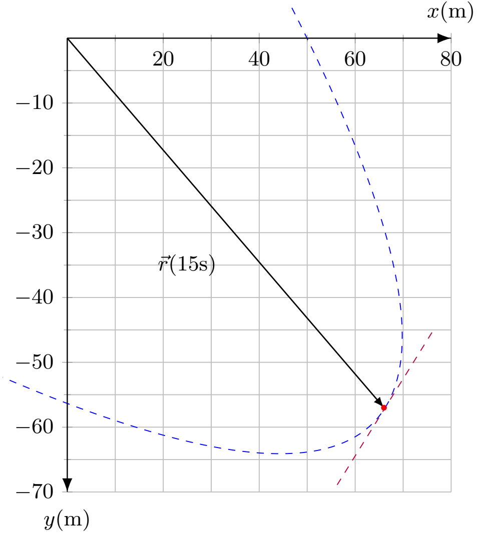
- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

- Módulo

- Orientação



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

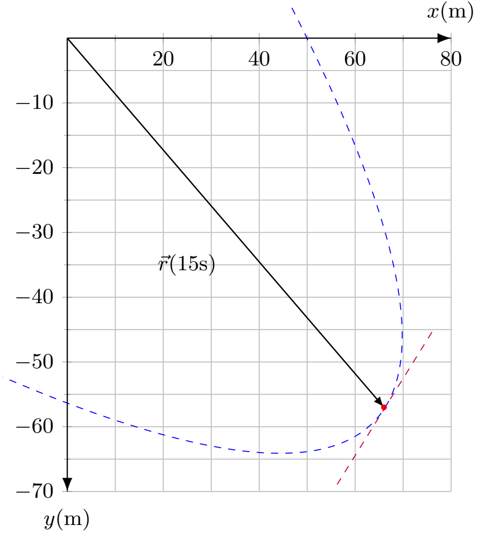
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = 230^\circ \\ 50^\circ - 180^\circ = -130^\circ \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

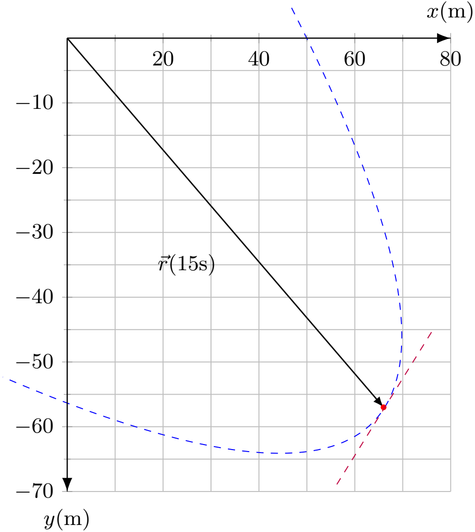
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50° + 180° = +230° \\ 50° - 180° = -130° \end{cases}$$



- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

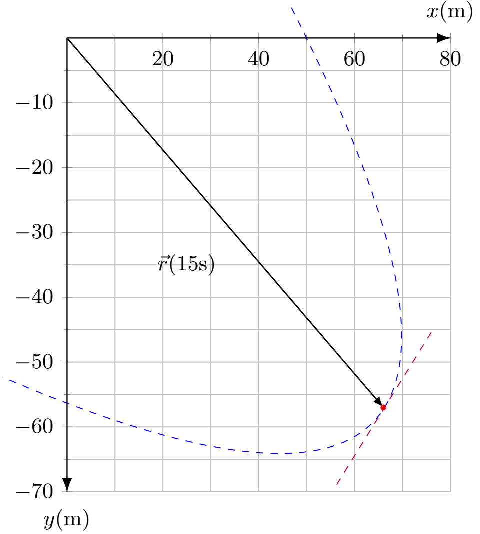
$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

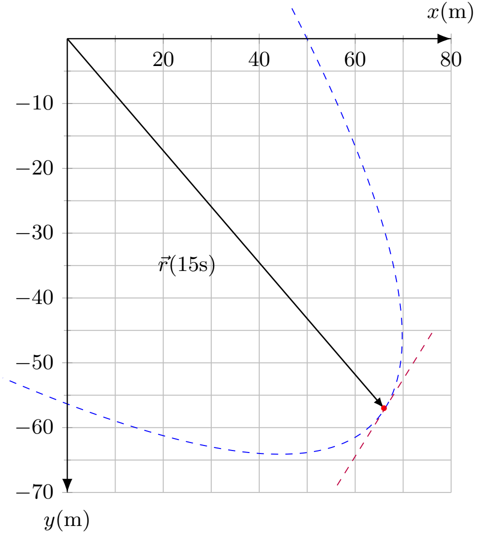
$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

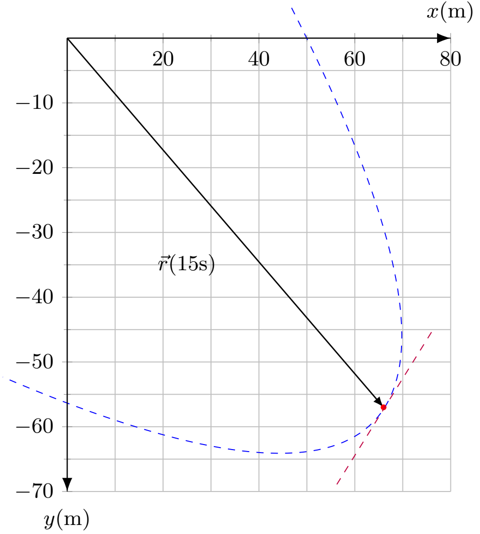
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = +230^\circ \\ 50^\circ - 180^\circ = -130^\circ \end{cases}$$



Vetor velocidade

Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

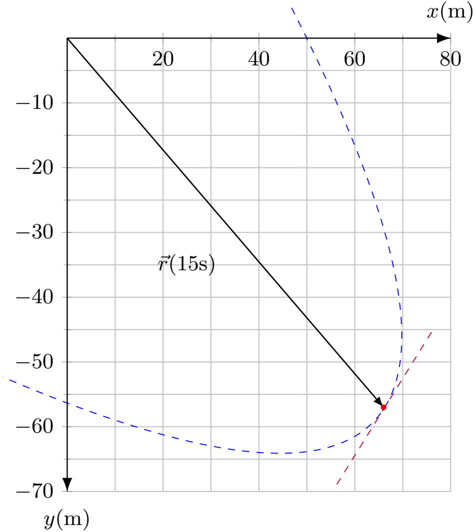
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \checkmark \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \checkmark \end{cases}$$



- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

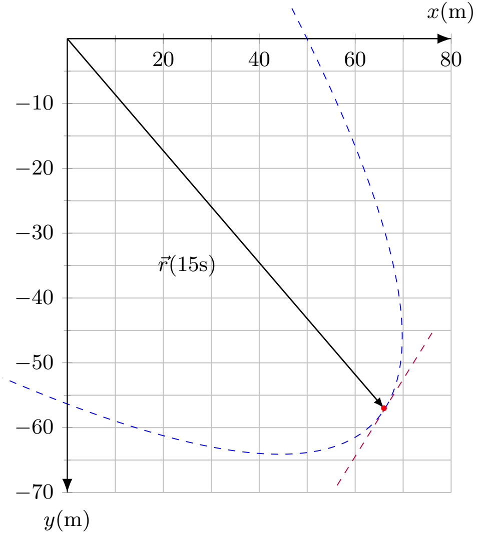
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = +230^\circ \checkmark \\ 50^\circ - 180^\circ = -130^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

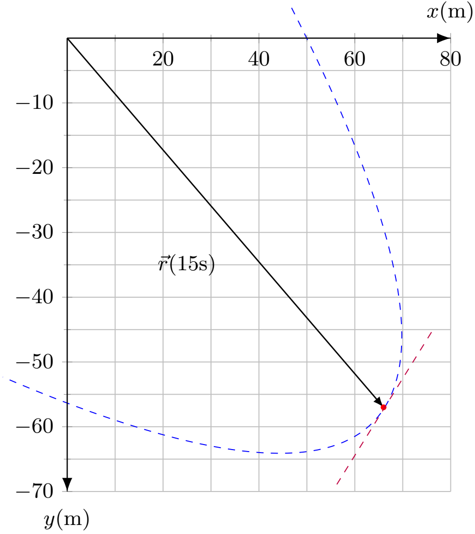
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \checkmark \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

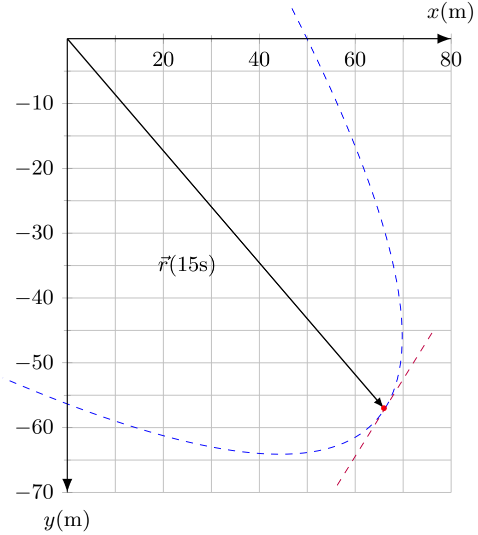
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \checkmark \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

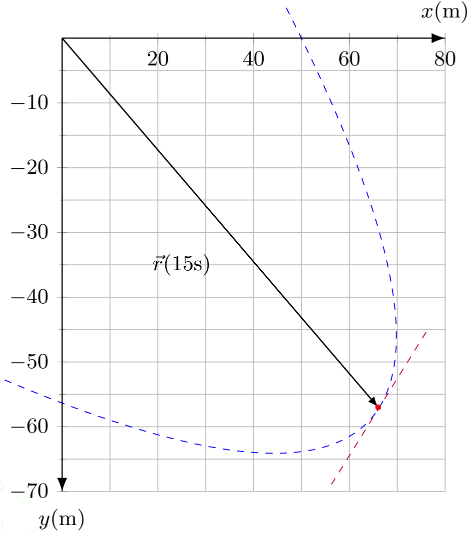
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = 50^\circ = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

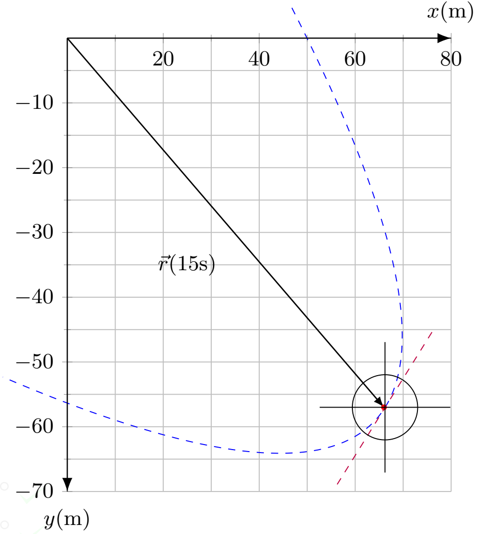
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = 50° = \begin{cases} 50° + 180° = & +230° \\ 50° - 180° = & -130° \end{cases}$$



- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

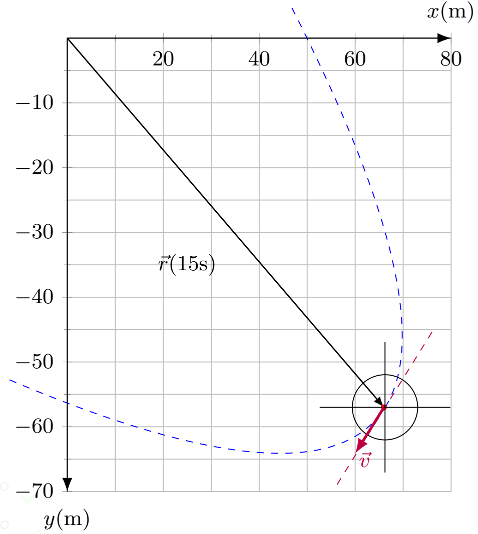
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = 50^\circ = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \end{cases}$$



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

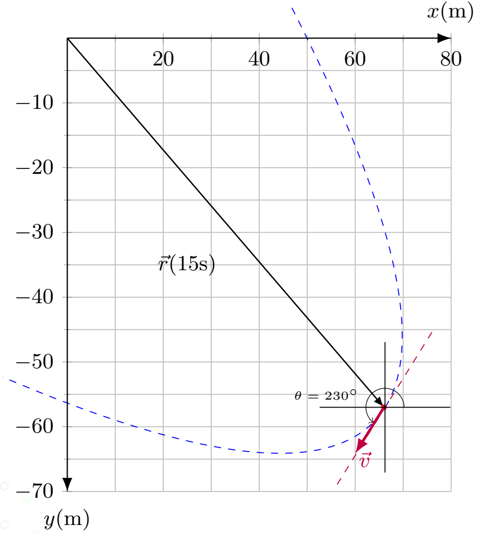
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = 50° = \begin{cases} 50° + 180° = & +230° \\ 50° - 180° = & -130° \end{cases}$$



Vetor velocidade

Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

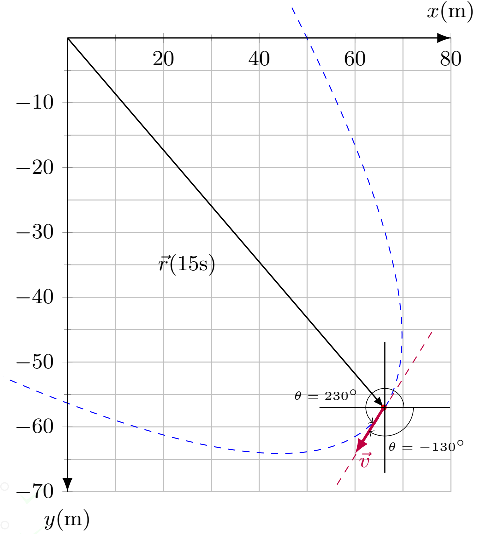
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = 50^\circ = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \checkmark \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

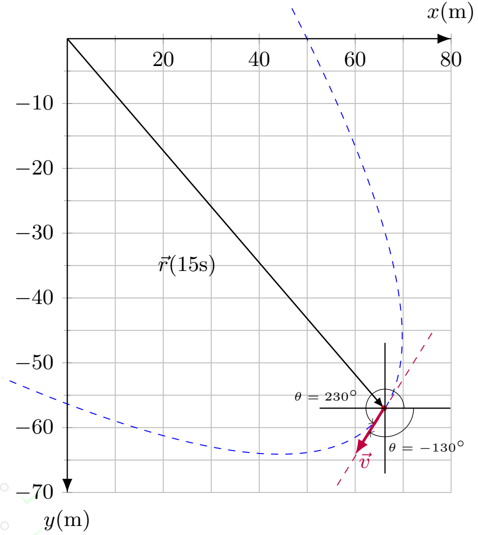
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \cancel{50^\circ} = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \checkmark \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetor velocidade
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

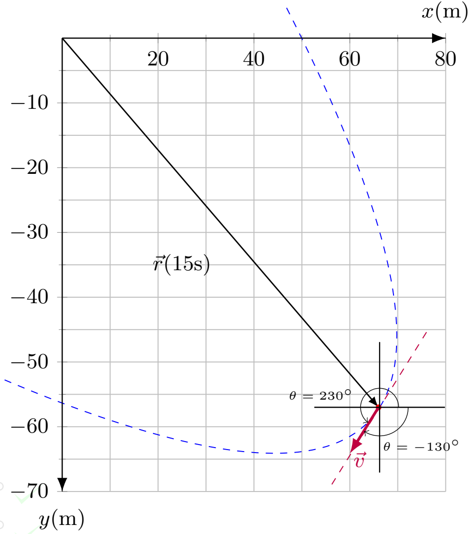
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \cancel{50^\circ} = \begin{cases} 50^\circ + 180^\circ = & +230^\circ \\ 50^\circ - 180^\circ = & -130^\circ \end{cases}$$



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor velocidade será:

$$\vec{v}(15\text{s}) = v_x(15\text{s})\hat{\imath} + v_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{v}(15\text{s}) = (-2,1\text{m/s})\hat{\imath} + (-2,5\text{m/s})\hat{\jmath}$$

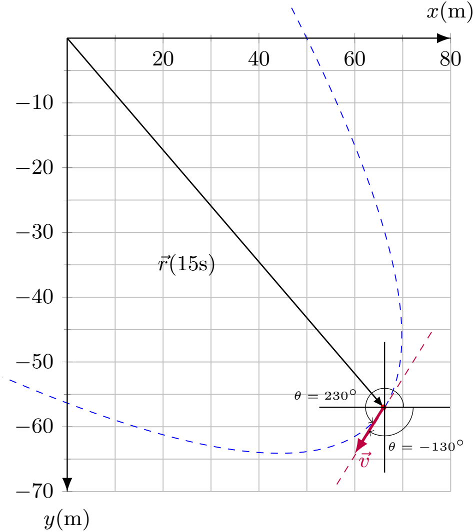
- Módulo

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-2,1\text{m/s})^2 + (-2,5\text{m/s})^2}$$

$$= 3,3\text{m/s}$$

- Orientação $\tan\theta = v_y/v_x = 1,19$

$$\theta = \tan^{-1}(1,19) = \begin{cases} 50° + 180° = & +230° \checkmark \\ 50° - 180° = & -130° \checkmark \end{cases}$$

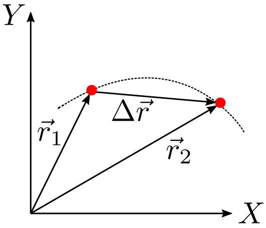


Sumário

- Só para recapitular

Velocidade média

$$\vec{v}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$



$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Aceleração média

- Em termos das componentes

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes

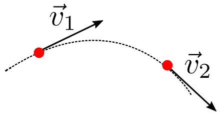
$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$
$$= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{i} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{j} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k}$$
$$= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{i} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{j} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\,\text{méd}})\hat{i} + (a_{y\,\text{méd}})\hat{j} + (a_{z\,\text{méd}})\hat{k}$$

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes



$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

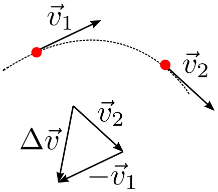
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes



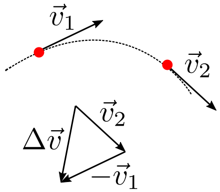
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$



$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Em termos das componentes

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$

Vetor aceleração
Aceleração média

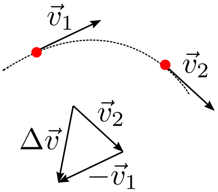
- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$
$$= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k}$$
$$= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\ \text{méd}})\hat{\imath} + (a_{y\ \text{méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\ \text{méd}})\hat{k}$$



$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

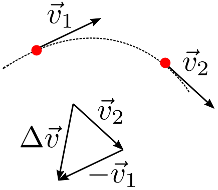
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Vetor aceleração
Aceleração média

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$



$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Em termos das componentes

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$

$$= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k}$$

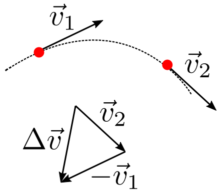
$$= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\text{ méd}})\hat{\imath} + (a_{y\text{ méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\text{ méd}})\hat{k}$$

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes



$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\begin{aligned}\vec{a}_{\text{méd}} &= \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} \\ &= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k} \\ &= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\ \text{méd}})\hat{\imath} + (a_{y\ \text{méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\ \text{méd}})\hat{k}\end{aligned}$$

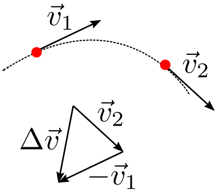
- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- Em termos das componentes

$$\begin{aligned}
\vec{a}_{\text{méd}} &= \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} \\
&= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k} \\
&= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\ \text{méd}})\hat{\imath} + (a_{y\ \text{méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\ \text{méd}})\hat{k}
\end{aligned}$$



$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

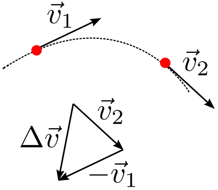
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Vetor aceleração
Aceleração média

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$



- Em termos das componentes

$$\begin{aligned}\vec{a}_{\text{méd}} &= \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} \\ &= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k} \\ &= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\text{ méd}})\hat{\imath} + (a_{y\text{ méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\text{ méd}})\hat{k}\end{aligned}$$

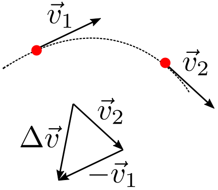
$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$



- Em termos das componentes

$$\begin{aligned}\vec{a}_{\text{méd}} &= \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} \\ &= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k} \\ &= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\ \text{méd}})\hat{\imath} + (a_{y\ \text{méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\ \text{méd}})\hat{k}\end{aligned}$$

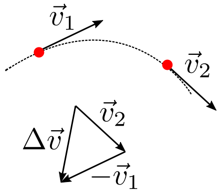
$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Aceleração média

Aceleração média

$$\vec{a}_{\text{méd}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$



$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

- Em termos das componentes

$$\begin{aligned}\vec{a}_{\text{méd}} &= \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} \\ &= \frac{v_x(t_2) - v_x(t_1)}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{v_y(t_2) - v_y(t_1)}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{v_z(t_2) - v_z(t_1)}{\Delta t}\hat{k} \\ &= \frac{\Delta v_x}{\Delta t}\hat{\imath} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t}\hat{\jmath} + \frac{\Delta v_z}{\Delta t}\hat{k} = (a_{x\ \text{méd}})\hat{\imath} + (a_{y\ \text{méd}})\hat{\jmath} + (a_{z\ \text{méd}})\hat{k}\end{aligned}$$

- Quando tomamos o limite $\Delta t \to 0$ obtemos a aceleração instantânea

- Quando tomamos o limite $\Delta t \to 0$ obtemos a aceleração instantânea

Vetor aceleração instantânea

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

- Em termos das componentes

$$
\begin{aligned}
\vec{a} &= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x \hat{\imath} + \Delta v_y \hat{\jmath} + \Delta v_z \hat{k}}{\Delta t} \\
&= \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta v_x}{\Delta t} \right) \hat{\imath} + \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta v_y}{\Delta t} \right) \hat{\jmath} + \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta v_z}{\Delta t} \right) \hat{k} \\
&= \frac{dv_x}{dt} \hat{\imath} + \frac{dv_y}{dt} \hat{\jmath} + \frac{dv_z}{dt} \hat{k} \\
&= \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) \hat{\imath} + \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} \right) \hat{\jmath} + \frac{d}{dt} \left(\frac{dz}{dt} \right) \hat{k} = \frac{d^2 x}{dt^2} \hat{\imath} + \frac{d^2 y}{dt^2} \hat{\jmath} + \frac{d^2 z}{dt^2} \hat{k} \\
&= a_x \hat{\imath} + a_y \hat{\jmath} + a_z \hat{k}
\end{aligned}
$$

Lembre que: $v_x = \frac{dx}{dt} \quad v_y = \frac{dy}{dt} \quad v_z = \frac{dz}{dt}$

Vetores velocidade
Teste

Considere as seguintes descrições da posição (em metros) de uma partícula que se move no plano xy:

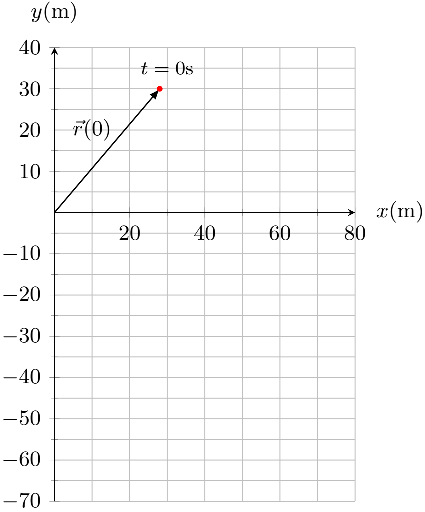
1. $x = -3t^2 + 4t - 2$ e $y = 6t^2 - 4t$
2. $x = -3t^3 - 4t$ e $y = -5t^2 + 6$
3. $\vec{r} = 2t^2\hat{\imath} - (4t + 3)\hat{\jmath}$
4. $\vec{r} = (4t^3 - 2t)\hat{\imath} + 3\hat{\jmath}$

As componentes x e y da aceleração são constantes em todas essas situações?

- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

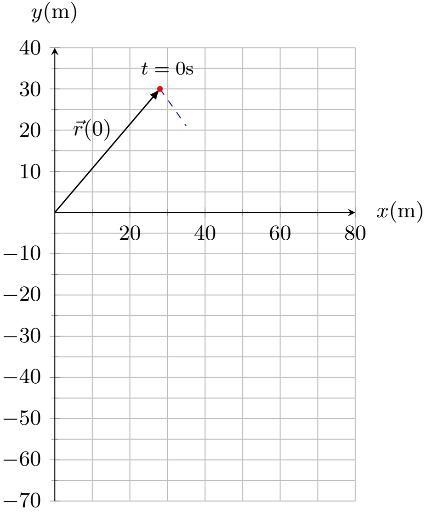
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

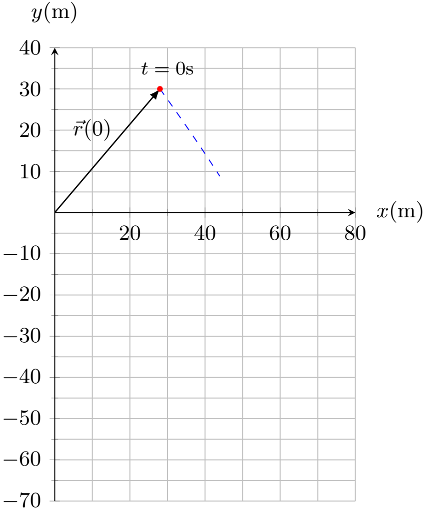
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

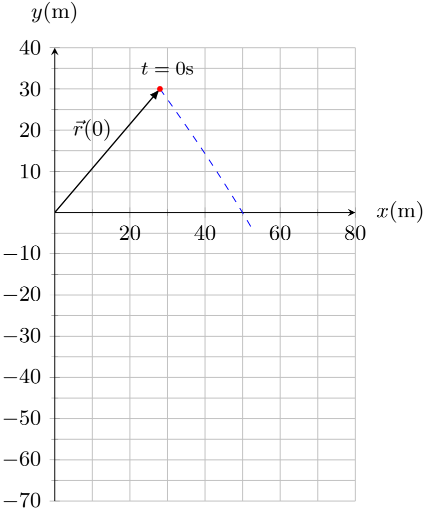
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?

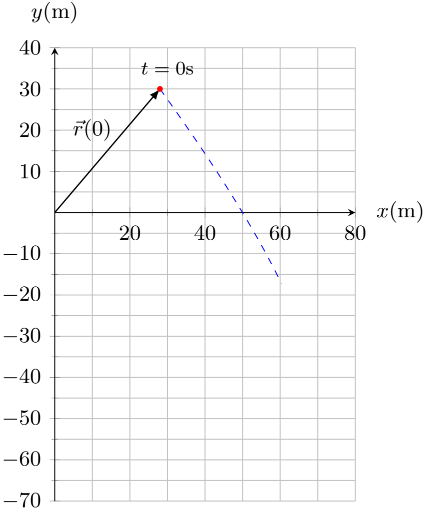


Vetores aceleração
Exemplo

- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

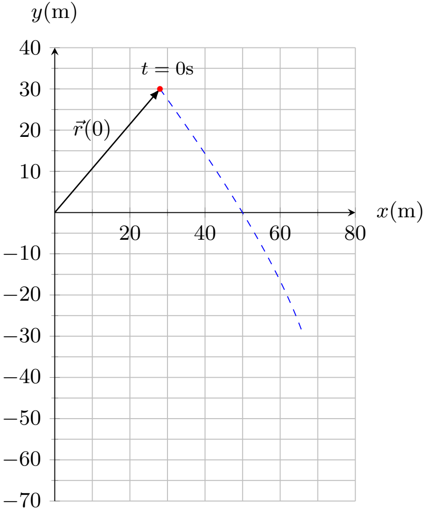
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

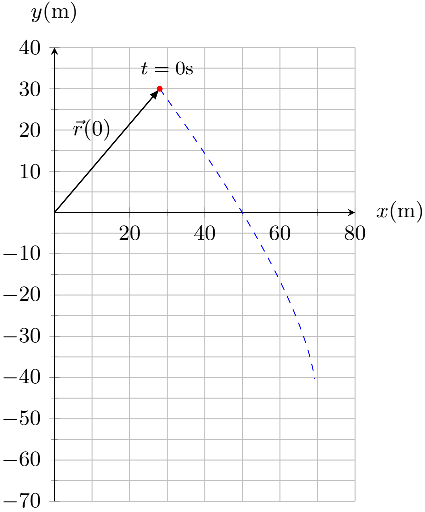
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

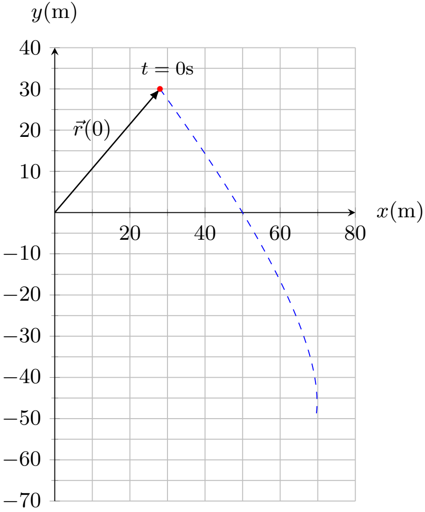
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

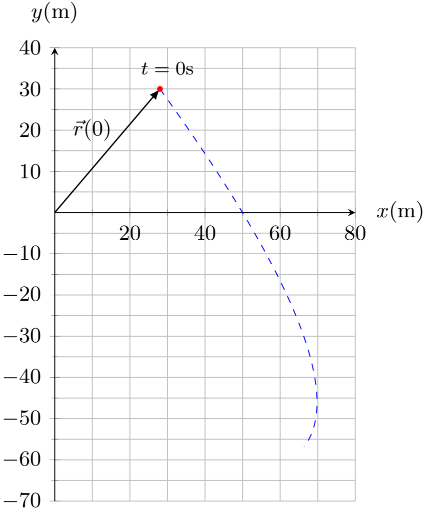
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\mathrm{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

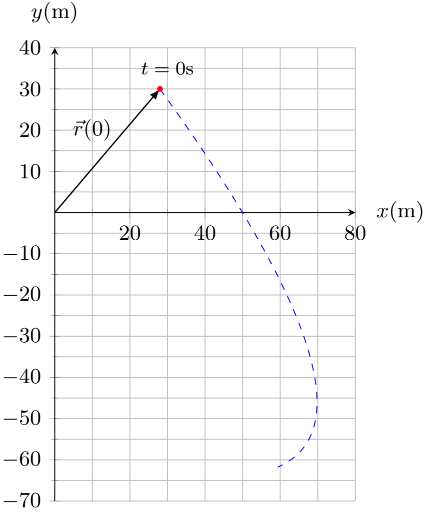
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

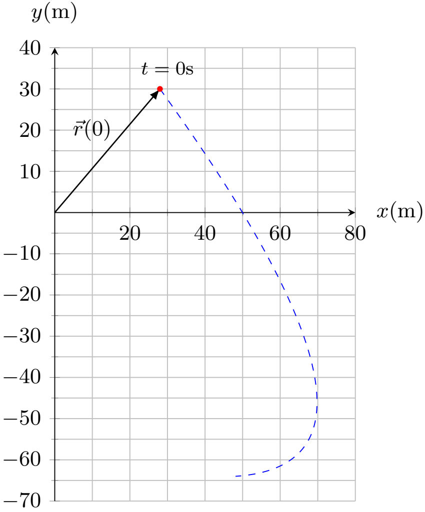
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

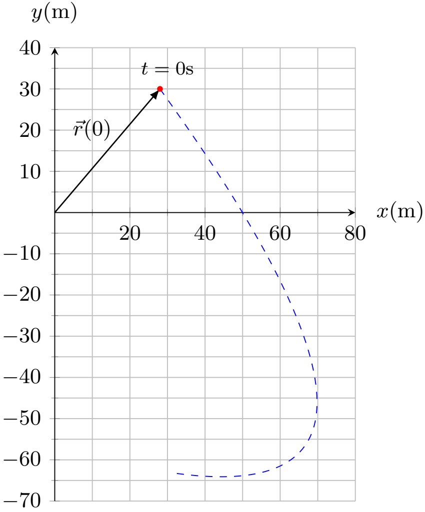
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

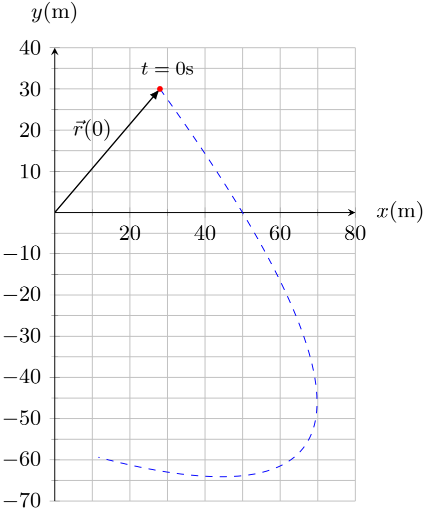
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

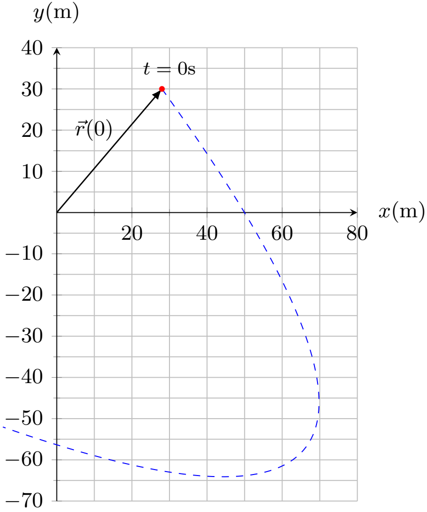
- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?



- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?

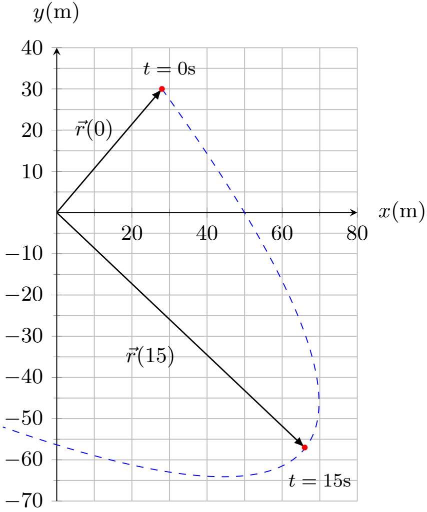


Vetores aceleração
Exemplo

- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?

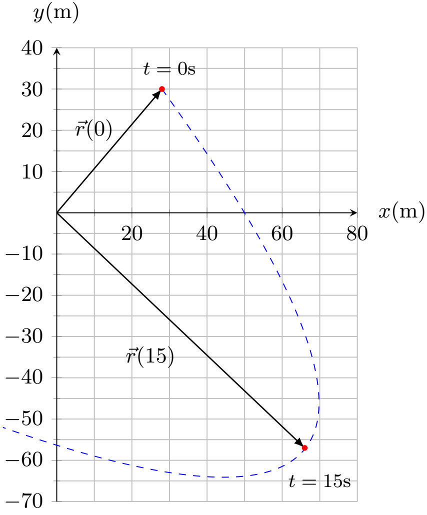


Vetores aceleração
Exemplo

- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?



$$\vec{a} = a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \qquad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$$

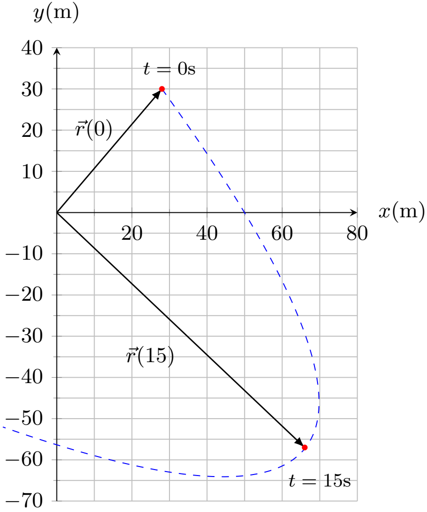
- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15$s?

$$\vec{a} = a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \qquad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$$



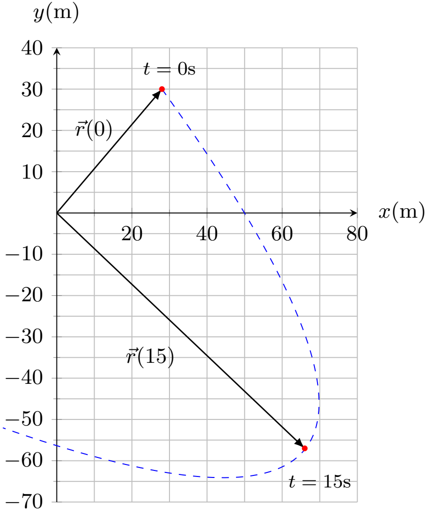
- Vamos voltar mais uma vez para a partícula do slide 7!

$$x(t) = -0,31t^2 + 7,2t + 28$$
$$y(t) = 0,22t^2 - 9,1t + 30$$

- Qual é a aceleração $\vec{a}$ no instante $t = 15\text{s}$?

$$\vec{a} = a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \qquad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$$



Vetores aceleração

Exemplo

$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

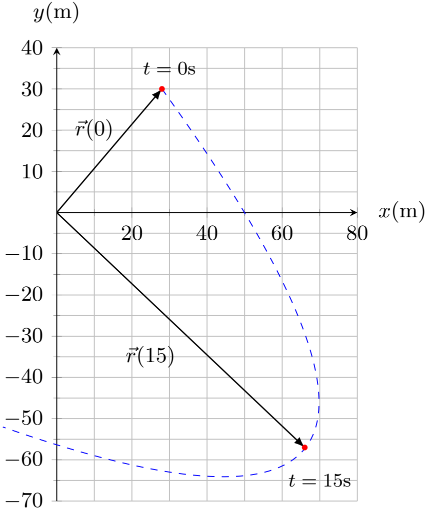
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



Vetores aceleração
Exemplo

$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

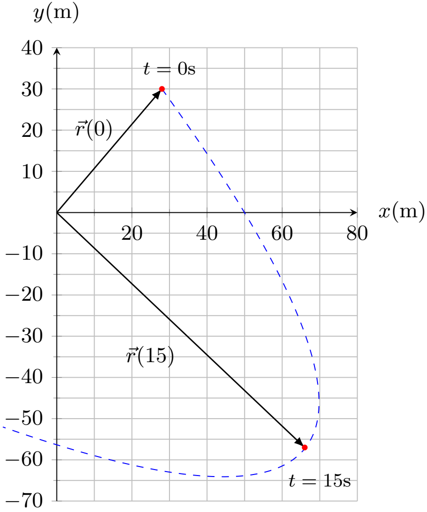
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

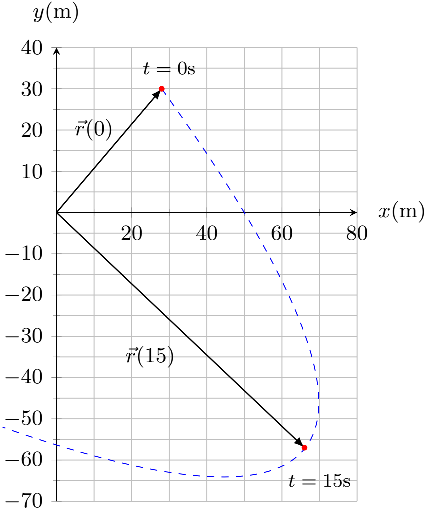
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

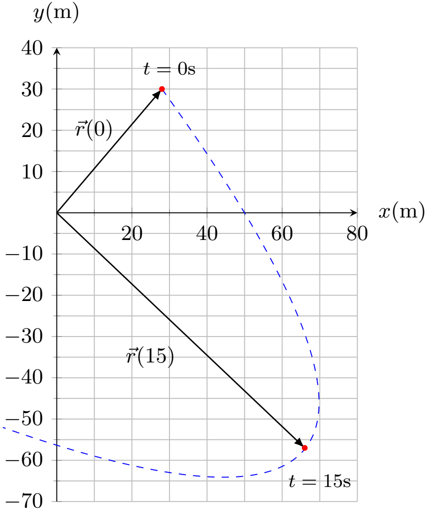
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



Vetores aceleração

Exemplo

$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

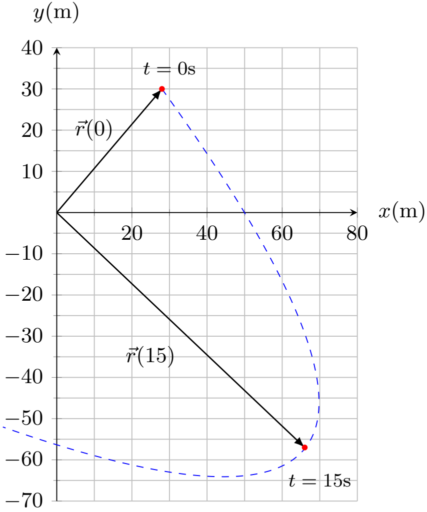
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

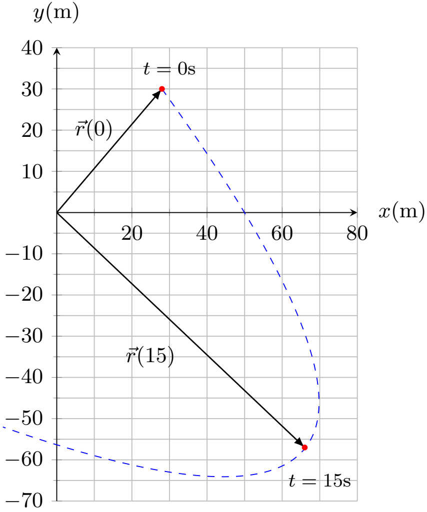
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



Vetores aceleração
Exemplo

$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

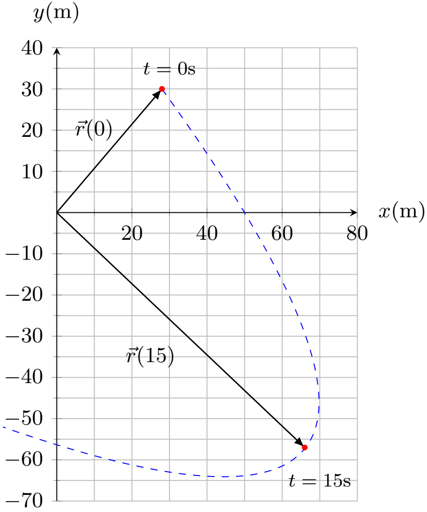
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



Vetores aceleração
Exemplo

$$a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(-0,31t^2 + 7,2t + 28\right)\right)$$

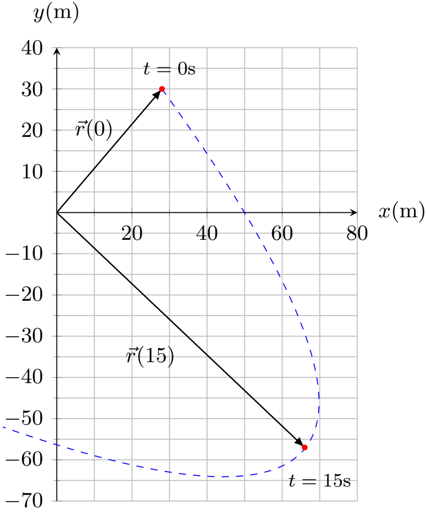
$$= \frac{d}{dt}\left(-0,62t + 7,2\right)$$

$$\boxed{a_x = -0,62\text{m/s}^2}$$

$$a_y = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}\left(0,22t^2 - 9,1t + 30\right)\right)$$

$$= \frac{d}{dt}\left(0,44t - 9,1\right)$$

$$\boxed{a_y = 0,44\text{m/s}^2}$$



Vetores aceleração
Exemplo

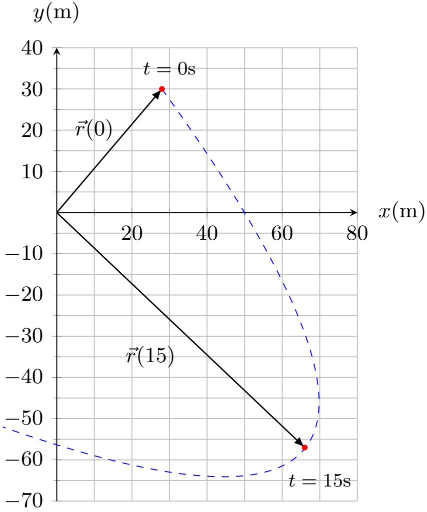
- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

- Módulo

- Orientação:



- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

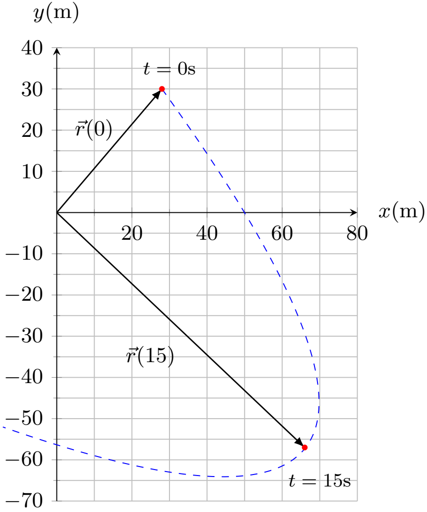
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35° + 180° = 145° \\ -35° - 180° = -215° \end{cases}$$



- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

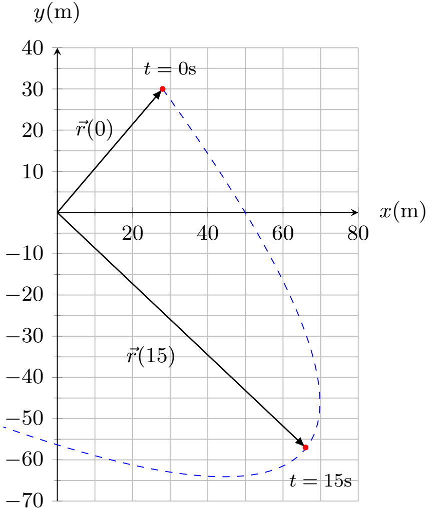
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35° + 180° = +145° \\ -35° - 180° = -215° \end{cases}$$



- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

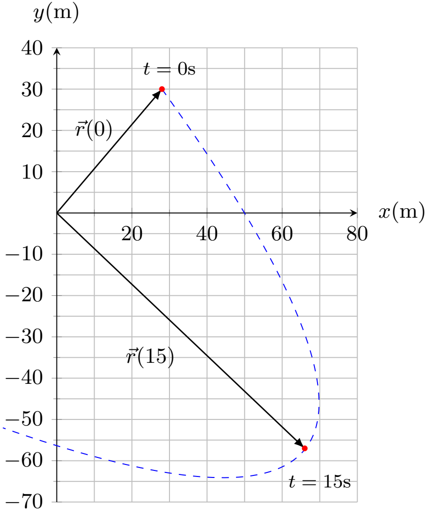
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35° + 180° = +145° \\ -35° - 180° = -215° \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

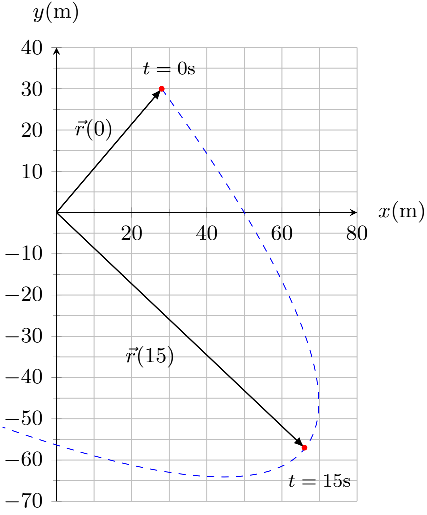
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = +145^\circ \\ -35^\circ - 180^\circ = -215^\circ \end{cases}$$



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

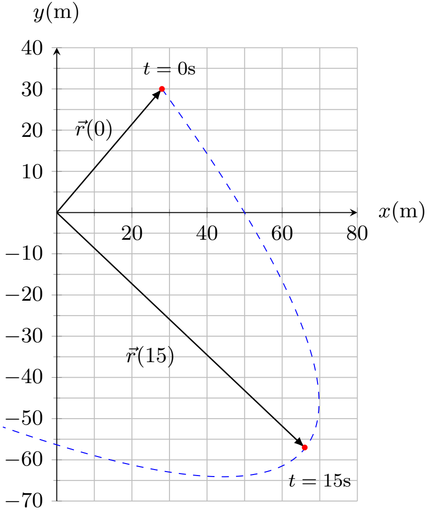
$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação:



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

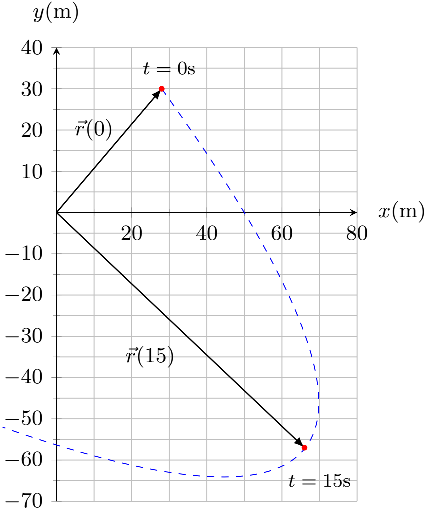
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = & +145^\circ \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = & -215^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

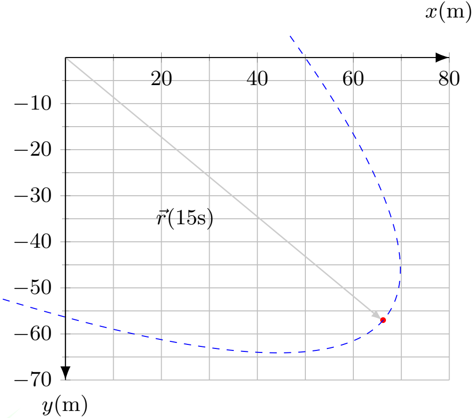
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = & +145^\circ \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = & -215^\circ \checkmark \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

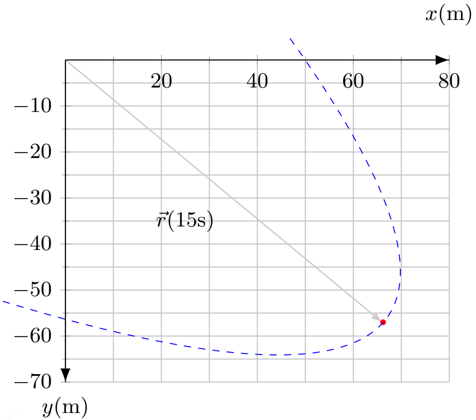
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35° + 180° = +145° \ ✓ \\ -35° - 180° = -215° \ ✓ \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

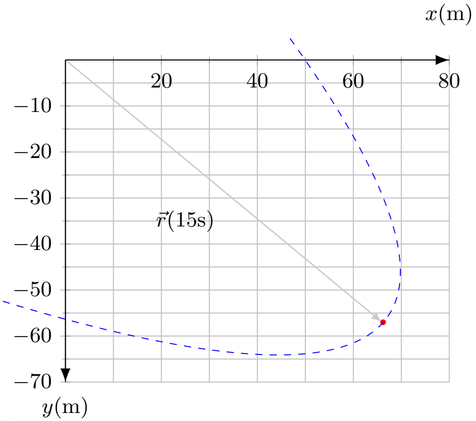
$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$



$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = +145^\circ \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = -215^\circ \checkmark \end{cases}$$

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

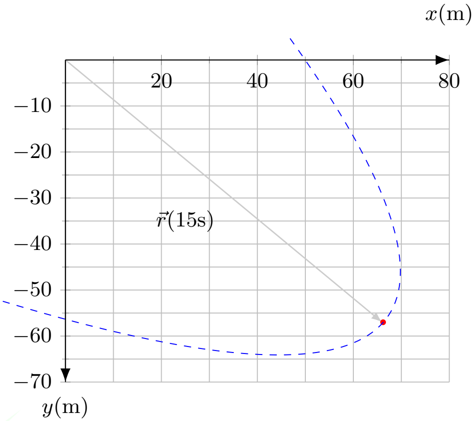
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = & +145^\circ \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = & -215^\circ \checkmark \end{cases}$$



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

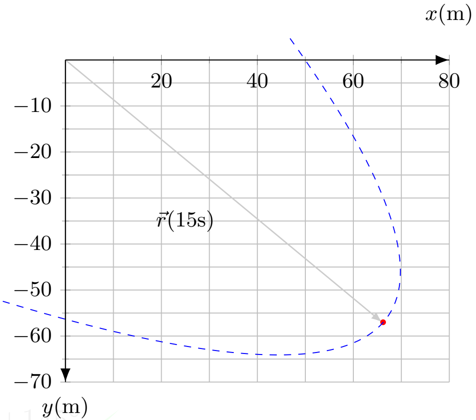
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35° = \begin{cases} -35° + 180° = & +145° \checkmark \\ -35° - 180° = & -215° \checkmark \end{cases}$$



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

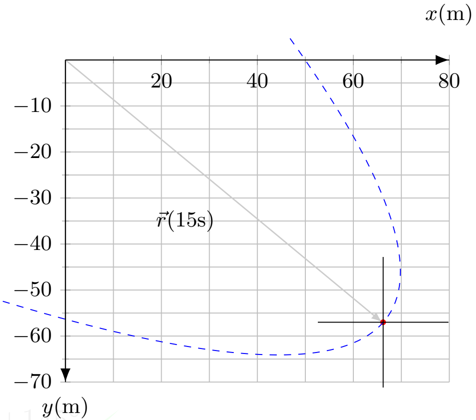
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35^\circ = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = +145^\circ & \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = -215^\circ & \checkmark \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

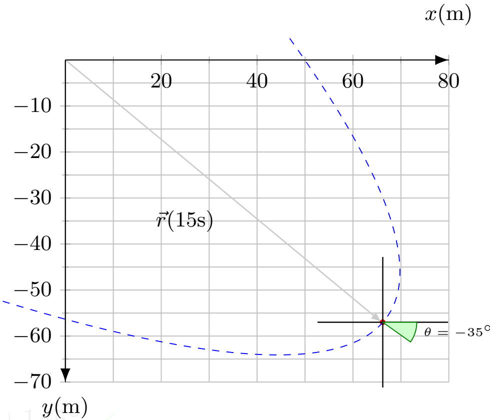
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35^\circ = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = & +145^\circ \\ -35^\circ - 180^\circ = & -215^\circ \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

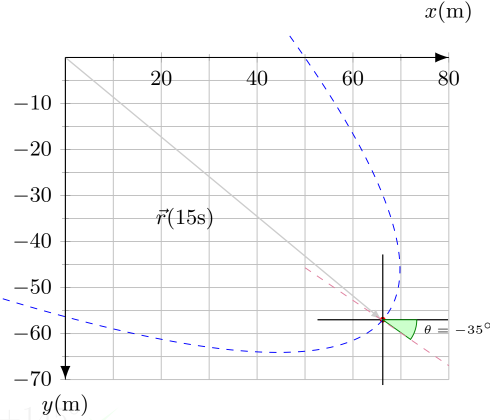
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35^\circ = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = +145^\circ \\ -35^\circ - 180^\circ = -215^\circ \end{cases}$$



Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

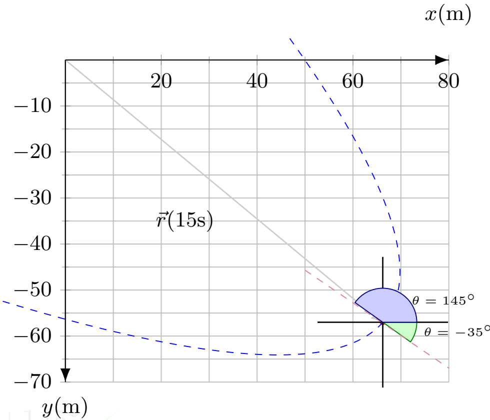
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35^\circ = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = & +145^\circ \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = & -215^\circ \checkmark \end{cases}$$



- Em $t = 15\text{s}$ o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

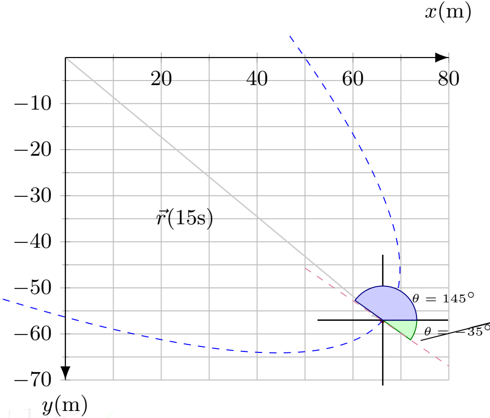
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35^\circ = \begin{cases} -35^\circ + 180^\circ = +145^\circ \checkmark \\ -35^\circ - 180^\circ = -215^\circ \checkmark \end{cases}$$



- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

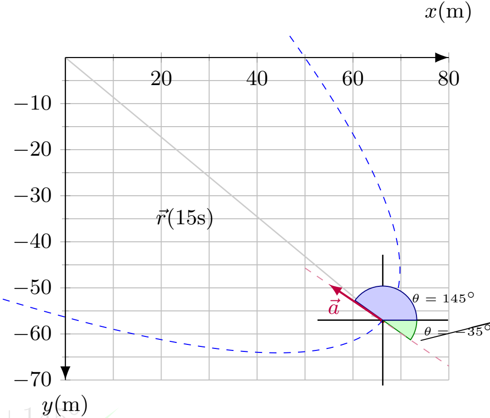
$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$



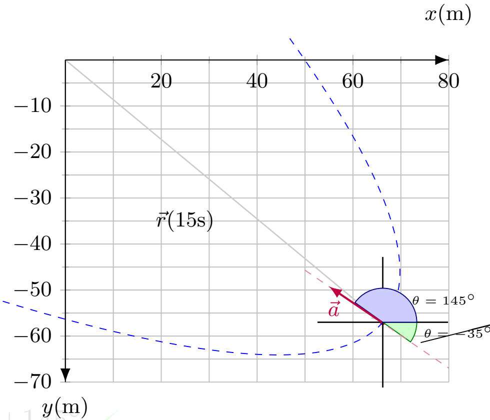
$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = -35° = \begin{cases} -35° + 180° = +145° \checkmark \\ -35° - 180° = -215° \checkmark \end{cases}$$

Vetores aceleração
Exemplo

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$



- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\quad \tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \cancel{-35°} = \begin{cases} -35° + 180° = & +145° \checkmark \\ -35° - 180° = & -215° \checkmark \end{cases}$$

- Em $t = 15$s o vetor aceleração será:

$$\vec{a}(15\text{s}) = a_x(15\text{s})\hat{\imath} + a_y(15\text{s})\hat{\jmath}$$

$$\vec{a}(15\text{s}) = (-0,62\text{m/s}^2)\hat{\imath} + (0,44\text{m/s}^2)\hat{\jmath}$$

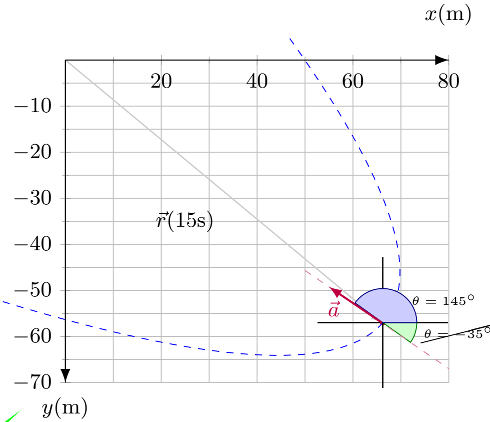
- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-0,62\text{m/s}^2)^2 + (0,44\text{m/s}^2)^2}$$

$$= 0,76\text{m/s}^2$$

- Orientação: $\tan\theta = a_y/a_x = -0,71$

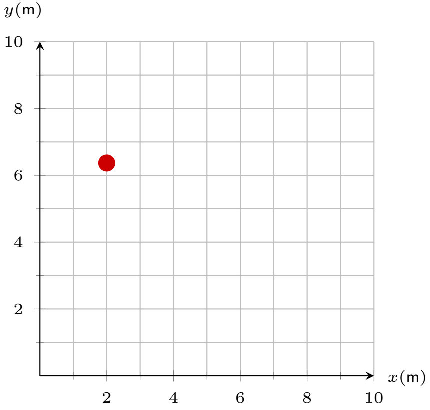
$$\theta = \tan^{-1}(-0,71) = \begin{cases} -35° + 180° = & +145° ✓ \\ -35° - 180° = & -215° ✓ \end{cases}$$



Sumário

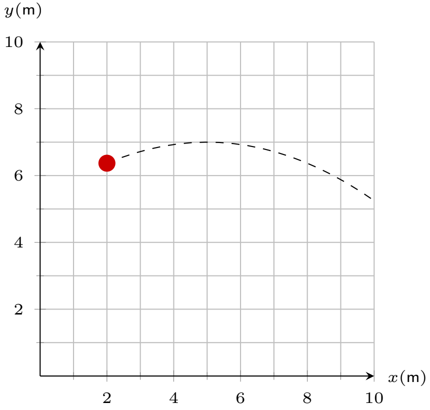
Movimento balístico

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



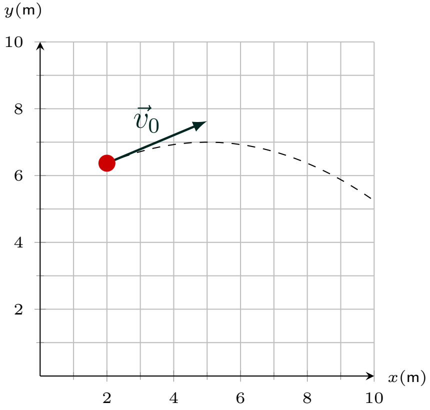
Movimento balístico

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

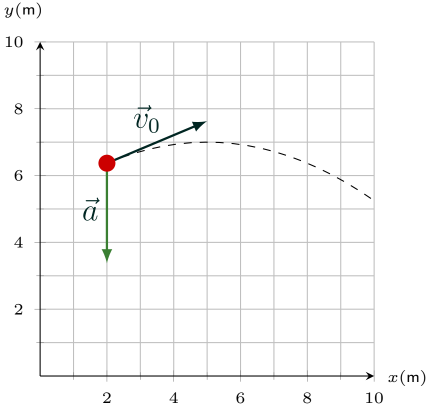


Movimento balístico

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

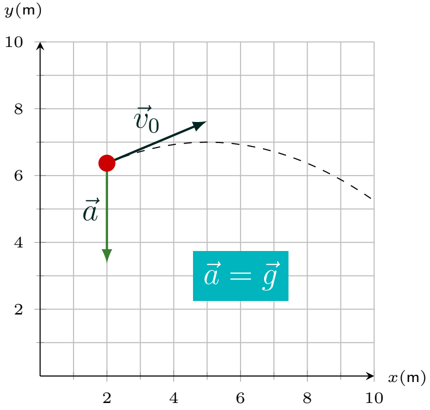


- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



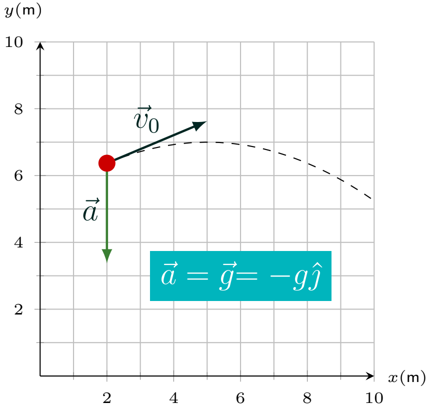
Movimento balístico

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



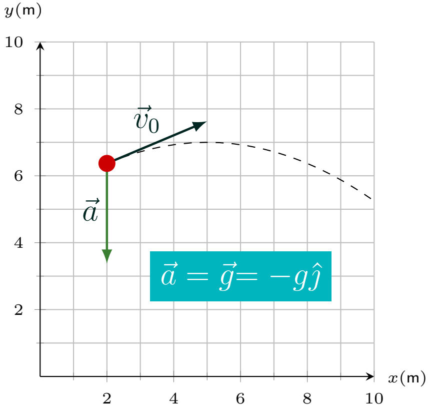
Movimento balístico

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



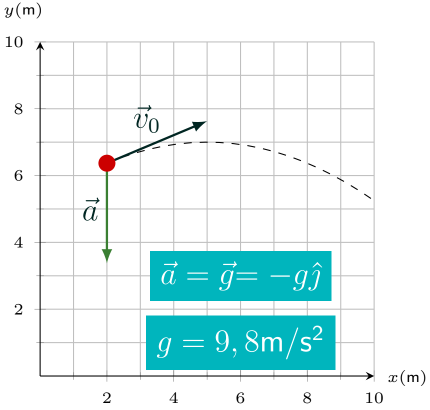
Movimento balístico

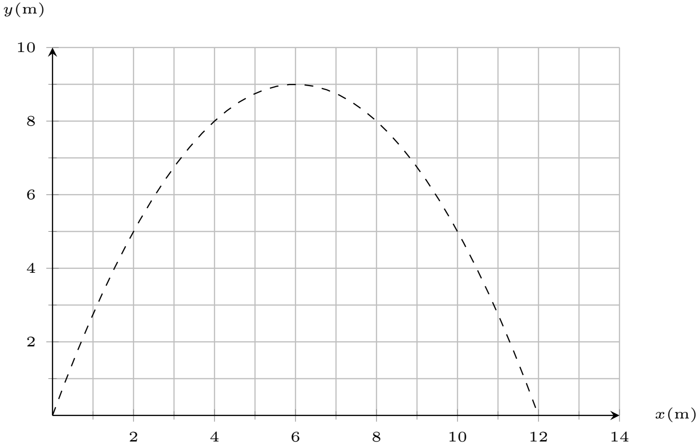
- Projétil
- Movimento balístico
- Por enquanto, não vamos levar em consideração a influência do ar.



Movimento balístico

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





$y\,(\mathrm{m})$
10
8
6
4
2
2
4
6
8
10
12
14
$x\,(\mathrm{m})$

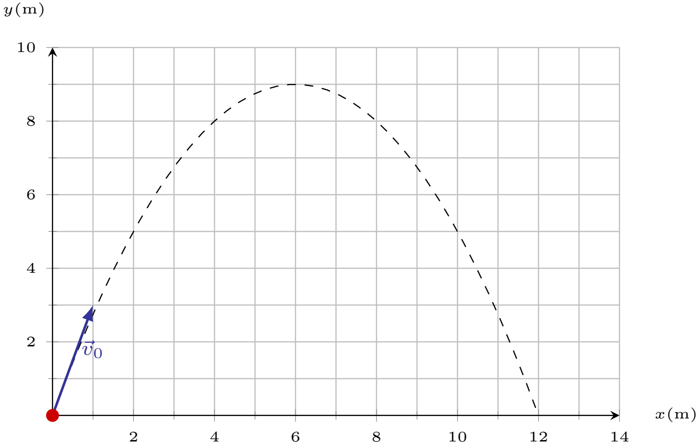
- Vetor velocidade em $t = 0$

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{\imath} + v_{0y}\hat{\jmath}$$

- Sendo as componentes em $t = 0$

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

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



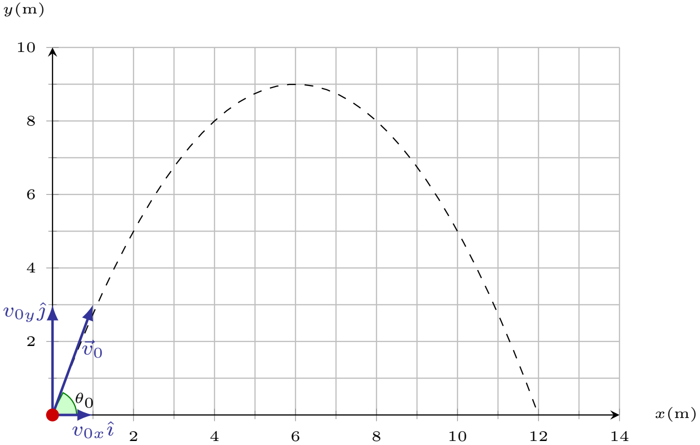
- Vetor velocidade em $t = 0$

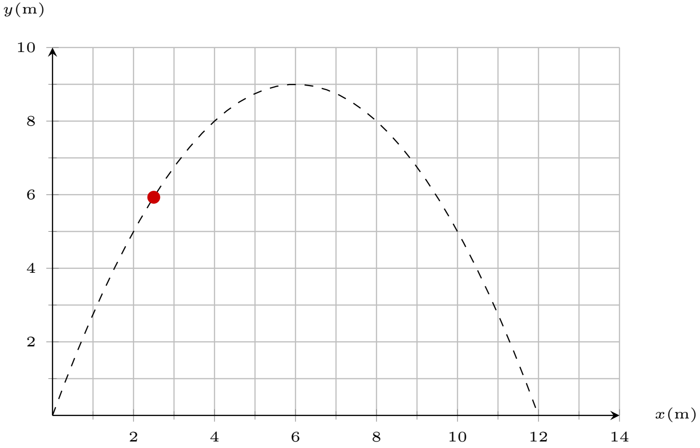
$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{\imath} + v_{0y}\hat{\jmath}$$

- Sendo as componentes em $t = 0$

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

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





$y\,(\mathrm{m})$
10
8
6
4
2
2
4
6
8
10
12
14
$x\,(\mathrm{m})$

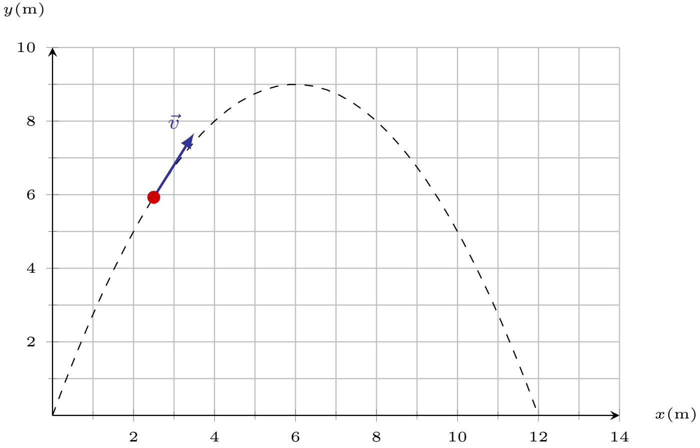
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



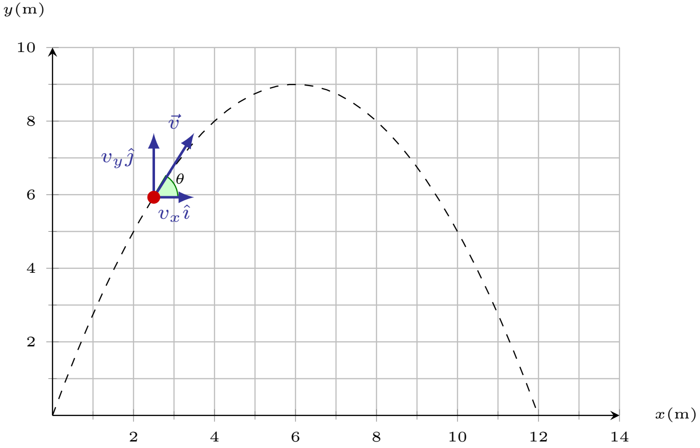
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



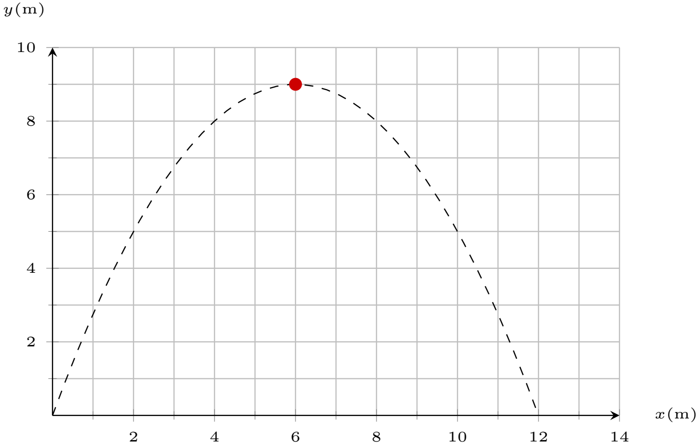
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



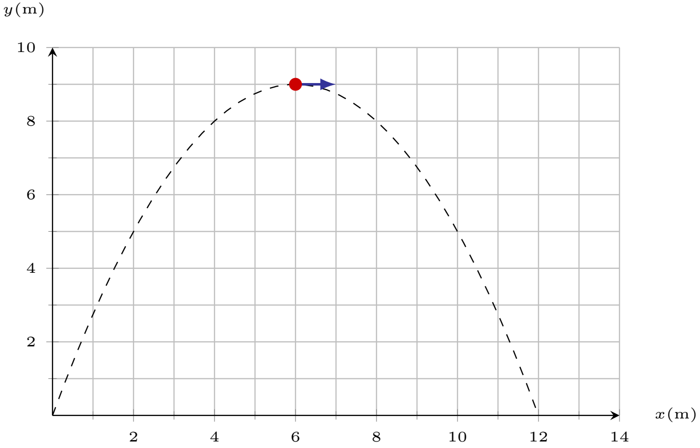
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{\imath} + v_y \hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos \theta$$

$$v_y = v \sin \theta$$



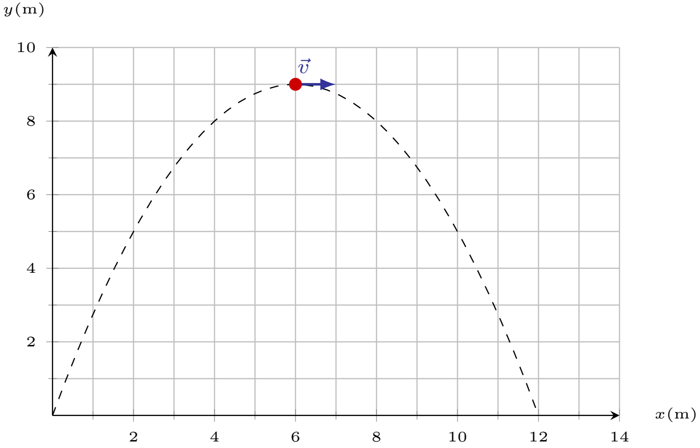
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



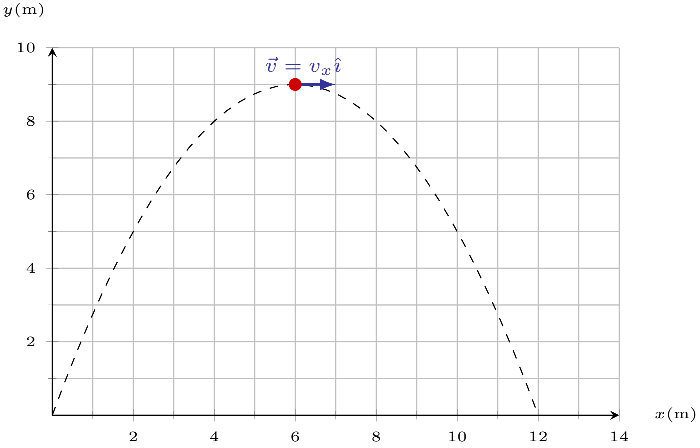
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



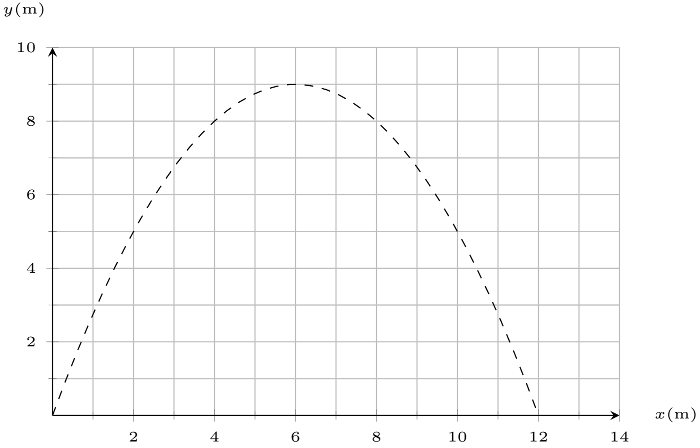
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{\imath} + v_y \hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos\theta$$

$$v_y = v \sin\theta$$



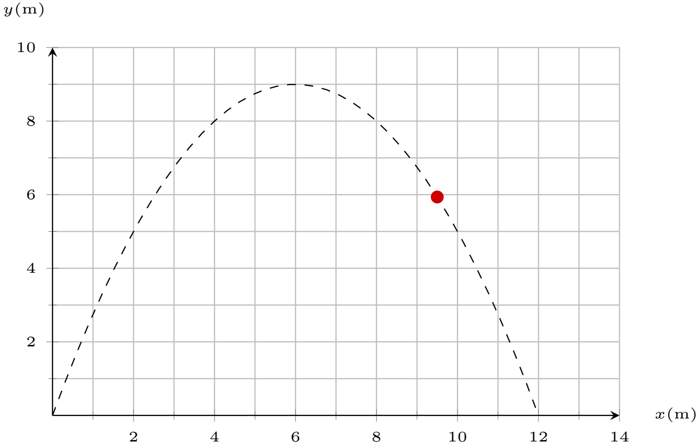
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



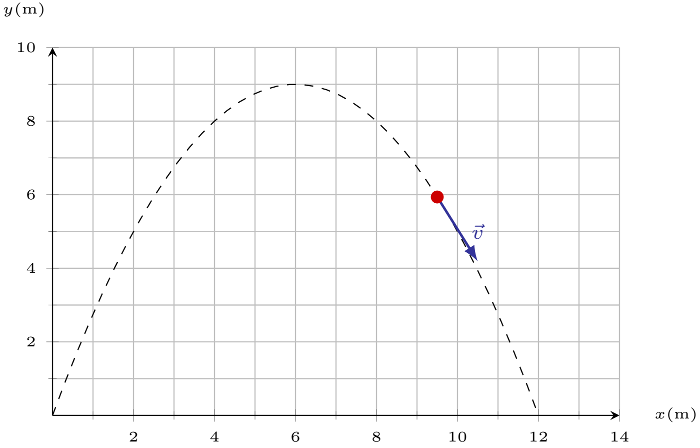
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x \hat{\imath} + v_y \hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v \cos\theta$$

$$v_y = v \sin\theta$$



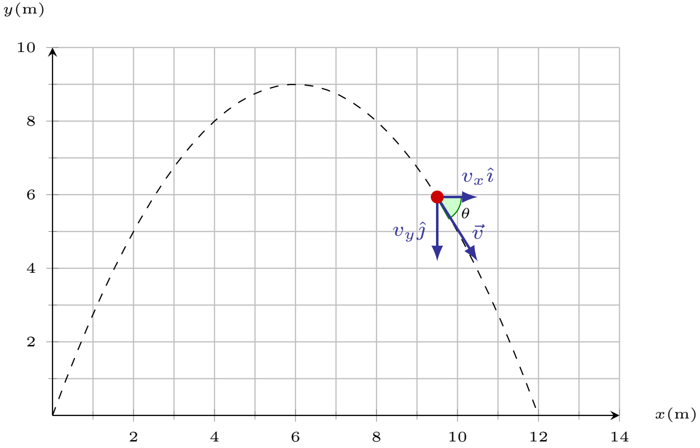
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



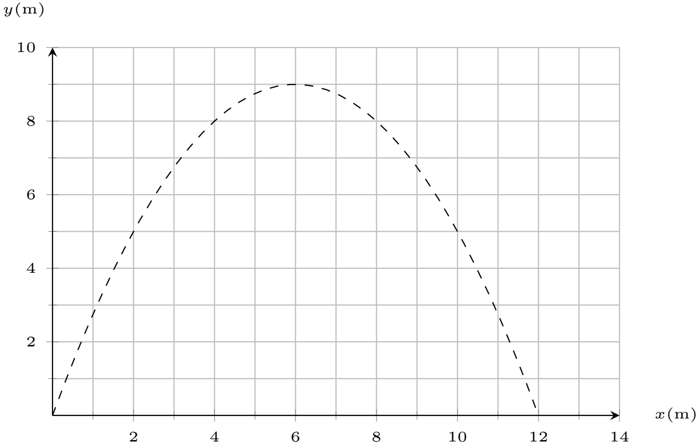
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



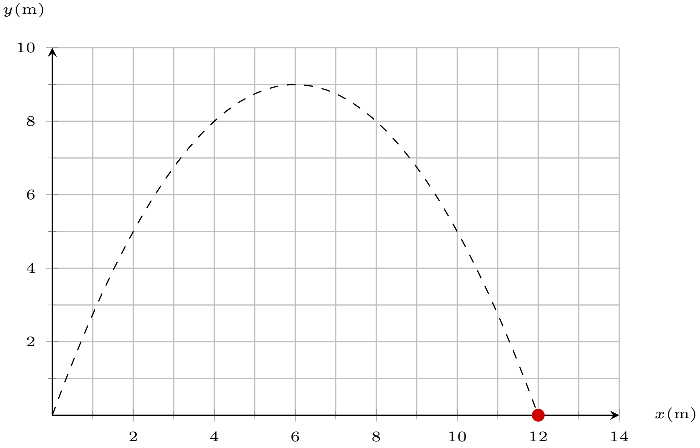
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



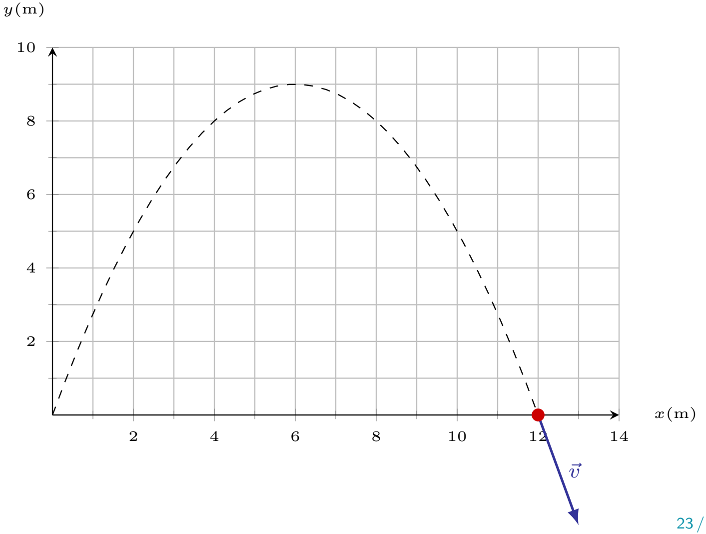
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



Movimento balístico
Velocidade

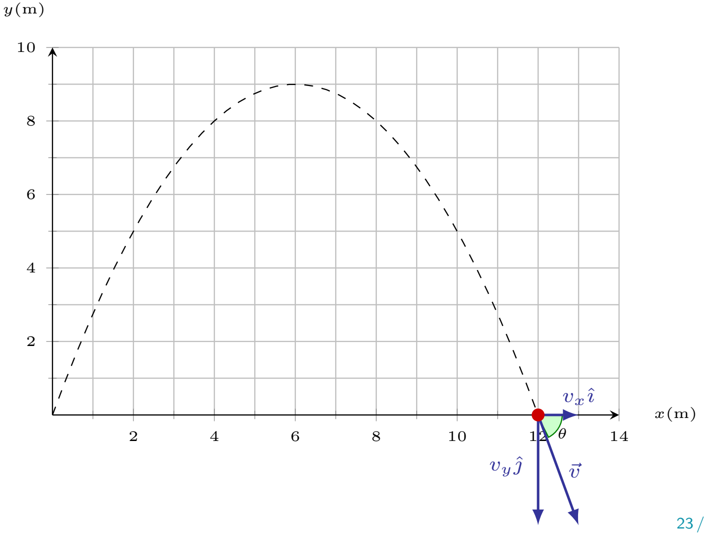
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- Componentes

$$v_x = v\cos\theta$$

$$v_y = v\sin\theta$$



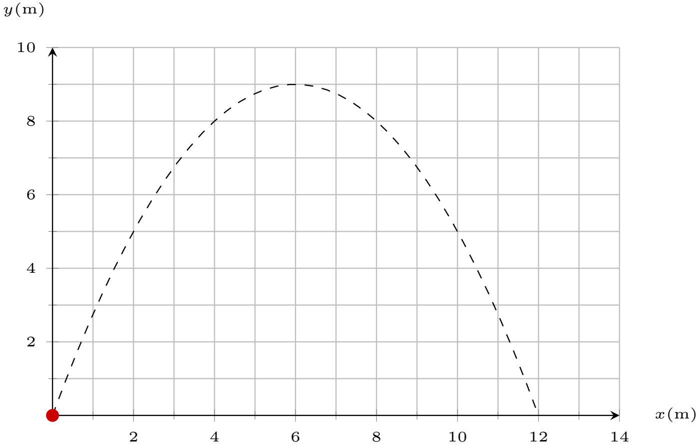
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



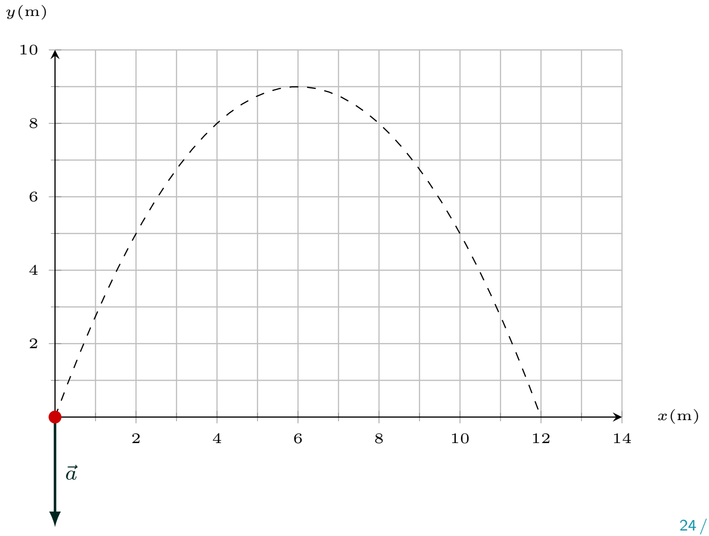
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



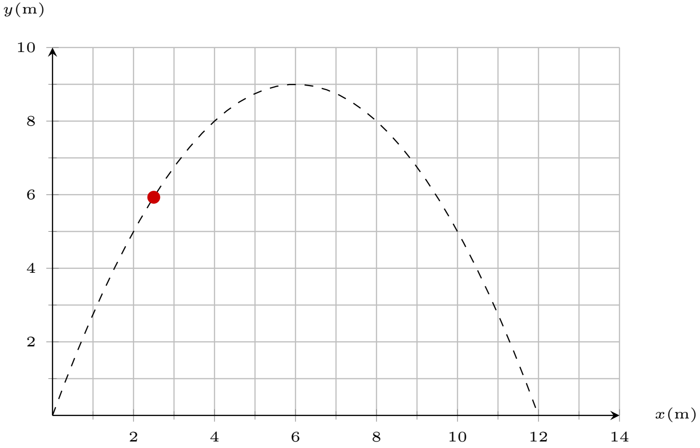
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



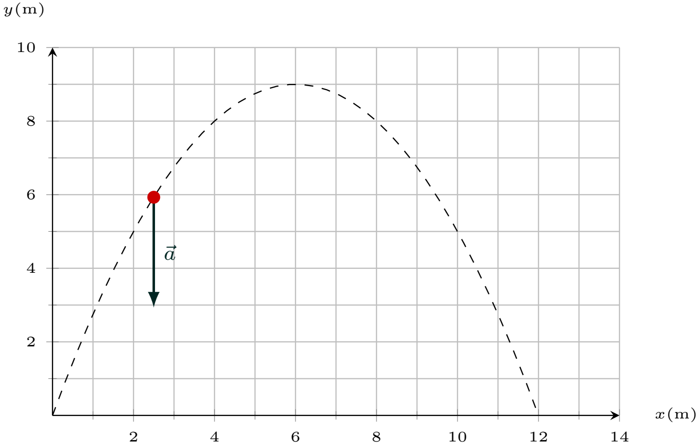
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



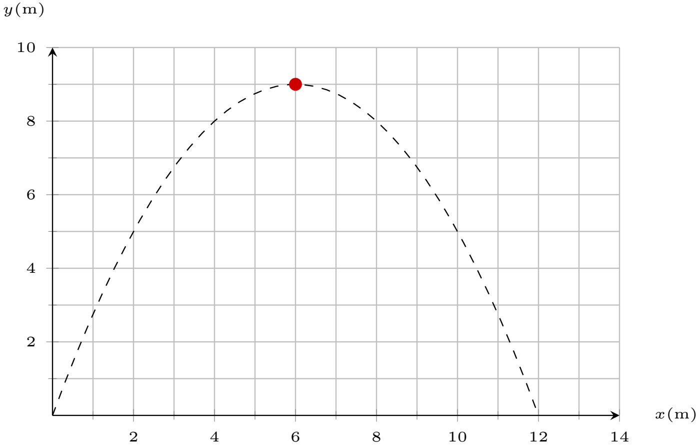
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



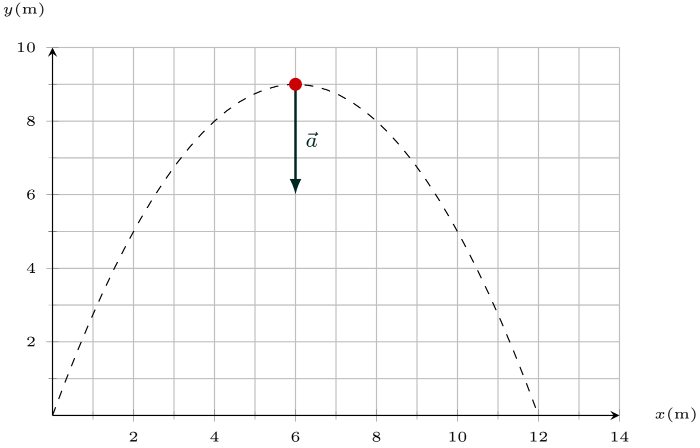
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



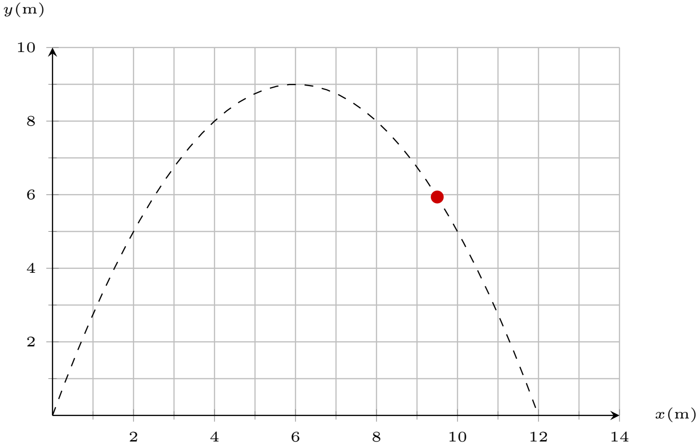
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



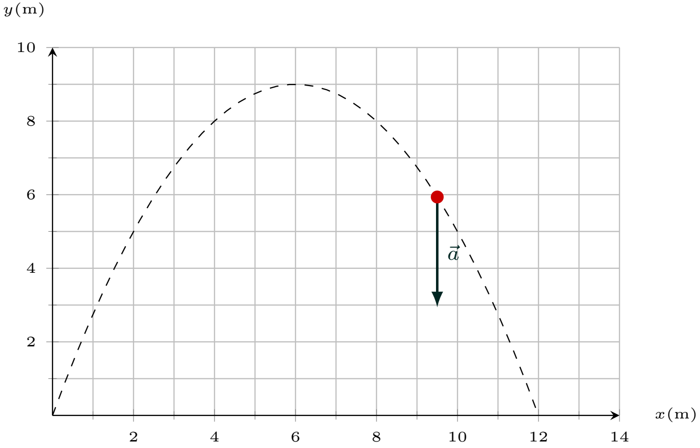
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



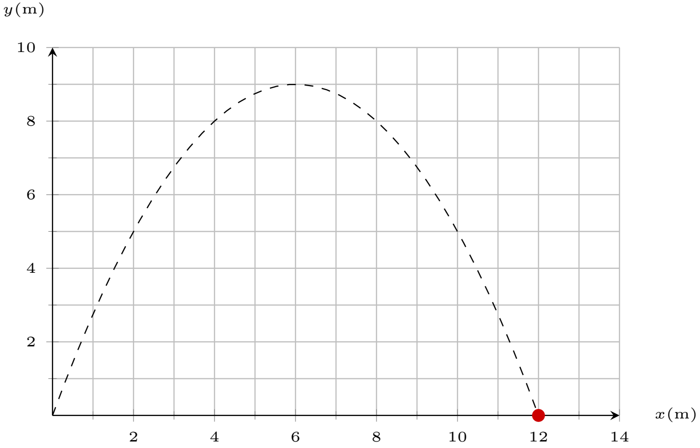
- Aceleração

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

- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$



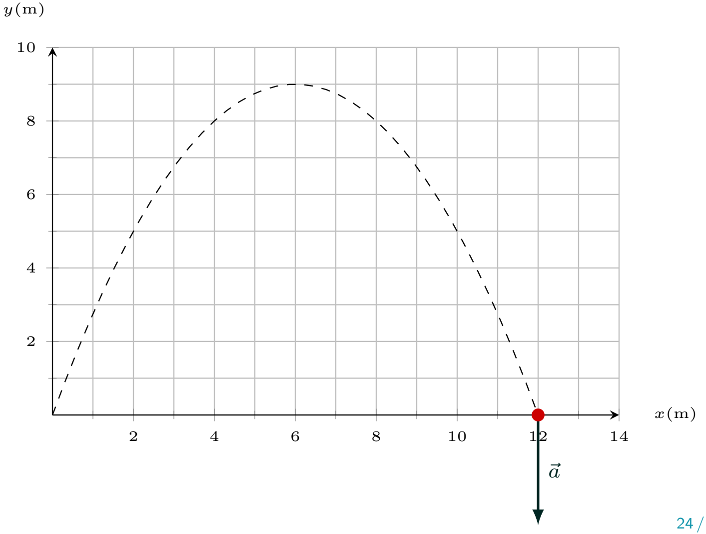
- Aceleração

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

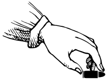
- Componentes

$$a_x = 0$$

$$a_y = -g$$

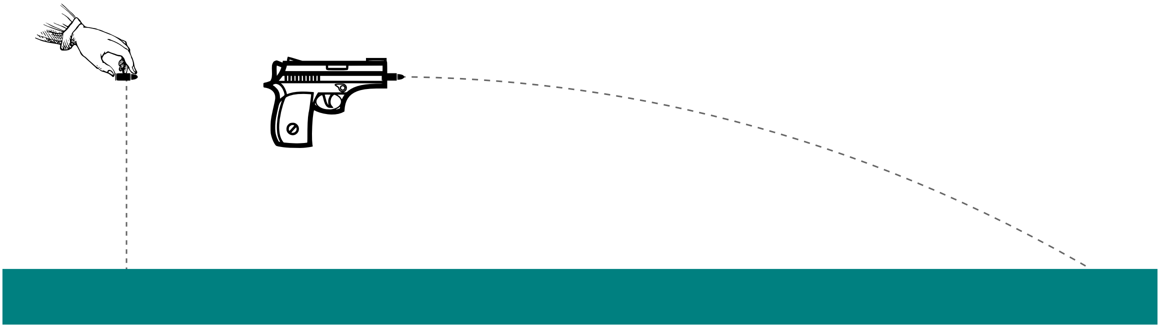


Exemplo
Movimento Balístico

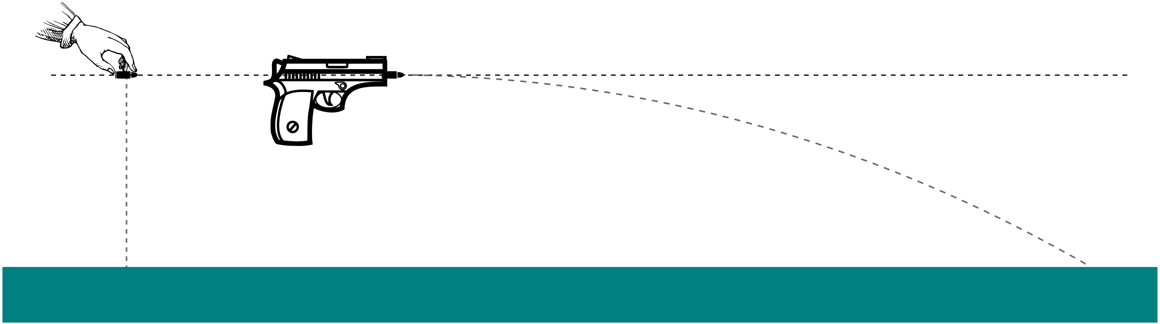


- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo
Movimento Balístico

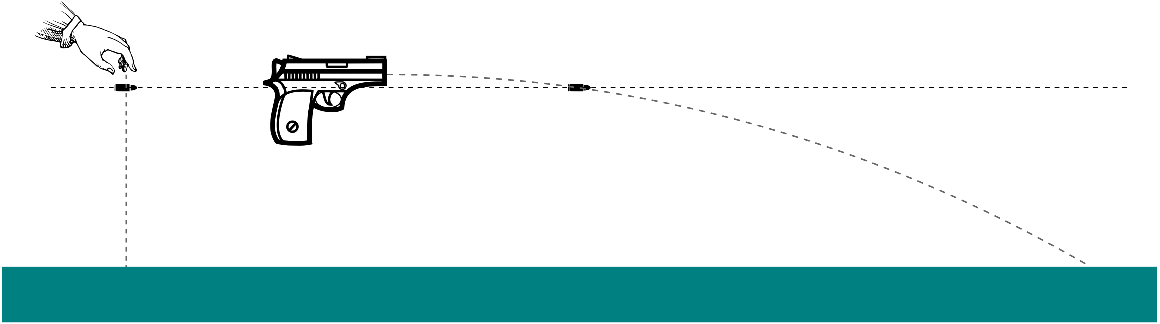


- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!



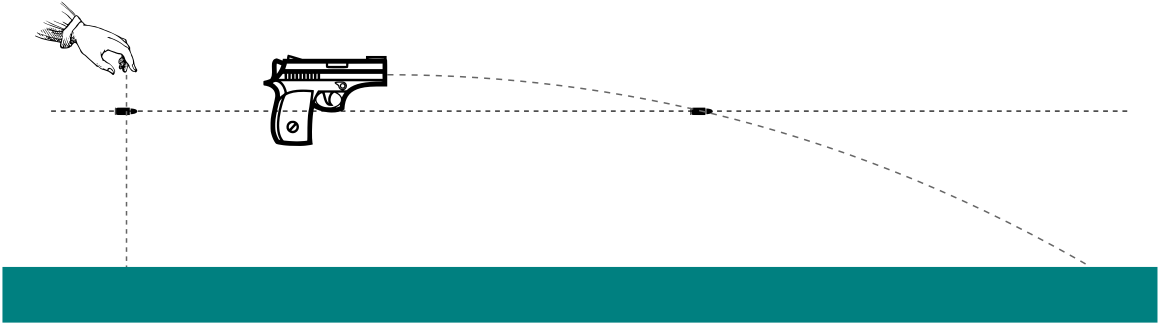
- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

Exemplo
Movimento Balístico

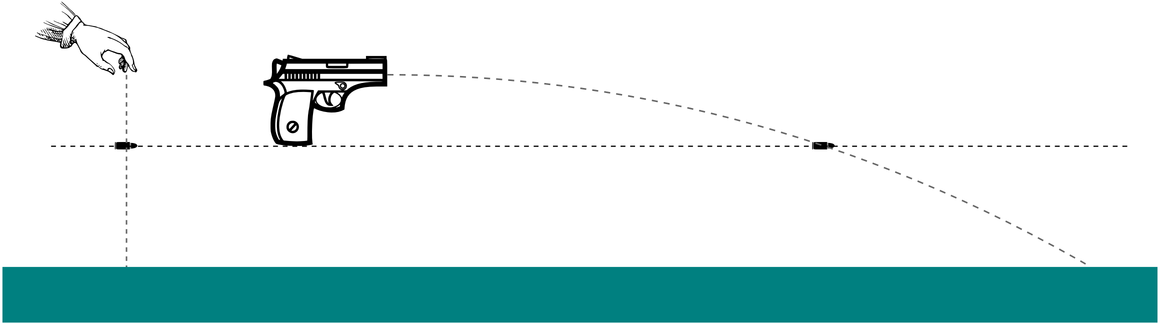


- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!

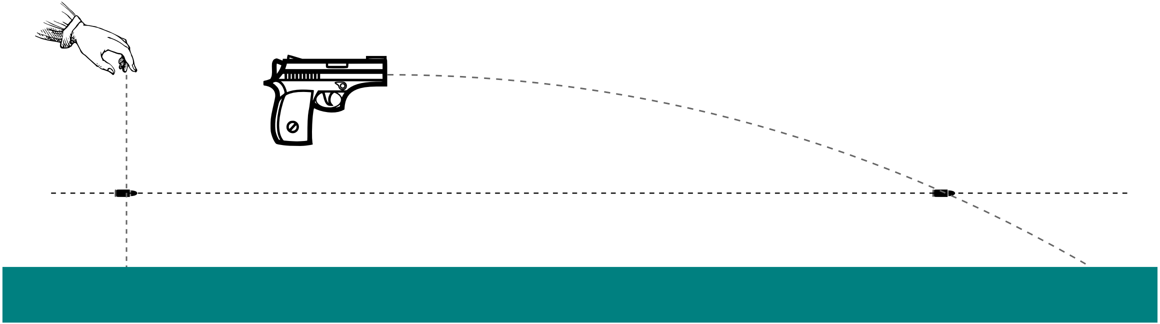
Exemplo
Movimento Balístico



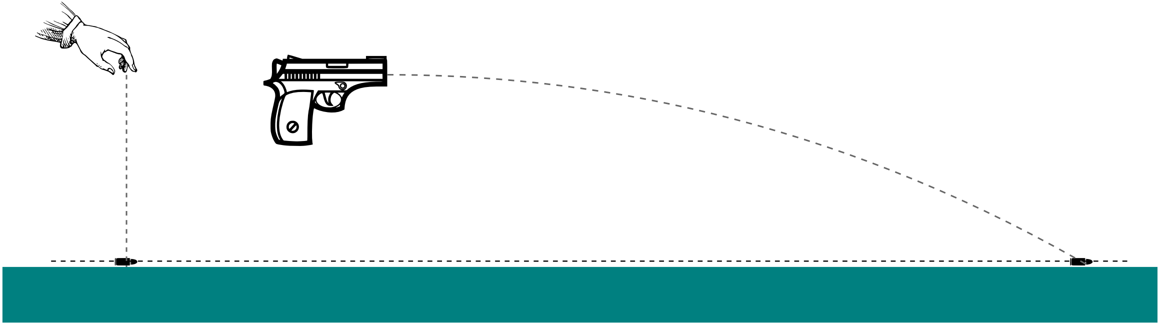
- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!



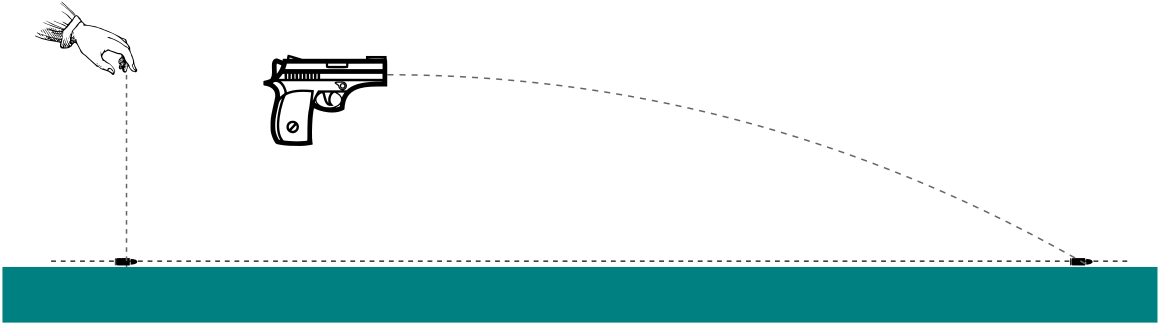
- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!



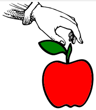
- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!



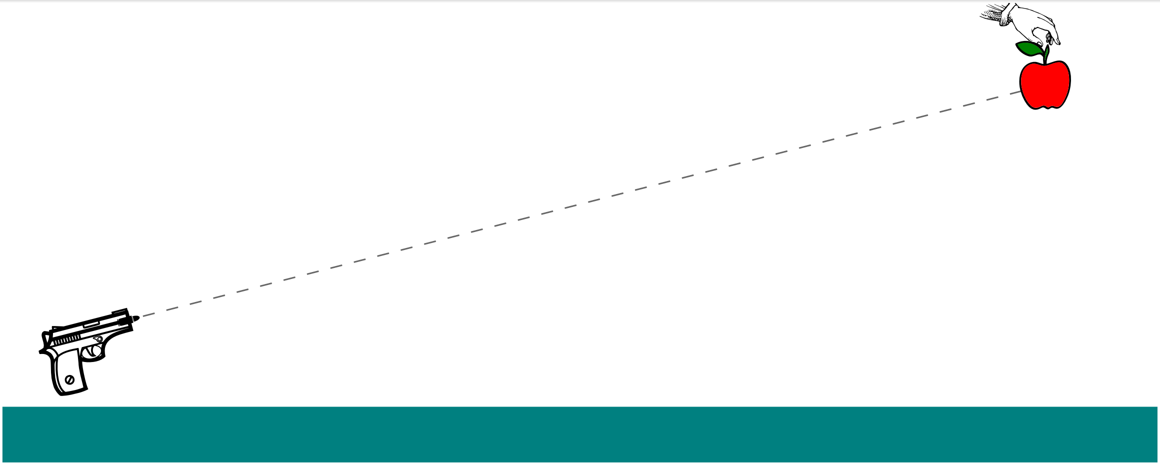
- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!



- Os movimentos horizontal e vertical são independentes!



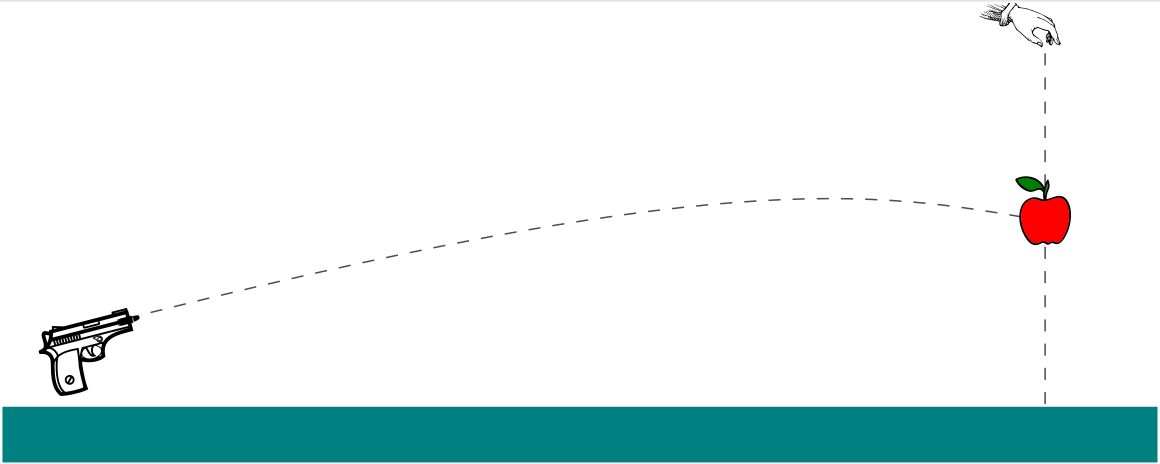
- A bala sempre atinge a maça!



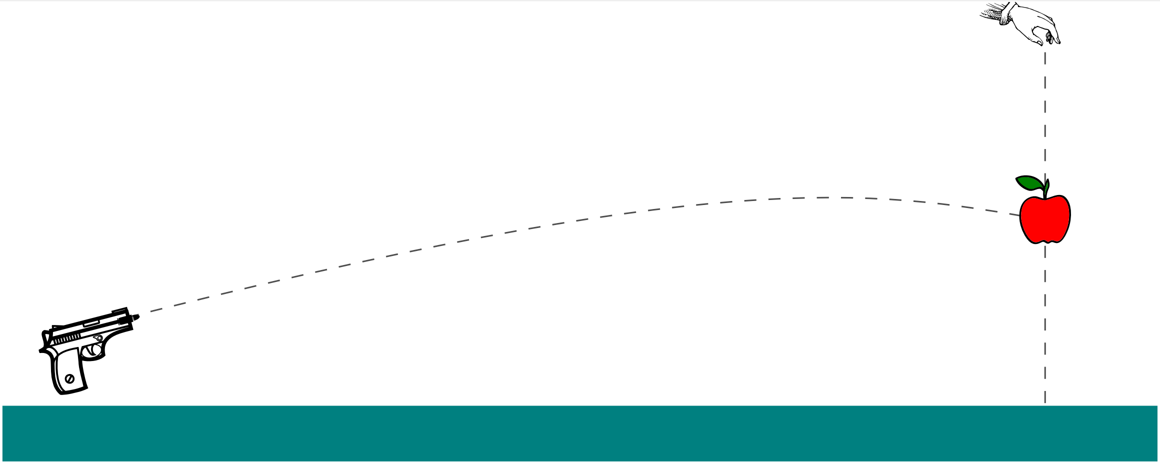
- A bala sempre atinge a maça!

Exemplo
Movimento Balístico

- A bala sempre atinge a maça!



- A bala sempre atinge a maça!



- A bala sempre atinge a maça!

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

$$\vec{v} = 25\hat{\imath} - 4,9\hat{\jmath}$$

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

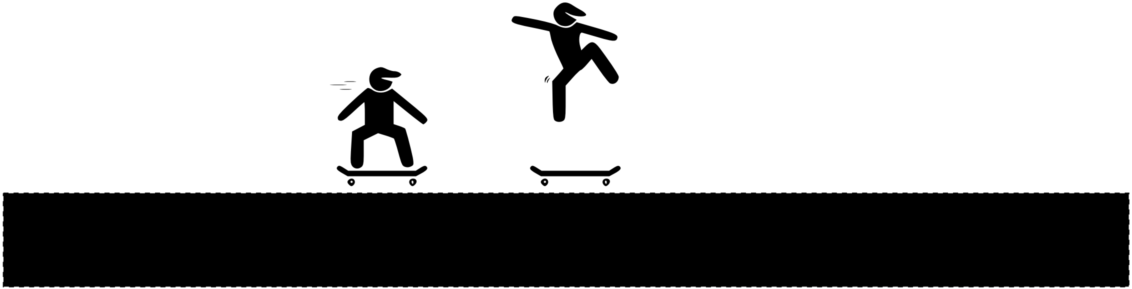
$$v_x(t) = v_x(0) = v_{0x}$$

  - Como $a_x = 0$, podemos escrever

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

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

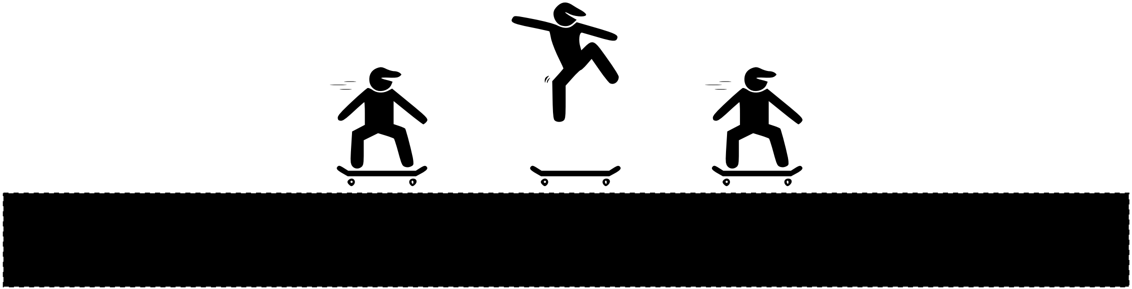
  - Como $a_x = 0$, podemos escrever



- Movimento 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 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

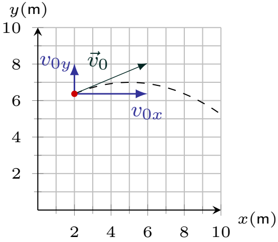
$$x = x_0 + v_{0x}t$$

- Movimento 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 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

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

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

- 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

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

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

- 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

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

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

- Para o movimento vertical, temos

$$a_y = -g$$

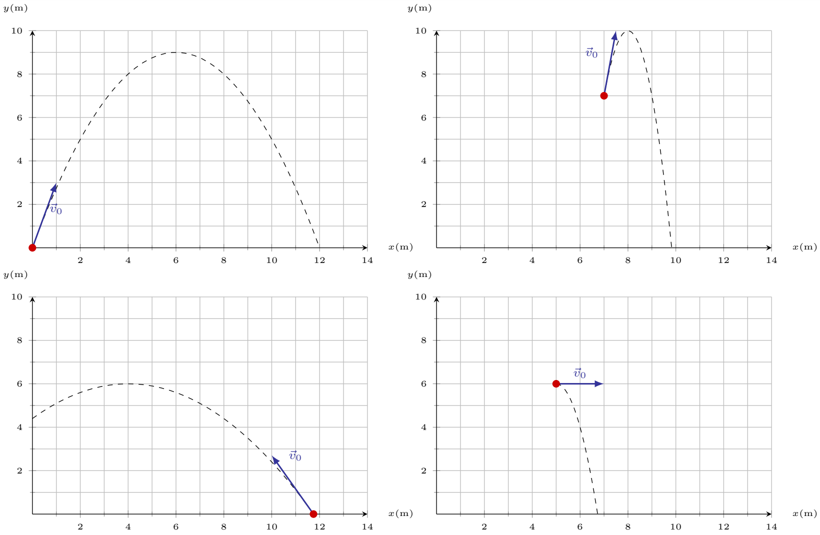
- Equação de movimento para aceleração constante

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2$$
$$y = y_0 + (v_0 \sin\theta_0)t - \frac{g}{2}t^2$$

- Também valem as demais equações válidas para aceleração constante

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

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



y(m)
x(m)
$\vec{v}_0$
2
4
6
8
10
12
14

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

$$x = x_0 + v_{0x}t \tag{2}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \tag{3}$$

- Isolando t em (2) e substituindo em (3), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \tag{4}$$

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

$$= \tan\theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos\theta_0}\right)^2 \tag{6}$$

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

$$x = x_0 + v_{0x}t \tag{2}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \tag{3}$$

- Isolando t em (2) e substituindo em (3), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \tag{4}$$

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

$$= \tan\theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos\theta_0}\right)^2 \tag{6}$$

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

$$x = x_0 + v_{0x}t \tag{2}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \tag{3}$$

- Isolando t em (2) e substituindo em (3), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \tag{4}$$

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

$$= \tan\theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos\theta_0}\right)^2 \tag{6}$$

Equação da trajetória
Movimento balístico

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

$$x = x_0 + v_{0x}t \tag{2}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \tag{3}$$

- Isolando t em (2) e substituindo em (3), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \tag{4}$$

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

$$= \tan\theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0\cos\theta_0}\right)^2 \tag{6}$$

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

$$x = x_0 + v_{0x}t \tag{2}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2 \tag{3}$$

- Isolando t em (2) e substituindo em (3), obtemos

$$\Delta y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}\Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_{0x}}\right)^2 \tag{4}$$

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

$$= \tan\theta_0 \Delta x - \frac{g}{2}\left(\frac{\Delta x}{v_0 \cos\theta_0}\right)^2 \tag{6}$$

- Como x_0, y_0, g, v_0, θ_0 são constantes, a Eq. (6) tem a forma

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

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

$$B = g x_0 \left(\frac{\sec\theta_0}{v_0}\right)^2 + \tan\theta_0$$

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

Equação da trajetória
Movimento balístico

- Como x_0, y_0, g, v_0, θ_0 são constantes, a Eq. (6) tem a forma

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

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

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

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

- Como x_0, y_0, g, v_0, θ_0 são constantes, a Eq. (6) tem a forma

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

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

$$B = g x_0 \left(\frac{\sec\theta_0}{v_0}\right)^2 + \tan\theta_0$$

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

Equação da trajetória

Movimento balístico

- Como x_0, y_0, g, v_0, θ_0 são constantes, a Eq. (6) tem a forma

$$
\begin{aligned}
y &= A + Bx + Cx^2 \\
A &= y_0 - \frac{g}{2}\left(\frac{x_0 \sec\theta_0}{v_0}\right)^2 - x_0 \tan\theta_0 \\
B &= g x_0 \left(\frac{\sec\theta_0}{v_0}\right)^2 + \tan\theta_0 \\
C &= -\frac{g}{2}\left(\frac{\sec^2\theta_0}{v_0^2}\right)
\end{aligned}
$$

- Como x_0, y_0, g, v_0, θ_0 são constantes, a Eq. (6) tem a forma

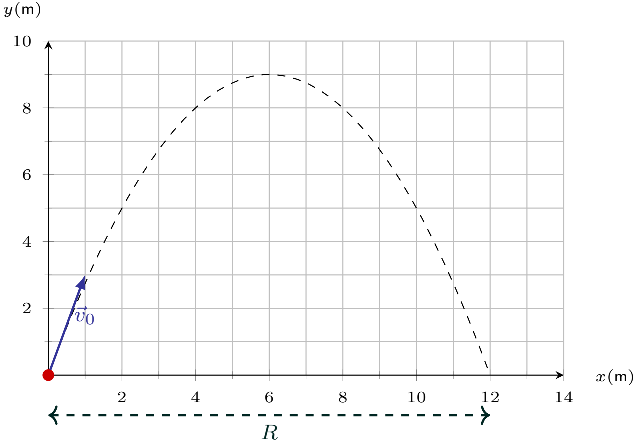
$$y = A + Bx + Cx^2$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

- 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

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

- E obtemos

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

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

- 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

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

- 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?

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

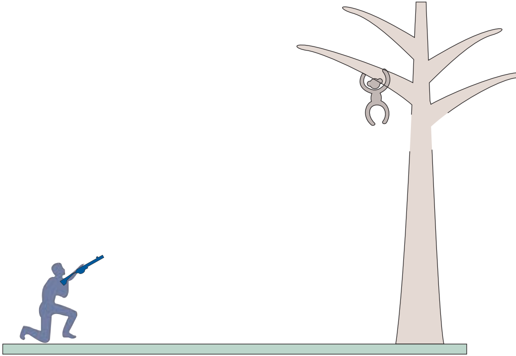
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \tfrac{1}{2}\vec{g}t^2, \qquad \vec{g} = -g\hat{\jmath}$$

Exemplo: guarda e o macaco
Movimento Balístico

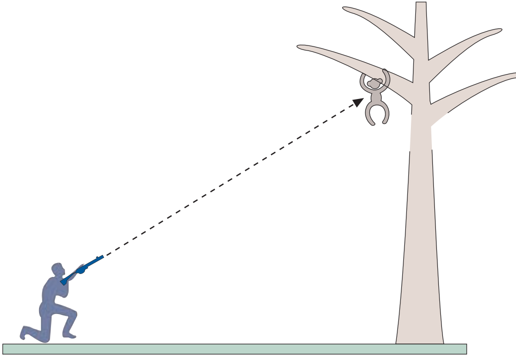
- Deslocamento do macaco

$$\Delta \vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \tfrac{1}{2}\vec{g}t^2, \qquad \vec{g} = -g\hat{\jmath}$$

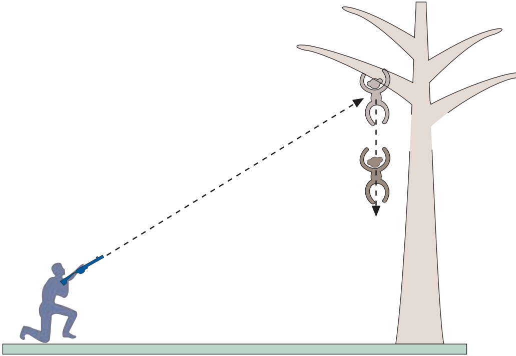
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

Exemplo: guarda e o macaco
Movimento Balístico

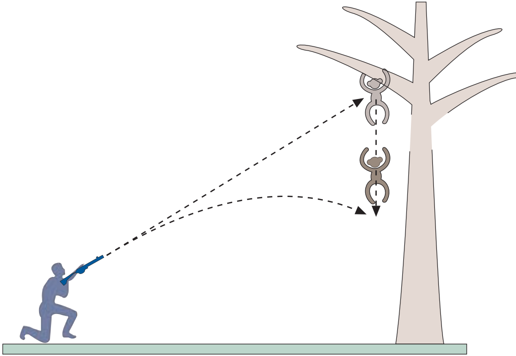
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

Exemplo: guarda e o macaco
Movimento Balístico

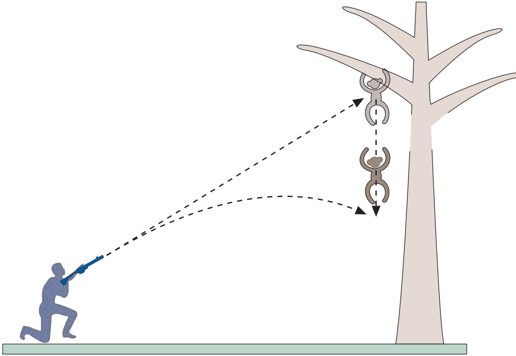
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

Exemplo: guarda e o macaco

Movimento Balístico

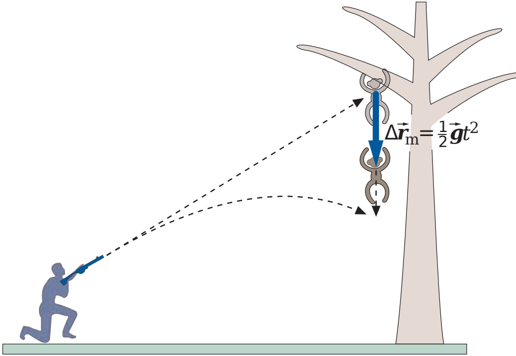
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \tfrac{1}{2}\vec{g}t^2, \qquad \vec{g} = -g\hat{\jmath}$$

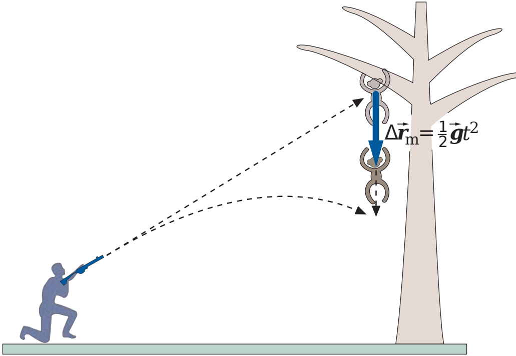
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

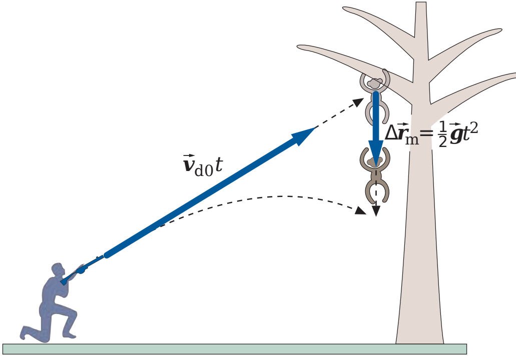
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

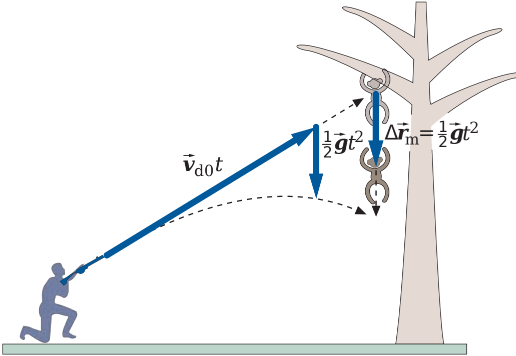
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

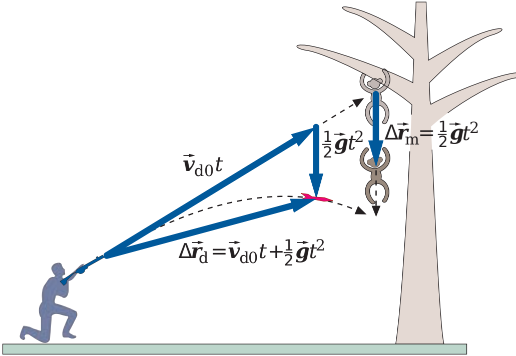
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

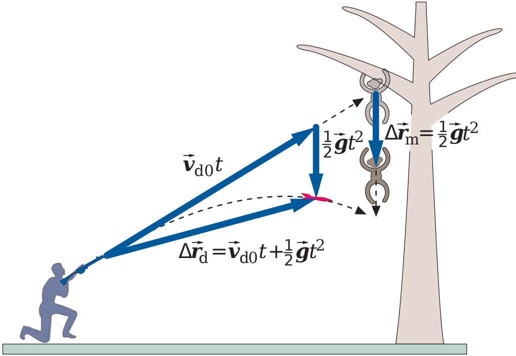
- Deslocamento do macaco

$$\Delta\vec{r}_m = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

- 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 $\frac{1}{2}gt^2$ abaixo da linha de visada da arma



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

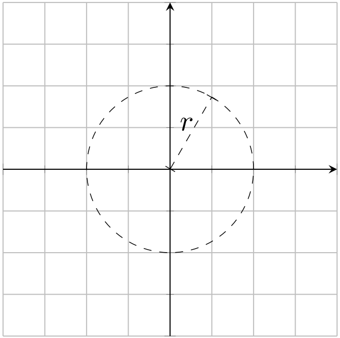
Sumário

Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

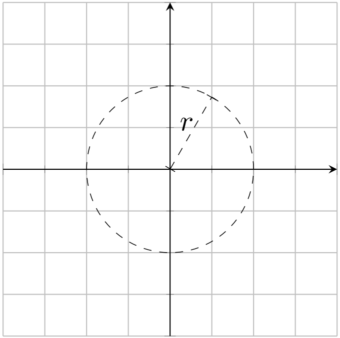


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

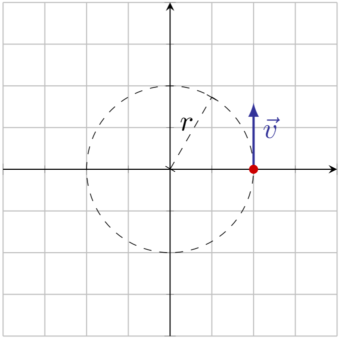


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

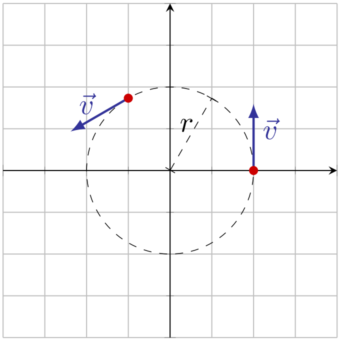


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

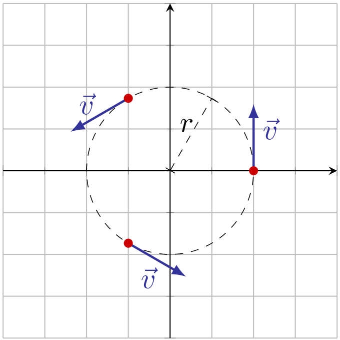


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

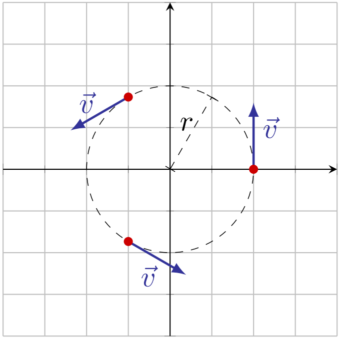


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

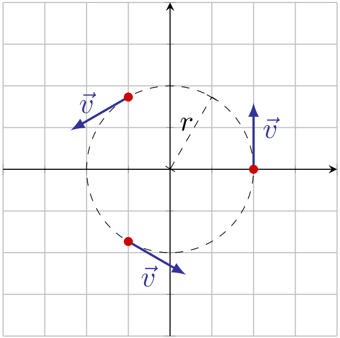


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

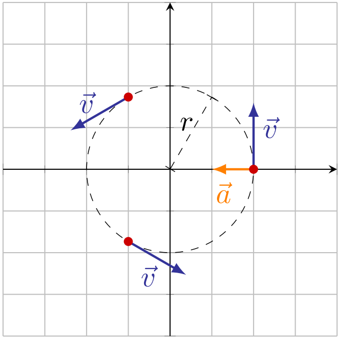


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

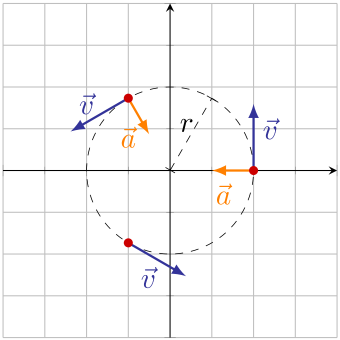


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

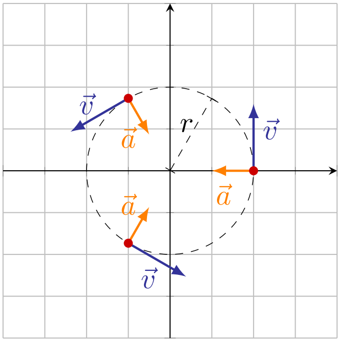


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência

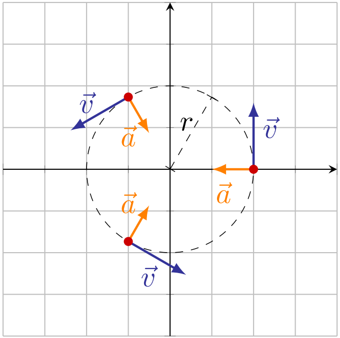


Movimento circular uniforme

- Velocidade **escalar** é constante:

$$v = |\vec{v}| = \text{cte}$$

- O vetor $\vec{v}$ é sempre tangente à trajetória
- A partícula tem aceleração, pois a direção do vetor velocidade está mudando
- O vetor $\vec{a}$ sempre aponta para o centro da circunferência



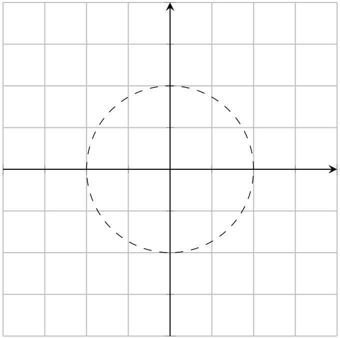
Período
Movimento circular uniforme

- Podemos escrever o módulo da velocidade como

$$v = \frac{C}{T}$$

em que
  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período
- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$



- Podemos escrever o módulo da velocidade como

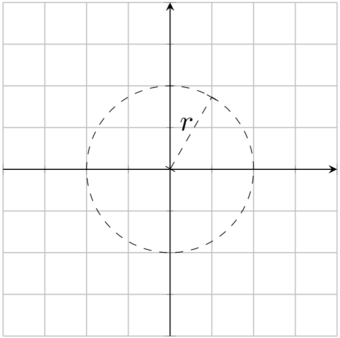
$$v = \frac{C}{T}$$

  em que

  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período

- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$



- Podemos escrever o módulo da velocidade como

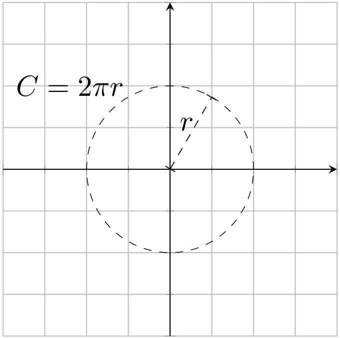
$$v = \frac{C}{T}$$

em que

  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período

- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$



- Podemos escrever o módulo da velocidade como

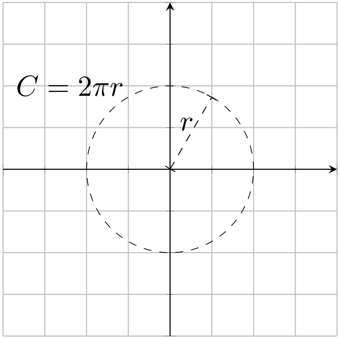
$$v = \frac{C}{T}$$

em que

  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período

- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$



- Podemos escrever o módulo da velocidade como

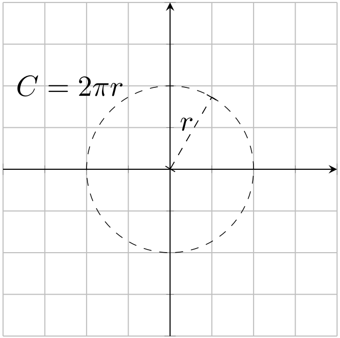
$$v = \frac{C}{T}$$

em que

  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período

- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$

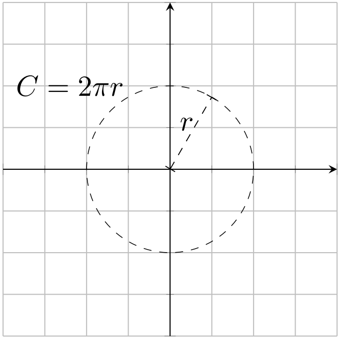


- Podemos escrever o módulo da velocidade como

$$v = \frac{C}{T}$$

  em que
  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período
- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$



- Podemos escrever o módulo da velocidade como

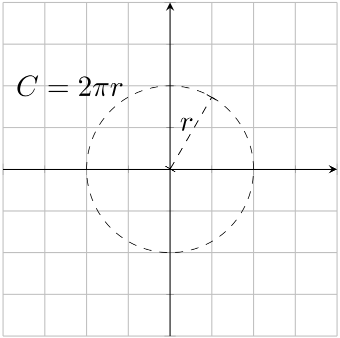
$$v = \frac{C}{T}$$

em que

  - C é o perímetro da circunferência
  - T é o período

- Se conhecermos v e r, podemos calcular T

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$

Calculo de $\vec{a}$

Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

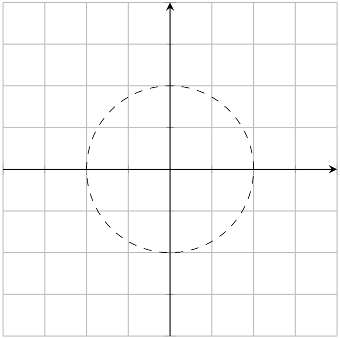
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$
Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

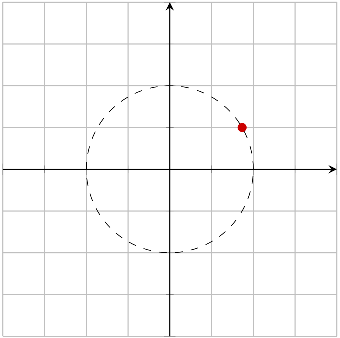
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$

Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

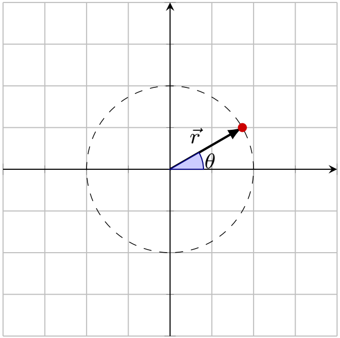
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

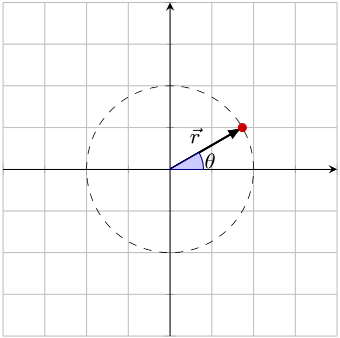
$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$



- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$

Calculo de $\vec{a}$
Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

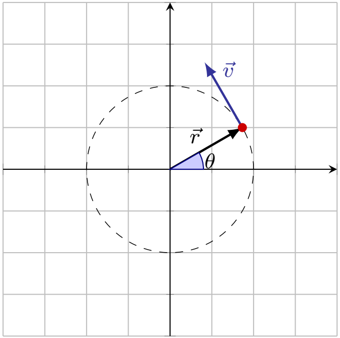
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

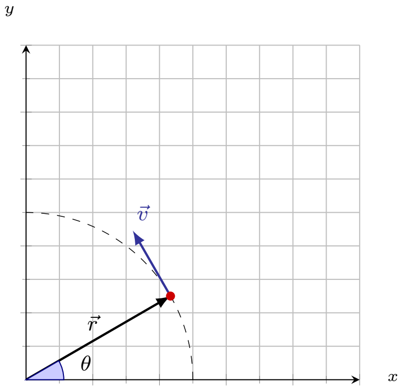
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

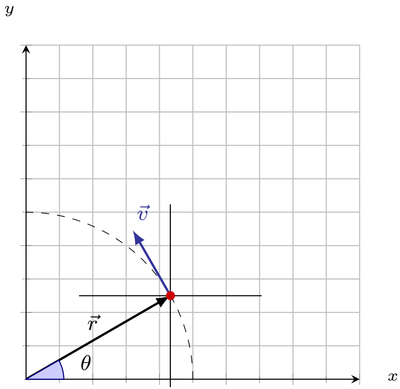
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$

Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

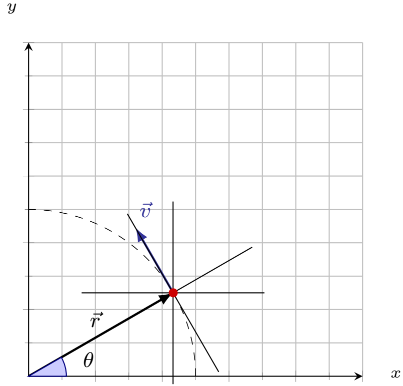
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

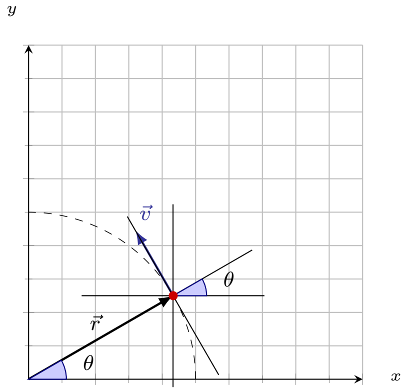
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$

Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

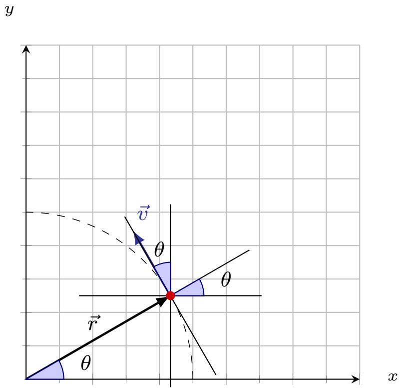
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

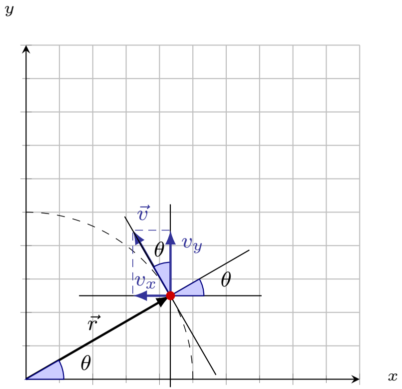
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$
Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

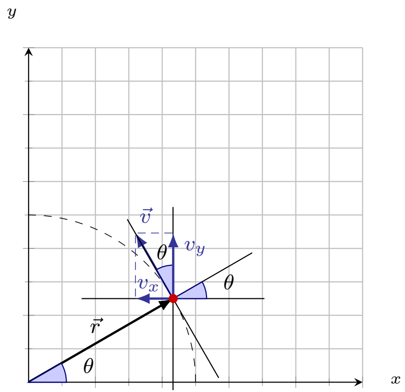
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$
Movimento circular uniforme

- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

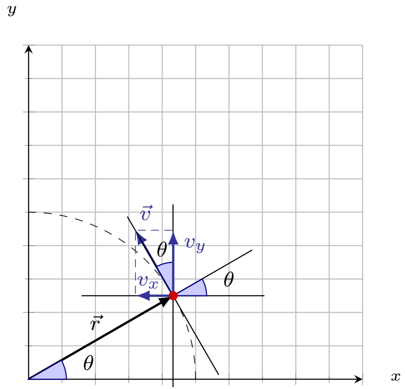
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

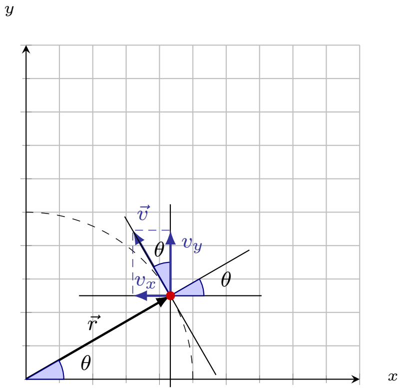
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



- Vetor posição

$$\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

$$x = r\cos\theta \qquad\qquad y = r\sin\theta$$

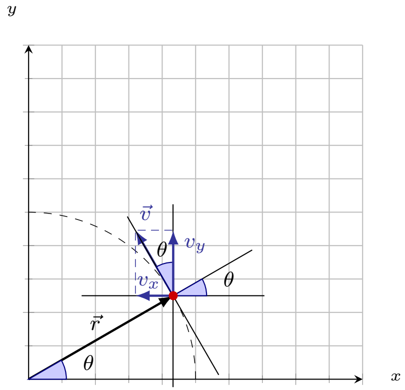
- Vetor velocidade

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

$$v_x = -v\sin\theta \qquad\qquad v_y = v\cos\theta$$

- Podemos escrever $\vec{v}$ como

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r}\right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r}\right)\hat{\jmath}$$



Calculo de $\vec{a}$

Movimento circular uniforme

- Já encontramos o vetor $\vec{v}$

$$\vec{v} = \left(- v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath}$$

- Para encontrar o vetor aceleração fazemos

$$\begin{aligned}
\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} &= \frac{d}{dt}\left[\left(- v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath} \right] = \left(- v\frac{1}{r}\frac{dy}{dt} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}\frac{dx}{dt} \right)\hat{\jmath} \\
&= \left(- v\frac{1}{r}v_y \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}v_x \right)\hat{\jmath} = \left(- v\frac{1}{r}(v\cos\theta) \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}(-v\sin\theta) \right)\hat{\jmath} \\
&= -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath} \right)
\end{aligned}$$

Calculo de $\vec{a}$

Movimento circular uniforme

- Já encontramos o vetor $\vec{v}$

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath}$$

- Para encontrar o vetor aceleração fazemos

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath} \right] = \left(-v\frac{1}{r}\frac{dy}{dt} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}\frac{dx}{dt} \right)\hat{\jmath}$$

$$= \left(-v\frac{1}{r}v_y \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}v_x \right)\hat{\jmath} = \left(-v\frac{1}{r}(v\cos\theta) \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}(-v\sin\theta) \right)\hat{\jmath}$$

$$= -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath} \right)$$

- Já encontramos o vetor $\vec{v}$

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath}$$

- Para encontrar o vetor aceleração fazemos

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath} \right] = \left(-v\frac{1}{r}\frac{dy}{dt} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}\frac{dx}{dt} \right)\hat{\jmath}$$

$$= \left(-v\frac{1}{r}v_y \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}v_x \right)\hat{\jmath} = \left(-v\frac{1}{r}(v\cos\theta) \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}(-v\sin\theta) \right)\hat{\jmath}$$

$$= -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath} \right)$$

- Já encontramos o vetor $\vec{v}$

$$\vec{v} = \left(- v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath}$$

- Para encontrar o vetor aceleração fazemos

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\left(- v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath} \right] = \left(- v\frac{1}{r}\frac{dy}{dt} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}\frac{dx}{dt} \right)\hat{\jmath}$$

$$= \left(- v\frac{1}{r}v_y \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}v_x \right)\hat{\jmath} = \left(- v\frac{1}{r}(v\cos\theta) \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}(-v\sin\theta) \right)\hat{\jmath}$$

$$= -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath} \right)$$

- Já encontramos o vetor $\vec{v}$

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath}$$

- Para encontrar o vetor aceleração fazemos

$$\begin{aligned}\vec{a} &= \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath} \right] = \left(-v\frac{1}{r}\frac{dy}{dt} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}\frac{dx}{dt} \right)\hat{\jmath} \\ &= \left(-v\frac{1}{r}v_y \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}v_x \right)\hat{\jmath} = \left(-v\frac{1}{r}(v\cos\theta) \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}(-v\sin\theta) \right)\hat{\jmath} \\ &= -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath} \right)\end{aligned}$$

- Já encontramos o vetor $\vec{v}$

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath}$$

- Para encontrar o vetor aceleração fazemos

$$\begin{aligned}
\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} &= \frac{d}{dt}\left[\left(-v\frac{y}{r} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{x}{r} \right)\hat{\jmath} \right] = \left(-v\frac{1}{r}\frac{dy}{dt} \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}\frac{dx}{dt} \right)\hat{\jmath} \\
&= \left(-v\frac{1}{r}v_y \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}v_x \right)\hat{\jmath} = \left(-v\frac{1}{r}(v\cos\theta) \right)\hat{\imath} + \left(v\frac{1}{r}(-v\sin\theta) \right)\hat{\jmath} \\
&= -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath} \right)
\end{aligned}$$

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Calculo de $\vec{a}$
Movimento circular uniforme

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Módulo

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\cos\theta\right)^2 + \left(\frac{v^2}{r}\sin\theta\right)^2} \\ &= \frac{v^2}{r}\sqrt{\cos^2\theta + \sin^2\theta} \end{aligned}$$

$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Módulo

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\cos\theta\right)^2 + \left(\frac{v^2}{r}\sin\theta\right)^2}$$

$$= \frac{v^2}{r}\sqrt{\cos^2\theta + \sin^2\theta}$$

$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Módulo

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\cos\theta\right)^2 + \left(\frac{v^2}{r}\sin\theta\right)^2} \\ &= \frac{v^2}{r}\sqrt{\cos^2\theta + \sin^2\theta} \end{aligned}$$

$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Módulo

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\cos\theta\right)^2 + \left(\frac{v^2}{r}\sin\theta\right)^2} \\ &= \frac{v^2}{r}\sqrt{\cos^2\theta + \sin^2\theta} \end{aligned}$$

$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Módulo

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{v^2}{r}\cos\theta\right)^2 + \left(\frac{v^2}{r}\sin\theta\right)^2} \\ &= \frac{v^2}{r}\sqrt{\cos^2\theta + \sin^2\theta} \end{aligned}$$

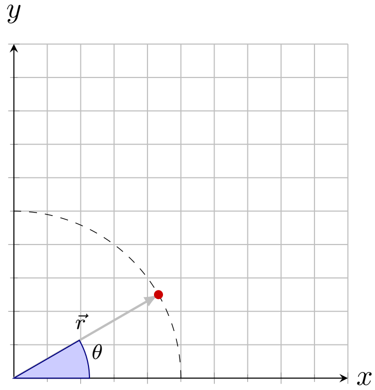
$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\tan\phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$



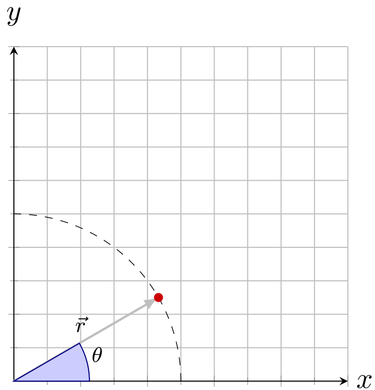
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\tan\phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases} \theta \\ \theta \pm 180^\circ \end{cases}$$



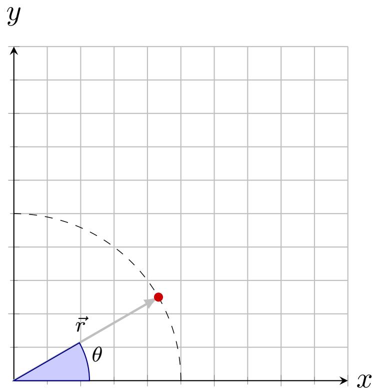
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x} \\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} \\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases}\theta \\ \theta \pm 180^\circ\end{cases}$$



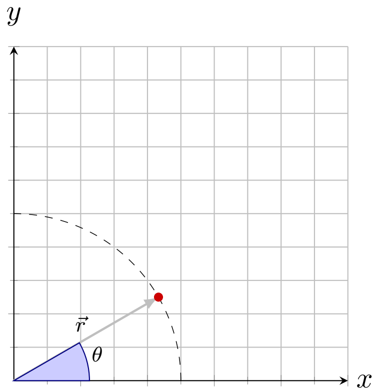
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x} \\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} \\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases}\theta \\ \theta \pm 180^\circ\end{cases}$$

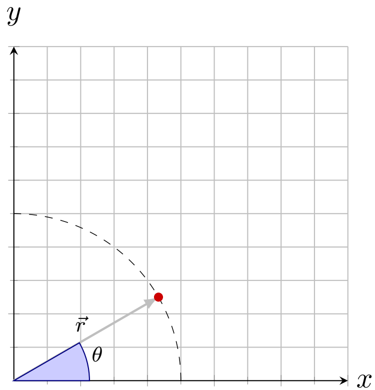


- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\tan\phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$



$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases} \theta \\ \theta \pm 180^\circ \end{cases}$$

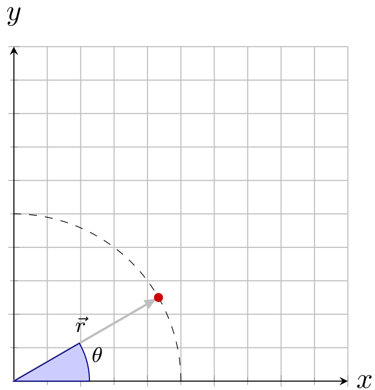
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x}\\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta}\\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases}\theta\\ \theta \pm 180°\end{cases}$$



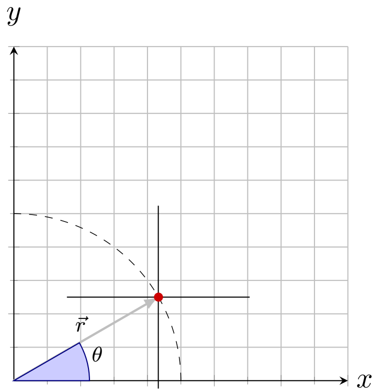
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x}\\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta}\\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad\Longrightarrow\quad \phi = \begin{cases}\theta\\ \theta\pm 180°\end{cases}$$



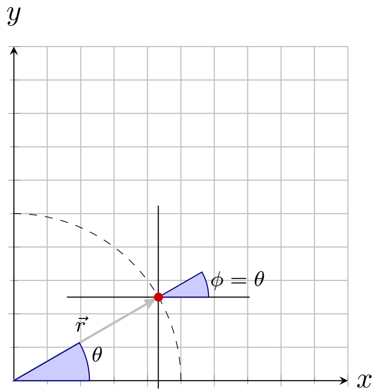
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x}\\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta}\\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad\Longrightarrow\quad \phi = \begin{cases}\theta\\ \theta \pm 180^\circ\end{cases}$$



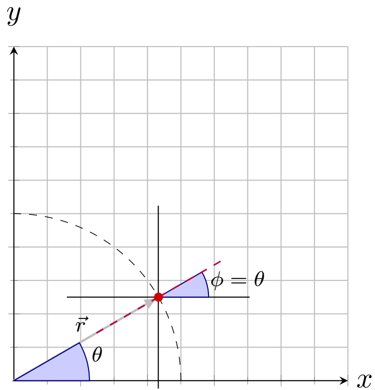
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x} \\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} \\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases}\theta \\ \theta \pm 180^\circ\end{cases}$$



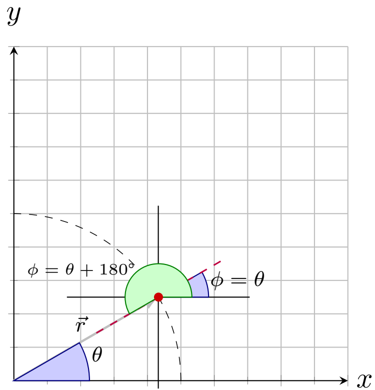
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\tan\phi = \frac{a_y}{a_x}$$
$$= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta}$$
$$= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad\Longrightarrow\quad \phi = \begin{cases}\theta \\ \theta \pm 180^\circ\end{cases}$$



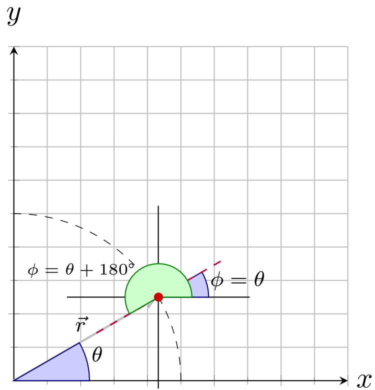
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\tan\phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases} \cancel{\theta} \\ \theta \pm 180^\circ \end{cases}$$



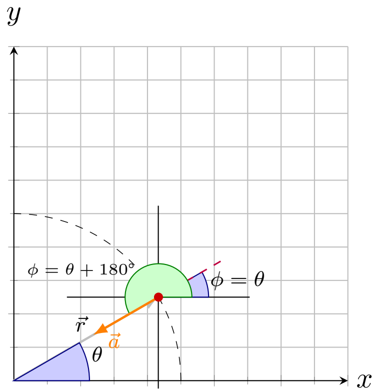
- Vetor aceleração

$$\vec{a} = -\frac{v^2}{r}\left(\cos\theta\hat{\imath} + \sin\theta\hat{\jmath}\right)$$

- Orientação

$$\begin{aligned}\tan\phi &= \frac{a_y}{a_x} \\ &= \frac{-\frac{v^2}{r}\sin\theta}{-\frac{v^2}{r}\cos\theta} \\ &= \frac{\sin\theta}{\cos\theta}\end{aligned}$$

$$\tan\phi = \tan\theta \quad \Longrightarrow \quad \phi = \begin{cases} \cancel{\theta} \\ \theta \pm 180^\circ \end{cases}$$



Um objeto se move com velocidade escalar constante, ao longo de uma trajetória circular, em um plano xy com o centro na origem. Quando o objeto está em $x = -2\text{m}$, a velocidade é $-(4\text{m/s})\hat{\jmath}$. Determine

1. a velocidade do objeto em $y = 2\text{m}$
2. a aceleração do objeto em $y = 2\text{m}$

Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

- Já sabemos que $$a = \frac{v^2}{r} \qquad T = \frac{2\pi r}{v}$$
- Combinando esses resultados $$a = \frac{2\pi v}{T}$$
- O módulo da velocidade é dado por $$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(400)^2 + (500)^2} = 640,31\text{m/s}$$

Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

- Já sabemos que $$a = \frac{v^2}{r} \qquad T = \frac{2\pi r}{v}$$
- Combinando esses resultados $$a = \frac{2\pi v}{T}$$
- O módulo da velocidade é dado por $$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(400)^2 + (500)^2} = 640,31\text{m/s}$$

Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

- Já sabemos que $$a = \frac{v^2}{r} \qquad T = \frac{2\pi r}{v}$$
- Combinando esses resultados $$a = \frac{2\pi v}{T}$$
- O módulo da velocidade é dado por $$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(400)^2 + (500)^2} = 640,31\text{m/s}$$

Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

- Já sabemos que $$a = \frac{v^2}{r} \qquad T = \frac{2\pi r}{v}$$
- Combinando esses resultados $$a = \frac{2\pi v}{T}$$
- O módulo da velocidade é dado por $$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(400)^2 + (500)^2} = 640,31\text{m/s}$$

Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

- Portanto

$$T = 2 \times (24,0\text{s}) = 48,0\text{s}$$

- Dessa forma temos

$$a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi(640,31\text{m/s})}{48,0\text{s}} = 83,81\text{m/s}^2$$

$$a \sim 8,6g$$

Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

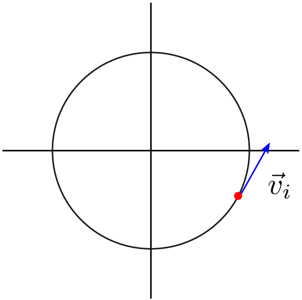
- Portanto

$$T = 2 \times (24,0\text{s}) = 48,0\text{s}$$

- Dessa forma temos

$$a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi(640,31\text{m/s})}{48,0\text{s}} = 83,81\text{m/s}^2$$

$$a \sim 8,6g$$



Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

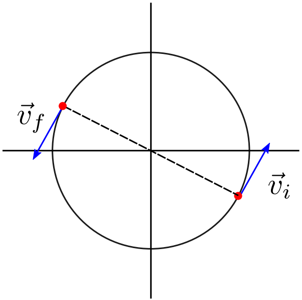
- Portanto

$$T = 2 \times (24,0\text{s}) = 48,0\text{s}$$

- Dessa forma temos

$$a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi(640,31\text{m/s})}{48,0\text{s}} = 83,81\text{m/s}^2$$

$$a \sim 8,6g$$



Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

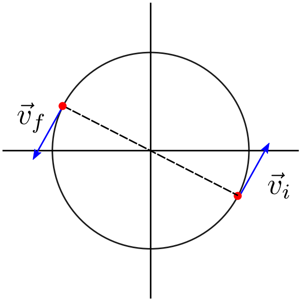
- Portanto

$$T = 2 \times (24,0\text{s}) = 48,0\text{s}$$

- Dessa forma temos

$$a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi(640,31\text{m/s})}{48,0\text{s}} = 83,81\text{m/s}^2$$

$$a \sim 8,6g$$



Exemplo: fazendo curvas

Qual é o módulo da aceleração, em unidades de g, para um piloto cujo aeronave inicia uma curva horizontal com uma velocidade $\vec{v}_i = (400\hat{\imath} + 500\hat{\jmath})$m/s e, $24,0$s mais tarde, termina a curva com uma velocidade $\vec{v}_f = (-400\hat{\imath} - 500\hat{\jmath})$m/s?

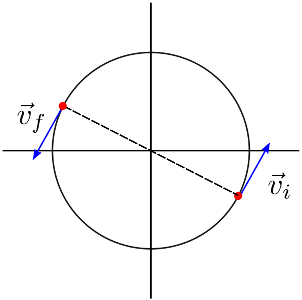
- Portanto

$$T = 2 \times (24,0\text{s}) = 48,0\text{s}$$

- Dessa forma temos

$$a = \frac{2\pi v}{T} = \frac{2\pi(640,31\text{m/s})}{48,0\text{s}} = 83,81\text{m/s}^2$$

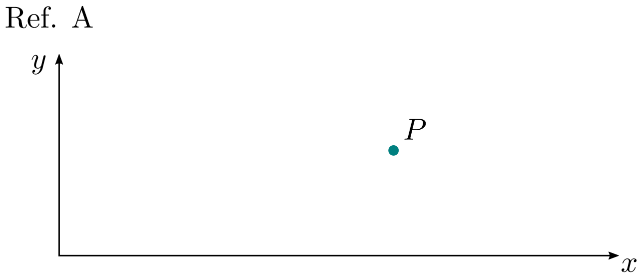
$$a \sim 8,6g$$



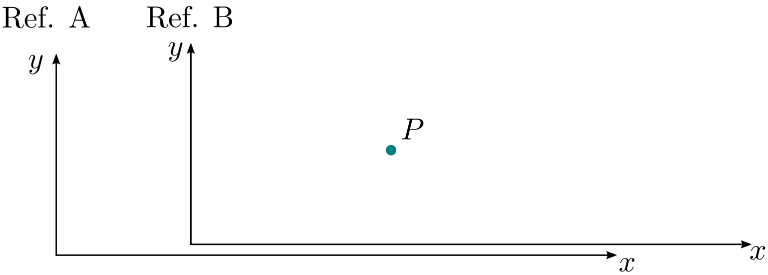
$g = 9,8\text{m/s}^2$

Sumário

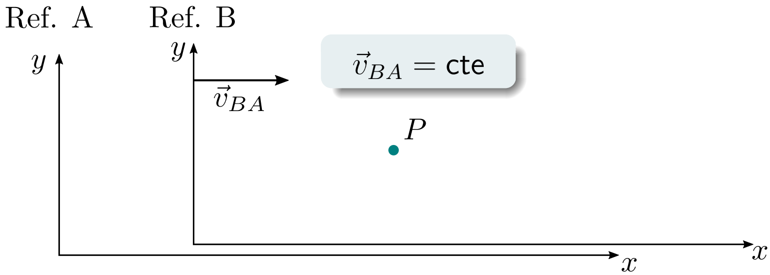
Movimento relativo em uma dimensão



Movimento relativo em uma dimensão

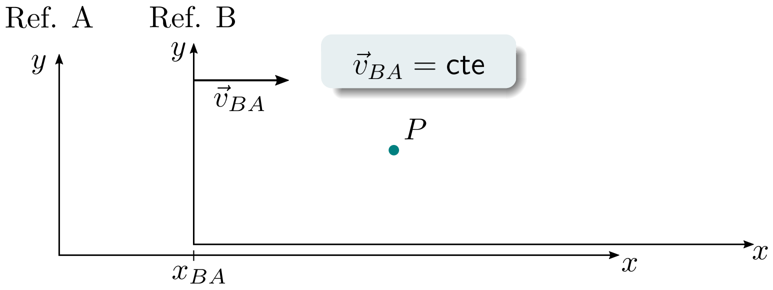


Movimento relativo em uma dimensão



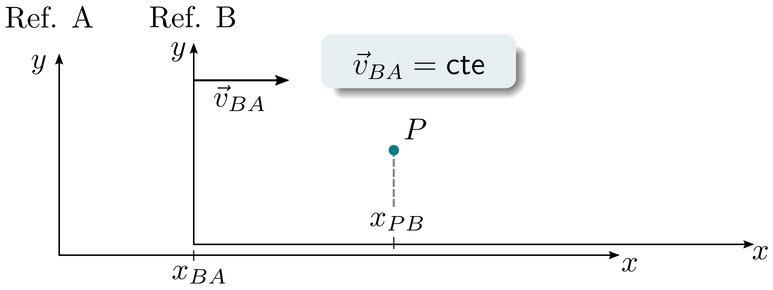
$\vec{v}_{BA} =$ cte

Movimento relativo em uma dimensão



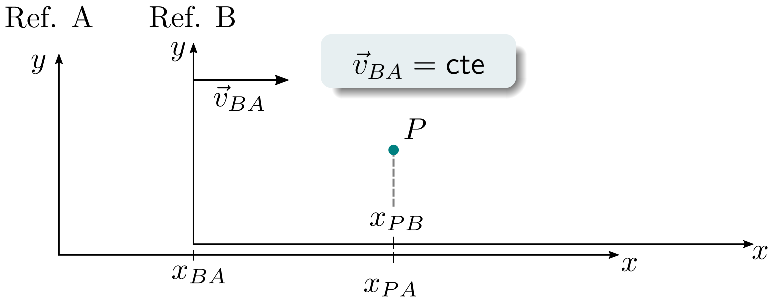
$\vec{v}_{BA} =$ cte

Movimento relativo em uma dimensão

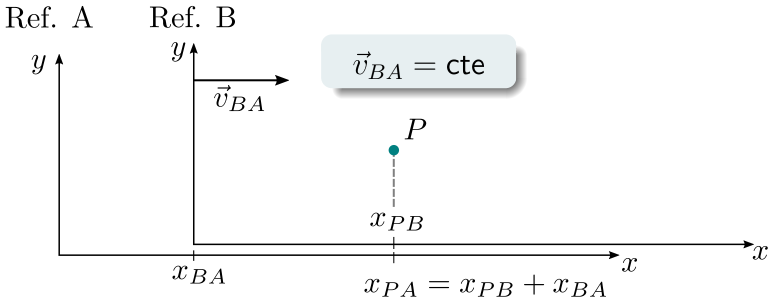


$\vec{v}_{BA} = \text{cte}$

Movimento relativo em uma dimensão



Movimento relativo em uma dimensão



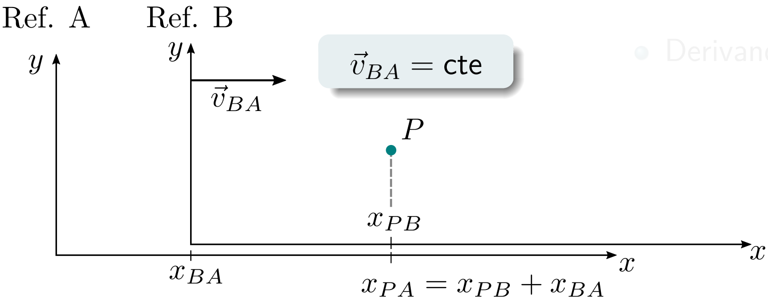
Movimento relativo em uma dimensão

- A coordenada x_{PA} de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}} \tag{7}$$

- Derivando Eq. (7) em relação a t

$$\frac{dx_{PA}}{dt} = \frac{dx_{PB}}{dt} + \frac{dx_{BA}}{dt} \implies \boxed{v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}} \tag{8}$$



- Derivando Eq. (8) em relação a t

$$\frac{dv_{PA}}{dt} = \frac{dv_{PB}}{dt} + \frac{dv_{BA}}{dt}$$

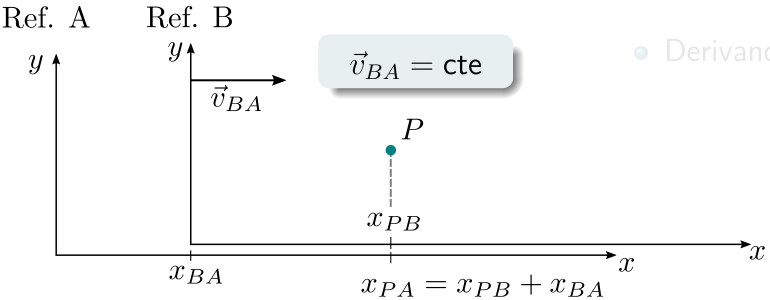
$$\boxed{a_{PA} = a_{PB}}$$

- A coordenada x_{PA} de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}} \tag{7}$$

- Derivando Eq. (7) em relação a t

$$\frac{dx_{PA}}{dt} = \frac{dx_{PB}}{dt} + \frac{dx_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}} \tag{8}$$



- Derivando Eq. (8) em relação a t

$$\frac{dv_{PA}}{dt} = \frac{dv_{PB}}{dt} + \frac{dv_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{a_{PA} = a_{PB}}$$

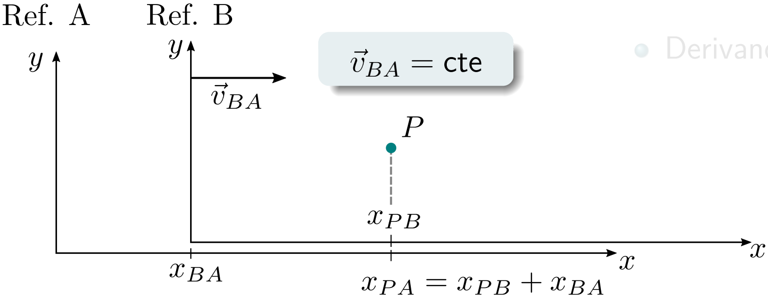
Movimento relativo em uma dimensão

- A coordenada x_{PA} de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}} \tag{7}$$

- Derivando Eq. (7) em relação a t

$$\frac{dx_{PA}}{dt} = \frac{dx_{PB}}{dt} + \frac{dx_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}} \tag{8}$$



- Derivando Eq. (8) em relação a t

$$\frac{dv_{PA}}{dt} = \frac{dv_{PB}}{dt} + \frac{dv_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{a_{PA} = a_{PB}}$$

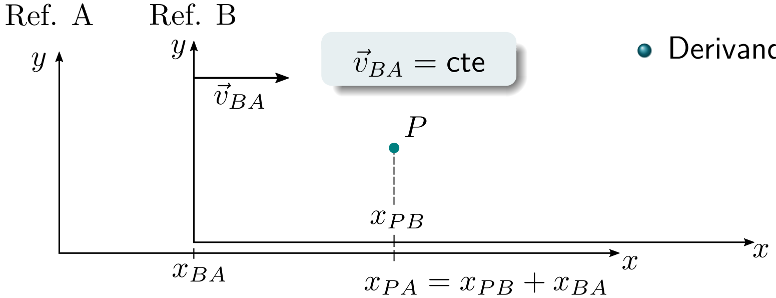
Movimento relativo em uma dimensão

- A coordenada x_{PA} de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}} \tag{7}$$

- Derivando Eq. (7) em relação a t

$$\frac{dx_{PA}}{dt} = \frac{dx_{PB}}{dt} + \frac{dx_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}} \tag{8}$$



- Derivando Eq. (8) em relação a t

$$\frac{dv_{PA}}{dt} = \frac{dv_{PB}}{dt} + \frac{dv_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{a_{PA} = a_{PB}}$$

Movimento relativo em uma dimensão

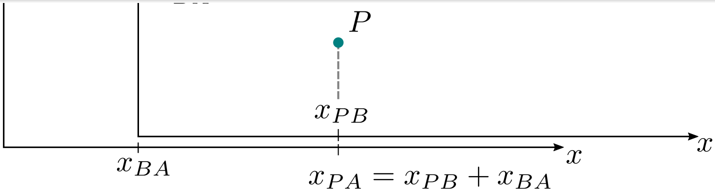
- A coordenada x_{PA} de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}} \tag{7}$$

- Derivando Eq. (7) em relação a t

$$\frac{dx_{PA}}{dt} \quad \frac{dx_{PB}}{dt} \quad \frac{dx_{BA}}{dt} \tag{8}$$

A aceleração de uma partícula é a mesma para observadores em referências que se movem com velocidade constante um em relação ao outro.



$$\frac{dv_{PA}}{dt} = \frac{dv_{PB}}{dt} + \frac{dv_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{a_{PA} = a_{PB}}$$

Sumário

Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \qquad \Longrightarrow \qquad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$

- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

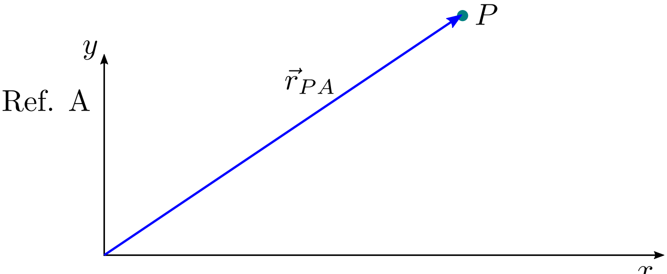
Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

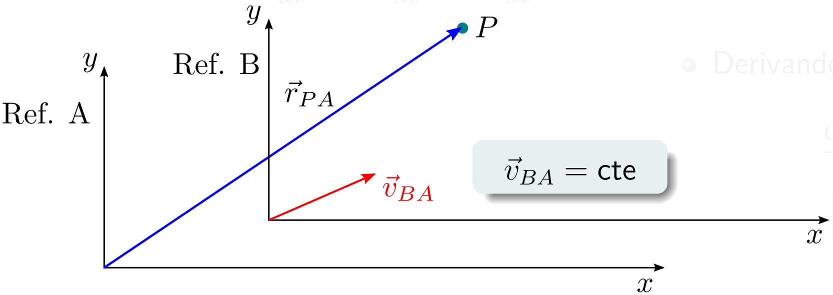
Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \qquad \Longrightarrow \qquad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

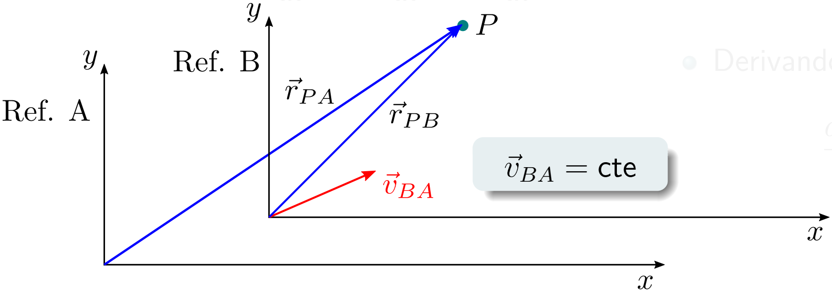
Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \qquad \Longrightarrow \qquad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

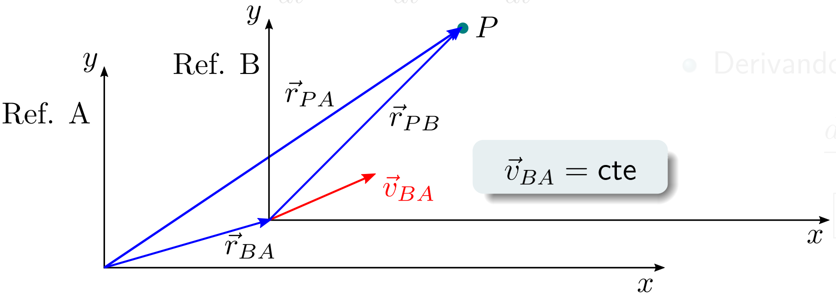
$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \implies \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



$\vec{v}_{BA}$ = cte

- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

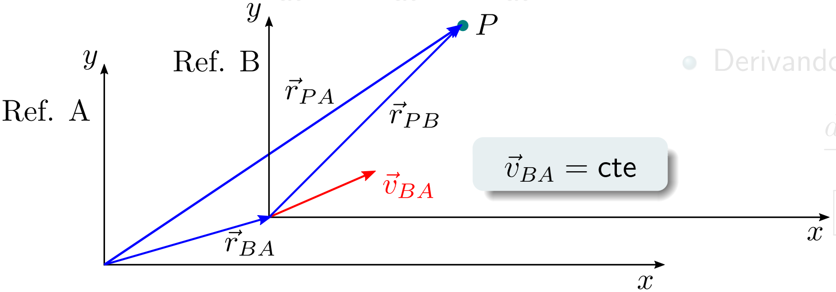
Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

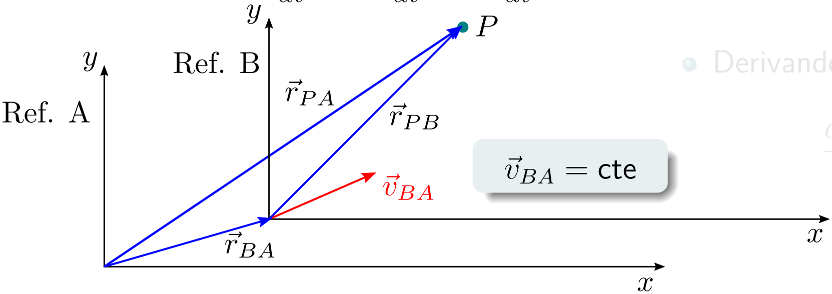
Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

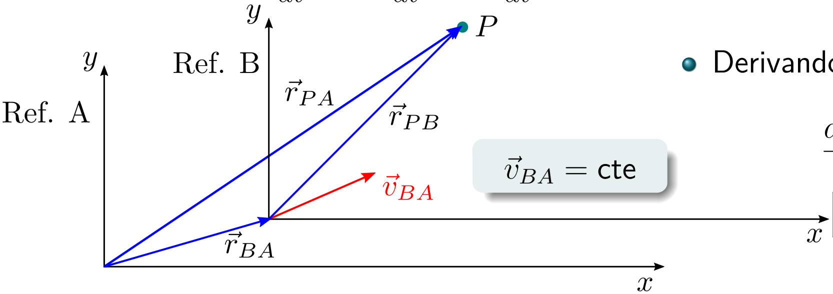
$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

$$\frac{d\vec{r}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}} \tag{10}$$



- Derivando Eq. (10) em relação a t

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

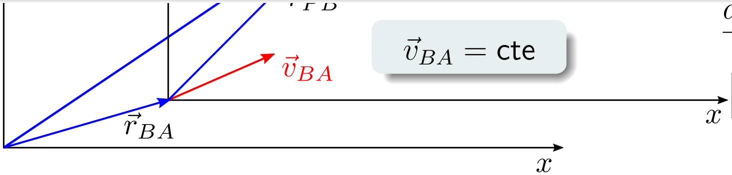
Movimento relativo em duas dimensões

- A coordenada $\vec{r}_{PA}$ de P medida por A pode ser escrita como

$$\boxed{\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}} \tag{9}$$

- Derivando Eq. (9) em relação a t

A aceleração de uma partícula é a mesma para observadores em referências que se movem com velocidade constante um em relação ao outro.



$\vec{v}_{BA} = \text{cte}$

$$\frac{d\vec{v}_{PA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_{PB}}{dt} + \frac{d\vec{v}_{BA}}{dt}$$

$$\boxed{\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB}}$$

Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$

Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

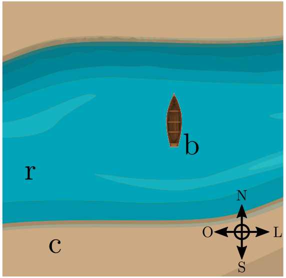
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$

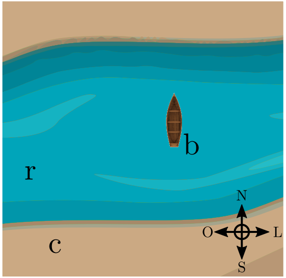


Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$



- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$

Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0\text{km/h}$ relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00\text{km/h}$ para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

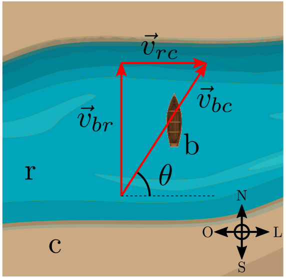
- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

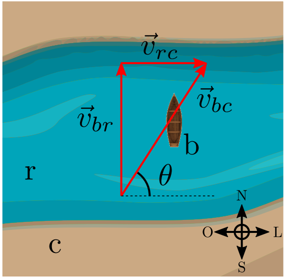
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

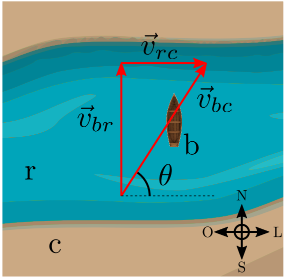
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

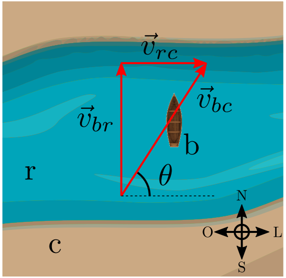
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4°$$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

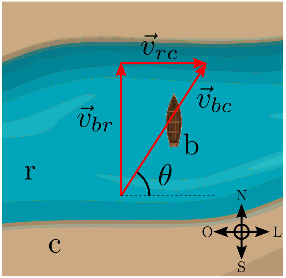
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

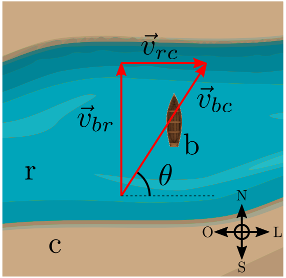
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0\text{km/h}$ relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00\text{km/h}$ para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

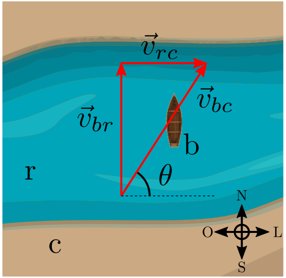
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$



Exemplo: bote atravessando o rio

Um barco rumo ao norte cruza um rio com velocidade $10,0$km/h relativa ao rio. O rio tem velocidade $5,00$km/h para o leste com relação a costa. Determine a velocidade do bote relativa a um observador na costa. Encontre o módulo de $\vec{v}_{bc}$ e o angulo θ.

- Sabemos portanto

$$\vec{v}_{bc} = \vec{v}_{br} + \vec{v}_{rc}$$

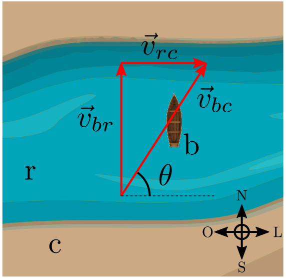
- Em componentes, temos

$$\vec{v}_{bc} = (10,0\text{km/s})\hat{\jmath} + (5,00\text{km/s})\hat{\imath}$$

- Podemos também calcular o módulo e o angulo que o vetor $\vec{v}_{bc}$ faz com a direção $+x$

$$|\vec{v}_{bc}| = \sqrt{(10,0\text{km/s})^2 + (5,00\text{km/s})^2} = 11,2\text{km/h}$$

$$\theta = \arctan\left[\frac{v_{bc,y}}{v_{bc,x}}\right] = \arctan\left[\frac{10,0}{5,00}\right] = 63,4^\circ$$



Dicas

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

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