



Aceleração

Aceleração média, \vec{a}_m

É a **variação da velocidade**, \vec{v} , num dado **intervalo de tempo**:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t}$$

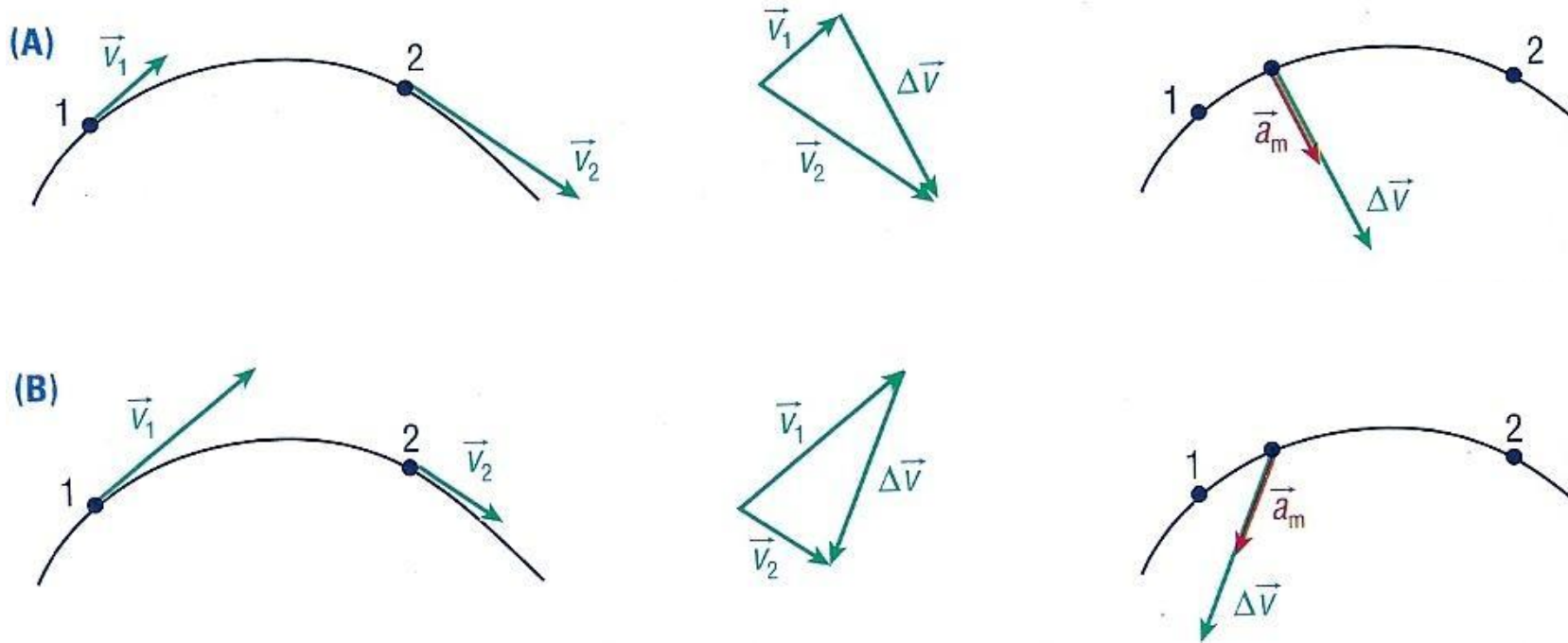
É uma grandeza **vetorial**.

Tem **direção e sentido da velocidade**!

Unidade SI: m/s² ou m s⁻²

Aceleração média, \vec{a}_m

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t}$$



Quando a trajetória é curvilínea, o vetor \vec{a}_m aponta sempre para o centro da curvatura.

Aceleração, \vec{a}

A aceleração, \vec{a} , permite conhecer a **variação de velocidade** em cada instante:

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

A aceleração é a derivada, em função do tempo, do vetor velocidade.

Nas três dimensões:

$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt} \vec{e}_x + \frac{dv_y}{dt} \vec{e}_y + \frac{dv_z}{dt} \vec{e}_z$$

$$\vec{a} = a_x \vec{e}_x + a_y \vec{e}_y + a_z \vec{e}_z$$

Unidade SI: m/s² ou m s⁻²

Aceleração, \vec{a}

Nas três dimensões:

$$\vec{r} = x \vec{e}_x + y \vec{e}_y + z \vec{e}_z$$

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \vec{e}_x + \frac{dy}{dt} \vec{e}_y + \frac{dz}{dt} \vec{e}_z$$

$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt} \vec{e}_x + \frac{dv_y}{dt} \vec{e}_y + \frac{dv_z}{dt} \vec{e}_z$$

Exemplo:

$$\vec{r}(t) = (3t)\vec{e}_x + (5 - t^2)\vec{e}_y + (2t)\vec{e}_z$$

$$\vec{v}(t) = 3 \vec{e}_x - 2t \vec{e}_y + 2 \vec{e}_z$$

$$\vec{a}(t) = -2 \vec{e}_y$$

2ª Lei de Newton – Lei Fundamental da Dinâmica

Esta lei mostra a proporcionalidade entre a resultante das forças aplicadas num corpo e a aceleração nele produzida.

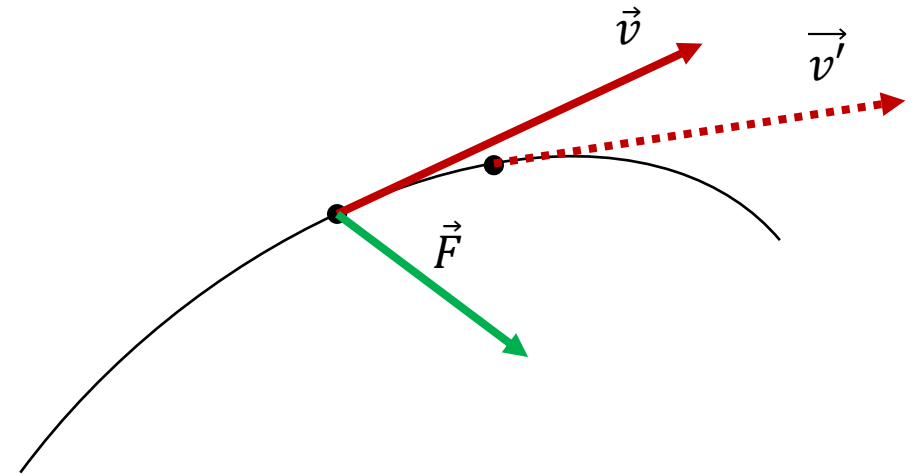
A aceleração de um corpo de massa m é diretamente proporcional à resultantes das forças aplicadas nesse corpo:

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

A massa m é a constante de proporcionalidade.

A direção e sentido dos vetores aceleração e resultante das forças são iguais.

A aplicação de uma força, \vec{F} , pode provocar a alteração da velocidade, \vec{v} , de um corpo.



Componentes da força, \vec{F}

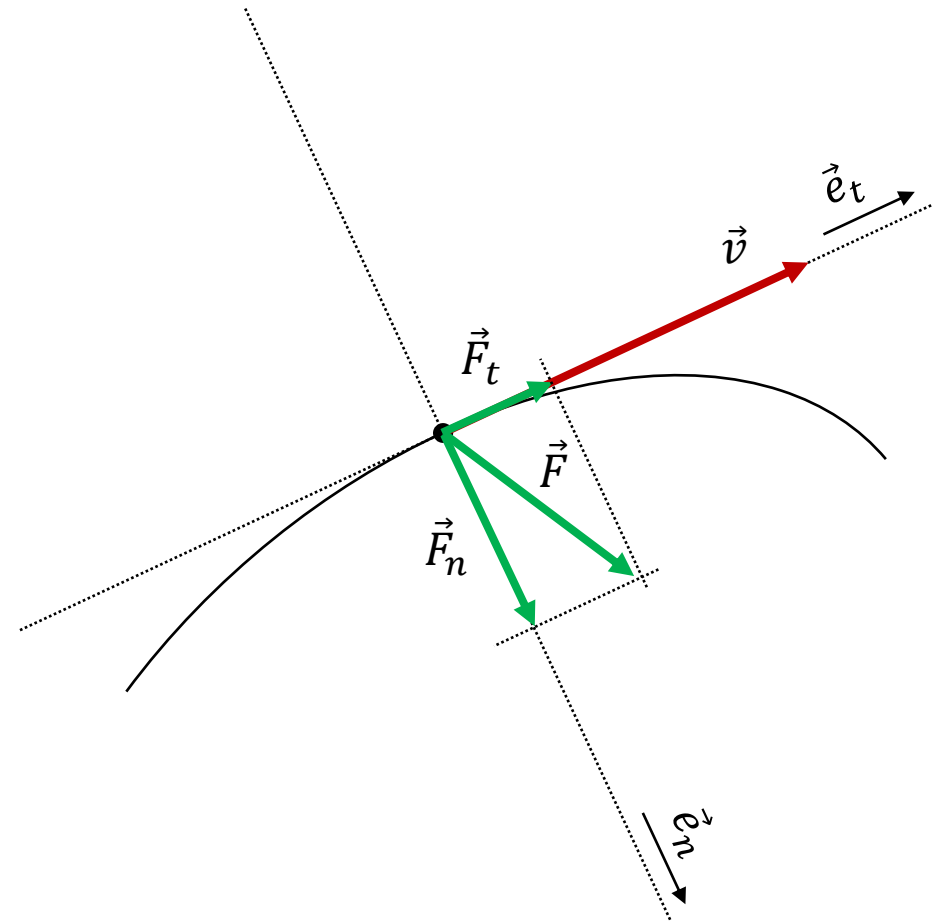
Uma força que não tenha a mesma direção da velocidade pode ser decomposta em duas componentes:

\vec{F}_t - **Força tangencial**;

\vec{F}_n - **Força normal** (ou centrípeta).

em que:

$$\vec{F} = F_t \vec{e}_t + F_n \vec{e}_n$$



Componentes da força, \vec{F}

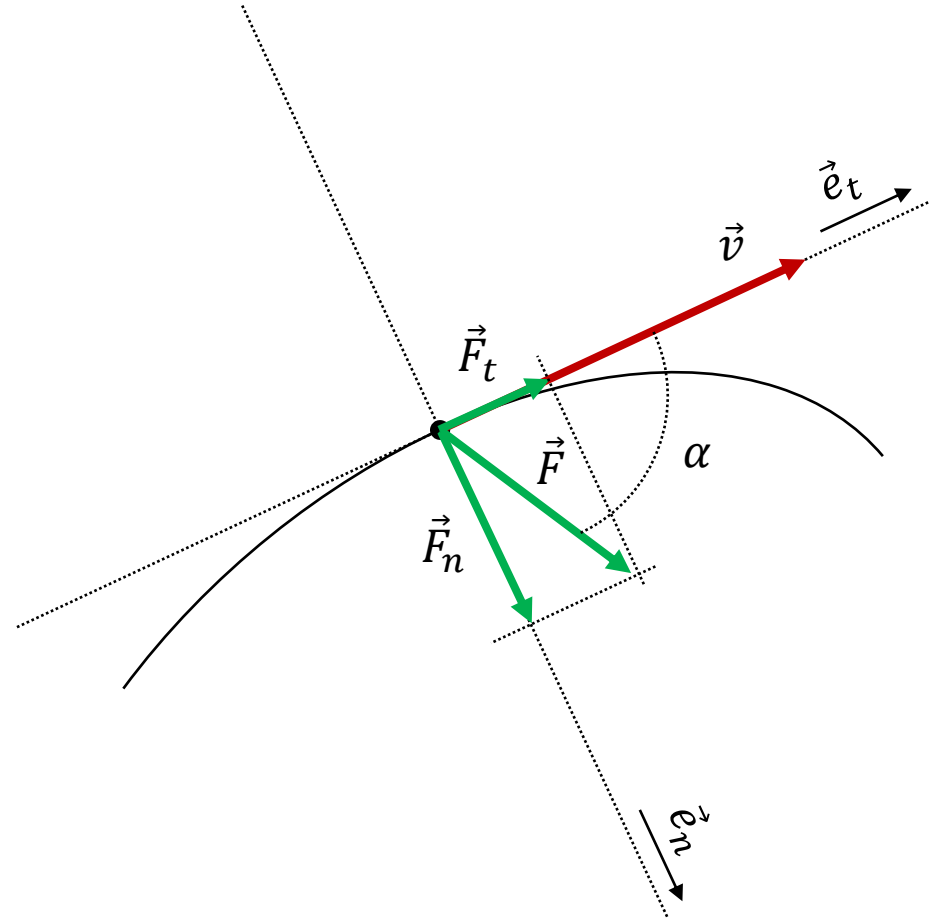
Se α for o ângulo entre \vec{v} e \vec{F} :

$$F_t = F \cos \alpha$$

$$F_n = F \sin \alpha$$

pelo que,

$$\vec{F} = F \cos \alpha \vec{e}_t + F \sin \alpha \vec{e}_n$$



$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Componentes da aceleração, \vec{a}

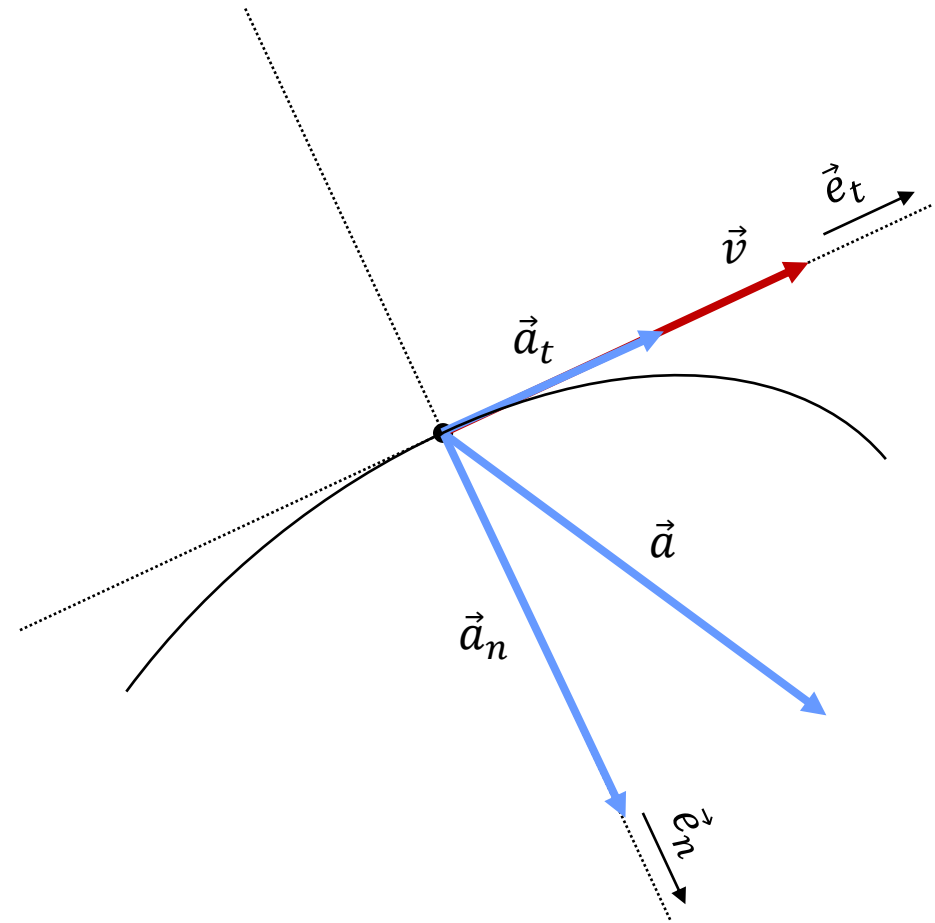
A aceleração, \vec{a} , é o vetor soma de dois outros vetores:

$$\vec{a} = a_t \vec{e}_t + a_n \vec{e}_n$$

em que:

\vec{a}_t - **aceleração tangencial**;

\vec{a}_n - **aceleração normal** (ou centrípeta).



Componentes da aceleração, \vec{a}

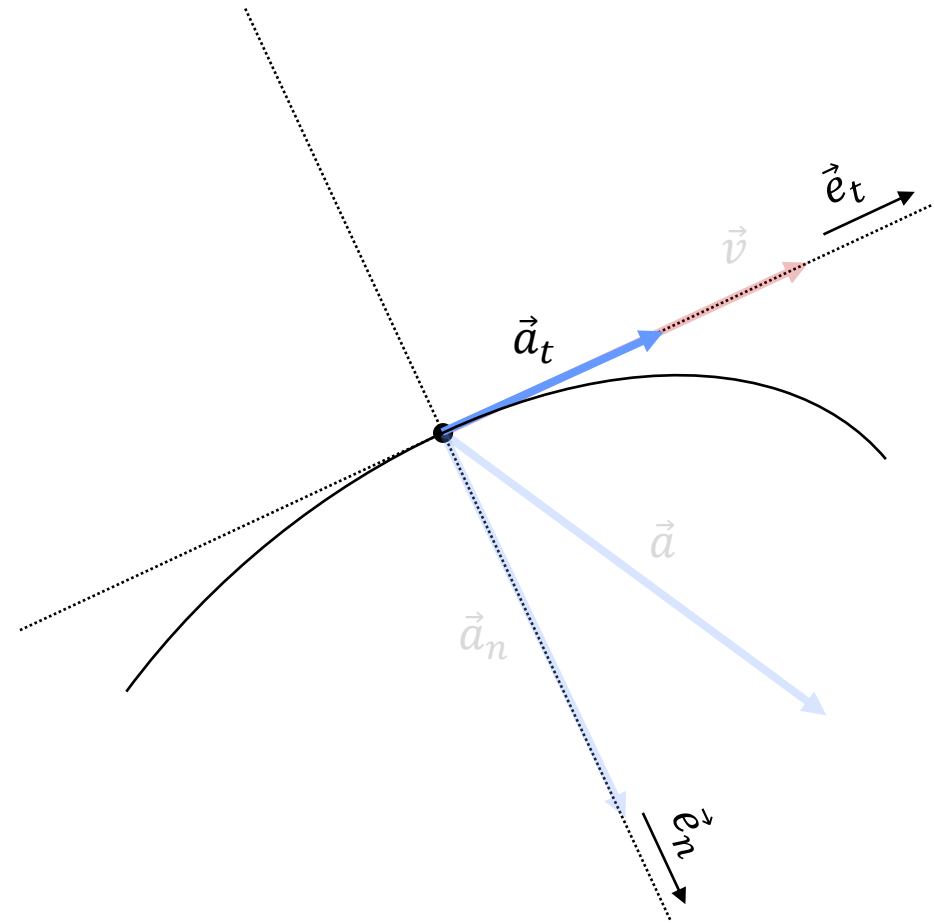
Aceleração tangencial, \vec{a}_t :

Mede a **variação do módulo da velocidade**, $|\vec{v}|$.

O valor de a_t determina-se através de:

$$a_t = \frac{dv}{dt}$$

É sempre **tangente à trajetória**.



Componentes da aceleração, \vec{a}

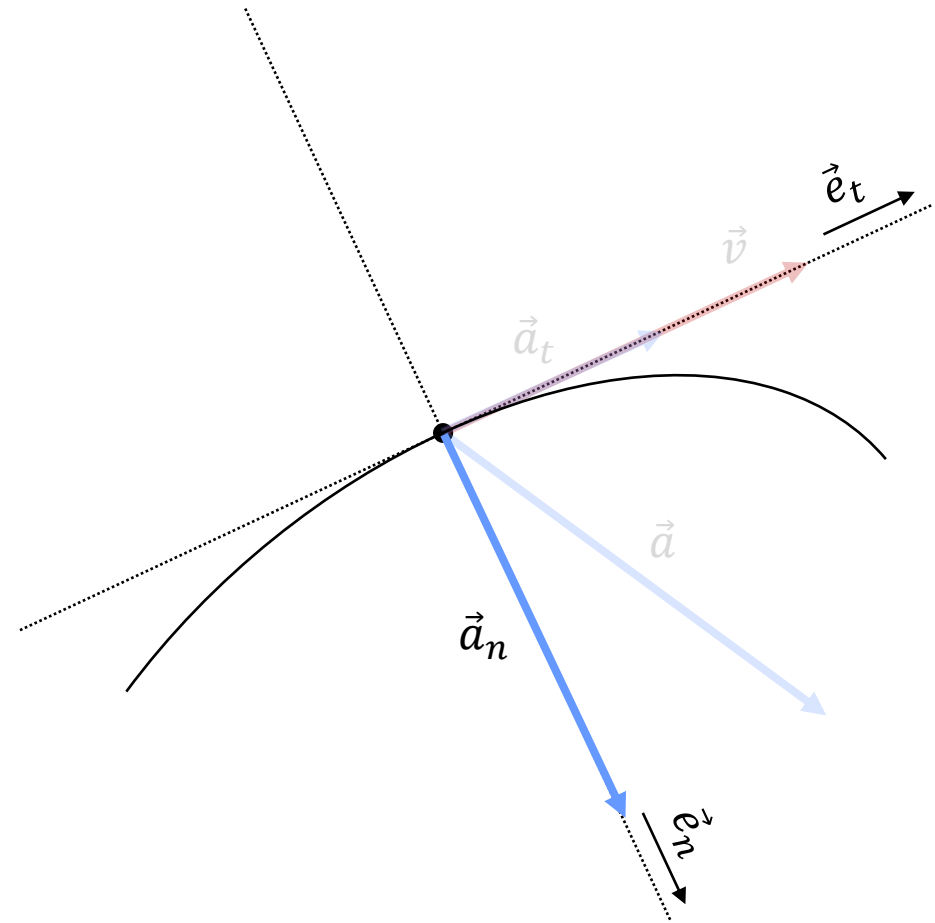
Aceleração normal, \vec{a}_n (ou centrípeta):

Mede a **variação da direção** do **vetor velocidade, \vec{v}** .

O valor de a_n determina-se através de:

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

É sempre **perpendicular à trajetória**.



Componentes da aceleração, \vec{a}

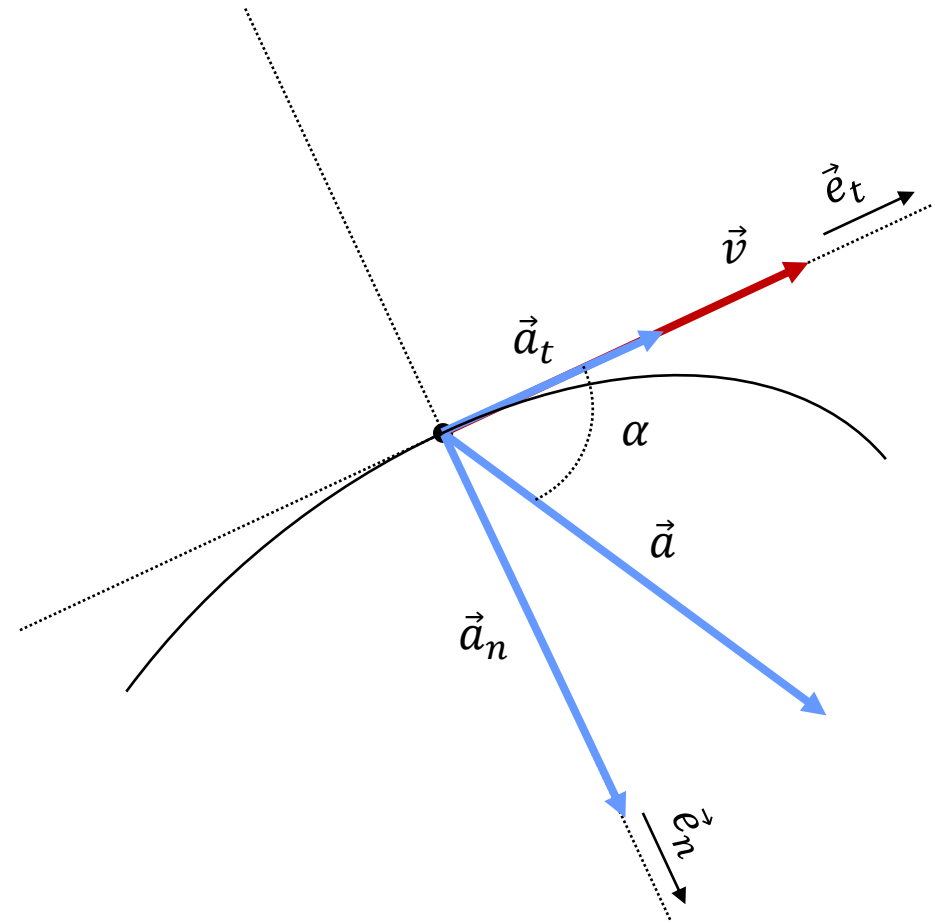
Se α for o ângulo entre \vec{v} e \vec{a} :

$$a_t = a \cos \alpha$$

$$a_n = a \sin \alpha$$

pelo que,

$$\vec{a} = a \cos \alpha \vec{e}_t + a \sin \alpha \vec{e}_n$$



Componentes da aceleração, \vec{a}

$$\vec{a} = a_t \vec{e}_t + a_n \vec{e}_n$$

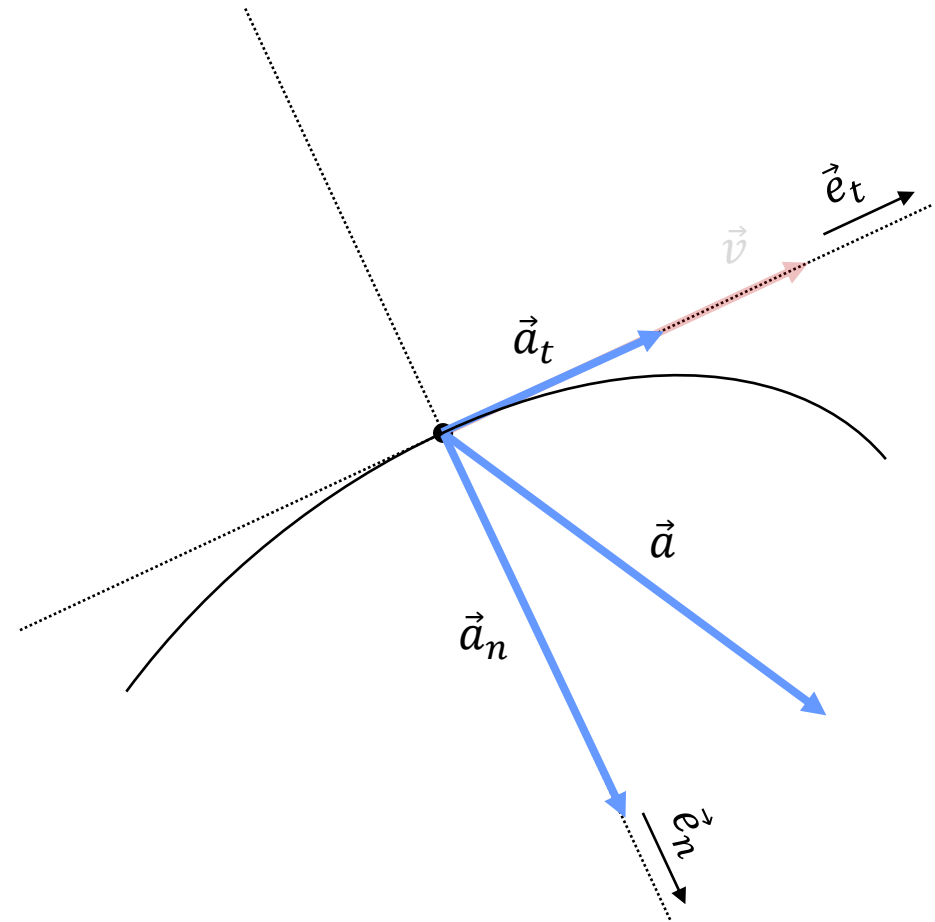
$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{e}_t + \frac{v^2}{r} \vec{e}_n$$

$$\vec{a} = a \cos \alpha \vec{e}_t + a \sin \alpha \vec{e}_n$$

O módulo da aceleração é dado por:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$



[Movimento em 2D]

2ª Lei de Newton – Lei Fundamental da Dinâmica

Num referencial tridimensional

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$\vec{F} = F_x \vec{e}_x + F_y \vec{e}_y + F_z \vec{e}_z$$

$$\vec{F} = m a_x \vec{e}_x + m a_y \vec{e}_y + m a_z \vec{e}_z$$

Num referencial ligado a uma partícula em trajetória curvilínea
(um referencial que está na partícula e que se move com ela)

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$\vec{F} = F_t \vec{e}_t + F_n \vec{e}_n$$

$$\vec{F} = m a_t \vec{e}_t + m a_n \vec{e}_n$$

Movimento retilíneo uniforme (MRU)



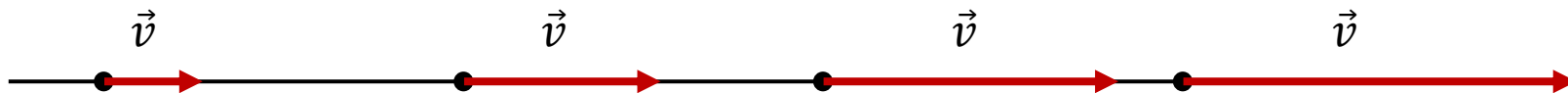
O **vetor velocidade**:

Não varia em módulo: $\vec{a}_t = 0$

Não varia em direção: $\vec{a}_n = 0$

Pelo que: $\vec{a} = 0$

Movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)



ou



O vetor velocidade:

Não varia em direção: $\vec{a}_n = 0$

Varia em módulo: $a_t = \frac{dv}{dt}$

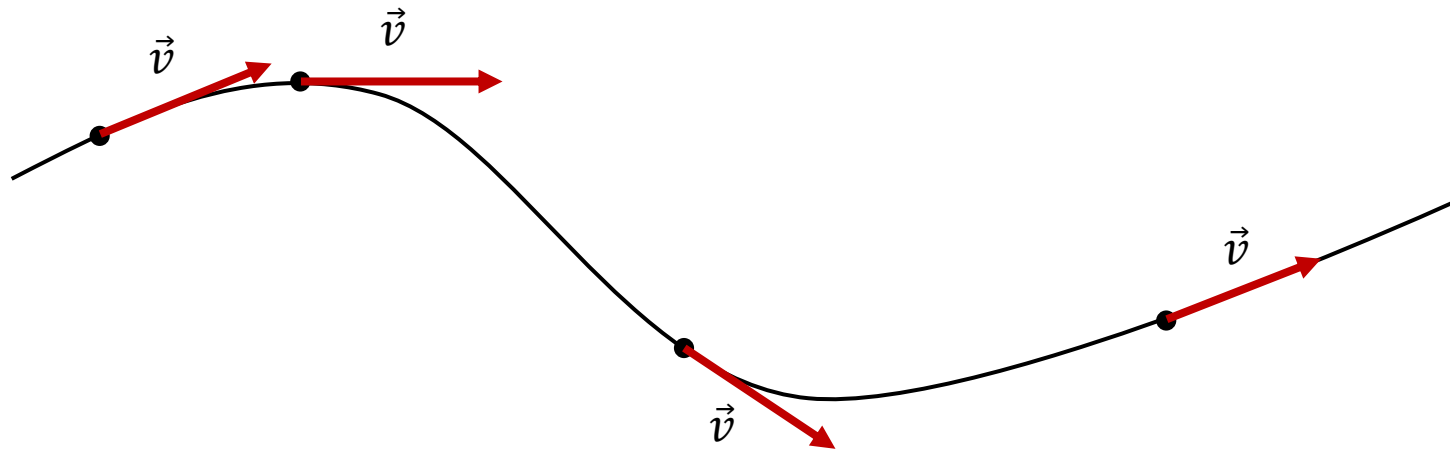
Pelo que: $\vec{a} = \vec{a}_t$

A aceleração é constante, com a direção e o sentido da velocidade.

Se a velocidade aumentar, o vetor aceleração terá a direção e o sentido do movimento.

Se a velocidade diminuir o sentido da aceleração será contrário ao do movimento.

Movimento curvilíneo sem variação do módulo da velocidade



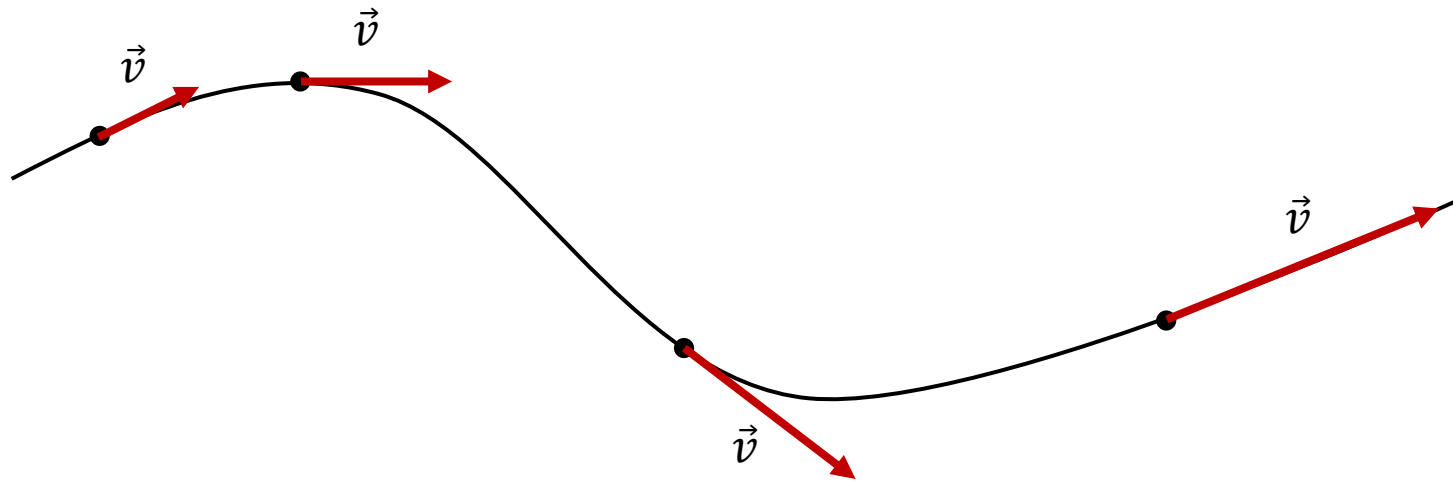
Não há variação do módulo da velocidade: $\vec{a}_t = 0$

A velocidade apenas varia em direção: $\vec{a}_n \neq 0$

Apenas existe a aceleração normal (ou centrípeta)!

Pelo que: $\vec{a} = \vec{a}_n$

Movimento curvilíneo com variação do módulo da velocidade



Existem as duas componentes da aceleração:

Há alteração do módulo da velocidade: $\vec{a}_t \neq 0$

Há mudança de direção: $\vec{a}_n \neq 0$

Pelo que: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$

Bibliografia

- G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, J. A. Paixão, R. Nogueira e C. Portela, “Novo 12F”, Texto Editores, Lisboa, 2017.
- M. Alonso, E. J. Finn, “Física”, Escolar Editora, 2012, Lisboa.
- N. Maciel, M. C. Marques, C. Azevedo, A. Cação, A. Magalhães, A. Folhas, “Física em ação 12”, Porto Editora, Porto, 2023.

Ligações

- [Movimento em 2D](#), 01/10/2021.