

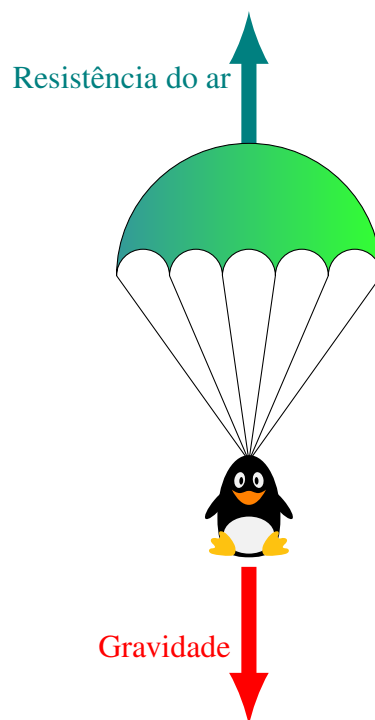
## Capítulo

# 3

## Cinemática 2D/ 3D

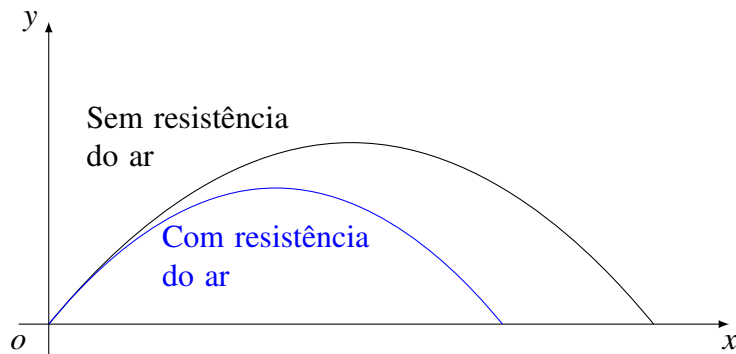
Paula Ferreira: psfer@pos.if.ufrj.br

### 3.1. Resistência do ar



Tratamos todos os movimentos descritos até aqui sem resistência do ar. Que diferença ela faria?

Resistência do ar: força oposta ao movimento dentro de um fluido (a atmosfera).



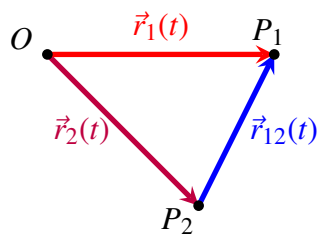
Um objeto na ausência da resistência do ar é um objeto em **queda livre**, apenas a ação da gravidade o influencia, independente do movimento inicial.

Objetos com massas diferentes caem ao mesmo tempo no solo, sem resistência do ar. Vídeo: *Brian Cox visits the world's biggest vacuum*.

### 3.2. Velocidade Relativa

Referencial/Sistema de referência: sistema de coordenadas acrescido de uma escala de tempo.

Queremos saber o deslocamento relativo de uma partícula  $P_2$  em relação a  $P_1$ .



$$\vec{r}_{12}(t) = \vec{r}_{2O} - \vec{r}_{1O} \quad (1)$$

Velocidade relativa de 2 em relação a 1:

$$\frac{d\vec{r}_{12}}{dt} = \vec{v}_{12} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \quad (2)$$

#### 3.2.1. Exemplo: Figura 3.32 Young & Freedman

Qual a posição e a velocidade de C em relação a A?

$$\begin{aligned} x_{BA} &= x_{CA} - x_{CB} \\ \frac{dx_{CB}}{dt} &= \frac{dx_{CA}}{dt} - \frac{dx_{BA}}{dt} \\ v_{CB} &= v_{CA} - v_{BA} \\ v_{CA} &= v_{CB} + v_{BA} \end{aligned}$$

### 3.2.2. Esteira rolante do aeroporto

Esteira horizontal, de comprimento  $L$ , no terminal do aeroporto se move com velocidade  $v_{EC}$  em relação ao chão. Uma pessoa com velocidade  $v_{PE} = 2v_{EC}$ , quanto tempo leva para chegar na outra extremidade:

(a) se movendo no mesmo sentido da esteira

$$\begin{aligned}\vec{v}_{PC} &= \vec{v}_{PE} + \vec{v}_{EC} = (v_{PE} + v_{EC})\hat{\mathbf{i}} \\ v_{PC} &= v_{PE} + v_{EC} \\ v_{PE} &= 2v_{EC} \\ v_{PC} &= 2v_{EC} + v_{EC} = 3v_{EC}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x(t) &= x_0 + vt \\ L &= 0 + v_{PC}t = 3v_{EC}t \\ t &= \frac{L}{3v_{EC}}\end{aligned}$$

(b) se movendo no sentido oposto

$$\begin{aligned}\vec{v}_{PC} &= \vec{v}_{PE} + \vec{v}_{EC} = v_{PE}(-\hat{\mathbf{i}}) + v_{EC}\hat{\mathbf{i}} \\ v_{PC} &= -v_{PE} + v_{EC} \\ v_{PE} &= 2v_{EC} \\ v_{PC} &= -2v_{EC} + v_{EC} = -v_{EC}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x(t) &= x_0 + vt \\ 0 &= L + v_{PC}t = L - v_{EC}t \\ t &= \frac{L}{v_{EC}}\end{aligned}$$

### 3.2.3. Exemplo: barco e rio

A água de um rio se escoia com velocidade  $\vec{v}_{AT}$ , em relação a Terra, do norte para o sul. Uma pessoa dirige um barco com motor ao longo do rio: com velocidade  $|\vec{v}_{BA}| = 2v_{AT}$ , em relação a água, de oeste para leste. A largura do rio é igual a  $L$ .

(a)  $\vec{v}_{BT}$  e  $v_{BT}$ ?

$$\begin{aligned}\vec{v}_{BA} &= v_{BA}\hat{\mathbf{i}} \\ \vec{v}_{AT} &= -v_{AT}\hat{\mathbf{j}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{v}_{BT} &= \vec{v}_{BA} + \vec{v}_{AT} \\ \vec{v}_{BT} &= v_{BA}\hat{\mathbf{i}} + v_{AT}(-\hat{\mathbf{j}})\end{aligned}$$

$$v_{BA} = 2v_{AT}$$

$$\vec{v}_{BT} = 2v_{AT}\hat{\mathbf{i}} - v_{AT}\hat{\mathbf{j}} = v_{AT}(2\hat{\mathbf{i}} - \hat{\mathbf{j}})$$

$$v_{BT} = \sqrt{v_{BA}^2 + v_{AT}^2} = v_{AT}(2^2 + 1^2)^{1/2} = \sqrt{5}v_{AT}$$

(b) Quanto tempo leva para atravessar o rio?

$$x(t) = x_0 + v_x t \quad (3)$$

$$L = 0 + v_{BA} t \quad (4)$$

$$L = 2v_{BA} t \quad (5)$$

$$t_* = \frac{L}{2v_{AT}} \quad (6)$$

(c) A que distância ao sul do ponto inicial ele atingirá a margem oposta?

$$\begin{aligned}y &= y_0 + v_y t \\ y &= 0 - v_{AT} t_* = v_{AT} \frac{L}{2v_{AT}} = -\frac{L}{2}\end{aligned}$$

A posição depois dele se deslocar será:

$$\vec{r} = L\hat{\mathbf{i}} - \frac{L}{2}\hat{\mathbf{j}} \quad (7)$$

### 3.3. Referencial inercial

Sistema de referência que se move com velocidade constante.

O planeta Terra, gira em torno de si mesmo. Assim, seu movimento é acelerado, portanto, um referencial preso no solo da Terra é não inercial. Este fato é observável através do pêndulo de Foucault: um pêndulo, feito com uma esfera de 30 kg pendurada por um fio de 67 m, sofre desvios no seu movimento devido à rotação da Terra.

Quando tentando analisar um movimento como sendo de um referencial inercial, para um observador estacionário, parece que existe uma força atuando nele, chamamos essa força de força fictícia.

A melhor aproximação de um sistema de referencial é ligado às estrelas fixas, já que estão tão distantes para percebermos seu movimento e qualquer força atuando sobre elas parece desprezível.

Consideramos, na escala do laboratório, que o referencial da Terra é aproximadamente inercial.

### **Referências**

- [1] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de física básica: Mecânica (vol. 1)*. Vol. 394. Editora Blucher, 2013.
- [2] Hugh D Young, A Lewis Ford e Roger A Freedman. *Física I Mecânica*. 2008.