

# MAC0209 — Primeiro EP - 2020

Roberto Marcondes Cesar Jr. - Roberto Hirata Jr.

3 de maio de 2020

## 1 Descrição

Este EP envolve simular e relatar os movimentos listados abaixo:

- Queda livre
- Descida na rampa.
- Pêndulo.
- Lançamento de projétil.
- Movimento circular.
- Um movimento 2D de sua escolha.

**Cada grupo de até quatro pessoas deve escolher três movimentos. Para cada pessoa a mais no grupo, adiciona-se um movimento.**

### 1.1 Modelagem

#### 1.1.1 Movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado

Para este tipo de movimento, use a modelagem dos experimentos da travessia explicada nos vídeos, em aula, no livro texto do prof. Nussenzveig e verifique que a equação que descreve o movimento  $x$  é dada por:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a \tag{1}$$

Onde  $a$  é a aceleração.

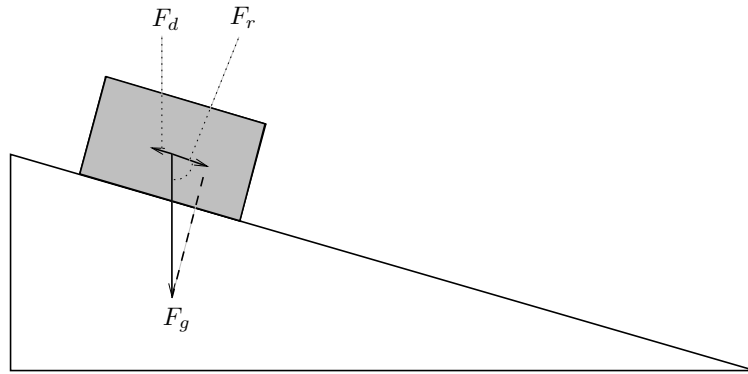


Figura 1: Rampa

### 1.1.2 Queda livre

Para este tipo de movimento, use a modelagem da queda livre sem atrito explicada nos vídeos, em aula, no livro texto do prof. Nussenzweig e verifique que a equação que descreve o movimento  $x$  é dada por:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g \quad (2)$$

Onde  $g$  é a aceleração da gravidade.

### 1.1.3 Bloco em rampa

O sistema é o clássico bloco de massa  $m$  sobre uma rampa inclinada (veja a figura 1). Sobre ele atua a força da gravidade. Assumindo que a inclinação da rampa é de  $\theta$  graus, as equações que descrevem o movimento do bloco na direção  $x$  e  $y$  são, respectivamente, dadas por:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = g \sin \theta \quad (3)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g \cos \theta \quad (4)$$

Onde  $\theta$  é a inclinação da rampa e  $g$  é a aceleração da gravidade.

### 1.1.4 Pêndulo

Neste sistema temos um bloco de massa  $m$ , sobre o qual atua a força da gravidade, pendurado numa linha de massa nula e comprimento  $L$  (veja a figura 2).

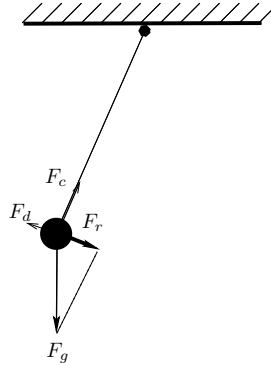


Figura 2: Pêndulo

Para este tipo de movimento, use a modelagem do pêndulo sem atrito explicada nos vídeos, em aula, no livro texto do prof. Nussenzweig e verifique que a equação que descreve o movimento é dada por:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \sim -\frac{g}{L}\theta \quad (5)$$

Onde  $\theta$  é o ângulo inicial entre o plano horizontal e a linha e  $g$  é a aceleração da gravidade.

### 1.1.5 Lançamento de um projétil

Este é o clássico sistema do lançamento de uma massa  $m$  por um lançador inclinado de um ângulo  $\theta$  (veja a figura 3). Sobre a massa atua a força da gravidade.

Para este tipo de movimento, use a modelagem do lançamento sem atrito explicada nos vídeos, em aula, no livro texto do prof. Nussenzweig e verifique que a equação que descreve o movimento é dada por:

Movimento no eixo  $x$ :

$$\frac{dx}{dt} = v_0 \quad (6)$$

$$\frac{dv}{dt} = -g \quad (7)$$

Onde  $v$  é a velocidade,  $v_0$  é a velocidade inicial de lançamento e  $g$  é a aceleração.

### 1.1.6 Movimento circular

O último sistema é o do bloco de massa  $m$  preso por uma barra de massa nula, de comprimento  $L$  e colocada em movimento circular com velocidade inicial  $\omega$  (veja a figura 4).



Figura 3: Lançamento

Para este tipo de movimento, use a modelagem do movimento circular sem atrito explicada nos vídeos, em aula, no livro texto do prof. Nussenzveig e verifique que a equação que descreve o movimento é dada por:

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (8)$$

Onde  $\omega$  é a velocidade angular. Note que desprezamos todas as forças apresentadas na figura 4, menos a força centrípeta  $F_c$

## 1.2 Simulações

Para cada um dos movimentos, você deve:

- Implementar e simular o movimento usando os modelos acima sem atrito usando a solução analítica e a solução de Euler.
- Compare as duas implementações e descreva as diferenças encontradas.
- Use a notação descrita neste enunciado no seu relatório (i.e.,  $x_e(t)$ ,  $\theta_e(t)$ ,  $v_e(t)$ ,  $a_e(t)$ ,  $x_s(t)$ ,  $\theta_s(t)$ ,  $v_s(t)$ ,  $a_s(t)$  etc).
- Fazer uma animação usando visualização gráfica.

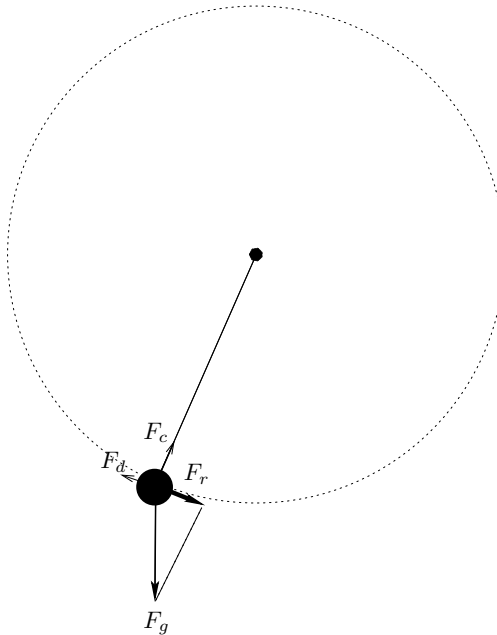


Figura 4: Movimento circular

### 1.3 Entrega

A entrega do EP consistirá no envio (“upload” até 23h55m do dia indicado no e-disciplinas), via e-disciplinas, de um arquivo zip contendo:

- Relatório PDF no formato definido no template <https://www.ime.usp.br/~cesar/courses/mac0209/template-relatorio-mac0209.zip>. Você pode usar o latex do <https://www.overleaf.com/> ou qualquer variação.
- Jupyter Notebook contendo descrição e códigos das análise e simulações.
- Planilhas em fomato CSV dos dados.

## 2 Plágio

Plágio é a copia/modificação não autorizada e/ou sem o conhecimento do autor original. O plágio é um problema grave que pode levar até a expulsão do aluno da universidade. Leia o Código de Ética da USP (em particular, a seção V):[http://www.mp.usp.br/sites/default/files/arquivosanexos/codigo\\_de\\_etica\\_da\\_usp.pdf](http://www.mp.usp.br/sites/default/files/arquivosanexos/codigo_de_etica_da_usp.pdf).