

# homework

May 28, 2025

## 1 Experimento em sala - Determinação da aceleração da gravidade

### 1.0.1 Alunos: Arthur Cadore Matuella Barcella e Faber Bernardo Júnior.

- **Objetivo:** Determinar a aceleração da gravidade utilizando um pêndulo simples.
- **Cenário:**
  - Pêndulo simples (fio e peso)
  - Cronômetro
  - Régua
- **Procedimento:**
  1. Medir o comprimento do fio do ponto de suspensão até o centro de massa do peso.
  2. Desloque o peso para um pequeno ângulo e solte-o, iniciando a contagem do tempo com o cronômetro.
  3. Meça o tempo que leva para completar várias oscilações (por exemplo, 5 oscilações) e registre esse tempo.
  4. Calcule o período médio dividindo o tempo total pelo número de oscilações.

```
[123]: # Bibliotecas:
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from IPython.display import display, Math
```

### 1.0.2 Calculando Comprimento e Variação do comprimento (Delta L)

```
[124]: # Variaveis do cenário de medição:
l1 = 62 # Comprimento da corda (cm)
l2 = 2.3 # comprimento gancho (cm)
D = 2.85 # Diâmetro do peso (cm)

# Calculo de L (Comprimento do fio + comprimento do gancho + diâmetro do peso / 2)
L_cm = l1 + l2 + D / 2

# Convertendo para metros
```

```

L = L_cm / 100

# Calculo de deltaL seguindo menor valor de escala /2
DeltaL = 0.0005
print(f"DeltaL: {DeltaL:.4f} m")

# Calculo do L total
L = DeltaL + L
print(f"Comprimento L: {L:.8f} m")

```

DeltaL: 0.0005 m  
 Comprimento L: 0.65775000 m

### 1.0.3 Amostrando os valores de tempo (5 Oscilações)

```
[125]: periodos = [8.13, 8.14, 8.17, 8.22, 7.98]
```

```

[126]: # Cálculo do período médio
periodo_medio = np.array(list(periodos))
periodo_medio = np.mean(periodo_medio)
print(f"Período médio: {periodo_medio:.4f} s")

```

Período médio: 8.1280 s

```

[127]: # Cria um vetor de deltaTs diminuindo o periodo médio de cada valor do vetor
        ↪ periodos
deltaTs = np.array(list(periodos)) - periodo_medio
print(f"Delta Ts: {deltaTs}")

```

Delta Ts: [ 0.002 0.012 0.042 0.092 -0.148]

```

[128]: # Monta um DataFrame com os dados
periodos_1 = [p / 5 for p in periodos]

df = pd.DataFrame({
    '(5 Oscilações)': periodos,
    '(1 Oscilação)': periodos_1,
    '(Delta Ts)': deltaTs
})

# Configurar exibição sem notação científica e com precisão definida
pd.set_option('display.float_format', '{:.4f}'.format)

df

```

```

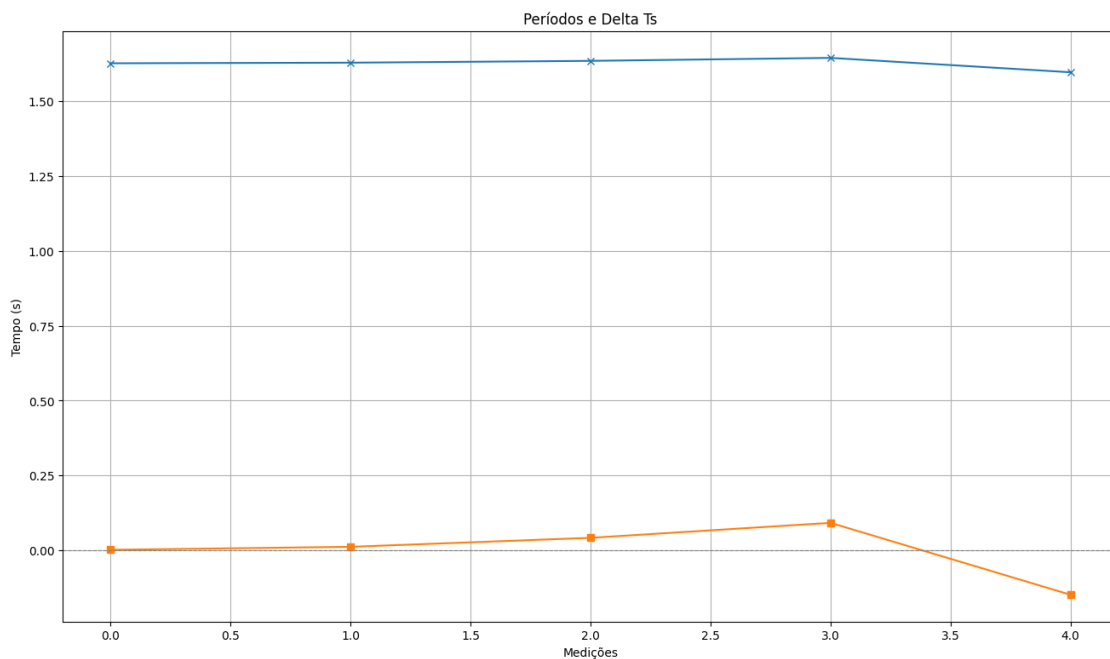
[128]:      (5 Oscilações)  (1 Oscilação)  (Delta Ts)
0           8.1300         1.6260         0.0020
1           8.1400         1.6280         0.0120
2           8.1700         1.6340         0.0420

```

3	8.2200	1.6440	0.0920
4	7.9800	1.5960	-0.1480

```
[129]: # plota os periodos e o deltaTs
```

```
plt.figure(figsize=(16, 9))
plt.plot(periodos_1, label='Períodos (1 Oscilação)', marker='x')
plt.plot(deltaTs, label='Delta Ts', marker='s')
plt.axhline(0, color='gray', linestyle='--', linewidth=0.8)
plt.title('Períodos e Delta Ts')
plt.xlabel('Medições')
plt.ylabel('Tempo (s)')
plt.grid()
```



```
[130]: # Calcula o desvio padrão dos deltaTs
```

```
print("\nDesvio Padrão dos Delta Ts:")
display(Math(r"\sigma = \frac{\sqrt{\sum \Delta T_s^2}}{n - 1}"))

sigma = np.sqrt(np.sum(deltaTs ** 2)) / (len(deltaTs) - 1)
print(f"sigma: {sigma:.4f} s")
```

Desvio Padrão dos Delta Ts:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum \Delta T_s^2}}{n - 1}$$

sigma: 0.0449 s

```
[131]: # Calcula o deltaTm (erro médio)
print("\nCálculo do Delta Tm:")
display(Math(r"\Delta T_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}"))
DeltaTm = sigma / np.sqrt(len(deltaTs))
print(f"Delta Tm: {DeltaTm:.8f} s")
```

Cálculo do Delta Tm:

$$\Delta T_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Delta Tm: 0.02008731 s

```
[132]: T = (periodo_medio + DeltaTm) / 5
print(f"Período médio: {T:.4f} s")
```

Período médio: 1.6296 s

```
[133]: # Calculando G
print("\nCálculo da aceleração da gravidade:")
display(Math(r"g = \frac{L}{\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2}"))
g1 = L / ((T / (2 * np.pi)) ** 2)
print(f"Aceleração da gravidade: {g1:.4f} m/s²")
```

Cálculo da aceleração da gravidade:

$$g = \frac{L}{\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2}$$

Aceleração da gravidade: 9.7780 m/s²

```
[134]: # Calculo do delta G
display(Math(r"E_{\Delta T} = 2 \cdot T^{2-1} \cdot \Delta T"))
errDeltaT = (2 * T ** (2-1)) * DeltaTm
print(f"Erro Delta T: {errDeltaT:.8f} segundos")

display(Math(r"E_{\Delta L} = \frac{L \cdot \Delta T + T \cdot \Delta L}{T^2}"))
errDeltaL = ((L * errDeltaT) + (T * DeltaL)) / T**2
print(f"Erro Delta L: {errDeltaL:.8f} metros")

display(Math(r"E_{\Delta G} = (2 \cdot \pi) \cdot E_{\Delta L}"))
errDeltaG = (2 * np.pi) * errDeltaL
print(f"Erro Delta G: {errDeltaG:.8f} m/s²")
```

$$E_{\Delta T} = 2 \cdot T^{2-1} \cdot \Delta T$$

Erro Delta T: 0.06546926 segundos

$$E_{\Delta L} = \frac{L \cdot \Delta T + T \cdot \Delta L}{T^2}$$

Erro Delta L: 0.01652219 metros

$$E_{\Delta G} = (2 \cdot \pi) \cdot E_{\Delta L}$$

Erro Delta G: 0.10381201 m/s<sup>2</sup>

```
[135]: display(Math(r"g_2 = g_1 + E_{\Delta G}"))
      g2 = g1 + errDeltaG
      print(f"Aceleração da gravidade com erro: {g2:.2f} m/s2")
```

$$g_2 = g_1 + E_{\Delta G}$$

Aceleração da gravidade com erro: 9.88 m/s<sup>2</sup>