

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
BACHARELADO EM MATEMÁTICA**

**LABORATÓRIO DE FÍSICA I  
RELATÓRIO V**

**Fabício Yuri Costa da Silva - 21454545  
Gabriel Bezerra de M. Armelin - 21550325  
Jonas Miranda Cascais Júnior - 21553844  
Laise Alves Pimentel - 21202395  
Mario Alves Pardo Junior - 21553964**

**Professor: José Pedro Cordeiro**

**Manaus  
2016**

# Sumário

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>                           | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Procedimento Experimental</b>            | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>Análise de Dados</b>                     | <b>5</b>  |
|          | Dados do experimento . . . . .              | 5         |
|          | Cálculo da velocidade instantânea . . . . . | 5         |
|          | Espaço x Tempo . . . . .                    | 6         |
|          | Velocidade x Tempo . . . . .                | 6         |
|          | Estimativa do momento de inércia . . . . .  | 7         |
|          | Energia potencial gravitacional . . . . .   | 8         |
|          | Energia cinética de translação . . . . .    | 8         |
|          | Energia cinética de rotação . . . . .       | 9         |
| <b>4</b> | <b>Conclusão</b>                            | <b>11</b> |
|          | <b>Referências</b>                          | <b>12</b> |

# 1. Introdução

Este relatório descreve e analisa o experimento realizado em sala de aula na disciplina *Laboratório de Física I* do curso de Bacharelado em Matemática.

## 2. Procedimento Experimental

1. Usando o disco de Maxwell desenrolado, fixe o centro do mesmo com o ponto final.
2. Fixe o outro ponto em 200 mm, anote esta distância e obtenha o tempo que o disco percorre a mesma. Repita esta medida 3 vezes e tire uma média.
3. Em seguida para o cálculo da velocidade instantânea, obtenha o tempo de passagem do cilindro vermelho do disco no ponto final. Repita esta medida 3 vezes e tire uma média.
4. Repita este procedimento para as alturas de 300, 400 e 500 mm.

### 3. Análise de Dados

Esta seção apresenta os dados e cálculos em cada atividade descrita na seção *Parte Experimental*.

#### Dados do experimento

Esta seção apresenta os dados coletados durante o experimento e os cálculos de médias para esses dados.

Tabela 3.1: Dados coletados do experimento. Deslocamento em metro e tempo em segundo.

| $\Delta s$ (m) | T1 (s) | T2 (s) | T3 (s) | TM (s)  | Ti1 (s) | Ti2 (s) | Ti3 (s) | TiM (s) |
|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.0            | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.00000 |
| 0.2            | 2.3845 | 2.3779 | 2.3724 | 2.37827 | 0.350   | 0.356   | 0.337   | 0.34767 |
| 0.3            | 3.5435 | 3.7292 | 3.5699 | 3.61420 | 0.248   | 0.249   | 0.238   | 0.24500 |
| 0.4            | 4.6040 | 4.5620 | 4.6861 | 4.61737 | 0.190   | 0.193   | 0.193   | 0.19200 |
| 0.5            | 5.4345 | 5.5350 | 5.4445 | 5.47133 | 0.168   | 0.167   | 0.168   | 0.16767 |

A variável  $TM$  é a média das variáveis  $T1$ ,  $T2$  e  $T3$ . De forma análoga, a variável  $TiM$  é a média das variáveis  $Ti1$ ,  $Ti2$  e  $Ti3$ .

#### Cálculo da velocidade instantânea

Para o cálculo da velocidade instantânea, utilizamos a seguinte fórmula:

$$v \approx \frac{2r_v}{T_{iM}} \quad (3.1)$$

Onde:

$v$ : é a velocidade instantânea que desejamos obter;

$2*r_v$ : espaço  $\Delta S$  que fica na escuridão.  $r_v$  é o raio do cilindro que mede 10.35 mm.

$T_{iM}$ : tempo instantâneo médio que foi calculado e apresentado na seção anterior.

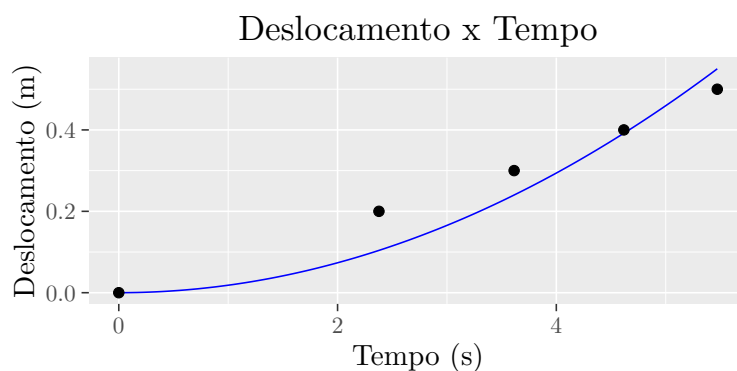
A tabela seguinte mostra o valor da velocidade instantânea:

Tabela 3.2: Velocidade instantanea

| TM (s)  | $\Delta s$ (m) | Vi (m/s) |
|---------|----------------|----------|
| 0.00000 | 0.0            | 0.00000  |
| 2.37827 | 0.2            | 0.05954  |
| 3.61420 | 0.3            | 0.08449  |
| 4.61737 | 0.4            | 0.10781  |
| 5.47133 | 0.5            | 0.12346  |

## Espaço x Tempo

O próximo gráfico mostra o relacionamento do deslocamento ( $\Delta s$ ) e o tempo instantâneo médio ( $TM$ ) mostrados na tabela anterior.



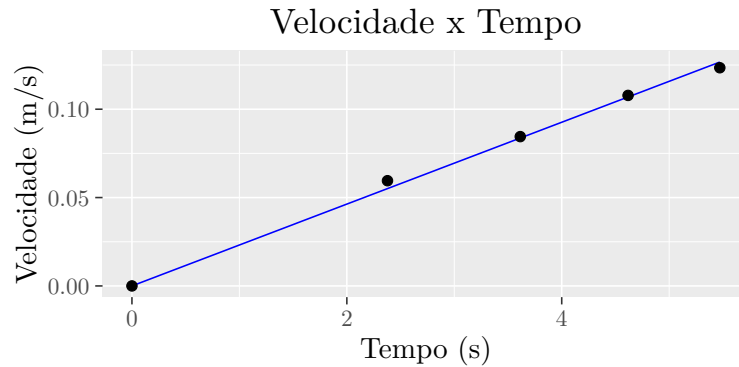
Utilizando regressão linear, obtemos a seguinte função para estimar o espaço em função do tempo:

$$s(TM) = 0.01838 * TM^2 \quad (3.2)$$

A linha azul do gráfico acima foi gerada utilizando esta fórmula. Observe que ela aproximou muito bem os dados do experimento. Os outros coeficientes dos monômios de grau 0 e 1 foram removidos pois seus valores são praticamente 0.

## Velocidade x Tempo

O próximo gráfico mostra o relacionamento da velocidade ( $V_i$ ) e o tempo médio ( $TM$ ) mostrados na tabela anterior.



Utilizando regressão linear, obtemos o seguinte função para estimar a velocidade em função do tempo:

$$v(TM) = 0.02316 * TM \quad (3.3)$$

A linha azul do gráfico acima foi gerada utilizando esta fórmula. Observe que ela aproximou muito bem os dados do experimento. O coeficiente do monômio de grau 0 foi removido pois seu valor é praticamente zero.

## Estimativa do momento de inércia

Esta seção explica o cálculo realizado para estimar o momento de inércia do disco ao redor de seu eixo de rotação.

A função horária de deslocamento *teórica* é:

$$s(t) = \frac{1}{2} \times \frac{mg}{m + \frac{I_z}{r^2}} t^2 \quad (3.4)$$

Podemos calcular o momento de inércia  $I_z$  igualando o coeficiente desta equação com o coeficiente da equação 3.2 estimado anteriormente, resultando na seguinte equação:

$$0.01838 = \frac{1}{2} \times \frac{mg}{m + \frac{I_z}{r^2}} \quad (3.5)$$

Onde:

$m$ : é a massa do cilindro. Seu valor aproximado é 436 g;

$g$ : é a aceleração da gravidade. Seu valor aproximado é 9.8 m/s<sup>2</sup>;

$I_z$ : momento de inércia que deseja-se obter;

$r$ : raio do eixo. Seu valor aproximado é 0.0025 m.

Resolvendo esta equação para  $I_z$ , obtemos o seguinte resultado:

$$I_z = 0.7238429694 \text{ g.m}^2 \quad (3.6)$$

## Energia potencial gravitacional

Esta seção apresenta o cálculo realizado para obter o valor da energia potencial gravitacional e seu gráfico com relação ao tempo.

Utilizamos a seguinte fórmula para calcular a energia potencial:

$$Ep(t) = m \times g \times s(t) \quad (3.7)$$

Onde:

$Ep$ : é a energia potencial que deseja-se obter;

$m$ : é massa da roda;

$g$ : é a aceleração da gravidade;

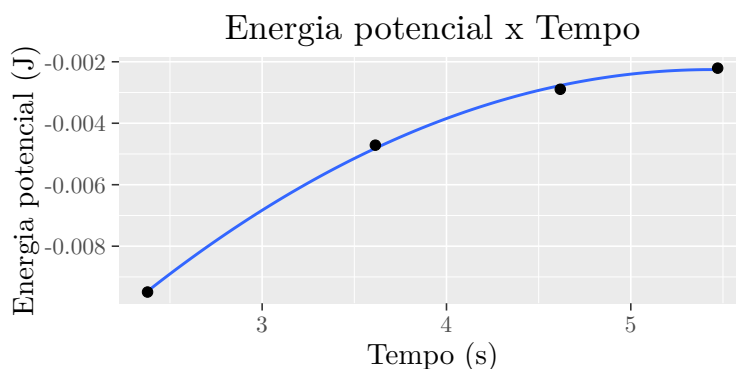
$h$ : é a altura do cilindro;

A seguinte tabela apresenta os valores obtidos:

Tabela 3.3: Energia potencial gravitacional

|   | TM          | Ep            |
|---|-------------|---------------|
| 2 | 2.378266667 | -0.0094912849 |
| 3 | 3.614200000 | -0.0047133650 |
| 4 | 4.617366667 | -0.0028946853 |
| 5 | 5.471333333 | -0.0022074576 |

O gráfico seguinte apresenta o comportamento da energia potencial ao longo do tempo:



## Energia cinética de translação

Esta seção apresenta o cálculo realizado para obter o valor da energia cinética de translação e seu gráfico com relação ao tempo.

Utilizamos a seguinte fórmula para calcular a energia cinética de translação:



$$E_t(t) = \frac{m \times v(t)^2}{2} \quad (3.8)$$

Onde:

$E_t$ : é a energia cinética de translação que deseja-se obter;

$m$ : é massa da roda;

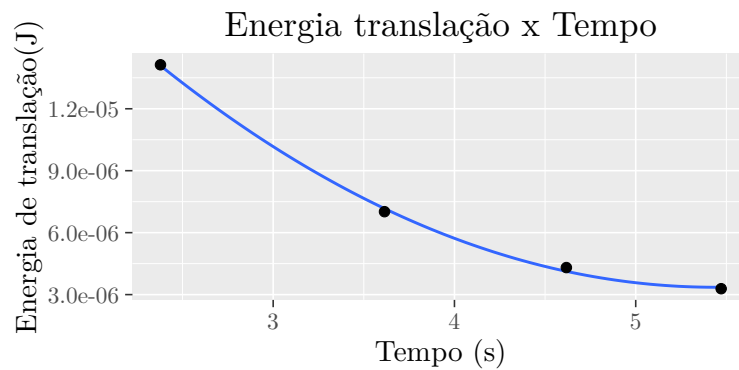
$v(t)$ : velocidade no instante  $t$ ;

A seguinte tabela apresenta os valores obtidos:

Tabela 3.4: Energia potencial gravitacional

|   | TM          | Et          |
|---|-------------|-------------|
| 2 | 2.378266667 | 1.41279e-05 |
| 3 | 3.614200000 | 7.01590e-06 |
| 4 | 4.617366667 | 4.30880e-06 |
| 5 | 5.471333333 | 3.28580e-06 |

O gráfico seguinte apresenta o comportamento da energia cinética de translação ao longo do tempo:



## Energia cinética de rotação

Esta seção apresenta o cálculo realizado para obter o valor da energia cinética de rotação e seu gráfico com relação ao tempo.

Utilizamos a seguinte fórmula para calcular a energia cinética de rotação:

$$E_r(t) = \frac{I \times \omega(t)^2}{2} = \frac{I \times v(t)^2}{2 \times r^2} \quad (3.9)$$

Onde:

$E_r$ : é a energia cinética de rotação que deseja-se obter;

$m$ : é massa da roda;

$v(t)$ : velocidade no instante  $t$ ;

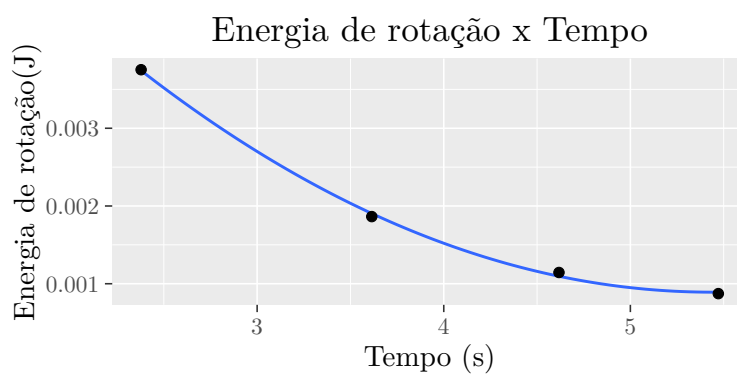
$r$ : raio do eixo. Seu valor aproximado é 0.0025 m.

A seguinte tabela apresenta os valores obtidos:

Tabela 3.5: Energia potencial gravitacional

|   | TM          | Er           |
|---|-------------|--------------|
| 2 | 2.378266667 | 0.0037527971 |
| 3 | 3.614200000 | 0.0018636362 |
| 4 | 4.617366667 | 0.0011445412 |
| 5 | 5.471333333 | 0.0008728155 |

O gráfico seguinte apresenta o comportamento da energia cinética de rotação ao longo do tempo:



## 4. Conclusão

De acordo com os resultados apresentados nas seções “Energia potencial gravitacional”, “Energia cinética translacional” e “Energia cinética rotacional”, podemos concluir que há uma transferência de energia potencia para energia cinética translacional e rotacional à medida que o tempo passa. Portanto, as energia são conservativas e o teorema de conservação de energia se manteve durante o experimento. Podemos ainda mostrar aproximar a energia mecânica, conforma a tabela abaixo:

Tabela 4.1: Energias

|   | TM          | Ep            | Et          | Er           | E      |
|---|-------------|---------------|-------------|--------------|--------|
| 2 | 2.378266667 | -0.0094912849 | 1.41279e-05 | 0.0037527971 | -0.006 |
| 3 | 3.614200000 | -0.0047133650 | 7.01590e-06 | 0.0018636362 | -0.003 |
| 4 | 4.617366667 | -0.0028946853 | 4.30880e-06 | 0.0011445412 | -0.002 |
| 5 | 5.471333333 | -0.0022074576 | 3.28580e-06 | 0.0008728155 | -0.001 |

Para uma precisão de 3 casas decimais, podemos considerar o valor da energia mecânica como  $0,001$  J. Há um ponto onde esse valor deu diferente de  $0,001$ , consideramos que isso ocorreu devido a erros de medição. A tabela também mostra que a energia potencial se transforma mais em energia de rotação que em energia de translação.

## Referências

- Halliday, R.; Krane, D.; Resnick. 1996. *Física*. Vol. 1. Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Nussenzveig, H.M. 1997. *Curso de Física Básica*. Vol. 1. Edgard Bucher Ltda.
- Tipler, G., P.A. e MOSCA. 2005. *Física*. Vol. 1. McGraw-Hill.