

## EXPERIMENTO 1: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)

Nome: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_ Professor(a) \_\_\_\_\_

### 1. Objetivos

#### 1.1. Objetivo geral

Estudar as características do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) e obter as equações horárias do movimento. Elaboração de gráficos com papel dilog (log x log) e papel milimetrado.

#### 1.2. Objetivo específicos

Utilizar os instrumentos de medidas, realizar propagação de erros, construir gráficos, obter a aceleração do movimento de um objeto por equações de movimento e pelas leis de Newton.

### 2. Fundamentação Teórica

O Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) demonstra que a velocidade varia uniformemente em razão ao tempo. O MRUV pode ser definido como um movimento de um corpo em relação a uma referência ao longo de uma reta, na qual sua aceleração é sempre constante. Diz-se que a velocidade do móvel sofre variações iguais em intervalos de tempo iguais.

#### 2.1. Equações do movimento

A equação do MRUV da posição em função do tempo pode ser dada por:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

onde  $x$  é a posição final em metros,  $x_0$  é a posição inicial em metro,  $v_0$  é a velocidade inicial em m/s,  $t$  o tempo em segundos e  $a$  a aceleração em m/s<sup>2</sup>.

Quando a aceleração é constante, a velocidade final em função do tempo é escrita como:

$$v = v_0 + a t \quad (2)$$

onde  $v_0$  é a velocidade inicial em m/s,  $t$  o tempo em segundos e  $a$  a aceleração em m/s<sup>2</sup>.

Para não haver confusão com a notação de coordenadas para elaboração de gráficos  $(x, y)$  vamos assumir  $x - x_0 = d$ . Assim, se  $v_0 = 0$ , a equação (1) pode ser reescrita como

$$d = \frac{1}{2} a t^2 \quad (3)$$

## 2.2. Leis de Newton para um corpo de massa $m$ suspenso acoplado ao um corpo de massa $M$ deslizando

Ao aplicar as leis de Newton num bloco deslizando  $M$  e bloco suspenso  $m$  acoplados conforme Figura 1 pode-se obter a seguinte equação para a aceleração:

$$a = \frac{m}{M + m} g \quad (4)$$

Onde  $g = 9,79 \text{ m/s}^2$ .

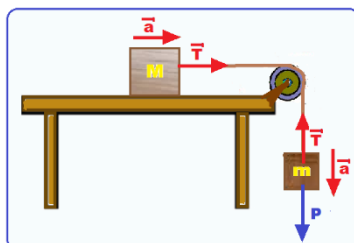


Figura 1.

### 2.3. Método dos mínimos quadrados.

Esse método permite encontrar a reta que melhor descreve um conjunto de dados. Essa é a operação que o computador realiza quando fazemos uma regressão linear em um conjunto de dados.

Os coeficientes de uma reta do tipo  $y = Ax + B$  podem ser obtidos da seguinte forma:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N \delta x_i \delta y_i}{\sum_{i=1}^N \delta x_i^2} = \frac{a}{2}$$

$$B = \bar{y} - A\bar{x}$$

Onde  $A$  e  $B$  são os coeficientes angular e linear da reta, respectivamente.

## 3. Materiais Utilizados

Trilho de ar e acessórios (sensores, cronômetro digital, carrinho), papel *dilog*, papel milimetrado.

## 4. Procedimento experimental

### 4.1. Obtenção da curva distância versus tempo

4.1.1. Prenda uma massa ( $m$ ) na extremidade livre do barbante

4.1.2. Coloque o 1º sensor justaposto ao pino do carrinho (esse sensor ficará desligado);

- 4.1.3. Coloque o 2º sensor a uma distância variável do pino do carrinho (conforme indicado na tabela 1);
- 4.1.4. Libere o carrinho e verifique no cronômetro o tempo ( $t$ ) gasto para percorrer a distância ( $d$ ) entre os sensores, anotando o resultado (com todos os algarismos significativos) na Tabela 1.
- 4.1.5. Repita este procedimento mais quatro vezes.
- 4.1.6. Messa as massas  $m$  e  $M$  e anote na parte inferior da Tabela 1. Anote também os erros dos equipamentos utilizados.
- 4.1.7. Calcule o valor teórico da aceleração através da equação (4).
- 4.1.8. Na tabela 2 calcule o tempo médio  $\bar{t}$ , o erro do tipo A do tempo  $\sigma_{A,t}$  (desvio padrão) o erro do tipo B do tempo  $\sigma_{B,t}$  (erro da média, aplique a fórmula da expansão na fórmula da média), o erro total do tempo  $\sigma_{T,t}$
- 4.1.9. Adicione mais uma massa ao conjunto e faça medidas análogas completando a tabela 3 e a tabela 4.

## 5. Resultados

- 5.1. Construa o gráfico  $d$  versus  $\bar{t}$  (Gráfico 1), utilizando dados da Tabela 2 e 4, no software de sua preferência. Inclua, neste caso, o ponto (0,0). Qual o tipo de relação entre estas duas grandezas ( $d$  e  $\bar{t}$ )?
- 5.2. Construa o gráfico  $d$  versus  $\bar{t}^2$  (Gráfico 2), utilizando dados da Tabela 2 e 4, no software de sua preferência. Inclua, neste caso, o ponto (0,0). Qual o tipo de relação, entre estas grandezas ( $d$  e  $\bar{t}^2$ )?
- 5.3. Calcule manualmente o coeficiente angular das retas do Gráfico 2, utilizando dois pontos que passam sobre a reta (utilize os pontos da tabela 2 e 4).
- 5.4. Utilizando o método dos mínimos quadrados (ver item 2.3), calcule o coeficiente angular e linear das retas. Use a tabela 5 e 6 como referência.
- 5.5. Faça a regressão linear nas retas do gráfico apresentado em 5.1 com o software e obtenha os coeficientes das retas.

- 5.6. Faça uma regressão de potência nas curvas apresentadas em 5.2 com o software.
- 5.7. Calcule a aceleração experimental ( $a_{exp}$ ) utilizando a relação entre o coeficiente angular das retas e de potência obtidos em 5.3, 5.4, 5.5, e 5.6. Para isso, observe a equação (3). Os valores estão próximos? Se não, por quê.
- 5.8. Construa **manualmente** o gráfico  $d$  versus  $t$  (Gráfico 3) no papel di-log onde, tanto  $d$  e quanto  $t$  devem ser plotados em escala logarítmica. Qual o tipo de relação entre estas duas grandezas na base log?
- 5.9. Construa o gráfico o gráfico  $d$  versus  $t$  (Gráfico 4) no software de sua preferência.

Tabela 1: Para uma massa  $m_1$

$d$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$t_3$ (s)	$t_4$ (s)	$t_5$ (s)
0.1					
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
$m_1$ (Kg)	$M$ (Kg)		$\sigma_m$ (Kg)	$\sigma_t$ (s)	$\sigma_d$ (m)

Tabela 2: Tratamento de dados para  $m_1$

$d$ (m)	$\bar{t}$ (s)	$\sigma_{A,t}$ (s)	$\sigma_{B,t}$ (s)	$\sigma_{T,t}$ (s)	$\bar{t}^2$ (s <sup>2</sup> )	$\sigma_{T,\bar{t}^2}$ (s)
0.1						
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						

Tabela 3: Para uma massa  $m_2$

$d$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$t_3$ (s)	$t_4$ (s)	$t_5$ (s)
0.1					
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
$m_2$ (Kg)	$M$ (Kg)		$\sigma_m$ (Kg)	$\sigma_t$ (s)	$\sigma_d$ (m)

Tabela 4: Tratamento de dados para  $m_2$

$d$ (m)	$\bar{t}$ (s)	$\sigma_{A,t}$ (s)	$\sigma_{B,t}$ (s)	$\sigma_{T,t}$ (s)	$\bar{t}^2$ (s <sup>2</sup> )	$\sigma_{T,\bar{t}^2}$ (s)
0.1						
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						

Tabela 5: Para a determinação dos coeficientes angular e linear da reta de  $m_1$  através do método dos mínimos quadrados

Ponto	$x_i = t_i^2$	$y_i = d_i$	$\delta_{x_i} = (x_i - \bar{x})$	$\delta_{y_i} = (y_i - \bar{y})$	$\delta_{x_i}\delta_{y_i}$	$\delta_{x_i}^2$
1						
2						
3						
4						
5						
	$\bar{x} =$	$\bar{y} =$			$\sum_{i=1}^N \delta_{x_i}\delta_{y_i}$	$\sum_{i=1}^N \delta_{x_i}^2$

Tabela 6: Para a determinação dos coeficientes angular e linear da reta de  $m_2$  através do método dos mínimos quadrados

Ponto	$x_i = t_i^2$	$y_i = d_i$	$\delta_{x_i} = (x_i - \bar{x})$	$\delta_{y_i} = (y_i - \bar{y})$	$\delta_{x_i}\delta_{y_i}$	$\delta_{x_i}^2$
1						
2						
3						
4						
5						
	$\bar{x} =$	$\bar{y} =$			$\sum_{i=1}^N \delta_{x_i}\delta_{y_i}$	$\sum_{i=1}^N \delta_{x_i}^2$



Tabela 7: Comparação dos resultados da aceleração

	$a$ (5.3)	$a$ (5.4)	$a$ (5.5)	$a$ (5.6)	$a_{teorico}$
$m_1$					
$m_2$					

## 6. Conclusões

Para responder este item, solicita-se ao aluno levar em conta as seguintes perguntas: Os objetivos foram atingidos? Caso não tenham sido atingidos na totalidade, quais foram as dificuldades? Como foram os resultados obtidos? Qual o desvio percentual destes resultados, com relação aos valores esperados (caso tenhamos estes valores). Quais as principais fontes de erro nestas determinações?

### ATENÇÃO

*Esse roteiro **NÃO** é um modelo para o relatório do experimento. Aqui, você coletou os dados e foi instruído sobre o procedimento experimental para realizar o experimento. Sim, muita coisa do que está aqui deverá ser apresentada no relatório, mas atente-se às instruções sobre os relatórios apresentados na primeira aula.*