



Universidade Estadual de Maringá – Centro de Ciências Exatas

Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U)

Relatório de Física Experimental I

Acadêmicos:

1. Giovanna Maria Nogueira, RA 112479 – Física, Turma F
2. João Vitor Honório Ribeiro, RA 99360 – Física, Turma F
3. Vitor Hugo Ferrari Ribeiro, RA 112481 – Física, Turma F

Maringá, 29 de Maio de 2019

Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U)

Relatório de Física Experimental I

Introdução

O estudo da Física básica normalmente é dividido em cinco grandes áreas: Mecânica, Ondas e Gravitação, Termodinâmica, Eletricidade/magnetismo e Óptica Física/Geométrica. Neste experimento, exploram-se os conceitos relacionados à parte da Física que denominamos de Mecânica. No âmbito da Mecânica o Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU) é o primeiro tipo de movimento que estudamos ao entrar em contato com a Física.

Mecânica é a ciência que estuda o movimento de corpos físicos. Inicialmente deve-se descrever movimentos, e o mais fácil para isso é o de uma *partícula*, isto é, um objeto cujo o tamanho e estrutura interna sejam desprezíveis para o problema em que se está interessado. A terra, por exemplo, pode ser olhada como uma partícula, na maioria dos problemas sobre o movimento planetário, mas certamente não poderá sê-lo no caso de problemas terrestres. Pode-se descrever a posição de uma partícula especificando um ponto no espaço, desde que se conheçam três coordenadas (usualmente utilizam-se retangulares), mas no caso de partículas que se movem ao longo de uma linha reta, apenas uma coordenada é necessária. Para descrever o movimento de uma partícula, especificam-se as coordenadas como função do tempo:

- Uma dimensão: $x(t)$,
- Três dimensões: $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$.

Resumo

A prática experimental teve como objetivo a determinação da velocidade de um corpo descrevendo um movimento retilíneo uniforme (M.R.U) a partir de variadas medições em intervalos de espaço por tempo. Utilizando um trilho de ar, um “carrinho” e um pesinho, verificou-se que a velocidade é constante devido à ausência de forças que interferiam no movimento, visto que o atrito com o solo é praticamente nulo e não tendo a existência de forças de aceleração; uma vez que, com a existência de uma delas, o movimento passaria a descrever um (M.U.V – Movimento Uniformemente Variado), onde a velocidade não é mais constante com o passar do tempo.

O problema básico da Mecânica Clássica é encontrar maneiras para determinar funções como estas, capazes de especificar a posição de objetos em função do tempo, para qualquer situação mecânica.

(Mecânica, Symon)

A análise do movimento é um problema fundamental em física, e a forma mais simples de abordá-la é considerar primeiro os conceitos que intervêm na *descrição* do movimento (*cinemática*), sem considerar ainda o problema de como determinar o movimento que se produz numa dada situação física (*dinâmica*). Para descrever o movimento, precisamos em primeiro lugar de um *referencial*, que, no caso unidimensional, é simplesmente uma reta orientada em que se escolhe a origem O ; a posição de uma partícula em movimento no instante t é descrita pela abscissa correspondente $x(t)$.

(Mecânica, Moysés)

Denomina-se Movimento Retilíneo quando a trajetória é uma linha reta, e Movimento Uniforme quando a velocidade escalar do móvel é constante em qualquer instante ou intervalo de tempo, significando que, no movimento uniforme o móvel percorre distâncias iguais em tempos iguais.

Dessa forma podemos concluir que Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U.) é definido como aquele que possui velocidade instantânea constante. Decorre, imediatamente, da definição que a velocidade escalar média é também constante, para qualquer intervalo de tempo, e seu valor coincide com o da velocidade escalar instantânea. Isso é o mesmo que dizer que o móvel percorre uma trajetória retilínea e apresenta velocidade escalar constante.

Fundamentação teórica

O movimento mais simples é o *movimento uniforme*, em que este gráfico é uma reta:

$$x(t) = a \cdot t + b$$

Este movimento se caracteriza pelo fato de que percursos iguais $\Delta x = x_f - x_i \rightarrow x_4 - x_3 = x_2 - x_1$ (figura 1) são descritos em intervalos de tempos iguais $\Delta t = t_f - t_i$. A *velocidade* v do movimento é definida por:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1}$$

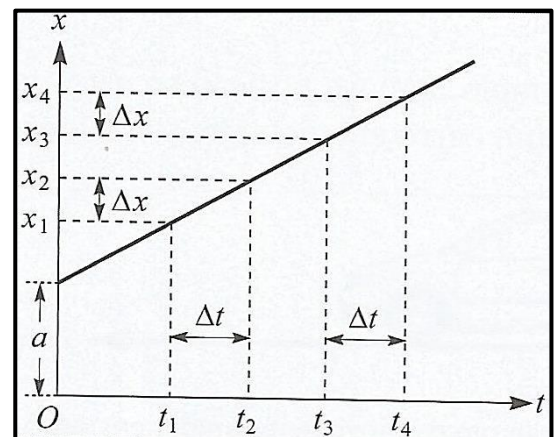


Figura 1 - Gráfico do movimento retilíneo uniforme.

Ou seja, é a razão do deslocamento ao intervalo de tempo que ele leva para se produzir. Graficamente, v representa o *coeficiente angular* da reta no gráfico $x \times t$ ($v = a$) para a equação da reta.

A velocidade se mede em m/s ($= m \cdot s^{-1}$), ou cm/s , ou km/h , ..., conforme as unidades adotadas. Note que v pode tomar tanto valores positivos como negativos, pela equação da Velocidade Média, $v < 0$ quando $\Delta x < 0$ para $\Delta t > 0$, ou seja, quando o movimento se dá no sentido dos x decrescentes (marcha à ré). Poderíamos chamar de “rapidez” o valor absoluto da velocidade, $|v|$.

Se aplicarmos a equação da Velocidade Média tomando para t_2 um instante t qualquer e para t_1 o instante inicial t_0 , com:

$$x(t_0) = x_0 \text{ (posição inicial)}$$

Obtemos a “lei horária” do movimento retilíneo uniforme:

$$x(t) = x_0 + v \cdot (t - t_0)$$

Qualquer movimento retilíneo não uniforme chama-se “acelerado”. Podemos estender a equação da Velocidade Média a um movimento acelerado definindo $\bar{v}_{t_1 \rightarrow t_2}$, a velocidade média entre os instantes t_1 e t_2 , como $x(t_1) = x_1, x(t_2) = x_2, \Delta x = x_2 - x_1, \Delta t = t_2 - t_1$, por:

$$\bar{v}_{t_1 \rightarrow t_2} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Que representa geometricamente, o coeficiente angular ($= \tan \theta$) da corda que liga os extremos 1 e 2 do arco da curva correspondente no gráfico $x \times t$. A velocidade média entre t_1 e t_2 corresponde, portanto à velocidade de um movimento uniforme que, partindo de $x(t_1)$ em t_1 , chegasse a $x(t_2)$ em t_2 .

(Mecânica, Moysés)

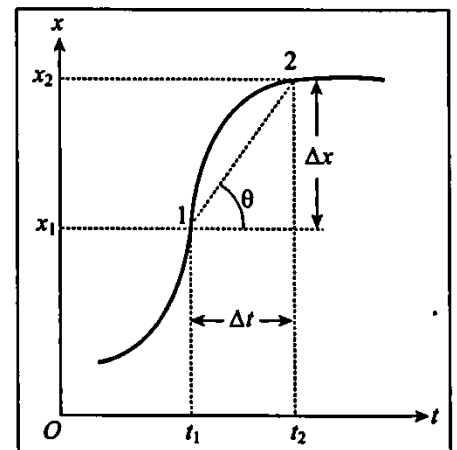


Figura 2 - Velocidade média

Procedimento e dados experimentais

Materiais Utilizados

- 1 trilho de ar;
- 1 compressor de ar;
- 1 cronômetro digital;
- 1 móvel;
- 1 eletroímã;
- 5 sensores de tempo;
- 1 roldana;
- 1 trena;
- 1 nivelador;
- Fio – de massa desprezível.

Montagem Experimental

A figura 3 traz um esquema da montagem experimental do movimento unidimensional (sem atrito) de um móvel, com velocidade constante. Observe que $a > b$, para que o móvel passe no primeiro sensor com velocidade constante.

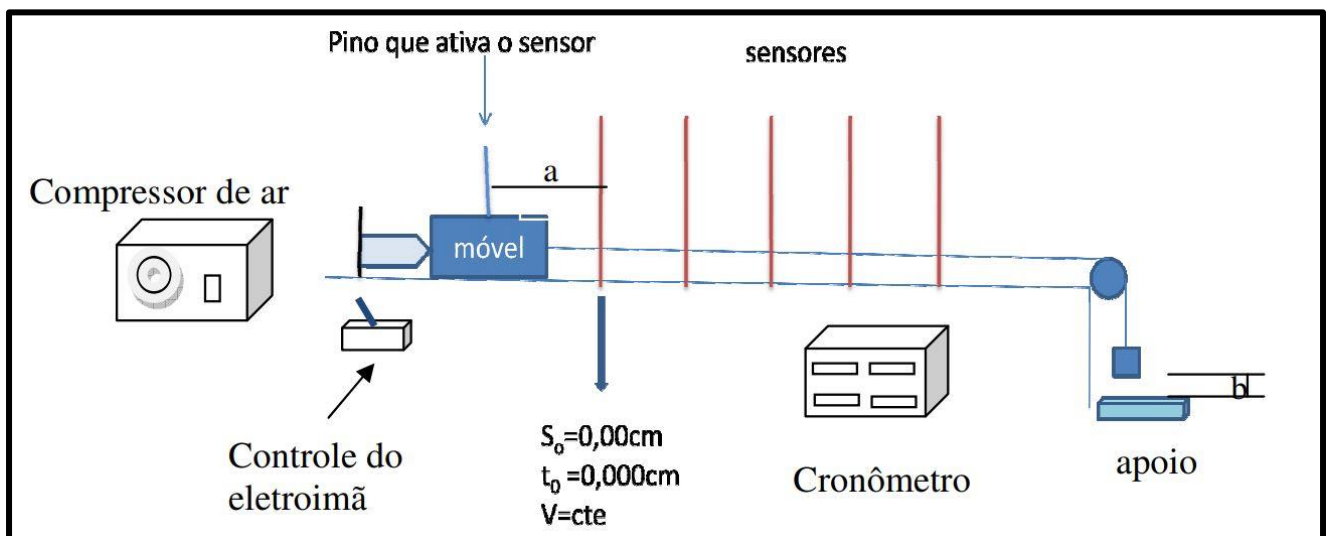


Figura 3 - Esquema da montagem experimental

Procedimento Experimental

- 1 – Fixe o eletroímã na extremidade do trilho oposto ao lado de onde se encontra a roldana;
- 2 – Se necessário, conecte todos os cabos de acordo com a Figura 4.

3 – Posicione os sensores de tempo ao longo do trilho: Ajuste o primeiro sensor próximo a posição 40,00 cm (sugestão) indicada no trilho (posição inicial, $s_0 = 0$). Os outros sensores devem estar equidistantes 15,00 cm (Figura 3). Verifique se o móvel ultrapassa o último sensor antes de colidir com o elástico no final do trilho (não arraste o móvel sobre o trilho).

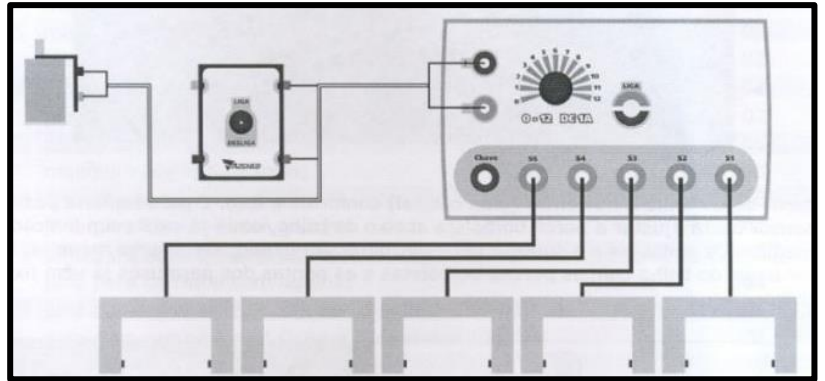


Figura 4 - Esquema das ligações

4 – Nivеле o trilho, primeiro em relação a base maior, e posteriormente no sentido do comprimento do trilho. Para isso coloque o nível sobre a base maior do trilho e acerte a altura da base (girar um dos parafusos que se encontra na base do trilho). E, posteriormente no sentido do comprimento do trilho colocando o nível na extremidade superior do trilho, (segure o nivelador para evitar queda do mesmo) e veja se também está nivelado, mas agora em relação a outra base (o trilho deve estar sem inclinações em relação a bancada), caso não esteja, acerte a altura, agora do lado em que há somente um parafuso na base.

5 – Ligue o cronômetro, colocando a chave na posição LIGA, que se encontra oposta ao lado do visor (atrás) do cronômetro. Coloque o cronômetro na posição F1, para isso aperte na tecla onde está escrito Função.

6 – Coloque o controlador de intensidade do eletroímã em uma posição maior que a metade, para isso gire o botão seletor que se encontra oposta ao lado do visor (atrás) do cronômetro.

7 – Zere (reset) o cronômetro.

8 – Ligue o eletroímã, mantendo a chave seletora na posição LIGA.

9 – Coloque o móvel junto ao eletroímã (ele fica grudado).

10 – Ligue o compressor de ar;

11 – Amarre uma das extremidades do fio no suporte existente no móvel, e a outra extremidade no suporte de massas. O comprimento do fio, deve ser tal que a massa suspensa (aproximadamente 50g) deve atingir um apoio (bancada), antes do móvel passar pelo sensor 1 (Figura 3).

12 – Verifique se o fio está sobre a roldana, e se a massa suspensa está parada (sem oscilar);

13 – Desligue o eletroímã, virando a chave seletora para a posição DESLIGA, liberando assim o móvel;

14 – Anote os valores na Tabela 1;

15 – Zere o cronômetro;

16 – Repita o procedimento por mais 4 vezes, anote seus resultados na Tabela 1;

17 – Zere todos os equipamentos e desligue-os. Guarde os materiais utilizados em seus respectivos recipientes.

Resultados

A tabela abaixo possui medidas experimentais do MRU, que foram obtidas através do trilho de ar da Azeheb. As quais apresentam (t) em segundos que o móvel passou por cada sensor posicionado em (x) centímetros.

$x(cm)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$
0,00	0	0	0	0
15,00	0,259	0,263	0,263	0,262
30,00	0,513	0,520	0,520	0,518
44,00	0,768	0,779	0,779	0,777
61,00	1,023	1,037	1,038	1,035

Tabela 1 - - Medidas experimentais do MRU, obtidas com m_1 .

O mesmo procedimento foi realizado com o dobro da massa suspensa, também repetido quatro vezes e os tempos foram anotados na Tabela 2.

$x(cm)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$
0,00	0	0	0	0
15,00	0,204	0,198	0,206	0,206
30,00	0,405	0,393	0,407	0,409
44,00	0,608	0,590	0,611	0,614
61,00	0,810	0,787	0,815	0,819

Tabela 2 - Medidas experimentais do MRU, obtidas com m_2 .

A partir das tabelas 1 e 2, calcularemos a média aritmética dos valores obtidos, para isso utilizaremos a equação:

Valor médio

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

Onde:

\bar{x} : Representa as medidas, que serão representadas por \bar{t} .

n : Corresponde ao número total de medidas realizadas.

Após calcularmos as médias dos tempos t_1 , t_2 , t_3 e t_4 , utilizando a equação do valor médio, fazendo uso dos dados contidos nas tabelas 1 e 2, obteremos os respectivos resultados que serão expressos nas tabelas a seguir (tabelas 3 e 4):

$x(\text{cm})$	$\bar{t}(\text{s})$
0,00	0
15,00	0,262
30,00	0,518
44,00	0,777
61,00	1,033

Tabela 3 - médias dos tempos (t) quando a massa suspensa era m_1 .

$x(\text{cm})$	$\bar{t}(\text{s})$
0,00	0
15,00	0,204
30,00	0,404
44,00	0,606
61,00	0,808

Tabela 4 - médias dos tempos (t) quando a massa suspensa era m_2 .

Para representar os dados acima, obtidos experimentalmente em uma gráfico (plano milimetrado) é necessário definir um módulo de escala para que todos os valores caibam dentro do gráfico, para isso iremos utilizar a equação abaixo e iremos obter o gráfico a seguir.

$$\text{Módulo de escalar} = \frac{\text{intervalo disponível no papel milimetrado}}{\text{Maior valor obtido experimentalmente}}$$

Iremos usar os dois maiores dados obtidos entre os dois experimentos para definirmos uma escalar, de modo que caiba os dois gráficos em um único plano:

$$\text{Me eixo } y (t) = \frac{200}{1,1} = 181,818 \text{ mm}$$

$$\text{Me eixo } x (S) = \frac{150}{65} = 2,308 \text{ mm}$$

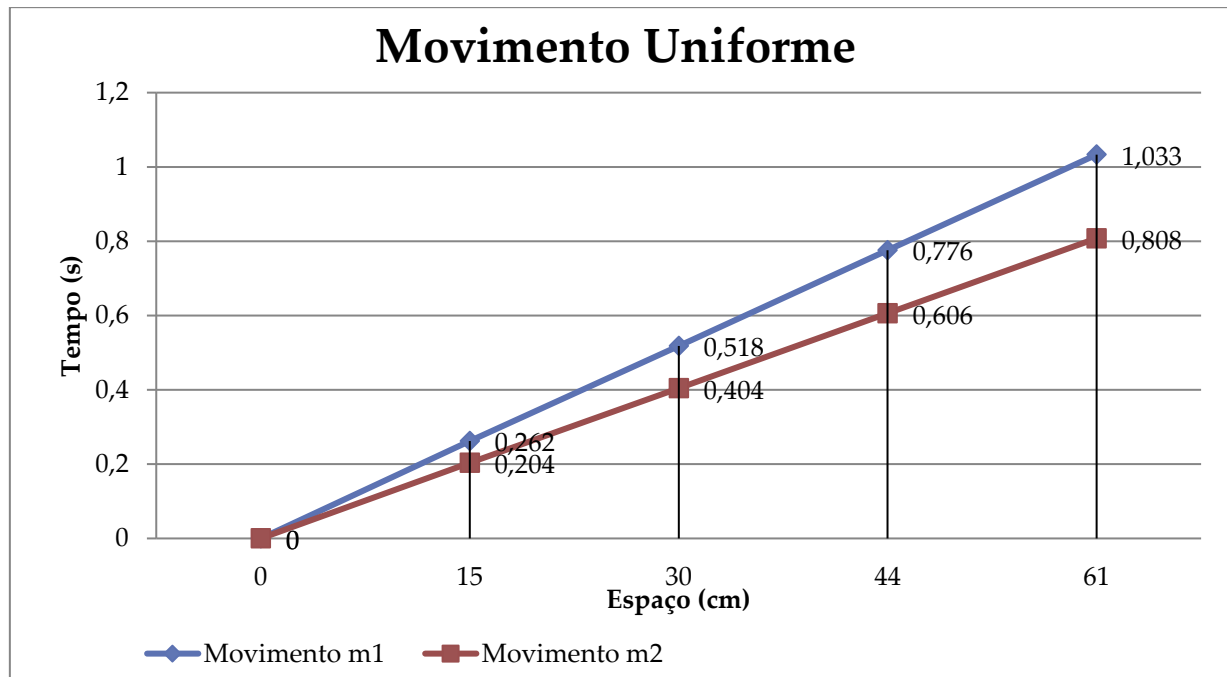
$x \times Me_s(mm/cm)$	$t \times Me_t(mm/s)$
0,00	0
$15 \times 2,308 = 35$	$0,262 \times 181,818 = 48$
$30 \times 2,308 = 69$	$0,518 \times 181,818 = 94$
$44 \times 2,308 = 102$	$0,777 \times 181,818 = 141$
$61 \times 2,308 = 141$	$1,033 \times 181,818 = 188$

Tabela 5 – Valores de m_1 em nova escala prontos para serem plotados em um plano milimetrado.

$x \times Me_s(mm)$	$t \times Me_t(mm)$
0,00	0
$15 \times 2,308 = 35$	$0,204 \times 181,818 = 37$
$30 \times 2,308 = 69$	$0,404 \times 181,818 = 73$
$44 \times 2,308 = 102$	$0,606 \times 181,818 = 110$
$61 \times 2,308 = 141$	$0,808 \times 181,818 = 147$

Tabela 6 – Valores de m_2 em nova escala prontos para serem plotados em um plano milimetrado.

No plano a seguir estão representados as tabelas 5 e 6, sendo (t - tempo) o eixo das abcissas, respectivamente (x), e (x - espaço) o eixo das coordenadas respectivamente (y). Também encontra-se em anexo ao final deste documento um gráfico com os dados plotados e a reta de ajuste traçada.



Ao trabalharmos com dados obtidos experimentalmente, devemos levar em consideração diversos tipos de erros que podem aparecer durante o experimento, como, por exemplo, atrito com o ar, atrito com a polia e entre outros; ao olharmos o gráfico feito à mão, vemos que nem todos os pontos ficam alinhados como uma reta, para isso, existe um método em que conseguiremos traçar uma reta de ajuste, esse método recebe o nome de “método dos mínimos quadrados”. Para isso é necessário considerar a equação da reta $y = a + bx$ onde:

Seu coeficiente linear (A), é dado pela seguinte equação:

$$A = \frac{\sum x \sum t^2 - \sum t \sum tx}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

e seu coeficiente angular (B), é dado pela seguinte equação:

$$B = \frac{n \sum tx - \sum t \sum x}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Utilizando os dados das tabelas 3 e 4, temos que da equação da reta $y = A + Bx$, onde y representa a posição e x o tempo. Similar a equação horaria da posição $x(t) = x_0 + v \cdot \Delta t$.

Fazendo o cálculo dos coeficientes para o experimento em que a massa do peso suspenso era de m_1 (tabela 3). Os valores são:

$$A = -0,304$$

$$S_{yy} = 2,282$$

$$B = 58,524$$

$$S_{xy} = 38,957$$

$$r^2 = 0,999$$

$$QMR = 0,682398185$$

$$\bar{x} = 0,5178$$

$$Me(A) = 0,641$$

$$\bar{y} = 30$$

$$Me(B) = 1,013$$

$$S_{xx} = 0,6656488$$

Da mesma forma, realizando os cálculos para o experimento quando a massa suspensa era de m_2 . Os valores obtidos são:

$$A = -0,2598518$$

$$S_{yy} = 2,282$$

$$B = 74,82653759$$

$$S_{xy} = 30,472$$

$$r^2 = 0,999$$

$$QMR = 0,628582205$$

$$\bar{x} = 0,4044$$

$$Me(A) = 0,615$$

$$\bar{y} = 30$$

$$Me(B) = 1,242$$

$$S_{xx} = 0,4072352$$

Tendo calculado os coeficientes para ambos os movimentos, podemos descrever uma equação de movimento que melhor representa os valores obtidos experimentalmente. Temos que : $y = A + B \cdot x \rightarrow x = A \pm Me(A) + B \pm Me(B) \cdot t$

Para m_1 .

$$x = -0,304 \pm 0,641 + 58,524 \pm 1,013 \cdot t \rightarrow x = x_0 + v_0 \cdot t$$

Para m_2 .

$$x = -0,260 \pm 0,615 + 74,827 \pm 1,242 \cdot t \rightarrow x = x_0 + v_0 \cdot t$$

Conclusão

Numa análise mais rigorosa, percebe-se que alguns fatores não podem ser desprezados na conclusão final da análise dos dados. Alguns desses fatores são: a resistência do ar contra a superfície do “carrinho”, o erro humano na imprecisão da medição das posições dos sensores, a deformação da corda que ligava o carro à massa aceleradora, interferências nas leituras do equipamento e até mesmo o atrito entre a corda e a polia e o eixo da polia com o seu suporte. Mesmo que quase não houvesse atrito entre o carro e a superfície do trilho, possíveis obstruções nas saídas de ar que mantinham o carro flutuando, uma leve inclinação no trilho e até mesmo algum desnível no formato do carro podem ter interferido nos resultados. Inúmeros são os fatores que podem atuar como interferências no experimento mesmo fazendo o máximo para evitá-los.

Todavia, os dados obtidos neste experimento não extraviaram as tolerâncias admitidas. O resultado do notável trabalho realizado por todos os grandes cientistas que estudaram os movimentos ao longo da história pode ser observado. O experimento mostrou um resultado satisfatório pois, dentro dos erros admitidos, cumpriu as previsões teóricas esperadas.

Conclui-se que a partir dos procedimentos anteriormente listados em materiais, métodos e como mostrado no gráfico 1 em que as velocidades obtidas em cada intervalo de tempo beiram a velocidade constante, onde essa velocidade foi obtida originalmente da velocidade média de cada intervalo de espaço. Isso foi observado a partir da medição dos intervalos de tempo, os quais para a obtenção da velocidade constante deveriam ser proporcionais aos intervalos de espaço, analisando-os e calculando seus erros e desvios para uma maior precisão. Não foi possível obter resultados perfeitos, pois, toda medida ou grandeza quando analisada experimentalmente contém erros, mas, como é possível observar na linha de tendência presente no gráfico 1 os resultados encontrados estão numa margem de erro praticamente nula constatando assim o objetivo da prática de comprovar a velocidade constante do movimento observado no experimento.

Observando o gráfico, vemos que $A = x_0$ e $B = v$. Assim, a equação final que obtemos é:

$$x = x_0 + v \cdot t$$

Que é a equação do movimento da cinemática, para um corpo que percorre uma trajetória retilínea, com velocidade constante, para a posição inicial no tempo inicial igual a zero ($x = v \cdot t$), característica do Movimento Retilíneo Uniforme.

Observa-se também que a reta de ajuste não ficou muito fora dos padrões esperados para o experimento e o coeficiente de determinação r^2 apresentou seu valor muito próximo de 1, exatamente 0,999 para ambos os gráficos, ou seja, quanto mais próximo de 1, mais preciso foram dados coletados no experimento, nos dando uma garantia de que o experimento está muito próximo da teoria.

Referências Bibliográficas

MUKAI, H., FERNANDES, P.R.G. Manual de Laboratório de Física I - DFI/UEM, 2008 a 2017.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica - Vol. 1 - Mecânica - 5ª Edição - São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

KEITH, R. Symon - Mecânica (Quarta edição), Livro Texto.