



Universidade de Brasília - UnB Gama

Relatório de Física 1 Experimental

Experimento IV – Leis de Newton

Gustavo Marocolo Alves de Freitas - 211061823

João Vítor Costa Andrade - 211061977

Luiz Henrique da Silva Amaral - 211062160

Raquel Temóteo Eucaria Pereira da Costa - 202045268

Brasília-DF, 05 de Setembro de 2022

1 Objetivos

O objetivo do experimento é observar o movimento de um carrinho sobre um trilho de ar que se movimenta em decorrência da ação de forças constantes sobre ele, como a tração e a força peso, e comparar os dados empíricos com dados teóricos obtidos utilizando as leis de Newton.

2 Introdução Teórica

Primeiro é necessário apresentar as leis de Newton de forma reduzida para explicar a teoria por trás do experimento.

A primeira lei de Newton estabelece que um corpo em inércia tende a permanecer inerte e um corpo em movimento com velocidade constante tende a permanecer em movimento com essa mesma velocidade se a força resultante que atua sobre ele seja nula, ou seja, a velocidade do corpo não é alterada se a soma de todas as forças que atuam sobre ele forem igual a zero.

A segunda lei de Newton estabelece que a força resultante sobre um corpo é igual à massa vezes a aceleração dele.

$$\sum \vec{F} = m * \vec{a} \quad (1)$$

Ou seja, o somatório de todas as forças que atuam sobre um corpo é igual ao produto de sua massa por sua aceleração.

A terceira lei de Newton estabelece que, quando dois corpos interagem, a força que um exerce sobre o outro gera uma reação de mesmo módulo com sentido oposto.

A primeira parte do experimento foi feita com o carrinho no trilho de ar sendo puxado por uma massa, como ilustrado pela imagem a seguir, em que o carrinho é representado pelo bloco A e a massa é representada pelo bloco B.

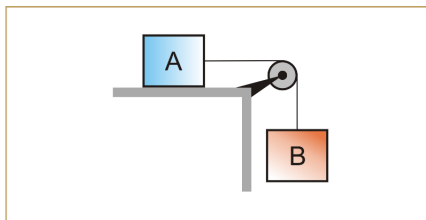


Figura 1: Representação do carrinho sobre o trilho de ar

Como o atrito no trilho de ar é desprezível, as únicas forças que atuam sobre o carrinho são a força peso e a tração da corda, e as forças que atuam sobre a massa são a força peso e a tração da corda também.

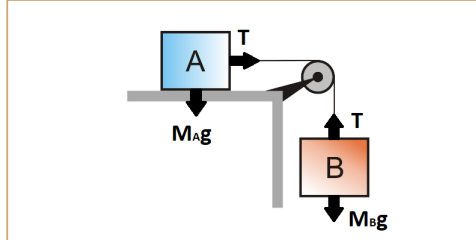


Figura 2: Representação das forças que atuam sobre o sistema do carrinho

Analizando o carrinho (bloco A), existem a força Normal, a peso e a tração que atuam sobre ele. Como a Normal e a peso têm módulo igual e sentidos opostos elas se cancelam, então a força resultante é a tração.

$$\sum \vec{F} = m_A * \vec{a}$$

$$T = m_A * \vec{a}$$

Analizando a massa (bloco B) as forças que atuam sobre ele são a força peso e a tração da corda, ambas atuam na direção do movimento desse bloco, que é vertical. Como sabemos que a massa deve ir ao chão para movimentar o carrinho, consideraremos a força peso como tendo sinal positivo e a tração com sinal negativo, pois tem sentido oposto à força peso.

$$\sum \vec{F} = m_B * \vec{a}$$

$$m_B * g - T = m_B * \vec{a}$$

Então temos as seguintes fórmulas que descrevem esse sistema:

$$T = m_A * a$$

$$m_B * g - T = m_B * a$$

Sendo T a tração que é igual nos dois blocos, m_A e m_B as massas do bloco A e B, respectivamente, a a aceleração que é igual para os dois blocos e g a aceleração da gravidade. Podemos somar as duas equações acima para obter uma equação que descreverá a aceleração dos blocos em função das massas desses blocos e da gravidade. A soma das suas funções nos dá:

$$\begin{aligned}m_B * g &= m_A * a + m_B * a \\m_B * g &= a(m_A + m_B)\end{aligned}$$

Depois de colocar a aceleração em evidência do lado direito da igualdade é possível isolá-la.

$$a = \frac{m_B * g}{m_A + m_B}$$

Vamos rescrever a equação, mudando a forma de escrever algumas coisas. A massa do carrinho (m_A) e a massa do peso (m_B) serão escritos como M e m , respectivamente.

$$a = \frac{m * g}{M + m} \tag{2}$$

Na segunda parte do experimento o trilho de ar foi inclinado e a massa que puxava o carrinho foi retirada, assim somente o peso do carrinho que o faz entrar em movimento. A imagem a seguir representa o trilho inclinado com um certo ângulo θ e o carrinho por cima do trilho, além das forças que atuam sobre o carrinho.

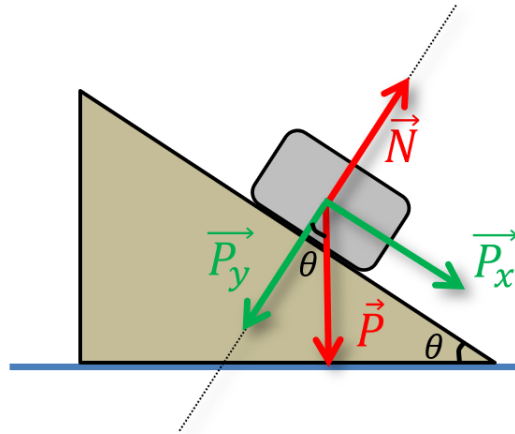


Figura 3: Representação do trilho de ar inclinado

Como o plano está inclinado, a força peso é decomposta, assim temos P_x e P_y , que são as coordenadas do peso no eixo x e y, respectivamente. Temos também a Normal (N) que tem o mesmo módulo que P_y , mas sentido oposto. Para se obter P_x e P_y utilizamos o ângulo θ nas seguintes equações:

$$P_x = P * \text{sen}(\theta)$$

$$P_y = P * \text{cos}(\theta)$$

Utilizando a segunda lei de Newton, podemos dizer que P_x é igual à massa vezes a aceleração do carrinho, pois a força Normal é cancelada por P_y .

$$\sum \vec{F} = M * \vec{a}$$

$$P_x = M * a$$

Para poder isolar a aceleração vamos escrever P_x como o produto da massa pela gravidade (peso) e o seno de teta, para cancelar a massa dos dois lados.

$$\begin{aligned}M * g * \text{sen}(\theta) &= M * a \\a &= g * \text{sen}(\theta)\end{aligned}\tag{3}$$

Para obter esse ângulo teta foi medida a altura que o carrinho estava da bancada (H) e a distância entre os pontos de suporte do trilho (D) e foi utilizada a tangente de teta para depois descobrir essa inclinação.

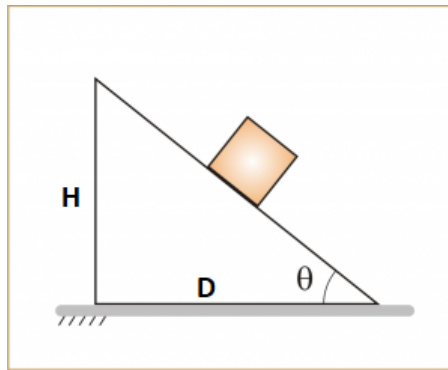


Figura 4: Caption

$$\tan(\theta) = \frac{H}{D}$$

3 Parte Experimental

3.1 Material a ser utilizado

- 01 trilho 120 cm;
- 01 cronômetro digital multifunções com fonte DC 12 V;
- 02 sensores fotoelétricos com suporte fixador (S1 e S2);
- 01 eletroímã com bornes e haste;
- 01 fixador de eletroímã com manípulo;
- 01 chave liga-desliga;
- 01 Y de final de curso com roldana raiada;
- 01 suporte para massas aferidas 19 g;
- 01 massa aferida 10 g com furo central de 2,5 mm de diâmetro;
- 02 massas aferidas 20 g com furo central de 2,5 mm diâmetro;
- 01 cabo de ligação conjugado;
- 01 unidade de fluxo de ar;
- 01 cabo de força tripolar 1,5 m;
- 01 mangueira aspirador 1,5 polegadas;
- 01 pino para carrinho para fixá-lo no eletroímã;
- 01 carrinho para trilho cor preta;
- 01 pino para carrinho para interrupção de sensor;
- 03 porcas borboletas;
- 07 arruelas lisas;
- 04 manípulos de latão 13 mm;
- 01 pino para carrinho com gancho;

4 Procedimentos

1. Averiguamos o eletroímã com a chave liga/desliga, o sensor 2 do cronômetro e o funcionamento do trilho.
2. Inicia-se com o cronômetro na função F2, onde se encontra zerado. Nesse contexto, nos pinos do carrinho foi adicionado duas massas de 50g de cada lado. Com uma balança foi medido o peso do carrinho:

$$M = 328,5g.$$

3. Na haste vertical do carrinho estava amarrada uma corda, que foi esticada até a polia e na outra extremidade havia um suporte com peso de 20g, que somados mediam: (para o MRUV, entretanto no MRUV no plano inclinado não temos tração, apenas o peso do carrinho e a inclinação)

$$m = 26,5g.$$

4. Assim que acionada, a chave liga/desliga libera o carrinho no qual irá passar apenas por um sensor (S2) e a contagem do cronômetro registrará um intervalo de tempo. O suporte com o peso (de aproximadamente 20 g) colocado na ponta da linha deve estar livre para cair com a força da gravidade. Isso garantirá que o carrinho entre em movimento retilíneo uniformemente variado devido a aceleração gerada pelo peso.
5. Com o carrinho na posição 0 onde se encontra o eletroímã e com a posição inicial do sensor S2 sendo a $x_1 = 30,00$ cm da haste vertical do carrinho, presa ao eletroímã, as medidas foram feitas por uma régua. Após executar cinco (5) medidas de tempo para o MRUV registramos esses intervalos de tempo na Tabela 1.
6. Em seguida permanecemos o carrinho na mesma posição do item 2 e deslocamos o sensor S2 para a segunda posição de forma que a distância entre a haste e S2 fosse de $x_2 = 40,00$ cm, executamos novamente as cinco (5) medidas de tempo para esse MRUV e registramos na tabela. Repetimos esse mesmo procedimento para distâncias de 50,00 cm, 60,00 cm, 70,00 cm e 80,00. Observe a tabela 1 para melhor visualização.
7. Para obtermos o erro absoluto (experimental), somamos o erro aleatório com o erro instrumental do cronômetro (0,001 segundos).

Intervalos de tempo (s)	Δx_1 30 cm	Δx_2 40 cm	Δx_3 50 cm	Δx_4 60 cm	Δx_5 70 cm	Δx_6 80 cm
Δt_1	0,946	1,110	1,233	1,360	1,471	1,559
Δt_2	0,943	1,103	1,235	1,362	1,464	1,556
Δt_3	0,939	1,106	1,236	1,366	1,438	1,562
Δt_4	0,941	1,110	1,234	1,361	1,440	1,557
Δt_5	0,944	1,106	1,233	1,359	1,458	1,556
$\Delta \bar{t}$	0,943	1,107	1,234	1,362	1,454	1,558
Erro aleatório	0,001	0,001	0,005	0,001	0,006	0,001
Erro absoluto	0,002	0,002	0,001	0,002	0,007	0,002

Tabela 1: MRUV

4.1 MRUV para o plano inclinado

O Movimento Retilíneo Uniformemente Variado segue um movimento em linha reta, onde a aceleração durante o percurso permanece constante e diferente de zero, porém, ocorre uma alteração uniforme no módulo da velocidade. Outrossim, o experimento foi realizado em um plano inclinado, parte da dinâmica que trabalha com o movimento em superfícies retilíneas, mas que formam um ângulo com o eixo horizontal. Entretanto, a experimentação demonstra um carrinho em MRUV em um plano inclinado, com uma altura (H) de 7,5 cm e um comprimento (D) de 169,5 cm.

- H = 7,5 cm.
- D = 169,5 cm.

Intervalos de tempo (s)	Δx_1 30 cm	Δx_2 40 cm	Δx_3 50 cm	Δx_4 60 cm	Δx_5 70 cm	Δx_6 80 cm
Δt_1	1,204	1,401	1,576	1,712	1,860	1,975
Δt_2	1,200	1,391	1,563	1,704	1,848	1,968
Δt_3	1,205	1,386	1,559	1,703	1,850	1,968
Δt_4	1,204	1,390	1,556	1,703	1,869	1,972
Δt_5	1,190	1,392	1,561	1,710	1,852	1,972
$\Delta \bar{t}$	1,201	1,392	1,563	1,706	1,856	1,971
Erro aleatório	0,002	0,002	0,003	0,001	0,003	0,001
Erro absoluto	0,003	0,003	0,004	0,002	0,004	0,002

Tabela 2: MRUV para o plano inclinado

Para cada Δx_k acima calculamos a velocidade instantânea para cada intervalo de tempo através da equação (tabela 3):

$$v_k = \frac{2\Delta x_k}{\Delta t_k} \quad (4)$$

Após estabelecer um plano inclinado, fizemos os mesmos procedimentos anteriores e obtivemos também a tabela 2:

Instantes de tempo (s)	Velocidade instantânea (cm/s)
1,201	49,98 \pm 0,24
1,392	57,47 \pm 0,22
1,563	63,98 \pm 0,25
1,706	70,32 \pm 0,18
1,856	75,44 \pm 0,25
1,971	81,18 \pm 0,15

Tabela 3: Velocidade instantânea x tempo

5 Dados experimentais

5.1 1ª Parte MRUV

Passamos os dados da Tabela 1 para o SciDavis para plotar o gráfico do MRUV (Figura 3). Feita a regressão quadrática no software encontramos a aceleração \bar{a}_{exp} do sistema igual a $65,74 \pm 0,28 \text{ cm/s}^2$.

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot \Delta t + \frac{a \Delta t^2}{2} \rightarrow \Delta x = \frac{a \Delta t^2}{2}$$

$$y = a_1 \cdot x^2 \rightarrow a_1 = \frac{\bar{a}_{exp}}{2}$$

$$\bar{a}_{exp} = 65,74 \pm 0,28 \text{ cm/s}^2$$

Calculamos o valor da aceleração a partir das leis de Newton que resultam da equação (2), localizada na pagina 4, usando os valores da massa M do carrinho, do peso suspenso m e usando como valor da gravidade:

$$g = 980 \text{ cm/s}^2.$$

$$a = 73,154$$

Em seguida calculamos o erro relativo entre o valor da aceleração média \bar{a}_{exp} calculada experimentalmente e o valor teórico obtido pelo resultado das leis de Newton da equação (2). O obtvemos pela fórmula:

$$E = \frac{|a - \bar{a}_{exp}|}{a}, \quad (5)$$

$$E = 0,10 \text{ cm/s}^2$$

E a seguir podemos visualizar o gráfico obtido pelo Software SciDavis para o MRUV:

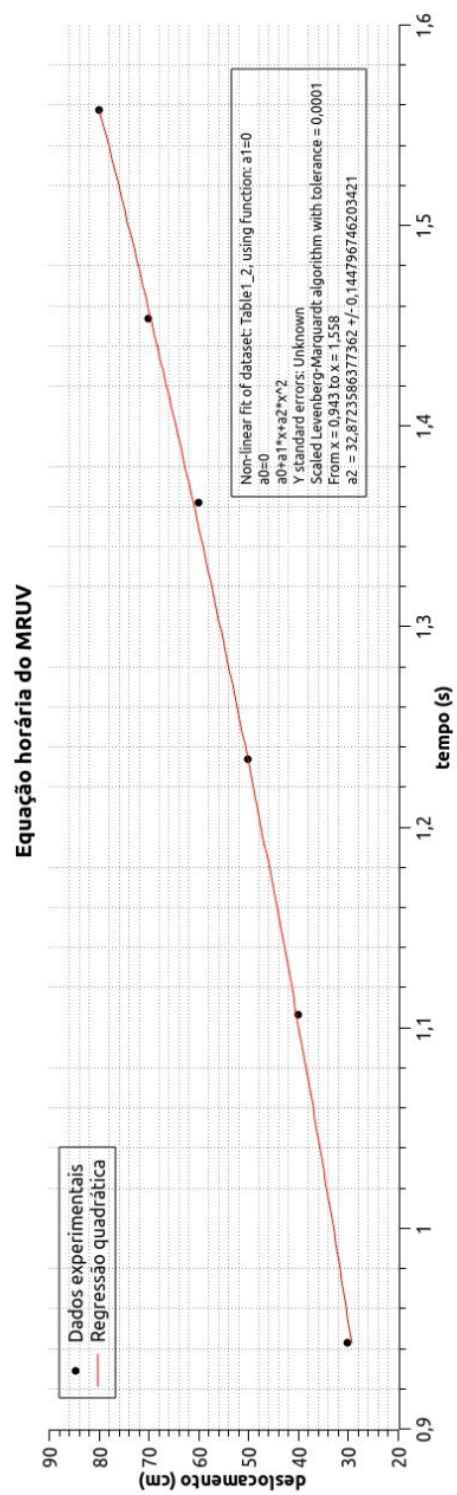


Figura 5: Equação horária

5.2 2ª Parte - Plano inclinado

Com $H = 7,5 \text{ cm}$ e $D = 169,5 \text{ cm}$, para $H \ll D$, temos a seguinte equação

$$\tan\theta = \frac{H}{D}. \quad (6)$$

Onde $\theta \ll 1 \text{ rad}$, de forma que possamos utilizar $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta$. A segunda lei de Newton nos dá como resultado da aceleração em um plano inclinado.

$$a = g \sin\theta. \quad (7)$$

$$a = 43,36 \text{ cm/s}^2$$

Passando os dados da Tabela 3 para o SciDavis, plotamos o gráfico $v \times t$, que está apresentado na página seguinte (Figura 4). Feita a regressão linear no software encontramos a aceleração do carrinho medindo o coeficiente angular da reta, o qual deu igual a $41,09 \pm 0,13 \text{ cm/s}^2$.

$$Y = a_1 \cdot t$$

$$a_1 = a = 41,09 \pm 0,13 \text{ cm/s}^2.$$

Usando a função de Regressão Linear da calculadora científica encontramos um valor para a aceleração de $40,08 \text{ cm/s}^2$.

$$Y = A + B \cdot x \rightarrow v(t) = v_o + a \cdot t$$

$$A = 1,67 \text{ e } B = 40,08$$

$$v(t) = 1,67 + 40,08 \cdot t$$

Em seguida calculamos o erro relativo entre o valor da aceleração média \bar{a}_{exp} calculada experimentalmente e o valor teórico obtido pelo resultado das leis de Newton da equação (7). O obtivemos pela fórmula:

$$E = \frac{|a - \bar{a}_{\text{exp}}|}{a}, \quad (8)$$

$$E = 0,05 \text{ cm/s}^2$$

E a seguir podemos visualizar o gráfico obtido pelo Software SciDavis para o MRUV no plano inclinado:

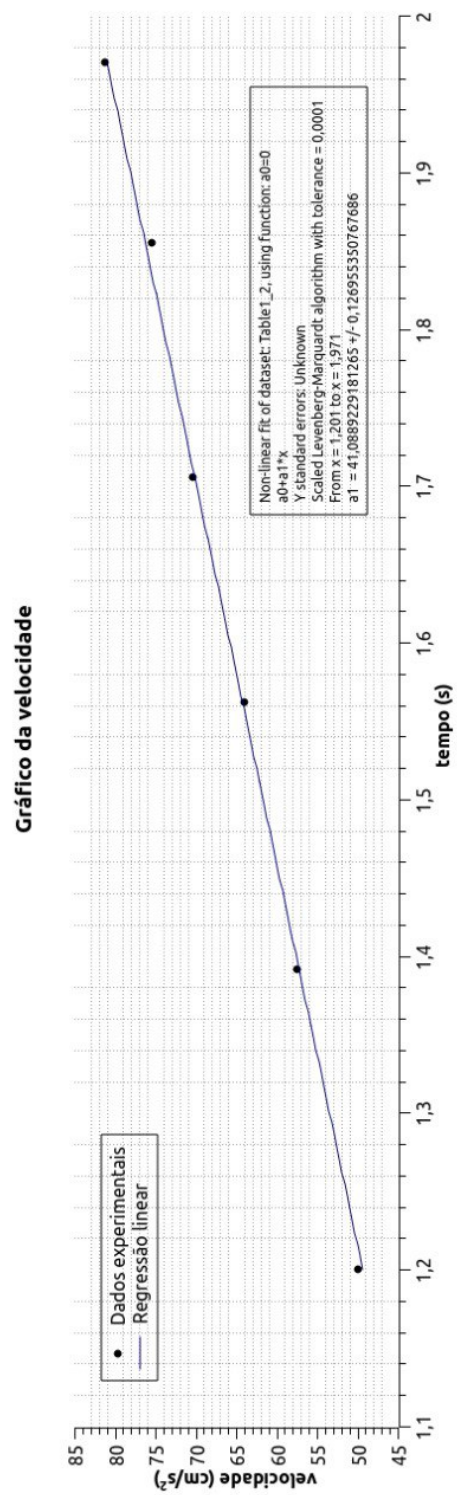


Figura 6: Gráfico da Velocidade

6 Conclusão

A partir do experimento, analisando o do MRUV e o do MRUV no plano inclinado, concluímos as diferentes formas do cálculo da aceleração, encontradas a partir das aplicações das Leis de Newton e usando o Software SciDavis.

No MRUV a aceleração foi calculada com base nas Leis de Newton, que resultou na equação: $a = \frac{m \cdot g}{M+m}$, que resultou em uma aceleração de: $a = 73,15 \text{ cm/s}^2$. Nesse mesmo experimento do MRUV, encontramos outro valor da aceleração, porém, calculada pela regressão quadrática, no SciDavis, que resultou em uma aceleração de: $a = (65,74 \pm 0,28) \text{ cm/s}^2$.

No experimento do MRUV no plano inclinado a aceleração foi calculada baseado na Lei de Newton, onde a força resultante estabelece tal cálculo: $a = g \cdot \sin\theta$, e como resultado: $a = 43,36 \text{ cm/s}^2$. No entanto, partindo das análises feitas nesse experimento e utilizando o SciDavis, pela regressão linear a aceleração encontrada foi de: $a = 41,09 \pm 0,13 \text{ cm/s}^2$. Além do mais, essa pequena diferença na aceleração, prevista pelos dois cálculos, se dá propriamente por causa da propagação de erro inerente existente no experimento.

Conclui-se que segundo os dados analisados, foi observado o movimento do carrinho e em consequência disso, a comparação dos dados empíricos com dados teóricos obtidos aplicando as Leis de Newton.

Referências

- [1] Halliday, D; Resnick, Robert. *Fundamentos de Física: Mecânica*, 10^a Ed.