



Licenciatura em Física

**MOVIMENTO RETILÍNEO E UNIFORME DE UM CARRINHO
EM UM TRILHO SEM ATRITO**

Foz do Iguaçu, 10 de Outubro de 2016

Instituto Federal do Paraná

Licenciatura em Física

Acadêmicos:

Fernando Cruz

Hennes Denk

Jhenifer Nascimento

João A. C. Lopes

Professor: Vasco Neves

Foz do Iguaçu, 08 de Setembro de 2016

Sumário

RESUMO	4
INTRODUÇÃO	4
OBJETIVO	5
MATERIAIS UTILIZADOS PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	6
PROCEDIMENTO	6
RESULTADO E DISCUSSÃO	7
CONCLUSÃO	13
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	14
TABELA 1: TRATAMENTO DE DADOS EXPERIMENTAIS – MRU FIGURA 1.....	7
TABELA 2: ERRO DO ACIONAMENTO DO INTERRUPTOR.....	8
TABELA 3: ENERGIA CINÉTICA - FIGURA 2	11
FIGURA 1: GRÁFICO DA VELOCIDADE - TABELA 1: TRATAMENTO DE DADOS EXPERIMENTAIS – MRU	9
FIGURA 2: CONSUMO DE ENERGIA DURANTE A REALIZAÇÃO DO CIRCUITO - TABELA 3: ENERGIA CINÉTICA	12

Resumo

A cinemática estuda o movimento dos corpos sem se preocupar com quem lhe deu origem. O objetivo do relatório é identificar se possível o MRU de um carrinho em trilho sem atrito por meio de medidas indiretas. O procedimento consistiu-se em acionar um interruptor que impulsionava o carrinho ao longo do trilho, na qual, buscou-se analisar a velocidade média e a energia cinética, os dados foram apresentados em tabelas. O Resultado e discussão evidencia no experimento um que houve uma maior velocidade registrada na primeira volta 0,439m/s, a menor, foi no segundo, 0,404m/s, em um total de 10 medições. No segundo experimento que consistiu em analisar a energia, verificou-se que a energia diminuía à medida que a distância aumentava, em um percurso de 9,2m.

Introdução

Segundo Young, 2008, o estudo físico do movimento é importante porque o mundo, e tudo que nele existe, está em movimento. Assim, o movimento é uma atividade fundamental dos corpos, que por sua vez, é descrito pela cinemática. Existem duas formas de movimento, o movimento uniforme onde a aceleração é constante e o movimento uniformemente variável onde a aceleração não é constante. Contudo, neste trabalho iremos nos restringir apenas no movimento uniforme que é qualquer movimento realizado por um corpo que percorre distâncias iguais em tempos iguais e, por consequência deste processo, a velocidade escalar mantém-se a mesma por toda a trajetória, que por sua vez pode ser circular ou retilínea em um plano vertical, horizontal ou inclinada.

No caso do movimento retilíneo, segundo Young, Δ_x indica o deslocamento $\Delta_x = x_2 - x_1$, Δ_t indica o intervalo de tempo $\Delta_t = t_2 - t_1$. A velocidade média depende apenas do deslocamento. Assim, definimos a velocidade média do carro como sendo a variação do espaço dividido pela variação do tempo $v_m = \frac{\Delta_x}{\Delta_t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$.

De acordo com Halliday, 2008 quando exista um corpo em movimento, como a queda de uma maçã, e desejamos determinar sua posição no espaço em relação a um ponto de referência. O sentido positivo do eixo é o sentido dos números coordenados crescentes. O sentido oposto é o sentido negativo. Assim, o sinal positivo do deslocamento não precisa ser mostrado, mas o sinal negativo sim, se ignorarmos o sinal, estamos ignorando o sentido do deslocamento e, por conseguinte, ficamos com o módulo do deslocamento, exemplo: $\Delta_x = -4m$, sentido para a esquerda, se ignorarmos o sinal corresponde a um módulo de 4m.

A unidade de $v_{méd.}$ no Sistema Internacional de Unidade (SI) é o metro por segundo (m/s). Outras unidades podem ser usadas para descrever o problema, mas todas deverão está na forma de comprimento/tempo.

No momento em que se realiza as medidas físicas podem ser classificados em medidas diretas e indiretas. Às medidas diretas estão associadas aos erros das incertezas das medições, quanto a inexperiência e a inabilidade do experimentador. Já as medidas indiretas se constituem da resultante de uma aplicação matemática que o experimentador utiliza para obter o resultado (HALLIDAY, 2008). Contudo, por mais cuidadoso que seja o experimentador e por mais preciso que seja o instrumento, não é possível realizar uma medida direta perfeita (PIACENTINI, 2009).

De acordo com a sua natureza, os erros são classificados em três categorias: grosseiro, sistemático e o aleatório. O erro grosseiro ocorre devido o limite da resolução da escala do instrumento de media (JURAITIS, 2009). O *Erro Aleatório*, que ocorre devido a uma perturbação estatística imprevisível, podendo ocorrer em qualquer sentido. Assim, pode-se entender que o erro aleatório é o produto das variações nas medições que não seguem uma tendência fixa, no entanto, pode ser analisada de forma estatística por meio de cálculos de sua dispersão. (JURAITIS, 2009).

Por sua vez, o *Erro Sistemático* faz com que o valor de cada resultado se afaste do valor real em um sentido definido. Esse erro e a diferença entre a média de um número considerado suficiente de medições e o resultado verdadeiramente esperado. Ele indica a tendência de um instrumento em registrar resultados sistematicamente acima ou abaixo, é possível, se descoberto sua origem eliminá-lo ou minimiza-lo (PIACETINI, 2013).

Objetivo

- Identificar um movimento retilíneo e uniforme (MRU);
- Coletar dados para que através de ferramentas matemáticas consigamos identificar o MRU;
- Determinar a velocidade média do carrinho;
- Construir o gráfico da variação da posição do móvel em função do tempo;

- Obter o valor da velocidade média do móvel a partir do gráfico Δ_x versus Δ_t ;
- Identificar as variáveis da expressão $S = S_0 + V \cdot \Delta_t$;
- Fornecer a equação horária de um móvel em MRU, a partir de suas observações e medições.

Materiais Utilizados para a Realização do Experimento

- Trilho de ar, unidade geradora de fluxo de ar;
- Sensores fotoelétrico;
- Carro;
- Impulsor eletromagnético;
- Bobina e Suporte;
- Multicronômetro.

Procedimento

O experimento inicial adotado foi ligar a bobina de impulsão acionada por um interruptor de saída digital ligada a um multicronômetro. Quando acionado o interruptor, o carrinho é impulsionado ao longo do trilho.

Por sua vez, o trilho era composto de pequenos furos que proporcionam ao carrinho a suspensão no ar, desse modo, conseguimos eliminar o atrito para com a superfície. Além disso, ao longo do trilho foram colocados sensores, o primeiro sensor fotoelétrico foi colocado na marca de 400mm da posição inicial do carro, de forma fixa, o segundo sensor tinha sua posição ajustável de acordo com o desenvolvimento do experimento um, que consistiu em analisar 10 posições diferentes para obter 30 pontos experimentais no total. No segundo experimento, as posições eram fixas e foi estudado a posição do carrinho por 10 voltas sobre o circuito.

Para todos os movimentos registrados no experimento teve para a base de cálculo a velocidade média do carro no trilho, o erro a partir do declive da reta se houver, a energia cinética em cada ponto estabelecido pelo sensor e o desvio padrão dos intervalos do tempo.

Resultado e Discussão

De acordo com o experimento realizado no laboratório de física do Instituto Federal do Paraná, Campus - Foz do Iguaçu. A tabela abaixo nos mostra a velocidade obtida para cada medição individual da velocidade média. A unidade de medida adotada inicialmente foi em milímetro, para facilitar nossas análises multiplicamos por 10^{-3} . Desse modo, fazemos a conversão de milímetro (mm) para metros (m).

Tabela 1: Tratamento de dados experimentais – MRU Figura 1

	Δ_x (m)	Tempo 1 (s)	Tempo 2 (s)	Tempo 3 (s)	Δ_t Média Aritmética (s)	Velocidade (m/s)
Medida 1	150×10^{-3}	0,33595	0,34190	0,34695	$0,346 \pm 0,008$	0,439
Medida 2	200×10^{-3}	0,49455	0,49925	0,49235	$0,495 \pm 0,003$	0,404
Medida 3	250×10^{-3}	0,59645	0,59940	0,62725	$0,607 \pm 0,020$	0,411
Medida 4	300×10^{-3}	0,71770	0,71400	0,71210	$0,714 \pm 0,003$	0,420
Medida 5	350×10^{-3}	0,85045	0,85410	0,84955	$0,851 \pm 0,002$	0,411
Medida 6	400×10^{-3}	0,96385	0,96375	0,96455	$0,964 \pm 0,0004$	0,415
Medida 7	450×10^{-3}	1,06990	1,08155	1,07275	$1,075 \pm 0,006$	0,419
Medida 8	500×10^{-3}	1,19960	1,20160	1,19200	$1,198 \pm 0,005$	0,417
Medida 9	550×10^{-3}	1,32800	1,31300	1,31790	$1,320 \pm 0,008$	0,417
Medida 10	600×10^{-3}	1,47045	1,45530	1,46945	$1,465 \pm 0,008$	0,409
Média da Velocidade (m/s)						0,416

Fonte: Experimento realizado no laboratório do IFPR.

Comentário¹

Observa-se na tabela 1 que os dados estão dispostos em metros por segundo, conforme o sistema de medidas internacionais (SI). Assim, verificamos que a maior velocidade atingida pelo carrinho foi no tempo um, onde a distância, 0,15m e o tempo, 0,346s que levou o carrinho a 0,439 m/s e, notamos que a menor velocidade atingida foi na segunda medição com a distância de 0,2m e o tempo de 0,495s, na qual o carrinho atingiu 0,404 m/s.

Podemos observar que a velocidade não foi constante e o erro encontrado foi de $9,425 \times 10^{-3}$, é possível que esse erro tenha ocorrido no momento de acionamento do interruptor devido ao atraso do experimentador de tirar o dedo do impulsor caracterizando um erro sistemático.

Tabela 2: Erro do Acionamento do Interruptor

	O maior e o menor tempo de acionamento do interruptor decorrido no atraso do dedo do experimentador				Diferença
Medição 1	Tempo 1	0.33595ms	Tempo 3	0.34695ms	0.00595ms
Medição 2	Tempo 2	0.49925ms	Tempo 3	0.49235ms	0,00690ms
Medição 3	Tempo 1	0.59645ms	Tempo 3	0.62725ms	0,03080ms
Medição 4	Tempo 1	0,71770ms	Tempo 3	0,71210ms	0,00560ms
Medição 5	Tempo 2	0,85410ms	Tempo 3	0,84955ms	0,00455ms
Medição 6	Tempo 2	0.96375ms	Tempo 3	0.96455ms	0.00080ms
Medição 7	Tempo 1	1.06990ms	Tempo 2	1.08155ms	0.01165ms
Medição 8	Tempo 2	1.20160ms	Tempo 3	1.19200ms	0.00930ms
Medição 9	Tempo 1	1.32800ms	Tempo 2	1.31300ms	0.01500ms
Medição 10	Tempo 1	1.47045ms	Tempo 2	1.45530ms	0.01515ms

Fonte: Experimento realizado no laboratório do IFPR.

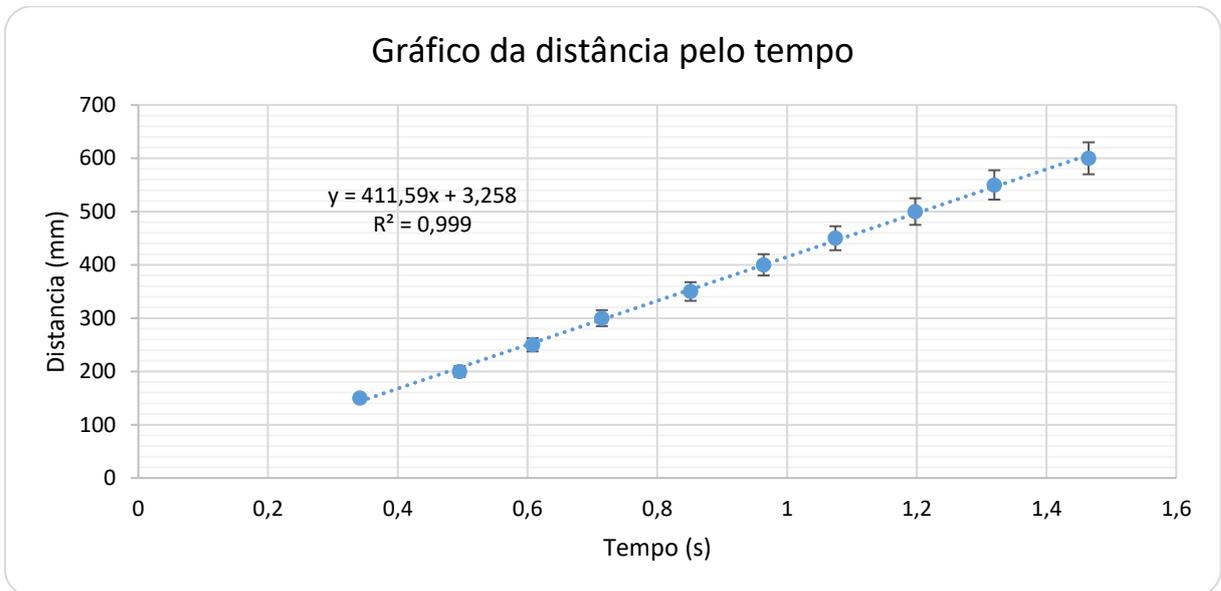
Comentário²

A tabela 2 nos traz uma reflexão da tabela 1 sobre as amostras de tempo. A análise feita expõe a existência de um tempo maior e um menor em todas as medições. A diferença entre as amostras pode significar o atraso do experimentador no momento de tirar o dedo do impulsor. Podemos observar também, que não há um valor constante entre os tempos evidenciado na tabela 1 durante a realização das três medições. Contudo, as diferenças entre as medições podem caracterizar um erro sistemático, na unidade de milésimo de segundos, que influenciou na diferença da velocidade média e em seu respectivo erro de $9,425 \times 10^{-3}$.

No entanto, cabe ressaltar que após uma análise minuciosa destacamos que a medida mais precisa das medições foi a 6, com 0,0004ms dentre as dez medições e, a mais imprecisa foi a medição 3 com 0,0200ms.

No gráfico abaixo podemos constatar o comportamento da velocidade com relação a distância e o tempo.

Figura 1: Gráfico da velocidade - Tabela 1: Tratamento de dados experimentais – MRU
 Figura 1



Conseguimos observar na figura 1 que a velocidade representada pelos pontos não fica exatamente em cima da linha que temos como referência de uma velocidade ideal. O gráfico evidencia que a medida que o tempo aumenta o desvio também aumenta. No entanto, apesar das pequenas oscilações da velocidade que por hora pode ter sido cometido por um erro humano no momento da aferição do tempo ou por um erro na instabilidade do trilho e mesa. Podemos notar que a velocidade é constante. Assim, pode-se entender que a aceleração é nula em todos os pontos percorridos pelo carrinho.

Demonstração parcial dos cálculos para a obtenção dos resultados contidos na tabela 1. Os dados estão relacionados ao experimento de medições de instrumentos submetidos a tratamentos matemáticos.

- Média aritmética

$$x = \frac{(X1 + X2 + \dots + X10)}{n}$$

$$x = \frac{0,33595 + 0,34190 + 0,34695}{3}$$

$$x = 0,3461 \text{ segundos}$$

- Desvio padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i^2)}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,0001213625}{2}}$$

$$\sigma = 0,008$$

- Velocidade média

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$v_m = \frac{150}{0,346}$$

$$v_m = 0,439$$

Nota¹

A conversão de milímetro (mm) para metro (m) ocorre quando multiplicamos o valor de referência por 10^3 . A referência no caso deste relatório é a distância medida em milímetro. A conversão pode ser obtida por meio de uma equação muito simples $D_{\text{metros}} = D \times 10^3$.

A tabela 3 corresponde ao segundo experimento que consistia em observar o movimento do carrinho ao longo dos 920mm de comprimento do trilho de ar. Onde havia dois sensores fotoelétricos separados por uma distância de 150mm no decorrer do trilho. Como o carrinho dará dez voltas seu percurso será de uma distância de 9,2 metros.

Tabela 3: Energia Cinética - Figura 2

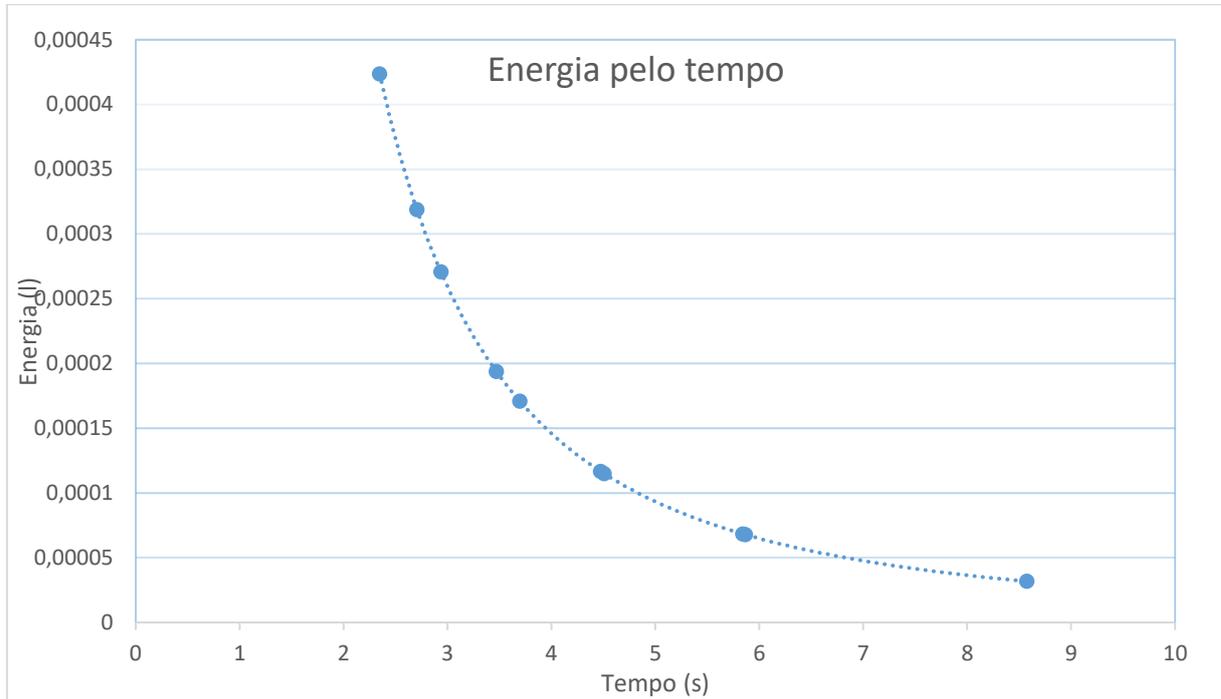
Volta do Carrinho no Circuito	Distância	Tempo total percorrido pelo carrinho por volta	Tempo para cada volta do carrinho em segundos	Velocidade (m/s)	Energia (joule)
Volta 1	150mm	2,347200	2,34720	0,06390	$4,23710 \times 10^{-4}$
Volta 2	150mm	5,053300	2,70610	0,05543	$3,187740 \times 10^{-4}$
Volta 3	150mm	7,990150	2,93685	0,05107	$2,706490 \times 10^{-4}$
Volta 4	150mm	11,46110	3,47095	0,04322	$1,937600 \times 10^{-4}$
Volta 5	150mm	15,15770	3,69660	0,04058	$1,708300 \times 10^{-4}$
Volta 6	150mm	19,63100	4,47330	0,03353	$1,166580 \times 10^{-4}$
Volta 7	150mm	24,13785	4,50685	0,03328	$1,149300 \times 10^{-4}$
Volta 8	150mm	29,97820	5,84035	0,02568	$6,84373 \times 10^{-5}$
Volta 9	150mm	35,84395	5,86575	0,02557	$6,78459 \times 10^{-5}$
Volta 10	150mm	44,41705	8,57310	0,01750	$3,17610 \times 10^{-5}$
Distância total percorrida			9,2 metros		
Tempo total gasto			44,4 Segundo		
Velocidade média do carrinho			0,207 metros/segundo		

Fonte: Experimento realizado no laboratório do IFPR.

Podemos observar inicialmente nas amostras dos dados coletados que o tempo total para o carrinho percorrer 9,2m do circuito foi necessário 44,41702 segundos. E, para cada volta que carrinho percorre cuja a distância fixa é de 150mm, na primeira volta é gasto 2,3 segundos, mas na décima volta, ele gasta 8,6 segundos para fazer o mesmo trajeto. Assim, ao longo de todo o circuito de forma ininterruptas. O trilho tem o comprimento de 920mm, por volta, notamos que a sua velocidade foi diminuindo à medida que o tempo foi aumentando. Podemos concluir dessa análise que se trata de duas grandezas inversamente proporcionais, ou seja, a medida que o tempo aumenta a energia cinética diminui, o oposto também é verdadeiro.

O gráfico da figura 2 nos mostra a energia do carrinho no decorrer do circuito estabelecido pela tabela 3.

Figura 2: Consumo de Energia Durante a Realização do Circuito - Tabela 3: Energia Cinética - Figura 2



O gráfico da figura 2 nos mostra que a velocidade diminui devido à perda de energia. O processo de perda de energia ocorre à medida que o tempo vai aumentando. Isso implica que a energia cinética não é constante. A tabela 3 nos mostra que a medida que a distância aumenta o carrinho perde velocidade e, isso ocorre, devido o consumo de energia requerido pelo sistema para que o carrinho perfaça o circuito de 9,2m como demonstrado no gráfico.

Demonstração parcial dos cálculos para a obtenção dos resultados contidos na tabela 1. Os dados estão relacionados ao experimento de medições de instrumentos submetidos a tratamentos matemáticos.

- Velocidade média

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$v_m = \frac{150 - 0}{2,34720 - 2,34720}$$

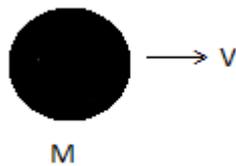
$$v_m = 0,06390$$

- Energia Cinética

Nota¹

A energia cinética é uma grandeza escalar, medida em Joule (J). Por sua vez, ela pode ser chamada também de energia de movimento ou atual de um corpo. Essa energia não pode ser armazenada.

Fisicamente temos que:



$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Essa fórmula será usada para analisar a energia cinética do carrinho de acordo com a tabela 3.

TABELA 4: Informações do carrinho usado no experimento

Carrinho	
Massa Media (g)	207,5

Fonte: Experimento realizado no laboratório do IFPR.

- Energia Cinética

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_c = \frac{207,5 \times 0,06390^2}{2}$$

$$E_c = 4,23710 \times 10^{-4} \text{ Joule}$$

Conclusão

Contudo, a experiência consistiu em fazer dois experimentos diferentes. No primeiro experimento, a velocidade cinemática do carrinho não apresentou um movimento retilíneo e uniforme, a causa pode ter sido devido a um erro sistemático, das medições do tempo, na qual o experimentador sem muita habilidade não conseguiu realizar as medições diretas perfeitamente. No entanto, percebe-se que a oscilação não foi muito grande, entre o maior, 0,439m/s, e o menor, 0,404m/s, ponto da velocidade, cuja a média ficou em 0,416m/s, o erro encontrado foi de $9,425 \times 10^{-3}$. Assim, é possível que esse erro tenha ocorrido no momento de acionamento do interruptor. Como a aceleração é nula, entendemos que o carrinho desenvolveu uma velocidade muito próxima de um MRU, como pode-se observar na figura 1.

No segundo experimento, podemos entender que o carrinho levou 44,41702 segundos para percorrer 9,2m de forma ininterrupta. Notamos que existe duas grandezas inversamente proporcionais envolvendo esse experimento, dessa forma foi entendido que a medida que o tempo aumenta a energia cinética diminui, ou seja, o processo de perda de energia ocorre à medida que o tempo vai aumentando.

Referência bibliográfica

Young, H. D. **Física I**. Young e Freedman. 12 ed. São Paulo, 2008. p. 01, 35-37.

Halliday, D. **Fundamentos de física**. Volume I: mecânica. 8 ed. Rio de Janeiro, 2008. p.15-16

Juraitis, K. R. **Introdução ao Laboratório de física experimental**: método de obtenção, registro e análise de dados experimentais. Londrina EDUEL, 2009.

Piacentini, J. J., et al. **Introdução ao Laboratório de Física**. 5. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2013.