

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO

UNIFORMLY ACCELERATED LINEAR MOTION: A PROPOSAL FOR LOW-COST EXPERIMENT

Angelo Donizete Ribeiro, angelodonizeteribeiro@yahoo.com.br

Júlia Graciele Ortiz Techio; Sonia Maria Reviliau

Vivian Machado de Menezes

Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Laranjeiras do Sul, PR

Submetido em 01/07/2016

Revisado em 10/07/2016

Aprovado em 15/10/2016

Resumo: A física é uma disciplina que nos fornece a compreensão de muitos fenômenos da natureza e do nosso dia a dia. Fazer a analogia entre o conhecimento adquirido em aula e aplicações práticas é um desafio no ensino de física, e a experimentação representa um instrumento facilitador no processo de ensino-aprendizagem. No estudo da cinemática, experimentos com baixo atrito ou com atrito praticamente invariável são desejáveis para a reprodução de fenômenos onde o movimento apresenta uma aceleração constante. Propomos aqui um experimento de baixo custo para a investigação de movimento retilíneo uniformemente acelerado onde o atrito não modifica o valor da aceleração, utilizando um arame e uma miçanga.

Palavras chave: atividades experimentais; ensino de Física; materiais de baixo custo; movimento retilíneo uniformemente acelerado.

Abstract: Physics is a discipline that gives us the understanding of many phenomena of nature and of our daily lives. Making analogy between the knowledge acquired in class and practical applications is a challenge in physics teaching, and the experimentation is a facilitator in the learning process. In kinematics study, low friction experiments or almost invariable friction are desirable for reproduction of phenomena where the movement has a constant acceleration. We propose here a low-cost experiment to investigate a uniformly accelerated linear motion in which friction does not change the value of acceleration using a wire and a beads.

Keywords: experimental activities; Physics teaching; low cost materials; uniformly accelerated linear motion

Introdução

Quando se pensa no ensino de física, talvez a primeira ideia que vem à mente de muitos estudantes é a proximidade desta com a matemática e seu intenso formulismo. As aulas de física estão abarrotadas de funções, equações, gráficos e outros elementos matemáticos, de modo que não há dúvidas que a matemática é uma importante ferramenta da física (CARVALHO, 2011). Mas esta última não se resume apenas a equações e leis, sendo uma disciplina que pode nos fornecer o entendimento de muitos fenômenos do nosso cotidiano e da natureza (RICARDO e FREIRE, 2007).

Pensar na física atual como resolução de problemas e exercícios faz com que muitos estudantes ofereçam certa resistência quanto ao ensino da disciplina, e muitos se demonstram desinteressados e desestimulados, refletindo em um alto índice de evasão escolar e repetência (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007). Isto tem sido fator de preocupação de muitos docentes, que têm procurado encontrar alternativas para o ensino da física, como, por exemplo, abordando conceitos físicos de uma forma experimental clara, simplificada e específica (VALADARES, 2001a).

A experimentação é uma poderosa ferramenta para adquirir e testar conhecimentos, comprovar previsões e discutir formulações teóricas. Mas para esta ação se concretizar são necessários recursos e preparo dos docentes. Sabemos que nem sempre é esta a realidade das escolas brasileiras, então é feita a proposta de contornar o problema da falta dos recursos financeiros necessários para a implementação de um laboratório didático, através da elaboração de experimentos com materiais de baixo custo (GIORDAN, 1999; VALADARES, 2001b).

O desenvolvimento de aparelhos experimentais baseados em materiais de baixo custo aliado ao estudo teórico e matemático possibilita uma abordagem mais completa do ensino da física. Aliar a teoria à prática da física cotidiana pode ajudar a despertar o interesse do aluno pela física, que é uma área do conhecimento bastante mistificada, bem como facilitar o processo de ensino-aprendizagem (AXT e MOREIRA, 1991; PIMENTEL et al. 1989).

Dentre os diversos assuntos abordados em física, tanto no ensino médio quanto no ensino superior, geralmente inicia-se pela mecânica, através do estudo do movimento retilíneo dos corpos, a cinemática. Na maioria dos experimentos de mecânica é desejável a eliminação das forças de atrito (ou que estas forças de atrito sejam, pelo menos, constantes), para que se tenha um comportamento experimental mais próximo da idealização teórica. Roteiros de experimentos didáticos frequentemente propõem a utilização de trilhos de ar para reduzir o atrito entre o objeto móvel e a superfície onde este móvel irá deslizar, mas poucas escolas têm acesso a aparelhos deste tipo (PIMENTEL et al. 1989; NEHER e LEIGHTON, 1963). Propomos aqui um roteiro para a realização de movimento retilíneo uniformemente acelerado, onde o atrito não interfere no valor constante da aceleração, o que seria uma alternativa à utilização do trilho de ar com plano inclinado para a reprodução deste tipo de movimento.

O Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado

O movimento de um automóvel, de uma bicicleta ou até mesmo o deslocamento de uma pessoa caminhando, dificilmente será desenvolvido em velocidade constante por um longo intervalo de tempo. É muito provável que ocorram variações no valor da velocidade, que aumenta ou diminui dependendo das condições momentâneas do movimento. O movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) é aquele no qual o móvel sofre variações iguais de velocidade em intervalos de tempo iguais e a aceleração mede a rapidez com que o móvel altera o valor de sua velocidade, aumentando-o ou diminuindo-o. Sendo, no MRUV, a aceleração escalar instantânea igual à aceleração escalar média, esta pode ser calculada através da equação 1, onde a aceleração é o quociente da variação de velocidade (Δv) pelo intervalo de tempo correspondente (Δt).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}, \quad \text{Equação 1}$$

onde v é a velocidade da partícula num dado tempo t , e v_0 é a velocidade inicial da partícula, para o tempo t_0 .

Neste tipo de movimento, o gráfico da aceleração x tempo é uma reta horizontal, o que indica que a aceleração do corpo é constante ao longo do tempo. A área sob a curva desse gráfico representa a variação da velocidade.

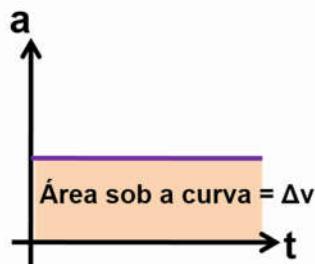


Figura 1 – A área sob a curva do gráfico da aceleração x tempo no MRUV representa a variação da velocidade.

Considerando-se o tempo inicial t_0 sendo 0, e isolando o termo da velocidade, podemos deduzir a equação horária da velocidade, que é dada através da função de primeiro grau:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \text{Equação 2}$$

O gráfico obtido para a função linear da velocidade em função do tempo é uma linha reta que reflete sempre o mesmo aumento da velocidade do corpo a cada segundo que passa. A aceleração é por isso constante. A área desse gráfico representa o deslocamento, a inclinação da reta indica a aceleração.

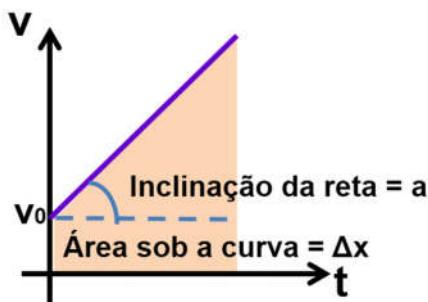


Figura 2 – No gráfico da velocidade x tempo no MRUV, a área sob a reta representa o deslocamento e a inclinação da reta indica a aceleração.

Fazendo a área de um trapézio sob a curva da Figura 2, temos:

$$\text{Área sob a curva} = \text{Área triângulo} + \text{Área retângulo} = \frac{\text{base} \times \text{altura}}{2} + \text{base} \times \text{altura}$$

$$\text{Área sob a curva} = \frac{t \times (v - v_0)}{2} + t \times v = \frac{t \times (at)}{2} + t \times v_0 = \frac{at^2}{2} + v_0 t$$

$$\Delta x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

ou

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad \text{Equação 3}$$

Considerando-se que a velocidade varia com o passar do tempo, consequentemente a distância percorrida em um mesmo intervalo de tempo também varia, como mostra o gráfico da Figura 3:

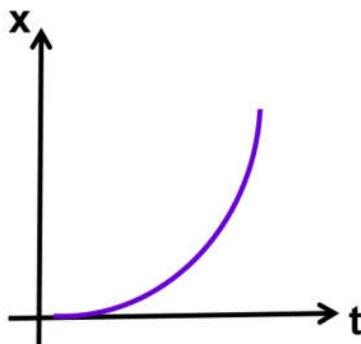


Figura 3 – Gráfico do deslocamento x tempo no MRUV.

Para o gráfico da posição x tempo, a curva obtida não é uma reta e sim uma parábola, indicando que para intervalos de tempo iguais, o corpo percorre distâncias diferentes, variando com uma função temporal quadrática (equação de segundo grau) (JEWETT e SERWAY, 2012; MARTINI et al., 2013; SAMPAIO e CALÇADA, 2005; TORRES et al., 2013).

Materiais e Métodos

No experimento estudado, como uma boa aproximação, tratamos o corpo em movimento como partícula.

Foram utilizados os seguintes materiais para a montagem do

experimento:

1. Arame liso com comprimento maior que 3,0 m;
2. Miçanga de vidro;
3. Cronômetro;
4. Trena;
5. Caneta Hidrográfica.

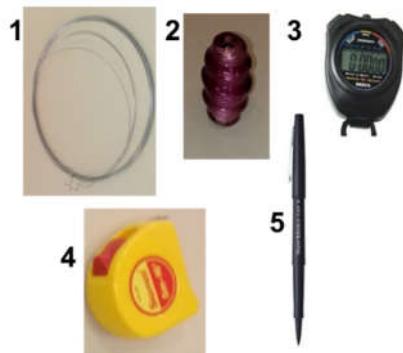


Figura 4 - Materiais utilizados no experimento de MRUV.

Primeiramente, o arame teve um extremidade presa em uma estrutura fixa na parede. A miçanga foi colocada no arame. A outra extremidade do arame foi amarrada em uma parte mais baixa deixando o arame bem esticado. Esta inclinação serviu para que a miçanga pudesse deslizar. Foram feitas marcações no arame com a caneta hidrográfica e a trena a cada 50 cm. A figura 5 ilustra a montagem do experimento.



Figura 5 – Montagem do experimento de MRUV.

Após a montagem do experimento, para a obtenção dos dados experimentais, a miçanga foi posicionada na posição inicial. A miçanga foi solta até a posição de 50 cm, tendo seu tempo de percurso cronometrado dez vezes. Em seguida, a miçanga foi solta da posição inicial até a posição 100 cm, marcando seu tempo de percurso dez vezes. Novamente a miçanga foi solta da posição inicial até a posição 150; 200; 250 e 300 cm, cronometrando seus tempos de percurso dez vezes para todas as distâncias estudadas. Foram tomadas dez medidas para se reduzir os desvios experimentais.

Resultados

Os resultados dos tempos cronometrados para a passagem da missanga nas diferentes marcações feitas no arame estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Medidas de tempo observadas em diferentes posições.

| Posição (cm) | 50,00 | 100,00 | 150,00 | 200,00 | 250,00 | 300,00 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tempo 1 (s) | 1,10 | 1,40 | 1,60 | 1,98 | 2,15 | 2,44 |
| Tempo 2 (s) | 1,00 | 1,40 | 1,72 | 2,06 | 2,44 | 2,53 |
| Tempo 3 (s) | 1,09 | 1,47 | 1,79 | 2,03 | 2,30 | 2,50 |
| Tempo 4 (s) | 1,08 | 1,50 | 1,72 | 2,03 | 2,19 | 2,42 |
| Tempo 5 (s) | 0,90 | 1,42 | 1,80 | 2,06 | 2,25 | 2,53 |
| Tempo 6 (s) | 0,94 | 1,46 | 1,72 | 2,06 | 2,22 | 2,53 |
| Tempo 7 (s) | 0,91 | 1,44 | 1,78 | 2,10 | 2,15 | 2,42 |
| Tempo 8 (s) | 1,00 | 1,47 | 1,73 | 2,06 | 2,17 | 2,50 |
| Tempo 9 (s) | 1,03 | 1,38 | 1,72 | 2,09 | 2,25 | 2,45 |
| Tempo 10 (s) | 1,00 | 1,38 | 1,72 | 2,06 | 2,20 | 2,43 |
| Tempo médio (s) | 1,01 | 1,43 | 1,73 | 2,05 | 2,23 | 2,48 |

O tempo médio foi obtido através da média aritmética simples das dez medidas de tempo para cada posição. Tomando-se o tempo médio para as respectivas posições da miçanga no arame, a aceleração foi calculada através da equação 3, onde $v_0 = 0$, $x_0 = 0$:

$$a = \frac{2x}{t^2} .$$

Com os valores de aceleração encontrados, a velocidade foi determinada através da equação 2,

$$v = at .$$

As medidas expressas corretamente são mostradas na tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Valores médios das medidas do experimento de MRUV.

| | | | | | | |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Posição x (cm) | 50,00 | 100,00 | 150,00 | 200,00 | 250,00 | 300,00 |
| Tempo t (s) | 1,01 | 1,43 | 1,73 | 2,05 | 2,23 | 2,48 |
| Aceleração a (cm/s²) | 98,03 | 97,80 | 100,24 | 95,18 | 100,54 | 97,55 |
| Velocidade v (cm/s) | 99,01 | 139,86 | 173,41 | 195,12 | 224,22 | 241,94 |

Observando-se os resultados obtidos e levando-se em conta uma margem de erro das medidas experimentais, a aceleração pode ser considerada como tendo um valor constante, o que caracteriza um movimento uniformemente variado. O valor médio da aceleração, obtido através da média aritmética resulta em 98,22 cm/s². A figura a seguir ilustra a aceleração em função do tempo, onde podemos ver que, como descrito nos fundamentos teóricos, no MRUV, o módulo da aceleração é constante e o gráfico forma uma reta paralela ao eixo do tempo.

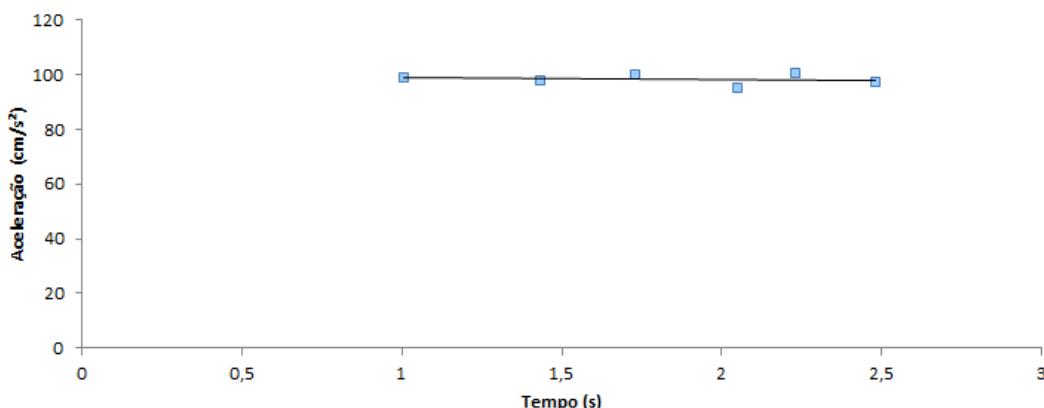


Figura 6 – Gráfico de aceleração x tempo para o experimento de MRUV.

Os gráficos obtidos para velocidade e posição em função do tempo são apresentados a seguir (figuras 7 e 8, respectivamente):

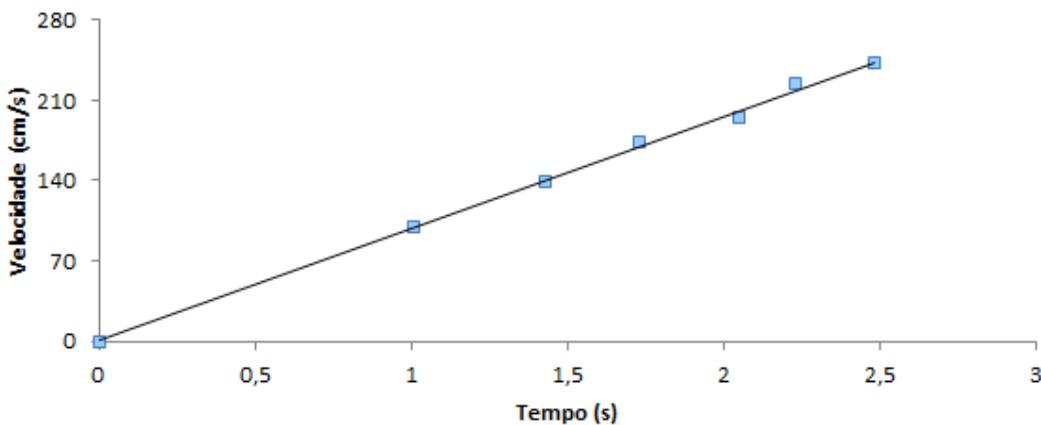


Figura 7 – Gráfico de velocidade x tempo para o experimento de MRUV.

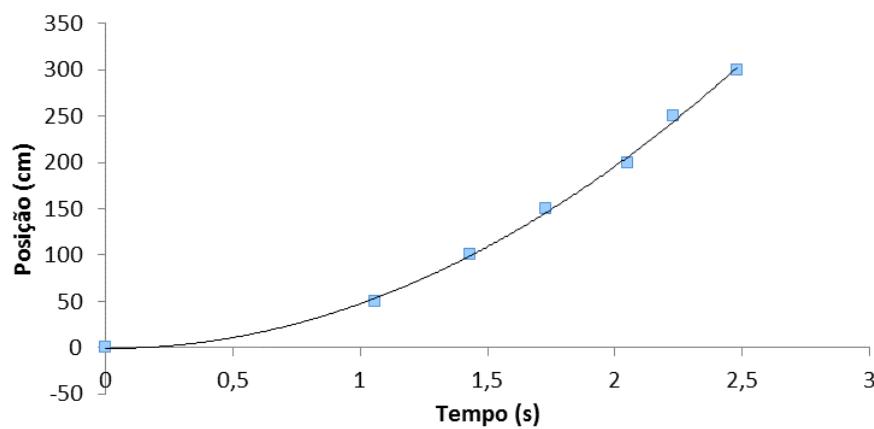


Figura 8 – Gráfico de posição x tempo para o experimento de MRUV.

Num gráfico de velocidade x tempo para o MRUV, o coeficiente angular da reta nos fornece o valor da aceleração, onde, no caso da figura 7, foi obtido o valor de 98,02 cm/s² para esta grandeza. Tomando-se $v_0 = 0$, $x_0 = 0$ e o valor da aceleração obtido pela inclinação da reta do gráfico da velocidade, obtemos as equações horárias da velocidade e da posição (com base nas equações 2 e 3):

$$v(t) = 9802 \cdot t$$

$$x(t) = \frac{98,02 \cdot t^2}{2}$$

onde v é dado em cm/s e x é dado em cm.

Conclusão

A partir da realização deste experimento foi possível visualizar o conceito de Movimento Retilíneo Uniformemente Variado. Os valores obtidos experimentalmente possibilitaram o cálculo da velocidade e da aceleração da miçanga ao deslizar pelo arame e a construção de gráficos que ilustram o movimento desta partícula durante sua trajetória.

Nesse experimento, a força que atua sobre a partícula na direção do movimento (componente da força gravitacional) faz com que o corpo deslize pelo arame com aceleração constante, onde a força de atrito entre a miçanga e o arame não altera a constância dos valores de aceleração. Foi encontrado o valor médio para aceleração de $98,22 \text{ cm/s}^2$ através das equações para o movimento acelerado, e o valor de $98,02 \text{ cm/s}^2$ obtido através do gráfico, que são considerados valores bastante próximos, considerando os possíveis erros de medidas experimentais.

Apesar de utilizar materiais de baixo custo e ser de fácil montagem, o experimento proposto possibilita as condições necessárias para demonstrar na prática o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFFS pelo auxílio financeiro com bolsa de iniciação científica PRO-ICT/UFFS aprovada no Edital n.º 281/UFFS/2015.

Referências

- AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**, v. 13, p. 97-103, 1991.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- GIORDAN, M. O papel da Experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.
- JEWETT JR., J. W.; SERWAY, R. A. **Física para cientistas e engenheiros – Mecânica**. 8 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 1.

- MARTINI, G. et al. **Conexões com a Física**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013. v. 1.
- NEHER, H. V.; LEIGHTON, R. B. Linear Air Trough. **American Journal of Physics**, v. 31, n.4, p. 255-262, 1963.
- PIMENTEL, J. R.; ZUMPANO, V. H; YAGINUMA, L. T. Trilho de ar – uma proposta de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**, v. 11, p. 15-23, 1989.
- RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.
- SAMPAIO J. L.; CALÇADA C. S. **Universo da física 1 – Mecânica**. 2. Ed. São Paulo: Atual, 2005. v. 1.
- TORRES, C. M. A. et al. **Física: Ciência e Tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013. v. 1.
- VALADARES, E. C. Proposta de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. **Química Nova na Escola**, n. 13, p. 38-40, 2001a.
- VALADARES, E. C. Novas Estratégias de Divulgação Científica e de Revitalização do Ensino de Ciências nas Escolas. **Física na Escola**, v. 2, n. 2, p. 10-13, 2001b.