

CINEMÁTICA UTILIZANDO UM COLCHÃO DE AR

Resumo muito ruim; não é um resumo.

Daniel Pereira Nunes¹ e Lucas Sala Alves²

Objetivo deve ser apresentado no final da introdução; aqui diga apenas o que foi feito e quais os resultados relevantes.

O objetivo deste artigo é estudar experimentalmente a cinemática com a utilização de um colchão de ar, isto é, será observado a cinemática em um plano linear e plano inclinado, ambos praticamente sem atrito, mediante a uma série de experimentos. A partir disso, faz-se as seguintes relações: um plano sem inclinação com o MRU e um plano inclinado com o MRUV. Portanto, constatou-se que os resultados obtidos experimentalmente conferem com os valores teóricos dentro de uma incerteza, que é ocasionada por fatores que afetam as medidas, tal como a precisão dos instrumentos utilizados.

O plano inclinado também é linear.

"Uma série de experimentos" é muito impreciso; diga quais ou não diga nada.

Apreciação dos instrumentos foram consideradas; sendo assim não é um problema para o experimento, nem para experimento algum.

Uma vez que considera-se as incertezas adequadamente, então o experimento está correto e os resultados são confiáveis.

Palavras-chaves: MRU, MRUV, Cinemática, Colchão de ar.

The objective of this article is to experimentally study kinematics using an air cushion, that is, to observe kinematics in a linear plane and in an inclined plane, both with practically no friction, by means of a series of experiments. From this, the following relationships are made: a plane without inclination with rectilinear uniform motion and an inclined plane with uniformly rectilinear varied motion. Therefore, it was found that the results obtained experimentally agree with the theoretical values within an uncertainty, which is caused by factors that affect the measurements, such as the accuracy of the instruments used.

Keywords: Motion, Uniformly motion, Kinematics, Air Mattress.

¹ Graduando em Engenharia da Computação pelo CEUNES - UFES. daniel.p.nunes@edu.ufes.br

² Graduando em Engenharia da Computação pelo CEUNES - UFES. lucas.alves.30@edu.ufes.br

1. Introdução

Início redundante.

A cinemática é um dos fatores mais estudados no ramo da física no que concerne ao movimento. É responsável por observar o comportamento de uma partícula, sendo a posição, velocidade e aceleração, entretanto a cinemática desconsidera saber a causa do evento. Neste caso, o artigo tratará essencialmente do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) aplicados em um colchão de ar.

1.1 Movimento Retilíneo Uniforme

O Movimento Uniforme é dado pelo deslocamento de uma determinada partícula com velocidade constante e aceleração nula, cuja fórmula é dada por:

$$S = S_0 + v \cdot t \quad (1)$$

Onde S é a posição final (m), S_0 é posição inicial (m), v é a velocidade (m/s) e t é o tempo (s). Existem dois tipos de Movimento, Progressivo e Regressivo, no Movimento Progressivo a velocidade é positiva, já no Movimento Regressivo a velocidade é negativa.

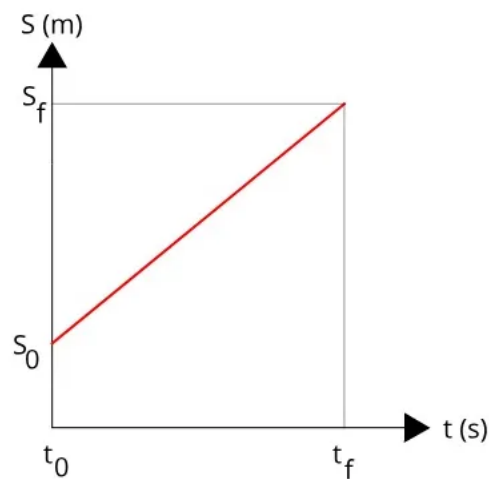


Gráfico 1 - Movimento Progressivo

Neste caso, $v > 0$.

Retirado em: <<https://static.mundoeducacao.uol.com.br>>

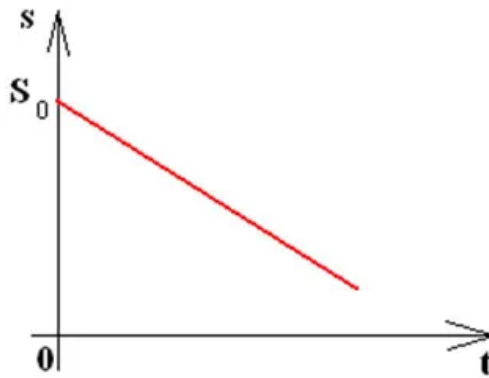


Gráfico 2 - Movimento Regressivo

Neste caso, $v < 0$.

Retirado em: <<https://www.preparaenem.com>>

1.2 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

No MRUV é caracterizado pela proporção da variação da velocidade pelo tempo, se diferencia do MRU pela presença de uma aceleração constante, portanto a aceleração média pode ser descrita entre a razão da variação da velocidade pela variação do tempo, logo:

$$a_x = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

Enfim, o Movimento Retilíneo Uniforme Variado é dita pela expressão:

$$S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (3)$$

Onde S é a posição final (m), S_0 é posição inicial (m), v_0 é a velocidade inicial (m/s), a_x é a aceleração média (m/s^2) e o t é o tempo (s). A MRUV pode apresentar Movimento Acelerado e Movimento Retardado, sendo que, num movimento acelerado o sinal da aceleração e da velocidade são iguais e o módulo da velocidade aumenta em função do tempo, ao contrário, num movimento retardado o sinal da aceleração e da velocidade são diferentes e o módulo da velocidade diminui em função do tempo.

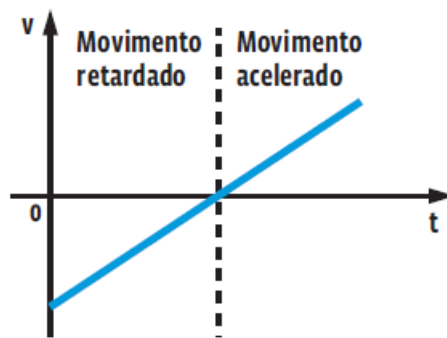


Gráfico 3 - Velocidade em função do tempo.

Neste caso, $a > 0$.

Retirado em: <<https://guiadoestudante.abril.com.br/>>

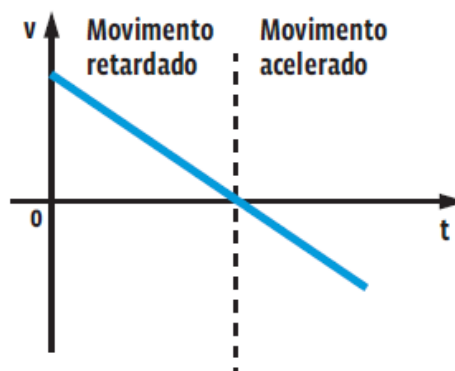


Gráfico 4 - Velocidade em função do tempo.

Neste caso, $a < 0$.

Retirado em: <<https://guiadoestudante.abril.com.br/>>

1.2.1 Equação de Torricelli

Reorganizando a expressão em função da velocidade é apresentado a equação de Torricelli que serve para calcular a velocidade em um movimento com aceleração constante independente do tempo, isto é:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S \quad (4)$$

Onde v é a velocidade final (m/s), v_0 é a velocidade inicial (m/s), a é a aceleração média (m/s^2) e o ΔS é o deslocamento (m).

2. Metodologia

A didática em laboratório é essencial para relacionar fatores macroscópicos em Estas três primeiras linhas não disseram nada relevante e não tem conexão com metodologia. aspectos menores, despertando o interesse de diversas formas de aplicações de cada

experimento. Neste estudo em específico, foram utilizados: rampa inclinável com fluxo de ar, carro com pinos para acoplamento de massas, sensores fotoelétricos para acionamento e/ ou desligamento do cronômetro digital microcontrolados, computador para aquisição de dados digitais, um compressor de ar e um disparador eletromagnético.



Figura 1. Instrumento utilizado em laboratório.

O acionamento da unidade geradora de fluxo de ar gera uma camada de ar, através de pequenos orifícios dispostos regularmente sobre o trilho, entre a rampa e o carro, eliminando quase que completamente o atrito do sistema rampa/carro. Cria-se, desta forma, um sistema adequado para estudo de movimentos quase sem atrito ($\equiv$ sem atrito).

No estudo de movimentos retilíneos analisam-se deslocamentos ($\equiv \Delta S$) em função do tempo ($\equiv \Delta t$). Portanto, todas as análises baseiam-se em medidas de distâncias percorridas e tempos gastos para percorrê-las.

Visando maior precisão nas medidas de espaços e tempos, são utilizados dois sensores fotoelétricos em diferentes posições a serem escolhidas ~~de acordo com o interesse do estudante e/ou orientação do professor~~. Os sensores são controlados por um software capaz de acionar e desligar um cronômetro nas posições pré-definidas.

3. Experimento

Inicialmente, para obter o ~~desvio padrão~~ foram feitas dez medidas com qualquer posição no trilho do ar, mas com intervalo definido. Então:

Quadro 1 - Medidas de tempo para determinação do desvio padrão

t	Δt (s)	$(\Delta t)^2$ (s ²)
t ₁	1,875	3,516
t ₂	1,889	3,568
t ₃	1,886	3,556
t ₄	1,841	3,389
t ₅	1,873	3,508
t ₆	1,876	3,519
t ₇	1,936	3,748
t ₈	1,901	3,614
t ₉	1,927	3,713
t ₁₀	1,919	3,682
Média	1,892	3,581

Fonte: Elaborado pelos autores

O desvio padrão é dada pela equação:

$$\sigma = \sqrt{(\bar{x}^2) - (\bar{x})^2}$$

Portanto, sabendo que:

$$(\bar{x}) = 1,892 \quad \text{e} \quad (\bar{x}^2) = 3,581$$

Logo,

$$\sigma_t = \sqrt{x^2 - \bar{x}^2} \quad \sigma_t = \sqrt{3,581 - (1,892)^2} \quad \sigma_t = 0,03 \text{ s}$$

Esse desvio padrão será utilizado no decorrer de todos os experimentos posteriores. Sendo assim, medindo o MRU com intervalo de 100mm à 700mm no trilho:

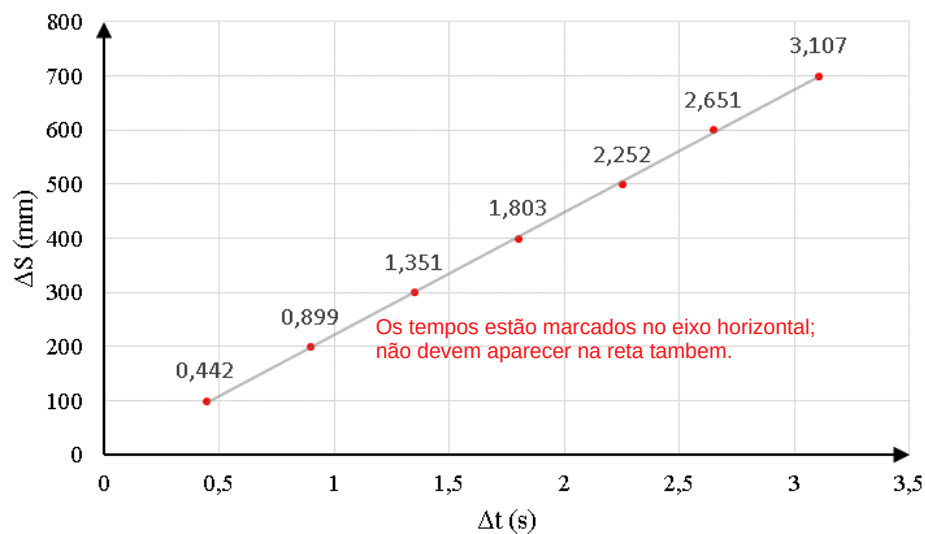
Quadro 2 - Medidas de deslocamento e tempo do carrinho em MRU

S (mm)	ΔS (mm)	Δt (s)	σ_t (s)
100	± 3	0,442	0,03
200	± 3	0,899	0,03
300	± 3	1,351	0,03
400	± 3	1,803	0,03
500	± 3	2,252	0,03
600	± 3	2,651	0,03
700	± 3	3,107	0,03

Fonte: Elaborado pelos autores

Por consequência,

Gráfico 6 - Movimento MRU



Fonte: Elaborado pelos autores

Se utilizaram um programa; no caso Excel, devem ajustar no programa para obter as incertezas.

A velocidade do carrinho pode ser determinada através do coeficiente angular do gráfico 6. Esses cálculos manuais seriam realizados com gráficos em papéis milimetrados.

Dada a equação do coeficiente angular $m = \frac{y-y_0}{x-x_0}$; $m = v$. Utilizando os pontos de $y = 700$ e $y_0 = 100$. Obtém-se $v = 225,14$ mm/s ou 0,225 m/s.

e a incerteza?

No Movimento Retilíneo Uniformemente Variado há a presença de uma aceleração, por causa disso, o gráfico diferencia do anterior, posto uma angulação diferente, por consequência desses fatores, o tempo percorrido será menor. Além disso, o sensor iniciador do cronômetro foi posicionado o mais perto possível da “antena” do carrinho para fazer sua velocidade inicial tender a zero, então:

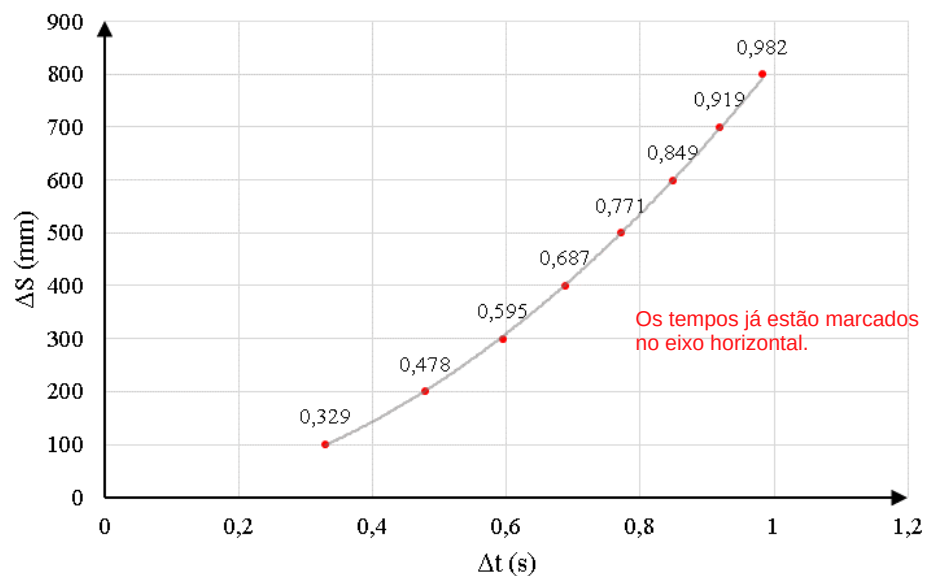
Quadro 3 - Medidas de deslocamento e tempo do carrinho em MRUV

S (mm)	ΔS (mm)	Δt (s)	σ_t (s)	θ	$\Delta\theta$
100	± 3	0,329	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
200	± 3	0,478	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
300	± 3	0,595	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
400	± 3	0,687	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
500	± 3	0,771	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
600	± 3	0,849	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
700	± 3	0,919	0,03	10°	$\pm 1^\circ$
800	± 3	0,982	0,03	10°	$\pm 1^\circ$

Fonte: Elaborado pelos autores

Desse modo,

Gráfico 7 - Movimento MRUV

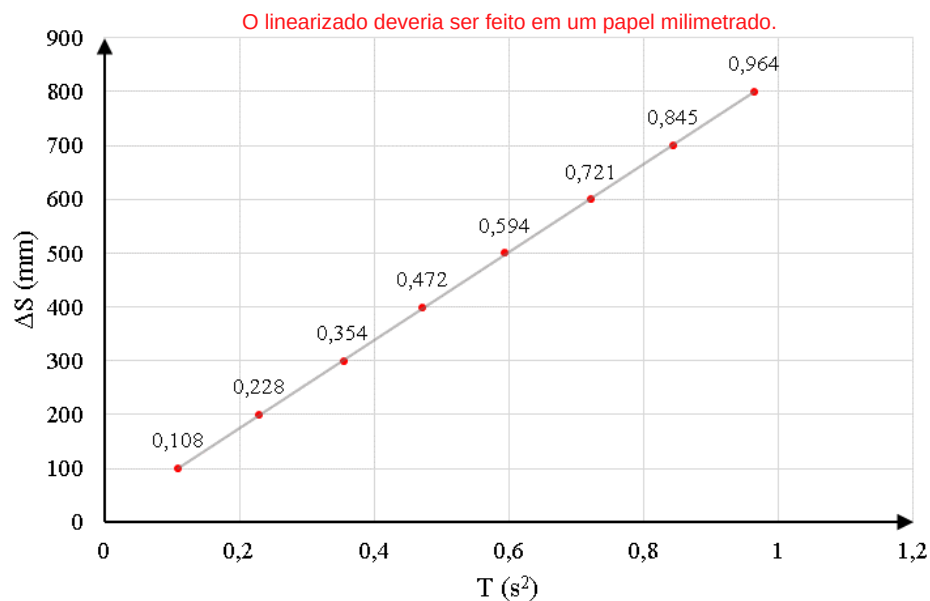


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para linearizar o gráfico MRUV, além das medidas do quadro 3 serem realizadas com uma velocidade inicial do carrinho de quase zero. Substitui-se o termo quadrático t^2 da equação (3) por um T , que possui ordem 1. Deste modo, a equação (3) e o gráfico ficam da seguinte forma:

$$S = \frac{a_x T}{2} \quad (5)$$

Gráfico 7 - Movimento MRUV Linearizado



Fonte: Elaborado pelos autores

Como foi aplicado um ângulo de inclinação no trilho, a aceleração em x sobre o carrinho é provocada pela aceleração da gravidade. O diagrama de forças do plano inclinado é demonstrado assim:

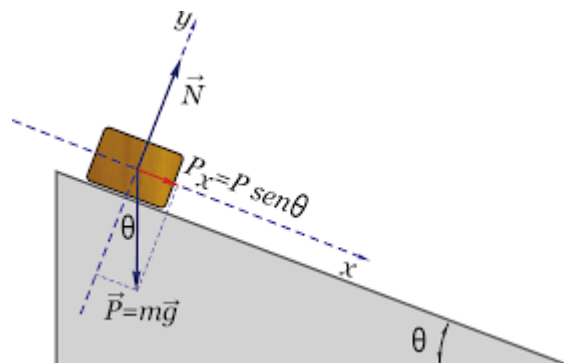


Diagrama 1 - Aceleração em MRUV

<https://ufjf.br/carlos_lima/files/2019/01/pratica6.pdf>

Considerando $P_x = a_x$, a aceleração média é dada pela projeção da gravidade no sentido do movimento sobre o trilho de ar, então substituindo na equação (5), obtém-se:

$$S = \frac{g \sin(\theta)}{2} \cdot T$$

Desse modo, pode-se determinar a aceleração da gravidade experimentalmente. Basta substituir os valores de S e T presentes no gráfico 7 e o ângulo de inclinação θ (quadro 3). Para um resultado mais preciso, foi feita a média aritmética dos valores de g.

Quadro 3 - Medidas de deslocamento e tempo do carrinho em MRUV

Não era para tirar média; era para obter de duas formas 1) Pelo ajuste do programa Excel.
2) Manualmente pelo coeficiente da reta linearizada.

S (mm)	T (s)	θ	g (mm/s ²)	g (m/s ²)
100	0,329	10°	10640	10,64
200	0,478	10°	10082	10,08
300	0,595	10°	9760	9,76
400	0,687	10°	9761	9,76
500	0,771	10°	9687	9,69
600	0,849	10°	9587	9,59
700	0,919	10°	9546	9,55
800	0,982	10°	9555	9,55
Média:			9827	9,83

Fonte: Elaborado pelos autores

O valor da aceleração da gravidade, encontrado experimentalmente, foi de 9827 mm/s ou 9,83 m/s. Tal número se aproxima muito, com uma diferença de décimos de m/s, do valor encontrado na literatura.

Considerações Finais

Conclui-se que, as verificações em laboratório se fazem reais aos valores que seriam calculados normalmente, dentro de uma incerteza. No entanto, as diferenças entre o MRU e o MRUV se refletem diretamente no tempo em que o objeto leva até chegar na sua posição final, isso se faz real, em consequência de uma variação no ângulo, o movimento apresentará uma aceleração.

Referências

[1] YOUNG, D.; FREEDMAN, R. A. **Física 1: Mecânica**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008.