

Rolando Axt
Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre – RS

I. Introdução

O estudo experimental da cinemática nas escolas do ensino médio esbarra sempre na dificuldade de se obter medidas de tempo confiáveis e reprodutíveis.

Apresentamos aqui um dispositivo experimental relativamente simples e que permite obter facilmente uma boa coleção de dados para o movimento retilíneo uniformemente acelerado. Caso o professor encontre dificuldades de reproduzir esse material na sua cidade, sugerimos procurar uma alternativa local. Por exemplo, o trilho, (Fig. 1) pode ser feito, ao menos parcialmente, de madeira (consulte um bom marceneiro) ou de um perfil de ferro (consulte um serralheiro). Fundamental é que seja reto. O volante (Fig. 2) pode ser feito de um rolamento usado¹, não necessariamente de massa e dimensões iguais as do aqui sugerido (mas lembre-se que alterações no produto MR_I^2 afetam as velocidades de translação e de rotação do volante). Um torneiro mecânico pode adaptar o eixo cônico ao orifício central do rolamento. Este orifício é preenchido com um miolo de madeira dura ou de PVC. O eixo é inserido no centro desse miolo. A conicidade do eixo é importante para impedir que o volante se desvie lateralmente sobre o trilho. Sendo $r_2 > r_1$, um leve desvio da rota sobre o trilho é logo compensado por um desvio em sentido contrário, isto é, o volante autocorriga a sua rota, mantendo-se em movimento retilíneo. A relação $R_I \gg r_I$ favorece a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética de rotação. Com isto, o movimento de translação, que nos interessa analisar aqui, é lento o suficiente para se poder medir o tempo sem grande margem de erro.

¹ A idéia de adaptar um rolamento é do Prof. Santos Diez, de Passo Fundo. Um rolamento de tipo 6203 Z, por exemplo, resulta em um volante de dimensões e desempenho similares aos do protótipo.

II. Material

- Um trilho: perfil de alumínio em forma de U, de 170 cm de comprimento (Fig. 1). Pode ser adquirido, em barras de 6m, em firmas especializadas em perfilados de alumínio. Consulte “alumínio” nas páginas amarelas da lista telefônica.

- Um trilho auxiliar: segmento de 30 cm do mesmo material.

- Um volante: $M \cong 0,1$ kg, torneado em ferro (Fig. 2). Pode ser confeccionado por um torneiro mecânico da sua cidade.

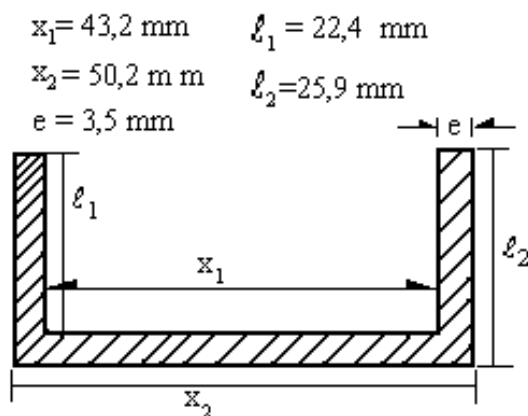


Fig. 1

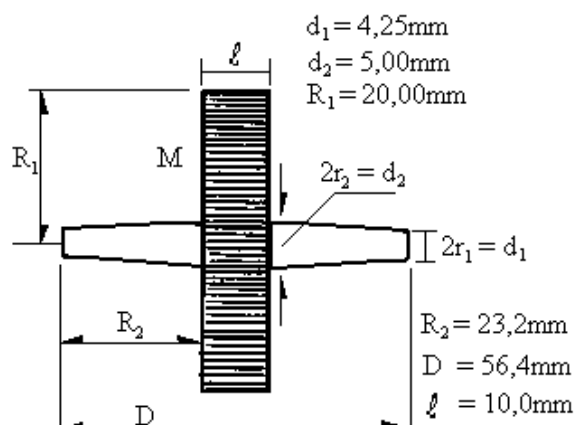


Fig. 2

III. Posição e velocidade média

Inclina-se o trilho de tal modo que o volante percorra 160 cm em 20 s, a conter da extremidade superior do trilho. Apara-se o volante com um calço ou com “clips” presos na extremidade inferior do trilho (Fig. 3).

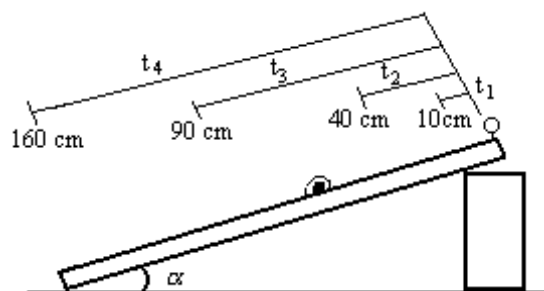


Fig. 3

Fixa-se a origem do movimento na extremidade superior do trilho ($X_0 = 0$); marca-se com giz as posições $X_1 = 10 \text{ cm}$, $X_2 = 40 \text{ cm}$, $X_3 = 90 \text{ cm}$ e $X_4 = 160 \text{ cm}$. Larga-se, cada vez, o volante da posição $X_0 = 0$. Mede-se várias vezes o tempo que ele leva para atingir cada uma dessas posições. A tabela, com dados típicos, já registra os tempos médios (arredondados para facilitar a compreensão do texto).

X em cm	t em s	$X/t^2 = C$ em cm/s^2	$\bar{v} = X/t$ em cm/s	v em cm/s	$a = v/t$ em cm/s^2
0	0	0	0	0	0
10	4,9	0,41	2,04	3,9	0,79
40	10	0,40	4,00	8,1	0,81
90	15,1	0,39	5,96	12,0	0,79
160	20	0,40	8,00	16,1	0,81

Com os dados existentes até a quarta coluna da tabela pode-se construir os gráficos 1, 2 e 3. Do gráfico 2 obtém-se facilmente uma relação matemática:

$$\frac{X}{t^2} = C \quad \text{ou} \quad X = Ct^2$$

ou ainda,

$$X = 0,4t^2 \text{ (cm)}.$$

Esta relação permite determinar X em qualquer instante de tempo.

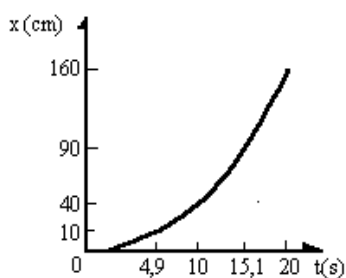


GRÁFICO 1

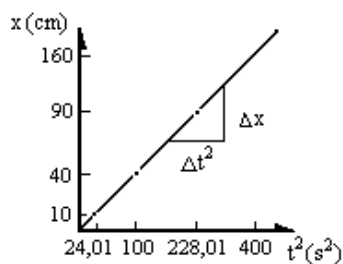


GRÁFICO 2

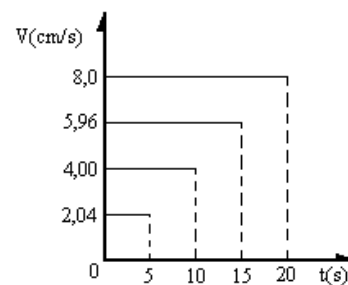


GRÁFICO 3

IV. Velocidade instantânea

Encosta-se o segmento de 30 cm, em posição horizontal, na extremidade inferior do trilho grande (Fig. 4). As marcações agora começam nessa extremidade. Largando-se o volante de $X_2 = 10 \text{ cm}$, ele abandonará o plano inclinando com a velocidade instantânea que corresponde a um tempo transcorrido de 5 s. Sobre o segmento horizontal o volante andarà com velocidade constante (abstraindo o atrito). Então, medindo-se ΔS e Δt (veja novamente a Fig. 4), determina-se essa velocidade ($v = \Delta S / \Delta t$) que é também a velocidade instantânea na saída do volante do plano inclinado. Repete-se o procedimento para $X = 40, 90$ e 160 cm . Devido a problemas de atrito, para $X = 10$ e 40 cm convém tomar $\Delta S = 10 \text{ cm}$; para as outras medidas toma-se $\Delta S = 20 \text{ cm}$. (Além disso, é preciso que o segmento de 30 cm esteja realmente em posição horizontal.) A tabela mostra, na coluna 5, dados típicos assim obtidos.

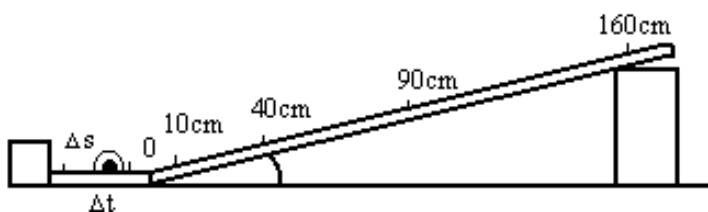


Fig. 4

Note que os valores da aceleração ($a = V/t$), na coluna 6 da tabela, indicam uma constante (aproximadamente $0,8 \text{ cm/s}^2$) que corresponde ao dobro do valor de C ($C = a/2$).

Podemos, então, aprimorar a relação $X = Ct^2$ anteriormente encontrada. Substituindo C por $a/2$ vem:

$$X = \frac{1}{2}at^2 = 0,4t^2 \text{ (cm)}.$$

Além disso, o professor poderá mostrar a seus alunos que os dados da tabela satisfazem as equações $v = at$ e $v = 2\bar{v}$ (com $v_0 = 0$).

No gráfico 4 ($v \times t$) verifica-se que a inclinação é constante (aceleração). A velocidade média, calculada do início ao fim do percurso, $X = 160 \text{ cm}$, $t = 20 \text{ s}$, também foi assinalada.

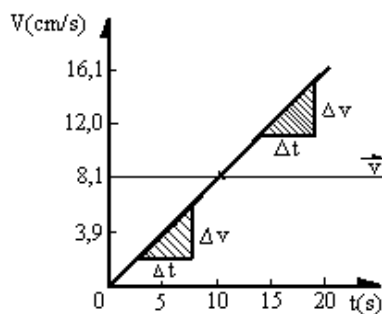


GRÁFICO 4

V. Comentário final

Esta atividade pode ser realizada de diversas formas: no laboratório (experimentando e coletando novos dados a partir dos quais seja feita uma análise semelhante a esta), em aula (com ou sem demonstração, exercitando a transposição dos dados para linguagem gráfica e matemática), como leitura do aluno (cobrando a compreensão do texto mediante um questionário adicional).

VI. Nota

Sobre esta atividade existem roteiros mais detalhados organizados pela aluna Eliane Cappelletto, do curso de Licenciatura do IFUFRGS. Cópias podem ser solicitadas a R. Axt, CP 15051, CEP 91500 Porto Alegre – RS.