

## PÊNULO SIMPLES

### INTRODUÇÃO

Na natureza, existe um grande número de fenômenos em que se observam eventos periódicos. As ondas sonoras, a vibração de uma corda de um instrumento musical, as radiações eletromagnéticas e o movimento dos elétrons em um campo elétrico alternado são alguns exemplos de fenômenos que apresentam grandezas com comportamento oscilatório e periódico. Embora a natureza dessas oscilações seja bastante diversa, as formulações matemáticas utilizadas para descrevê-las são parecidas. Assim, o tratamento matemático empregado no estudo de um sistema simples pode ser estendido a sistemas análogos. Um sistema muito usado para estudar os movimentos oscilatórios e periódicos é o pêndulo simples.

Um pêndulo simples é constituído de um objeto de massa  $m$ , com volume relativamente pequeno, suspenso por um fio, de comprimento  $l$ , inextensível e de massa desprezível, como mostrado na Fig. 1.

Suponha que, na situação inicial, o pêndulo se encontre em repouso, na vertical. Ao ser afastado dessa posição de equilíbrio de um ângulo  $\theta$  e ao ser solto, o pêndulo executará um movimento oscilatório em um plano vertical, sob a ação da gravidade.

Todo movimento oscilatório é caracterizado por um período  $T$ , que é o tempo necessário para se executar uma oscilação completa. No caso do pêndulo simples, uma análise detalhada da dinâmica do problema leva a uma equação geral para o período da forma :

$$T = T_0 \left( 1 + \frac{1}{2^2} \text{sen}^2 \frac{\theta_0}{2} + \frac{1}{2^2} \frac{3}{4^2} \text{sen}^4 \frac{\theta_0}{2} + \dots \right), \quad (1)$$

em que

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{e} \quad (2)$$

$g$  é a aceleração da gravidade.

Pode-se demonstrar que, para pequenas oscilações –  $\theta \leq 10^\circ$  –, o período não depende do ângulo, e é dado pela equação 2. (Sugestão: Para se perceber a validade dessa aproximação, pode-se calcular o valor do segundo termo da série da equação 1 para  $\theta = 10^\circ$  e compará-lo com o valor do primeiro termo é 1.)

Neste experimento, trabalha-se dentro do limite de pequenas oscilações.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Objetivo

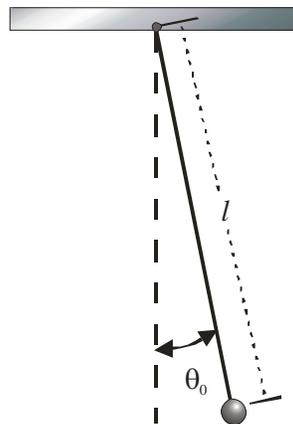
- Determinar o valor da aceleração da gravidade.

### Material utilizado

- Barbante fino, esfera, cronômetro e régua.

### Procedimentos

O experimento consiste em medir o período do pêndulo variando seu comprimento. Para isso, você deve usar uma montagem como a mostrada na Fig. 1.



**Figura 1** - Pêndulo simples em pequenas oscilações ( $\theta_0 \leq 10^\circ$ )

- Estabeleça um comprimento inicial  $l \cong 2,00$  m e meça o período  $T$  do pêndulo (Observação: Reflita sobre a melhor maneira de se realizar essa medida a fim de se obter um bom valor para  $T$ ). Repita esse procedimento para vários valores de comprimento do fio e construa uma tabela com os resultados obtidos. Tenha o cuidado de obter valores de  $l$  bem distribuídos, incluindo  $l \cong 0,20$  m;  $0,30$  m . . . , a fim de se perceber, claramente, o caráter não-linear da relação entre  $T$  e  $l$ .
- Construa um gráfico de  $T \times l$ . Observe que os pontos registrados no gráfico não se situam sobre uma reta, como, de acordo com a equação 2, era de se esperar.

- Utilizando um processo de linearização e fazendo, em seguida, uma regressão linear nos dados, determine o valor da aceleração da gravidade com seu respectivo erro. Compare seus resultados em relação ao valor de  $g$  local conhecido por meio de outros processos.