



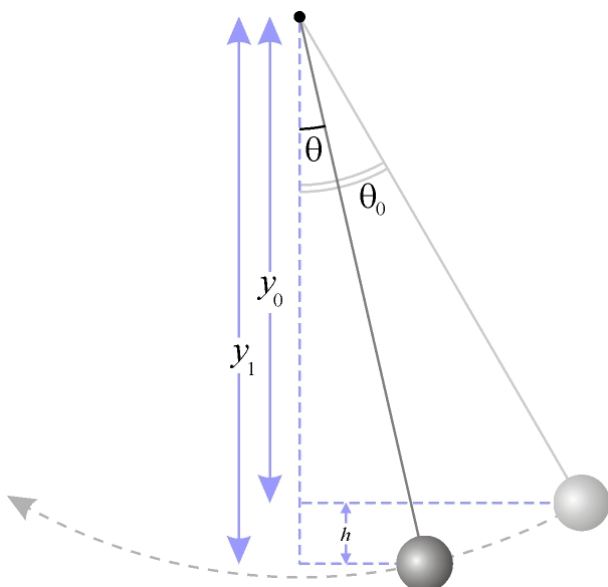
## Roteiro de experimentação

### Experimento: Verificando a conservação da energia mecânica com um pêndulo simples

Nessa atividade os alunos construirão um pêndulo simples e verificarão a conservação da energia mecânica. Depois, usando o princípio de conservação da energia mecânica, determinarão a velocidade do corpo no ponto mais baixo da trajetória.

#### Para fazer essas atividades serão necessários:

- garrafa PET de 600 ml
- barbante ou outro fio flexível (cerca de 1,2 m)
- água (600 ml)
- cronômetro (pode ser usado o cronômetro do smartphone)
- régua (duas)
- caneta marcadora



#### Construindo e entendendo o funcionamento do pêndulo

Um **pêndulo simples** consiste em uma massa amarrada na extremidade de um fio cuja outra extremidade é fixada em um ponto que permita que a massa oscile em um plano vertical.

Uma característica interessante dos pêndulos é manter seu período de oscilação constante, mesmo que a amplitude da oscilação mude com o tempo.

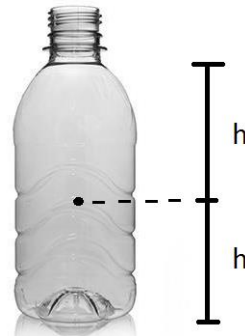
A amplitude de oscilação, por sua vez, depende da quantidade de energia mecânica do pêndulo: quando mais energia mecânica o pêndulo tiver, maior será sua amplitude de oscilação.

**Procedimento:**

[Divida a classe em grupos de 3 ou quatro alunos. Cada grupo deverá executar o roteiro.]

1. Encha a garrafa PET e, usando a régua, marque com a caneta marcadora um ponto na metade da altura da água da garrafa (veja a figura). Anote no caderno o valor de  $h$  mostrado na figura.

[esse ponto deve corresponder aproximadamente à altura do centro de massa da garrafa com água]



2. Amarre uma das extremidades do barbante no gargalo da garrafa, na posição do nível superior da água. A outra extremidade deverá ser amarrada a um suporte que permita que a garrafa oscile livremente e, de forma que o comprimento do barbante entre o ponto de apoio e o ponto marcado no centro da garrafa seja de 1 m. Esse é o comprimento efetivo  $L$  do nosso pêndulo que será usado para os cálculos que faremos.
3. Afaste a garrafa da sua posição de equilíbrio até que o ponto marcado no centro da garrafa fique a 10 cm de altura em relação à sua posição de equilíbrio (veja a primeira figura deste roteiro). Essa será a posição de onde abandonaremos o pêndulo, ou seja, a 10 cm de altura do centro de massa em relação ao ponto de equilíbrio (ponto mais baixo da trajetória de oscilação).
4. Solte a garrafa e certifique-se que ao abandoná-la o fio esteja bem esticado.
5. Na extremidade oposta do movimento de oscilação, posicione uma segunda régua de maneira que seja possível medir a altura atingida pelo ponto marcado na garrafa (o centro de massa).
6. Deixe o pêndulo executar pelo menos 10 oscilações completas (ida e volta) e observe a altura atingida pelo ponto marcado na garrafa quando esta atinge os pontos extremos da oscilação.
7. Para cada oscilação, anote em uma tabela, no caderno, a altura atingida e o tempo da oscilação completa.

**Discussão:**

1. Quais foram as dificuldades encontradas na montagem do pêndulo e como elas foram solucionadas?  
[Resposta pessoal. É importante que os alunos consigam perceber as dificuldades e buscar soluções entre o próprio grupo ou com os demais grupos. Sugerimos que o professor intervenha apenas quando a classe não conseguir encontrar uma boa solução para algum problema.]
2. A altura de cada oscilação se manteve a mesma?

[Espera-se que a altura tenha mudado pouco, havendo uma diferença mais perceptível apenas entre a primeira e a 10ª oscilação]

3. O tempo de cada oscilação se manteve o mesmo?  
[Salvo erros de medida, o tempo de cada oscilação completa deve ter se mantido constante, pois essa é uma das propriedades características de um pêndulo simples]

4. A velocidade escalar do pêndulo varia durante o movimento. É possível calculá-la em qualquer posição do pêndulo conhecendo-se a altura  $H$  do mesmo em relação ao ponto mais baixo do movimento de oscilação. Para determinar essa velocidade usamos o princípio da conservação da energia mecânica (supondo que nenhuma energia seja dissipada durante o movimento do pêndulo entre o ponto mais alto e o mais baixo). A expressão resultante desse cálculo é mostrada abaixo:

$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade e  $H$  é a altura máxima atingida pela massa presa ao pêndulo.

Usando os valores de  $g$  ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) e de  $H$  ( $H = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ ), calcule a velocidade da garrafa PET, em km/h ( $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$ ), ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória.  
[Resp.:  $1,4 \text{ m/s} = 5 \text{ km/h}$ ]

5. Pesquise e anote no caderno a dedução da fórmula utilizada neste cálculo.  
[Aqui, se o professor preferir, pode fazer a demonstração em lousa, usando a conservação da energia mecânica entre o ponto de altura máxima e mínima da massa do pêndulo e assumindo que o sistema é conservativo]

6. O tempo de cada oscilação de um pêndulo simples depende apenas do seu comprimento e da aceleração da gravidade:

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Onde  $L$  é o comprimento do pêndulo e  $g$  a aceleração da gravidade.

Usando os valores de  $L$  e  $g$ , calcule o período de oscilação do seu pêndulo e compare com o valor experimental medido por sua equipe. Discuta o resultado da comparação.

[Espera-se que o valor teórico não seja exatamente igual ao valor medido experimentalmente e que, na discussão os alunos levantem o problema dos erros de medida. Ajude-os a perceber que esse período não depende da massa do pêndulo nem da dissipação de energia ocorrida, pois esta afeta apenas a amplitude de oscilação]

7. É possível dizer que houve dissipação de energia no pêndulo que você construiu? Por quê?  
[A dissipação da energia no pêndulo afeta sua amplitude. Assim, como os alunos devem ter medido alturas cada vez menores a cada oscilação do pêndulo, espera-se que conclua que houve dissipação de energia]