



No cotidiano da sala de aula de física, o professor se depara com um grande desafio: desenvolver um novo conceito através das abstrações de nossos raciocínios e conseguir torná-lo concreto na mente dos alunos. Não é raro ouvir que os assuntos de física foram desenvolvidos por cientistas *nerds* afastados da realidade. Experiências simples em sala de aula podem contribuir para a atenção e confiança dos alunos nos assuntos que o professor desenvolve teoricamente em sala de aula.

Certamente, um dos conteúdos que oferece menos alternativas de se trabalhar em aulas experimentais é o estudo da lei de conservação da energia mecânica. A dificuldade aparece na tentativa de se minimizar os efeitos de forças do tipo dissipativas como a de atrito. Por outro lado, é um conceito que se tornou um dos pilares fundamentais no desenvolvimento da física, principalmente no que tange a solução de exercícios-problemas. Ou se utiliza as leis de Newton para resolver tais problemas (relativos ao mundo macroscópico e com velocidades não-relativísticas) ou a utilização das leis de conservação seja a de energia e/ou da quantidade de movimento linear e angular.

Apresentamos neste artigo duas atividades experimentais, conceitualmente conectadas, onde se utiliza fundamentalmente a lei de conservação da energia mecânica para sua elaboração, com preparação simples e de baixo custo. Em nossa prática de ensino de física na UTFPR, percebemos que estas atividades experimentais atraem a atenção dos estudantes tanto dos cursos superiores quanto do médio e proporcionam resultados convincentes, além da aula ser bastante motivadora.

Atividade experimental 1

A Fig. 1 apresenta as três posições na vertical do sistema massa-mola que será

alvo de nossa análise. A da esquerda representa a mola esticada devido ao seu próprio peso. A central representa o sistema em equilíbrio com um corpo de prova preso à sua extremidade. A do lado direito representa o instante em que a mola apresenta sua elongação máxima, quando o corpo é solto de uma altura y_0 ainda preso à mola, pouco antes de iniciar seu movimento de subida. Na condição de equilíbrio, a elongação da mola é dada por

$$(y_0 - y_e) = \frac{mg}{k}, \quad (1)$$

onde m é a massa do corpo, k a constante elástica e g é a aceleração da gravidade.

Na situação em que o corpo é solto de uma altura y_0 , a elongação máxima da mola pode ser obtida pela conservação da energia mecânica, onde a energia inicial é devida somente à energia potencial gravitacional do corpo

$$E_0 = mgy_0. \quad (2)$$

A energia depois de o corpo ser solto e atingir a sua elongação máxima é

$$E_f = mgy_m + \frac{k(y_0 - y_m)^2}{2}. \quad (3)$$

Igualando estas duas parcelas obtemos

$$(y_0 - y_m) = 2 \frac{mg}{k}. \quad (4)$$

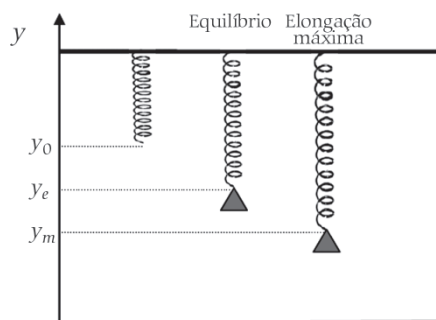


Figura 1 - Esquema do arranjo experimental.

.....
Jorge Alberto Lenz
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
 E-mail: lenz@utfpr.edu.br

Marcos Antonio Florczak
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
 E-mail: florczak@utfpr.edu.br

Um grande desafio do ensino de física é encontrar uma relação entre os conteúdos teóricos e os experimentais. Muitas escolas e universidades não possuem laboratórios apropriados para este propósito. Neste artigo propomos uma atividade experimental de baixo custo para o ensino da conservação da energia mecânica.

Ou seja, o valor dessa elongação é o dobro da elongação quando o sistema se encontra em equilíbrio.

Para verificar este resultado na aula experimental, basta medir os comprimentos envolvidos com uma trena ou uma fita métrica. No caso da medida quando o sistema atinge a elongação máxima pode ser realizado sem muita pressa, deixando o sistema oscilar duas a três vezes até que um valor confiável seja observado. Deve-se ter o cuidado com o erro de paralaxe, ou seja, a medida deve ser feita fazendo-se a medição a altura dos olhos. O amortecimento pelo ar compromete pouco o resultado. Molas que apresentam um comportamento próximo do ideal produzem resultados que se aproximam muito do valor previsto. A incerteza varia muito mais em função da dedicação dos estudantes em colher os dados.

A constante elástica pode ser obtida através da condição de equilíbrio entre a força peso e com força elástica ($k = mg/y$).

A fim de enriquecer um pouco mais este assunto, pode-se também obter a velocidade do corpo em função da altura de queda do corpo preso à mola. Igualando $E_0 = mgy_0$ com a energia mecânica em um ponto qualquer da trajetória de descida do corpo (y_i) e velocidade (v_i) dada por

$$E_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + \frac{1}{2}k(y_0 - y_i)^2 + mgy_i \quad (5)$$

a equação para (v_i) em função da posição fica

$$v_i = \left(2g(y_0 - y_i) - \frac{k}{m}(y_0 - y_i)^2 \right)^{1/2}$$

ou

$$v_i = \left(2g\Delta y - \frac{k}{m}\Delta y^2 \right)^{1/2} \quad (6)$$

No caso deste estudo ser desenvolvido no Ensino Médio ou técnico, esta equação pode ser estudada junto com um professor de matemática para que ele encontre o valor máximo do polinômio, ou até mesmo na própria aula de física os alunos podem desenhar esta curva em função da massa e da constante elástica da mola e obter a posição aonde o valor da velocidade é máxima, que é exatamente na metade da trajetória de queda do corpo, como mostrado na Fig. 2.

Já em uma aula no ensino superior, o valor máximo pode ser obtido igualando-se a taxa de variação do módulo da velocidade a zero, obtendo assim que a velocidade é máxima no ponto de equilíbrio. Com este resultado, o professor pode trabalhar o assunto de equilíbrio demonstrando que podemos ter resultante das forças igual a zero, porém ter uma velocidade não nula.

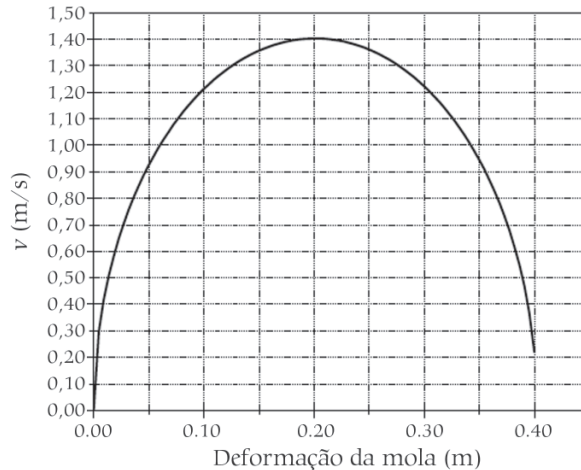


Figura 2 - O gráfico da velocidade em função da deformação da mola a partir da Eq. (6) com $g = 9,78 \text{ m/s}^2$, $k = 7,00 \text{ N/m}$ e $m = 0,144 \text{ kg}$.

Atividade experimental 2

Outra atividade simples de ser realizada é o do lançamento de uma mola a partir da beirada de uma mesa. Com viés lúdico, o aluno pode ser desafiado a conseguir fazer com que a mola caia dentro de uma caixa (que pode ser a de giz) a partir de certa elongação fornecida a ela, conforme a Fig. 3.

Neste caso, a energia potencial elástica mais a potencial gravitacional se transformam em energia cinética com o corpo sendo lançado de uma altura h (dado pela altura da mesa) atingindo um alcance A no chão

$$\frac{1}{2}kx^2 + mgh = \frac{1}{2}mv^2, \quad (7)$$

onde m é a massa da própria mola, x é a elongação dada à mola e v é a velocidade com que a mola colide com o solo. Isolando (v^2) dessa equação, ficamos com

$$v^2 = \frac{kx^2}{m} + 2gh. \quad (8)$$

Sabemos também que

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2. \quad (9)$$

No eixo x temos velocidade v_x constante percorrendo uma distância A , sendo esta velocidade aquela adquirida no lançamento da mola. No eixo y o corpo cai de uma altura h com velocidade inicial nula e com aceleração g . Devido ao pouco contato da mola com o ar, a resistência do ar pode ser facilmente negligenciada. Assim obtemos

$$v^2 = \frac{A^2g}{2h} + 2gh. \quad (10)$$

Igualando as Eqs. (8) e (10) obtemos o alcance da mola em função da elongação sofrida pela mesma como

$$A^2 = \frac{2kh}{m}x^2.$$

A incerteza na medida do alcance é da ordem da metade do comprimento da mola relaxada.

Conclusão e sugestões

Se não houver balança no laboratório de física, geralmente o de química terá. Caso a escola não tenha, pode-se fazer uso da balança de uma mercearia ou padaria. Com relação à mola utilizada nos experimentos, podem-se usar as de cadernos com espirais (na verdade são helicoidais!), com o cuidado de verificar se elas possuem um comportamento linear da força pela elongação, ou seja, uma situação mais próxima de uma mola ideal. Os resultados das comparações dos valores experimentais com os previstos teoricamente dependem essencialmente dos cuidados no momento de colher os dados, pois nestes casos há pouca interferência de forças dissipativas.

Saiba mais

- D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física – Mecânica* (LTC, Rio de Janeiro, 2008), v. 1.
- A. Máximo e B. Alvarenga, *Curso de Física* (Scipione, São Paulo, 2007), v. 1.

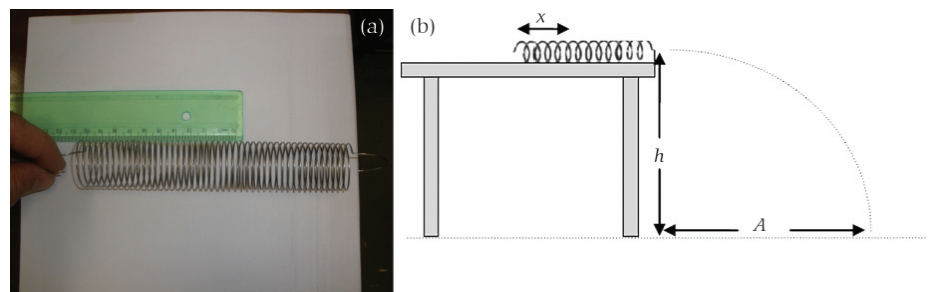


Figura 3 - a) Foto da medida da elongação da mola vista de cima. b) Esquema do arranjo experimental.