



Experimento: Força não constante

Luis E. E. de Araujo, R. Urbano e J. Marconi

Objetivos

O objetivo deste experimento é estudar forças não constantes, por exemplo, aquelas que dependem da posição. A força exercida por uma mola é um caso típico. Este tipo de força é conservativa e não constante. Iremos caracterizar duas molas com diferentes constantes elásticas através do chamado método estático. Iremos estudar também as leis de associação de molas em série e em paralelo assim como as constantes de mola resultantes destas associações, respectivamente.

Introdução

Para uma certa faixa de comprimentos, uma mola tem um comportamento elástico, no qual a força exercida pela mola segue a lei de Hooke:

$$F = -k \Delta L, \quad (1)$$

onde k é a constante elástica da mola.

Considere uma mola presa verticalmente por uma de suas extremidades a um suporte fixo. Na outra extremidade, suspende-se um corpo de massa m conhecida, como ilustrado na Figura 1. Para um sistema de referência com o eixo y apontando na mesma direção da aceleração da gravidade, temos que:

$$P + F = 0 \quad P - k \Delta L = 0 \quad (2)$$

e portanto,

$$P = k \Delta L. \quad (3)$$

Associação de Molas em Série

Se duas molas são colocadas em série a uma massa como mostrado na Figura 2, e se consideramos a massa de cada mola desprezível, então a força exercida em cada mola será:

$$P = k_1 \Delta L_1 \quad (4)$$

$$P = k_2 \Delta L_2 \quad (5)$$

onde $\Delta L_1 = L_1 - L_{01}$ e $\Delta L_2 = L_2 - L_{02}$. De (4) e (5) temos que:

$$\Delta L_1 + \Delta L_2 = \Delta L_{\text{série}} = \frac{P}{k_1} + \frac{P}{k_2} \quad (6)$$

Finalmente, a partir de (6) temos que:

$$P = k_{\text{série}} \Delta L_{\text{série}} \quad (7)$$

onde a constante de mola resultante da associação em série é definida por,

$$\frac{1}{k_{\text{série}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}. \quad (8)$$

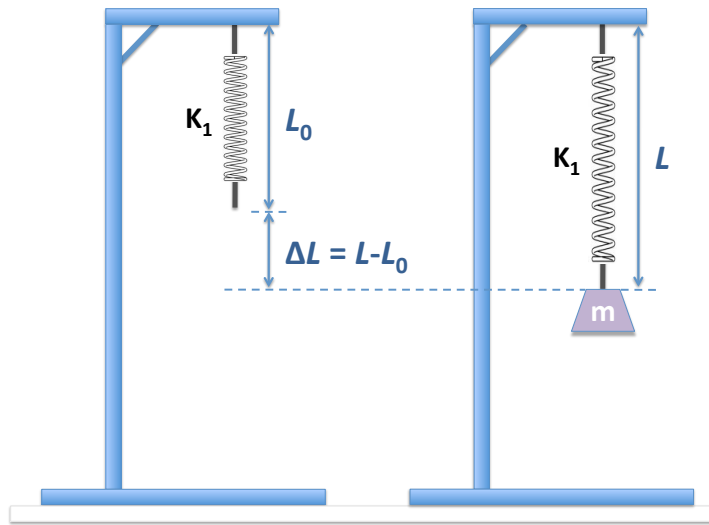


Figura 1: Montagem experimental para se caracterizar a constante elástica de uma mola.

Associação de Molas em Paralelo

Suponha agora uma configuração de molas em paralelo tal como mostrado na Figura 3. Neste caso, temos que $\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta L$. Logo, a força elástica de cada mola é dada por

$$F_1 = -k_1 \Delta L \quad (9)$$

$$F_2 = -k_2 \Delta L \quad (10)$$

e a soma de ambas as forças elásticas será igual à força peso exercida pela massa m : $P = -(F_1 + F_2)$. Portanto,

$$P = k_{\text{paralelo}} \Delta L \quad (11)$$

onde a constante de mola resultante da associação em paralelo é definida por,

$$k_{\text{paralelo}} = k_1 + k_2. \quad (12)$$

Material Utilizado

- Suporte com haste para se fixar as molas
- Molas com diferentes constantes elásticas
- Massas de valores diversos
- Régua milimetrada
- Balança digital
- Barbante, palito de madeira

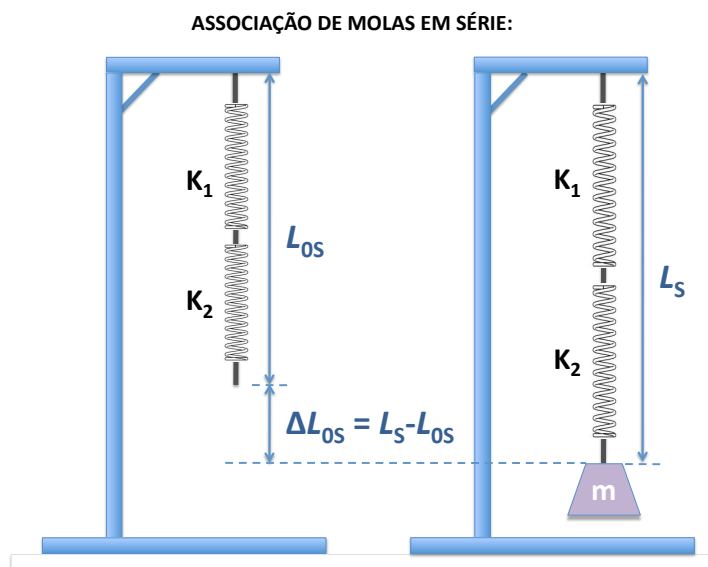


Figura 2: Sistema de molas em série.

Procedimento

Deve-se prender a mola verticalmente a um suporte fixo por uma de suas extremidades. Na outra extremidade, suspende-se um corpo de massa m conhecida, medida com a balança digital, como indicado na Figura 1. Assim, se variarmos a massa m do corpo suspenso na vertical, e medirmos a variação do comprimento da mola L , poderemos determinar a relação existente entre a variação do peso e a variação do comprimento. Deve-se tomar cuidado para não esticar a mola além do regime linear. Para as molas com as quais iremos trabalhar, isso significa variações de comprimento de aproximadamente 1 - 7 cm.

Iremos pendurar 10 valores de massas diferentes, correspondentes a 10 valores de pesos diferentes,

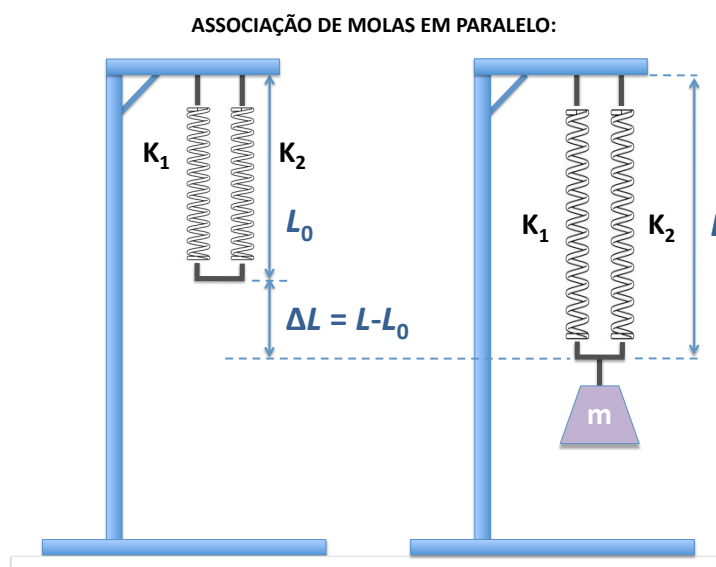


Figura 3: Sistema de molas em paralelo.

na extremidade livre da mola. Para cada valor de massa (peso), deverá ser medido a distensão ΔL da mola com a régua milimetrada, após a mola atingir uma situação de equilíbrio. Com estes dados experimentais, iremos fazer um ajuste linear do gráfico P vs. ΔL usando o Método de Mínimos Quadrados. Desta forma será possível obter o valor da constante elástica da mola com seu respectivo erro. O experimento deverá ser executado para duas molas distintas com diferentes constantes elásticas k_1 e k_2 .

Uma vez determinados os valores das constantes elásticas individuais de cada mola, iremos então medir o deslocamento para a associação de molas em série (ou em paralelo) das duas molas caracterizadas, utilizando a montagem experimental mostrada na Figura 2 (Figura 3). O mesmo procedimento será realizado para 10 valores diferentes de massas. Com estes valores experimentais, iremos novamente fazer um ajuste linear do gráfico P vs. ΔL usando o Método de Mínimos Quadrados, para obtermos, neste caso, o valor da constante elástica equivalente em série (paralelo), com seu respectivo desvio.

Por último, deve-se verificar se o valor de $k_{\text{serie(paralelo)}}$ calculado analiticamente a partir dos valores de k_1 e k_2 medidos independentemente concorda, dentro do erro experimental, com o valor de $k_{\text{serie(paralelo)}}$ obtido experimentalmente.

Observação: A partir de agora, todas as Regressões Lineares (ajuste dos dados experimentais) deverão ser feitas através do Método de Mínimos Quadrados, manualmente, em seu caderno de Laboratório. Os erros (ou incertezas) também deverão ser devidamente propagados.

Experimento: Forças Variáveis

Turma: _____

Membros do grupo (nome e RA):

Tabela 1: Relação entre deslocamento e massa pendurada na primeira mola estudada.

i	Massa (g)	Peso (N)	Deslocamento (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabela 2: Relação entre deslocamento e massa pendurada na segunda mola estudada.

i	Massa (g)	Peso (N)	Deslocamento (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabela 3: Relação entre deslocamento e massa pendurada para as duas molas em série.

i	Massa (g)	Peso (N)	Deslocamento (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabela 4: Relação entre deslocamento e massa pendurada para as duas molas em paralelo.

i	Massa (g)	Peso (N)	Deslocamento (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



Experimento: Força não constante

Luís E. E. de Araujo e R. Urbano

Guia para o Relatório

O relatório deste experimento deve conter as seguintes seções:

1. Título

2. Nome Completo e RA dos integrantes do Grupo

3. Resumo

O resumo deve dar ao leitor uma idéia geral do que foi realizado no experimento. Deve conter uma breve descrição do problema estudado, o método empregado, os resultados mais importantes (citar os valores se for o caso) e as principais conclusões do trabalho. Ou seja: o que mediu, como mediu e resultados alcançados. (6 a 8 linhas).

4. Metodologia Experimental, Resultados e Análises

Deve-se apresentar todos os materiais e instrumentos utilizados além de uma descrição dos métodos empregados, sempre que possível apresentando uma ilustração da montagem experimental. *A sua descrição do experimento deve ser detalha o suficiente para que um futuro aluno de F129 consiga fazer o experimento baseado apenas no seu relatório.* Na sequência, deve-se apresentar os resultados experimentais descrevendo detalhadamente como foram obtidos. Deve-se apresentá-los em forma de Tabelas e Gráficos. Deve-se também explicitar claramente todas as etapas seguidas durante os cálculos (valores médios, desvio-padrão, erros totais, propagação de erros, mínimos quadrados, etc.) e descrever a análise dos dados, dando um destaque especial para o resultado final.

Na sua análise dos resultados considere os seguintes pontos:

- Apresente 2 tabelas completas (título, cabeçalho, legenda, etc.) com os valores de m , P e ΔL para cada uma das duas molas individuais (não se esqueça de propagar devidamente os erros).
- Faça um gráfico de P vs. ΔL para cada uma das molas e faça um ajuste linear por mínimos quadrados para obter as constantes elásticas k_1 e k_2 (com as suas incertezas).
- Faça uma tabela com os valores de m , P e ΔL para a associação de molas em série (ou em paralelo).
- Monte um gráfico de P vs. ΔL para a configuração de molas em série (paralelo) e faça um ajuste linear por mínimos quadrados para obter a constante elástica $k_{\text{série(paralelo)}}^{(\text{exp})}$ (com incerteza).
- Calcule o valor de $k_{\text{série(paralelo)}}^{(\text{modelo})}$ (e a sua incerteza) usando os valores de k_1 e k_2 obtidos no item (b) e verifique se os valores concordam entre si, considerando as incertezas. Explique as eventuais discrepâncias.

5. Discussão e Conclusão

Nesta seção, deve-se comentar a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos, justificando eventuais discrepâncias observadas ao longo do experimento. Cabe também apontar sugestões para se obter um conjunto de dados com melhor qualidade ou ainda um método experimental mais apropriado. Por fim, descreva as principais conclusões decorrentes diretamente do experimento e, se possível, relacione-as com as de outros trabalhos verificando se todos os objetivos do experimento proposto inicialmente foram alcançados.