

Experimento 4: Deformação elástica de uma haste metálica

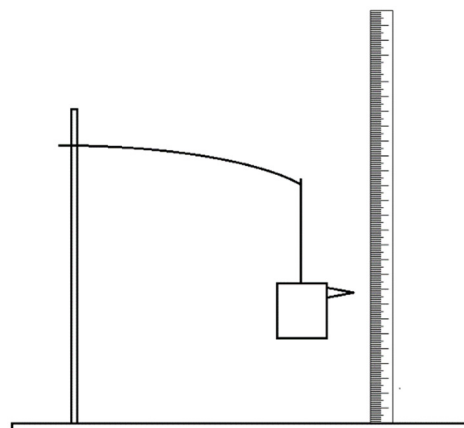
OBJETIVO

- ✓ Verificar a validade da Lei de Hooke para deformação por flexão de uma lâmina fina metálica;
- ✓ Construir um dinamômetro.

PREPARAÇÃO

Conceitos Básicos

Todo corpo isotrópico submetido a uma força externa, de compressão, de tração ou de cisalhamento se deforma. Se esta força for retirada e o corpo isotrópico recuperar sua forma e dimensões iniciais então ele sofre uma **deformação elástica**, sendo esta uma deformação temporária. Mas, se a forma e as dimensões do corpo são alteradas no fim do processo, o corpo sofre deformação permanente, denominada de **deformação plástica**.



Dentro do limite elástico, há uma região de deformação onde a relação entre a força aplicada e a deformação do corpo é linear. Aplicando uma força F vertical na extremidade livre de uma haste metálica presa por uma de suas extremidades, essa promoverá uma flexão x , que dependerá do valor da força aplicada e da forma geométrica da haste. No limite linear de deformação, a relação entre F e x obedecerá a Lei de Hooke:

$$F = -kx \quad (1)$$

onde k é a constante de elasticidade do material. O sinal negativo significa que a força da mola é contrária à deformação. É importante ressaltar ainda que, dentro do limite elástico, a força aplicada poderá provocar também uma deformação não linear do corpo.

Questionário

Antes de começar as atividades práticas, discuta com seu grupo e responda as perguntas abaixo:

- 1 - Em que condições pode-se dizer que uma mola obedece a Lei de Hooke?

- 2 - Explique o que significa deformação elástica linear e não linear de um corpo?

Obs: Para compreender e responder a essa questão, leia o artigo de ARANHA et al. A lei de Hooke e as molas não-lineares, um estudo de caso. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 4, e4305 (2016). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/RBGtKVzKLY9gWR8VPS98zLw/?format=pdf&lang=pt>.

Referências

É recomendada a leitura das referências abaixo para uma revisão e compreensão da Segunda Lei de Newton:

- ✓ HALLIDAY, RESNICK & WALKER, **Fundamentos de Física**, Vol. 2, 9ª edição, LTC. Capítulo 15.
- ✓ TIPLER P. A. **Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**, Vol. 1, 4ª edição, LTC. Capítulo 14.
- ✓ JEWETT JR, J.W. & SEAWAY, R. A. **Física para Cientistas e Engenheiro: Mecânica**. Vol. 1, 8ª edição CENGAGE Learning. Capítulo 6.
- ✓ ARANHA N, OLIVEIRA J M, BELLIO L O & BONVENTI W. A lei de Hooke e as molas não-lineares, um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, nº 4, e4305 (2016). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/RBGtKVzKLY9gWR8VPS98zLw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 12 agosto 2021.

EXECUÇÃO

O material a ser utilizado para a realização deste procedimento experimental está listado abaixo:

- ✓ Uma haste metálica flexível, tipo serrinha para cortar metal, tamanho 12 polegadas Bi-Metal encontrada em lojas de materiais de construção;
- ✓ Água filtrada;
- ✓ Barbante;
- ✓ Trena;
- ✓ 2 palitos de churrasco;
- ✓ Pote plástico (usado para embalar sementes em supermercado) ou copo plástico;
- ✓ Fita crepe;
- ✓ Seringa (capacidade mínima de 10 ml);
- ✓ Tesoura;
- ✓ Objetos de 10 a 50g conhecidos, tais como pequenos pacotes de biscoito;
- ✓ Caixa de leite condensado de 200g;
- ✓ Software SciDAVis instalado em um computador. Disponível para download em <http://scidavis.sourceforge.net/> . Um tutorial sobre este programa pode ser baixado em: http://hpc.ct.utfpr.edu.br/~rsilva/Tutorial_SciDaVis.pdf .

Para a realização do experimento, visando a coleta de dados, assista o vídeo com as orientações disponível em <https://youtu.be/stNxinVudXY> e proceda da seguinte forma:

- 3 - Fixe a haste metálica no tampo de uma mesa ou armário, utilizando aproximadamente 10cm do seu comprimento total. Utilize vários pedaços de fita crepe para garantir que ela não se descole. Caso isso ocorra, apoie algum objeto pesado sobre a serrinha.
- 4 - Para a montagem do suporte, corte três pedaços de barbante de aproximadamente 30 cm cada. Faça três furos equidistantes na borda do pote de plástico (ou copo descartável) com auxílio de um prego. Se aquecer o prego no fogão, o furo será feito com facilidade. Neste caso, use um alicate para segurar o prego e evitar queimaduras.
- 5 - Preda o barbante no copo. Corte um pedaço de barbante de aproximadamente 20 cm e amarre aos barbantes do copo conforme a figura ao lado.
- 6 - Afine a ponta do palito de churrasco e utilize-o para servir de ponteiro, prendendo com fita crepe na extremidade da serrinha.
- 7 - Prenda a trena no chão com fita crepe. Estique a trena até a altura do ponteiro e deixe ela travada. Em seguida, utilize o outro palito de churrasco para fixar a trena de modo que seja possível fazer a leitura da elongação da mola.
- 8 - Com o sistema (serrinha + pote pendurado + apontador) em equilíbrio, meça a posição inicial do ponteiro x_0 .
- 9 - Para provocar a elongação da mola ($x_n - x_0$), vá adicionando água, de 10 em 10ml, com auxílio da seringa. Após adicionar água, meça a nova posição do ponteiro e anote na tabela abaixo. Devem ser feitas 10 medidas de posição.
- 10 - Os procedimentos descritos nos passos 8 e 9 deverão ser repetidos três vezes e os valores anotados na tabela abaixo.

Pontos	Medição 1 da posição	Medição 2 da posição	Medição 3 da posição	Média das posições (mm)	Elongação (mm)	Peso (N)
x_0						
x_1						
x_2						
x_3						
x_4						
x_5						
x_6						
x_7						
x_8						
x_9						
x_{10}						

- 11 - Retire toda a água do pote (ou copo) e em seguida meça a posição de equilíbrio do sistema. Depois, adicione o “objeto 1” de massa conhecida (entre 10 e 30g) e meça a nova posição de equilíbrio. Determine também a elongação da mola ($x_{1f} - x_{1i}$). Determine as incertezas. Anote os valores abaixo:

Posição inicial $x_{1i} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Posição final $x_{1f} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Elongação da mola $e_1 = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Massa (declarada na embalagem) do objeto utilizado $m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ g

- 12 - Retire o objeto 1 e meça a posição inicial. Adicione o “objeto 2” de massa conhecida (entre 30 e 50g) e meça a nova posição de equilíbrio. Determine também a elongação da mola ($x_{2f} - x_{2i}$). Determine as incertezas. Anote os valores abaixo:

Posição inicial $x_{2i} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Posição final $x_{2f} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Elongação da mola $e_2 = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Massa (declarada na embalagem) do objeto utilizado $m_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ g

- 13 - Retire o objeto 2 e meça a posição inicial. Adicione o a caixa de leite condensado, de 200g, cuja massa é de $(208,0 \pm 0,5)$ g e meça a nova posição de equilíbrio. Determine também a elongação da mola ($x_{LMf} - x_{LMi}$). Determine as incertezas. Anote os valores abaixo:

Posição inicial $x_{2i} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Posição final $x_{2f} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Elongação da mola $e_{LM} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Massa da caixa de leite condensado $m_3 = (208,0 \pm 0,5)$ g

ANÁLISE DE DADOS

Parte 1 – Relação linear entre força e elongação

- 14 - Calcule o valor da elongação sofrida pela mola ($x_n - x_0$) após a adição de porções de água de 10 ml. Anote os valores na última coluna da tabela acima. Mantenha o valor em milímetros.
- 15 - Sabendo que a densidade da água é de 1g/ml, cada 10ml tem massa de 10g. Transforme o valor para kg e em seguida utilize o valor da aceleração da gravidade de $(9,79 \pm 0,08)$ m/s² para calcular o peso de cada porção de água adicionada ao pote. Anote os valores na última coluna da tabela acima.
- 16 - Utilize os 5 primeiros valores (da tabela acima) de peso versus elongação para determinar a constante elástica da mola. Leve os valores para o programa SciDAVis, plote o gráfico, faça o ajuste linear e obtenha o valor do coeficiente angular da reta e de sua respectiva incerteza. O grupo deve compreender que este é o valor da constante elástica mola.

Constante elástica (5 pontos) $k_s = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$ N/mm

- 17 - De posse do valor de esse valor k_s e da elongação sofrida pela mola relativa ao “objeto 1”, determine o peso do objeto e em seguida sua massa. Não esqueça de transformar o valor da massa para grama. Determine as respectivas incertezas. Faça o mesmo para o objeto 2 e para a caixa de leite moça.

Peso do objeto 1 = _____ \pm _____ N

Massa do objeto 1 medida com a haste = _____ \pm _____ g

Massa do objeto 1 declarada na embalagem = _____ \pm _____ g

Peso do objeto 2 = _____ \pm _____ N

Massa do objeto 2 medida com a haste = _____ \pm _____ g

Massa do objeto 2 declarada na embalagem = _____ \pm _____ g

Peso da caixa de leite condensado = _____ \pm _____ N

Massa da caixa de leite condensado medido com a haste = _____ \pm _____ g

Massa da caixa de leite condensado = $(208,5 \pm 0,5)$ g

Parte 2 – Relação não linear entre força e elongação

- 18 - Utilize agora todos os valores de peso versus elongação para determinar a constante elástica da mola. Leve os valores para o programa SciDAVis, plote o gráfico, faça o ajuste linear e obtenha o valor do coeficiente angular da reta e de sua respectiva incerteza.

Constante elástica (10 pontos) $k_{10} =$ _____ \pm _____ N/mm

- 19 - De posse do valor de esse valor k_{10} e da elongação sofrida pela mola relativa à caixa de leite moça, determine o peso da caixa e em seguida sua massa. Não esqueça de transformar o valor da massa para grama. Determine as respectivas incertezas.

Peso da caixa de leite condensado = _____ \pm _____ N

Massa da caixa de leite condensado medido com a haste = _____ \pm _____ g

Massa da caixa de leite condensado = $(208,5 \pm 0,5)$ g

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

- 20 - Compare o valor da massa medida no item 17, com a “constante elástica k_5 ”, com o valor declarado na embalagem do “objeto 1”, “objeto 2” e da caixa de leite condensado $(208,0 \pm 0,5)$ g. Note que, dependendo da embalagem dos dois objetos, pode haver um acréscimo de algumas gramas no valor final da massa.

Levando-se em consideração as respectivas incertezas e esse possível acréscimo na massa final dos objetos, é possível dizer que são iguais? Explique sua resposta.

- 21 - Com base nos resultados obtidos da comparação acima, é possível utilizar a serrinha metálica como um dinamômetro? Caso afirmativo, qual seria a faixa de valores de força (neste caso força peso) em que ele poderia ser utilizado? Explique sua resposta.

- 22 - Compare o valor da massa medida no item 19, com a “constante elástica k_{10} ”, com o valor da caixa de leite condensado ($208,0 \pm 0,5$)g. Levando-se em consideração as respectivas incertezas, é possível dizer que são iguais? Explique sua resposta.

Obs: Para responder essa questão, caso necessário, leia novamente o artigo de ARANHA et al. A lei de Hooke e as molas não-lineares, um estudo de caso. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 4, e4305 (2016). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/RBGtKVzKLY9gWR8VPS98zLw/?format=pdf&lang=pt>.

- 23 - É possível dizer que a haste metálica (serrinha) obedece a Lei de Hooke?