

UMA AULA ALTERNATIVA DE DILATAÇÃO LINEAR PARA ENSINO MÉDIO

Fábio Ferreira Barroso¹ [fabio.barroso@santoinacio-rio.com.br]

Vitorvani Soares² [vsoares@if.ufrj.br]

¹ Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Colégio Santo Inácio – Rio de Janeiro

RESUMO

Buscando encontrar uma maneira alternativa para abordar o tema dilatação linear dos sólidos no ensino médio, preparamos uma aula baseada em um experimento contextualizando com a história. O experimento é realizado de forma a permitir que o aluno estabeleça empiricamente a expressão matemática para a dilatação linear dos sólidos tal como é encontrada nos livros didáticos de física. Através do experimento, o aluno pode determinar o valor do coeficiente de dilatação linear de um fio metálico e, simultaneamente, traçar um paralelo com a história do desenvolvimento da equação.

Antes de realizar o experimento em sala de aula, preparamos como avaliação diagnóstica um questionário com cinco perguntas sobre o tema proposto, ao qual o aluno respondeu somente com seus conhecimentos prévios. Em seguida, o experimento é realizado na sala de aula e os alunos tem a oportunidade da observação visual do fenômeno proposto, gerando um interesse maior pelo assunto. Coletando os dados através do experimento, o aluno acompanha o desenvolvimento do processo experimental e determina o valor do coeficiente de dilatação. Nesta etapa, os alunos verificam que o conhecimento contido no livro didático também está ao seu alcance.

Repassamos o mesmo questionário apresentado a eles inicialmente e observamos que a realização do experimento contextualizado com a história foi bastante relevante. Os alunos não só apresentaram melhor resultado ao responder as perguntas como também mostraram maior interesse pela aula. A realização, em somente uma aula, de um experimento envolvendo conhecimentos que precisaram de dois séculos de estudo se revela para os alunos como uma grande surpresa e encantamento.

INTRODUÇÃO

O primeiro grande físico a propor de forma clara o problema envolvendo a deformação de corpos foi Galileu Galilei (1554-1642), que formulou uma situação concreta sobre como os objetos se deformam. Galileu se inspirou nas escoras de madeira que apoiam muros de construções pela cidade e que, com o passar do tempo, se deformavam com facilidade. [1] Porém, somente em 1676 é que Robert Hooke (1635-1703), no seu livro “De Potentia Restituta”, apresenta pela primeira vez a sua famosa lei, que descreve a deformação dos corpos em geral. Comparando o corpo considerado a uma grande mola, a deformação seria proporcional à força aplicada. “Ut tensio sic vis” foram as palavras em latim utilizada por Hooke para descrever esta relação. Segundo ele, esta lei foi descoberta por ele mesmo em 1660, mas só foi publicada em seu livro em 1676, sob a forma de um anagrama (“ceiinossttuu”). Esta lei constitui-se na base da teoria matemática moderna da elasticidade dos corpos. Em sua descrição, Hooke descreve essa força como sendo proporcional ao quociente da variação do comprimento de uma barra pelo seu comprimento inicial.

Lei de Hooke
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1)$$

O anglo-saxônico Thomas Young (1773-1829), usou o termo módulo de Young como sinônimo de módulo elástico. Em seus estudos conjuntamente com Leonard Euler utilizou os módulos de Young durante seus estudos e detectou que: “o módulo da elasticidade de qualquer substância é a capacidade de produzir uma pressão, e é essa pressão que é capaz de provocar uma diminuição no comprimento da barra”. Por esta razão os construtores da época sabiam que existia um limite de esforço que era proporcional ao material. Os estudos de Young foram uma continuação dos trabalhos de Hooke.

Young a partir dos estudos de Robert Hooke concluiu.

$$F = b \cdot \varepsilon \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Substituindo 2 em 3, temos:
$$\sigma = \frac{b \cdot \varepsilon}{A} \quad (4)$$

E é denominado o módulo de Young
$$\frac{b}{A} = \text{Constante} = E \quad (5)$$

Rescrevendo 4 temos:
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (6)$$

Jean Marie Duhamel (1797-1814), foi um físico matemático que dedicou a maior parte de seu tempo ao estudo de equações diferenciais aplicadas a problemas de acústica, e de rotação mecânica. Juntamente com Franz Ernest Neuman (1798-1895) descobriram uma equação que relacionava a variação da temperatura como um fator responsável pela variação de comprimento de uma barra metálica.

$$l = l_0 + a \cdot (t - t_0) \quad (7)$$

$$l - l_0 = a \cdot (t - t_0) \quad (8)$$

Dividindo-se os dois termos da equação por l_0 temos:

$$\frac{l - l_0}{l_0} = \frac{a}{l_0} \cdot (t - t_0) \quad (9)$$

Aparece então a Lei de Hooke em um dos termos da equação:

$$\varepsilon = \frac{a}{l_0} \cdot (t - t_0) \quad (10)$$

Redefinimos: $\frac{a}{l_0} = \alpha \quad (11)$

E chegamos a equação final: $\varepsilon = \alpha \cdot (t - t_0) \quad (12)$

Onde α é o coeficiente de dilatação linear do fio.

O EXPERIMENTO

O experimento utilizado em sala de aula está descrito esquematicamente na Fig. 1. O kit do experimento consiste em uma moldura em madeira formada por duas bases de dimensões 60x20x2 cm e duas hastes de dimensões 100x3x2 cm, fios de aproximadamente 50, 60 e 70 cm feitos com uma liga de níquel e cromo Ni-Cr (20-20), uma régua milimétrica de 100 cm, uma fonte de tensão variável de 0 a 30 V, um termopar tipo K, um termômetro digital, fios para conexão e dois multímetros.. Durante o processo de aquecimento, a altura da massa m varia e, assim, podemos determinar a variação do comprimento do fio pela medida direta.

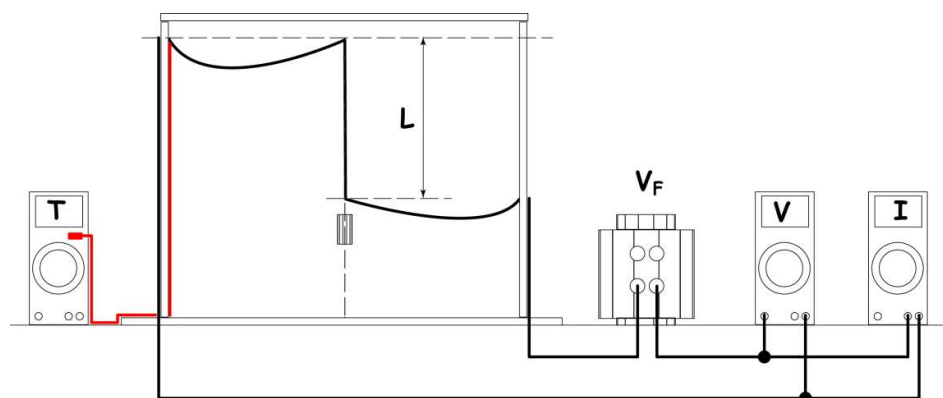


Figura 1. Representação esquemática do experimento.

PROCEDIMENTO

Após realizar as ligações entre a fonte e as extremidades do fio Ni-Cr (20-20) e colocar o termopar preso na metade do fio, começamos a variar a tensão da fonte inicialmente de zero até 25 volts aproximadamente, mantendo um intervalo de 3 em 3 volts monitorando a dilatação no fio de Ni-Cr (20-20) e a sua temperatura. Para ajudar a esticar o fio colocamos uma embalagem de filme fotográfico comum com um parafuso para suporte de quadros em sua tampa e com massas 54, 74 e 94 g, as quais foram colocadas somente uma em sua extremidade livre, em cada análise realizada.

Com os dados que obtivemos no laboratório construímos um gráfico do comprimento do fio em função da temperatura para sabermos como esses dois dados se relacionam.

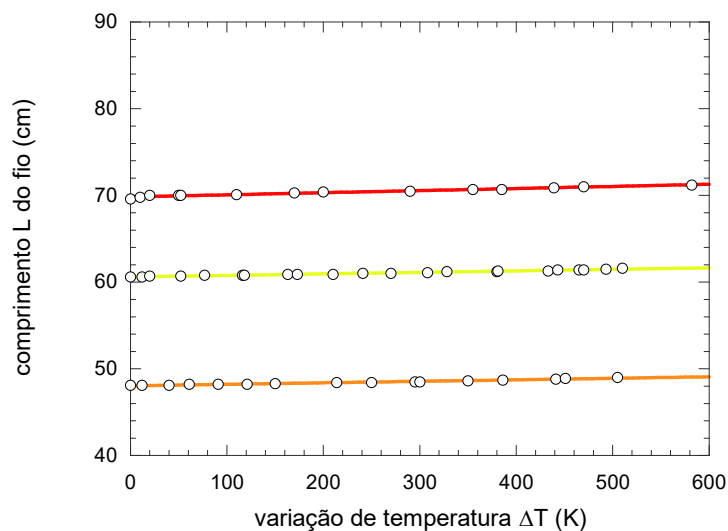


Figura 2. Gráfico do Comprimento do fio em função da temperatura, comprimento inicial do fio de 50, 60 e 70 cm e massa utilizada para tencioná-lo de 94g.

Construindo o gráfico da variação de comprimento do fio em relação à variação da temperatura, se observa que o fio de maior comprimento sofre uma maior dilatação.

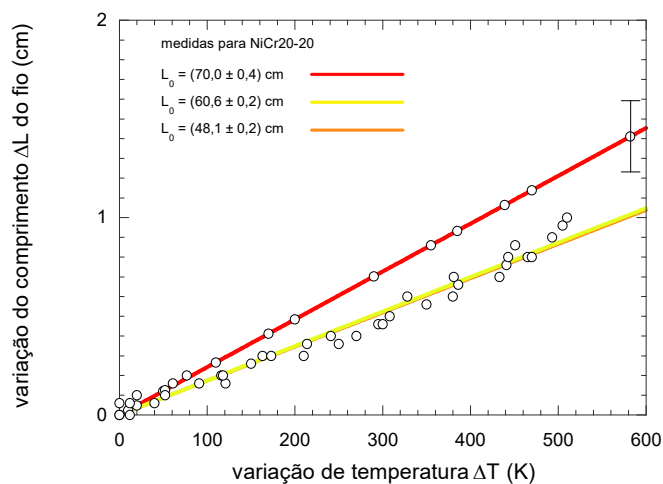


Figura 3. Gráfico da variação do comprimento do fio em função da temperatura com fios de comprimento 50, 60 e 70 cm e tencionado 94,0g de massa.

A figura abaixo representa esta variação relativa em função da temperatura:

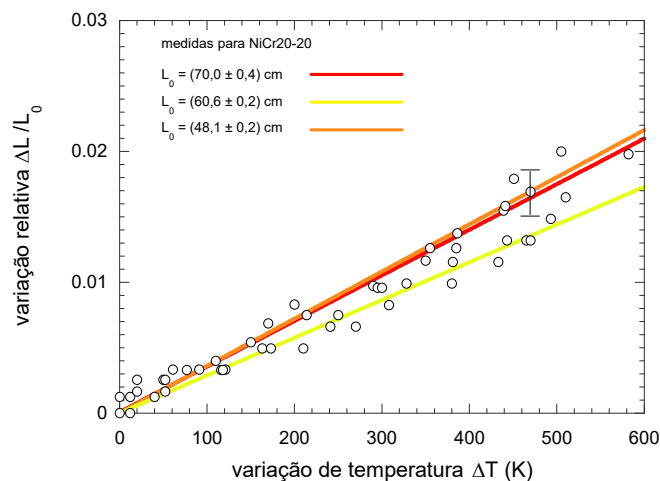


Figura 4. Gráfico da variação relativa do comprimento do fio em função da temperatura relativa para os fios de 50, 60 e 70 cm e tencionados por massa de 94g.

Quando fixamos a massa em 94 g os valores encontrados são:

L_0 (cm)	Coef.Dilatação Linear (K^{-1})
50	$3,22 \times 10^{-5}$
60	$3,33 \times 10^{-5}$
70	$3,26 \times 10^{-5}$

Logo podemos concluir que o método utilizado para obter o coeficiente de dilatação linear é satisfatório e o valor do coeficiente para o fio de Ni-Cr 20-20 é $3,25 \times 10^{-5} \pm 0,1$

CONCLUSÕES

A dificuldade de compreender o assunto abordado foi reduzida a medida que os alunos puderam observar e pensar no fenômeno da dilatação antes de obterem o conhecimento acadêmico. Construir um experimento é trabalhoso, porém quando se observa a melhor compreensão por parte dos alunos em relação à matéria, facilitando o aprendizado, percebe-se que o objetivo do educador foi alcançado. O experimento teve papel fundamental na construção do conhecimento do aluno, motivando-o e fazendo-o pensar através da observação do fato a evolução do conceito ao longo da história.

Ressalto que após a realização da experiência, com ênfase nas evoluções históricas dos conceitos, os alunos demonstraram-se mais interessados em participar da aula. Mesmo após a exposição do experimento alguns alunos ainda responderam o segundo questionário proposto de forma incorreta. Essa prática apresentada aqui é só uma opção para se chegar a construção da

aprendizagem e do conhecimento do fenômeno da dilatação linear dos sólidos no ensino médio, de uma forma mais concreta e experimental afim de facilitar o processo ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- [1] Love, A. E. H., *A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*, 4^a ed., Dover, New York, 1944, págs. 1-31.
- [2] “Measurement of a Thema Expansion Coefficient”, *The Physics Teacher*, **35**, 10 (1997)