

Projeto de Instrumentação para o Ensino Dilatação Térmica e Termostato

UNICAMP – Instituto de Física Gleb Wataghin

Data: 15/04/2005

Autor: Fernando Rafael Reichert

Orientador: Francisco das Chagas Marques

1. OBJETIVO

O objetivo do projeto é expor um fenômeno de dilatação térmica, no qual dois materiais rigidamente afixados são forçados a se curvarem devido a diferentes coeficientes de dilatação térmica. O experimento descreve a base de funcionamento de um termostato, utilizado em vários dispositivos de nosso cotidiano, como ferro de passar e geladeira. Esse experimento pode então ser utilizado como demonstração qualitativa do fenômeno de dilatação térmica em salas de aula do ensino médio.

2. INTRODUÇÃO

O experimento trata do fenômeno de dilatação térmica de sólidos e fenômenos que decorrem com variações deste comportamento de material para material, como o termostato.

O experimento consiste em manter materiais diferentes rigidamente ligados e de diferentes coeficientes de expansão térmica. Deste modo, quando submetidos a uma variação de temperatura, são forçados a se curvar, pois não se dilatam igualmente. Este comportamento pode ser utilizado para estabelecer ou interromper um circuito elétrico (base de funcionamento de um termostato). O fenômeno é ilustrado na figura 1.

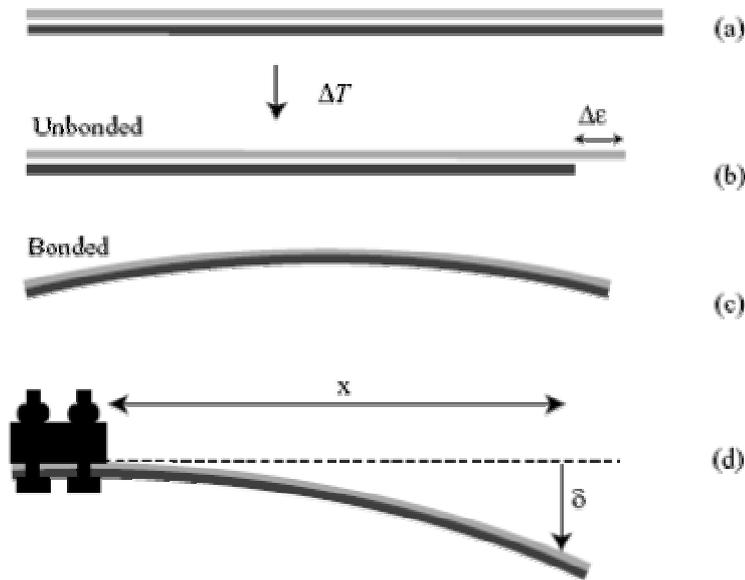


Figura 1 – Fenômeno – A diferença de comprimentos para diferentes temperaturas geram stress entre os materiais que os fazem curvar.

O termostato é utilizado para impedir que a temperatura de determinado sistema varie além de certos limites preestabelecidos. Um mecanismo desse tipo é composto, fundamentalmente, por dois elementos: um indica a variação térmica sofrida pelo sistema e é chamado elemento sensor; o outro controla essa variação e corrige os desvios de temperatura, mantendo-a dentro do intervalo desejado. Termostatos controlam a temperatura dos refrigeradores, ferros elétricos, ar condicionado e muitos outros equipamentos.

2. DESCRIÇÃO

A partir de um sistema de medição de stress em filmes finos, projetado e construído no grupo do professor orientador (sistema óptico em que um feixe de laser incide sobre uma amostra de filme fino mais substrato e determina sua curvatura), o professor orientador sugere a idéia de implementar um sistema semelhante, porém mais simples, com objetivo didático para o projeto de instrumentação para o ensino. A idéia é então adaptada e desenvolvida em conjunto com o aluno orientado.

Não se tem conhecimento de experimento semelhante realizado nesta ou em outra instituição.

O experimento consiste a princípio em medir a deflexão de distintos materiais, fixados por parafusos, através da reflexão de um laser comercial na superfície do conjunto.

Para aquecer o sistema será utilizado uma lâmpada dicróica, a qual possui a vantagem de não possuir inércia à dissipação como o caso de um contato metálico. Assim é buscado um experimento factível em tempo reduzido.

O projeto inicial é montar uma estrutura como a da figura 2.

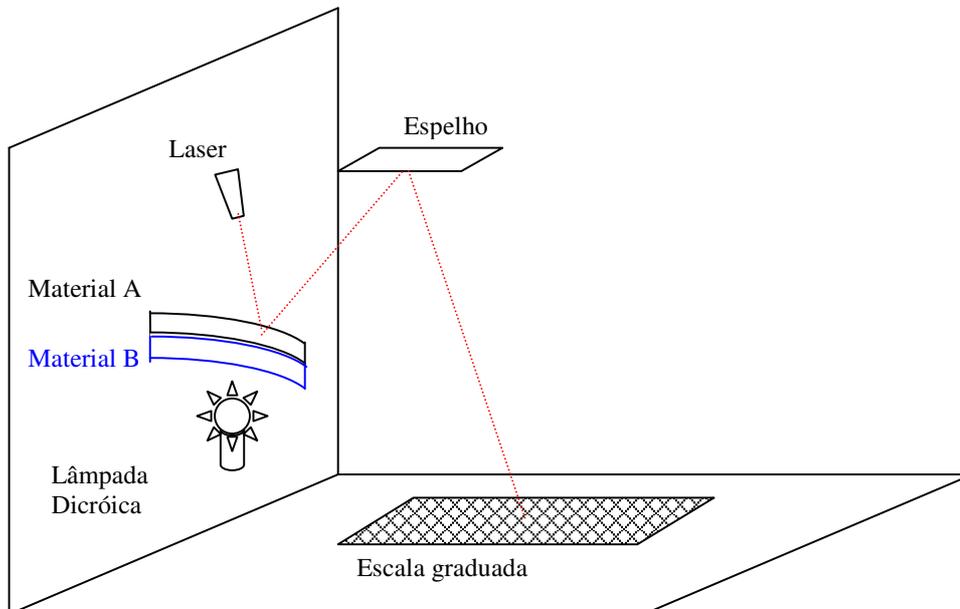


Fig. 2 – Montagem Experimental – o feixe de laser incide sobre a face do material, é refletido para o espelho e então para a escala graduada.

Diferentes materiais podem ser utilizados (material A e B da figura 2), preferencialmente materiais com coeficientes de dilatação térmica bastante distintos, o que implica em um ângulo de deflexão de maior percepção.

3. MATERIAL NECESSÁRIO:

A princípio serão necessários uma fonte de laser comercial, uma lâmpada dicróica, lâminas de alguns materiais e uma plataforma onde o experimento será montado, sendo que o primeiro já foi adquirido com recursos do aluno e o segundo, com do professor orientador.

4. MÉTODO:

Quando o equilíbrio térmico é alcançado, a curvatura resultante κ ; (recíproco do raio de curvatura) é relacionado ao ângulo de curvatura θ e distância x (fig. 3).

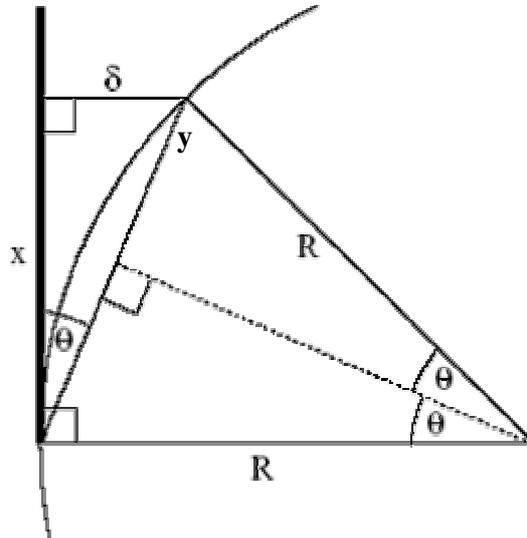


Figura 4 – Ângulo de deflexão – A curvatura é obtida através do ângulo de deflexão e do comprimento do material (aproximado por x).

A curvatura pode então ser obtida das relações geométricas abaixo:

$$\cos(\theta) = \frac{x}{y} \quad \text{sen}(\theta) = \frac{y}{2R} \quad \kappa = \frac{\text{sen}(2\theta)}{x}$$

A curvatura κ também pode ser obtida através de de propriedades e dimensões dos materiais, através da relação abaixo:

$$\kappa = \frac{6E_A E_B (h_A + h_B) h_A h_B \Delta \epsilon}{E_A^2 h_A^4 + 4E_A E_B h_A^3 h_B + 6E_A E_B h_A^2 h_B^2 + 4E_A E_B h_A h_B^3 + E_B^2 h_B^4}$$

Onde E_A e E_B são os módulos de Young, h_A e h_B são as espessuras dos mesmos e $\Delta \epsilon$ a diferença de comprimento (fig. 1), dada por:

$$\Delta \epsilon = (\alpha_A - \alpha_B) \Delta T$$

Onde α são as constantes de dilatação térmica dos materiais e ΔT a variação da temperatura, tomando como base temperatura ambiente (temperatura em que os materiais foram unidos).

Relacionando as curvaturas obtidas pelos dois métodos, podemos determinar a temperatura que as lâminas se encontram. Caso queiramos que o termostato acione à temperatura T , um contato deve ser instalado à uma distância $\delta(T)$ da posição original, dada pela relação abaixo:

$$\text{sen}(\theta) = \frac{\delta(T)}{y} \qquad \delta(T) = \frac{2\text{sen}^2\theta}{\kappa(T)}$$

Obtemos, portanto, uma relação entre a temperatura do material e δ , permitindo assim, a montagem de um termostato.

4. PLANO DE TRABALHO

Durante o próximo mês, testes deverão ser realizados através de uma montagem experimental provisória.

Após a fase de testes, a plataforma deve ser montada e diferentes materiais devem ser utilizados, desenvolvendo o conceito de stress, módulo de young e curvatura.

5. REFERÊNCIAS:

Sala de física:

<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica7/funciona/termostato.htm>

Texas A&M University Kingsville

<http://physics.tamuk.edu/~suson/html/1401/thermal.html>

University of Cambridge

<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/thermal-expansion/printall.php>