

Unicamp - IFGW
F 609 – Tópicos de Ensino de Física I

Relatório Final

**Demonstração da existência de dilatação térmica
e medida do coeficiente linear de dilatação**



Aluno: Nome: Felipe Mascagna Bittencourt Lima
e-mail: felipemblima@yahoo.com.br

RA: 060675

Orientador: Nome: Marcos Cesar de Oliveira
e-mail: marcos@ifi.unicamp.br

09/11/2008

Demonstração da existência de dilatação térmica e medida do coeficiente linear de dilatação

1) Descrição do Experimento

Nosso objetivo é mostrar a existência de dilatação térmica e medir o coeficiente linear médio de dilatação de um metal, no caso, o alumínio. Para isso usaremos um outro fenômeno físico: a reflexão em um espelho. O experimento é apropriado para alunos do ensino médio e sua montagem é muito simples:

Uma barra metálica, cuja expansão térmica desejamos estudar, é apoiada sobre dois suportes. Uma das extremidades da barra está fixa, enquanto a outra pode se expandir livremente e possui um pequeno espelho perpendicular, para onde é apontado um feixe de luz proveniente de um laser fixo que faz um certo ângulo com a normal do espelho. A barra é aquecida por uma canaleta sob a mesma que contém álcool em chamas e a expansão resultante disso faz com que o espelho se desloque para frente. Este deslocamento faz com que o feixe de luz refletido translade. Medindo então a distância, em um anteparo, entre o ponto onde incide o laser antes e depois da dilatação, podemos calcular o quanto a barra aumentou seu comprimento. Esse aumento é muito pequeno e não pode ser percebido a olho nu. Por isso usamos o anteparo de modo inclinado para fazer com que a distância que mediremos, mostrada na figura abaixo, seja maior e diminua nosso erro.

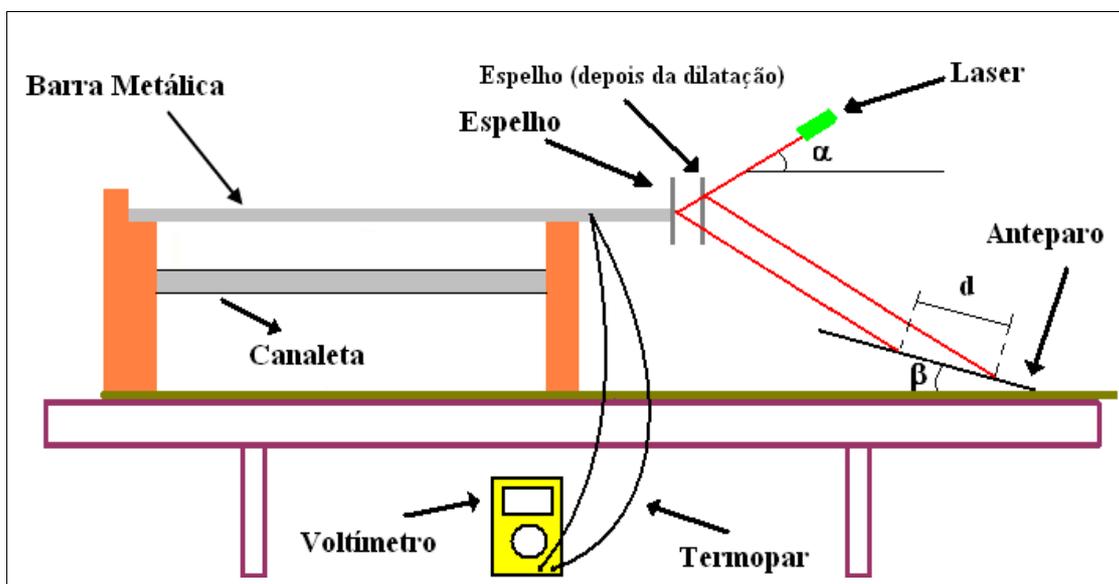


Figura 1: Esquema do experimento, visto de lado.

Assim, se conseguirmos medir a temperatura e o comprimento, inicial e final da barra, poderemos determinar qual é o coeficiente linear médio de dilatação do metal em questão. Para medirmos a temperatura, utilizaremos um termopar, que será ligado a um voltímetro.

Após descobriremos esse coeficiente, verificaremos, junto aos alunos, se o valor encontrado está próximo do real.

2) Importância Didática

Este experimento terá uma boa influência no aprendizado dos alunos do ensino médio, que poderão visualizar que um corpo realmente se dilata ao ser aquecido, não ficando apenas na teoria. Trabalharão também com o conceito de reflexão em um espelho, que é aprendido separadamente das outras matérias de física.

Além disso, provavelmente os alunos ficarão maravilhados se conseguirem calcular o valor do coeficiente linear de dilatação, que é sempre dado nos exercícios que fazem. Descobrirão que eles também podem “fazer a física”.

3) Originalidade

Um experimento, parecido, de dilatação já é conhecido, mas utiliza uma maneira diferente de se calcular a expansão da barra metálica. O método de se utilizar um espelho na ponta da barra é original, e faz com que conceitos de ótica sejam também trabalhados.

4) Lista de materiais

- Barra de alumínio de aproximadamente 60 cm;
- Suportes (para a barra, para o laser e para o anteparo);
- Canaleta de ferro, que será fixada nos suportes da barra;
- Álcool;
- Termopar;
- Voltímetro;
- Espelho;
- Laser;
- Anteparo (de cartolina, por exemplo);
- Régua;
- Cola;
- Fita crepe;
- Tábua para sustentar tudo.

5) Dificuldades Encontradas

Durante a montagem do experimento, uma das dificuldades ocorreu quando eu estava usando um cano de cobre como barra para dilatar, porque, ao colocar fogo na canaleta, pelo anteparo via-se que o cobre estava se dilatando. Porém, algum tempo depois e antes que o fogo acabasse, parecia que a haste estava “encolhendo”, quando percebi que por ser uma barra oca, ao ficar muito aquecida, ela começou a entortar, fazendo com que o feixe de luz me “informasse” que a barra estava diminuindo. O problema foi resolvido trocando-se esta por uma barra maciça de alumínio.

Outro problema encontrado foi quanto ao uso do termopar. Inicialmente, eu estava usando uma haste de alumínio presa no centro da barra, que estava fazendo com que o voltímetro demorasse para detectar mudança na temperatura devido ao pouco contato com a barra. O problema foi solucionado tirando-se a haste e colocando-se o termopar diretamente na barra por meio de uma fita, fora da área de contato com a chama, porém próxima o bastante para detectar a temperatura correta.

6) Fotos do Experimento



Foto 1: Experimento montado e com o laser ligado. (A barra é de alumínio e no anteparo está colado um papel milimetrado).

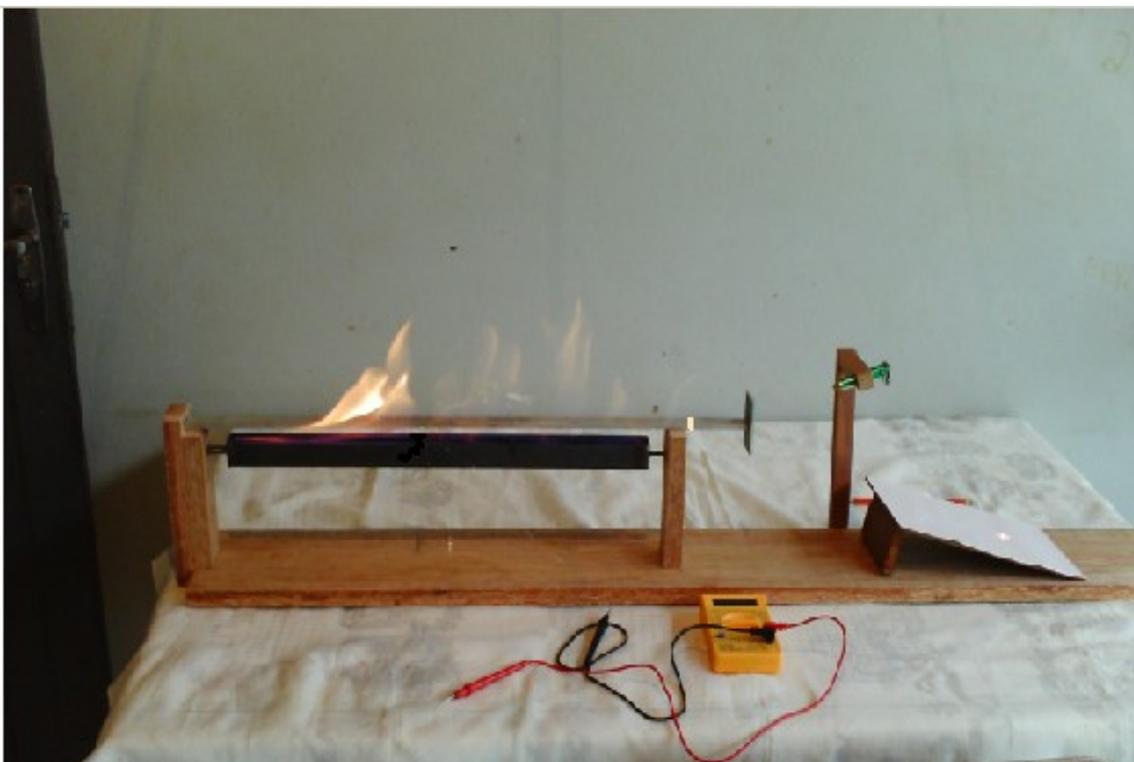


Foto 2: Experimento em funcionamento (o ponto onde o feixe do laser incide no anteparo vai mudando de posição).

7) O Experimento

7.1) Procedimento

Inicialmente, meçamos o comprimento inicial L_0 da barra.

Depois devemos medir a distância d no anteparo relativa a distância entre onde o feixe de luz do laser incide antes e depois da expansão da haste. Sabendo essa distância, poderemos determinar quanto a barra dilatou (ΔL) pela seguinte fórmula:

$$\Delta L = (d/2) \cdot (\cos \beta - (\sin \beta) / (\operatorname{tg} \alpha)) \quad (1)$$

onde β é o ângulo de inclinação do anteparo (em amarelo na figura abaixo) e α é o ângulo de inclinação do laser (em azul na figura abaixo) com relação à reta paralela a normal ao espelho.

Feito isso, devemos verificar quantos milivolts o voltímetro está indicando e, usando a tabela em anexo, determinaremos qual a diferença entre a temperatura inicial e final da barra, ΔT . A tabela nos dará esse valor diretamente.

Agora, com todos esses dados em mãos, e sabendo que da teoria de dilatação linear $\Delta L = L_0 \cdot c \cdot \Delta T$, onde c é o coeficiente de dilatação linear, podemos determinar o valor médio de c por $c = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$.

O resultado esperado é cerca de $c = 2,4 \cdot 10^{-5}$.

7.2) Teoria

Demonstração de (1):

Analisando a figura abaixo, podemos mostrar que todos os ângulos em azul são iguais por serem correspondentes ou alternos internos uns aos outros.

Temos também que

$$\operatorname{tg} \alpha = (d \sin \beta) / z \Rightarrow z = (d \cdot \sin \beta) / (\operatorname{tg} \alpha)$$

Além disso,

$$y = d \cos \beta - z \Rightarrow y = d \cdot (\cos \beta - (\sin \beta) / (\operatorname{tg} \alpha))$$

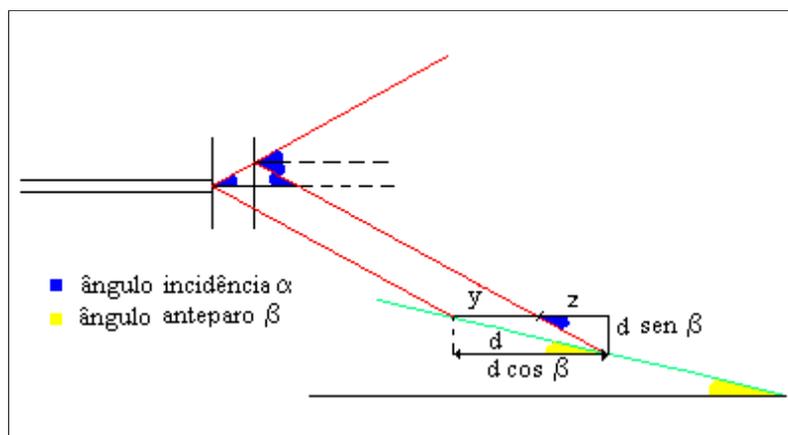


Figura 2: Figura para demonstração

Observando o triângulo formado pela normal do espelho e pelos raios de luz antes e depois da dilatação, vemos que é isósceles e tem o “espelho depois da dilatação” coincidindo com a altura. Num triângulo isósceles a altura divide a base em duas partes

iguais. A base deste triângulo tem medida igual a y e portanto $\Delta L = y/2$ o que nos remete a fórmula expressa anteriormente.

Mais teoria sobre dilatação linear encontra-se em anexo, nas referências citadas.

8) Pesquisa Realizada e Referências

No Google, usei a seguinte palavra-chave: “experimento” de dilatação da barra de alumínio. Assim encontrei experimentos que se assemelham ao que eu e meu orientador criamos. Duas referências são importantes de se citar:

- Monografia de Luiz Fernando de Souza: Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento – Nos introduz a teoria sobre a dilatação térmica e nos mostra um experimento que prevê apenas mostrar que a dilatação realmente ocorre. Site: <http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/inic/luizfernando/monografiaLuizFernando.pdf>
- Laboratório de Física Térmica: Coeficiente de dilatação linear, Universidade Católica de Brasília – Mostra um experimento que prevê o cálculo do coeficiente de dilatação linear de uma haste metálica, porém usa uma montagem diferente da expressa aqui. Site: <http://www.fisica.ucb.br/sites/000/74/00000008.pdf>

9) Declaração do orientador e sua opinião

Meu orientador, o Professor Marcos Cesar de Oliveira, concorda com o expressado neste relatório final e deu a seguinte opinião:

“Os objetivos iniciais foram plenamente alcançados. O aluno implementou com sucesso um experimento capaz de permitir a inferência do coeficiente de dilatação de uma barra metálica qualquer através do deslocamento de um feixe de luz refletido pela barra. A idéia foi bastante original e permite a discussão de diversos conceitos na apresentação do experimento, tais como dilatação térmica, propagação de luz e espelhos planos. O relatório mostra de forma clara estes resultados.”

Observação: Comentário do orientador com relação ao relatório parcial:

“O relatório do aluno demonstra de forma clara seu adiantamento na realização da montagem experimental proposta. O experimento está pronto e faltam agora apenas alguns ajustes e calibrações de tal forma que a demonstração para os alunos transcorra bem. Os problemas encontrados pelo aluno, na aquisição do termômetro foram contornados muito bem com a utilização de um termopar acoplado a um voltímetro. Além disso foi interessante a observação da deformação do tubo oco e sua substituição por uma barra sólida. A meu ver o relatório e o experimento está muito bom, restando agora a exploração dos conceitos que podem ser transmitidos aos alunos na demonstração.”

10) Agradecimentos

Agradeço meu pai Benedito Luiz Bittencourt Lima por ter me ajudado a montar o experimento, Adelino A. Coelho por ter me fornecido o termopar e sua tabela e meu orientador Marcos Cesar de Oliveira pelas boas idéias que me deu para o experimento.