

# Temperatura em função do tempo no estiramento da borracha

## Equipamento

Elástico (p.ex. 3 x 20 x 50 mm) com termopar  
Registrador gráfico  
Dois cabos

## Produtos químicos:

–

## Segurança:

Recomenda-se o uso de óculos de segurança. Deve-se certificar-se de que o elástico não se rompa ou se solte bruscamente.

## Procedimento:

Primeiramente, o termopar é conectado ao registrador gráfico por meio dos cabos. Em seguida, a posição zero do registrador gráfico é ajustada para o centro do papel (50%) e o elástico é esticado e depois relaxado várias vezes. A faixa de medição deve ser escolhida de acordo com o termopar utilizado, o avanço do papel deve ser de cerca de 250 mm/min.

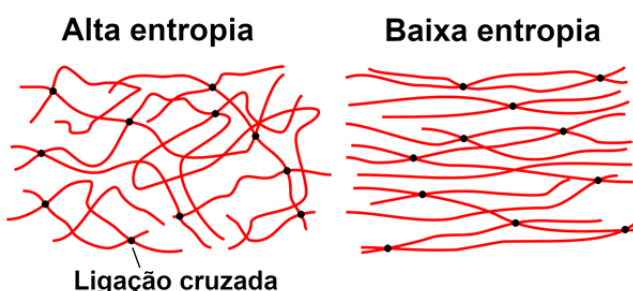
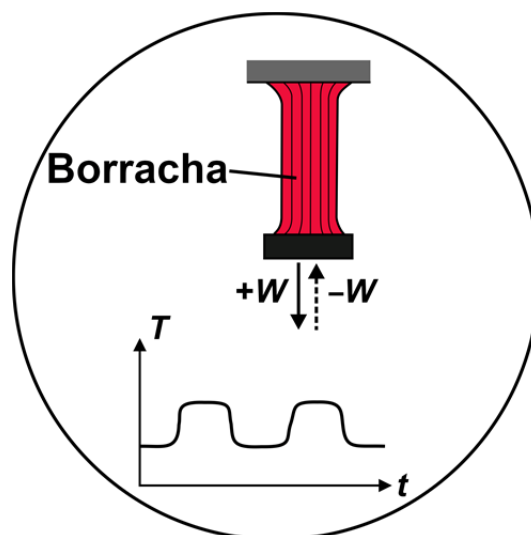
## Observação:

Durante a expansão, a temperatura aumenta, enquanto a temperatura diminui novamente quando o elástico encolhe. Essa mudança de temperatura pode ser observada independentemente de quantas vezes o experimento seja repetido. O gráfico de  $T$  (temperatura) em função de  $t$  (tempo) se assemelha a uma onda quadrada.

## Explicação:

O efeito do aumento da entropia na borracha é diferente do que ocorre na maioria das substâncias: enquanto sólidos, líquidos e gases geralmente se expandem com o aumento da temperatura, a borracha se contrai quando aquecida. Em contrapartida, uma substância como a borracha, que se contrai quando a entropia lhe é adicionada, ficará mais quente ao ser esticada. Quando se deixa o elástico contrair, acontece exatamente o contrário. Portanto, um elástico que é esticado e depois relaxado, primeiro ele fica quente e depois volta a ficar frio. A energia exigida pela primeira etapa pode ser recuperada. Esse processo é reversível. Quase não há geração de entropia, pois no final o elástico está tão frio quanto estava no início.

O comportamento incomum da borracha deve-se à estrutura molecular. A borracha é constituída de longuíssimas cadeias de moléculas polimerizadas. Essas cadeias têm comprimentos aleatórios e permanecem unidas por forças intermoleculares fracas, e também se ligam em certos



pontos por ligações covalentes de dissulfeto (ligações cruzadas). As ligações cruzadas são geradas na vulcanização da borracha. Elas impedem que as cadeias poliméricas se movam de maneira independente (como, por exemplo, os fios de massa de um prato de macarrão poderiam fazer). No estado não-tensionado, as cadeias estão dobradas e emaranhadas. Se alguém estica a borracha, os emaranhados desordenados se alinham até certo ponto; a “desordem” e, portanto, a entropia diminui. O excesso de entropia tende a ser transferido para os arredores, o que provoca o aumento de temperatura observado. Quando o elástico relaxa, as cadeias poliméricas se enrolam novamente; a entropia necessária é “absorvida” do ambiente, o que causa a diminuição da temperatura. O experimento demonstra o caráter entrópico da elasticidade da borracha.

### **Suplemento:**



Fonte: Alex Seeley, [www.physlink.com](http://www.physlink.com)

O experimento pode ser adaptado de maneira simplificada para a vida cotidiana: Encosta-se um elástico largo no lábio superior, que é muito sensível às mudanças de temperatura. Após um curto período de espera para equalização da temperatura, estica-se rápida e fortemente o elástico, e imediatamente encosta-se de novo no lábio superior. Dá pra perceber uma sensação de calor. Quando um elástico que estava esticado encolhe ao comprimento original e imediatamente é encostado no lábio superior, pode-se perceber um resfriamento.

### **Descarte:**

—