

O calor tem dois efeitos fundamentais sobre a matéria: pode alterar sua temperatura e seu tamanho ou mudar seu estado físico, entrando em ebulição, condensando, derretendo ou congelando substâncias. Neste tópico, você vai estudar com mais detalhes esses efeitos do calor sobre a matéria.



O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem ao lado mostra latinhas de bebidas gelando numa caixa térmica com gelo. Reflita e responda:

- Se o dia for de Sol, o gelo absorve energia dele?
- O que acontece com o gelo quando ele está recebendo a energia solar?
- As bebidas na lata absorvem a luz e o calor que vêm do Sol?
- Toda vez que é fornecido calor a uma substância, ela muda de temperatura?



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.



Mudanças de estado físico da matéria

O estado físico de uma substância é determinado pela ligação entre as moléculas que a constituem. Dependendo da maior ou menor associação entre elas, a matéria é encontrada em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

No estado sólido, as moléculas estão mais próximas e mais presas entre si do que no estado líquido. Já no estado gasoso, as moléculas que constituem o gás estão praticamente soltas no espaço. Quando uma substância muda de estado, sofre alterações em suas características macroscópicas (volume, forma etc.) e microscópicas (arranjo das partículas), mas não em sua composição. Observe a tabela a seguir, que apresenta alguns exemplos:



Propriedades dos estados físicos da matéria

Propriedade	Sólido	Líquido	Gás (vapor)
Forma	Definida	Indefinida	Indefinida
Volume	Definido	Definido	Indefinido
Interação molecular	Muito forte (pouco movimento)	Forte	Fraca
Exemplos (à temperatura ambiente)	NaCl (sal) C ₆ H ₁₂ O ₆ (glicose)	H ₂ O (água) Hg (mercúrio)	H ₂ (hidrogênio) CO ₂ (gás carbônico)



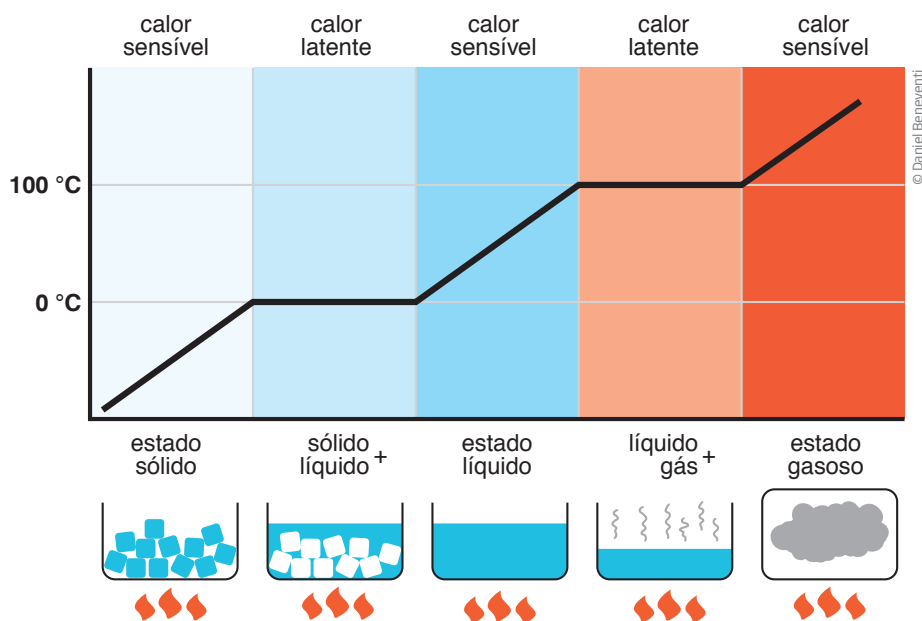
Calor sensível e calor latente

O calor fornecido a uma substância pode ser utilizado para elevar sua temperatura pelo aumento da energia cinética de suas moléculas ou para reorganizar toda a estrutura molecular do material, alterando seu estado físico. Nesse caso, sua temperatura permanece constante até que se complete a transição. Por isso, podem-se distinguir duas formas de calor: o **calor sensível** e o **calor latente**.

O calor trocado entre diferentes substâncias pode ser **sensível**, quando sua temperatura varia e seu estado físico não se altera, ou pode ser **latente**, quando sua temperatura permanece constante e seu estado físico se altera (fusão ou ebulição, ao ganhar energia, ou condensação e solidificação, ao perder energia).

Para mudar de estado físico, uma substância precisa estar a uma temperatura específica, chamada ponto de fusão (ou solidificação) ou de ponto de ebulição

(ou condensação). No caso da água, para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP), essa temperatura é de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o ponto de fusão (ou solidificação) e de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o ponto de vaporização (ou condensação).



O gráfico acima mostra qualitativamente como a temperatura das pedras de gelo varia em função da quantidade de calor que elas recebem.

Calor sensível

Para cozinhar, pode-se colocar água em uma panela, geralmente à temperatura ambiente, para esquentar no fogão. Durante algum tempo, a água recebe do fogo uma quantidade de calor sensível, fazendo que ela se aqueça. O calor sensível é a energia térmica utilizada para alterar a energia cinética das moléculas que compõem a água, alterando sua temperatura.

Quantidade de calor sensível

Quando é fornecido calor a uma substância e ela muda de temperatura, mas continua no mesmo estado, a energia recebida se chama calor sensível. Para produzir uma variação de temperatura em um corpo, a quantidade de calor sensível trocada depende de três fatores:

- I. **massa do corpo (m):** quanto maior a massa, menor será a variação na temperatura;
- II. **calor específico do material, que constitui o corpo (c):** aquecer um 1 kg de água é diferente de aquecer 1 kg de ferro, por exemplo;

III. variação de temperatura produzida (ΔT): quanto maior a quantidade de calor envolvida, maior a variação de temperatura e mais calor será trocado.

Sintetiza-se a relação entre esses fatores na seguinte equação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Q: quantidade de calor (medida em cal);
m: massa do corpo (medida em g);
c: calor específico do material que constitui o corpo (em cal/g · °C);
 ΔT : variação de temperatura (em °C).

O calor específico (**c**) informa se é fácil ou difícil variar a temperatura de um material. Quanto maior o calor específico de uma substância, mais difícil será alterar sua temperatura, ou seja, será necessária mais energia para aquecê-la ou resfriá-la. O calor específico informa também quantas calorias são necessárias para aquecer (ou resfriar) 1 g de uma substância em 1 °C. Por definição, o calor específico da água é 1 cal/g · °C, ou seja, é preciso 1 cal para que 1 g de água seja aquecido a 1 °C.

Exemplo 1

Qual é a quantidade de calor necessária para aquecer 200 g de água de 25 °C a 75 °C? A água deve receber ou perder essa quantidade de calor?

Como $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, então $Q = 200 \cdot 1 \cdot (75 - 25) = 200 \cdot 50 = 10.000 \text{ cal} = 10 \text{ kcal}$.

Como a água precisa de energia para se aquecer, ela recebe calor (representado pelo valor positivo de calorias, **Q**, na equação).

Exemplo 2

Se forem retiradas 2.500 cal de 50 g de água que está a 80 °C, qual será sua nova temperatura?

Retirar 2.500 cal significa que a água perderá calor, ou seja, a quantidade de calor será negativa (Q será negativo na equação).

Como $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, então:

$$-2.500 = 50 \cdot 1 \cdot (T_f - 80) \Rightarrow \frac{-2.500}{50} = (T_f - 80) \Rightarrow -50 = T_f - 80; \text{ logo, } T_f = 30 \text{ °C}.$$

ATIVIDADE 1 Calor específico

1 Uma pessoa foi ao mercado e comprou 1 L de água e outro de leite, 200 g de queijo, de manteiga, de carne de vaca, de tomates e de presunto. Ao chegar

em sua casa, colocou tudo na geladeira para resfriar. Consultando a tabela a seguir, responda:

Substância	Calor específico (cal/g · °C)
Água	1,00
Gelo	0,50
Cobre	0,09
Ferro	0,11
Aço	0,12
Alumínio	0,22
Madeira	0,60
Vidro	0,16
Manteiga	0,60
Ovos	0,76
Laranja	0,89
Leite	0,94
Queijo	0,70
Carne de porco	0,50
Carne de galinha	0,80
Carne de vaca	0,77
Peixe	0,84
Presunto	0,70
Tomate	0,97
Batata	0,78
Mel	0,36
Ar	0,24
Sorvete	0,70
Vapor de água	0,45

PORTAL da Refrigeração. Disponível em:
<http://www.refrigeracao.net/Topicos/calor_temperatura.htm>. Acesso em: 27 jan. 2015.

Qual desses líquidos, água ou leite, vai resfriar mais rapidamente? Justifique.

2 Utilizando a equação dada, calcule a quantidade necessária de calor para aquecer 500 g de água de 20 °C a 80 °C.

Calor latente

Quando uma substância está mudando de fase, ela utiliza energia térmica para reorganizar sua estrutura molecular, mantendo sua temperatura constante. Chama-se de **calor latente** a energia térmica utilizada para modificar a estrutura molecular de uma substância, sem alterar sua temperatura.

Quantidade de calor latente

A quantidade de calor necessária para que uma substância mude de fase depende de dois fatores:

I. **massa do corpo (m)**: quanto maior a massa, maior será a quantidade necessária de calor para modificar sua estrutura;

II. **material que constitui o corpo (L)**: é diferente derreter 1 kg de ferro e 1 kg de gelo.

Sintetiza-se a relação entre esses fatores na seguinte equação:

Q: quantidade de calor latente (medida em cal);

$Q = m \cdot L$ m: massa do corpo (em g);

L: calor latente de mudança de fase do material que constitui o corpo (em cal/g).

O calor latente de mudança de fase do material que constitui o corpo (L) informa a quantidade de energia necessária para alterar o estado físico da unidade de massa de uma substância. Na realidade, há diferentes calores latentes para diferentes transições. Por exemplo, o calor latente na transição do gelo para a água é diferente do calor latente na transição da água para o vapor.

Quanto maior for o calor latente de uma substância, mais difícil será alterar seu estado físico, ou seja, será necessária mais energia para alterá-lo. Quando se tem,

por exemplo, que o calor latente de fusão da água vale 80 cal/g, isso quer dizer que, para derreter (ou congelar) 1 g de água será preciso fornecer (ou retirar) 80 cal. Já para 1 g de água entrar em ebulição será preciso fornecer 539 cal/g.

Exemplo 1

Qual é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma pedra de gelo de 50 g, a 0 °C, para que ela derreta completamente?

Como $Q = m \cdot L$, então: $Q = 50 \cdot 80 = 4.000 \text{ cal} = 4 \text{ kcal}$.

Exemplo 2

Qual é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma pedra de gelo de 40 g, a 0 °C, para que ela se transforme em água a 30 °C?

Inicialmente será preciso derreter o gelo. Para isso, são necessárias 3.200 cal, pois $Q = m \cdot L = 40 \cdot 80 = 3.200 \text{ cal}$.

Agora, o gelo derreteu e virou água a 0 °C. Então, para aquecer essa água a 30 °C, será necessário: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 40 \cdot 1 \cdot (30 - 0) = 40 \cdot 30 = 1.200 \text{ cal}$.

Portanto, ao todo serão necessárias 3.200 cal para derreter o gelo mais 1.200 cal para aquecer a água de 0 °C a 30 °C, ou seja, $3.200 + 1.200 = 4.400 \text{ cal} = 4,4 \text{ kcal}$.

ATIVIDADE 2 Calor latente

O quadro abaixo indica os valores do calor latente de algumas substâncias.

Material	Calor latente de fusão (cal/g)	Calor latente de ebulição (cal/g)
Ferro	64,4	1.515
Cobre	51	1.290
Ouro	15,8	377
Chumbo	5,5	208
Estanho	14	721
Enxofre	9,1	78
Água	79,71	539,6
Mercúrio	2,82	68
Etanol	24,9	204
Nitrogênio	6,09	47,6
Oxigênio	3,3	50,9

1 Qual desses materiais derrete mais facilmente? Qual deles ferve mais facilmente? Justifique.

2 Qual transformação consome mais energia: congelar ou ferver a água? Justifique.

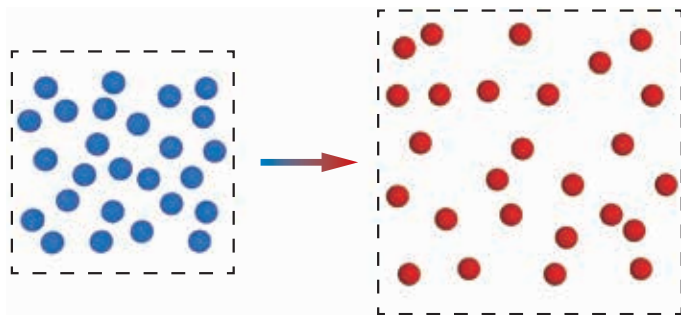
3 Quantas calorias seriam necessárias para derreter 0,5 kg de gelo que já está à temperatura de 0 °C?



A dilatação dos corpos

Quando um corpo recebe calor, suas moléculas passam a vibrar com mais energia e, como consequência, ocupam mais espaço. Por isso, um dos efeitos mais evidentes do aquecimento dos corpos é o aumento de tamanho. Esse aumento no volume dos corpos é chamado de **dilatação** (você já viu um pouco a respeito desse assunto nesta Unidade, na Atividade 2 – *Quanto mais agitado, mais espaçoso!*, do Tema 1). A dilatação dos materiais tem sido utilizada inclusive para a construção de diversos tipos de termômetro.

Sólidos, líquidos e gases dilatam-se de maneira diversa, de acordo com as características de cada um. Em geral, os sólidos se dilatam menos do que os líquidos, e estes menos do que os gases.



A dilatação térmica é resultado do aumento na energia de vibração das moléculas. Com o aumento de sua movimentação, cada átomo ou molécula necessita de mais espaço livre e, com isso, empurra outro átomo ou molécula, fazendo que o tamanho do corpo aumente.

A dilatação e a contração térmica dos sólidos e dos líquidos dependem de três fatores:

I. do tamanho original do objeto (ℓ_0): quanto maior o tamanho (ℓ_0), maior será a dilatação;

II. do material do qual o objeto é feito: a dilatação e a contração térmica apresentam maior efeito em alguns materiais do que em outros. Essa facilidade com que uma substância se dilata ou se contrai é expressa pelo seu coeficiente de dilatação α (lê-se “alfa”). Quanto maior o coeficiente de dilatação de um corpo, mais facilmente ele se dilata ou se contrai;

III. da variação de temperatura do material (ΔT): quanto maior a variação de temperatura, maior a variação no tamanho do objeto.

Assim, para uma barra metálica de comprimento inicial ℓ_0 , a variação de tamanho será:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

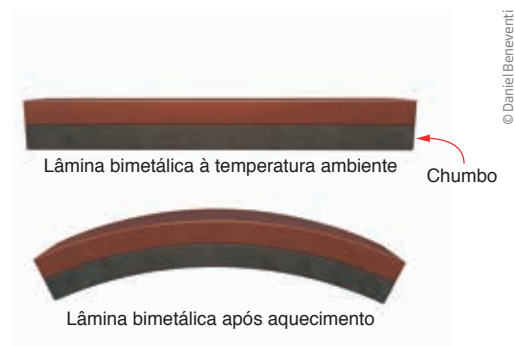
Em sólidos e líquidos, α varia bem pouco com a temperatura. Em gases, o volume cresce linearmente com a temperatura e decresce com a pressão.

ATIVIDADE 3 Dilatação

Lâminas bimetálicas são dispositivos compostos de duas lâminas de materiais diferentes, presas uma na outra, por meio de solda ou arrebites. Quando aquecidas, elas se curvam em razão da diferença na dilatação dos materiais que as compõem. O quadro a seguir mostra uma lâmina bimetálica na qual um dos materiais é o chumbo. Consultando-o, identifique qual é o material que compõe a outra lâmina. Justifique sua resposta.

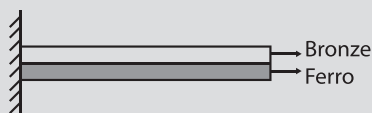
Material	Coeficiente de dilatação linear (α) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Aço	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Chumbo	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Ferro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Zinco	$6,4 \cdot 10^{-5}$
Latão	$2,0 \cdot 10^{-5}$

Fonte: CONEXÃO Física. Disponível em: <<http://www.cultura.ufpa.br/petfisica/conexaofisica/termo/025.html>>. Acesso em: 17 out. 2014.

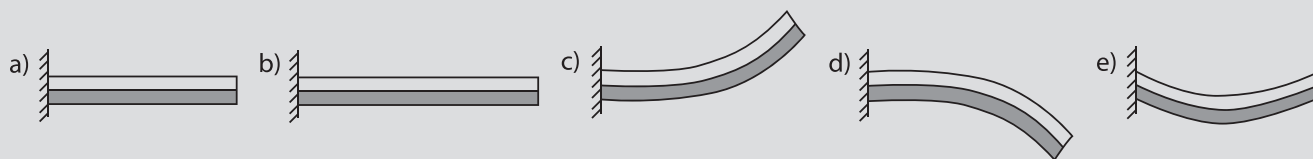


DESAFIO

Uma lâmina bimetálica de bronze e ferro, na temperatura ambiente, é fixada por uma de suas extremidades, como visto na figura abaixo. Nessa situação, a lâmina está plana e horizontal.



A seguir, ela é aquecida por uma chama de gás. Após algum tempo de aquecimento, a forma assumida pela lâmina será mais adequadamente representada pela figura:



NOTE E ADOTE:

O coeficiente de dilatação linear do ferro é: $1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

O coeficiente de dilatação linear do bronze é: $1,8 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Após o aquecimento a temperatura da lâmina é uniforme.

Fuvest 2014. Disponível em: <http://www.fuvest.br/vest2014/provas/prova_fuv2014_1fase.pdf>. Acesso em: 17 out. 2014.

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Calor específico

1 O leite, pois tem menor calor específico. Ele precisa de 0,94 cal para cada grama variar $1 \text{ } ^\circ\text{C}$, enquanto a água precisa de um pouco mais: 1 cal para cada $1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

2 Por meio da equação, determina-se quanta energia seria consumida para aquecer 0,5 kg de água de $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $80 \text{ } ^\circ\text{C}$. Consultando a tabela fornecida, constata-se que o calor específico da água vale $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 500 \cdot 1 \cdot (80 - 20) \Rightarrow Q = 30.000 \text{ cal.}$$

Atividade 2 - Calor latente

- 1 O mercúrio derrete mais facilmente, pois possui o menor calor latente de fusão; e o nitrogênio ferve mais facilmente, pois possui o menor calor latente de ebulição.
- 2 A ebulição, pois o calor latente de ebulição da água é maior.
- 3 Consultando o quadro fornecido na atividade, pode-se constatar que o calor latente de fusão do gelo vale 79,71 cal/g, então:

$$Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 500 \cdot 79,71 \Rightarrow Q = 39.855 \text{ cal} \cong 40 \text{ kcal.}$$

Atividade 3 - Dilatação

Zinco, pois é o único que tem coeficiente de dilatação maior que o do chumbo, fazendo que essa parte do par bimetálico se curve nessa direção.

Desafio

Alternativa correta: **d**. Observe os dados apresentados em *Note e adote*, na questão. Como o bronze dilata mais do que o ferro, a barra vira para baixo.



Registro de dúvidas e comentários

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.