

Autoria:
João Paulo Procópio
Edição de texto
Érick Teodósio

Calorimetria

Calor sensível

Calor sensível é o calor que, recebido ou cedido por um corpo, provoca variação de temperatura.

Cálculo da quantidade de calor sensível

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

Q → Quantidade de calor sensível
 m → Massa
 c → Calor específico
 ΔT → Variação da temperatura

Como o calor é a energia térmica em movimento, sua unidade é a massa de energia.

No MKS → Joule
No CGS → erg

Outra unidade também é utilizada frequentemente: a caloria (cal). A relação entre caloria e joule é dada por:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Capacidade térmica (C)

A capacidade térmica indica a quantidade de calor que um corpo precisa receber ou perder para variar em 1° (um grau) a sua temperatura.

$$C = m \cdot c$$

Como visto anteriormente:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow Q_s = C \cdot \Delta T$$

Q_s → Calor sensível
 C → Capacidade térmica
 ΔT → Variação de temperatura

Calor latente

O calor latente produz mudança de fase em um corpo. Consequentemente, mantém sua temperatura constante.

$$Q_L = m \cdot L$$

Q_L → Quantidade de calor latente
 m → Massa da substância
 L → Calor latente de mudança

Nem o calor específico sensível nem a capacidade térmica são constantes com a temperatura. O calor específico sensível informa a quantidade de calor necessária para que cada unidade de massa de um corpo tenha sua temperatura variada em uma unidade.

Saiba mais

Equivalência em água

Se um corpo é equivalente a uma massa de água, significa que sua capacidade térmica é igual à capacidade térmica daquela massa de água ($c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$).

$$C_{\text{corpo}} = C_{\text{água}} \Rightarrow C_{\text{corpo}} = m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \Rightarrow C_{\text{corpo}} = m_{\text{água}}$$

Exemplo:

Se um corpo é equivalente a 30 g de água ⇒

$$C_{\text{corpo}} = 30 \text{ cal}/^\circ\text{C}, \text{ e vice-versa.}$$

Sistema físico termicamente isolado

Um sistema é classificado como isolado quando seus componentes não trocam calor com o meio exterior.

Calorímetro

Calorímetro é um recipiente cujo interior funciona como um sistema termicamente isolado.

O calorímetro ideal não troca calor com o exterior, mas pode ou não participar de trocas energéticas com os corpos nele colocados.

Trocas de calor

Dois ou mais corpos, com temperaturas diferentes, quando colocados em um calorímetro, trocam calor entre si até atingirem o equilíbrio térmico (temperaturas iguais).

Lei Geral das Trocas de Calor

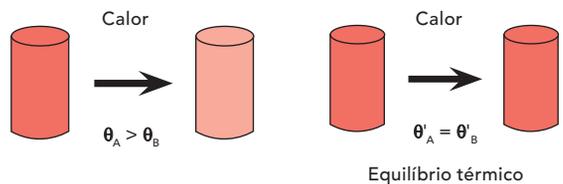
Em um calorímetro, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas entre os corpos é nula, ou seja:

$$\Sigma Q = 0$$

$$|\text{Calor cedido}| = |\text{Calor recebido}|$$

Convencionando-se:

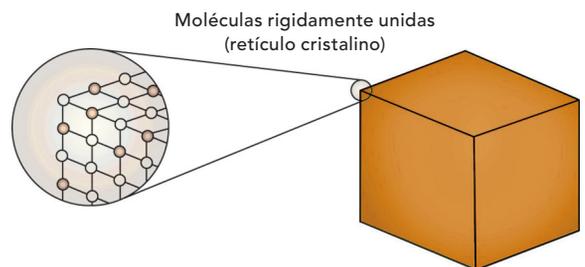
$$\begin{cases} Q > 0 \rightarrow \text{Calor recebido} \\ Q < 0 \rightarrow \text{Calor cedido} \end{cases}$$



$$\Sigma Q_{\text{trocados}} = 0 \quad \longleftrightarrow \quad Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

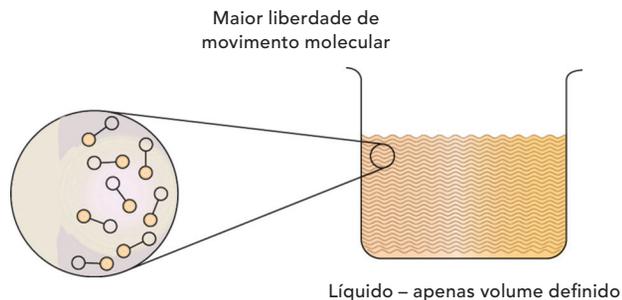
Estados físicos da matéria

A matéria pode apresentar três estados físicos distintos: **sólido**, **líquido** e **gasoso**. Na fase sólida, as moléculas estão dispostas com regularidade, em um arranjo especial denominado **retículo cristalino**.

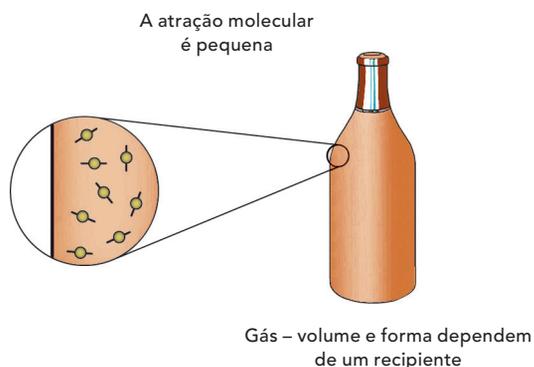


Sólido – forma e volume definidos

Na fase líquida, as distâncias médias entre as moléculas são bem menores que nos gases à mesma pressão. A forma é variável e o volume é constante.



Na fase gasosa, a substância não apresenta forma nem volume definidos.



Mudanças de estado físico

Uma substância pode passar de um estado físico para outro por meio do recebimento ou do fornecimento de calor.



- **Fusão** – É a passagem de uma substância do estado sólido para o líquido.
- **Solidificação** – É a passagem do estado líquido para o sólido.
- **Vaporização** – É a passagem do estado líquido para o gasoso.
- **Condensação** – É a passagem do estado gasoso para o líquido.
- **Sublimação** – É a passagem direta do estado sólido para o estado gasoso, ou vice-versa.

Fusão

Leis da fusão

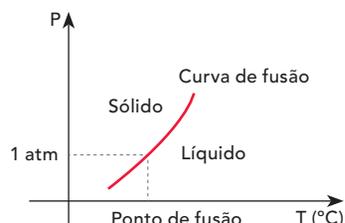
- Em uma dada pressão, cada substância possui a sua temperatura de fusão.
- Sob pressão constante, a temperatura do corpo não varia durante a fusão.

Influência da pressão na fusão

Durante a fusão, a maioria das substâncias sofre aumento de volume; algumas, no entanto, como a água, o bismuto e o antimônio, comportam-se de maneira inversa.

Curva de fusão

Substância que aumenta de volume após a fusão



Com o aumento da pressão, aumenta a temperatura de fusão.

Substância que diminui de volume após a fusão

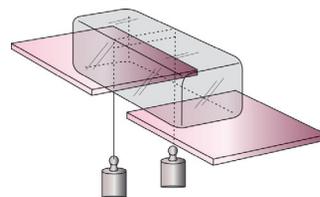


Quando se aumenta a pressão, a temperatura de fusão da substância diminui.

Saiba mais

Regelo – Experiência de Tyndall

Toma-se um bloco de gelo a uma temperatura inferior a 0 °C e coloca-se sobre ele um fio preso a dois pesos convenientes. Com o fio sobre o gelo, a pressão aumenta, e, sob o fio, o ponto de fusão do gelo diminui, ocorrendo a fusão. A água, livre da pressão exercida pelo fio, volta a se congelar. O fio passa pela barra sem decepá-la em duas partes.



Sobrefusão

Ocorre o fenômeno da sobrefusão (ou superfusão) quando uma substância líquida, mesmo a uma temperatura abaixo do ponto de solidificação, mantém o seu estado de agregação, porém, em um elevado grau de instabilidade, podendo sofrer congelamento após mínima agitação do sistema.

A temperatura mais baixa da água já medida em uma sobrefusão foi de aproximadamente -20 °C.

Solidificação

Nas substâncias puras, o ponto de fusão e o ponto de solidificação coincidem se a pressão for mantida constante.

Vaporização

A vaporização pode ocorrer de três maneiras: **ebulição**, **evaporação** e **calefação**.

Ebulição

Ebulição é a mudança de fase sob determinada pressão e temperatura.

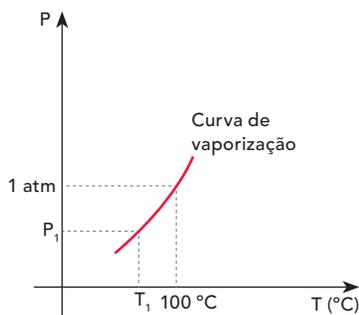
Exemplo: a água entra em ebulição a 100 °C e à pressão de 1 atm.

Leis da ebulição

- Sob certa pressão, cada substância possui sua própria temperatura de ebulição.
- Durante a ebulição, a temperatura permanece constante.

Local	Altitude em relação ao nível do mar	Temperatura de ebulição da água
Monte Everest	8848 m	72 °C
Quito	2800 m	90 °C
Brasília	1172 m	98 °C
São Paulo	731 m	98 °C
Santos	0	100 °C
Mar Morto	-395 m	101 °C

O gráfico a seguir relaciona a pressão e a temperatura de ebulição da água.



Evaporação

Evaporação é um processo bem lento e acontece apenas na superfície do líquido, podendo ocorrer em qualquer temperatura.

Os fatores que interferem na rapidez da evaporação de um líquido são:

- natureza do líquido;
- temperatura;
- área da superfície livre;
- pressão na superfície livre.

Calefação

Calefação é a passagem de uma substância do estado líquido para o gasoso sob uma temperatura superior à sua temperatura de ebulição.

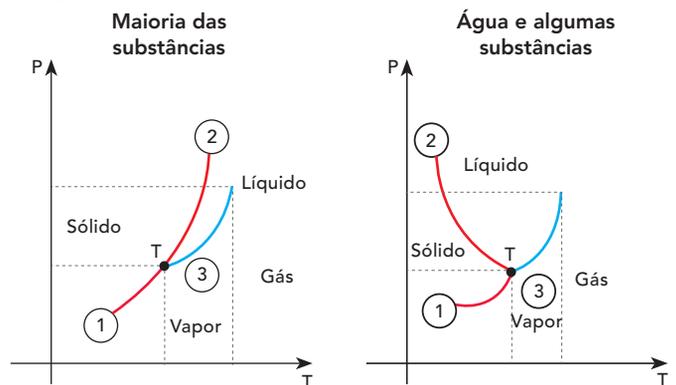
Sublimação

Sublimação é a passagem direta de um corpo do estado sólido para o gasoso, ou vice-versa.

Exemplos: naftalina e gelo seco.



Diagrama de fase



- ① Curva de sublimação: sólido-vapor.
- ② Curva de fusão: sólido-líquido.
- ③ Curva de vaporização: líquido-vapor.

Atividades

1. (ENEM) Em grandes metrópoles, devido a mudanças na superfície terrestre – asfalto e concreto em excesso, por exemplo – formam-se ilhas de calor. A resposta da atmosfera a esse fenômeno é a precipitação convectiva. Isso explica a violência das chuvas em São Paulo, onde as ilhas de calor chegam a ter 2 a 3 graus centígrados de diferença em relação ao seu entorno.

Terra da Gente, ano 5, n. 60, abr. 2009. (adaptado)

As características físicas, tanto do material como da estrutura projetada de uma edificação, são a base para compreensão de resposta daquela tecnologia construtiva em termos de conforto ambiental. Nas mesmas condições ambientais (temperatura, umidade e pressão), uma quadra terá melhor conforto térmico se

- a) for pavimentada com material de baixo calor específico, pois quanto menor o calor específico de determinado material, menor será a variação térmica sofrida ao receber certa quantidade de calor.

- b) for pavimentada com material de baixa capacidade térmica, pois quanto menor a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber certa quantidade de calor.
- c) for pavimentada com material de alta capacidade térmica, pois quanto maior a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber certa quantidade de calor.
- d) possuir um sistema de vaporização, pois ambientes mais úmidos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor-d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).
- e) possuir um sistema de sucção do vapor-d'água, pois ambientes mais secos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor-d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).

Texto para a questão 2.

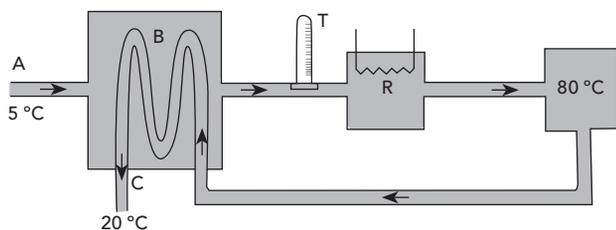
A pasteurização do leite

Louis Pasteur (1822-1895) descobriu, em 1864, que o aquecimento de certos alimentos e bebidas acima de 60 °C, por um determinado tempo (chamado de binômio tempo x temperatura), e depois abaixando bruscamente a temperatura do alimento, evitando a sua deterioração, reduz de maneira sensível o número de micro-organismos presentes na sua composição. No final do século XIX, os alemães iniciaram a aplicação do procedimento da pasteurização para o leite *in natura*, comprovando que o processo era eficaz para a destruição das bactérias existentes nesse produto. Desse modo, deram origem não só a um importante método de conservação, como também a uma medida higiênica fundamental para preservar a saúde dos consumidores e conservar a qualidade dos produtos alimentícios.



Disponível em: <<http://www.pt.wikipedia.org>>.

2. De acordo com o texto, o processo de pasteurização do leite consiste em aquecê-lo a altas temperaturas, por alguns segundos, e resfriá-lo em seguida.



Para isso, o leite percorre um sistema, em fluxo constante, passando por três etapas:

- I. O leite entra no sistema (por A), a 5 °C, sendo aquecido (no trocador de calor B) pelo leite que já foi pasteurizado e está saindo do sistema.
- II. Em seguida, completa-se o aquecimento do leite, por meio da resistência R, até que ele atinja 80 °C. Com essa temperatura, o leite retorna a B.

- III. Novamente em B, o leite quente é resfriado pelo leite frio que entra por A, saindo do sistema (por C), a 20 °C.

Em condições de funcionamento estáveis, supondo que o sistema seja bem isolado termicamente, pode-se afirmar que a temperatura indicada pelo termômetro T, que monitora a temperatura do leite na saída de B, é, aproximadamente, de

- a) 20 °C.
- b) 25 °C.
- c) 60 °C.
- d) 65 °C.
- e) 75 °C.

3. (ENEM) Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70 °C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30 °C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25 °C. Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

- a) 0,111
- b) 0,125
- c) 0,357
- d) 0,428
- e) 0,833

4. (ENEM) O Sol representa uma fonte limpa e inesgotável de energia para o nosso planeta. Essa energia pode ser captada por aquecedores solares, armazenada e convertida posteriormente em trabalho útil. Considere determinada região cuja insolação – potência solar incidente na superfície da Terra – seja de 800 watts/m². Uma usina termossolar utiliza concentradores solares parabólicos que chegam a dezenas de quilômetros de extensão. Nesses coletores solares parabólicos, a luz refletida pela superfície parabólica espelhada é focalizada em um receptor em forma de cano e aquece o óleo contido em seu interior a 400 °C. O calor desse óleo é transferido para a água, vaporizando-a em uma caldeira. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.



Reprodução

Considerando que a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora tenha 6 m de largura e que focaliza no receptor os 800 watts/m² de radiação provenientes do Sol, e que o calor específico da água é 1 cal/g⁻¹·°C⁻¹ = 4200 J/kg⁻¹·°C⁻¹, então o comprimento linear do refletor parabólico necessário para elevar a temperatura de 1 m³ (equivalente a 1 t) de água de 20 °C para 100 °C, em uma hora, estará entre

- a) 15 m e 21 m.
- b) 22 m e 30 m.
- c) 105 m e 125 m.
- d) 680 m e 710 m.
- e) 6700 m e 7150 m.

5. (ENEM) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque
- o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fosse isopor.
 - o barro tem poder de "gelar" a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.
 - o barro é poroso, permitindo que a água passe por meio dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são, assim, resfriadas.
 - o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.
 - a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.
6. (ENEM) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser por meio de um orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada em seu interior. Para a sua operação segura, é necessário observar a limpeza do orifício central e a existência de uma válvula de segurança, normalmente situada na tampa. O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir.

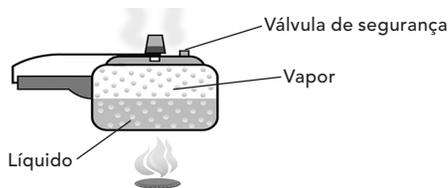
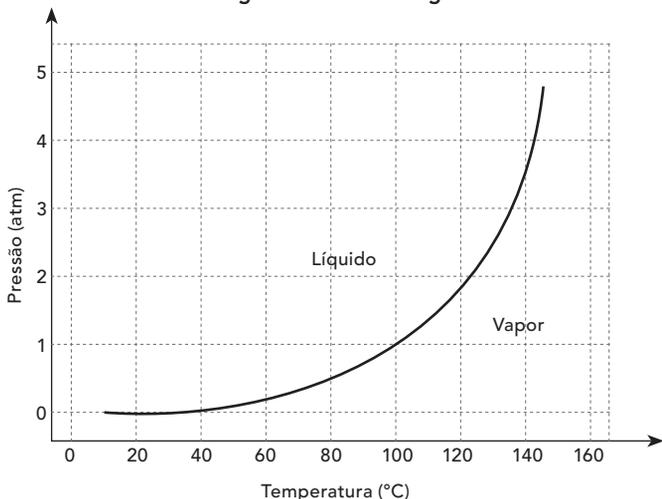


Diagrama de fase da água



A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos, e isso se deve

- à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.
- à temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local.
- à quantidade de calor adicional que é transferida à panela.
- à quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula.
- à espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

7. (ENEM) Se, por economia, o fogo sob uma panela de pressão for abaixado logo que se inicia a saída de vapor pela válvula, de forma simplesmente a manter a fervura, o tempo de cozimento
- será maior, porque a panela esfria.
 - será menor, pois diminui a perda de água.
 - será maior, pois a pressão diminui.
 - será maior, pois a evaporação diminui.
 - não será alterado, pois a temperatura não varia.
8. (ENEM) A construção de grandes projetos hidrelétricos também deve ser analisada do ponto de vista do regime das águas e de seu ciclo na região. Em relação ao ciclo da água, pode-se argumentar que a construção de grandes represas
- não causa impactos na região, uma vez que a quantidade total de água da Terra permanece constante.
 - não causa impactos na região, uma vez que a água que alimenta a represa prossegue depois rio abaixo com a mesma vazão e velocidade.
 - aumenta a velocidade dos rios, acelerando o ciclo da água na região.
 - aumenta a evaporação na região da represa, acompanhada também por um aumento local da umidade relativa do ar.
 - diminui a quantidade de água disponível para a realização do ciclo da água.