



Trocas de calor

3ª SÉRIE

Aula 4 – 3º Bimestre



Conteúdo

- Sistema termicamente isolado;
- Capacidade térmica;
- Princípio das trocas de calor.



Objetivos

- Definir sistema termicamente isolado;
- Compreender o conceito de capacidade térmica de um corpo;
- Quantificar as trocas de calor em sistemas termicamente isolados.



Para começar

Misturar para aquecer

O preparo de um café com leite quentinho pode ser facilitado e mais ágil, utilizando-se máquinas que inserem vapor d'água na mistura.



Máquina de café expresso aquecendo leite com vapor



Para começar

1. Como estimar a temperatura de uma lareira utilizando um termômetro com fundo de escala inferior à temperatura da brasa?
2. Como as máquinas de café usadas em padarias aquecem o leite tão rápido?



Lareira com lenha em brasa



Foco no conteúdo

Sistema termicamente isolado

São arranjos experimentais que permitem que corpos submetidos a diferentes temperaturas possam trocar calor entre si sem a ocorrência de perdas para o ambiente externo. Nesse contexto, todo calor cedido pelos corpos mais quentes é absorvido pelos corpos mais frios do sistema, ou seja, a energia térmica total é conservada.



Garrafas térmicas, coolers e caixas de isopor são exemplos de sistemas que podem se comportar, dentro de certos limites, como termicamente isolados



Foco no conteúdo

Princípio das trocas de calor

Como a energia térmica total trocada pelos corpos que pertencem a um sistema termicamente isolado se conserva, pois não há participação do ambiente externo, vale a relação:

$$\Sigma Q_{\text{Recebido}} = (-)\Sigma Q_{\text{Cedido}}$$

Ou seja, a soma das quantidades de calor recebido é igual, em módulo, à soma das quantidades de calor perdido pelos corpos até que o sistema atinja o equilíbrio térmico.

Importante: as quantidades de calor (Q) envolvidas nesse princípio de conservação podem ser, conforme o caso, sensível ($Q=m \cdot c \cdot \Delta\theta$) ou latente ($Q=m \cdot L$).



Foco no conteúdo

Capacidade térmica

Em situações ideais, o recipiente utilizado para acondicionar os corpos NÃO participa das trocas de calor e, portanto, não é considerado nos cálculos. Todavia, na prática, a maioria dos recipientes recebe ou cede calor ao sistema durante as trocas. Nesse caso, uma grandeza física que facilita os cálculos é a **capacidade térmica (C)**, pois dispensa o conhecimento prévio do calor específico (c) do material e da massa (m) do recipiente.

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} = m \cdot c$$

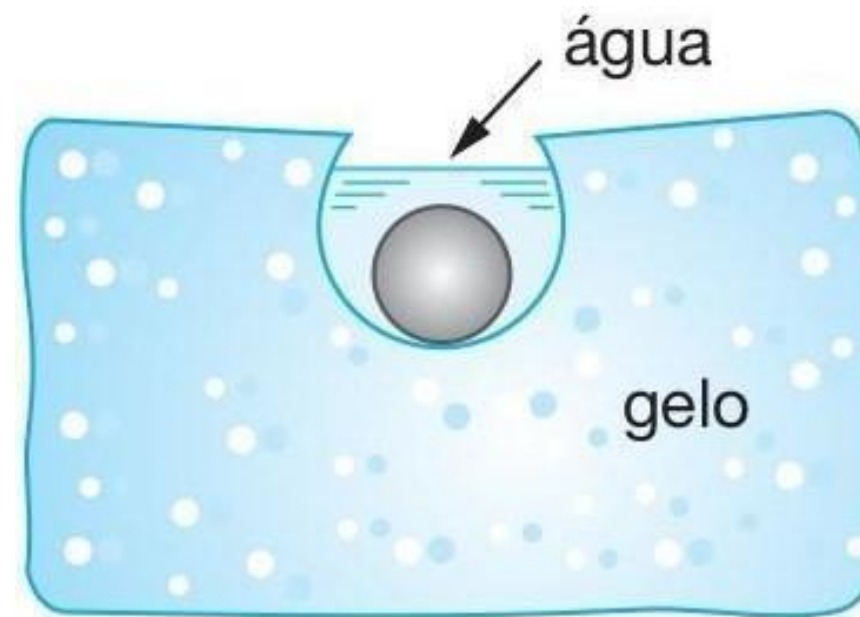
Unidades usuais

- Caloria por grau Celsius [cal/°C]
- Joule por Kelvin [J/K]



Na prática

Uma bolinha metálica de 100 g é retirada do interior de uma lareira acesa e rapidamente introduzida na cavidade de um imenso bloco de gelo em fusão. Nessa posição, a bolinha troca calor somente com o gelo, formando 75 g de água até entrar em equilíbrio térmico com bloco. O calor específico do metal que forma bolinha é igual a $0,15 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ e o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g . Estime a temperatura da lareira.





Na prática Correção

O gelo estava em fusão (0 °C) e a bolinha perde calor para ele até atingir essa temperatura. Conforme declarado, durante o processo, a bolinha cede calor ao gelo, produzindo a fusão de 75 g deste. Desse modo, as quantidades de calor envolvidas na troca são:

- Bolinha esfriando: $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, sendo: $m = 100 \text{ g}$, $c = 0,15 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ e $\Delta\theta = 0 - \theta_L \Rightarrow \Delta\theta = -\theta_L$
- Gelo fundindo: $Q_2 = m \cdot L_F$, onde: $m = 75 \text{ g}$ e $L_F = 80 \text{ cal/g}$

Aplicando o princípio das trocas de calor, tem-se:

$$Q_1 = -Q_2 \Rightarrow 100 \cdot 0,15 \cdot (-\theta_L) = -(75 \cdot 80) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_L = 6000/15 \Rightarrow \boxed{\theta_L = 400 \text{ } ^\circ\text{C}}$$



Na prática

Uma máquina de café dispõe de um dispositivo que expelle vapor por um caninho metálico. Ela é comum em padarias, utilizada para aquecer rapidamente leites e cafés colocados em um bule até atingirem a temperatura adequada para o consumo humano.

Sabendo que o bule também esquentava durante esse processo e desprezando as perdas de calor para o ar, quantas quantidades de calor são envolvidas no cálculo da temperatura final do líquido?

a. 2

b. 3

c. 4

d. 5

e. 6



Na prática Correção

As etapas calorimétricas envolvidas no processo descrito são:

- Condensação do valor d'água expelido pela máquina;***
- Resfriamento da água condensada até a temperatura de equilíbrio com o líquido (leite, por exemplo);***
- Aquecimento do bule até a temperatura de equilíbrio térmico;***
- Aquecimento do leite até a temperatura de equilíbrio térmico.***

Portanto, são quatro as quantidades de calor envolvidas nesse cálculo (uma de calor latente e três de calor sensível).

Alternativa c.



Aplicando

Questão do ENEM

Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.



Aplicando Correção

Dados da questão:

$$\text{Água quente: } m = m_q \quad C_q = C_{H_2O} \quad \Delta\theta_q = 30 - 70 = -40^\circ\text{C}$$

$$\text{Água fria: } m = m_f \quad C_f = C_{H_2O}$$
$$\Delta\theta_f = 30 - 25 = 5^\circ\text{C}$$

Aplicando-se o princípio das trocas de calor em sistemas termicamente isolados, tem-se:

$$Q_{\text{quente}} = -Q_{\text{fria}}$$
$$m_q \cdot c_q \cdot \Delta\theta_q = -(m_f \cdot c_f \cdot \Delta\theta_f)$$

$$m_q \cdot \cancel{c} \cdot (-40) = m_f \cdot \cancel{c} \cdot (5)$$

$$m_q / m_f = 5/40$$

$$m_q / m_f = 0,125$$

(Alternativa B)



O que aprendemos hoje?

- Identificamos a validade do princípio de conservação de energia em sistemas termicamente isolados;
- Aplicamos as equações do calor sensível e do calor latente em uma mesma situação-problema cotidiana;
- Calculamos grandezas físicas calorimétricas em situações envolvendo trocas de calor em sistemas termicamente isolados.



Referências

Lista de imagens

Slide 3 – <https://perfectdailygrind.com/pt/2020/02/19/guia-basico-do-barista-como-vaporizar-leite-em-14-passos/>

Slide 4 – <https://pixabay.com/pt/photos/inc%C3%AAndio-forno-quente-tradicional-1758516/>

Slide 5 - Garrafa: <https://www.cafeoteca.com.br/produto/garrafa-termica-lumina-inox-1-8l-74;>

Cooler: <https://www.americanas.com.br/produto/5083895769> ;

Isopor: <https://empresas.americanas.com.br/produto/39726006/caixa-isopor-30-litros>

Slide 8 – <https://brainly.com.br/tarefa/53259035>

Material Digital

