

3ª

Série

Física

**MATERIAL
DIGITAL**

Calor sensível - Mudança de temperatura sem mudança de estado físico

**2º bimestre
Aula 1**

**Ensino
Médio**

Secretaria da
Educação



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Conteúdos

- Calorimetria.

Objetivos

- Compreender o conceito de calor sensível em diversas aplicações físicas;
- Analisar o significado físico de calor específico;
- Diferenciar calor específico de capacidade térmica.

Usando física na praia

Imagine que, em um dia de verão, próximo ao meio-dia, você tenha viajado para o litoral com seus amigos e decidido ir à praia. Infelizmente, havia esquecido o chinelo e teria de entrar na praia descalço. Ao pisar na areia, sentia queimar a sola do pé e corria para a água, tentando aliviar a sensação incômoda. Essa parece ser apenas uma situação inusitada, mas há muita física envolvida. Sente-se com os colegas e procure responder à seguinte pergunta: por que a **areia próxima à orla** está **mais quente** do que a areia **mais perto do mar**?



5 minutos

VIREM E CONVERSEM



Praia da Urca, RJ.

Reprodução – SERGIO RICARDO RIBEIRO/WIKIMEDIA COMMONS, 2013.
Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praia_da_Urca_RJ.jpg.
Acesso em: 14 out. 2024.

Calor sensível (Q_s)

Ao **receber ou perder calor, sem mudar de fase (estado físico)**, um corpo tem sua **temperatura modificada**. Esse calor é chamado de **calor sensível**. O calor sensível está relacionado à massa do corpo (m), à variação de temperatura ($\Delta\theta$) e a uma propriedade associada ao material que constitui o corpo, chamada de calor específico (c). A quantificação do calor sensível (Q_s) pode ser descrita matematicamente por:

$$Q_s = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$
$$m \cdot c = C \quad \Rightarrow \quad c = \frac{Q_s}{\Delta\theta}$$

└──────────┘
Capacidade térmica

Destaque 

Q_s : quantidade de calor sensível, medida em calorias (cal) ou joules J (SI).
 m : massa, medida em gramas (g) ou quilogramas kg (SI).
 c : calor específico, medido em cal/(g · °C) ou J/(kg · °C) (SI).
 $\Delta\theta$: variação de temperatura em graus Celsius (°C) ou kelvin (K) (SI).

Calor específico

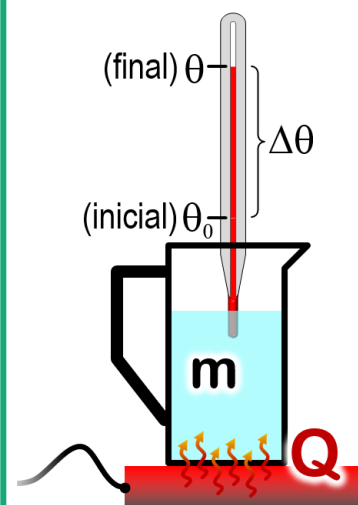
No início desta aula, discutimos a diferença de temperatura entre a areia próxima à orla e a areia próxima ao mar. Esse tipo de situação pode ser compreendida por meio da grandeza física chamada **calor específico**. O calor específico (c) indica a quantidade de calor que cada unidade de massa do material precisa receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade. A tabela abaixo ilustra o calor específico de algumas substâncias.

Material	Calor específico (cal/g °C)
Água	1,0
Gelo	0,5
Madeira	0,42
Areia	0,2
Vidro	0,16
Ferro	0,11
Prata	0,06

Grandezas intensivas e extensivas

O **calor específico** é uma grandeza intensiva, ou seja, seu valor é independente da quantidade de matéria do sistema analisado.

A **capacidade térmica** é uma grandeza extensiva, pois está diretamente relacionada à massa do corpo. Ela expressa a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um corpo.



Capacidade Térmica: $C = \frac{Q}{\Delta \theta}$

Calor Específico: $c = \frac{C}{m} \Rightarrow C = m \cdot c$

Imagem ilustrativa mostrando, à esquerda, um recipiente sendo aquecido com um termômetro medindo a temperatura da água. À direita estão as expressões de calor específico e a capacidade térmica.

Elaborado especialmente para a aula.



Pause e responda

Pergunta conceitual

Suponham que tenhamos 10 g dos seguintes materiais: água, madeira, vidro e ferro, e que eles recebam a mesma quantidade de calor. Qual deles, se aquecido durante o mesmo intervalo de tempo, atingirá a maior temperatura?

Água.

Madeira.

Ferro.

Vidro.



Pause e responda

Pergunta conceitual

Suponham que tenhamos 10 g dos seguintes materiais: água, madeira, vidro e ferro, e que eles recebam a mesma quantidade de calor. Qual deles, se aquecido durante o mesmo intervalo de tempo, atingirá a maior temperatura?



Água.

Madeira.



Ferro.

Vidro.





Durante uma atividade de campo na praia, estudantes coletaram 10 g de areia em um recipiente e 10 g de água em outro frasco, ambos a 25 °C. As amostras foram aquecidas até atingirem 40 °C. Calcule, **para cada uma das amostras**, a quantidade de calor necessária para esse aquecimento. Dados: $c_{\text{areia}} = 0,2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.



Correção:

A variação de temperatura foi de 15 °C (40 °C – 25 °C). Calculando as quantidades de calor, temos:

$$Q_{\text{areia}}^s = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$Q_{\text{areia}}^s = 10 \cdot 0,2 \cdot 15$$

$$Q_{\text{areia}}^s = 30 \text{ cal}$$

E também,

$$Q_{\text{água}}^s = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$Q_{\text{água}}^s = 10 \cdot 1 \cdot 15$$

$$Q_{\text{água}}^s = 150 \text{ cal}$$

A água, portanto, precisou de mais energia do que a areia para atingir a temperatura de 40 °C. Esse resultado é devido ao fato de que quanto menor for o calor específico da substância, menor será a quantidade de calor necessária para uma mesma variação de temperatura, considerando massas iguais dos materiais.

Equilíbrio térmico

Considere dois corpos com temperaturas distintas: $T_A > T_B$. O equilíbrio térmico é atingido quando o fluxo de calor é interrompido, depois de um intervalo de tempo Δt , e os corpos passam a ter a **mesma temperatura** ($T_A = T_B = T_E$).

FICA A DICA

Lembre-se: o calor flui sempre, de modo espontâneo, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

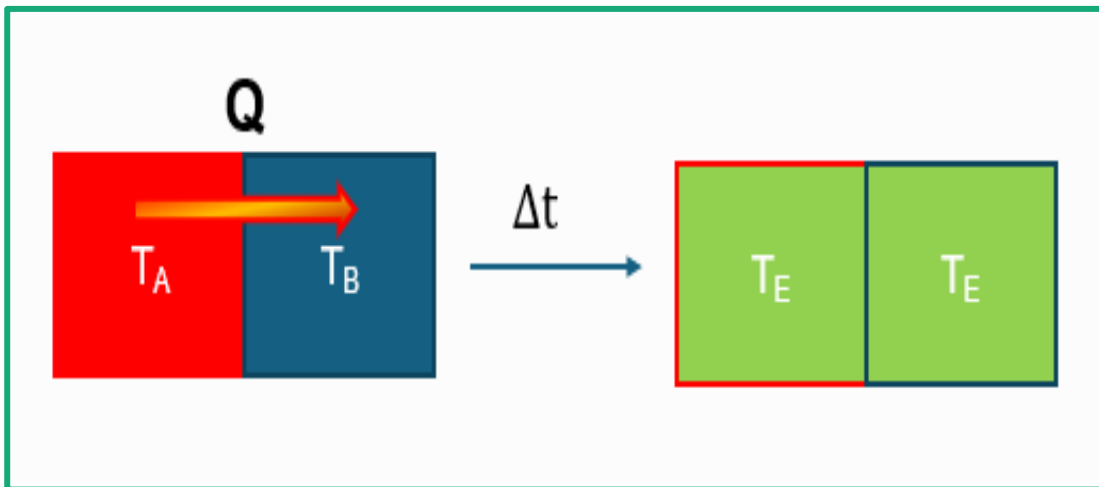


Ilustração do equilíbrio térmico entre dois corpos com temperaturas distintas: $T_A > T_B$.

Elaborado especialmente para a aula.

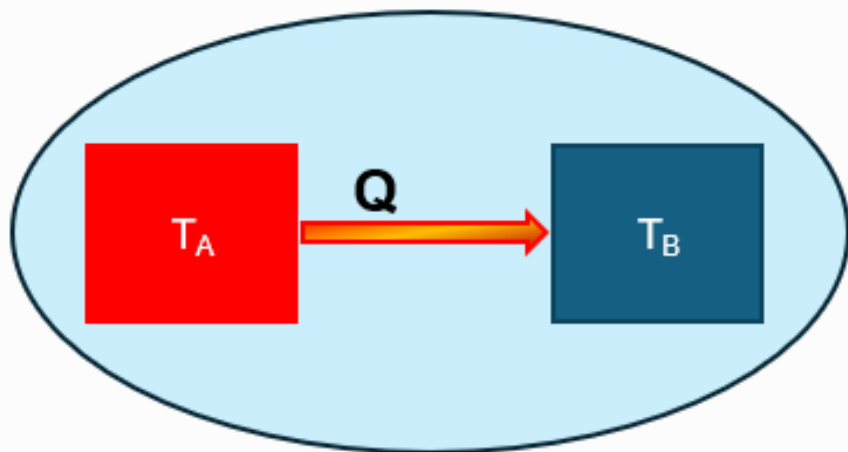
Equilíbrio térmico para um sistema termicamente isolado

Em um **sistema termicamente isolado**, a quantidade de calor Q_A cedida pelo corpo A é igual à quantidade de calor Q_B recebida pelo corpo B. Esse raciocínio pode ser generalizado para diversos corpos que estejam trocando calor entre si. Assim, teremos:

$$\Sigma Q_{recebido} + \Sigma Q_{cedido} = 0$$

ou

$$|\Sigma Q_{recebido}| = |\Sigma Q_{cedido}|$$



Elaborado especialmente para a aula.

Destaque

IMPORTANTE:

- Calor cedido: $Q < 0$;
- Calor recebido: $Q > 0$.

FICA A DICA

Sistema termicamente isolado: não há troca de calor entre os seus componentes e o meio externo.



(ENEM 2013) Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.



5 minutos

A

0,111

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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

B

0,125

C

0,357

Qual é a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

D

0,428

E

0,833



Correção:

A	0,111	✗
B	0,125	✓
C	0,357	✗
D	0,428	✗
E	0,833	✗

Como vimos anteriormente, o equilíbrio térmico é estabelecido quando os corpos atingem a mesma temperatura. Nesse momento, considerando-se o sistema termicamente isolado, a quantidade de calor cedida pela água quente é igual à quantidade de calor recebida pela água fria. Assim, temos:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_1 = -Q_2$$

$$m_1 \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_1 = -m_2 \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_2$$

Considerando-se $c_{\text{água}}$ um valor constante, ele pode ser simplificado na equação. Assim, teremos:

$$m_1 \cdot (\theta_f - \theta_i)_1 = m_2 \cdot (\theta_f - \theta_i)_2$$

Substituindo os dados do enunciado, obteremos:

$$m_1 \cdot (30 - 70) = -m_2 \cdot (30 - 25)$$

$$m_1 \cdot (-40) = -m_2 \cdot (5)$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{5}{40} = 0,125$$



(FUVEST 1983) Misturam-se 200 g de água a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ com 250 g de um determinado líquido a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtendo-se o equilíbrio a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual o calor específico do líquido?

Dado: calor específico da água = $1\text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$. Desprezam-se as trocas de calor com outros sistemas.



Correção:

A quantidade de calor cedido pelo líquido a 40 °C até que este chegue à temperatura de 20 °C tem que ser a mesma quantidade de calor que a água recebe de modo a aumentar sua temperatura de 0 a 20 °C, visto que os líquidos atingem o equilíbrio. Então,

$$|\Sigma Q_{\text{água}}| = |\Sigma Q_{\text{líq}}|$$

$$m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot |\Delta\theta_{\text{água}}| = m_{\text{líq}} \cdot c_{\text{líq}} \cdot |\Delta\theta_{\text{líq}}|$$

$$200 \cdot 1 \cdot |20 - 0| = 250 \cdot c_{\text{líq}} \cdot |20 - 40|$$

$$4000 = 5000 \cdot c_{\text{líq}}$$

$$c_{\text{líq}} = 0,8 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$



Na aula de hoje, retomamos o equilíbrio térmico sob a perspectiva das trocas de calor. Aprendemos a quantificar o calor e a calcular o equilíbrio térmico. Agora, chegou a hora de sintetizar o que aprendemos. Em seu caderno, complete as frases, utilizando as palavras correspondentes.

Dois corpos com temperaturas diferentes trocarão calor até que o _____ seja atingido.

O _____ de um material define a quantidade de energia necessária para alterar em uma unidade sua temperatura, em uma unidade de massa.

Quando um corpo varia sua temperatura, dizemos que ele está cedendo/recebendo _____.

Um corpo com maior temperatura _____ calor para um corpo com menor temperatura.

Referências

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de física**: termologia, ondulatória, óptica, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2012.

FUNDAÇÃO UNIVERSITÁRIA PARA O VESTIBULAR (FUVEST). **Concurso Vestibular**, 1983. Provas de Conhecimentos Gerais, questão 65, p. 9. Disponível em:

https://acervo.fuvest.br/fuvest/1983/fuvest_1983_prova_primeira_fase.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP).

Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), 2013. Prova de Ciências Humanas e suas Tecnologias, Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 1º dia, Caderno 1 – Azul. Disponível em:

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2013/dia1_caderno1_azul.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP).

Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), 2020. Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Prova de Matemática e suas Tecnologias, 2º dia, Caderno 5 – Amarelo, questão 101, p. 4. Disponível em:

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impreso_D2_CD5.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

LEMOV, D. **Aula nota 10**: 49 técnicas para ser um professor campeão de audiência. São Paulo: Da Boa Prosa: Fundação Lemann, 2011.

Referências

PIETROCOLA, M. et al. **Física: conceitos e contextos**, v. 2. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo Paulista: etapa Ensino Médio**, 2020.

Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio_ISBN.pdf.

Acesso em: 14 out. 2024.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2016.

Identidade visual: imagens © Getty Images.

Aprofundando

A seguir, você encontra uma seleção de exercícios extras, que ampliam as possibilidades de prática, de retomada e aprofundamento do conteúdo estudado.



(ENEM 2020) Mesmo para peixes de aquário, como o peixe arco-íris, a temperatura da água fora da faixa ideal ($26\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$), bem como sua variação brusca, pode afetar a saúde do animal.

A $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$

B $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

C $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$

D $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

E $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Para manter a temperatura da água dentro do aquário na média desejada, utilizam-se dispositivos de aquecimento com termostato. Por exemplo, para um aquário de 50 L, pode-se utilizar um sistema de aquecimento de 50 W otimizado para suprir sua taxa de resfriamento. Essa taxa pode ser considerada praticamente constante, já que a temperatura externa ao aquário é mantida pelas estufas. Utilize para a água o calor específico $4,0\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ e a densidade 1 kg L^{-1} .

Se o sistema de aquecimento for desligado por 1h, qual o valor mais próximo para a redução da temperatura da água do aquário?



Correção:

A	4,0 °C	✗
B	3,6 °C	✗
C	0,9 °C	✓
D	0,6 °C	✗
E	0,3 °C	✗

Considerando o exemplo do enunciado, no qual 50 litros de água precisam de um aquecedor de 50 W para manter a temperatura da água no valor desejado, observamos uma relação constante de 1:1 entre a potência e o volume de água.

Aplicando o mesmo raciocínio à densidade da água, que é de 1 kg/L, também obtemos uma proporção de 1:1 entre a massa e o volume. Dessa forma, podemos concluir que 1 W de potência é capaz de aquecer 1 kg de água.

Lembrando que $c = 4000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, temos:

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

$$50 = \frac{50 \cdot 4000 \cdot \Delta \theta}{3600}$$

$$\Delta \theta = \frac{3600}{4000} = 0,9 \text{ °C}$$



(ENEM 2013) Em um experimento, foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida, a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas:



- a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e
 - b) após a lâmpada ser desligada e ambas atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.
- A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo o experimento, foi

- A igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- B maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- C menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- D maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- E maior no aquecimento e maior no resfriamento.



Correção:

- | | | |
|----------|--|----------|
| A | igual no aquecimento e igual no resfriamento. | × |
| B | maior no aquecimento e igual no resfriamento. | × |
| C | menor no aquecimento e igual no resfriamento. | × |
| D | maior no aquecimento e menor no resfriamento. | × |
| E | maior no aquecimento e maior no resfriamento. | ✓ |

A taxa de variação da temperatura da garrafa preta foi maior no aquecimento e maior no resfriamento se comparadas com a da branca.

Isso acontece uma vez que a garrafa preta tem uma maior capacidade de absorver e de ceder mais rapidamente essa energia.

