

FÍSICA

FRENTE: FÍSICA IV

PROFESSOR(A): KEN AIKAWA

EAD - ITA/IME

AULAS 07 E 08

Assunto: Calor Sensível e Latente



Resumo Teórico

Introdução

Uma experiência comum no nosso dia a dia é esfriar um cafezinho assoprando-o. Como esse resfriamento ocorre? Para entendermos melhor esses processos, devemos entender o que é energia interna, calor e temperatura (essa grandeza você já conhece).

Energia térmica

Temos a consciência de que toda a matéria é formada de átomos. Então, toda a matéria (copo, água, café, colher) é formada por pequenas partículas. Sabemos que o grau de agitação térmica dessas partículas influencia diretamente na temperatura da mesma. Chamamos essa energia de agitação das partículas de energia térmica.

Chamaremos **energia interna de um corpo** a soma das energias de agitação térmica (média) de todas as partículas que constituem o seu sistema de estudo. Assim, isso nos faz perceber que energia interna é uma propriedade extensiva da matéria. Quanto mais partículas, mais energia térmica. Como a energia térmica depende diretamente da temperatura, quanto maior for a temperatura, maior será a energia térmica também.

Calor

Quando colocamos dois objetos em contato à temperaturas diferentes, estes tendem a entrar em equilíbrio térmico. Acontece que o corpo que possui maior temperatura cede energia térmica para o corpo que possui menor temperatura. Não pense que ele vai ceder energia térmica até os dois possuírem a mesma quantidade de energia. Devido à perda de energia térmica do corpo de maior temperatura, a temperatura diminuirá assim como a temperatura do corpo de menor temperatura aumentará, concluindo que a temperatura de equilíbrio térmica será um valor intermediário.

O processo de troca energética citado é conhecido como **calor**. Em suma: "Calor corresponde ao processo de troca energética devido uma diferença de temperatura".

Alguns textos preferem denominar a **energia térmica em trânsito** como calor. Usaremos os dois pensamentos de acordo com a conveniência

A unidade para o calor, por se tratar de uma energia, corresponde ao Joule (J). No entanto, é muito comum o uso de outro tipo de unidade: a **caloria**. Uma caloria (cal) é a quantidade de calor que 1 grama de água pura deve receber, sob pressão normal, para que sua temperatura varie de 14,5 °C para 15,5 °C

1 cal = 4,186 J

Uma outra unidade muito comum no dia-a-dia é a **caloria alimentar**:

1 cal = 1 kcal

Capacidade calorífica/térmica

Quando um sistema recebe certo calor (Q) e varia sua temperatura de ΔT (pode não variar como veremos mais adiante). Definimos a capacidade térmica média (\overline{C}) desse sistema como:

 $\overline{C} = \frac{Q}{\Delta T}$

Essa propriedade nos diz quanto de calor um sistema precisa receber (ou ceder) para variar uma unidade de temperatura. A unidade no SI é J/K.

Calor específico:

Podemos também relacionar a grandeza que mede a capacidade térmica por massa. Tal grandeza é conhecida como **calor específico**.

 $\overline{c} = \frac{C}{m}$

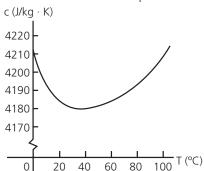
A unidade no SI é J/(kg · K)

A capacidade térmica de um sistema de várias porções de massas com seus respectivos calores específicos (m_1, c_1) , (m_2, c_2) , (m_3, c_3) , ..., (m_n, c_n) é dada por:

$$C = m_1c_1 + m_2c_2 + ... + m_nc_n = \sum_{i=1}^n m_ic_i$$

Iremos sempre trabalhar com os valores constantes (a não ser que o problema relate algo contrário).

O gráfico abaixo mostra o calor específico da água em função da temperatura. O valor de **c** varia menos do que 1% entre 0 °C e 100°C.





MÓDULO DE ESTUDO

Calor sensível

Um dos possíveis efeitos que um objeto pode apresentar ao receber/ceder energia térmica é a sua variação de temperatura. Neste caso, dizemos que temos um **calor sensível**, o qual pode ser calculado utilizando a definição de calor específico:

$$c = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$
$$Q = mc\Delta\theta$$

Onde Q corresponde a energia necessária para alterar em $\Delta\theta$ a temperatura a massa ${\bf m}$ de uma substância.

Calor latente

Quando a matéria muda de estado, a energia trocada não é utilizada para alterar a temperatura e sim para reorganizar o arranjo físico e assim mudar o estado. Neste caso, utilizamos a denominação calor latente para essa energia térmica.

Empiricamente, podemos inferir que a quantidade de calor utilizada na transição de fase é proporcional a massa **m** da substância. Dessa forma:

$$Q = m_{transformada}L$$

Onde Q corresponde ao calor total para uma massa **m** mudar de fase e a constante de proporcionalidade L é denominada de calor latente, característico da substância em análise, o qual se refere a mudança de estado em questão (fusão, ebulição etc). Vejamos o exemplo a seguir:

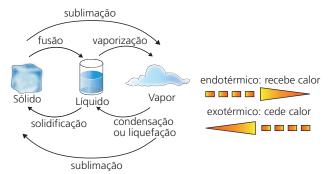
É necessário usar 3,34 \times 10⁵ J de calor para converter 1 kg de gelo a 0 °C em 1 kg de água líquida a 0 °C mantendo-se constante a pressão atmosférica. O calor necessário por unidade de massa denomina-se calor de fusão (algumas vezes chamado de calor latente de fusão), representado por L $_{\rm f}$. Agora, observe que para a água submetida a uma pressão atmosférica normal, o calor de fusão é dado por:

$$L_f = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg} = 79.6 \text{ cal/g}$$

Este processo é reversível. Neste caso, para congelar a água líquida a 0 °C, devemos remover energia da água; o módulo do calor é o mesmo, mas, neste caso, Q é negativo.

Mudanças de fase

O esquema abaixo ilustra as principais mudanças de fase, indicando quais processos são exotérmicos ou endotérmicos



São verificadas três leis que regem o processo de mudança de estado. São elas:

 Durante a mudança de estado, a temperatura da substância permanece constante, desde o início do processo até o seu final, desde que a pressão seja constante durante todo o processo.

- Toda substância possui uma temperatura de fusão e uma de vaporização. Tais valores dependem do caráter da substância e da pressão.
- Se a pressão for a mesma, a temperatura de solidificação de uma substância coincide com a de fusão. O mesmo acontece com a temperatura de vaporização e condensação.



Exercícios

01. (IME) Dois corpos iguais deslizam na mesma direção e em sentidos opostos em um movimento retilíneo uniforme, ambos na mesma velocidade em módulo e à mesma temperatura. Em seguida, os corpos colidem. A colisão é perfeitamente inelástica, toda energia liberada no choque sendo utilizada para aumentar a temperatura dos corpos em 2 K. Diante do exposto, o módulo da velocidade inicial do corpo, em m/s, é

Dado: Calor específico dos corpos: $c = 2 \frac{L}{kg \cdot K}$ A) $\sqrt{2}$ B) 2 C) $2\sqrt{2}$ D) 4

E) 6

02. Um recipiente com paredes adiabáticas contém 1600 g de vapor de água a 100 °C a pressão de 1 atm. Um cano feito de material diatérmico atravessa tal dispositivo. É estabelecido no duto um fluxo de 4 litros de água, a qual leva 20 minutos para atravessá-lo e que entra a 20 °C e sai a 80 °C . Determine quanto tempo todo o vapor de água leva para condensar.

Dados:

Calor latente de liquefação: $L_v = 540$ cal/g Calor específico da água: c = 1 cal/g/°C



03. (IME)Um copo está sobre uma mesa com a boca voltada para cima. Um explosivo no estado sólido preenche completamente o copo, estando todo o sistema a 300 K. O copo e o explosivo são aquecidos. Nesse processo, o explosivo passa ao estado líquido, transbordando para fora do copo. Sabendo que a temperatura final do sistema é 400 K determine:

Dados:

- volume transbordado do explosivo líquido: 10⁻⁶ m³;
- coeficiente de dilatação volumétrica do explosivo no estado líquido: 10⁻⁴ K⁻¹;
- coeficiente de dilatação volumétrica do material do copo: $4\times 10^{-5}~\text{K}^{-1};$
- volume inicial do interior do copo: 10⁻³ m³;
- massa do explosivo: 1,6 kg;
- calor específico do explosivo no estado sólido: 10³ J · kg⁻¹ · K⁻¹;
- calor específico do explosivo no estado líquido: 10³ J · kg⁻¹ · K⁻¹; e
- calor latente de fusão do explosivo: 10⁵ J · kg⁻¹.

Consideração:

 o coeficiente de dilatação volumétrica do explosivo no estado sólido é muito menor que o coeficiente de dilatação volumétrica do material do copo.

A) a temperatura de fusão do explosivo.

B) o calor total fornecido ao explosivo.

MÓDULO DE ESTUDO

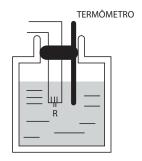


04. Vaso de Dewar (garrafa térmica) tem paredes praticamente adiabáticas; de qualquer maneira, observa-se que as perdas (pequenas) de energia podem ser eliminadas dos cálculos, bastando para tanto conduzir duas experiências em que essas perdas sejam as mesmas. Neste processo, o meio externo fornece ao líquido uma energia Q por meio de um resistor mergulhado no líquido. Q é medido pelo produto da potência elétrica P fornecida e do intervalo de tempo Δt durante o qual o resistor está ligado à fonte: Q = P · Δt.

1ª experiência: O vaso contém $m_1 = 0.2$ kg de água $(c_1 = 4.2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K})$. A potência fornecida é $P_1 = 15 \text{ W}$ e o resistor permanece ligado durante 9min20s. Observa-se um aumento de temperatura $\Delta\theta = 10$ °C.

 2^a experiência: Substitui-se a água pelo líquido cujo calor específico se quer medir. Toma-se a precaução de verter um volume de líquido igual ao volume da água na 1^a experiência, sendo necessário $m_2 = 0.15$ kg de líquido.

A potência fornecida é ajustada de modo que o mesmo aumento de temperatura se produza durante o mesmo intervalo de tempo. Para tanto $P_2 = 9$ W.



Qual é o calor específico do líquido?

05. A energia radiante que a Terra recebe do Sol sob incidência normal, por unidade de tempo e de área é denominada constante solar e vale (C_s) = 19,4 Kcal/min · m². O gelo tem densidade absoluta d = 920 Kg/m³ e calor de fusão L = 80 Kcal/Kg. Suponha que a Terra seja revestida por uma camada uniforme de gelo de espessura **x**, a 0 °C. Determine, em metros, essa espessura, sob condição de que o gelo seja fundido em 30 dias por efeito do calor radiante proveniente do Sol, que ele absorve integralmente, e com exclusão de qualquer outra troca de calor.

A) 1,4

B) 2,8

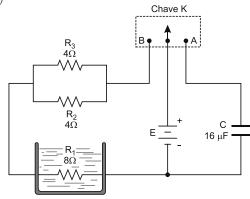
C) 5,6

D) 11,2

E) 22,4

- **06.** Um dos processos de transformação do estado líquido para o estado gasoso chama-se **evaporação**. Esse processo é natural e pode ser considerado um caso particular de vaporização. Os fatos a seguir estão relacionados com a evaporação e/ou com o aumento da velocidade de evaporação, exceto:
 - A) a água contida em uma moringa de barro é mais fria que a água contida em uma moringa de louça;
 - B) uma roupa molhada seca mais depressa em um dia quente que em um dia frio, em iguais condições de umidade do ar;
 - C) uma roupa molhada seca mais depressa em um dia seco que em um dia úmido;
 - D) em um dia de vento, sentimos frio ao sair de uma piscina com o corpo molhado;
 - E) ao tocarmos uma peça de metal e outra de isopor, em um dia frio, sentimos que o metal está mais frio que o isopor.

07. (IME)



Na figura, o frasco de vidro não condutor térmico e elétrico contém 0,20 kg de um líquido isolante elétrico que está inicialmente a 20 °C. Nesse líquido está mergulhado um resistor $R_{_1}$ de 8 Ω . A chave K está inicialmente na vertical e o capacitor C, de 16 μ F, está descarregado. Ao colocar a chave no Ponto A verifica-se que a energia do capacitor é de 0,08 J. Em seguida, comutando a chave para o Ponto B e ali permanecendo durante 5 s, a temperatura do líquido subirá para 26 °C. Admita que todo o calor gerado pelo resistor $R_{_1}$ seja absorvido pelo líquido e que o calor gerado nos resistores $R_{_2}$ e $R_{_3}$ não atinja o frasco. Nessas condições, é correto afirmar que o calor específico do líquido, em cal \cdot g $^{-1}$ °C $^{-1}$, é

Dado: 1 cal = 4,2 J

A) 0,4 B) 0,6 C) 0,8 D) 0,9

E) 1,0

08. Uma arma dispara um projétil de chumbo de massa 20,0 g, que se move de encontro a um grande bloco de gelo fundente. No impacto, o projétil tem sua velocidade reduzida de 100 m/s para 0 e entra em equilíbrio térmico com o gelo. Não havendo dissipação de energia, ocorre a fusão de 2,25 g de gelo. Sendo o calor específico sensível do chumbo igual a 0,031 cal/g °C e o calor específico latente de fusão do gelo igual a 80 cal/g, qual era a temperatura do projétil no momento do impacto?

Dado: 1 cal = 4 J.

09. (OBF) Uma experiência bastante interessante e que pode ser feita em casa consiste em levar a água líquida a um estado de temperatura abaixo de seu ponto de congelamento. Quando isso acontece dizemos que a água está em um estado super--resfriado. Este é um estado de equilíbrio metaestável pois se perturbado a água passa do estado líquido para o sólido quase que instantaneamente. Talvez você já tenha presenciado este fenômeno surpreendente ao pegar uma bebida gelada que esqueceu no congelador. Para reproduzir este fenômeno mais facilmente é preciso trabalhar com água destilada, pois são as impurezas dissolvidas na água que facilitam o processo de formação do gelo. Suponha um recipiente A com um litro de água mineral e um recipiente B com um litro de água destilada, ambos à temperatura ambiente T_a = 20 °C. Estes recipientes são então colocados em um congelador que está a $T_c = -6$ °C e espera-se um tempo suficiente para que A contenha gelo a –6 °C mas com a água de B ainda no estado líquido. Quais as quantidades de calor trocada entre o congelador e (a) a água de A e (b) a água de B? Se B é retirado do congelador e agitado levemente observa-se que o líquido se solidifica imediatamente. (c) Este processo emite ou absorve calor? (d) Estime a quantidade de calor trocada nesse último processo.



MÓDULO DE ESTUDO

10. (Fuvest) A energia necessária para fundir um grama de gelo a 0 °C é 80 vezes maior que a energia necessária para elevar de 1,0 °C a temperatura de um grama de água. Coloca-se um bloco de gelo a 0 °C dentro de um recipiente termicamente isolante fornecendo-se, a seguir, calor a uma taxa constante. Transcorrido certo intervalo de tempo, observa-se o término da fusão completa do bloco de gelo. Após um novo intervalo de tempo, igual à metade do anterior, a temperatura da água, em °C, será:

C) 50

B) 40 D) 80

E) 100

11. Um jovem apaixonado entrou em uma joalheria e escolheu um anel para presentear sua namorada. O joalheiro garantiu que no anel, de 10 gramas, 90% eram ouro e 10% eram cobre. Para ter certeza, o estudante levou o anel até o laboratório de Física da sua escola e realizou um experimento de calorimetria, a fim de determinar a massa real de ouro. O anel foi aquecido em uma estufa até atingir a temperatura de 522 °C e, em seguida, foi colocado no interior de um calorímetro com água. O sistema calorímetro-água tem capacidade térmica equivalente à de 100 gramas de água e está à temperatura de 20 °C. A temperatura final de equilíbrio térmico foi de 22 °C.

Sabe-se que:

- I. O calor específico da água vale 1,00 cal/g °C; o do ouro, 0,030 cal/g °C; e o do cobre, 0,090 cal/g °C;
- II. O calor específico de uma liga metálica é igual à média ponderada dos calores específicos dos metais integrantes da liga, sendo as respectivas massas os pesos da média.

Dessa forma, o estudante determinou que a massa real de ouro no anel era, aproximadamente, igual a:

A 5,0 gramas. C) 8,3 gramas. B) 7,5 gramas. D) 9,0 gramas.

E) 9,8 gramas.

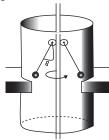
12. (ITA) Considere uma esfera maciça de raio \mathbf{r} , massa \mathbf{m} , coeficiente de dilatação volumétrica α, feita de um material com calor específico a volume constante c_v. A esfera, sujeita à pressão atmosférica p, repousa sobre uma superfície horizontal isolante térmica e está inicialmente a uma temperatura T alta o suficiente para garantir que a sua energia interna não se altera em processos isotérmicos. Determine a temperatura final da esfera após receber uma quantidade de calor Q, sem perdas para o ambiente. Dê sua

resposta em função de **q** e dos outros parâmetros explicitados.

13. (OBF modificada) Duas esferas puntiformes de massa **m** estão presas por hastes leves e rígidas de comprimento I a um eixo de rotação vertical no interior de um cilindro fixo de raio R. As hastes são articuladas de modo que as esferas se distanciam do eixo enquanto giram. A partir de certa velocidade angular(ω) as esferas podem tocar as paredes do cilindro. Considerando que o atrito cinético entre as esferas e a parede é μ, qual a seria a

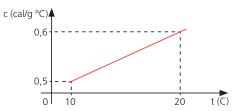
taxa $\frac{m_{gelo}}{\cdot \cdot}$ de derretimento de gelo (calor Latente L), inicialmente

a 0 °C. se toda a energia dissipada pelo atrito pudesse ser utilizada com essa finalidade

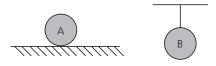


14. (Fuvest-SP) O calor específico de um sólido, a pressão constante, varia linearmente com a temperatura, de acordo com o gráfico:

Qual a quantidade de calor, em calorias, necessária para aquecer 1 g desse sólido de 10 °C a 20 °C?



15. Uma esfera A é colocada sobre uma mesa perfeitamente lisa. Uma outra Esfera B (igual a esfera A) é pendurada por um fio isolante e inextensível. Uma igual quantidade de calor é absorvida pelas esferas. Podemos afirmar que:



- A) A temperatura final da esfera A é a mesma da temperatura final da esfera B.
- B) A temperatura final da esfera A é maior que a temperatura final da esfera B.
- C) A temperatura final da esfera A é menor que a temperatura final da esfera B.
- D) A temperatura final da esfera B independe da altura que o seu centro está do solo, mesmo sabendo que a gravidade diminui com a altura.
- E) NDA.

Gabarito

01	02	03	04	05
С	72 min	*	*	В
06	07	08	09	10
Е	С	T = 250 °C	*	В
11	12	13	14	15
С	*	*	5,5 cal	С

* 03.

A) Tf = 350 K
B) Q =
$$3.2 \cdot 10^5$$
 J

04.
$$c = 3,36 \frac{J}{Ka \cdot {}^{\circ}C}$$

09.

A)
$$Q_a \approx 4.4 \cdot 10^5 \text{ J}$$

B) $Q_b \approx 1.1 \cdot 10^5 \text{ J}$
C) Libera

D)
$$Q = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J}$$

12. Tf =
$$\tau + \frac{3Q}{3mc_v + 4P\pi r^3 \alpha + mgr\alpha}$$

2pm $\omega \ell \operatorname{sen}\alpha(\omega^2 \ell \operatorname{sen}\alpha - \operatorname{gtg}\alpha)$

13. Taxa =
$$\frac{2p m \omega \ell sen \alpha (\omega^2 \ell sen \alpha - g tg \alpha)}{L}$$

SUPERVISOR/DIRETOR: DAWISON – AUTOR: KEN AIKAWA DIG.: RENAN – REV.: KARLLA