

Lista-2 – Equações de Estado

Termodinâmica - Prof. José Alexandre

1ª) Os trilhos de aço de uma estrada de ferro são fixados quando a temperatura é de $-2,0^{\circ}\text{C}$. Uma seção padrão de trilho tem 10,0 m de comprimento. Qual deve ser o espaçamento entre as seções para que não haja compressão quando a temperatura se eleva a 48°C ? (Dado: coeficiente de dilatação linear do aço é igual a $11 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Resposta: 5,5 mm.

2ª) Uma chapa de alumínio tem um furo central de 100 cm de raio, estando numa temperatura de 12°C . Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do alumínio é $22 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, calcule a área do furo quando a chapa for aquecida até 122°C .

Resposta: $3,15 \text{ m}^2$.

3ª) Um recipiente de ferro tem coeficiente de dilatação linear $12 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Ele está a 0°C e totalmente cheio de um líquido cujo volume é 120 cm^3 . Ao se aquecer o conjunto até 200°C , extravasam 12 cm^3 do líquido. Calcule o coeficiente de dilatação (real) do líquido.

Resposta: $5,36 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

4ª) O dono de um posto de gasolina consulta uma tabela de coeficientes de dilatação volumétrica, obtendo para o álcool $10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Seu lucro por litro de álcool vendido é de R\$ 1,00. Se ele comprar 14.000 litros do combustível em um dia em que a temperatura é de 20°C e revendê-los num dia mais quente, em que a temperatura seja 30°C , qual será seu lucro por litro comprado?

Resposta: R\$ 1,01.

5ª) Um tanque de alumínio de volume 2 litros está completamente cheio de água a uma temperatura inicial de 80°C . O coeficiente de dilatação volumétrica da água é igual a 2,8 vezes o coeficiente de dilatação do alumínio. O coeficiente de dilatação linear do alumínio é $22 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Se a temperatura do sistema água mais tanque passar para uma temperatura final de 20°C , qual o volume máximo de água que poderemos adicionar ao tanque sem que a água transborde?

Resposta: $1,4 \times 10^{-2}$ litros.

6ª) Um balão de vidro de 1 litro está cheio até as bordas com etanol a 10°C . Se a temperatura for elevada até 30°C , que quantidade de etanol transborda?

Dados: coeficiente de expansão volunar do etanol $\beta_{\text{etanol}} = 1,1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ e coeficiente de expansão linear do vidro $\alpha_{\text{vidro}} = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Resposta: 21,5 ml.

7ª) Um recipiente de ferro tem, a 0°C , um volume interno de 100 cm^3 . Calcule o volume de mercúrio que deve ser colocado no recipiente a fim de que a diferença entre os volumes permaneça constante ao se elevar a temperatura até 50°C .

Dados:

- Coeficiente de dilatação linear do ferro $\alpha_{\text{Fe}} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- Coeficiente de dilatação volumar do mercúrio $\beta_{\text{Hg}} = 1,8 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Resposta: 20 cm^3 .

8ª) Dentro de um tubo em U disposto verticalmente, coloca-se um líquido de dilatação volumétrica β . Um dos braços do tubo é envolvido por um banho de gelo fundente à temperatura $T_0 = 0^\circ\text{C}$ e o outro braço é envolvido por um banho de água à temperatura $T = 20^\circ\text{C}$. Desse modo, as alturas das colunas líquidas nos dois ramos verticais do tubo ficam diferentes: no ramo à temperatura T_0 , a altura é $h_0 = 80\text{ cm}$, e no ramo à temperatura T , a altura é $h = 82\text{ cm}$. Calcule o coeficiente de dilatação do líquido.

Resposta: $1,25 \times 10^{-3}^\circ\text{C}^{-1}$.

9ª) À temperatura de 40°C , um sólido de densidade $8,00\text{ g/cm}^3$ flutua em líquido de densidade $8,20\text{ g/cm}^3$. Sabendo que os coeficientes de dilatação cúbica do sólido e do líquido são, respectivamente, iguais a $40 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ e $350 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$, determine a temperatura na qual o sólido ficará totalmente imerso e em equilíbrio, em qualquer posição dentro do líquido.

Resposta: 121°C .

10ª) Um relógio de pêndulo é correto a 20°C e seu período é de $2,0\text{ s}$. O material de que é constituído o pêndulo tem coeficiente de dilatação linear $2,0 \times 10^{-5}^\circ\text{C}^{-1}$. Quando a temperatura é mantida a 30°C , qual o atraso do relógio em uma hora?

Resposta: $\cong 0,36\text{ s}$.

11ª) Observa-se que objetos quentes ou frios esfriam ou esquentam, respectivamente, para atingir a temperatura do ambiente. Se a diferença de temperatura ΔT entre o objeto e sua vizinhança ($\Delta T = T_{\text{objeto}} - T_{\text{vizinhança}}$) não for grande, a taxa de resfriamento ou aquecimento do objeto será aproximadamente proporcional à diferença de temperatura, isto é,

$$\frac{d(\Delta T)}{dt} = -A \Delta T,$$

onde A é uma constante. O sinal menos aparece porque se ΔT for positivo, ele decresce com o tempo e, se for negativo, cresce. Esta relação é conhecida como *Lei de Newton para o resfriamento*.

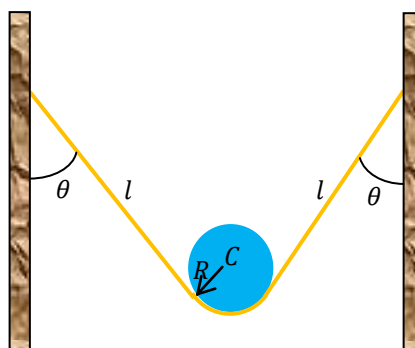
a) De que fatores A depende? Quais as dimensões de A ?

b) Se no instante $t = 0$ a diferença de temperatura for ΔT_0 , mostre que num instante t ela será

$$\Delta T = \Delta T_0 e^{-At}.$$

Resposta: a) O resfriamento de um objeto ocorre por propagação de calor, portanto A depende dos mesmos fatores que influenciam na propagação do calor, tais como: a natureza da substância e da vizinhança, da temperatura ambiente, pressão, etc. A dimensão de A é $[\text{tempo}]^{-1}$.

12ª) Um cilindro maciço de alumínio é suspenso por meio de uma cinta de aço flexível presa nas extremidades em dois pontos situados no mesmo nível, conforme indicado na figura. O eixo do cilindro não sofre nenhum deslocamento com as contrações ou expansões térmicas do cilindro e da cinta. O ângulo $\theta = 50^\circ$ praticamente não é afetado por variações de temperatura. Calcule o raio do cilindro quando a temperatura é 290 K , sendo $l = 2,5\text{ m}$ a essa temperatura. Despreze o peso da cinta.



Resposta: 77 cm .

13º) Determine a taxa de variação com a temperatura do momento de inércia I de um corpo sólido.

Resposta: $\frac{dI}{dT} = 2\alpha I$.

14º) Determine a variação com a temperatura do período de um pêndulo.

Resposta: $\Delta T = \frac{1}{2}\alpha T \Delta T$.

15º) A temperatura do ponto de vapor na escala do gás ideal é 373,15 K. Qual é o valor limite da razão das pressões de um gás, mantido a volume constante, no ponto de vapor e no ponto triplice da água?

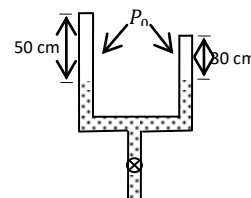
Resposta: 1,366.

16º) Os trilhos de aço de uma estrada de ferrosão fixados quando a temperatura é de $-5,0^\circ\text{C}$. Uma seção padrão de trilho tem 12,0 m de comprimento. Qual deve ser o espaçamento entre as seções para que não haja compressão quando a temperatura se eleva a 42°C ?

(Dado: coeficiente de dilatação linear do aço é igual a $11 \times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$.)

Resposta: 6,2 mm.

17º) Um manômetro de mercúrio com dois ramos desiguais de seções transversais idênticas está selado com a mesma pressão P_0 nos dois ramos, como mostra a figura. Com a temperatura constante, um volume adicional de 10 cm^3 de mercúrio é adicionado ao manômetro através de uma torneira localizada em seu fundo. O nível à esquerda sobe 6 cm e o nível da direita sobe 4 cm. Calcule a pressão P_0



Resposta: 114,4 cmHg.

18º) (2.3) Um cilindro equipado com um êmbolo móvel contém um gás ideal à pressão P_1 , volume específico v_1 e temperatura T_1 . A pressão e o volume são simultaneamente aumentados, de modo que, em cada instante, P e v são relacionados pela equação

$$P = Av,$$

onde A é uma constante.

- Expresse a constante A em termos da pressão P_1 , a temperatura T_1 e a constante dos gases R .
- Encontre a temperatura, quando o volume específico for dobrado, se $T_1 = 200\text{ K}$.

Resposta: a) $A = \frac{P_1^2}{RT_1}$. b) 800 K.

19º) (2.6) Um tubo em J, de seção reta uniforme, contém ar à pressão atmosférica. A altura barométrica é h_0 . A altura do lado menor do tubo é $\frac{h_0}{2}$ e a do maior é h_0 . É derramado mercúrio no lado maior aberto, encerrando o ar na extremidade do lado menor fechado. Qual a altura da coluna de mercúrio no lado fechado, quando o lado aberto está completamente cheio de mercúrio. Descreva suas considerações.

0,225 h_0 .

20º) (2.12) Um volume V à temperatura T contém n_A moles de um gás ideal A e n_B moles de um gás ideal B. Estes gases não reagem quimicamente. Mostre que a pressão total P do sistema é dada por

$$P = P_A + P_B, \quad (1)$$

onde P_A e P_B são as pressões que cada gás exerceria se estivesse só no volume. A grandeza P_A é chamada a pressão parcial do gás A, e a Eq. (1) é conhecida como a lei de Dalton das pressões parciais.

21⁰) (2.13) Em todos os chamados gases diatômicos, algumas das moléculas estão dissociadas em átomos separados, a fração dissociada aumentando com a temperatura. O gás como um todo consiste, então, em uma porção diatômica e outra monoatômica. Muito embora cada componente possa atuar como um gás ideal, a mistura não o é, porque o número de moles varia com a temperatura. O grau de dissociação δ de um gás diatômico é definido como a razão da massa m_1 da porção monoatômica para a massa total m do sistema, $\delta = \frac{m_1}{m}$. Supondo que o gás obedeça à lei de Dalton, mostre que a equação de estado do gás é

$$PV = (\delta + 1) \left(\frac{m}{M_2} \right) RT,$$

onde M_2 é o "peso" molecular da componente diatômica.

22⁰) (2.24) Uma substância hipotética tem um coeficiente de compressão isotérmica $\kappa = \frac{a}{v}$, e um coeficiente de dilatação volumétrica $\beta = \frac{2bT}{v}$, onde a e b são constantes. Determine a equação de estado desta substância.

Resposta: $v - bT^2 + aP \equiv cte$.

23⁰) (2.25) Uma substância tem um coeficiente de compressão isotérmica $\kappa = \frac{aT^3}{p^2}$, e um coeficiente de dilatação $\beta = \frac{bT^2}{p}$, onde a e b são constantes. Encontre a equação de estado da substância e a razão $\frac{a}{b}$.

Resposta: $V = V_0 e^{\frac{aT^3}{P}}; \frac{a}{b} = \frac{1}{3}$.

24-39⁰) Francis W. Sears e Gerhard L. Salinger, *Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística*, 3ª Edição, Guanabara Dois (1979): 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.11, 2.12, 2.13, 2.17, 2.18, 2.19, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.25, 2.30, 2.32, 2.34, 2.36 e 2.37.