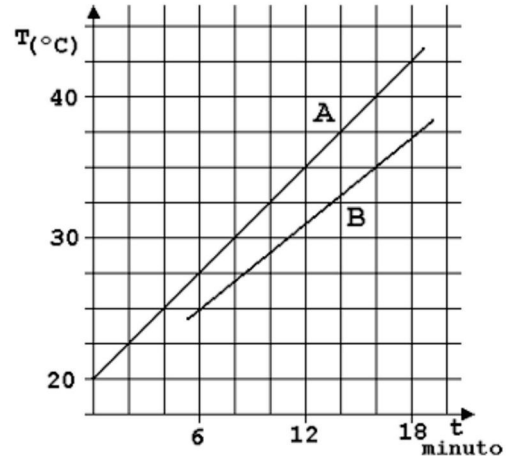
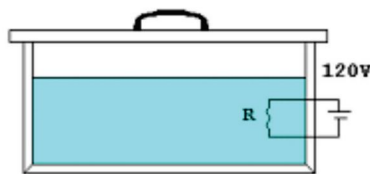


Exercícios Dissertativos

1. (2000) Uma experiência é realizada para estimar o calor específico de um bloco de material desconhecido, de massa $m_b = 5,4\text{kg}$. Em recipiente de isopor, uma quantidade de água é aquecida por uma resistência elétrica $R = 40\ \Omega$, ligada a uma fonte de 120V , conforme a figura.

Nessas condições, e com os devidos cuidados experimentais, é medida a variação da temperatura T da água, em função do tempo t , obtendo-se a reta A do gráfico. A seguir, repete-se a experiência desde o início, desta vez colocando o bloco imerso dentro d'água, obtendo-se a reta B do gráfico.



- Estime a massa M , em kg, da água colocada no recipiente.
- Estime o calor específico do bloco, explicitando claramente as unidades utilizadas.

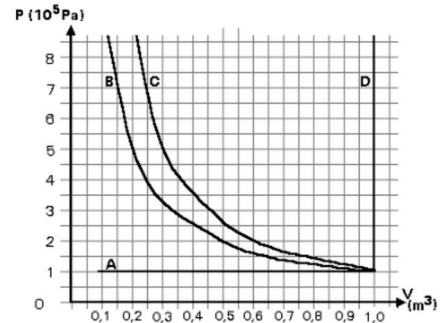
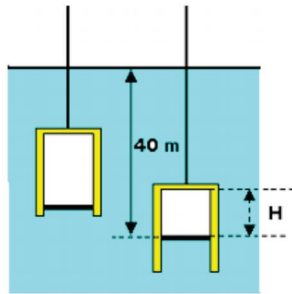
2. (2001) Um motor de combustão interna, semelhante a um motor de caminhão, aciona um gerador que fornece $25\ \text{kW}$ de energia elétrica a uma fábrica.

O sistema motor - gerador é resfriado por fluxo de água, permanentemente renovada, que é fornecida ao motor a 25°C e evaporada, a 100°C , para a atmosfera. Observe as características do motor na tabela. Supondo que o sistema só dissipe calor pela água que aquece e evapora, determine:

Consumo de combustível	15 litros/hora
Energia liberada por um litro de combustível	$36 \times 10^6\text{J}$
Calor de vaporização da água	$2,2 \times 10^6\text{J/kg}$
Calor específico da água	$4000\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$

- A potência P , em kW, fornecida à água, de forma a manter a temperatura do sistema constante.
- A vazão V de água, em kg/s, a ser fornecida ao sistema para manter sua temperatura constante.
- A eficiência R do sistema, definida como a razão entre a potência elétrica produzida e a potência total obtida a partir do combustível.

3. (2001) Um compartimento cilíndrico, isolado termicamente, é utilizado para o transporte entre um navio e uma estação submarina. Tem altura $H_0 = 2,0\text{m}$ e área da base $S_0 = 3,0\text{m}^2$. Dentro do compartimento, o ar está inicialmente à pressão atmosférica (P_{atm}) e a 27°C , comportando-se como gás ideal. Por acidente, o suporte da base inferior do compartimento não foi travado e a base passa a funcionar como um pistão, subindo dentro do cilindro à medida que o compartimento desce lentamente dentro d'água, sem que ocorra troca de calor entre a água, o ar e as paredes do compartimento. Considere a densidade da água do mar igual à densidade da água. Despreze a massa da base. Quando a base inferior estiver a 40m de profundidade, determine:



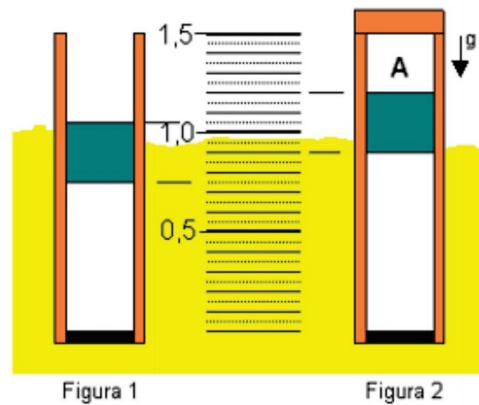
- A pressão P do ar, em Pa, dentro do compartimento
- A altura H , em m, do compartimento, que permanece não inundado.
- A temperatura T do ar, em $^\circ\text{C}$, no comparti-

mento.

Curvas $P \times V$ para uma massa de ar que, à P_{atm} e 27°C , ocupa 1 m^3 : (A) isobárica, (B) isotérmica, (C) sem troca de calor, (D) volume constante.
 $P_{atm} = 10^5\text{ Pa}$; $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2$

4. (2002)

Um cilindro, com comprimento de $1,5\text{ m}$, cuja base inferior é constituída por um bom condutor de calor, permanece semi-imerso em um grande tanque industrial, ao nível do mar, podendo ser utilizado como termômetro. Para isso, dentro do cilindro, há um pistão, de massa desprezível e isolante térmico, que pode mover-se sem atrito. Inicialmente, com o ar e o líquido do tanque à temperatura ambiente de 27°C , o cilindro está aberto e o pistão encontra-se na posição indicada na figura 1. O cilindro é, então, fechado e, a seguir, o líquido do tanque é aquecido, fazendo com que o pistão atinja uma nova posição, indicada na figura 2.



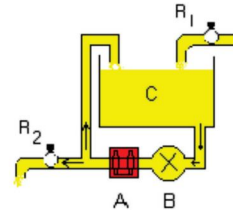
Supondo que a temperatura da câmara superior permaneça sempre igual a 27°C , determine:

- A pressão final P_1 , em Pa, na câmara superior A.
- A temperatura final T_f do líquido no tanque, em $^\circ\text{C}$ ou em K.

Ao nível do mar:
 $P_{atm} = 1,0 \times 10^5\text{ Pa}$
 $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2$

5. (2002) Uma caixa d'água C , com capacidade de 100 litros, é alimentada, através do registro R_1 , com água fria a 15°C , tendo uma vazão regulada para manter sempre constante o nível de água na caixa. Uma bomba R retira $3 \ell/\text{min}$ de água da caixa e os faz passar por um aquecedor elétrico A (inicialmente desligado). Ao ligar-se o aquecedor, a água é fornecida, à razão de $2 \ell/\text{min}$, através do registro R_2 para uso externo, enquanto o restante da água aquecida retorna à caixa para não desperdiçar energia.

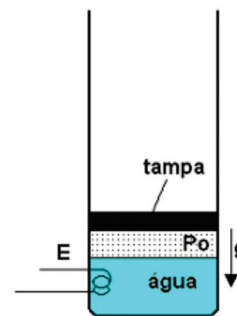
No momento em que o aquecedor, que fornece uma potência constante, começa a funcionar, a água, que entra nele a 15°C , sai a 25°C . A partir desse momento, a temperatura da água na caixa passa então a aumentar, estabilizando-se depois de algumas horas. Desprezando perdas térmicas, determine, após o sistema passar a ter temperaturas estáveis na caixa e na saída para o usuário externo:



- A quantidade de calor Q , em J, fornecida a cada minuto pelo aquecedor.
- A temperatura final T_2 , em $^\circ\text{C}$, da água que sai pelo registro R_2 para uso externo.
- A temperatura final R_C , em $^\circ\text{C}$, da água na caixa.

6. (2003) Um recipiente cilíndrico contém $1,5 \text{ L}$ (litro) de água à temperatura de 40°C . Uma tampa, colocada sobre a superfície da água, veda o líquido e pode se deslocar verticalmente sem atrito. Um aquecedor elétrico E , de 1800 W , fornece calor à água. O sistema está isolado termicamente de forma que o calor fornecido à água não se transfere ao recipiente.

Devido ao peso da tampa e à pressão atmosférica externa, a pressão sobre a superfície da água permanece com o valor $P_0 = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$. Ligando-se o aquecedor, a água esquentando até atingir, depois de um intervalo de tempo t_A , a temperatura de ebulição (100°C). A seguir a água passa a evaporar, preenchendo a região entre a superfície da água e a tampa, até que, depois de mais um intervalo de tempo t_B , o aquecedor é desligado. Neste processo, $0,27 \text{ mol}$ de água passou ao estado de vapor.



NOTE/ADOTE $1 \text{ Pa} = 1 \text{ pascal} = 1 \text{ N/m}^2$ Massa de 1 mol de água: **18 gramas**
 Calor específico da água: **$4.000 \text{ J}/(^\circ\text{C}\cdot\text{kg})$** Massa específica da água: **$1,0 \text{ kg/L}$**
 Na temperatura de **100°C** e à pressão de **$1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$** , 1 mol de vapor de água ocupa **30 L** e o calor de vaporização da água vale **40.000 J/mol** .

Determine

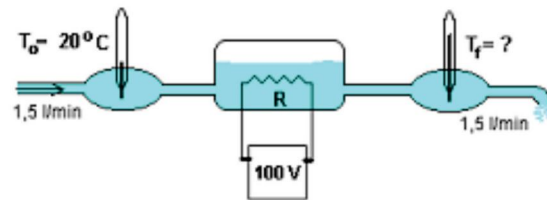
- o intervalo de tempo t_A , em segundos, necessário para levar a água até a ebulição.
- o intervalo de tempo t_B , em segundos, necessário para evaporar $0,27 \text{ mol}$ de água.
- o trabalho τ , em joules, realizado pelo vapor de água durante o processo de ebulição.

7. (2004) Um cilindro de Oxigênio hospitalar (O_2), de 60 litros, contém, inicialmente, gás a uma pressão de 100 atm e temperatura de 300 K. Quando é utilizado para a respiração de pacientes, o gás passa por um redutor de pressão, regulado para fornecer Oxigênio a 3 atm, nessa mesma temperatura, acoplado a um medidor de fluxo, que indica, para essas condições, o consumo de Oxigênio em litros/minuto. Assim, determine:
- O número N_0 de mols de O_2 , presentes inicialmente no cilindro.
 - O número n de mols de O_2 , consumidos em 30 minutos de uso, com o medidor de fluxo indicando 5 litros/minuto.
 - O intervalo de tempo t , em horas, de utilização do O_2 , mantido o fluxo de 5 litros/minuto, até que a pressão interna no cilindro fique reduzida a 40 atm.

NOTE E ADOTE:
 Considere o O_2 como gás ideal.
 Suponha a temperatura constante e igual a 300 K.
 A constante dos gases ideais $R \approx 8 \times 10^{-2}$ litros.atm/K

8. (2004)

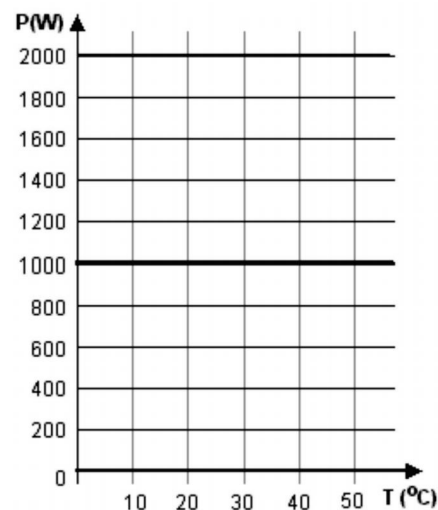
Em um experimento de laboratório, um fluxo de água constante, de 1,5 litros por minuto, é aquecido através de um sistema cuja resistência R , alimentada por uma fonte de 100 V, depende da temperatura da água. Quando a água entra no sistema, com uma temperatura $T_0 = 20^\circ\text{C}$, a resistência passa a ter um determinado valor que aquece a água. A água aquecida estabelece novo valor para a resistência e assim por diante, até que o sistema se estabilize em uma temperatura final T_f . Para analisar o funcionamento do sistema:



NOTE E ADOTE:

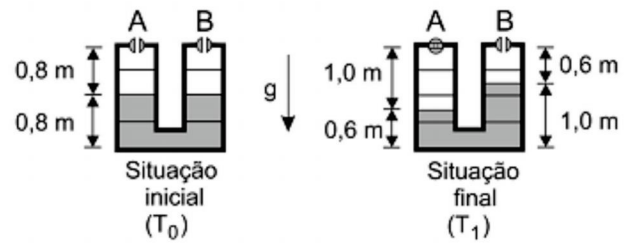
- Nas condições do problema, o valor da resistência R é dado por $R = 10 - \alpha T$, quando R é expresso em Ω , T em $^\circ\text{C}$ e $\alpha = 0,1 \Omega/^\circ\text{C}$.
- Toda a potência dissipada no resistor é transferida para a água e o resistor está à mesma temperatura de saída da água.
- Considere o calor específico da água $c = 4000 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ e a densidade da água $\rho = 1 \text{ kg}/\text{litro}$

- Escreva a expressão da potência P_R dissipada no resistor, em função da temperatura do resistor, e represente $P_R \times T$ no gráfico da folha de respostas.
- Escreva a expressão da potência P_A necessária para que a água deixe o sistema a uma temperatura T , e represente $P_A \times T$ no mesmo gráfico da folha de respostas.
- Estime, a partir do gráfico, o valor da temperatura final T_f da água, quando essa temperatura se estabiliza.



9. (2006)

Dois tanques cilíndricos verticais, A e B, de 1,6 m de altura e interligados, estão parcialmente cheios de água e possuem válvulas que estão abertas, como representado na figura para a situação inicial. Os tanques estão a uma temperatura $T_0 = 280$ K e à pressão atmosférica P_0 . Em uma etapa de um processo industrial, apenas a válvula A é fechada e, em seguida, os tanques são aquecidos a uma temperatura T_1 , resultando na configuração indicada na figura para a situação final.

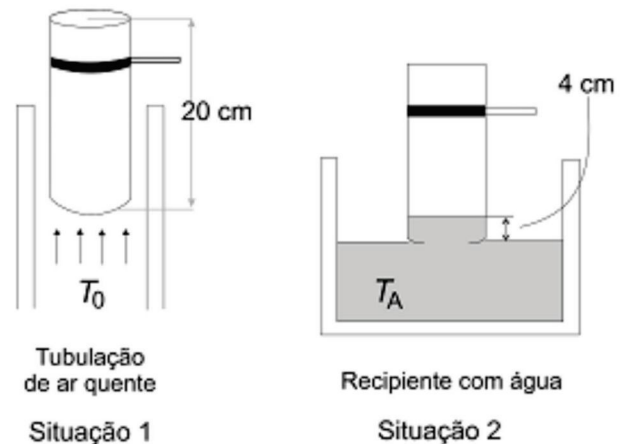


NOTE E ADOTE
 $PV = nRT$; $\Delta P = \rho g \Delta H$
 $P_{atmosferica} \approx 1,00 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

- Determine a razão $R_1 = P_1/P_0$, entre a pressão final P_1 e a pressão inicial P_0 do ar no tanque A.
- Determine a razão $R_2 = T_1/T_0$, entre a temperatura final T_1 e a temperatura inicial T_0 dentro dos tanques.
- Para o tanque B, determine a razão $R_3 = m_0/m_1$ entre a massa de ar m_0 contida inicialmente no tanque B e a massa de ar final m_1 , à temperatura T_1 , contida nesse mesmo tanque.

10. (2007) Para medir a temperatura T_0 do ar quente expelido, em baixa velocidade, por uma tubulação, um jovem utilizou uma garrafa cilíndrica vazia, com área da base $S = 50 \text{ cm}^2$ e altura $H = 20 \text{ cm}$.

Adaptando um suporte isolante na garrafa, ela foi suspensa sobre a tubulação por alguns minutos, para que o ar expelido ocupasse todo o seu volume e se estabelecesse o equilíbrio térmico a T_0 (Situação 1). A garrafa foi, então, rapidamente colocada sobre um recipiente com água mantida à temperatura ambiente $T_A = 27^\circ \text{ C}$. Ele observou que a água do recipiente subiu até uma altura $h = 4 \text{ cm}$, dentro da garrafa, após o ar nela contido entrar em equilíbrio térmico com a água (Situação 2). Estime



NOTE E ADOTE
 $PV = nRT$
 $T (\text{K}) = T (^\circ\text{C}) + 273$

- o volume V_A , em cm^3 , do ar dentro da garrafa, após a entrada da água, na Situação 2.
- a variação de pressão ΔP , em N/m^2 , do ar dentro da garrafa, entre as Situações 1 e 2.
- a temperatura inicial T_0 , em $^\circ\text{C}$, do ar da tubulação, desprezando a variação de pressão do ar dentro da garrafa.

11. (2008) Um roqueiro iniciante improvisa efeitos especiais, utilizando gelo seco (CO_2 sólido) adquirido em uma fábrica de sorvetes. Embora o início do show seja à meia-noite (24 h), ele o compra às 18 h, mantendo-o em uma "geladeira" de isopor, que absorve calor a uma taxa de aproximadamente 60 W, provocando a sublimação de parte do gelo seco. Para produzir os efeitos desejados, 2 kg de gelo seco devem ser jogados em um tonel com água, a temperatura ambiente, provocando a sublimação do CO_2 e a produção de uma "névoa". A parte visível da "névoa", na verdade, é constituída por gotículas de água, em suspensão, que são carregadas pelo CO_2 gasoso para a atmosfera, à medida que ele passa pela água do tonel. Estime:

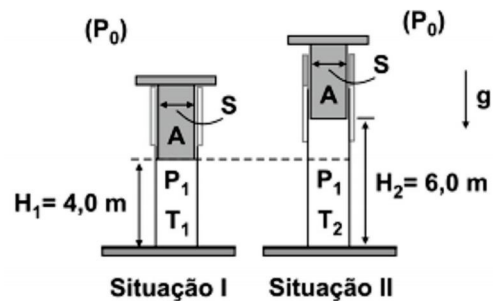
- A massa de gelo seco, M_{gelo} , em kg, que o roqueiro tem de comprar, para que, no início do show, ainda restem os 2 kg necessários em sua "geladeira".
- A massa de água, $M_{\text{água}}$, em kg, que se transforma em "névoa" com a sublimação de todo o CO_2 , supondo que o gás, ao deixar a água, esteja em CNTP, incorporando 0,01g de água por cm^3 de gás formado.

NOTE E ADOTE:

Sublimação: passagem do estado sólido para o gasoso.
 Temperatura de sublimação do gelo seco = -80°C .
 Calor latente de sublimação do gelo seco = 648 J/g.
 Para um gás ideal, $PV = nRT$.
 Volume de 1 mol de um gás em CNTP = 22,4 litros.
 Massa de 1 mol de $\text{CO}_2 = 44$ g.
 Suponha que o gelo seco seja adquirido a -80°C .

12. (2009) Um grande cilindro, com ar inicialmente à pressão P_1 e temperatura ambiente ($T_1 = 300$ K), quando aquecido, pode provocar a elevação de uma plataforma **A**, que funciona como um pistão, até uma posição mais alta.

Tal processo exemplifica a transformação de calor em trabalho, que ocorre nas máquinas térmicas, à pressão constante. Em uma dessas situações, o ar contido em um cilindro, cuja área da base S é igual a $0,16 \text{ m}^2$, sustenta uma plataforma de massa $M_A = 160$ kg a uma altura $H_1 = 4,0$ m do chão (situação I). Ao ser aquecido, a partir da queima de um combustível, o ar passa a uma temperatura T_2 , expandindo-se e empurrando a plataforma até uma nova altura $H_2 = 6,0$ m (situação II). Para verificar em que medida esse é um processo eficiente, estime:



- A pressão P_1 do ar dentro do cilindro, em pascals, durante a operação.
- A temperatura T_2 do ar no cilindro, em kelvins, na situação II.
- A eficiência do processo, indicada pela razão $R = \Delta E_p / Q$, onde ΔE_p é a variação da energia potencial da plataforma, quando ela se desloca da altura H_1 para a altura H_2 , e Q , a quantidade de calor recebida pelo ar do cilindro durante o aquecimento.

NOTE E ADOTE:

$PV = nRT$; $P_{\text{atmosferica}} = P_0 = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
 Calor específico do ar a pressão constante $C_p \approx 1,0 \times 10^3 \text{ J/(kg.K)}$
 Densidade do ar a 300 K $\approx 1,1 \text{ kg/m}^3$

13. (2010) Um balão de ar quente é constituído de um envelope (parte inflável), cesta para três passageiros, queimador e tanque de gás. A massa total do balão, com três passageiros e com o envelope vazio, é de 400 kg. O envelope totalmente inflado tem um volume de 1500 m^3 .
- Que massa de ar M_1 caberia no interior do envelope, se totalmente inflado, com pressão igual à pressão atmosférica local (P_{atm}) e temperatura $T = 27^\circ\text{C}$?
 - Qual a massa total de ar M_2 , no interior do envelope, após este ser totalmente inflado com ar quente a uma temperatura de 127°C e pressão P_{atm} ?
 - Qual a aceleração do balão, com os passageiros, ao ser lançado nas condições dadas no item b) quando a temperatura externa é $T = 27^\circ\text{C}$?

NOTE E ADOTE:

Densidade do ar a 27°C e à pressão atmosférica local = 1.2 kg/m^3 .

Aceleração da gravidade na Terra, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Considere todas as operações realizadas ao nível do mar.

Despreze o empuxo acarretado pelas partes sólidas do balão.

$T (\text{K}) = T (^\circ\text{C}) + 273$

Indique a resolução da questão. Não é suficiente apenas escrever as respostas.

14. (2011) Um forno solar simples foi construído com uma caixa de isopor, forrada internamente com papel alumínio e fechada com uma tampa de vidro de $40 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$. Dentro desse forno, foi colocada uma pequena panela contendo 1 xícara de arroz e 300 ml de água à temperatura ambiente de 25°C . Suponha que os raios solares incidam perpendicularmente à tampa de vidro e que toda a energia incidente na tampa do forno a atravesse e seja absorvida pela água. Para essas condições, calcule:
- A potência solar total absorvida pela água.
 - A energia necessária para aquecer o conteúdo da panela até 100°C .
 - O tempo total necessário para aquecer o conteúdo da panela até 100°C e evaporar $1/3$ da água nessa temperatura (cozer o arroz).

NOTE E ADOTE

Potência solar incidente na superfície da Terra: 1 kW/m^2

Densidade da água: 1 g/cm^3

Calor específico da água: $4 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}$

Calor latente de evaporação da água: 2200 J/g

Desconsidere as capacidades caloríficas do arroz e da panela.

15. (2014) Um contêiner com equipamentos científicos e mantido em uma estação de pesquisa na Antártida. Ele é feito com material de boa isolamento térmico e, é possível, com um pequeno aquecedor elétrico, manter sua temperatura interna constante, $T_i = 20^\circ\text{C}$, quando a temperatura externa é $T_e = -40^\circ\text{C}$. As paredes, o piso e o teto do contêiner tem a mesma espessura, $\varepsilon = 26 \text{ cm}$, e são de um mesmo material, de condutividade térmica $k = 0,05 \text{ J/(s}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C)}$. Suas dimensões internas são $2 \times 3 \times 4 \text{ m}^3$. Para essas condições, determine
- a área A da superfície interna total do contêiner;
 - a potência P do aquecedor, considerando ser ele a única fonte de calor;
 - a energia E , em kWh , consumida pelo aquecedor em um dia.

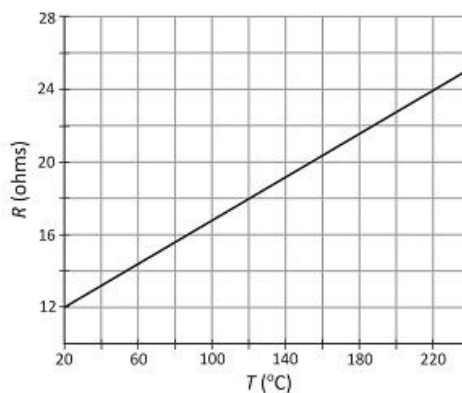
NOTE E ADOTE

A quantidade de calor por unidade de tempo (Φ) que flui através de um material de área A , espessura ε e condutividade térmica k , com diferença de temperatura ΔT entre as faces do material, é dada por: $\Phi = kA\Delta T/\varepsilon$

16. (2015) O aquecimento de um forno elétrico é baseado na conversão de energia elétrica em energia térmica em um resistor. A resistência R do resistor desse forno, submetido a uma diferença de potencial V constante, varia com a sua temperatura T . Na figura da página de respostas é mostrado o gráfico da função $R(T) = R_0 + \alpha(T - T_0)$, sendo R_0 o valor da resistência na temperatura T_0 e α uma constante. Ao se ligar o forno, com o resistor a 20°C , a corrente é 10 A. Ao atingir a temperatura T_M , a corrente é 5 A.

Determine a

- (a) constante α ;
- (b) diferença de potencial V ;
- (c) temperatura T_M ;
- (d) potência P dissipada no resistor na temperatura T_M .



17. (2015) Um recipiente hermeticamente fechado e termicamente isolado, com volume de 750 l, contém ar inicialmente à pressão atmosférica de 1 atm e à temperatura de 27°C . No interior do recipiente, foi colocada uma pequena vela acesa, de 2,5 g. Sabendo-se que a massa da vela é consumida a uma taxa de 0,1 g/min e que a queima da vela produz energia à razão de $3,6 \times 10^4 \text{ J/g}$, determine

- (a) a potência W da vela acesa;
- (b) a quantidade de energia E produzida pela queima completa da vela;
- (c) o aumento ΔT da temperatura do ar no interior do recipiente, durante a queima da vela;
- (d) a pressão P do ar no interior do recipiente, logo após a queima da vela.

Note e adote:

O ar deve ser tratado como gás ideal.

O volume de 1 mol de gás ideal à pressão atmosférica de 1 atm e à temperatura de 27°C é 25l.

Calor molar do ar a volume constante: $C_v = 30 \text{ J/(mol.K)}$.

Constante universal dos gases: $R = 0,08 \text{ atm.l/(mol.K)}$.

$0^\circ\text{C} = 273\text{K}$.

Devem ser desconsideradas a capacidade térmica do recipiente e a variação da massa de gás no seu interior devido à queima da vela.