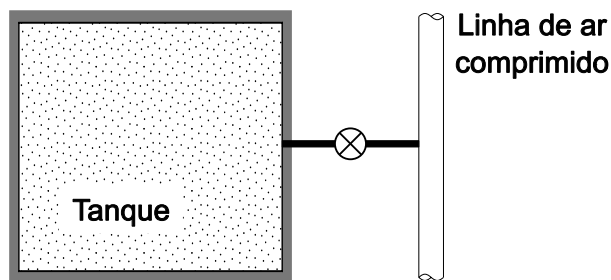


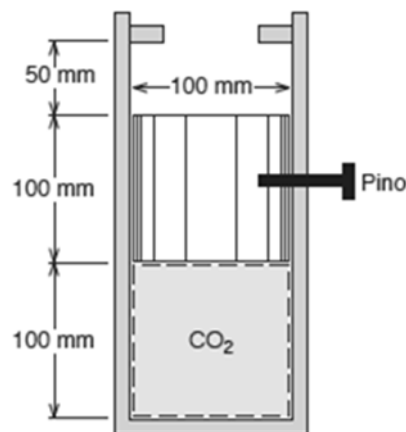
Exercícios e exemplos de sala de aula – Parte 1

Propriedade das substâncias puras:

- 1- Um tanque rígido com volume de 1 m^3 contém ar a 1 MPa e 400 K . O tanque está conectado a uma linha de ar comprimido do modo mostrado na figura. A válvula é então aberta e o ar escoá para o tanque até que a pressão alcance 5 MPa . Nesta condição a válvula é fechada e a temperatura do ar no tanque é $177 \text{ }^\circ\text{C}$. Qual a massa de ar antes e depois do processo de enchimento? Se a temperatura do ar no tanque carregado cair para 300 K , qual será a pressão do ar neste novo estado?



- 2- O conjunto cilindro-pistão mostrado na figura contém CO_2 . Inicialmente, a pressão e a temperatura do CO_2 são iguais a 200 kPa e 290 K e o pistão está imobilizado por um pino. O pistão é construído com um material que apresenta massa específica igual a 8000 kg/m^3 . O ambiente onde está localizado o conjunto está a 290 K e a pressão ambiente é igual a 101 kPa . O pino é então removido e espera-se até que a temperatura no gás atinja a temperatura do ambiente. Qual a nova posição do pistão? O pistão encosta nos esbarros?



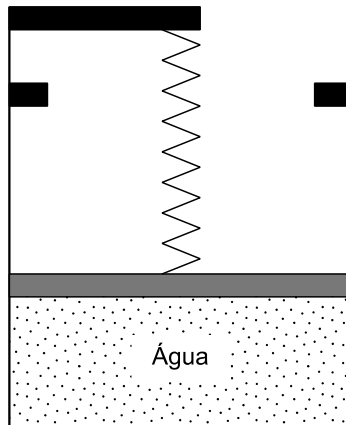
- 3- Determine:

- o volume específico do R-134a, a 40°C e $x = 80\%$
- a fase e o volume específico da água, a $T = 300^\circ\text{C}$ e $p = 5 \text{ MPa}$
- a fase e o volume específico da amônia, a $T = -10^\circ\text{C}$ e $p = 400 \text{ kPa}$
- a fase, o título e a temperatura da água, a $p = 100 \text{ kPa}$ e $v = 1,8 \text{ m}^3/\text{kg}$
- a fase, a pressão e o título da água, a $T = 120^\circ\text{C}$ e $v = 0,5 \text{ m}^3/\text{kg}$

Trabalho e Calor

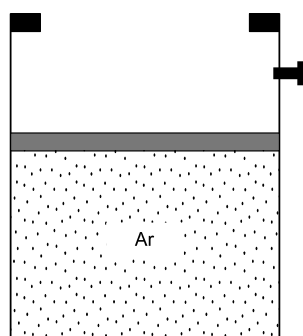
- Um conjunto cilindro-pistão sem atrito contém 5 kg de vapor de refrigerante R-134a a 1000 kPa e 140°C . O sistema é resfriado a pressão constante, até que o refrigerante apresente título igual a 25% . Calcule o trabalho realizado pelo fluido no processo.
- Um conjunto cilindro-pistão contém, inicialmente, $0,1 \text{ m}^3$ de um gás a 1 MPa e 500°C . O gás é expandido isotermicamente até a pressão atingir 100 kPa . Determine o trabalho envolvido neste processo, considerando o modelo de gás perfeito.
- O conjunto cilindro-pistão da figura contém 2 kg de água. O pistão está submetido à ação de uma mola linear e da pressão atmosférica e apresenta massa desprezível. No estado inicial, o volume da câmara é 200 litros , a mola toca levemente o pistão de modo que a pressão é igual à atmosférica ($p_0 = 100 \text{ kPa}$). Quando o êmbolo encontra o batente, o volume da câmara é de 800 litros e a temperatura da água 600°C . Se a água for aquecida até que sua pressão atinja

1,2MPa, determine as temperaturas dos estados final e inicial, mostre o processo num diagrama $p-v$ e determine o trabalho realizado pelo sistema.

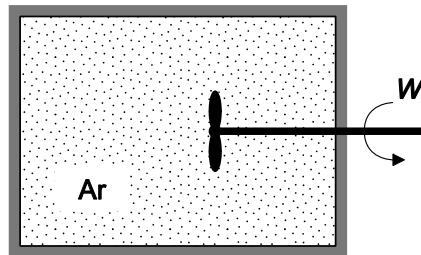


A Primeira Lei da Termodinâmica e sua aplicação a sistemas

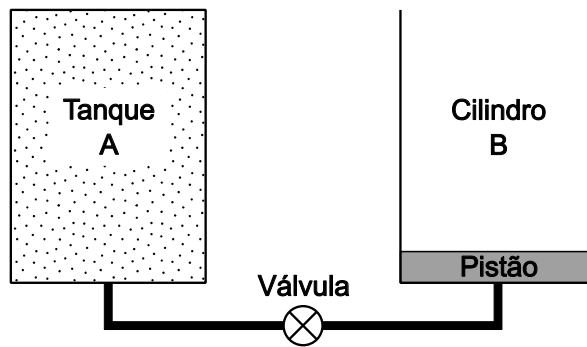
- 1- O fluido contido num tanque é movimentado por um agitador. O trabalho fornecido pelo agitador é 5090 kJ e o calor transferido do tanque é 1500 kJ. Considerando o tanque e o fluido como sistema, determine a variação da energia do sistema neste processo.
- 2- Um conjunto cilindro-pistão, que não apresenta atrito, contém 2 kg de vapor superaquecido de R-134a a 100 °C e 350 kPa. O conjunto é, então, resfriado a pressão constante até que o fluido apresente título igual a 75%. Calcule o calor transferido ao fluido no processo.
- 3- Um pistão sem atrito é usado para manter uma pressão constante de 400 kPa em um cilindro contendo vapor inicialmente a 200 °C com um volume de 2 m³. Calcule a temperatura final se 3500 kJ de calor são fornecidos.
- 4- Calcular a variação de entalpia para 1 kg de oxigênio quando este é aquecido de 300 K a 1500 K. Admita modelo de gás perfeito, com calor específico:
 - a) calculado com a tabela de gás ideal;
 - b) dado por expressão analítica;
 - c) constante.
- 5- O conjunto cilindro-pistão mostrado na figura contém, inicialmente, 2 kg de ar a 200 kPa e 600 K (estado 1). O ar é expandido num processo a pressão constante, até que o volume se torne igual ao dobro do inicial (estado 2). Neste ponto, o pistão é travado com um pino e transfere-se calor do ar até que a temperatura atinja 600 K (estado 3). Determine a pressão e a temperatura para os estados 2 e 3 e calcule Δh , W e Q para os dois processos.



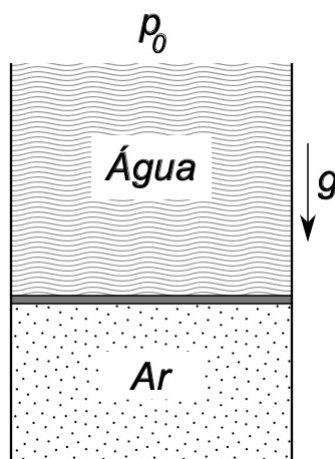
- 6- Por meio de um hélice, realiza-se 200 kJ de trabalho sobre o ar no interior de um recipiente isolado de volume 2 m^3 . Se a pressão e a temperatura iniciais forem 200 kPa e $100 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente, determine T e ρ finais.



- 7- O tanque A tem volume igual a 100 l e contém vapor saturado de R-134a a $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Quando a válvula é entreaberta, o refrigerante escoar vagarosamente para o cilindro B. A pressão necessária para levantar o pistão no cilindro B é 200 kPa. Calor é transferido durante este processo, de modo que a temperatura de todo o refrigerante é mantida constante e igual a $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Admitindo que, no estado final, a pressão do R-134a é uniforme e igual a 200 kPa, calcule o calor transferido no processo.

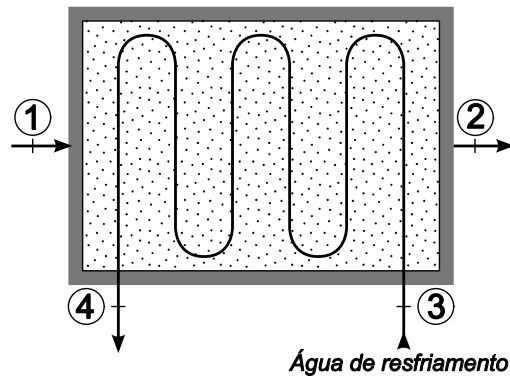


- 8- A figura mostra um conjunto cilindro-pistão com área da seção transversal igual a $0,1 \text{ m}^2$ e altura de 10 m. O pistão, que é muito fino e tem massa desprezível, separa a câmara em duas regiões. Inicialmente, a região superior contém água a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e a inferior contém $0,3 \text{ m}^3$ de ar a 300 K. Transfere-se, então, calor à região inferior de modo que o pistão inicia o movimento, provocando assim o transbordamento na região superior. Este processo continua até que o pistão alcança o topo do cilindro. Admitindo $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ e $p_0 = 100 \text{ kPa}$, determine o calor transferido no processo.



A Primeira Lei da Termodinâmica para volumes de controle

- 1- R-134a entra em uma válvula a 800kPa e 30°C. A pressão medida a jusante da válvula é 60kPa. Estime a energia interna do fluido a jusante da válvula.
- 2- Vapor superaquecido entra em uma turbina isolada a 4000kPa e 500°C e sai a 20kPa com $x = 0,9$. Se a vazão mássica for 6kg/s, determine \dot{W} e a velocidade média na saída, cujo duto tem diâmetro igual a 800mm.
- 3- Um difusor isolado é alimentado com um escoamento de ar que apresenta velocidade de 200m/s, $T = 300K$ e $p = 100kPa$. As áreas das seções transversais de alimentação e descarga são, respectivamente, iguais a 100 e 860mm². Sabendo que o ar deixa o difusor com uma velocidade de 20m/s, determine a pressão e a temperatura do ar na seção de descarga do equipamento.
- 4- A figura mostra um trocador de calor que é alimentado com 1kg/s de água a 300°C e 10kPa e descarrega líquido saturado a 10kPa. O fluido de resfriamento é água obtida num lago a 20°C e que retorna ao mesmo a 30°C. Sabendo que a superfície externa do condensador é isolada, calcule a vazão da água de resfriamento.

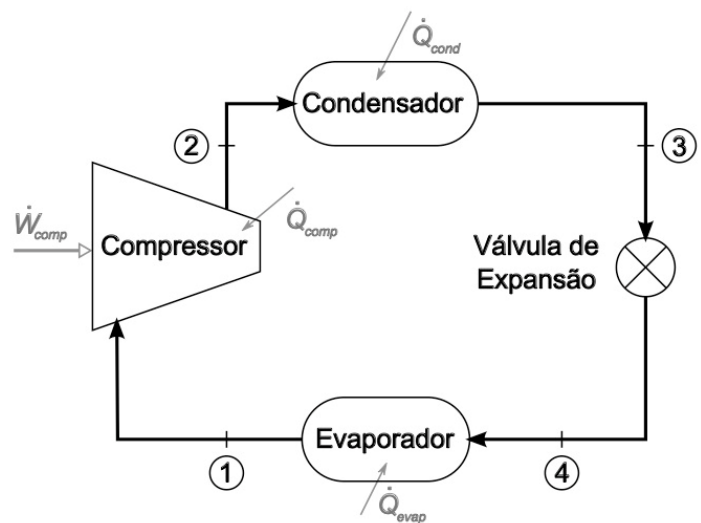


- 5- O sistema de refrigeração mostrado na figura utiliza R-134a como fluido de trabalho. A vazão em massa de refrigerante no ciclo é 0,1kg/s e a potência consumida no compressor 5kW. As características operacionais do ciclo são:

$$\begin{aligned} p_1 &= 100\text{kPa} & T_1 &= -20^\circ\text{C} \\ p_2 &= 800\text{kPa} & T_2 &= 50^\circ\text{C} \\ T_3 &= 30^\circ\text{C} & x_3 &= 0,0 \\ T_4 &= -25^\circ\text{C} \end{aligned}$$

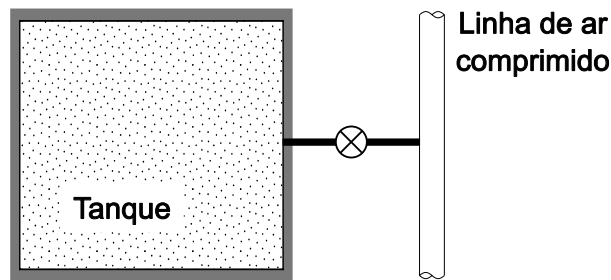
Determine:

- a) O calor transferido ao compressor
- b) O calor transferido ao condensador
- c) O calor transferido ao evaporador
- d) O título na seção 4.

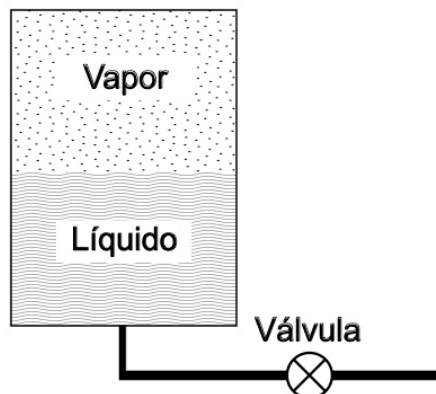


- 6- Ar a 800kPa e 20°C escoa numa tubulação principal e pode alimentar um tanque isolado através de uma tubulação secundária com válvula. O volume do tanque é igual a 25 litros e

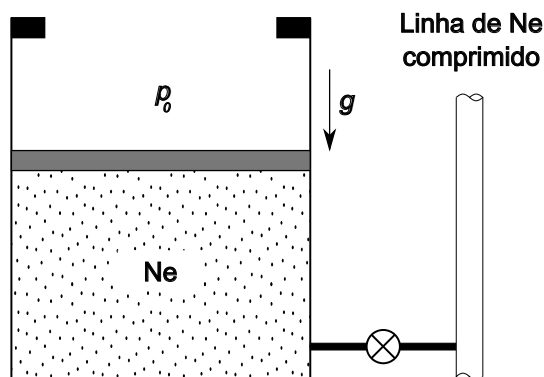
inicialmente está evacuado. A válvula é, então, aberta e o ar escoá para o tanque. Determine a temperatura e a massa finais no tanque se a válvula é deixada aberta.



- 7- A figura mostra um tanque rígido com volume de 750 litros que contém, inicialmente, água saturada a 250°C. O volume inicial de líquido é 50% do total. Uma válvula colocada no fundo do tanque é aberta e o líquido é retirado vagarosamente. Durante esse processo, calor é transferido, e modo que a temperatura interna permanece constante. Calcule a quantidade de calor transferido até o instante em que metade da massa inicial foi retirada.



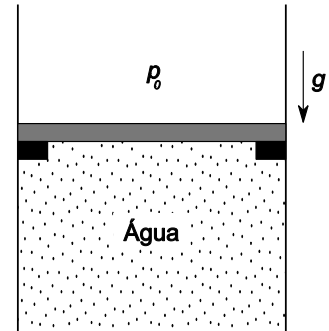
- 8- O conjunto cilindro-pistão mostrado na figura inicialmente apresenta volume de câmara igual a 0,25m³ e contém neônio a 300kPa e 17°C. O volume da câmara, quando o pistão está encostado nos esbarros, é igual a 1m³. A pressão e a temperatura do neônio na linha de gás comprimido são respectivamente iguais a 500kPa e 600K. A válvula é, então, aberta e mantida nesta posição até que a pressão do neônio na câmara atinja 400kPa. Neste estado, a temperatura do gás na câmara é 350K. Determine o aumento da massa de neônio na câmara, o trabalho realizado e a transferência de calor no processo.



Exercícios de revisão

1- Um pequeno furo é feito num tanque rígido, de volume $0,75 \text{ m}^3$, contendo ar a 70 kPa e $25 \text{ }^\circ\text{C}$. A partir deste momento, ar do ambiente externo, que está a 100 kPa e $25 \text{ }^\circ\text{C}$, começa a escoar para dentro do tanque. O tanque troca calor com o ambiente, de forma que, ao final do processo, o ar dentro do tanque está em equilíbrio térmico com o ar ambiente. Determine a massa de ar que entra no tanque e o calor trocado.

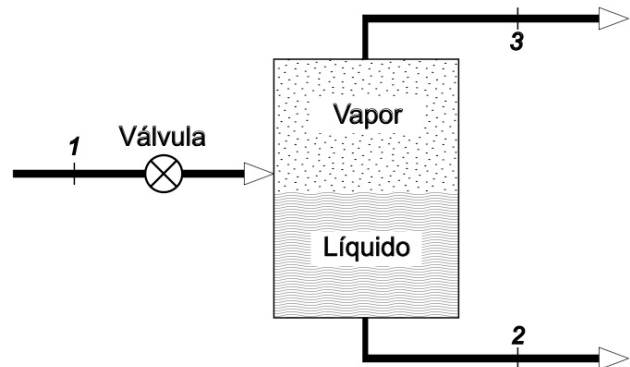
2- A figura mostra um conjunto cilindro-pistão, com área da seção transversal igual a $24,5 \text{ cm}^2$, que contém 5 kg de água. Inicialmente, o pistão se encontra apoiado nos esbarros e a água apresenta $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ e título igual a 20% . A massa do pistão é 75 kg , a aceleração da gravidade local é $9,81 \text{ m/s}^2$ e a pressão do ambiente é 100 kPa . Calor é transferido à água até que ela se torne vapor saturado. Pede-se:



- O volume inicial.
- A pressão final e o diagrama $p-v$ do processo.
- A transferência de calor no processo.

3- Um volume de 8000 cm^3 de ar em um dispositivo de cilindro e pistão é comprimido isotermicamente a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ de uma pressão de 200 kPa para uma pressão de 800 kPa . Ache o calor transmitido.

4- R-134a entra no equipamento de separação operando em regime permanente mostrado na figura a 1 MPa e $36 \text{ }^\circ\text{C}$, a uma taxa de 482 kg/h . Líquido saturado e vapor saturado são extraídos em saídas separadas, a pressão de 400 kPa . Desprezando qualquer transferência de calor e mudanças de energia cinética e potencial, determine:



- A temperatura do vapor e do líquido extraídos.
- O fluxo mássico em cada uma das saídas.

5- Propõe-se usar um suprimento geotérmico de água quente para acionar uma turbina a vapor d'água utilizando o dispositivo esquematizado na figura. Água a alta pressão, $1,5 \text{ MPa}$ e $180 \text{ }^\circ\text{C}$, é estrangulada num evaporador instantâneo adiabático, de modo a obter líquido e vapor a pressão de 400 kPa . O líquido sai pela parte inferior do evaporador, enquanto o vapor é retirado para alimentar a turbina. O vapor sai da turbina a 10 kPa e com título igual a 90% . Sabendo que a turbina produz uma potência de 1 MW , qual é a vazão necessária de água quente que deve ser fornecida pela fonte geotérmica?

