

Lista de Exercícios – Solução em Sala

1) Um conjunto pistão-cilindro área de seção transversal igual a $0,01 \text{ m}^2$. A massa do pistão é 101 kg e ele está apoiado nos batentes mostrado na figura. Se a pressão do ambiente vale 100 kPa , qual deve ser a mínima pressão de água para que o pistão se mova?

2) Verificar se água, em cada um dos estados abaixo, é um líquido comprimido, um vapor superaquecido ou uma mistura de líquido e vapor saturado.

a) $P= 18 \text{ MPa}$, $v= 0,003 \text{ m}^3/\text{kg}$;

b) $P= 1 \text{ MPa}$, $T= 150 \text{ }^\circ\text{C}$;

c) $T= 200 \text{ }^\circ\text{C}$, $v= 0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$;

d) $P=10 \text{ kPa}$, $T=10^\circ\text{C}$.

3) Determinar a pressão da água no estado mencionado:

a) $T= 200^\circ\text{C}$, $v= 1 \text{ m}^3/\text{kg}$.

4) Calcular o volume específico do R-134 para a seguinte condição:

a) $T=50 \text{ }^\circ\text{C}$, Título= 80% .

5) Determine a fase, o título (se aplicável) e a propriedade faltante (P e T) para o seguintes caso:

a) Amônia, $T=20^\circ\text{C}$, $v= 0,1 \text{ m}^3/\text{kg}$

6) Calcule a energia interna da água que se encontra a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ e $v= 15 \text{ m}^3/\text{kg}$.

7) Determine a temperatura para a água que se encontra a pressão de 2 bars e $v= 1,2 \text{ m}^3/\text{kg}$.

8) Qual a massa de ar contida em uma sala de $6 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ se a pressão é 100 kPa e a temperatura é $25 \text{ }^\circ\text{C}$? Admitir que o ar seja gás perfeito. Massa Molecular do ar = $28,97 \text{ kg/kmol}$

9) Um tanque tem um volume de $0,5 \text{ m}^3$ e contém 10 kg de gás perfeito com massa molecular igual 24 . A temperatura é de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Qual é a pressão?

10) O conjunto pistão-cilindro mostrado, contém CO_2 inicialmente a 150 kPa e 290 K . o pistão é construído com um material que apresenta massa específica igual a 8000 kg/m^3 e inicialmente está imobilizado por um pino. O ambiente, onde está localizado o conjunto, está a 290 K e a pressão é igual a 101 kPa . O pino é então removido e espera-se que a temperatura do gás atinja a temperatura do ambiente. Qual a nova posição do pistão? Ele encosta nos batentes?

11) Um gás em um pistão-cilindro sofre um processo de expansão no qual a relação entre a pressão e o volume é dado por $PV^n = \text{constante}$. A pressão inicial é 3 bars , o volume inicial é $0,1 \text{ m}^3$ e o volume final é $0,2 \text{ m}^3$. Determinar o trabalho para o processo, em kJ , se

a) $n= 1,5$ b) $n= 1,0$ c) $n=0$

12) O tanque A, tem um volume de 400 litros e contém o gás argônio a 250 kPa e 30 °C. O cilindro B contém um pistão, que se movimenta sem atrito, com uma massa tal, que é necessária uma pressão interna ao cilindro de 150 kPa para fazê-lo subir. Inicialmente o pistão B está encostado na superfície inferior do cilindro. No final do processo, o argônio atinge um estado uniforme, em todo o espaço interno, de 150 kPa e 30 °C. Calcular o trabalho realizado pelo argônio durante este processo.

13) Um conjunto pistão cilindro contém, inicialmente, 50 litros de refrigerante R-134 a 20 m°C e título de 24 %. O conjunto é aquecido até que a última gota de líquido evapore. Calcule o trabalho realizado pelo sistema.

14) Um balão esférico contém 5 kg de vapor saturado de amônia a 20 °C. O balão está conectado, através de uma tubulação com válvula de controle, a um tanque rígido com 3 m³ de volume e que inicialmente está evacuado. O material do balão tem uma elasticidade tal que a pressão interna é sempre proporcional ao diâmetro do balão. A válvula é aberta, permitindo, assim, o escoamento de amônia para o tanque. Quando a pressão da amônia atinge 600 kPa, a válvula é fechada. A temperatura final da amônia no balão e no reservatório é 20 °C. Nestas condições, determine:

- a) A pressão final no tanque;
- b) O trabalho realizado pela amônia neste processo.

15) Um tanque rígido e adiabático contém 3 kg de uma mistura bifásica líquido-vapor de H₂O. Inicialmente, a mistura se encontra a 200 kPa e o título é de 84%. A mistura é agitada por uma hélice até que dentro do tanque haja apenas vapor de água saturado. Considere que os efeitos de energia cinética e potencial gravitacional são desprezíveis. Para um sistema formado pela água do tanque, determine a energia transferida por trabalho, em kJ.

16) Um recipiente, com volume de 5 m³, contém 0,05 m³ de água líquida saturada e 4,95 m³ de água no estado de vapor saturado a pressão de 0,1 MPa. Calor é transferido a água até que o recipiente contenha apenas vapor saturado. Determinar o calor transferido neste processo.

17) Considere um sistema isolado que consiste de um tanque de cobre contendo 4kg de água líquida. Inicialmente a temperatura do cobre é 27 °C e a temperatura da água é 50 °C. Qual será a temperatura, em °C, quando o equilíbrio seja atingido?

18) 1 kg de ar, inicialmente a 5 bars e 350 K, 3 kg de dióxido de carbono, inicialmente a 2 bars e 450 K, se encontram confinados nos compartimentos de um recipiente rígido e adiabático. A parede que separa os compartimentos é móvel e permite a transferência de calor sem armazenar energia nela mesma. O ar e o dióxido de carbono se comportam como gases ideais. Determine a temperatura final de equilíbrio, em K, e a pressão final, em bars, admitindo que os calores específicos são constantes.

19) uma mistura bifásica líquido-vapor de H₂O, inicialmente com título de 25 % se encontra dentro de um conjunto pistão-cilindro, como mostrado na figura. A massa do pistão é de 40 kg e o seu diâmetro é de 10 cm. A pressão atmosférica é 1 bar. As posições

inicial e final do pistão mostradas na figura. A água é aquecida e a pressão dentro do cilindro permanece constante enquanto o pistão não atinge os anteparos. Quando isto ocorre, a transferência de calor para a água continua até que a pressão atinja 3 bars. O atrito entre o pistão e o cilindro é desprezível. Determine o calor transferido em J. Considere $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

20) Um conjunto pistão-cilindro contém vapor de água sofrendo um processo. O estado inicial é vapor saturado a $150 \text{ }^\circ\text{C}$. No estado final a pressão é 3 bars. Durante o processo a pressão e o volume específico estão relacionados pela seguinte expressão: $pv^{1,2} = \text{constante}$. Desprezando efeitos de energia cinética e potencial gravitacional, determine a transferência de calor e o trabalho, ambos por unidade de massa de vapor de água, em kJ/kg.

21) Ar entra em um ventilador de 0,6 m de diâmetro a $16 \text{ }^\circ\text{C}$, 101 kPa, e é descarregado a $18 \text{ }^\circ\text{C}$, 105 kPa, com uma vazão volumétrica na saída de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Admitindo que o ar é gás ideal e que o ventilador opera em regime permanente, determine:

- a) a vazão mássica em kg/s
- b) a vazão volumétrica na entrada, em m^3/s
- c) as velocidades na entrada e na saída do ventilador, em m/s.

22) Vapor de água a 0,6 MPa e $200 \text{ }^\circ\text{C}$ entra em um bocal isolado termicamente com uma velocidade de 50 m/s e sai, com velocidade de 600 m/s, a pressão de 0,15 MPa. Determinar, no estado final, a temperatura final do vapor se estiver superaquecido ou o título se estiver saturado.

23) Vapor entra em uma turbina operando em regime permanente com um fluxo de massa de 4600 kg/h. A turbina desenvolve uma potência de 1000 kW. Na entrada, a pressão é 60 bars, a temperatura é $400 \text{ }^\circ\text{C}$ e a velocidade é 10 m/s. Na saída, a pressão é 0,1 bar, o título é 90 % e a velocidade é 50 m/s. Calcule a taxa de transferência de calor entre a turbina e a vizinhança, em kW.

24) Ar entra em um compressor operando em regime permanente a uma pressão de 1 bar, a uma temperatura de 290 K e a velocidade de 6 m/s através de uma entrada de $0,1 \text{ m}^2$. Na saída, a pressão é 7 bars, a temperatura é 450 K, e a velocidade é 2 m/s. Transferência de calor a partir do compressor para as redondezas ocorre a uma taxa de 180 kJ/min. Empregando o modelo de gás ideal, calcule a potência de entrada do compressor, em kW.

25) Uma bomba opera em regime permanente com um fluxo de massa de 9 kg/s através de sua tubulação. Na entrada da tubulação a pressão é de 101,3 kPa, a temperatura é de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e a velocidade é 3 m/s. A saída da tubulação está localizada 15,25 m acima do nível de entrada, com uma pressão de 138 kPa, uma temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e uma velocidade de 12,2 m/s. Determine a potência em kW requerida pela bomba considerando-a adiabática.

26) Um tubo isolado de 2,54 cm de diâmetro carrega ar a 2 bar e 366,5 K. Ele é conectado a um reservatório adiabático de $0,0283 \text{ m}^3$. O ar no interior do reservatório está inicialmente a 1 bar e 311 K. Quando começa a operação as válvulas A e B são abertas e um fluxo de ar de 4,54 g/s flui através do reservatório. Considerando este fluxo constante, calcule a

temperatura e a pressão no reservatório após 6 s. Assuma o ar gás ideal e $c_p = 29,3 \text{ kJ/kmol K}$. Assuma também que os gases no interior do reservatório são completamente misturados, não havendo gradiente de pressão e temperatura.

27) Um tubo carrega um líquido incompressível e contém uma câmara de expansão. Desenvolva uma expressão para a taxa de variação do nível de líquido com o tempo, $\frac{\partial L}{\partial t}$, em termos do diâmetro D_1 , D_2 , D e das velocidades V_1 e V_2 .

28) Um tanque rígido tem volume de $0,06 \text{ m}^3$ e inicialmente contém uma mistura bifásica de água a pressão de 15 bars e título de 20%. O tanque é então aquecido e uma válvula reguladora de pressão permite que vapor saturado escape. O aquecimento continua até que a massa de líquido no tanque decaia até a metade do valor inicial. Desprezando efeitos de energia cinética e potencial gravitacional, determine:

- a) a quantidade de calor transferido em kJ.
- b) a massa de vapor que escape em kg.

29) Um evaporador de um ar condicionado é um trocador de calor onde o ar passa sobre tubos onde flui o refrigerante R-22. Ar entra com uma vazão volumétrica de $40 \text{ m}^3/\text{min}$ a $27 \text{ }^\circ\text{C}$, 1,1 bars e sai a $15 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 bar. Refrigerante entra no tubo a 7 bars com um título de 16 % e sai a 7 bars, $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Ignorando a transferência de calor com os arredores e desprezando efeitos de energia cinética e potencial gravitacional, determine em regime permanente:

- a) o fluxo de massa de refrigerante, em kg/min;
- b) a taxa de transferência de calor, em kJ/min, do ar para o refrigerante.

30) Refrigerante R-12 entra em uma câmara de líquido a 10 bars, $36 \text{ }^\circ\text{C}$, com um fluxo de massa de 482 kg/h . Líquido saturado e vapor saturado saem em fluxos separados a 4 bars. Transferência de calor, energia cinética e potencial gravitacional podem ser ignorados. Para uma operação em regime permanente, determine o fluxo de massa de líquido e de vapor, em kg/h.

31) Ar como gás ideal flui através de duas turbinas e um trocador de calor conforme a figura. Transferência de calor para a vizinhança, energia cinética e potencial gravitacional podem ser desprezados. Determine a temperatura T_3 , em K, e a potência desenvolvida na 2ª turbina, em kW, em regime permanente.

32) Um inventor afirma ter desenvolvido um ciclo de potência capaz de produzir um trabalho líquido de 410 kJ para uma energia de entrada de 1000 kJ . O sistema sofre um ciclo recebendo uma transferência de calor a partir de gases quentes a uma temperatura de $227 \text{ }^\circ\text{C}$ e descartando energia por transferência de calor para uma atmosfera a $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Você concorda?

33) Um congelador doméstico opera numa sala onde a temperatura é $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Para manter a temperatura do espaço refrigerado em $-30 \text{ }^\circ\text{C}$, é necessário uma taxa de transferência de calor do espaço igual a 2 kW . Qual é a mínima potência necessária para operar esse congelador?

34) Propõe-se construir uma central termoelétrica com potência de 1000 MW e utilizando

vapor de água como fluido de trabalho. Os condensadores devem ser resfriados com água de um rio. A temperatura máxima do vapor será de 550 °C e a pressão dos condensadores será de 10 kPa. Como consultor de engenharia, você é solicitado a estimar o aumento da temperatura da água do rio (entre montante e jusante da usina). Qual é a sua estimativa?

35) Um dispositivo pistão-cilindro contém inicialmente 0,04 m³ de água a 1MPa e 320 °C. A água se expande adiabaticamente até a pressão final de 0,15 MPa. Determine o trabalho teórico máximo em kJ que poderia ser desenvolvido nessa expansão.

36) Vapor entra em uma turbina com uma pressão de 30 bars, a temperatura de 400 °C a uma velocidade de 100 m/s. Vapor saturado a 100 °C sai com uma velocidade de 160 m/s. Em regime permanente, a turbina desenvolve trabalho igual a 540 kJ/kg de vapor passando através dela. Calor é transferido entre a turbina e as vizinhanças a uma temperatura média na superfície da turbina de 500 K. Determine a taxa no qual a entropia é produzida dentro da turbina por kg de fluxo de vapor, em kJ/kg K.

37) Um tanque rígido e bem isolado está inicialmente preenchido com 5 kg de ar a pressão de 5 bars a uma temperatura de 500 K. Através de um vazamento, ar vagarosamente escapa até a pressão permanecer no tanque a 1 bar. Empregando o modelo de gás ideal, determine a quantidade de massa permanente no tanque e sua temperatura final.

38) Uma turbina a vapor opera em regime permanente com as seguintes condições de entrada: $P_1 = 5$ bars e $T_1 = 320$ °C. O vapor sai da turbina a pressão de 1 bar. Não ocorre transferência de calor entre a turbina e o meio, e as variações de energia cinética e potencial gravitacional são desprezíveis. Se a eficiência isoentrópica da turbina é 75 %, determine o trabalho desenvolvido por unidade de massa de vapor que escoou através da turbina $\left(\frac{\dot{W}}{\dot{m}}\right)_{real}$.

39) Ar entra em uma turbina a gás a 1600 K e deixa a turbina à pressão de 100 kPa e 830 K. O rendimento da turbina é estimado ser 85 %. Qual é a pressão na entrada da turbina?