

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
**Departamento de Engenharia de Alimentos**

**1ª Lista de Exercícios (2014) – ZEA 0466 TERMODINÂMICA**  
**Profa. Alessandra Lopes de Oliveira**

1. Você mergulha 5 m abaixo no oceano. Qual é a pressão absoluta lá?  
Considere  $\rho_{H_2O}=997\text{kg/m}^3$

**(R: P=150kPa)**

2. Um cilindro de aço de 2 kg de massa contém 4 L de água líquida a 25°C a 200 kPa. Encontrar a massa total e o volume do sistema.  
Considere  $\rho_{H_2O}=997\text{kg/m}^3$  e  $\rho_{aço}=7.820\text{kg/m}^3$

**(R: massa total=5,98kg e Vtotal=4,26L)**

3. Um carro de 1.775 kg viaja com uma velocidade de 100 Km/h. Encontre a energia cinética. O quanto de altura deverá ser levantado no campo gravitacional normal para ter uma energia potencial igual à energia cinética?

**(R: Ec=684,8kJ e h=39,3m)**

4. Um recipiente de 1 m<sup>3</sup> é preenchido com 400 kg de pedra de granito, 200 kg de areia seca e 0,2 m<sup>3</sup> de água líquida a 25 °C. Use os seguintes dados:

$\rho_{H_2O}=997\text{kg/m}^3$ ,  $\rho_{granito}=2.750\text{kg/m}^3$ ,  $\rho_{ar}=1,1\text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{areia}=1.500\text{kg/m}^3$ .

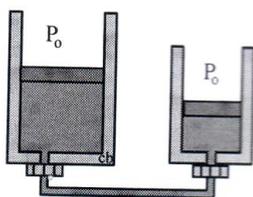
Encontre o volume específico e a densidade média no volume de 1 m<sup>3</sup>.

**(R: v=0,00125 m<sup>3</sup>/kg e  $\rho=800\text{kg/m}^3$ )**

5. A densidade do ar atmosférico é cerca de 1,15 kg/m<sup>3</sup>. Qual será a pressão absoluta sentida por um piloto que voa a 1.500 m acima do nível do solo, onde a pressão é de 101 kPa? Suponha g e  $\rho$  constantes.

**(P=84,1kPa)**

6. Dois pistões e cilindros A e B arranjados na configuração a seguir, têm sua câmaras de gás conectadas por um tubo. A área da seção transversal é  $A_A = 75\text{ cm}^2$  e  $A_B = 25\text{ cm}^2$  com a massa do pistão A de  $m_A = 25\text{ kg}$ . A pressão externa é de 100 kPa e gravidade é padrão. Encontre a massa  $m_B$  de forma que nenhum dos pistões assente na parte inferior do cilindro.



**(R:  $m_B=8,33\text{kg}$ )**

7. A atmosfera terrestre se torna fria à elevada temperatura. Uma média padrão para a temperatura absoluta média pode ser expressa pela seguinte equação:

Onde  $z$  é a elevação em metros. O quanto frio estará um avião à 12.000 metros? Expresse em Kelvin e Celsius.

**(R:  $T=210\text{K}$  e  $-63,15^\circ\text{C}$ )**

8. Se eu tenho 1 L de amônia na temperatura e pressão ambiente (100kPa e  $20^\circ\text{C}$ ) quanto de massa terei?

**(R:  $m=0,706\text{g}$ )**

9. Calcule a constante dos gases ideais específicas para o Argônio e Hidrogênio.

**(R:  $Ar=0,2081\text{ kJ/kgK}$ ,  $H_2=4,1243\text{ kJ/kgK}$ )**

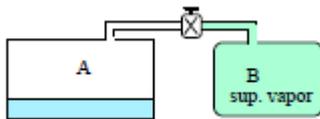
10. Descreva as fases dos seguintes estados:

- a)  $\text{CO}_2$   $T = 267^\circ\text{C}$ ,  $P = 0,5\text{MPa}$
- b)  $\text{NH}_3$   $T = 170^\circ\text{C}$ ,  $P = 600\text{kPa}$

11. Calcule os seguintes volumes específicos:

- a) R-134a  $50^\circ\text{C}$  e título de 80%
- b) Água  $4\text{MPa}$  e título de 90%
- c) Nitrogênio  $120\text{K}$  e 60% de título

12. Dois tanques estão conectados como mostra a figura a seguir, ambos contém água como substância. O tanque A está a 200 kPa,  $v = 0,5\text{ m}^3/\text{kg}$ .  $V_A = 1\text{ m}^3$  e o tanque B contém 3,5 kg a 0,5 MPa,  $400^\circ\text{C}$ . a válvula é agora aberta e os dois tanques chegam em um estado uniforme. Encontre o volume específico final.



**(R:  $v=0,5746\text{ m}^3/\text{kg}$ )**

13. Um tanque rígido de  $1\text{ m}^3$  contém gás Nitrogênio a 600 kPa, 400K. Por um descuido, 0,5 kg do gás escapa para fora. Se a temperatura final é de 375K, qual é então a pressão final?

**(R:  $P=506,9\text{kPa}$ )**

14. Ar em um pneu de carro, está inicialmente a  $-10^\circ\text{C}$  e 190 kPa. Depois que o carro é dirigido por algum tempo, a temperatura sobe para  $10^\circ\text{C}$ . Encontre a nova pressão, para resolver você precisa fazer algumas considerações, quais?

**(R:  $P=204,4\text{kPa}$ )**

15. Dois kg de água a  $120^\circ\text{C}$  com título de 25% tem sua temperatura abaixada para  $20^\circ\text{C}$  em um processo a volume constante. Qual será o novo título e a energia interna específica? Demonstre este processo em um diagrama  $T \times v$  (diagrama de duas fases, envelope de fases).

**(R:  $u=1448,8\text{kJ/kg}$ )**

16. Encontre as propriedades da Amônia  $\text{NH}_3$  (Utilize tabela e verifique inicialmente o estado, exemplo: saturado?, superaquecido?)

- a)  $T = 65^\circ\text{C}$ ,  $P = 600\text{ kPa}$   $u = ?$   $v = ?$
- b)  $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $P = 100\text{ kPa}$   $u = ?$   $v = ?$   $x = ?$
- c)  $T = 50^\circ\text{C}$ ,  $v = 0.1185\text{ m}^3/\text{kg}$   $u = ?$   $P = ?$   $x = ?$

17. Encontre as propriedades que faltam entre (T, P, v, u, h e x se necessário) e diga qual a fase das substâncias a seguir.

a) R-12 P = 500 kPa, h = 230 kJ/kg

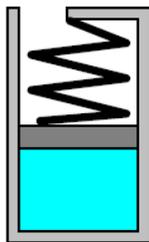
b) R-22 T = 10°C, u = 200 kJ/kg

c) R-134a T = 40°C, h = 400 kJ/kg

18. Um cilindro equipado com um pistão sem atrito contém 2 kg de refrigerante R-134a no estado de vapor superaquecido a 350 kPa, 100 °C. O cilindro é resfriado de modo que o R-134a permanece a pressão constante até que atinja um título de 75%. Calcule a transferência de calor no processo e indique o processo em um diagrama de duas fases (envelope de fases).

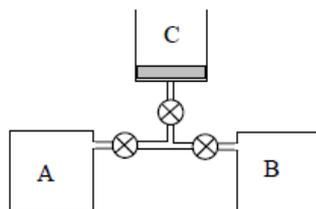
**(R:  $Q_{1\rightarrow 2} = -274,6 \text{ kJ}$ )**

19. Um conjunto pistão/cilindro contém 1 kg de água líquida a 20 °C e 300 kPa. Existe uma mola linear montado sobre o pistão de tal modo que quando a água é aquecida a pressão atinge 1 MPa com um volume de 0,1 m<sup>3</sup>. Encontrar a temperatura final e a transferência de calor no processo.



**(R:  $Q_{1\rightarrow 2} = 1684,6 \text{ kJ}$ )**

20. Um tanque rígido A com volume de 0,6 m<sup>3</sup> contém 3 kg de água a 120 °C e o tanque rígido B tem 0,4 m<sup>3</sup> contendo água a 600 kPa, 200 °C. Eles são ligados a um cilindro com êmbolo, inicialmente, vazio com válvulas fechadas. A pressão no cilindro deve ser de 800 kPa para flutuar o êmbolo. Então, as válvulas são lentamente abertas e calor é transferido para que a água atinja um estado uniforme a 250 °C com as válvulas abertas. Encontre o volume e a pressão final e o calor e trabalho transferidos no processo. Considere como volume de controle ou sistema: A + B + C.



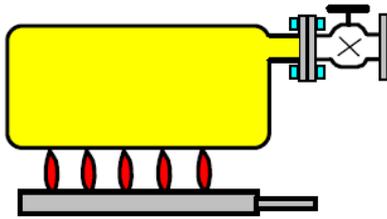
21. Um tanque de aço de 25 kg inicialmente a -10 °C é preenchido com 100 kg de leite (assumir propriedades como a água) a 30°C. O leite e o aço chegam a uma temperatura uniforme de +5 °C em uma sala de armazenamento. Quanto a transferência de calor é necessário para este processo?

Obs: Calcule a variação de energia no aço como:

$$C_{v0}(\text{aço}) = 0,466 \text{ kJ/kgK}$$

22. Um recipiente rígido tem 2 kg de gás de dióxido de carbono a 100 kPa, 1200 K que é aquecido a 1400 K. Determine a transferência de calor utilizando a capacidade calorífica e a tabela de propriedades do CO<sub>2</sub>.

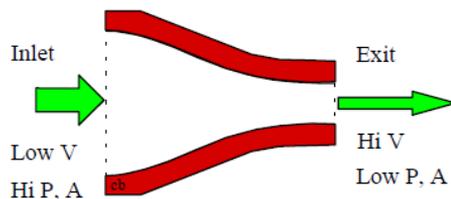
$$C_{v0}(\text{CO}_2) = 0,653 \text{ kJ/kgK}$$



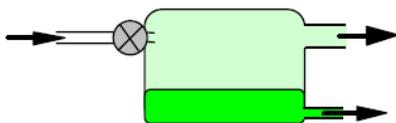
23. Nitrogênio gasoso que flui em um tubo de diâmetro de 50 mm a 15 °C, 200 kPa, a uma taxa de 0,05 kg/s, encontra uma válvula parcialmente fechada. Se houver uma queda de pressão de 30 kPa através da válvula e, essencialmente, nenhuma mudança de temperatura, quais são as velocidades a montante e a jusante da válvula?



24. Um bico redutor recebe 0,1 kg/s de vapor a 1 Mpa e 400°C. A saída é de 500 kPa, 350 °C e o fluxo é adiabático. Encontrar a velocidade de saída e a área do bocal, também na saída.

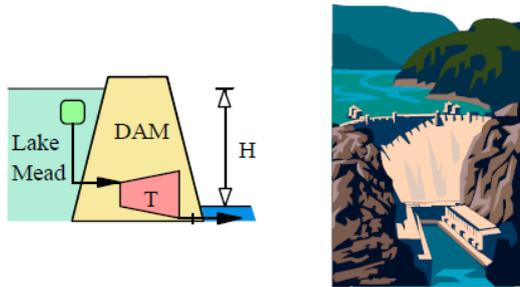


25. Água líquida a 180 °C, 2000 kPa é estrangulada na entrada de uma câmara de evaporador de flash tendo uma pressão de 500 kPa. Negligenciando qualquer alteração na energia cinética. Qual é a fração de líquido e vapor na câmara?

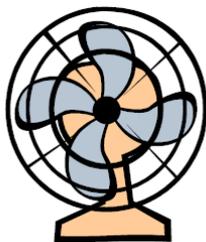


26. No rio Colorado, nos EUA, há uma barragem (Lake Mead) à 200 m acima a jusante do rio. Os geradores elétricos acionados por turbinas movidas a água geram 1.300 MW de potência. Se a água está a 17,5 °C, encontrar a quantidade mínima de água necessária para atravessar as turbinas.

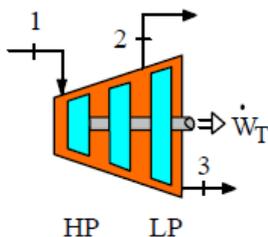
Obs. Existe energia potencial no sistema



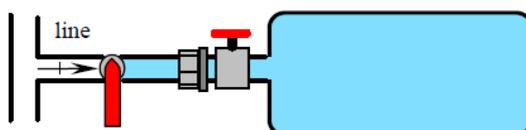
27. Um ventilador de diâmetro 0,75m recebe ar a 98 kPa, 22 °C e distribui-o a 105 kPa, 23 °C com uma velocidade de 1,5 m/s. Qual é a velocidade do fluxo de massa (kg/s), a velocidade de entrada e da taxa de fluxo de saída em volume de ar (m<sup>3</sup>/s)? Quanto de energia é necessária para funcionar o ventilador?



28. Cogeração é muitas vezes usada quando fornecimento de vapor é necessário para fornecer energia em um processo industrial. Assuma um fornecimento de 5 kg/s de vapor a 0,5 MPa. Ao invés de gerar isso em uma caldeira, a instalação da figura a seguir é utilizada de modo que o fornecimento é extraído de uma turbina de alta pressão. Encontrar a potência da turbina agora cogeneradora neste processo.  
Assumir turbine em estado estável, 1 entrada e 2 fluxos de saída e processo adiabático.  
Estado 1 (entrada do vapor): 20 kg/s a 10 MPa e 500°C  
Estado 2 (vapor para o processo): 5 kg/s a 0,5 Mpa e 155°C  
Estado 3 (saída do vapor restante): 20 kPa,  $x = 0,9$



29. Um tanque inicialmente vazio é enchido com água que vem de uma linha à 0,8 Mpa e 350 °C. Assuma que não há transferência de calor e que o tanque é fechado quando a pressão atinge a pressão de linha. Se a massa final é de 0,75 kg encontrar a temperatura final o volume do tanque.



30. Um fluxo de ar a 1000 K, 100 kPa e com 0,5 kg/s flui em um forno sobre uma chapa de aço com temperatura da superfície de 400 K. O fluxo é tal que o coeficiente de transferência de calor por convecção é  $h = 125 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Qual a área da superfície pelo a qual o ar deve passar para sair com uma temperatura de 800 K? E com 600 K?

Transferência de calor por convecção neste caso:  $Q = hA\Delta T$

