

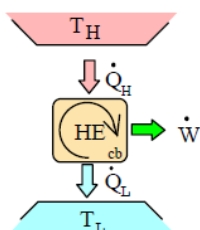
# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Departamento de Engenharia de Alimentos

## 2ª Lista de Exercícios – ZEA 0466 TERMODINÂMICA

Profa. Alessandra Lopes de Oliveira

1. Água subterrânea geotérmica quente ou vapor pode ser usado para produzir energia eléctrica? Isso viola a segunda lei?
2. Para cada um dos casos a seguir, determine se o motor de calor satisfaz a primeira lei (equação da energia) e se ela viola a segunda lei.
  - a.  $Q_H = 6 \text{ kW}$ ,  $Q_L = 4 \text{ kW}$ ,  $W = 2 \text{ kW}$
  - b.  $Q_H = 6 \text{ kW}$ ,  $Q_L = 0 \text{ kW}$ ,  $W = 6 \text{ kW}$
  - c.  $Q_H = 6 \text{ kW}$ ,  $Q_L = 2 \text{ kW}$ ,  $W = 5 \text{ kW}$
  - d.  $Q_H = 6 \text{ kW}$ ,  $Q_L = 6 \text{ kW}$ ,  $W = 0 \text{ kW}$



Resposta:

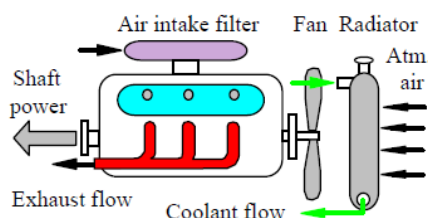
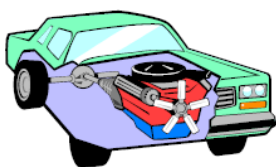
Primeira Lei

- a. Sim
- b. Sim
- c. Não
- d. Sim

Segunda Lei

- Sim (possível)  
 Não, impossível (Kelvin – Planck)  
 Sim, (mas a energia não é conservada)  
 Sim (Q. irreversível sobre AT)

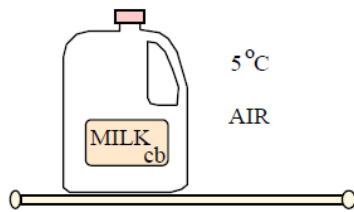
3. Um motor de carro queima 5 kg de combustível (equivalente a adição de calor  $Q_H$ ) a 1500 K e rejeita energia para o radiador e os gases de escape a uma temperatura média de 750 K. Se o combustível fornece 40 000 kJ/kg qual é a quantidade máxima de trabalho que o motor pode fornecer?



Resposta:

**W = 100.000 kJ**

4. Um recipiente com 4L de leite a 25°C é colocado no seu refrigerador onde é resfriado até 5°C. No ciclo de refrigeração de Carnot, a temperatura alta é de 45°C e as propriedades do leite são as mesmas que para a água líquida. Encontre a quantidade de energia que deve ser removida do leite e o trabalho adicional necessário para conduzir o refrigerador.



Resposta:

$${}_1Q_2 = -334,55 \text{ kJ}$$

$$W = Q_L / \beta = 334,55 / 6.954 = 48,1 \text{ kJ}$$

5. Considerando um ciclo de calor de Carnot que trabalha com R-22 como fluido de trabalho. Calor é rejeitado do R-22 a 40°C, e durante este processo o R-22 muda do estado de vapor saturado para líquido saturado. O calor é transferido para o R-22 a 0°C.
  - a. Mostre o Ciclo em um diagrama Txs;
  - b. Encontre o título do R-22 no começo e no fim da isoterma do processo de adição de calor a 0°C;
  - c. Determine o coeficiente de performance para o ciclo.

Resposta:

**b)  $x_4 = 0.2216$**

**c)  $\beta = 7.83$**

6. Água a 1000 kPa, 250°C é levada a vapor saturado num sistema pistão/cilindro em um processo isobárico (esquematize em um diagrama). Encontre o trabalho específico e a transferência de calor.

Resposta:

$${}_1w_2 = -38,28 \text{ kJ/kg}$$

$${}_1q_2 = -164,55 \text{ kJ / kg}$$

7. Um cilindro equipado com um pistão móvel contém água a 3 MPa e título de 50%, ponto em que o volume é de 20 L. A água agora expande-se para 1,2 MPa, como uma consequência por receber 600 kJ de calor de uma fonte a 300°C. Alega-se que a água faz 124 kJ de trabalho durante este processo. Isso é possível?

Resposta:

**$\Delta S_{net} = 0,2335 \text{ kJ / K} > 0$ ; processo é possível**

8. Considere-se uma pequena pistola de ar com um volume do cilindro de 1 cm<sup>3</sup> a 250 kPa e 27 °C. A bala atua como um êmbolo inicialmente presa por um gatilho. A bala é libertada de modo que o ar expande-se em um processo adiabático. Se a pressão vai para 100 kPa conforme a bala sai do cilindro, encontre o volume final e o trabalho realizado pelo ar. Além de processo adiabático reversível considere processo isoentrópico, portanto:

$$T_2 = T_1 (P_2/P_1)^{k-1/k} \text{ sendo } k=1.4$$

$${}_1W_2 = 1/1 - k (P_2V_2 - P_1V_1). \text{ Demonstre como se chega nestas expressões.}$$

Resposta:

**$V_2 = 1,92 \text{ cm}^3$**

**${}_1W_2 = 0,145 \text{ J}$**

9. Ar em um tanque está a 300 kPa, 400 K e um volume de  $2 \text{ m}^3$ . Uma válvula sobre o tanque é aberta para permitir que ocorra fuga de um pouco de ar para o ambiente. A pressão final dentro do tanque será de 200 kPa. Encontre a temperatura final e a massa final, assumindo um processo reversível adiabático para o ar restante dentro do tanque.

Dados: Considere gás ideal  
 $T_2 = T_1 (P_2/P_1)^{k-1/k}$   $k=1.4$

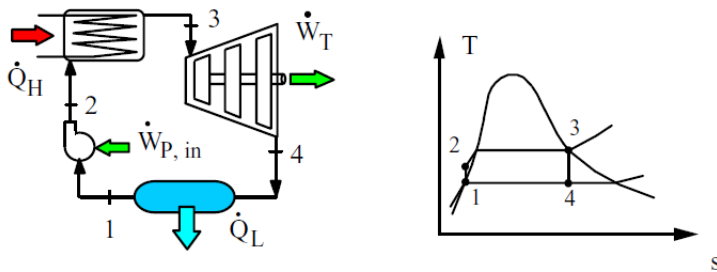
Resposta:

$$T_2 = 356,25 \text{ K}$$

$$m_2 = 3.912 \text{ kg}$$

10. Um suprimento de água quente geotérmico é utilizado como a fonte de energia em um ciclo de Rankine ideal, com o R-22 como o fluido de ciclo de trabalho. O vapor saturado R-22 sai da caldeira, a uma temperatura de  $85^\circ\text{C}$ , e a temperatura do condensador é de  $40^\circ\text{C}$ . Calcule a eficiência térmica deste ciclo.

Resposta:



Resposta:

$$\eta_{\text{TH}} = W_{\text{NET}} / q_{\text{H}} = 0,1034$$

11. Um refrigerador num laboratório utiliza R-22 como a substância de trabalho. A pressão alta é de 1200 kPa, a pressão baixa é 201 kPa, e o compressor é reversível. Deve remover 500 W de um espaço a  $-20^\circ\text{C}$ . Encontre o COP do ciclo e o trabalho que deve alimentá-lo.

Resposta:

$$\text{COP Frigorífico: } \beta = q_L/w_C = 3,5$$

$$\text{Alimentação: } W_{\text{IN}} = Q_L/\beta = 142,9 \text{ W}$$

12. Calcule a  $h_{\text{lv}}$  ou  $\Delta_{\text{vap}}H$  e a  $s_{\text{lv}}$  ou  $\Delta_{\text{vap}}S$  para o Nitrogênio à 70 K e 110 K a partir da equação de Clapeyron, utilizando os valores de pressão e volume específico necessários, tabelados.
13. Utilizando a relação  $dU = TdS - PdV$  e das relações de Maxwell para a equação da energia livre de Gibbs, encontre uma expressão para  $(\partial U/\partial P)_T$  que só tenha propriedades  $P$ ,  $V$  e  $T$  envolvidas. Qual o valor da derivada parcial se você tiver um gás ideal? Interprete-a.