



Departamento de Física
Universidade de Aveiro

Termodinâmica e Transferência de Calor

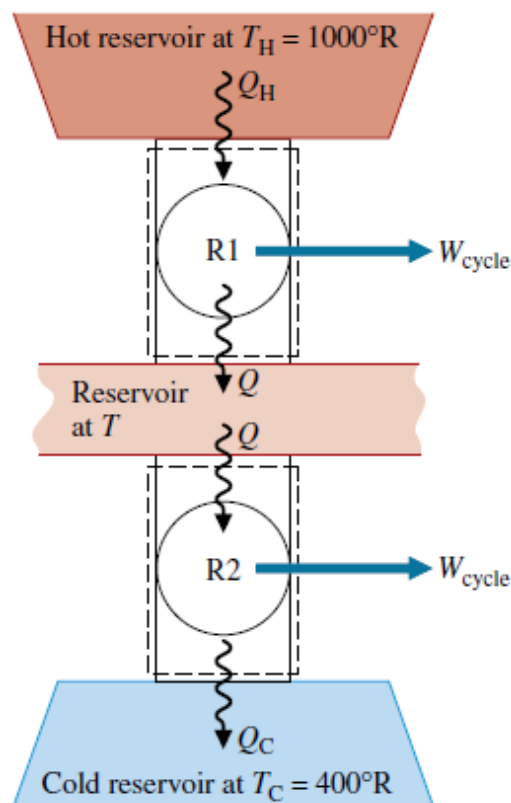
1º Semestre – Ano Lectivo 2022/23

Problemas: 4ª série

1. A Figura mostra dois ciclos reversíveis em série, cada um produzindo o mesmo trabalho líquido, W_{ciclo} . O primeiro ciclo recebe o calor Q_H de um reservatório quente a 1000°R , e transfere o calor Q para um reservatório a uma temperatura intermédia, T . O segundo ciclo recebe energia Q por transferência de calor do reservatório à temperatura T , e transfere o calor Q_C para um reservatório à 400°R . Todas as transferências de energia são positivas nas direcções indicadas pelas setas.

Calcule:

- a temperatura, T , do reservatório intermédio e a eficiência térmica para cada um dos dois ciclos de potência;
- a eficiência térmica de um ciclo reversível único, operando entre os reservatórios quente e frio a 1000°R e 400°R , respectivamente;
- o trabalho realizado pelo ciclo único.



Nota: $\Delta T = 1\text{ K} = 1.8^\circ\text{R} \Rightarrow T(^{\circ}\text{R}) = 1.8T(\text{K})$

Soluções: a) $T = 700^\circ\text{R} = 388.9\text{ K}$, $\eta_1 = 0.30$, $\eta_2 = 0.43$

b) $\eta_{\text{max}} = 0.60$

c)

$W'_{\text{ciclo}} = 2W_{\text{ciclo}}$

2. Os dados em baixo referem-se a ciclos de potência que operam entre dois reservatório de temperatura, um a 1000 K e outro a 400 K .

Para cada caso, determine se o ciclo está de acordo com a primeira e segunda leis da termodinâmica.

- a) $Q_H = 300 \text{ kJ}$, $W_{\text{ciclo}} = 160 \text{ kJ}$, $Q_C = 140 \text{ kJ}$.
- b) $Q_H = 300 \text{ kJ}$, $W_{\text{ciclo}} = 180 \text{ kJ}$, $Q_C = 120 \text{ kJ}$.
- c) $Q_H = 300 \text{ kJ}$, $W_{\text{ciclo}} = 170 \text{ kJ}$, $Q_C = 140 \text{ kJ}$.
- d) $Q_H = 300 \text{ kJ}$, $W_{\text{ciclo}} = 200 \text{ kJ}$, $Q_C = 100 \text{ kJ}$.

3. Um inventor afirma ter desenvolvido uma máquina térmica que, quando opera entre dois reservatórios de temperatura, um a 1175 K e outro a 295 K, pode produzir trabalho em dois regimes estacionários, (a) um fornecendo uma potência de 28 kW, e (b) o outro fornecendo uma potência de 31.2 kW. No dois casos, a máquina recebe energia do reservatório quente por transferência calor à taxa de 150 MJ/h. Confirme se a máquina poderá desenvolver as potências indicadas pelo inventor.

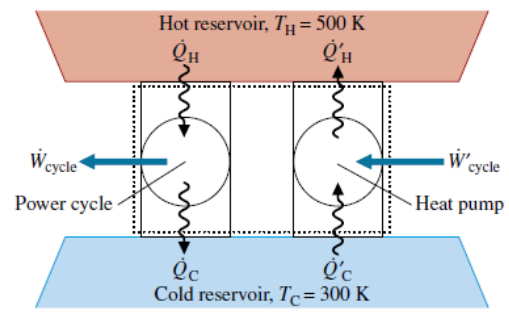
4. A eficiência térmica de um ciclo de potência reversível operando entre um reservatório quente e um reservatório frio é de 50%. Calcule a eficiência de

- a) um ciclo de refrigeração reversível operando entre os mesmos dois reservatórios;
- b) um ciclo de bomba de calor reversível operando entre os mesmos dois reservatórios.

Solução: a) $\beta = \beta_{\text{max}} = 1.0$ b) $\gamma = \gamma_{\text{max}} = 2.0$

5. A figura mostra um sistema composto por um ciclo de potência e um ciclo de bomba de calor, cada um operando entre um reservatório quente a 500 K e um reservatório frio a 300 K. Todas as transferências de energia são positivas nas direções das setas. Na tabela são indicados dois conjuntos de dados de funcionamento do sistema em regimes estacionários, em kW.

	Power Cycle			Heat Pump Cycle		
	\dot{Q}_H	\dot{Q}_C	\dot{W}_{cycle}	\dot{Q}'_H	\dot{Q}'_C	\dot{W}'_{cycle}
(a)	60	40	20	80	60	20
(b)	120	80	40	100	80	20



Para cada conjunto de dados, determine se o sistema obedece à primeira e à segunda leis da termodinâmica.

6. Um sistema constituído por um gás ideal executa um ciclo de Carnot fornecendo trabalho com rendimento de 60%. Durante o ciclo de Carnot, a compressão isotérmica a 300 K eleva a pressão do gás de 90 kPa para 120 kPa. Calcule:

- a) a temperatura da expansão isotérmica, em K;
- b) o trabalho desenvolvido num ciclo, em kJ por kmol de gás.

Solução: a) 750 K b) $\frac{W_{\text{ciclo}}}{n} = 1076.3 \text{ kJ} \cdot \text{kmol}.$

7. No problema anterior assumiu-se que a escala de temperatura termodinâmica é igual à escala de temperatura absoluta dos gases ideais.

Por um momento, considere que a temperatura termodinâmica é representada pela letra θ e a temperatura dos gases ideais é representada por T . Considerando um ciclo de Carnot a operar entre dois reservatórios às temperaturas θ_1 e θ_2 , mostre que as escalas de temperatura termodinâmica e de temperatura dos gases ideais são idênticas.

8. Um sistema constituído por um gás ideal executa um ciclo de Carnot em modo de bomba de calor entre os reservatórios $T_H = 600 \text{ K}$ e $T_C = 300 \text{ K}$. Em cada ciclo, a bomba transfere 250 kJ/kg para a fonte quente. Sabendo que pressão no início da expansão isotérmica é de 325 kPa, e assumindo o modelo de gás ideal para o ar, determine:

- a) o trabalho fornecido à bomba em cada ciclo, em kJ/kg;
- b) a pressão no final da expansão isotérmica, em kPa.

Solução: a) $\frac{W_{\text{ciclo}}}{m} = 125 \text{ kJ/kg}$ b) $p_2 = 76.1 \text{ kPa}$