

Lista 9 - FCM0102

1. Em uma expansão isotérmica de um gás ideal, qual a porcentagem de calor inserido sendo convertido em trabalho realizado pelo gás? Isso viola a segunda lei da termodinâmica?

2. Um gás ideal está num estado termodinâmico de equilíbrio térmico onde a pressão, o volume e a temperatura são, respectivamente, P_1 , V_1 e T_Q . Em seguida, o gás se expande isotermicamente até atingir um novo estado termodinâmico de volume V_2 . Depois, expande-se adiabaticamente até atingir um novo estado termodinâmico de temperatura T_F . Em seguida é comprimido isotermicamente até atingir um novo estado termodinâmico. E finalmente é comprimido adiabaticamente até retornar ao estado inicial.

- Admitindo que cada processo seja quase-estático, grafique este ciclo no diagrama PV . (Note que este é um ciclo de Carnot para um gás ideal.)
- Dados P_1 , V_1 , T_Q , V_2 e T_F , determine P_2 , T_2 , P_3 , V_3 , T_3 , P_4 , V_4 e T_4 .
- Determine o número de moles n no gás.
- Mostre que o calor absorvido pelo gás Q_Q durante a expansão isotérmica $1 \rightarrow 2$ é

$$Q_Q = nRT_Q \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

- Mostre que o calor rejeitado pelo gás Q_F durante a compressão isotérmica a $3 \rightarrow 4$ é

$$Q_F = nRT_F \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

(f) Mostre que o rendimento desse ciclo (definido como a razão entre o trabalho líquido entregue pelo gás e o calor absorvido Q_Q) é $1 - T_F/T_Q$. Consequentemente, o rendimento é $1 - T_F/T_Q$.

3. Um mol de gás ideal monoatômico, com o volume inicial $V_1 = 25 \ell$, efetua o ciclo representado na Fig. 1. Todos os processos são quase-estáticos. Calcule

- a temperatura nos pontos 1, 2 e 3 do ciclo,
- o calor trocado em cada processo do ciclo e
- o rendimento do ciclo, e a razão entre esse rendimento e aquele de uma máquina de Carnot operando entre as temperaturas máximas e mínimas desse ciclo.

4. Se duas curvas adiabáticas tivessem um ponto em comum no plano PV , seria possível completar um ciclo mediante uma isotérmica, como mostra a Fig. 2. Mostre que este ciclo violaria a segunda lei da termodinâmica.

5. Um gás ideal (cujo $\gamma = 1,4$) efetua o ciclo representado na Fig. 3. A temperatura no estado 1 é de 200 K. Calcule

- as temperaturas dos outros estados do ciclo e
- o rendimento do ciclo, e a razão entre esse rendimento e aquele de uma máquina de Carnot operando entre as temperaturas máximas e mínimas desse ciclo.

6. No ciclo de Diesel da Fig. 4, os processos ab e cd são adiabáticos. Determine o rendimento desse ciclo em função dos volumes V_a , V_b e V_c , e a razão entre esse rendimento e aquele de uma máquina de Carnot operando entre as temperaturas máximas e mínimas desse ciclo.

7. Um carro de 1500 kg, a 100 km/h, colide com um muro de concreto. A temperatura da atmosfera é de 20 °C. Calcular a variação de entropia do universo.

8. Imaginemos que duas máquinas térmicas estejam ligadas “em série”, com reservatório de descarga da primeira operando como o reservatório quente da segunda, como mostra o esquema da Fig. 5. Os rendimentos de cada máquina, separadamente, são ϵ_1 e ϵ_2 . Mostrar que o rendimento das máquinas combinadas é $\epsilon = \epsilon_1 + (1 - \epsilon_1)\epsilon_2$.

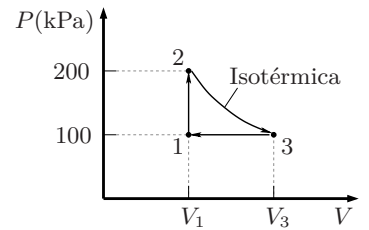


Figura 1: Ciclo termodinâmico simples.

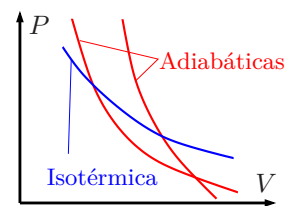


Figura 2: Ciclo termodinâmico impossível.

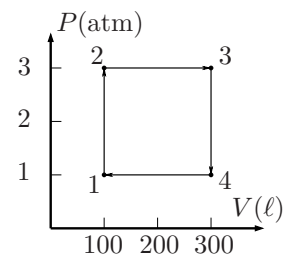


Figura 3: Outro ciclo termodinâmico simples.

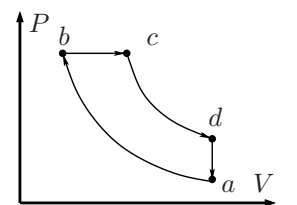


Figura 4: Ciclo de Diesel.

9. Imaginemos que cada máquina esquematizada na Fig. 5 seja uma máquina térmica ideal e reversível. A máquina 1 opera entre as temperaturas T_q e T_m e a máquina 2 opera entre T_m e T_f , sendo $T_q > T_m > T_f$. Mostre que $\epsilon = 1 - T_f/T_q$. Ou seja, o resultado mostra que duas máquinas reversíveis acopladas em série operam como se fossem uma única máquina reversível entre o reservatório de calor mais quente e o reservatório de calor mais frio.

10. O compartimento de refrigeração de uma geladeira e o seu conteúdo são mantidos a 5°C e têm uma capacidade calorífica média de 84 kJ/K . A geladeira descarrega o calor no ambiente a 25°C . Qual a potência mínima necessária do motor para que a temperatura do compartimento de refrigeração seja reduzida de um grau Celsius, em 1 min?

11. Um vaso termicamente isolado está dividido por uma partição delgada em duas câmaras de volumes iguais. Na câmara da esquerda há N átomos de ^{131}Xe e na outra também há N átomos de ^{132}Xe . A partição é removida e os átomos se misturam.

(a) Calcule a variação de entropia do sistema depois de atingido o equilíbrio (isto é, depois que os átomos de ^{131}Xe e de ^{132}Xe estiverem uniformemente distribuídos pelo volume do vaso).

(b) (Desafio) O resultado muda se os átomos da câmara de esquerda fossem de ^{132}Xe ?

12. (Desafio) Dois objetos são colocados em contato térmico e isolados termicamente do resto do universo. Inicialmente o objeto 1, de capacidade térmica constante C_1 , está a uma temperatura T_Q que é maior que a temperatura inicial T_F do segundo objeto (cuja capacidade térmica é constante e igual a C_2).

(a) Considere uma situação em que o calor é transferido diretamente entre eles (de maneira irreversível). Mostre que a temperatura de equilíbrio é a média ponderada aritmética $T_{\text{eq}}^{(\text{irr})} = \frac{C_1 T_Q + C_2 T_F}{C_1 + C_2}$.

(b) Considere agora uma situação em que o calor é transferido de maneira reversível entre eles. Por exemplo, acoplando uma máquina de Carnot entre eles. Sendo que essa máquina opera enquanto houver uma diferença de temperatura entre os objetos, mostre que a temperatura de equilíbrio é a média geométrica ponderada $T_{\text{eq}}^{(\text{rev})} = \left(T_Q^{C_1} T_F^{C_2}\right)^{\frac{1}{C_1 + C_2}}$.

(c) Note que $T_{\text{eq}}^{(\text{irr})} \geq T_{\text{eq}}^{(\text{rev})}$. Explique sucintamente o porquê desse fato.

(d) No segundo caso, mostre que o trabalho útil total fornecido pela máquina de Carnot é igual a $(C_1 + C_2) \left(T_{\text{eq}}^{(\text{irr})} - T_{\text{eq}}^{(\text{rev})}\right)$. (Note que esse trabalho é o trabalho desperdiçado num processo irreversível de termalização.)

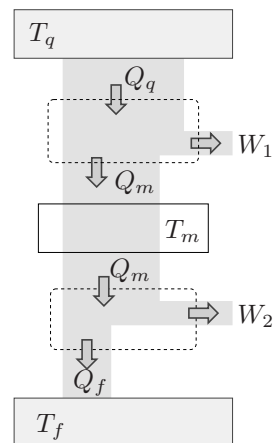


Figura 5: Máquinas térmicas em série.