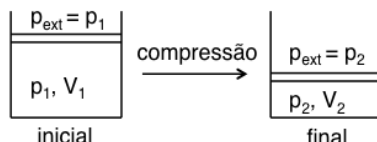


TERMODINÂMICA E TRANSMISSÃO DE CALOR: LISTA DE EXERCÍCIOS

Nos exercícios a seguir, considere que o ar é um gás ideal com capacidade calorífica $C_v = 20,9 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ independente da temperatura – mesmo em situações em que esta seja uma aproximação exagerada. Use em seus cálculos o valor de R igual a $8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$, e lembre-se de que a unidade de pressão no Sistema Internacional (SI) de medidas é o Pascal ($1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$).

1. Considere o seguinte processo reversível de compressão de um gás ideal, em que a pressão externa do sistema é constante. Mostre matematicamente que o trabalho realizado no sistema depende do caminho.



2. Deseja-se resfriar uma sala vazia, com as dimensões de $20 \times 10 \times 5 \text{ m}^3$, qual seria a quantidade de calor necessária para descer a temperatura do ar de 30 para 20°C ? Considere que a pressão no interior da sala permaneça igual a $1,0 \text{ atm}$, o que significa que deve haver uma corrente de ar frio entrando na sala. Desconsidere a troca de calor com o mobiliário e paredes, ou seja, calcule o calor necessário para resfriar somente o ar no interior da sala.
3. Para um gás ideal, a energia interna é função somente da temperatura. Sabendo disso, mostre que para um gás ideal:
 - a) A entalpia também é função somente da temperatura, $H(T)$
 - b) $C_p = C_v + R$
4. Um cilindro está ligado a um pistão, por meio do qual consegue realizar trabalho. Dentro do cilindro há ar a $1,0 \text{ atm}$ e 300 K , exatamente as mesmas condições do ambiente. O pistão é preso e o cilindro é aquecido até 600 K . Em seguida, o pistão é solto e o ar expande-se até que a pressão interna iguale a externa. Qual o trabalho (por quantidade de matéria) que é realizado pelo ar? Compare esse valor à quantidade de calor cedida ao sistema para aumentar sua temperatura até 600 K . Considere que o sistema, após o aquecimento, não troca calor com o ambiente.
5. Uma determinada quantidade de ar é submetida a um processo de aquecimento e expansão. Para isso, ar inicialmente a 25°C e $1,0 \text{ atm}$ é colocado em contato com uma fonte quente a 400°C até a equalização de temperaturas, em um processo que ocorre a volume constante. Considere as possíveis sequências para o processo:
 - i. O gás expande-se adiabaticamente contra uma pressão externa de 1 atm .
 - ii. O gás expande-se adiabaticamente em duas etapas, inicialmente contra uma pressão externa de 2 atm e, em seguida, contra uma pressão externa de 1 atm .
 - iii. O gás expande-se adiabaticamente contra uma pressão que é, em cada instante, igual à pressão interna, até uma pressão final de 1 atm .

Calcule:

- a) Quanto calor é transferido ao ar no processo de aquecimento, por quantidade de ar.
- b) Quanto trabalho é realizado pelo ar nos três processos de expansão descritos.

O que foi notado? Qual é o processo mais “eficiente”, isto é, qual consegue produzir mais trabalho a partir de uma mesma quantidade de calor? Você conseguiria imaginar um processo que fornecesse mais trabalho, sem haver nenhuma outra troca de calor?

6. Um vaso de volume 10 m^3 contém duas câmaras separadas por uma membrana. Uma das câmaras tem volume de 2 m^3 e contém ar a 1 atm e 300 K , a outra está evacuada. Subitamente, a membrana se rompe, e o gás passa a ocupar todo o volume do vaso. Considerando que não haja troca de calor ou trabalho com o ambiente, calcule a temperatura final e a variação de entropia do processo.
7. Um ciclo de Carnot deve operar entre uma fonte quente a 100°C e uma fonte fria a 0°C . Qual seu rendimento? Pretende-se realizar processo semelhante com dois ciclos de Carnot, o primeiro com a fonte quente a 100°C e uma fonte fria a 50°C , e o segundo usando como fonte quente a mesma fonte a 50°C (e aproveitando exatamente o calor rejeitado a essa fonte), mantendo a fonte fria a 0°C . Nesse caso, qual o rendimento global, isto é, a razão entre o trabalho realizado nos dois ciclos e o calor total retirado da fonte a 100°C ?
8. Mostre que a variação de entropia sofrida por um gás ideal em uma transformação de (T_1, P_1) a (T_2, P_2) é dada por: $S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$, considerando c_p constante.

9. Considere um bloco de metal (de massa 7,5 kg e constituído de metal cuja capacidade calorífica a volume constante seja de 400 J/(kg·K)) inicialmente à temperatura de 600 K. Esse bloco é colocado à temperatura ambiente (300 K). Considerando que a temperatura do bloco seja uniforme em todo o processo, e que a temperatura ambiente não se altere pela transferência de calor, obtenha a variação total de entropia do bloco, do ambiente e do universo até que a temperatura do bloco atinja 300 K.

Sugestão: para líquidos e sólidos, desde que as pressões a que estejam sujeitos não sejam extremas, a energia interna pode ser considerada como somente uma função da temperatura.

10. Mostre que o valor da integral da equação $dS = (1/T)dU + (P/T)dV$ entre dois estados quaisquer não depende do caminho de integração para um gás ideal.
11. Um ciclo de refrigeração corresponde ao processo inverso de uma máquina térmica: calor é retirado da fonte fria (2) e rejeitado para uma fonte quente (1). Nesse caso, trabalho tem de ser fornecido ao fluido circulante. O rendimento de um ciclo de refrigeração (também chamado de coeficiente de rendimento) é dado por:

$$\eta_{\text{ref}} = Q_2/W$$

Mostre que o rendimento máximo de um ciclo de refrigeração é dado pelo processo reversível, e calcule seu valor em função da temperatura das fontes.

12. Deseja-se obter o máximo de trabalho possível a partir de uma determinada quantidade de água a uma temperatura maior que a ambiente. Considere que você tem 1 kg de água a 50 °C. Quanto trabalho é teoricamente possível de ser obtido fazendo com que essa quantidade de água atinja a temperatura ambiente de 25 °C? Em seus cálculos, considere que a capacidade calorífica da água líquida é constante e igual a 4200 J/(kg K).
13. Fazendo o cálculo contrário, quanto trabalho é necessário para resfriar 1 kg de água inicialmente a 25 °C e em equilíbrio com o ambiente (cuja temperatura se mantém constante) até a temperatura de congelamento da água?
14. Considere duas quantidades idênticas de água, uma a 100 °C e uma a 0 °C. Qual a máxima quantidade de trabalho que pode ser obtida para trazê-las à igualdade de temperaturas? Qual será a temperatura final do processo?
15. A segunda lei da Termodinâmica impossibilita a ocorrência de alguns processos, independentemente do quão bem construídos sejam os equipamento em que ocorram. Suponhamos que você tenha de analisar um processo idealizado em que haja um determinado equipamento de separação que consiste em um vaso adiabático no qual ocorre (por meio de operações mantidas em segredo pelo fabricante) uma separação sem que trabalho seja realizado no sistema. Nessa operação, uma corrente de ar a 25 °C e 5 atm é repartida em duas correntes, uma a 0 °C e 2 atm e outra a 45 °C e 1 atm. Verifique se esse processo é possível.