

**Lista de Exercícios VI**

- ① [HMN] Um litro de água, inicialmente a  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , é totalmente vaporizado nos seguintes casos: (a) em contato com um reservatório térmico a  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ; (b) em contato com um reservatório térmico a  $200\text{ }^\circ\text{C}$ . Dado que o calor latente da água seja de  $539,6\text{ cal/g}$ , calcule a variação total de entropia do universo decorrente exclusivamente do processo de vaporização da água em ambos os casos, e relacione os resultados com a reversibilidade ou não do respectivo processo.
- ② Um pequeno sistema termodinâmico, inicialmente a uma temperatura  $T_S$ , é colocado em contato com um reservatório térmico, a uma temperatura  $T_R$ , sendo permitida a troca de calor entre ambos. Após um certo tempo, o “universo” (formado pelo sistema e o reservatório) atinge o equilíbrio térmico, à temperatura  $T_R$ . Considerando os estados final e inicial desse processo, determine o intervalo de temperaturas no qual  $T_S$  pode se encontrar de modo que o sistema sofra uma variação de entropia maior do que a variação de entropia do universo.
- ③ [HMN] Um fluido é submetido a um ciclo reversível. Se o ciclo é representado por um diagrama no plano  $(T, S)$ , onde  $S$  é a entropia do fluido,
- (a) Mostre que o trabalho associado ao ciclo é dado por  $W = \oint TdS$ , isto é, a área contida no diagrama do ciclo seguindo a sua orientação.
  - (b) Represente um ciclo de Carnot para um gás ideal no plano  $(T, S)$ . Verifique o resultado da parte (a) neste caso.
  - (c) Calcule o rendimento  $\eta$  do ciclo de Carnot da parte (b) diretamente a partir do diagrama  $(T, S)$ .
- ④ **Expansão livre e difusão de um gás no outro.** Um recipiente de paredes adiabáticas de volume  $V$  está particionado em duas câmaras de volumes iguais: uma com  $n_A$  mols de um gás ideal A, e outra com vácuo.

- (a) Se a partição for retirada, o gás sofrerá uma expansão livre, um processo notadamente irreversível. Justifique essa irreversibilidade e calcule  $\Delta U$ ,  $\Delta Q$  e o trabalho realizado sobre o gás nessa expansão. Com esses resultados, o que podemos falar sobre a variação de entropia do gás?
- (b) Como a entropia é uma função de estado, podemos calcular explicitamente sua variação considerando um processo reversível que conecte os mesmos estados inicial e final. Considerando as funções de estado  $U$ ,  $p$ ,  $V$  e  $T$  do gás nos pontos inicial e final, determine um processo reversível adequado (equivalente) e calcule a variação de entropia  $\Delta S$  da expansão livre.
- (c) *Difusão.* Considere agora a situação inicial, mas com  $n_B$  mols de um gás ideal B no lugar do vácuo. Segundo a teoria cinética dos gases, uma mistura de gases ideais exibe a propriedade de que cada um dos gases se comporta como se ocupasse sozinho todo o volume da mistura. Com isso em mente, use o que foi concluído dos itens (a) e (b) e determine diretamente (fazendo o mínimo de contas) a variação de entropia caso a partição seja retirada e assim os gases sejam misturados.
- (d) *Um paradoxo?* Com o resultado do item (c) em mãos, reflita: ele ainda seria aplicável se os gases A e B forem idênticos? Justifique sucintamente.
- ⑤ [HMN] Um cilindro contendo 1 kg de He a 150 atm, em equilíbrio térmico com o ambiente a 17 °C, tem um pequeno vazamento através do qual o gás escapa para a atmosfera, até que o tanque se esvazie por completo de hélio. Qual é a variação de entropia do gás hélio? Que quantidade de trabalho é desperdiçada por este processo?
- ⑥ [HMN] Um recipiente de 10 litros contém 7 g de nitrogênio gasoso, à pressão de 4,8 atm e à temperatura de 1800 K. A essa temperatura, x% das moléculas de nitrogênio se encontram dissociadas em átomos. Determine x.
- ⑦ [HMN] Calcule o expoente adiabático  $\gamma = c_p/c_v$  para um gás diatômico a uma temperatura elevada, na qual uma fração x das moléculas se encontram dissociadas em átomos. Verifique se o resultado se reduz

aos casos limites esperados quando não há dissociação e quando ela é total. Dado que o valor observado é  $\gamma = 1,5$ , qual é a porcentagem de dissociação  $x$ ?

- ⑧ [HMN] O diâmetro efetivo da molécula de  $\text{CO}_2$  é  $\approx 4,59 \times 10^{-8}$  cm. Qual é o livre percurso médio de uma molécula de  $\text{CO}_2$  para uma densidade de  $4,91 \text{ kg/m}^3$ ?