



## Qualificação: Mecânica Estatística

(2.5 pts) 1. Considere 4 kg de gás contido em um recipiente cilíndrico de volume inicial  $V_i = 1000$  l, com temperatura  $T = 320$  K. O gás, com massa molar 28,01 g, se expande em um processo quase-estático com temperatura constante, até o volume final  $V_f = 1200$  l. Não se trata de um gás ideal, mas sim um gás de Redlich-Kwong, cuja equação de estado é dada por

$$p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{T^{1/2}V_m(V_m + b)},$$

com  $V_m$  representando o volume molar,  $a$  e  $b$  constantes específicas da substância. Determine o trabalho realizado pelo gás.

(2.5 pts) 2. Considere um gás constituído por  $N$  partículas que podem ser alocadas em  $V$  sítios, com  $N \leq V$ . Cada sítio pode estar vazio ou ocupado por apenas uma partícula. Considerando  $\sigma = N/V$ :

- Determine a entropia do sistema;
- Determine o comportamento da pressão  $p$  nos limites de  $\sigma \rightarrow 0$  e  $\sigma \rightarrow \infty$ ;
- Determine o comportamento do potencial químico  $\mu$  nos limites de  $\sigma \rightarrow 0$  e  $\sigma \rightarrow \infty$ ;
- Apresente uma representação gráfica qualitativa do comportamento de  $p/T$  e  $\mu/T$  com relação a  $\sigma$ .

(2.5 pts) 3. A função de partição de um sistema de partículas é dada por

$$Z_N = [(V - Nb)/\lambda^3]^N \exp(\beta a N^2/V),$$

onde

$$\lambda = \sqrt{2\pi\hbar^2/mk_B T}$$

e  $a$  e  $b$  são constantes,  $V$  é o volume e  $N$  é o número de partículas. Todos os outros símbolos têm seus significados usuais.

- Encontre a energia interna  $E(N, T, V)$ ;
- Encontre a pressão  $P(N, T, V)$ ;
- Encontre a entropia  $S(N, T, V)$ ;
- A expressão para a entropia  $S$  encontrada no item anterior viola algum princípio físico fundamental? Qual? Como a função de partição pode ser apropriadamente corrigida para evitar essa violação?

(2.5 pts) 4. Considere um sistema de 2 partículas, onde cada uma delas pode estar em um de três estados possíveis. Um deles possui energia  $E_1 = 0$ , enquanto os outros dois possuem energia  $E_2 = E_3 = \epsilon$ . Considerando que este sistema está em um banho térmico a temperatura  $T$ , apresente a função de partição e a energia média em função de  $T$  e  $\epsilon$  considerando:

- As duas partículas como distinguíveis;
- As duas partículas como bósons indistinguíveis;
- As duas partículas como férmions indistinguíveis;
- Apresente uma representação gráfica qualitativa da energia média em função da temperatura para os três casos anteriores.