



## Termodinâmica II Lista de Problemas 1.4

Departamento de Física de Ji-Paraná  
Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Marco Polo



---

### Questão 01

Escreva cada uma das equações fundamentais na forma de Euler.

$$(a) S = \left(\frac{R}{\theta}\right)^{1/2} \left(NU + \frac{R\theta V^2}{v_0^2}\right)^{1/2}$$

$$(b) S = \left(\frac{R^3}{v_0\theta^2}\right)^{1/5} (N^2VU^2)^{1/5}$$

---

### Questão 02

Um certo sistema obedece as duas equações de estado:

$$T = \frac{3As^2}{v}, \quad \text{equação de estado térmica}$$

e

$$P = \frac{As^3}{v^2}, \quad \text{equação de estado mecânica}$$

onde  $A$  é uma constante.

- (a) Encontre  $\mu$  em função de  $s$  e  $v$ , e então encontre a equação fundamental.
  - (b) Encontre a equação fundamental do sistema pela integração direta da forma molar da equação.
-

### Questão 03

Sabe-se que um certo sistema obedece as relações

$$U = PV$$

e

$$P = BT^2,$$

onde  $B$  é uma constante. Encontre a equação fundamental do sistema.

---

### Questão 04

Mostre que a relação entre volume e pressão de um gás monoatômico ideal realizando uma compressão adiabática quase-estática é

$$PV^{5/3} = \text{constante}$$

Esboce uma família dessas adiabáticas em um diagrama PV.

---

### Questão 05

Dois mols de uma gás monoatômico ideal estão em uma temperatura de  $0^\circ\text{C}$  e volume 45 litros. O gás é expandido adiabaticamente e quase-esticamente até que sua temperatura caia a  $-50^\circ\text{C}$ . Quais são suas pressões inicial e final e seu volume final?

---

### Questão 06

Através do cálculo da integral  $\int PdV$ , encontre o trabalho realizado pelo gás na Questão 05. Calcule também as energias inicial e final, e mostre que a diferença entre as energias corresponde ao trabalho realizado.

---

### Questão 07

Usando a relação de Euler na representação da entropia (para um sistema com um único componente),

$$S = \left(\frac{1}{T}\right) U + \left(\frac{P}{T}\right) V - \left(\frac{\mu}{T}\right) N,$$

mostre que a relação de Gibbs-Duhem na representação da entropia é

$$Ud\left(\frac{1}{T}\right) + Vd\left(\frac{P}{T}\right) - Nd\left(\frac{\mu}{T}\right) = 0.$$


---

### Questão 08

Encontre as três equações de estado do gás ideal simples, cuja equação fundamental é dada por

$$S = Ns_0 + NR \ln \left[ \left( \frac{U}{U_0} \right)^c \left( \frac{V}{V_0} \right) \left( \frac{N}{N_0} \right)^{-(c+1)} \right]$$

Mostre que essas equações satisfazem a relação de Euler.

---

### Questão 09

Mostre que o potencial eletroquímico de um  $j$ -ésimo componente em um gás ideal multicomponente satisfaz a equação

$$\mu_j = RT \ln \left( \frac{N_j v_0}{V} \right) + f(T),$$

onde  $f(T)$  é uma função de  $T$ . Encontre explicitamente  $f(T)$ .

---

### Questão 10

$N$  mols de um certo gás é comprimido a partir de um certo volume inicial. Medidas da temperatura instantânea, realizadas durante a compressão, revelam que a temperatura aumenta de acordo com

$$T = \left( \frac{V}{V_0} \right)^\eta T_0,$$

onde  $T_0$  e  $V_0$  são a temperatura e o volume inicial, e  $\eta$  é uma constante. Assuma que o gás é ideal e monoatômico, e que o processo é quase-estático.

- Calcule o trabalho  $W$  feito pelo gás.
- Calcule a mudança na energia  $\Delta U$  do gás.
- Calcule o calor  $Q$  transferido para o gás (através das paredes cilíndricas) usando os resultados dos itens (a) e (b).

(d) Calcule o calor transferido pela integração direta de  $dQ = TdS$ .

---

### Questão 11

Um tanque tem um volume de  $0,1 \text{ m}^3$  e é preenchido com gás He e uma pressão de  $5 \times 10^6 \text{ Pa}$ . Um segundo tanque tem um volume de  $0,15 \text{ m}^3$  e é preenchido com gás He em uma pressão de  $6 \times 10^6 \text{ Pa}$ . Uma válvula conectando os dois gases é aberta. Assumindo que o He é um gás ideal monoatômico e que as paredes dos tanques são adiabáticas e rígidas, encontre a pressão final do sistema.

*Dica:* Note que a energia interna é constante.

---

### Questão 12

Na Questão 11, se as temperaturas dos dois tanques antes da abertura da válvula eram  $T = 300 \text{ K}$  e  $350 \text{ K}$ , respectivamente, qual seria a temperatura final do sistema?

## Respostas

### Questão 1

$$(a) S = \frac{CN}{2} \left( NU + \frac{R\theta}{v_0^2} V^2 \right)^{-1/2} U + \frac{CR\theta}{v_0^2} V \left( NU + \frac{R\theta}{v_0^2} V^2 \right)^{-1/2} V + \frac{CU}{2} \left( NU + \frac{R\theta}{v_0^2} V^2 \right)^{-1/2} N;$$

$$C \equiv \left( \frac{R}{\theta} \right)^{1/2}$$

$$(b) S = \frac{2CU}{5} (N^2 V U)^{-4/5} U + \frac{C}{5} (N^2 V U)^{-4/5} V + \frac{2CN}{5} (N^2 V U)^{-4/5} N; C \equiv \left( \frac{R^3}{v_0 \theta^2} \right)^{1/5}$$

### Questão 2

$$(a) \mu = -\frac{As^3}{v} + \mu_0; U = \frac{AS^3}{NV} + N\mu_0$$

### Questão 3

$$S = 2B^{1/2} U^{1/2} V^{1/2} + Ns_0$$

### Questão 4

### Questão 5

$$P_i = 0,1 \text{ MPa}, V_f = 61 \text{ litros}$$

**Questão 6**

$$W = 1239 \text{ J}$$

**Questão 8**

$$\frac{1}{T} = \frac{cRN}{U}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{NR}{V}$$

$$-\frac{\mu}{T} = s_0 + cR \ln \left( \frac{U}{Nu_0} \right) + R \ln \left( \frac{V}{Nv_0} \right) - (1 + c)R$$

**Questão 9**

$$f(T) = RT \left[ 1 + c_j - c_j \ln \left( \frac{T}{T_0} \right) - \frac{s_{j0}}{R} \right]$$

**Questão 10**

$$(a) W = \frac{NRT_0}{\eta} \left[ 1 - \left( \frac{V_f}{V_i} \right)^\eta \right]$$

$$(b) \Delta U = \frac{3}{2}NRT_0 \left[ \left( \frac{V_f}{V_i} \right)^\eta - 1 \right]$$

$$(c) Q = NRT_0 \left( \frac{1}{\eta} - \frac{3}{2} \right) \left[ 1 - \left( \frac{V_f}{V_i} \right)^\eta \right]$$

**Questão 11**

$$P_f = 5,6 \times 10^6 \text{ Pa}$$

**Questão 12**

$$T_f = 330 \text{ K}$$