

# Instituto de Física da Universidade de São Paulo

## Física II - 4300112

### 8ª Lista de exercícios - Teoria Cinética dos Gases II - 2013

1. (Moysés) Um recipiente de 10  $\ell$  contém 7 g de nitrogênio gasoso, à pressão de 4,8 atm e à temperatura de 1800 K. A essa temperatura, uma porcentagem  $x$  das moléculas de nitrogênio encontram-se dissociadas em átomos. Calcule  $x$ .

**R:**  $x = 30\%$ .

2. Considere um balão com gás nitrogênio à temperatura ambiente de 27°C, submetido a uma pressão de  $1,5 \times 10^5$  Pa e ocupando um volume de 2  $\ell$ . Nestas condições, o gás é completamente composto por moléculas diatômicas ( $N_2$ ). A massa atômica do nitrogênio é  $M_N = 14$  g/mol. Desconsidere os modos vibracionais das moléculas.

- Quantas moléculas de  $N_2$  existem dentro do balão?
- Obtenha as energias cinéticas médias de translação  $\langle E_{trans} \rangle$  e total  $\langle E_{tot} \rangle$  de cada molécula.
- Encontre a velocidade quadrática média das moléculas de nitrogênio nestas condições.
- A temperaturas mais elevadas, as moléculas de nitrogênio dissociam-se em átomos. Sendo  $x$  a fração de moléculas que se dissociaram em átomos a uma temperatura  $T$ , encontre a razão entre as velocidades quadráticas médias das moléculas e dos átomos de nitrogênio em função de  $x$  e  $T$ .

**R:** (a)  $7,24 \times 10^{22}$ ; (b)  $\langle E_{trans} \rangle = 6,215 \times 10^{-21}$  J e  $\langle E_{tot} \rangle = 1,036 \times 10^{-20}$  J; (c)  $\sqrt{\langle v_{N_2}^2 \rangle} = 516,95$  m/s; (d) propositadamente sem resposta.

3. (Moysés) Considere uma partícula esférica de 0,5  $\mu\text{m}$  de raio e densidade 1,2 g/cm<sup>3</sup>, como as que foram utilizadas por Jean Perrin em experiências para determinação do número de Avogadro. Uma tal partícula, em suspensão num líquido, adquire um movimento de agitação térmica que satisfaz à lei de equipartição da energia. De acordo com esta lei, qual seria a velocidade quadrática média da partícula em suspensão à temperatura de 27°C?

**R:** 4,4 mm/s.

4. Um recipiente contém uma mistura de um mol de gás monoatômico de massa  $m_1$  e 1 mol de gás diatômico de

massa  $m_2 = m_1/2$  à temperatura ambiente. Suponha comportamento aproximadamente ideal dos gases.

- Compare a energia cinética média e a velocidade de translação das moléculas dos dois tipos de gás.
- Qual é a razão entre as pressões parciais dos dois tipos de gás?
- Qual é a capacidade térmica do sistema?
- Se o recipiente é tampado com uma membrana semi-permeável que permite somente a passagem do gás monoatômico, qual será a fração final da energia interna remanescente no recipiente após atingido novamente o equilíbrio termodinâmico? (Suponha que a pressão exterior seja sempre muito inferior à interior).
- Quais dos itens anteriores teria resposta diferente caso a temperatura fosse alta o suficiente para excitar modos vibracionais da molécula diatômica?
- Caso somente uma das moléculas monoatômicas permaneça no interior do recipiente, juntamente com as diatômicas, determine a razão  $f_{12}/f_{22}$  entre a frequência de colisão desta molécula monoatômica ( $f_{12}$ ) e a de uma diatômica ( $f_{22}$ ), com as outras - note que as velocidades relativas médias entre as diferentes combinações de moléculas é diferente. Use  $r_2 = 2r_1$  para os raios moleculares diatômico ( $r_2$ ) e monoatômico ( $r_1$ ).
- Determine a razão entre os caminhos livres médios dos dois diferentes tipos de moléculas  $\bar{l}_1/\bar{l}_2$  na situação do item (f).

**R:** (a)  $\langle E_{c1} \rangle = \langle E_{c2} \rangle$ ,  $v_2/v_1 = \sqrt{2}$ ; (b)  $P_1/P_2 = 1$ ; (c)  $C_V = 4R$ ; (d)  $\frac{3}{8}$ ; (e) c e d; (f)  $\frac{9\sqrt{3}}{32} \simeq 0,49$ ; (g)  $\frac{32}{9\sqrt{6}} \simeq 1,45$ .

5. Um recipiente, com capacidade térmica desprezível e volume de 1  $\ell$ , contém vapor d'água ( $H_2O$ ) bastante rarefeito a 5000 Pa de pressão e 127°C. Determine a quantidade de calor, à pressão constante, necessária para elevar a 137°C essa quantidade de vapor d'água, considerando os possíveis graus de liberdade das moléculas de vapor. Identifique quais são estes graus de liberdade.

**R:** 0,4375 J; 0,5 J; 0,5625 J; 0,625 J.