Física 3

(Cs. de la atmósfera y los océanos)

Primer Cuatrimestre 2018

Guía 4: Teoría cinética de los gases

1. (a) Considere 1 Kmol de oxígeno en condiciones normales de presión y temperatura. Construya un gráfico de la función de distribución de las velocidades escalares y evalúe la probabilidad de que una molécula tenga velocidad comprendida entre la media y la más probable.

   (b) ¿Cuántas moléculas en 1 Kmol de oxígeno tienen velocidad mayor a 10^3 m s^{-1} a una temperatura de (*i*) 100 K, y (*ii*) 1000 K?

2. (a) Calcular la presión atmosférica en función de la altura, suponiendo que la temperatura no varía con la altura.

   (b) En una suspensión de pequeñas partículas en agua a 20 °C se observa que en un dado nivel hay aproximadamente 49 partículas por unidad de area, y en un nivel de suspensión 60 μm más arriba se observan 14 partículas por unidad de area. La densidad media de las partículas es de 1.194 g cm^{-3}, y las mismas tienen forma esférica con un radio de 0.212 μm. Halle el número de Avogadro.

3. (a) ¿Qué fracción de H_2 en la atmósfera al nivel del mar a la temperatura de 300 K puede escapar del campo gravitatorio terrestre?

   (b) ¿Por qué todavía hay H_2 en la atmósfera terrestre al nivel del mar?

4. Considere un modelo de la atmósfera formado por dos gases ideales A y B en equilibrio térmico a una temperatura T. La relación entre sus abundancias (el número de moléculas de cada gas) es $N_A/N_B = 4$, y entre las masas de sus moléculas, $m_A/m_B = 2$. Considere a N_A y m_A como datos del problema.

   (a) Escriba la función de distribución para el gas A.

   (b) Calcule la energía media cinética y potencial para el gas A.

   (c) Halle las densidades en función de la altura para cada gas.

   (d) ¿A qué altura las densidades de ambos gases son iguales?

5. Un sistema está compuesto por N partículas. La energía de cada partícula depende de n coordenadas q_i y es de la forma $E = \sum_i c_i q_i^2$. Asumiendo que la función de distribución es la de Maxwell-Boltzmann, $f(q_1, \ldots, q_n) = Ae^{-\beta E(q_1, \ldots, q_n)}$, hallar:

   (a) La constante A.

   (b) La energía promedio por partícula.

6. Como aplicación del problema anterior, considere un sólido como un sistema de N partículas unidas entre sí por resortes de constantes K_i ($i = x, y, z$).

   (a) Hallar la energía media de este sistema.

   (b) Calcular el calor específico molar (ley de Dulong y Petit).

7. La función de distribución de velocidades escalares de las moléculas de un gas es

$$f(v) = Av^3 e^{-\beta m v^2/2}.$$

(a) Hallar A.

(b) Hallar la velocidad cuadrática media.

8. La función de distribución de velocidades escalares de un grupo de N partículas está dada por

$$f(v) = \begin{cases} A & \text{si } 0 < v < L \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

(a) Graficar la función de distribución.

(b) Hallar la constante A en función de N y V.

(c) Hallar la velocidad media en función de V.

9. Un gas ideal de átomos de masa m está confinado en un recinto a temperatura T. Dichos átomos emiten luz que emerge del recinto por un orificio. Un átomo en reposo emite luz con frecuencia ν_0, mientras que un atomo en movimiento emite luz con frecuencia $\nu = \nu_0(1+v_x/c)$, donde v_x es la componente de la velocidad en la dirección de emisión y c la velocidad de la luz. Por lo tanto, la radiación que emerge del recinto está caracterizada por una distribución de intensidades $I(\nu)d\nu$, que es proporcional a la probabilidad de que la radiación tenga frecuencia comprendida entre ν y $\nu + d\nu$. Calcular:

(a) La distribución de intensidades $I(\nu)d\nu$.

(b) La frecuencia media observada.

(c) La dispersión cuadrática media de la frecuencia.

10. Sea un gas de N partículas con carga q y masa m entre dos cilindros coaxiales de radios a y b y longitud L ($L \gg b/a$). El cilindro interno está cargado de forma tal que las partículas tienen una energía potencial $V(r) = C\ln(r/a)$. Suponga que en el equilibrio todas las partículas están suficientemente lejos entre sí. En estas condiciones hallar:

(a) La función de distribución.

(b) La densidad de partículas a una distancia r del eje.

11. Una molécula está constituida por cuatro átomos en los vértices de un tetraedro.

(a) ¿Cuál es el número de grados de libertad de traslación, rotación, y vibración de esta molécula?

(b) Teniendo en cuenta el principio de equipartición, ¿qué valores tienen C_V y γ en un gas compuesto por estas moléculas?

12. Una ampolla esférica de 10 cm de radio se mantiene a una temperatura de 25 °C, excepto 1 cm^2 que se mantiene a muy baja temperatura. La ampolla contiene vapor de agua inicialmente a una presión de 10 mm de mercurio. Suponer que cada molécula de agua que choca contra la superficie fría se condensa y se adhiere a ella. ¿Cuánto tiempo se necesita para que la presión decrezca hasta 10^{-4} mm de mercurio?

13. ¿Cual es la frecuencia de choque de una molécula de nitrógeno (a) a 300 K y presión atmosférica, y (b) a 300 K y presión de 10^{-6} atm?

14. El recorrido libre medio de las moléculas de cierto gas a 25 °C es 2.63×10^{-5} m.

(a) Si el radio de la molécula es 2.56×10^{-10} m, hallar la presión del gas.

(b) Calcular el número de choques que efectúa una molécula por metro de recorrido.

15. Considere un grupo de moléculas de oxígeno, cuyas moléculas inician sus recorridos libres simultaneamente. La presión es tal que el recorrido libre medio es de 2 cm. ¿Después de cuánto tiempo quedará aún la mitad de las moléculas del grupo sin haber efectuado ningún choque? Suponer que todas las moléculas tienen velocidad igual a la media y que la temperatura es 300 K.

16. Estimar el "radio" de la molécula de oxígeno a partir de (a) el valor experimental de la viscosidad del oxígeno, $\eta = 19.2 \times 10^{-6}$ N s m^{-2}, y (b), los valores experimentales de la conductividad térmica $\kappa = 24.0$ W s^{-1} K^{-1} y del calor específico a volumen constante $C_V = 20.9$ J mol^{-1} K^{-1}.