Grado en Física, Curso 2023-2024

Mecánica Estadística

Problemas

Tema 6: Sistemas fuera del equilibrio

1. Un ión de masa m y carga eléctrica q se mueve en un gas diluido de moléculas con las que colisiona. El tiempo medio entre colisiones sufridas por el ion es τ. Supongamos que se aplica un campo eléctrico uniforme E en la dirección x.

   (a) ¿Cuál es la distancia media $\langle x \rangle$ que viaja la partícula entre colisiones si suponemos que la componente x de la velocidad es igual a cero después de cada colisión? Para ello, calcula la trayectoria del ión entre colisiones debido a la acción del campo eléctrico.

   (b) Calcula la probabilidad de que el ión se desplace una distancia menor que $\langle x \rangle$ entre dos colisiones.

2. La sección eficaz total de dispersión en la colisión de un electrón con una molécula de aire es aproximadamente 10^{-15} cm^2. ¿Para qué presión del aire a temperatura ambiente el 90% de los electrones emitidos por un cátodo alcanzan un ánodo situado a 20 cm? (Descarta colisiones múltiples).

3. Estima el recorrido libre medio de un gas a temperatura ambiente y presión atmosférica. Considera un diámetro molecular de ≈ 2 Å y un potencial de esferas rígidas. Si el gas es de N_2 con masa $m = 28$ g/mol, estima el tiempo medio entre colisiones. Con los valores anteriores, estima el tiempo que necesitaría una molécula para desplazarse una distancia de 5 m.

4. El flujo de calor a través de una sustancia en la que la temperatura es función de la posición sigue una dependencia equivalente a la del flujo de partículas cuando la densidad depende de la posición. Considerando que la temperatura depende de la posición x, $T(x)$, el flujo de calor, Q_x será: $Q_x = -\kappa \frac{\partial T}{\partial x}$ donde κ es la conductividad térmica. Utilizando argumentos similares a los de la difusión de partículas, estima la relación entre la conductividad térmica en un gas diluido y propiedades microscópicas como el recorrido libre medio de las partículas en el gas l o la velocidad media de las partículas $\bar{v}$. Para ello considera el flujo de calor como el flujo neto de energía a través de un plano perpendicular al eje x debido a partículas que cruzan el plano desde la izquierda o desde la derecha, y teniendo en cuenta que la energía media por partícula, $\bar{\epsilon}$ dependerá de la posición de la partícula.

5. La fuerza de fricción que experimenta una esfera de radio r moviéndose con velocidad v a través de un fluido de viscosidad η es: $F_f = -6\pi\eta r v$, relación que se conoce como la ley de Stokes. Medidas realizadas por W. Pospisil en 1927 determinaron que partículas de radio 0.4 μm inmersas en una solución de viscosidad 2.78×10^{-3} Pa·s a 18.8° C realizaban un movimiento Browniano tal que en 10 s, $\langle x^2\rangle = 3.3\times10^{-12}$ m^2. Utilizando estos datos calcula el valor del número de Avogadro suponiendo que conocemos el valor de la constante de los gases ideales.

Tema 6: Soluciones

1. (a) $\bar{x} = \frac{qE}{m}\tau^2$ (b) 0.757
2. $1.5\times10^{-7} atm$
3. $l \approx 0.3\mu m$; $\tau \approx 6\times10^{-10}s$; $t \approx 2\times10^5 s$
4. $\kappa = \frac{1}{3}n\bar{v}l\frac{\partial\epsilon}{\partial T} = \frac{1}{3}n\bar{v}lc$