Física General IV - Curso 2008

Práctica 1 : Movimiento Browniano y Radiación del Cuerpo Negro *

15 de agosto de 2008

Problema 1
(a) Suponga que la superficie de las estrellas se comporta como un cuerpo negro. Use la ley de Wien (que relaciona el máximo de la frecuencia de la radiación con la temperatura) para calcular la temperatura del Sol y la de la estrella Polar (α Ursa Minoris).

Dato: Las longitudes de onda máximas de la radiación medidas en cada caso son para el Sol 5100Åy para la estrella Polar 2700Å.
(b) Use la ley de Stefan para determinar la potencia irradiada (la radianza $\mathcal{R}_T$ por cm^2 de superficie estelar).

Problema 2 Usando la ley de Wien, determine el pico de longitud de onda radiado por el cuerpo humano, tomando su temperatura como 37 ^{0}C. ¿A qué zona del espectro electromagnético corresponde?

Problema 3 La radianza $\mathcal{R}_T$ del cuerpo negro a $T = 1000$K tiene un máximo para $\lambda = 2{,}885\mu m$. Llamemos E a la energía total que irradia por unidad de tiempo a esa temperatura.
(a) ¿A qué temperatura T' irradiará el doble de energía por unidad de tiempo?
(b) ¿Cuál es la longitud de onda mxima de su poder emisivo a la temperatura constante T'?
(c) *Se llama cuerpo gris a aquel cuerpo real que no satisface exactamente la ley de Stefan-Boltzmann, aunque la relación entre radianza y temperatura sigue siendo, en buena aproximación, de potencia cuarta,*

$$\mathcal{R}_T = \epsilon \cdot \sigma T^4$$

El parámetro ϵ se llama emisividad y coincide con el poder absorbente (de radiación) de los cuerpos reales.

¿Cuánto vale ϵ si el cuerpo gris absorbe la cantidad E de energía por unidad de tiempo pero a la temperatura T'?. Una vez calculado, trate de encontrar en tablas o en internet qué material tiene una emisividad similar.

Problema 4

*Las prácticas están disponibles en la página: www.fisica.unlp.edu.ar/~wahlberg/FG4/

(a) Usando la expresión para el valor medio

$$\langle E \rangle = \frac{\int_0^\infty Eexp(-E/kT)dE}{\int_0^\infty exp(-E/kT)dE} \tag{1}$$

evaluar la integral para deducir el valor clásico para el valor medio de la nergía $\langle E \rangle = kT$.
(b) Derivar la expresión de Planck para la Energía media $\langle E \rangle$ del cuerpo negro. Partir de la definición del valor medio de E dada en el punto a), transformando la integral (continua) en una sumatoria (discreta) de la forma:

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{n=0}^\infty E_n exp(-E_n/kT)}{\sum_{n=0}^\infty exp(-E_n/kT)} \tag{2}$$

donde $E_n = n\Delta E$.

Problema 5 Un sistema de partículas difunde en un fluído unidimensional debido a la existencia de un gradiente de densidad $\partial N/\partial x$. El fluído es viscoso y ejerce sobre las partículas un fuerza constante dada por la Ley de Stokes ($F = 6\pi\eta av$, donde a es el radio de las partículas, η el coeficiente de viscosidad y v la velocidad) de forma que la energía potencial es $U = Fx$. La distribución de partículas en el fluído sigue una distribución de Boltzmann de la forma $N = N_0 \cdot exp(-U/kT)$ y la concentración de partículas está gobernada por la ecuación de difusión

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D\frac{\partial^2 N}{\partial^2 x} \quad , con \quad D = \frac{\bar{x}^2}{2\tau} \tag{3}$$

donde D es el coeficiente de difusión, $\bar{x}^2$ el desplazamiento cuadrático medio y τ el tiempo desplazamiento cuadrático medio.

Encuentre la dependencia con la temperatura T y el número de Avogadro N_A para el coeficiente de difusión y el desplazamiento $\bar{x}^2$, teniendo en cuenta que la constante de Boltzmann $k = R/N_A$, donde R es la constante universal de los gases.
(Nota: Esta expresión fue deducida por Einstein en 1905 y comprobada experimentalmente por Perrín en 1908.)

Problema 6 El resultado obtenido en el problema anterior relaciona dos cantidades importantes N_A y a cuya determinación era relevante a principios del siglo XX. Para poder determinarlas Einstein encontró una segunda relación entre las mismas dada por

$$N_A a^3 = \frac{3}{4\pi}\frac{\mu\varphi}{\rho} \tag{4}$$

donde μ es la masa molecular, φ la fracción del volumen total ocupado por las moléculas y ρ, la densidad del soluto. Los datos consignado por Einstein en su primer trabajo de 1905 para aplicar sus fórmulas de movimiento browniano fueron

- μ (masa molecular del azúcar) = 342 g/mol

- η (viscosidad del solvente, agua) = 0.0135 g cm^{-1}s^{-1}
- ρ (densidad del soluto) = 1.00388 g/cm^3
- φ (fracción del volumen total ocupado por las moléculas) = 2.45
- T (temperatura de la solución): 282.5 K
- D (coeficiente de difusión) = 0.384 cm^2/día
- R (constante universal de los gases) = 8.31 joule/(mol K)

Obtenga los valores calculados por Einstein para el número de Avogadro N_A y el radio a de las moléculas.

Problema 7 Un péndulo constituido por una esfera de masa 10 g, suspendida de una cuerda de 10 cm (y masa despreciable) oscila de manera que el ángulo máximo de su movimiento es de 0.1 radianes. Por efecto de la fricción la energía del péndulo disminuye. Compare la energía implicada en el movimiento del péndulo con la que resulta de calcular $\Delta E = h\nu$ según la fórmula de Planck para el cuanto de energía asociado a la frecuencia del péndulo. ¿Podría medirse la discretitud de la disminución de energía?