Introducción a la Física Moderna - Edición 2024

Práctico 4: Radiación térmica

Ejercicio 1.

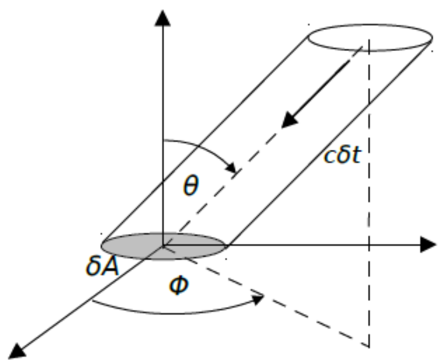
(a) Cuando el Sol se encuentra en el cenit, la intensidad de la energía térmica que incide sobre la Tierra es aproximadamente $1366\,\mathrm{W/m^2}$. El diámetro solar es de 1,39 $\times 10^9$ m y la distancia Tierra-Sol de 1,496 $\times 10^{11}$m. Suponiendo que el Sol irradia como un cuerpo negro, estime la temperatura de su superficie.

(b) Estime la temperatura del filamento de una lámpara incandescente de $100\,\mathrm{W}$. El filamento puede modelarse como un cilindro de longitud $1\,\mathrm{m}$ y diámetro $0{,}2\,\mathrm{mm}$, con una emisividad de 0.95.

Ejercicio 2. Obtenga la densidad espectral de la radiación de un cuerpo negro unidimensional y bidimensional.

Ejercicio 3. Demuestre que la densidad espectral de radiancia, $R_T(\nu)$ y la densidad de energía dentro una cavidad, $\rho(\nu)$, satisfacen la relación:

$$R_T(\nu) = \frac{c}{4}\rho(\nu)$$



Sug: Calcule la fracción de energía de un cilindro como el de la figura que atraviesa un área pequeña δA en un tiempo δt, e integre en los ángulos θ y ϕ.

Ejercicio 4. Una primera aproximación empírica a la densidad de energía observada en una cavidad fue la curva de Wien:

$$\rho_T(\nu) = a\nu^3 e^{-b\frac{\nu}{T}}$$

con a y b constantes. Demuestre que esta ecuación conduce a la ley de desplazamiento de Wien.

Ejercicio 5.

(a) Partiendo de la distribución de Planck para la densidad de energía entre ν y $\nu + d\nu$:

$$\rho_T(\nu)d\nu = \frac{8\pi h}{c^3}\frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}d\nu,$$

y definiendo la densidad en términos de la longitud de onda como $\rho_T(\lambda)d\lambda = -\rho_T(\nu)d\nu$, demuestre que:

$$\rho_T(\lambda)d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}\frac{1}{e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1}d\lambda$$

(b) Obtenga la frecuencia ν_{max} y la longitud de onda λ_{max} que maximizan $\rho_T(\nu)$ y $\rho_T(\lambda)$, respectivamente. A partir del último resultado, obtenga la ley de desplazamiento de Wien.

Nota: deberá resolver gráficamente o numéricamente las ecuaciones $e^{-y} + \frac{y}{3} = 1$ y $e^{-x} + \frac{x}{5} = 1$.

(c) Calcule ν_{max} y λ_{max} para $T = 300K$ y $T = 6000K$.

(d) Explique por qué no puede obtenerse λ_{max} como $\lambda_{max} = \frac{c}{\nu_{max}}$

Ejercicio 6. A partir de la ley de Planck de la distribución espectral de la radiación de un cuerpo negro, demuestre la ley de Stefan-Boltzmann y halle el valor de σ en función de la constante de Planck, h, la velocidad de la luz, c, y la constante de Boltzmann, k_B. La siguiente integral puede resultar de ayuda:

$$\int_0^{+\infty} \frac{x^3}{e^x - 1}\,dx = \frac{\pi^4}{15}$$

Ejercicio 7. Halle las expresiones aproximadas de la ley de Planck para grandes y pequeñas frecuencias de la radiación emitida. Compare el resultado obtenido para pequeñas frecuencias (λ grande) con la distribución clásica de Rayleigh-Jeans.