



Tercer Auxiliar en tiempos de guerra

Espectros de emisión, Efecto fotoeléctrico, Principio de Incertidumbre

P1. Espectros de emisión [38.77]

- a) Escriba la Ley de Planck en función de la frecuencia f en vez de la longitud de onda λ , y obtenga $I(f)$. La intensidad de radiación (potencia por unidad de área) en términos de la longitud de onda λ es:

$$I(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda k_B T} - 1}$$

- b) Demuestre que la fórmula de la distribución de Planck $I(\lambda)$, de la ecuación (38.32) satisface:

$$\int_0^\infty I(\lambda) d\lambda = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 h^3} T^4$$

Sugerencia: realice un cambio de variable de integración, de λ a f . Recuerde que $c = \lambda f$.

- c) El resultado de la parte anterior ya tiene la forma de la Ley de Steffan-Boltzmann, $I = \sigma T^4$. Evalúe numéricamente las constantes (π , cte de Boltzmann, cte de Planck y rapidez de la luz) para probar que:

$$\sigma = 5,670400(40) \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$$

P2. Cuerpo negro ideal [38.78] Una cavidad grande con un agujero muy pequeño, mantenida a una temperatura T , es una buena aproximación a un radiador o cuerpo negro ideal. La radiación puede entrar o salir de la cavidad sólo a través del orificio. La cavidad es un absorbedor perfecto, porque cualquier radiación que incida en el agujero queda atrapada dentro de la cavidad. Una de esas cavidades está a 200°C y tiene un agujero de $4,00\text{mm}^2$ de área. ¿Cuánto tiempo tarda la cavidad en irradiar 100 J de energía a través del agujero?

P3. Exposición de película fotográfica [38.51] El compuesto fotosensible de la mayor parte de las películas fotográficas es bromuro de plata, AgBr. Una película se “expone” cuando la energía luminosa absorbida disocia esta molécula en sus átomos. (El proceso real es más complejo, pero el resultado cuantitativo no es muy diferente cuando el análisis se basa en el efecto fotoeléctrico.) La energía de disociación molar del AgBr es $1,00 \times 10^5 \text{J/mol}$. Para un fotón que apenas puede disociar sólo una molécula de bromuro de plata, calcule:

- La energía del fotón (en electrón-volts), la longitud de onda del fotón y su frecuencia.
- La energía (en eV) de un fotón con una frecuencia de 100 MHz. Compárela con el resultado anterior.
- La luz de una luciérnaga puede exponer la película fotográfica, pero la radiación de una estación de FM que transmite una potencia de 50000 W a una frecuencia de 100 MHz no. Explique por qué.

P4. Presión de radiación [38.80] Un haz de luz monocromática de intensidad I (potencia por unidad de área) incide sobre una superficie perfectamente absorbente perpendicular a él. Aplique el concepto de fotón para mostrar que la presión de radiación (fuerza por unidad de área) que ejerce la luz sobre la superficie es $P = I/c$.

P5. Principio de incertidumbre de Heisenberg [39.50] [39.51] El radio atómico es del orden de 5×10^{-15} m

a) *Energía del protón en un núcleo*

- a1) Estime la incertidumbre mínima en el momentum de un protón, si se confina dentro de un núcleo.
- a2) Suponga que esta incertidumbre en el momentum es una estimación de la magnitud de esa cantidad. Use la relación relativista entre la energía y la cantidad de movimiento, ecuación (37.39), para obtener una estimación de la energía cinética de un protón confinado dentro de un núcleo.
- a3) Para que un protón permanezca enlazado dentro de un núcleo, ¿cuál debe ser la magnitud de la energía potencial (negativa)? Exprese su respuesta en eV y en MeV. Compárela con la energía potencial de un electrón en un átomo de hidrógeno, cuya magnitud es de algunas decenas de eV. (Esto explica por qué la interacción que mantiene unido al núcleo se llama “fuerza nuclear fuerte”.)

b) *Energía del electrón en un núcleo*

- b1) Estime la incertidumbre mínima del momentum de un electrón, si se confina dentro de un núcleo.
- b2) Suponga que esta incertidumbre en la cantidad de movimiento es una estimación de la magnitud de esa cantidad. Use la relación relativista entre energía y cantidad de movimiento, ecuación (37.39), para obtener un estimado de la energía cinética de un electrón confinado dentro de un núcleo.
- b3) Compare la energía calculada en el inciso b2) con la magnitud de la energía potencial de Coulomb de un protón y un electrón separados una distancia de $5,0 \times 10^{-15}$ m. Con base en su resultado, ¿podría haber electrones dentro del núcleo? (Nota: puede comparar este resultado con el del problema 39.50.)