Práctico 1

Física Moderna 2026

Radiación de cuerpo negro, efecto fotoeléctrico y efecto Compton

Ejercicio 1. La temperatura de operación del filamento de tungsteno de una bombilla incandescente es de 2450 K, y su emisividad es de 0.350. Calcule el área superficial del filamento de una bombilla de 150 W, si toda la energía eléctrica consumida por la bombilla es radiada por el filamento en forma de ondas electromagnéticas. (Solo una fracción de la radiación aparece como luz visible).

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

(B) Muestre que en promedio la Tierra recibe del Sol una energía de 1/4 del valor dado en la parte (A) ($\sim 340\,W/m^2$). Si tomamos a la Tierra como un cuerpo negro que radia a esta razón, ¿cuál sería su temperatura?

(C) Diariamente se consume en el mundo 100 millones de barriles de petróleo por día. ¿Cómo se compara la energía producida por este petróleo con la que llega del Sol también durante un día?

Ejercicio 3. A partir de la distribución de energía de Planck $u(\lambda, T)$:

(A) Muestre que la longitud de onda λ_{max} que maximiza $u(\lambda, T)$ satisface: $\lambda_{max}T = \frac{ch}{xk_\beta}$, donde $x = 4{,}965$ es la solución de la ecuación $5 - x = 5e^{-x}$.

(B) Evalúe λ_{max} para: temperatura ambiente, temperatura del sol, y temperatura de la radiación cósmica de fondo.

Ejercicio 4. A partir de la distribución de Planck, demuestre la Ley de Stefan-Boltzmann ($e_{tot} = \sigma T^4$, donde e_{tot} es la potencia por unidad de área emitida en la superficie del cuerpo negro a todas las frecuencias) y halle la relación entre las constantes h y σ. Ayuda: Si la radiación en la cavidad es isotrópica y no polarizada, entonces $e_{tot} = \dfrac{c}{4}\int_0^\infty u(\lambda, T)d\lambda$.

Integral útil:

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

Ejercicio 5. Considere la distribución de Planck para la densidad de energía $u(x, T)$ en términos de la variable adimensionada $x = \frac{hf}{kT}$.

(A) Muestre que la densidad de energía $u(x, T) = u(T)\frac{15x^3}{\pi^4(e^x-1)}$, donde $u(T)$ es la densidad de energía total. Recuerde que la radiancia se puede relacionar con la densidad de energía como $R(f, T)df = (\dfrac{c}{4})u(f, T)df$.

(B) En la Figura 1 se muestra el gráfico del factor $\frac{15x^3}{\pi^4(e^x-1)}$ en función de x. Estime la fracción de radiación solar en el rango visible (3800 a 7400 Å, infrarrojo y ultravioleta respectivamente). Tome $T = 5800\,\mathrm{K}$.

(C) Los paneles solares ordinarios transforman la luz visible en electricidad con una eficiencia del 20 %. Estime la cantidad de km^2 que se precisarían para producir la electricidad producidad por todos los hogares del mundo (en promedio un hogar consume 10KWh por día).

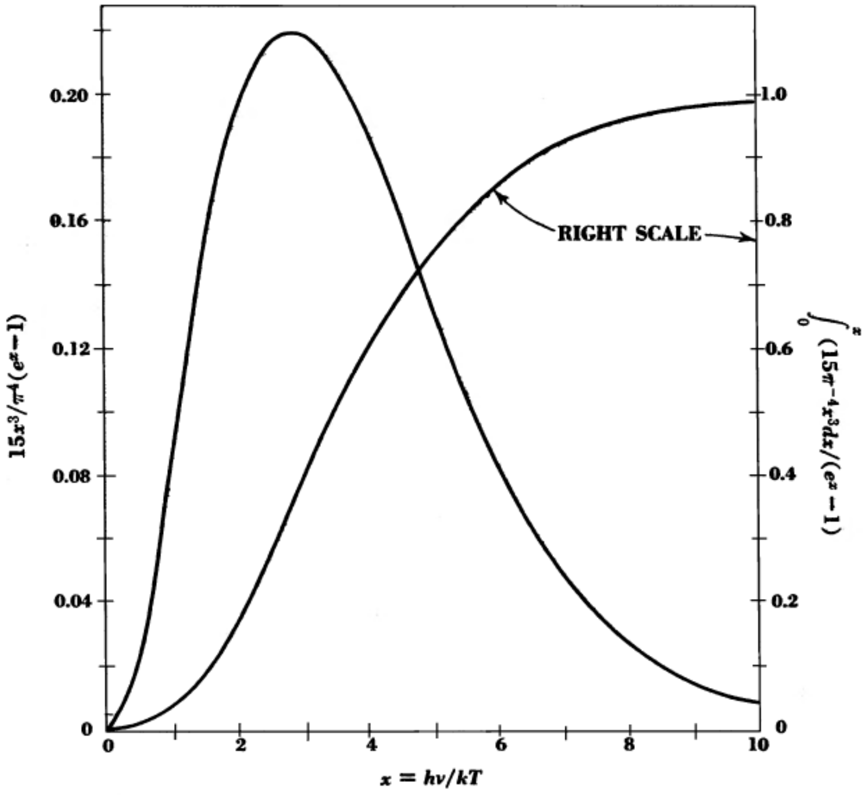

Figura 1: Gráfico para el ejercicio 5

Ejercicio 6. En 1894 Wien demostró, a partir de argumentos termodinámicos, que en el equilibrio térmico la densidad de energía de radiación tiene una dependencia en λ (longitud de onda) y T (temperatura) de la forma:

$$u(\lambda, T)d\lambda = \lambda^{-5} f(\lambda T)d\lambda$$

donde $f(\lambda T)$ es una función indeterminada que depende del producto entre λ y T. Muestre que esto implica que:

(A) La densidad de energía total $u_{tot}(\lambda, T)$ es proporcional a T^4.

(B) La longitud de onda λ_{max} que maximiza $u(\lambda, T)$ satisface $\lambda_{max}T = cte$. Indique las suposiciones que tuvo que realizar para la función f.

Ejercicio 7. Una estación de radio FM funciona a una frecuencia de 103.7 MHz con una potencia de salida de 200 kW.Calcule el número de fotones por segundo emitidos por la estación.

Ejercicio 8. Con la pupila dilatada es posible detectar la luz de un cigarillo a, digamos, unos 500m. Asumiendo que la pupila tiene un diámetro de 0.6cm y que el extremo del cigarillo es un hemisferio de 1cm de diámetro que radia como cuerpo negro a 800ºC. Estime cuántos fotones del rango visible llegan a la retina por segundo.

Ejercicio 9. Se coloca una placa de potasio a un metro de una fuente luminosa de 1W. En un intento (incorrecto) de describir el efecto fotoeléctrico con física clásica, se supone que el electrón acumula energía de la luz incidente hasta alcanzar el umbral necesario para ser desprendido. Si la energía necesaria para extraer al electrón es de 2.1eV, y si suponemos que el electrón puede captar energía dentro de un área circular de radio 1 Å (radio típico atómico). ¿Cuánto tiempo tardaría en ser arrancado de la superficie?

Ejercicio 10. Considere los metales de lítio, berilio y mercurio, cuyas funciones de trabajo son 2.3eV, 3.9eV, y 4.5eV respectivamente. Si en cada uno de estos metales incide luz con una longitud de onda igual a 300nm, determine:

(A) cuál de ellos presenta efecto fotoeléctrico **(B)** la energía cinética máxima del foto-electrón en cada caso

Ejercicio 11. La figura 2 muestra un gráfico de potencial de frenado vs frecuencia de luz incidente para el efecto fotoeléctrico en sodio. A partir del gráfico determine:

(A) la función trabajo del sodio **(B)** el cociente h/e **(C)** la longitud de onda de corte **(D)** la diferencia porcentual entre sus respuestas al inciso (B) y el valor esperado.

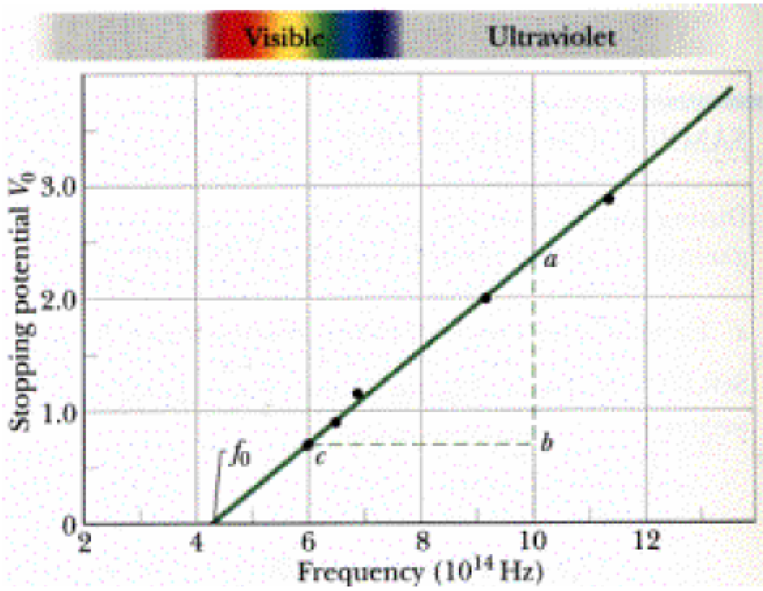

Figura 2: Gráfico para el ejercicio 11

Ejercicio 12. Considere un haz de rayos X con $\lambda = 1$Å, y también un haz de rayos γ proveniente de una muestra de Cs^{137} con $\lambda = 1{,}88 \times 10^{-2}$ Å. Si la radiación dispersada por los electrones libres se observa a 90º del haz incidente.

(A) ¿Cuál es el corrimiento en longitud de onda Compton en cada caso?
(B) ¿Qué energía cinética se le comunica al electrón de retroceso en cada caso?
(C) ¿Qué porcentaje de la energía del fotón incidente se pierde en la colisión en cada caso?