

FÍSICA 4 B

Segundo Cuatrimestre de 2022

GUÍA 4: CUERPO NEGRO, FOTOELÉCTRICO, COMPTON

1. Hallar la relación entre la densidad de energía interna $u_v(T)$ y la energía que emite un cuerpo negro por unidad de área y tiempo $K_v(T)$. Deducir la relación entre la densidad de energía total $u(T)$ y la energía total emitida por unidad de área y tiempo R .
2. Mostrar la ley de Kirchhoff, la cual establece que la absorbencia y la emisividad de un cuerpo caliente a cierta temperatura son iguales.
3. La teoría electromagnética permite mostrar que $p = u/3$ para la radiación electromagnética. Considere un cilindro con un pistón sin fricción y conteniendo dicha radiación en equilibrio térmico a temperatura T . Se mueve el pistón de manera reversible.

- (a) Probar la ley de Stefan-Boltzmann (ayuda: escriba el diferencial de la entropía, teniendo en cuenta que es un diferencial exacto)

$$u = bT^4$$

- (b) Mostrar que

$$R = \sigma T^4 \quad \text{con } \sigma = \frac{b c}{4}$$

(σ es la constante de Stefan-Boltzmann)

4. Considere que el Sol irradia como cuerpo negro. Sabiendo que el radio del Sol es $R_S = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$, que la distancia Sol-Tierra es $R_{ST} = 1.49 \cdot 10^{11} \text{ m}$ y que la energía por unidad de área y tiempo que llega a la Tierra es $W = 1.4 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{s}}$ estimar la temperatura en la superficie del Sol ($\sigma = 5.67 \cdot 10^8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$)
5. (a) Suponiendo que la densidad de energía espectral $u_v(T)$ depende solamente de ν , T y de las constantes dimensionales c (velocidad de la luz en el vacío) y k_B (constante de Boltzmann = R/N_A) mostrar vía análisis dimensional que

$$u_\nu(T) = \pi \frac{\nu^2 k_B T}{c^3}$$

donde Π es un número real

- (b) Suponiendo que existe una nueva constante fundamental que interviene en el problema, mostrar que

$$u_\nu(T) = \frac{\nu^2 k_B T}{c^3} f\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) = \frac{h\nu^3}{c^3} f_1\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right)$$

donde

$$f_1(x) = \frac{f(x)}{x}$$

Ayuda: Uno tendrá una nueva constante adimensional π^0 tal que $\pi = f(\pi^0)$. Mostrar que no se pierde generalidad escribiendo $\pi^0 = \alpha \nu T^\chi$ con α una combinación de c , k_B y la nueva constante. Determine χ usando la ley de Stefan-Boltzmann. Se obtiene la forma exacta del resultado definiendo, al final, $\alpha \equiv h/k_B$. Wien, usando datos experimentales, propuso $f_1(x) = \exp(-x)$.

(c) Mostrar que se puede escribir el resultado anterior de la forma siguiente

$$u_\lambda(T) = \frac{hc}{\lambda^5} g(y)$$

con $g(y) = y f(1/y)$, $y = \lambda K_B T / hc$. Usando este último resultado, demostrar la ley de desplazamiento de Wien

$$\lambda_{max} T = cte$$

6. * Demostrar, que en una cavidad con radiación en equilibrio térmico, el número de modos de oscilación por unidad de volumen es

$$n_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}$$

7. * Usando la hipótesis de Planck para calcular el valor medio de la energía y el resultado del problema anterior, calcule la densidad de energía $u_\nu(T) d\nu$. Compare con lo que obtendría usando equipartición. Calcule los límites de baja y de alta frecuencias y corrobore que obtiene las leyes de Rayleigh-Jeans y Wien.
8. Calcule la constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = \frac{2\pi^5 K_B^4}{15h^3 c^2}$
9. Los datos del potencial de frenado vs longitud de onda en una experiencia de iluminación de una placa de sodio son

$\lambda(\text{\AA})$	2000	3000	4000	5000	6000
$V_0(\text{Volts})$	4.20	2.06	1.05	0.41	0.03

Tabla 1: ejercicio 9

Obtener gráficamente la función trabajo ϕ , la frecuencia de corte y el valor de h/e .

10. En una dispersión Compton un electrón adquiere una energía cinética de 0.1 MeV cuando un fotón X de 0.5 MeV de energía incide sobre él.
- (a) Determinar la longitud de onda del fotón dispersado, si el electrón se hallaba inicialmente en reposo.
- (b) Hallar el ángulo de dispersión del fotón respecto de la dirección de incidencia.
11. (a) Demostrar que el efecto fotoeléctrico no puede ocurrir con un electrón libre.
- (b) ¿Por qué no puede observarse efecto Compton con luz visible? ¿Puede observarse fotoeléctrico?
12. Incide luz monocromática de longitud de onda λ sobre una placa cuya función trabajo es ϕ , arancando electrones por efecto fotoeléctrico. Estos electrones alcanzan una región donde existe un campo magnético B perpendicular a la velocidad de los electrones. Calcular el radio de giro de los electrones en función de ϕ .
13. Considere una superficie de potasio a 75 cm de una lámpara de 100 W de 5 % de eficiencia. Cada átomo de potasio tiene un radio aproximado de 1\AA . Determinar el tiempo requerido por cada átomo para

absorber una cantidad de energía igual a su función trabajo ($\varphi = 2eV$) de acuerdo a la interpretación clásica.

14. (a) Hallar la máxima energía que un fotón de 50 KeV de energía le transfiere a un electrón libre.
- (b) ¿Cuál es la energía cinética de un electrón dispersado un ángulo ϑ ? Expresarla en términos de la energía del fotón incidente.