Física Moderna 2019 – Primer Parcial

1. Según el modelo de sólido de Einstein, la energía de un sólido a temperatura T es

$$U = 3N\langle E_f \rangle_T \tag{1}$$

donde N es el número de átomos en el sólido y

$$\langle E_f \rangle_T = \frac{hf}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$$

la energía promedio de un oscilador de Planck de frecuencia f a temperatura T.

   (a) Muestre que el calor específico $C = dU/dT$ satisface $C \to 0$ cuando $T \to 0$ y $C \to 3Nk$ cuando $T \to \infty$. ¿Qué interpretación puede dar a estos valores límites?

   (b) Para un sólido de cobre, el valor de f que mejor ajusta los datos experimentales corresponde a $hf/k = 240$K. Determine la frecuencia f para el cobre. ¿A partir de qué temperaturas es buena la aproximación $C \approx 3Nk$? Justifique.

   (c) ¿Como cambiaría la expresión de la energía (1) para el caso de un sólido bidimensional?

2. Una bombilla de luz incandescente de 40W radía con un filamento de tungsteno a 3300 K. Asumiendo que la bombilla radía como un cuerpo negro:

   (a) Determine la frecuencia f_{max} de máxima emisión

   (b) Tomando f_{max} como la frecuencia promedio de fotones emitidos, estime el número de fotones por segundo que emite la bombilla

   (c) Estime la potencia radiada en el rango visible (de 430 a 770 THz; 1 THz = 10^{12} Hz)

3. Considere el ion de Helio He^+ (núcleo de carga +2e y un electrón de carga -e):

   (a) Determine la energía del estado base y el radio de la primer órbita de Bohr

   (b) Considere el espectro de emisión para transiciones $n_i \to n_f = 4$ con $n_i > 4$. Determine la longitud de onda más corta y más larga de este grupo. ¿Qué longitudes de onda de este grupo se encuentra en el espectro visible (entre 3800Å y 7700Å)?

   (c) Determine el cociente de las constantes de Rydberg para el He^+ y para el H, considerando la correción de masa finita (tome $M_{\text{núcleo}} = 4m_{\text{protón}}$ y $m_{\text{protón}} = 1836\ m_{\text{electrón}}$).

Fórmulas y constantes

$c = 3,00 \times 10^8$m/s,   1eV $= 1,60 \times 10^{-19}$J, $h = 6,63 \times 10^{-34}$J $\cdot$ s $= 4,14 \times 10^{-15}$eV $\cdot$ s

$k = 1,38 \times 10^{-23}$J/K $= 8,62 \times 10^{-5}$eV/K, $h/k = 4,80 \times 10^{-11}$K $\cdot$ s

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8}\mathrm{Wm}^{-2}\mathrm{K}^{-4}$, $f_{max}/T = 2,82k/h$, $R_T(f) = \frac{2\pi h f^3}{c^2}(e^{\frac{hf}{kT}} - 1)^{-1}$

Energías y radios del átomo de Bohr:

$$E_n = -\frac{mZ^2e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 2\hbar^2 n^2} = -\frac{13,6Z^2}{n^2}\mathrm{eV}\ , \quad r_n = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{mZe^2}n^2 = \frac{0,529}{Z}n^2\text{Å}$$

constante de Rydberg para el Hidrógeno: $R_H = \dfrac{me^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 4\pi\hbar^3 c} = \dfrac{1}{911\text{Å}}$

masa reducida: $\mu = m(1 + m/M_{\text{núcleo}})^{-1}$

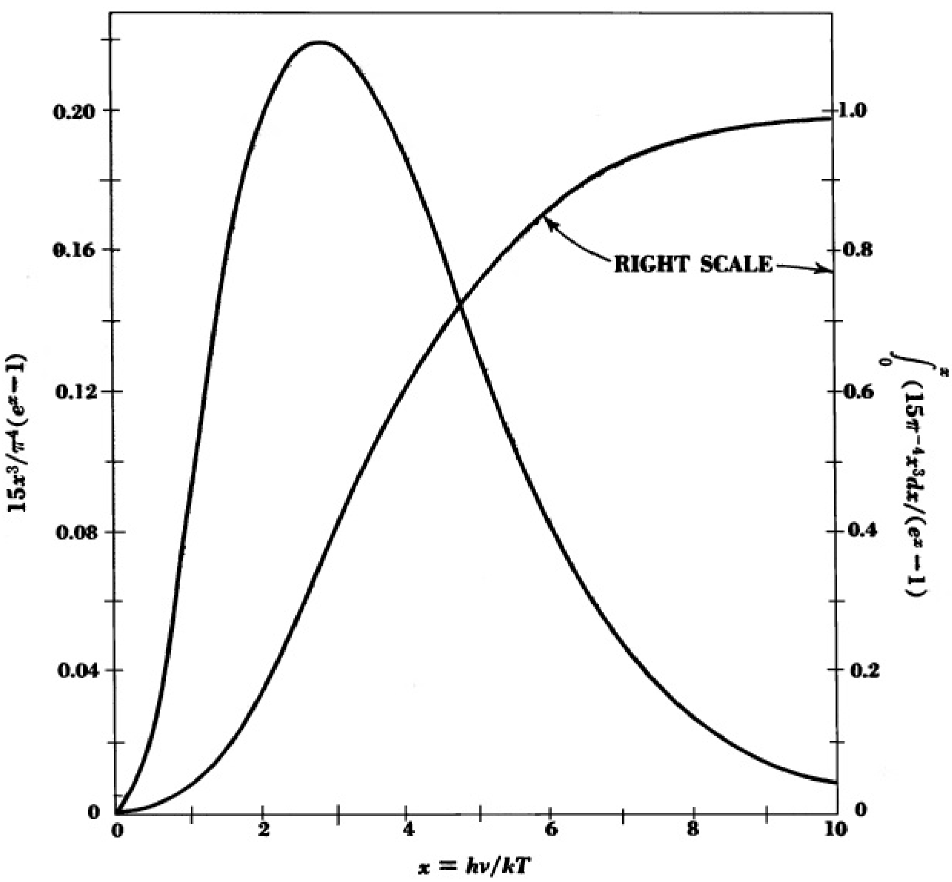

FIG. 1: Curva de Planck normalizada y su integral