Taller
Física moderna

Septiembre del 2024

Juan Esteban Pineda Lopera
Física avanzada
Bioingeniería

Constantes

$h = 4,135667696 \times 10^{-15} eVs$

$c = 299792458 ms^{-1}$

$\sigma = 5,670373 Wm^{-2}K^{-4}$

$Kb = 8,617333262 \times 10^{-5} eVK^{-1}$

1. En el experimento de Franck-Hertz, se observó que la diferencia de voltaje entre los picos máximos de la señal en el cátodo del tubo era de 4.9 V. ¿Cuál es la energía cedida por los electrones a los átomos de Hg?, ¿Cuál es la longitud de onda de la radiación emitida desde el tubo?

Res: Cuando el electrodo colisiona con una E_k correspondiente con el ΔE de los electrodos del Hg, este último salta su nivel de energía, frenando el electrodo acelerado. Las franjas luminosas surgen cuando el electrodo del Hg vuelve a su nivel de energía original, liberando fotones.

Como sucede cada 4,9eV:

$$E_{Hg} = h\nu = 4,9eV \therefore \nu = \frac{4,9eV}{h} = 1{,}1848 \times 10^{15} s^{-1}$$

$$\because \nu = \frac{c}{\lambda} \therefore \lambda = \frac{c}{\nu} \therefore \lambda = \frac{2,9979 \times 10^{8} \frac{m}{s}}{1{,}1848 \times 10^{15} s^{-1}} = 253,03 \times 10^{-9} m$$

Finalmente, la energía cedida a los átomos de Hg es la necesaria para saltar un nivel de energía, es decir, 4,9eV, y la longitud de onda de la radiación emitida es de 253,03nm.

2. Una superficie de Zn ($\phi = 4,3eV$) es iluminada y fotoelectrones son observados.
   (a) ¿Cuál es la longitud de onda más grande que causará la emisión de fotoelectrones?
   (b) ¿Cuál es el potencial de frenado cuando la longitud de onda (λ) de la luz usada es de 252 nm

Res:

(a) La emisión de foto electrones iniciará cuando los electrones del material absorben el fotón y adquieren la energía necesaria para salir del material (dada por la función de trabajo ϕ), es decir, cuando la energía cinética se hace cero

$$E_k = h\nu - \phi = 0 \therefore \nu = \frac{\phi}{h} = 1,0397 \times 10^{15} s^{-1}$$

$$\because \nu = \frac{c}{\lambda} \therefore \lambda = \frac{c}{\nu} = 288,3451 \times 10^{-9} m$$

Finalmente, la mayor longitud de onda para la emisión será de 288,3451nm

(b) La corriente de detiene en un voltaje crítico negativo, llamado potencial de frenado(V_0). La energía cinética es igual a este V_0 por la carga del electrón (e):

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = 1,1896 \times 10^{15} s^{-1}$$

$$E_k = V_0 \therefore e * V_0 = \frac{h\nu - \phi}{e} = 619,719 \times 10^{-3} V$$

Finalmente, el V_0 cuando λ es 252nm es de 619,719mV

3. Un horno se encuentra a una temperatura de 1500 K.
   (a) Calcule la potencia total radiada por metro cuadrado de la superficie del horno utilizando la ley de Planck y la ley Stefan-Boltzmann, compare los resultados entre ambos modelos.
   (b) Calcule la longitud de onda del pico máximo de radiación utilizando la ley de Planck y la ley de desplazamiento de Wien, compare los resultados entre ambos modelos.

Res:

(a) Para Stefann-Boltzmann, la radiación total(R_T) equivale a la constante de Boltzmann(σ) por la temperatura(T) a la cuarta potencia:

$$R_T = \sigma T^4 = 287,0626 \times 10^3 \frac{W}{m^2}$$

Para Plank, la radiación total viene de integrar en todas las longitudes de onda la intensidad espectral:

$$u(\lambda, T) = \int_0^\infty \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda K_B T}} - 1} d\lambda \approx 287,0627 \times 10^3 \frac{W}{m^2}$$

Por lo que finalmente, se tiene para Stefan-Boltzmann una potencia de 287,0626$\frac{kW}{m^2}$y para Planck una de 287,0627$\frac{kW}{m^2}$, una diferencia de apenas $2,49 \times 10^{-5}$ %

(b) Según la ley de desplazamiento de Wien, la longitud donde se hace máxima se obtiene al dividir una constante por la temperatura absoluta:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} = 1,9318 \times 10^{-6} m$$

Por lo que la longitud calculada es de 1,9318μm, mientras que de la integral de planck anterior, se obtuvo que el punto máximo se alcanzaba con una longitud de onda de 1,9319μm, habiendo una diferencia de 0,008 %.

4. Dado que el Sol puede aproximarse a un cuerpo negro.Para este problema, usa la temperatura superficial del Sol de T = 5778 K y considera que el Sol tiene una superficie esférica de radio $R = 6{,}96 \times 10^8$ m.

   (a) Usa la ley de Planck para calcular la potencia total radiada por unidad de área integrando la densidad espectral de energía desde ($\lambda = 0$) hasta ($\lambda = \infty$).

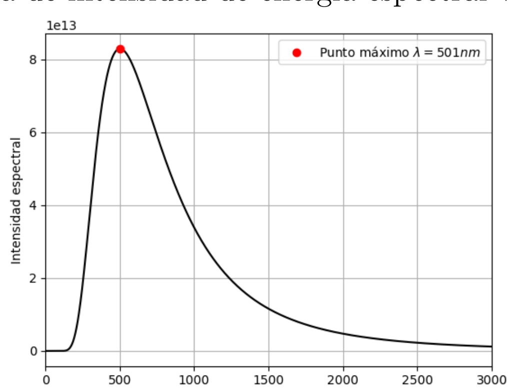
   (b) Grafique el espectro de emisión del sol en función de la longitud de onda y determine la longitud de onda del pico máximo de radiación.

Res:

(a) Integrar la ley de Planck para la intensidad de energía espectral da como resultado:

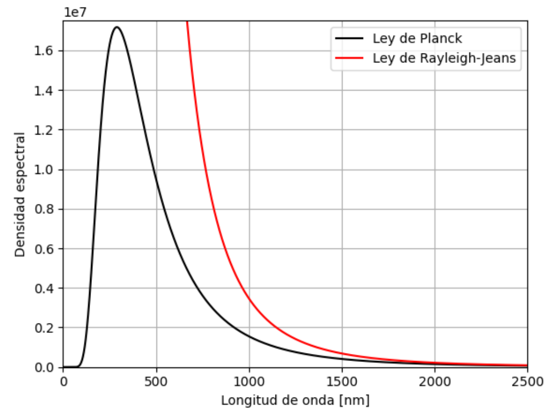
$$u(\lambda, T) = \int_0^\infty \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda K_B T}} - 1} d\lambda \approx 63,2007 \times 10^6 \frac{W}{m^2}$$

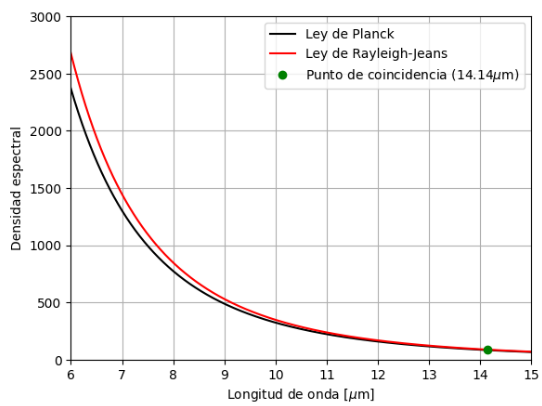
(b) Se realiza la gráfica de intensidad de energía espectral vs longitud de onda.



5. Para una temperatura de T = 10000 K. realice la comparación gráfica entre la ley de Rayleigh-Jeans y la ley de Planck. Determine cuales son las longitudes de onda en las que ambos modelos coinciden en un porcentaje de diferencia máxima de 5

Res: Al graficar ambos modelos, los valores de densidad espectral son muy diferentes para valores cortos de longitud de onda, para luego coincidir con un error menor del 5 % a partir de los 14,144μm.





6. Una placa metálica tiene una función de trabajo de 2.5 eV y es iluminada con luz de una longitud de onda de 400 nm. Calcule la energía de los fotones incidentes. Determina si el efecto fotoeléctrico ocurre, y en caso afirmativo, calcula la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

Res:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \therefore E_k = \frac{hc}{\lambda} - \phi = 599,605 \times 10^{-3} eV$$

Como $E_k > 0$, se produce el efecto fotoeléctrico, emitiendo una energía cinética máxima de 599,605meV.

7. Una onda electromagnética se propaga en el vacío con una frecuencia de 5x1014 Hz.
   (a) Calcule la longitud de onda de la onda.
   (b) Si la amplitud del campo eléctrico es 50 V/m, calcula la amplitud del campo magnético asociado.

Res:

(a)

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 599,5849 \times 10^{-9} m$$

La onda tiene una longitud de onda de 599,5849nm.

(b)

$$E_0 = cB_0 \therefore B_0 = \frac{E_0}{c} = 166,782 \times 10^{-9} T$$

El campo magnético asociado tiene una amplitud de 166,782nT.

8. Un haz de radiación gamma tiene una energía de 1.5 MeV. Calcule la longitud de onda asociada a esta radiación. Determine si este tipo de radiación puede provocar ionización en un átomo con una energía de ionización de 13.6 eV

Res:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \therefore E_k = \frac{hc}{\lambda} \therefore \lambda = \frac{hc}{E_k} = 8,2656 \times 10^{-13} m$$

El haz tiene una longitud de onda de 825,65fm, y debido a que su energía de 1,5MeV es mayor que la energía de ionización de 13,6eV, esta radiación ioniza el átomo.

9. Un protón está sometido a un campo magnético de 2 T. Calcule la frecuencia de Larmor (ω) del protón en este campo.

Res: Para un proton, la relación giromagnética (γ) es de $2,675221900 \times 10^8 \frac{rad}{sT}$, por lo que:

$$\omega = \gamma B = 535,0444 \times 10^6 \frac{rad}{s}$$

Por lo que la frecuencia angular de Larmor es de $535,0444 rad/s$ y la frecuencia ($\frac{\omega}{2\pi}$) de $85,155 MHz$.

10. La constante de Rydberg permitía describir las bandas espectrales en los espectros obtenidos por gases monoatómicos, fue solo hasta que se planteó el modelo atómico de Bohr que se le dio sentido a esta constante desde las constantes de la naturaleza, Determine el valor de la constante de Rydberg para el átomo de Hidrogeno (RH) en Joules y en Electronvoltios, también exprese a cual corresponde cada una de las constantes de la naturaleza involucradas en este cálculo y cuál es su valor internacionalmente aceptado:

$$R_H = \frac{m_e e^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2\hbar}$$

> **Res:**
> m_e: Masa del electrón en reposo $= 9,10938291 \times 10^{-31}Kg$
> e: Carga elemental o carga del electrón $= 1,602176487 \times 10^{-19}C$
> ϵ_0: Permitidividad del vacío $= 8,8541878176 \times 10^{-12}\frac{C^2}{Nm^2}$
> $\hbar$: Constante de Planck reducida $= \frac{h}{2\pi}$
>
> $$R_H = \frac{m_e e^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2\hbar} = 2,1798 \times 10^{-18}J = 13,6057eV$$
>
> Finalmente, el valor de la constante de Rydberg para el Hidrógeno es de $2,1798 \times 10^{-18}$J o 13,6057eV.

11. Determine la energía de los 7 primeros niveles del átomo de Hidrogeno en eV, sabiendo que la energía de los niveles del átomo está dada por:

$$E_n = -R_H \frac{1}{n^2}$$

> **Res:** Conociendo que $R_H = 13,6057eV$:
>
> - Nivel 1: - 13,6057 eV
> - Nivel 2: - 3,4014 eV
> - Nivel 3: - 1,5117 eV
> - Nivel 4: - 0,8503 eV
> - Nivel 5: - 0,5442 eV
> - Nivel 6: - 0,3779 eV
> - Nivel 7: - 0,2777 eV

12. Considera un átomo de hidrógeno en el que un electrón pasa del nivel n = 3 al nivel n = 2. Calcule la energía de los fotones emitidos durante esta transición. Determina la longitud de onda asociada a esta transición.

Res: Primero, se calcula la energía emitida durante la transición:

$$\Delta E = E_{n=2} - E_{n=3} = -1{,}8897eV$$

Que equivale a la energía de los fotones emitidos. De esto, se calcula su longitud de onda:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \therefore \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 6{,}5611 \times 10^{-7}m$$

Por lo que la longitud de onda asociada es de 656,11nm.

13. Un escáner de resonancia magnética opera con un campo magnético de 1.5 T. El giro del protón en el campo magnético tiene una razón giromagnética de 42.58 MHz/T. Calcula la frecuencia de resonancia (frecuencia de Larmor) para este campo magnético y la energía necesaria para cambiar el spin.

Res:

$$\omega = \frac{\gamma B_0}{2\pi} = 10,1652 \times 10^6 Hz$$

La frecuencia de Larmor del protón es de 10,1652MHz, a partir de lo cual se calcula la energía necesaria para cambiar de spin:

$$\Delta E = \gamma \hbar B_0 = \omega h = 42,04 \times 10^6 eV$$

Finalmente, se requiere una energía de 42,04MeV para cambiar el spin del protón.

14. En un escáner de resonancia magnética, el campo magnético genera una frecuencia de resonancia de 63.87 MHz. ¿Cuál es la energía de un fotón emitido en este proceso de resonancia?, ¿La energía de este fotón es capaz de ionizar o de excitar energeticamente un átomo de hidrógeno?

Res:

$$E_k = \nu h = 264,1451 \times 10^{-9} eV$$

Por lo que los fotones son emitidos con una energía de 264,1451neV. Conociendo que la energía de ionización del hidrógeno es mayor (13,6057eV), se concluye que estos fotones no pueden ionizar átomos de hidrógeno.