TP F4

Agustin Agote, Facundo Sanchez y Juan Leon

Octubre 2021

Enunciado

Luz monocromática de longitud de onda incide sobre una superficie metálica cuya función trabajo es W, arrancando electrones por efecto fotoeléctrico. Estos electrones alcanzan una región donde existe un campo magnético B perpendicular a la velocidad de los electrones. Calculen el radio de giro de los electrones en función de W. ¿Puede observarse el efecto Compton con luz visible? ¿Y el efecto fotoeléctrico?

Solucion

De acuerdo a la teória cuantica, la luz incidente consiste de cuantos de energía que interactuan en forma de choques con los electrones (e),los cuales la absorben totalmente. La energía contenida tales cuantos es $h\gamma$, donde h es la constante de Planck y γ la frecuencia (de la onda incidente), y puesto que $\gamma = c/\lambda$, entonces la energía que gana un electrón por el choque es hc/λ. En el metal, los electrones se distribuyen en una red cristalina, con lo que para escapar del material, el electrón debe superar una barrera de potencial dada por W, la función trabajo debida a la atracción de este con los núcleos positivos en la superficie de la red cristalina (asumimos que el electrón interactua una única vez con un fotón antes de escapar o disipar su energía de alguna otra forma). Tambien se debe cosiderar la energia que se pierde para todo electron que no se encuentre en la superficie ΔE, por formar parte de una red de atomos. De esta forma la energia cinetica del electron luego de impactar el cuanto de energia es

$$E_k = \frac{hc}{\lambda} - W - \Delta E \tag{1}$$

Para este ejercicio consideraremos el caso de un electron en la superficie, y por ende $\Delta E = 0$, entonces la ecuacion (1) queda

$$E_k = \frac{hc}{\lambda} - W \tag{2}$$

A su vez, sabemos que la energia cinetica (clasica de siempre y no relativista) para un electron es

$$E_k = \frac{1}{2} m_e {v_e}^2 \tag{3}$$

Siendo m_E la masa del electron y v_e la velocidad adquirida. Juntando (2)y (3) podemos despejar la velocidad del electron en terminos de datos y de la funcion trabajo W y esta queda

$$v_e = \sqrt{\frac{2}{m}(\frac{hc}{\lambda} - W)} \tag{4}$$

Una vez que el electron aquiere cierta velocidad (consideraremos que esta es en una sola direccion) este llegara a la zona donde se encuentra el campo magnetico $\bar{B}$ (perpendicular a la velocidad). Al poseer el electron carga propia el ingresar en el campo magnetico con cierta velocidad le generara una fuerza debida al campo que se calcula mediante

$$F_{mag} = q_e(\bar{v} X \bar{B}) \tag{5}$$

Al ser $\bar{v}$ perpendicular a $\bar{B}$ por propiedades del producto vectorial (5) resulta

$$F_{mag} = q_e v B \hat{n} \tag{6}$$

Y sabemos que esta fuerza es del tipo centripeta, y por ende es del estilo

$$F = \frac{mv^2}{R} \tag{7}$$

Donde R es el radio de giro. Por ende igualanado (6) y (7) (trabajando en modulos) podemos despejar R que es lo que buscamos

$$R = \frac{m_e}{q_e} \frac{v_e}{B} \tag{8}$$

Y puesto que la velocidad del electron la calculamos en (4), tenemos a R en funcion de datos y de la funcion trabajo W

$$R = \frac{m_e}{q_e} \frac{\sqrt{\frac{2}{m}(\frac{hc}{\lambda} - W)}}{B} \tag{9}$$

Por último, veamos en que diría la mecánica clásica. En esta, los electrones ganan energía en forma continua al estar sometidos a ondas electromagnéticas. No habrá una Tmax, y por lo tanto no habrá un Rmax. La absorbida energía dependerá además de la intensidad del haz de luz empleado.
Estas experiencias se hacen usando luz de frecuencias altas (y por lo tanto longitudes de onda bajas). En la teórica, vimos que el efecto fotoeléctrico se observó utilizando luz UV y para el efecto Compton rayos X. En caso de usar luz visible, (de frecuencia menor y long de onda mayor), la energía contenida en los cuantos será menor. Para el caso del efecto fotoeléctrico en nuestro problema, esto causaría que la energía al salir sea menor (si es que todavía es suficiente como para superar la barrera de potencial W), llevando a radios más pequeños. El efecto Compton, estudia la interacción de la luz con un electrón libre y la dispersión resultante. Para esto se utilizan rayos X, ya que la energía contenida en ellos es mucho mayor a la función W. En caso de utilizar luz visible, esta aproximación no es válida (y hasta podría ser que sea menor a W, no pudiendo arrancar el e-), con lo que el modelo del sistema no es más válido.