Experimento de Franck-Hertz

Diana Carolina Lozano Molina and Sergio Steven Gutierrez
Universidad de los Andes
(Dated: 9 Febrero 2017)

Buscamos comprobación empírica de la teoría atómica de Bohr al ver que la diferencia de voltaje requerido para excitar de un átomo corresponde a 4.68 ev, que fue lo que se encontró con un error del 1.61% respecto al valor terico. Se hace una relaciń entre el voltaje aplicado a los electrones, con la corriente medida al otro lado de un gas y una barrera potencial, para de esta manera ver a que valores del voltaje generan estas transiciones. Podemos ver los efectos de la mecánica cuántica a través de este experimento que es relativamente práctico de hacer e intuitivo de entender, pero muestra la verdadera naturaleza de la cuantización de las transiciones atómicas a través de conocimientos de mecánica clásica y el modelo de Bohr.

Palabras clave: Franck- Hertz ,Mercurio, transiciones átomicas, modelos atómico de Bohr

A. Introducción

El experimento de Franck-Hertz demuestra la existencia de estados discretos de energía en un átomo como sugiere Niels Bohr. En este experimento se determinó una medición cuantitativa de la energía requerida para elevar el electrón del estado fundamental del átomo de mercurio a su primer estado excitado el cual corresponde, en la literatura, a 4,6 eV.

En la teoría del átomo de Bohr la transición de un átomo de un estado estacionario E1 a otro E2 requiere la emisión (o absorción) de una cantidad discreta de energía. El cambio en la energía viene dado por:

$$E_2 - E_1 = hf \tag{1}$$

Dónde h es la constante de Planck y f la frecuencia de la radiación electromagnética. En este experimento, los electrones se emiten térmicamente desde un cátodo caliente, causando la emisión de un electrón de la superficie del cátodo.

Los electrones son acelerados a través de un gas de mercurio usando una diferencia de potencial ajustable U_1. Se aplica un potencial de retardo U_2 entre la que impide que los electrones cuya energía sea menor que U_2 alcancen el detector. El detector mide la corriente de electrones que llegan a él y que han superado la barrera U_2.

A medida que los electrones se aceleran hacia el detector, chocan con los átomos de mercurio en su trayectoria. Si la energía cinética de un electrón es menor que el nivel de excitación más bajo para el átomo de mercurio cuando chocan, no se transfiere energía - la colisión es elástica y no se pierde energía a los átomos de mercurio mucho más masivos. Por el contrario, si la colisóin es inelástica, se transferirá una cantidad discreta de energía del electrón al átomo de mercurio al excitar un electrón a su primer estado excitado. La cantidad de energía perdida por el electrón se obtiene con la ecuación 1.

Después de sufrir una colisión inelástica con los átomos de mercurio muchos de los electrones tendrían energía insuficiente para superar U_2 y llegar al detector. Esto da lugar a una disminución de la corriente medida en el detector. A medida que más electrones llegan al colector, la corriente comienza a aumentar hasta un nuevo máximo, hasta que se desencadena otra colisión inelástica, causando otro mínimo en la corriente medida.

B. Montaje Experimental

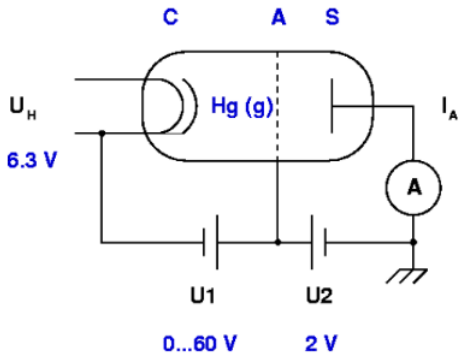


FIG. 1. Esquema del montaje experimental

El montaje consiste de tubo de Franck-Hertz (el cual tiene un catodo (C), una rejilla (A) y un anodo (S)), estufa, osciloscopio, computador con software: Phywe measure 4 y termocupla.

El cátodo se calienta y posteriormente emite electrones, estos electrones se veran acelerados debido al voltaje U_1 (entre C y A), luego los electrones seran frenados por un voltaje U_2 que dejara pasar solo los electrones que tienen suficiente energía cientica y luego se registrará la corriente. Se varía La temperatura de cátodo y el voltaje U_2 y se observa el comportamiento de la corriente y del voltaje U_1. En condiciones exprimentales se

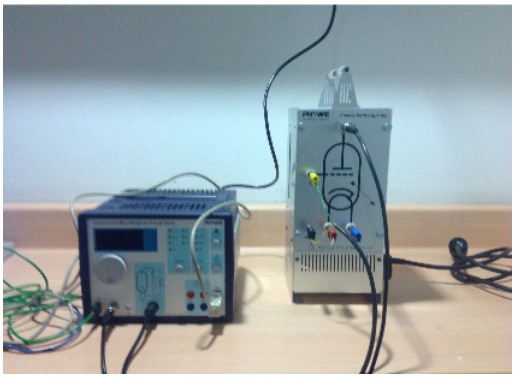


FIG. 2. Conexiones del tubo de Franck- Hertz, la estufa y la undad e control de Franck- Hertz

mantuvo: el voltaje U_2 no mayor a 3V, el voltaje U_h no mayor a 7V, el voltaje U_2 no mayor a 60V y la temperatura de la estufa por debajo de los 190 °C. Lo anterior con el fin de no daar el tubo de Franck- Hertz.

C. Resultados y Análisis

Primero se tomaron una serie de datos con la misma temperatura para comparar el comportamiento de la corriente y el voltaje. A un mimsmo voltaje de frenado U_2= 2V y una temperatura de 170 °C. Las graficas aunque son muy parecidas, si cambia su corriente en cada minimo, este cambio de corriente se debe a un cambio en el aumento temperatura, el electron pierde menos energia para generar la transicion y por lo tanto puede atravesar el voltaje de frenado, produciendo mas corriente. Pero deducimos que aunque ocurre lo anterior el voltaje en el cual se efectua cada minimo no se ve afectado y por lo tanto no es necesario un ajuste estadistico.

Posteriormente para valores de U_h y U_2 constantes de 6,3 V y 1V respectivamente se analizaron diferentes temperaturas 160°C, 175°C y 185°C[FIG.3-5]. De estas medidas deducimos que es mas facil general transiciones a mayor temperatura ya que aunmento la densidad de picos, sin embargo la distancia entre minimos no se ve afectada.El valor promedio de nuestra distancia entre minimos fue de 4,7 eV que con repecto al valor en la literatura tiene un error porcentual de %1.61 lo cual es muy bueno consideranro las complicaciones de estabiliad del sistema.

Despues de esas dos tomas de datos se analizo que la mejor temperatura para las siguientes tomas es de 170°C. A esta temperatura y variando el voltaje de frenado entre 1V y 2V se realizaron nuevas mediciones. De las graficas[FIG. 6 - 8] se puede deducir que un aumento del voltaje de frenado nos da mejores resultados, aunque son muy similares, si el voltaje de frenado es mayor, se asegura que los electrones tengan suficiente energia y sea mas facil su medicion pero al mismo tiempo se pierde sensibilidad de las transiciones de mejor voltaje puesto que los electrones no tiene suficiente enrgia para pasar el voltaje de frenado.

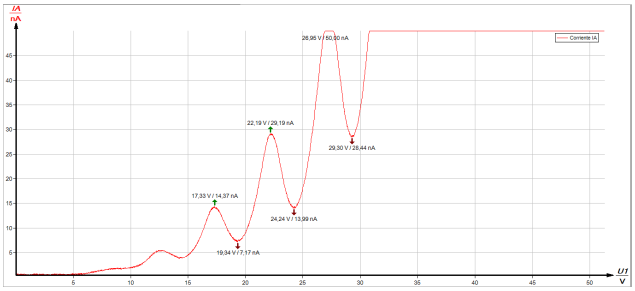


FIG. 3. Temp = 160, U_h y U_2 constatante

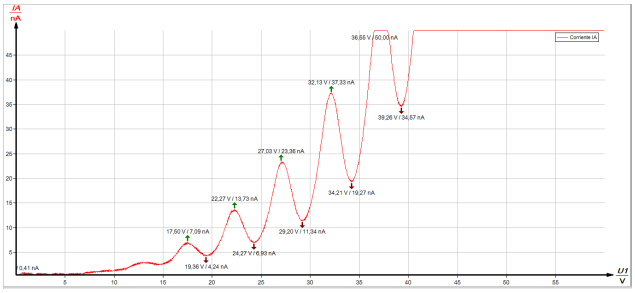


FIG. 4. Temp = 175, U_h y U_2 constatante

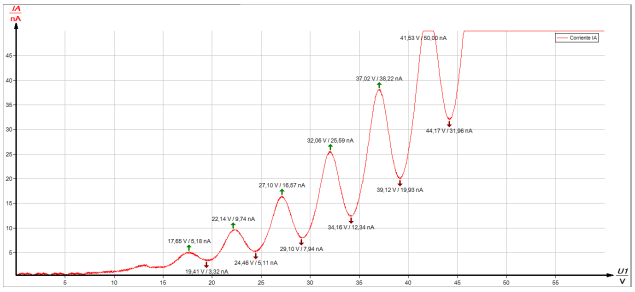


FIG. 5. Temp = 180, U_h y U_2 constatante

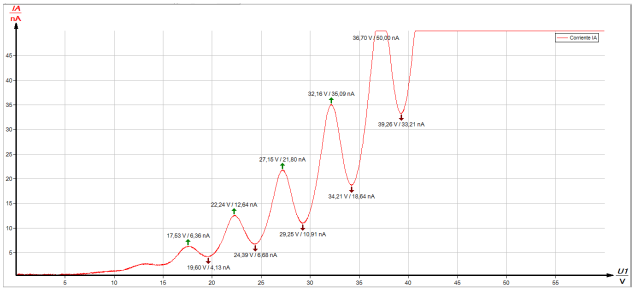


FIG. 6. Temp = 170 $U_2 = 1V$

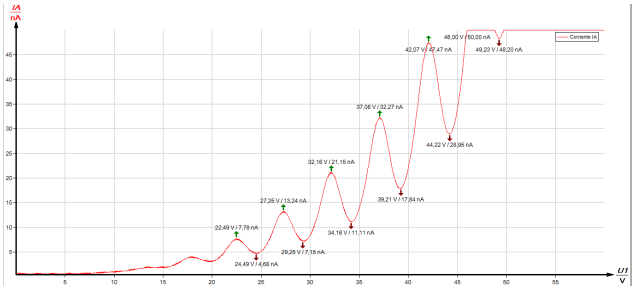


FIG. 7. Temp = 170 U_h , $U_2 = 1.5V$

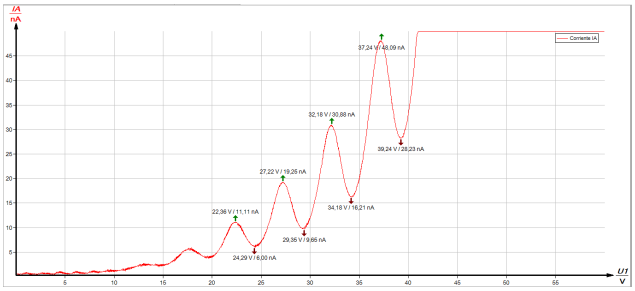


FIG. 8. Temp = 170 $U_2 = 2V$

Las siguientes mediciones hechas se hicieron cambio de UH en un rango de 6,3 ± 0.5V, en estas graficas [FIG. 10-11] se evidencio un cambio en la corriente, aunque sus picos estan en el mismo voltaje y con la misma distancia entre picos. Lo anterior se pude explicar ya que la emision termoionica de los electrones aumenta con el aumento de UH y por la tanto los electrones llevan una energia cinetica inical mayor y pueden pasar el voltaje de frenado, dejando una corriente mas alta.

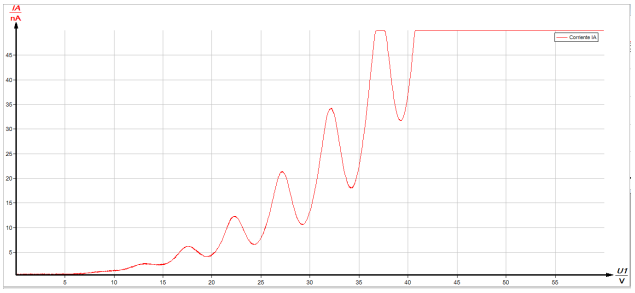


FIG. 9. Temp = 170 $U_H = 5.8V$

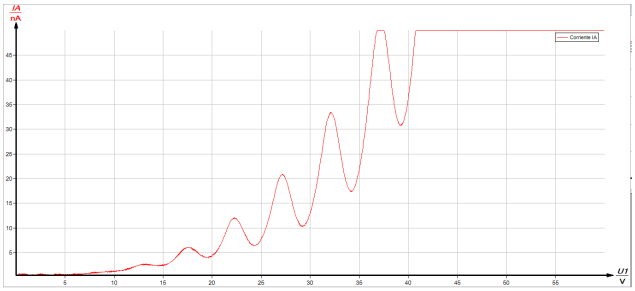


FIG. 10. Temp = 170 $U_H = 6.8V$

D. Conclusiones

El número de colisiones inelásticas que experimenta un electrón con los átomos de mercurio depende de cuántas veces el electrón puede ganar suficiente energía cinética para elevar un átomo de mercurio a su primer estado excitado. A medida que se eleva el voltaje entre el cátodo y el ánodo U_1, aumentará el número de colisiones inelásticas entre un electrón y los átomos de mercurio. De esta manera se incrementa la corriente medida en el detector, hasta que los electrones acelerados ganen lo suficiente para elevar un átomo de mercurio a su primer estado excitado.

Los átomos de mercurio solo se elevan a su primer estado excitado y no a cualquier otro, debido a las características del experimento elevar el átomo a otro estado excitado diferente del primero es improbable. Dadas las condiciones del tubo esta transicin no es realizable. La razón es que la probabilidad de que ocurra la ionización depende de la presión de vapor de mercurio (relacionada con la temperatura), la corriente y el potencial de aceleración U_1. Cuanto mayor sea la presión, menor será la trayectoria libre media de los electrones. Por lo tanto, un electrón raramente ganará más energía cinética entre colisiones que la del primer nivel de excitación.

Experimentalmente hablando, mantener las condiciones establecidas para que el experimento funcionará fue relativamente fácil, ya que con la unidad de control Betriebsgerat, los voltajes U_1, U_2, y U_h y la temperatura nominal, se mantenian constantes. Sin embargo,

mantener constante la temperatura de la estufa fue un problema al cual se le pueda atribuir la moyoira del error en el experimento puesto que la temperautara variaba de uno a 10 grados en el expetimento puesto que esta no tiene un regulador estable de voltaje. Para resolver este problema, se tomaron varios datos, a diferentes temperaturas, cancelando errores experimentales.

El valor promedio de nuestra distancia entre minimos fue de 4,7 eV que con repecto al valor en la literatura tiene un error porcentual de %1.61 lo cual es muy bueno considerando las complicaciones de estabiliad del sistema.

E. Bibliografía

G. F. Hanne. *What really happens in the franck- hertz experiment with mercury*? American Journal of Physics , 56(8), 1988

Gerald Rapior, Klaus Sengstock, and Valery Baev. *New features of the franck-hertz experiment.* American Journal of Physics, 74(5), 2006.

Departamento de Física. *Experimento de Franck-Hertz guía.* Bogot: Universidad de los Andes.

"Franck-Hertz Experiment". *Hyperphysics.phy-* N.p., 2016. Web. 17 Mar. 2016.