

# Laboratorio 9

## Experimento de Franck - Hertz

### 9.1 Objetivos

1. Estudiar la cuantización de la energía en choques inelásticos
2. Determinar las características más importantes del experimento de Franck - Hertz.
3. Determinar la longitud de onda de la primera línea de excitación de los átomos de mercurio.

### 9.2 Preinforme.

1. Explique brevemente en qué consiste el modelo de Bohr del átomo.
2. A qué se denomina estado fundamental o estado base de un átomo?.
3. A qué se denomina líneas de excitación del átomo?.
4. De qué manera el experimento de Franck - Hertz confirma las predicciones hechas en la teoría de Bohr del átomo?.
5. Cómo es la curva característica de este experimento?.

### 9.3 Materiales.

- Equipo PHYWE: En este experimento se utiliza un tubo de Franck - Hertz montado en un horno. La temperatura se puede ajustar usando un termostato que viene en la parte lateral del horno y se puede medir mediante un termómetro previamente insertado por el orificio de la tapa superior del mismo. Ver figura 9.1



Figura 9.1: Horno de Franck y Hertz.

- Osciloscopio de Doble Canal.
- Termómetro 0 – 200°C
- Cables de Conexión.

## 9.4 Precauciones

- Tener en cuenta las precauciones para el calentamiento del horno y el manejo del osciloscopio
- Deje la perilla del termostato en 150 V y no la mueva durante el resto del experimento.

## 9.5 Fundamento Teórico

El descubrimiento de que la luz se propaga a través del espacio vacío y pueda ser emitida o absorbida por la materia sólo como paquetes discretos de energía, llamados también "cuantos de luz", influyó profundamente sobre el estudio de la estructura de los átomos. El contenido energético de estos paquetes de energía es  $E = h\nu$  donde  $\nu$  es la frecuencia de la radiación emitida y  $h$  la constante de

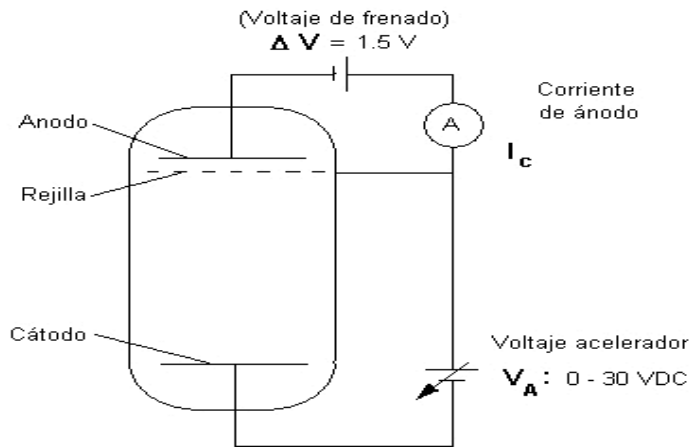


Figura 9.2: Diagrama simplificado del experimento.

Planck. También Niels Bohr en 1913 contribuyó a entender la estructura atómica de la materia al proponer un modelo para el átomo cuyas predicciones fueron corroboradas posteriormente en 1914 por James Franck y Gustav Hertz quienes realizaron un experimento de bombardeo electrónico cuyos resultados estaban de acuerdo con dicho modelo y la teoría cuántica.

Frank y Hertz demostraron a través del estudio de colisiones entre electrones y moléculas de gas, que la energía de interacciones atómicas está cuantizada. Por este trabajo en 1925 recibieron el premio Nobel de Física.

Un diagrama simplificado del experimento de Franck - Hertz se muestra en la Figura 9.2

En un tubo al vacío el cual es calentado por un horno, se tiene vapor de mercurio; los electrones son emitidos por un cátodo previamente calentado y son acelerados hacia una rejilla la cual está a un potencial  $V_a$  relativo al cátodo. Cerca de ella está el ánodo el cual está a un potencial  $V_p$  ligeramente menor que el de la rejilla:  $V_p = V_a - D_v$  con  $D_v = 1,5 \text{ V}$ .

Si los electrones acelerados tienen suficiente energía cuando lleguen a la rejilla, algunos lograrán acercarse al ánodo y serán medidos como corriente  $I_c$  por el amperímetro.

Si los electrones no tienen la suficiente energía al acercarse a la rejilla serán detenidos por el potencial  $D_v$  y quedarán en la rejilla. Así  $I_c$  pasa a través de una serie de máximos y mínimos cuando el potencial acelerador varíe ya que  $I_c$  crece con dicho potencial. Por tanto las moléculas del gas absorben energía de los electrones sólo cuando estos portan cantidades específicas de energía; llamadas de

resonancia.

Para el mercurio, el primer estado excitado es el de 4,9 eV por encima de su estado fundamental o base. Cuando el potencial acelerador  $V_a$  de los electrones sea menor de 4,9 V, las colisiones electrón-molécula serán elásticas y los electrones no cederán energía al gas de mercurio, llegando a la rejilla con energía cinética igual a  $eV_a$ . Cuando  $V_a$  sea igual a 4,9 V los electrones tendrán suficiente energía cinética para cederla en un choque inelástico con las moléculas del gas de mercurio. Entonces los átomos de mercurio absorberán completamente los 4,9 eV que tienen los electrones, los cuales no tendrán energía suficiente para superar el potencial retardador  $D_v$  y serán detenidos por la rejilla. La corriente hacia el ánodo  $I_c$  presentará así un mínimo.

Al aumentar el potencial acelerador  $V_a$  por encima de 4,9 V,  $I_c$  aumentará de nuevo; sin embargo cuando  $V_a$  alcance 9,8 V, los electrones pueden perder toda su energía en dos colisiones con las moléculas del gas e  $I_c$  ser nuevamente mínima. Debido a estas múltiples colisiones inelásticas  $I_c$  presentará mínimos cada vez que  $V_a$  sea múltiplo entero de 4,9 V.

## 9.6 Procedimiento

La corriente del filamento, el voltaje de aceleración  $V_a$ , el voltaje de frenado  $D_v$  y el amplificador de la corriente del ánodo, vienen dispuestos en la misma unidad de control. Ver figura (9.3) Los valores de potencial aplicado y la respectiva corriente en el ánodo pueden leerse en el osciloscopio.

### 9.6.1 Calentamiento del Horno

1. Conecte el horno a 110 V corriente alterna.
2. Encienda el horno con el interruptor que está en el cable de conexión. Ajuste la perilla del termostato (alrededor de  $150^{\circ}C$ ). Observe que el bulbo del termómetro esté cerca al centro del tubo. Espere de 10 a 15 minutos a que la temperatura se eleve aproximadamente a  $170^{\circ}C$ . Nunca más allá de  $200^{\circ}C$ .
3. Encienda la unidad de control . (Ver figura 9.3)
4. Una vez se alcance los  $170^{\circ}C$  ajuste la perilla HEATER a 5,5 V y espere 90 segundos para que se caliente.
5. Aplique el voltaje de frenado  $D_v = 1,5$  V, mediante la perilla REVERSE BIAS, entre la rejilla y el ánodo.
6. Encienda el osciloscopio.

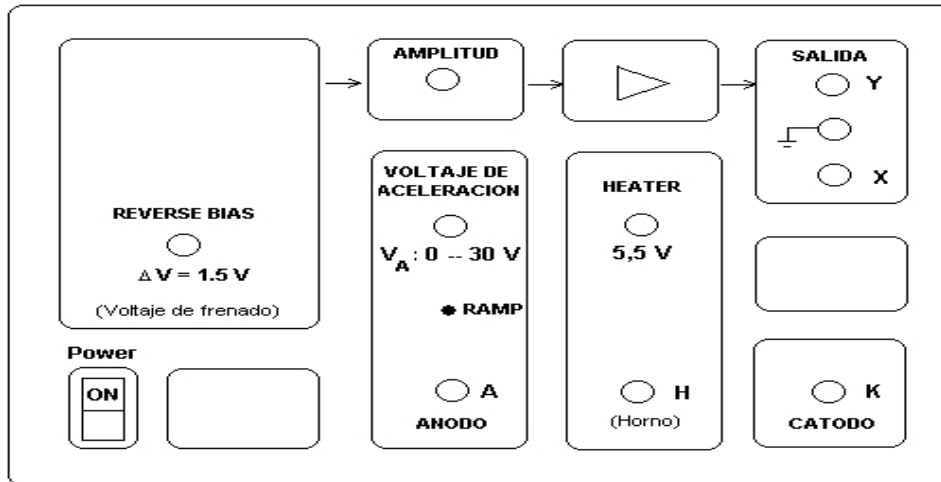


Figura 9.3: Unidad de Control

7. En la unidad de control pase el interruptor que está debajo de la perilla del voltaje acelerador  $V_a$ , a la posición RAMP.
8. Ajuste la perilla de amplitud a la mitad.
9. Los canales X e Y del osciloscopio deben estar en una escala aproximadamente de 0,5 V/cm . Gire las perillas de calibración completamente a la derecha.
10. Eleve lentamente el voltaje acelerador  $V_a$  a partir de 0 V. y observe en la pantalla del osciloscopio la curva que se forma. Cunte los mínimos. El potencial acelerador no debe sobrepasar los 30V. Obtenga al menos 5 mínimos dentro de este rango de voltaje.
11. Mida la diferencia de potencial entre mínimos de la curva.

*NOTA: La entrada al canal Y del osciloscopio es proporcional a la corriente. La entrada al canal X es igual al voltaje aplicado dividido por 10, o sea  $V/10$ . ( Vea el panel de la unidad de control).*

## 9.7 Análisis

1. Qué características presenta la curva observada en el osciloscopio?

2. Se produce un cambio en el valor de un mínimo cuando varía el potencial acelerador?
3. Por qué cambia el valor de los máximos y de los mínimos cuando aumenta el potencial acelerador?
4. Cuál es el significado de la diferencia de potencial entre los mínimos medidos?
5. Determine el valor medio de la diferencia de potencial entre los mínimos medidos en la curva.
6. Compare este valor con el valor esperado.
7. Con sus datos calcule la energía de excitación del átomo de mercurio, la frecuencia y la longitud de onda correspondiente.
8. Compare la longitud de onda hallada con el valor conocido de 253,7 nm.