
EL EXPERIMENTO DE FRANCK – HERTZ

OBJETIVOS

- a) Conocer los parámetros y variables involucrados, así como las precauciones en el manejo del equipo, para el experimento de Franck – Hertz (F – H).
- b) Verificar experimentalmente la cuantización de los niveles de energía para el átomo de mercurio en el experimento de F – H.
- c) Determinar experimentalmente la energía de excitación promedio para los átomos de mercurio en el experimento de F – H.

EQUIPO Y MATERIAL

- Tubo de Franck – Hertz (F – H)
- Horno para el tubo F – H
- Termómetro de mercurio 0 – 220 [°C]
- Panel frontal para el tubo (F – H)
- Unidad operativa para el experimento de (F – H)
- Osciloscopio doble canal
- Conexión bnc (2)
- Cable coaxial – coaxial (1)
- Cables para conexiones diversas (5)
- Computadora con cable USB.

ACTIVIDADES

Las actividades a realizar durante el experimento se encuentran categorizadas para dar cabal cumplimiento a los objetivos propuestos para el mismo.

Se incluyen al final de cada parte preguntas y/o actividades a realizar por parte del alumno, que a juicio del autor pretenden reforzar la adquisición del conocimiento involucrado a lo largo de cada sección.

SECCIÓN I (parte 1)

En relación del conocimiento y manejo del equipo involucrado durante el experimento, así como de las precauciones pertinentes.

◆ A continuación se describe de manera breve parte del equipo experimental: ◆

a. Tubo de Franck – Hertz (F – H)

Se trata de un Triodo compuesto por:

- El cátodo con cubierta antioxidante de calentamiento indirecto.
- El ánodo en forma de rejilla, y
- El colector.

Nota 1

Mientras que la separación entre el ánodo y el colector es relativamente pequeña, la distancia entre el cátodo y el ánodo debe ser grande, aproximadamente 8 [mm], comparada con la trayectoria libre media en una atmósfera de vapor de mercurio a 180 [°C], asegurando así una probabilidad elevada para las colisiones entre los electrones y los átomos de gas.

En la figura 4.1 puede observarse este dispositivo montado sobre su panel frontal.

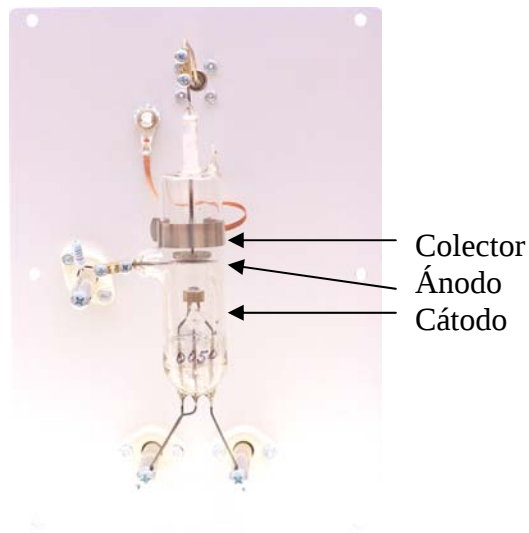


Figura 4.1

Nota 2

El calentamiento indirecto del cátodo se logra mediante una fuente de poder a un potencial de 6.3 [V] DC y con una corriente de al menos 300 [mA].

Los elementos que componen al Triodo se encuentran al interior de una ampolla al alto vacío donde se ha incluido una gota de mercurio altamente purificado que a la temperatura de operación (180°C) tiene una presión de 20 [mbar].

Nota 3

Si bien las terminales del Triodo se encuentran debidamente selladas, al interior del tubo debe evitarse en cualquier caso movimientos bruscos durante la etapa de funcionamiento del mismo o más aún retirarlo del panel frontal en cualquier momento.

b. Horno para el Tubo de Franck – Hertz (F – H)

Consiste en un gabinete de acero con las siguientes dimensiones $(240 \times 160 \times 140) [\text{mm}^3]$.

Al interior un radiador tubular, montado sobre la base del gabinete, cuyo consumo de potencia es de 400 [W].

En la parte superior del gabinete existe un orificio por donde es posible introducir un termómetro de bulbo de mercurio, con el fin de verificar la temperatura al interior de dicho gabinete.

En uno de los costados del gabinete se observa una perilla graduada cuya función es controlar la temperatura en el interior a partir de un sistema bimetálico. Ver figura 4.2; el rango de temperatura de este dispositivo es $0 - 300^{\circ}\text{C}$.



Figura 4.2

Nota 4

El Horno posee su propia conexión a la línea doméstica y debe verificarse previamente el potencial de alimentación (127 [V] AC) del mismo. Una vez conectado el Horno y seleccionada la temperatura de operación, por ejemplo 170 [°C], debe observarse que:

- Se requerirá de un periodo no mayor a 15 minutos para alcanzar dicha temperatura.
- Debido al sistema bimetalico la temperatura variará, por ejemplo entre los límites de 150 – 190 [°C]; motivo por el cual debe ponerse especial cuidado en que tales cambios no excedan dichos límites con ayuda del termómetro de bulbo de mercurio colocado previamente al interior del gabinete.

Las temperaturas de operación del experimento impedirán la manipulación del Horno sin la debida precaución; por lo que se sugiere que durante el experimento y mientras el Horno funcione se evite en cualquier caso el desplazamiento del mismo.

c. Panel frontal para el Tubo F – H

Sobre esta placa, donde se sostiene el Tubo al interior del Horno, se cierra el gabinete con la ayuda de 6 tornillos de precisión.

Aparecen al frente las terminales del Tubo debidamente señalizadas como, ver figura 4.3.

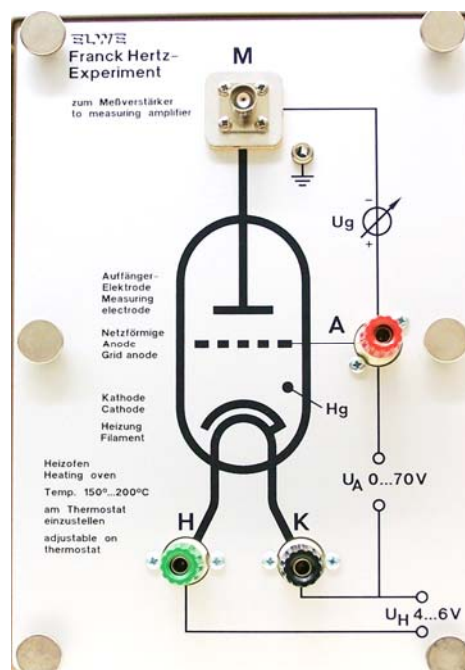


Figura 4.4

- M la terminal del colector (mediante una salida a cable coaxial), en la parte superior.

- A la terminal del ánodo en forma de rejilla, en rojo y
- H y K las terminales del cátodo que permiten su calentamiento indirecto, en verde y negro respectivamente.

Nota 5 Como ya fue citado, debe evitarse el desprender el panel del cuerpo del gabinete para evitar accidentes o el daño del Tubo mismo.

d. Unidad Operativa para el experimento de F – H

Este dispositivo permite al mismo tiempo: (ver Figura 4.4)

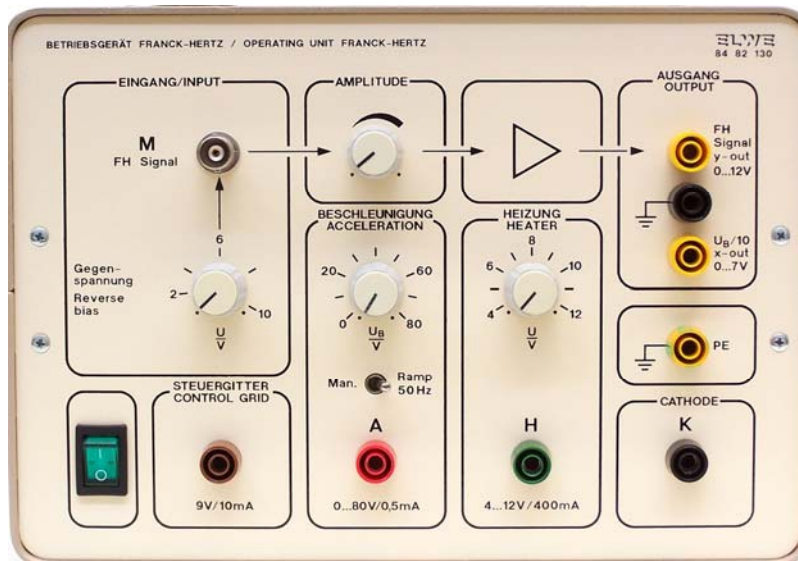


Figura 4.4

- Operar una fuente de voltaje (4 – 12 [V] DC, 400 [mA]) para calentamiento del cátodo a través de las terminales H y K.
- Operar una fuente de voltaje (0 – 80 [V] DC, 0.5 [mA]) para aceleración de los electrones provenientes del cátodo a través de la terminal A.
- Operar una fuente de voltaje inverso (0 – 10 [V] DC) entre las terminales del ánodo y el colector, A y M respectivamente.
- Operar la etapa de amplificación, en DC, de la corriente proveniente del colector a través de la terminal
- Enviar las señales de la corriente debidamente amplificada en el colector y el potencial de aceleración para su análisis a través de las terminales correspondientes situadas en el extremo superior derecho de la unidad.

Nota 6

La Unidad Operativa tiene una alimentación a la línea doméstica de 127 [V] AC y debe, como precaución, verificarse que los controles correspondientes se encuentren apagados o al mínimo de intensidad antes de intentar cualquier conexión.

SECCIÓN I (parte 2)

En relación del dispositivo experimental el montaje del equipo y las precauciones pertinentes para el funcionamiento del mismo.

La siguiente secuencia se sugiere como una forma ágil y segura en la implementación del dispositivo experimental:

- Identifique todas y cada una de las partes que componen el equipo a emplear durante el experimento; incluyendo adaptadores para tomacorriente, así como el número de cables requeridos para las conexiones.
- Verifique la integridad del equipo, así como de los materiales a emplear durante el experimento.

Nota 7

Cualquier omisión o anomalía debe ser notificada al laboratorista previamente antes de iniciar la labor de montaje del equipo.

- Verifique que tanto el Horno, la Unidad Operativa como el Osciloscopio estén apagados antes de realizar cualquier conexión a los tomacorrientes. En el caso de los dos primeros verifique, además, que los controles de temperatura o voltaje, en cada caso, se encuentren en el mínimo de intensidad requerida.
- Con fines prácticos y por economía de tiempo se sugiere iniciar con la etapa correspondiente al funcionamiento del Horno. Sin conexión alguna hacia la Unidad Operativa conecte el Horno al tomacorriente verificando debidamente el potencial de alimentación del mismo.

Nota 8

En caso de no contar con un tomacorriente a un potencial de 220 [V] AC, puede emplearse un transformador (220 – 127) [V] AC, disponible en el almacén, para efectuar la conexión.

-
- El control manual de temperatura, en un costado del Horno, funciona al mismo tiempo como interruptor. Antes de fijar en dicho control la temperatura de operación para el experimento verifique haber introducido al gabinete, por la parte superior, el termómetro de bulbo de mercurio que le permitirá observar las posibles variaciones de temperatura al interior del Horno.

Nota 9

No olvide impedir que la temperatura exceda los 190 [°C].

- Fije una temperatura en el control indicado y observe el proceso de calentamiento del Horno. Verifique, por ejemplo al establecer una temperatura de 160 [°C], que el sistema bimetálico permite variaciones de temperatura de ± 20 [°C] entorno al valor elegido en el control manual.

Nota 10

Estas variaciones de temperatura, durante el experimento, tienen implicaciones en la forma de la curva para la corriente en el colector como función del potencial de aceleración, como se discutirá más tarde.

- Complete el total de las conexiones desde el panel frontal a la Unidad Operativa y hacia el Osciloscopio, verificando que se encuentra apagada. (Ver figura 4.5)
- Antes de aplicar cualquier potencial en las terminales del Tubo ponga en funcionamiento el Osciloscopio verificando los niveles de tierra en cada canal y seleccionando adecuadamente las entradas de las señales, en la opción x – y, donde:

x: potencial de aceleración

y: corriente amplificada en el colector

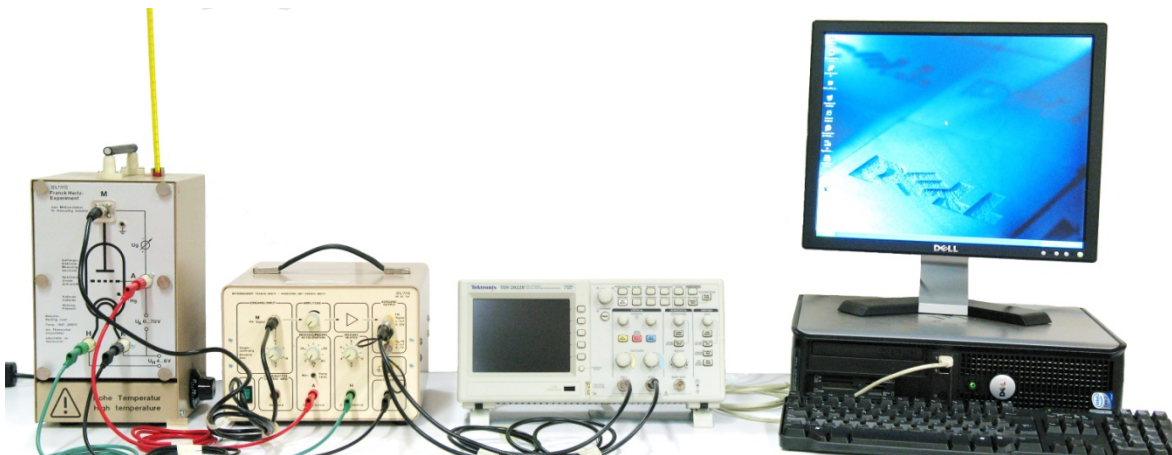


Figura 4.5

Nota 11

Ahora el equipo se puede manipular para aplicar los potenciales correspondientes de calentamiento, aceleración y retardo. Verifique en este punto sus conexiones y reporte, en su caso cualquier anomalía o duda al respecto con el instructor.

SECCIÓN II

En relación a la descripción del experimento desde un enfoque operativo.

A continuación se describen una serie de instrucciones cuya finalidad es la de observar la secuencia de estados excitados para los átomos de mercurio, en términos de la corriente en el colector y el potencial de aceleración de los electrones:

- Habiendo cumplido con las instrucciones para la implementación del dispositivo experimental (citadas en la Sección I parte 2), inicie aplicando el potencial de calentamiento del cátodo 6 [V] DC, a través de las terminales H y K.
- Observe a través de las ventanas del Horno el efecto de aplicar dicho potencial y aguarde 90 s antes de acelerar los electrones hacia el ánodo.
- Lentamente eleve el potencial de aceleración, liberando al mismo tiempo la perilla que permite amplificar la corriente en el colector.
- No sobrepase un potencial de aceleración de 20 [V] DC, en caso de que el potencial de retardo alcance los 2 [V] DC entre el ánodo y el colector.

- Compruebe que la señal observada en el osciloscopio corresponde a la secuencia de máximos y mínimos de intensidad de la corriente en el colector, como función del potencial de aceleración coincidente con los estados cuantizados de la energía de transición para los átomos de mercurio, ver figura 4.6.

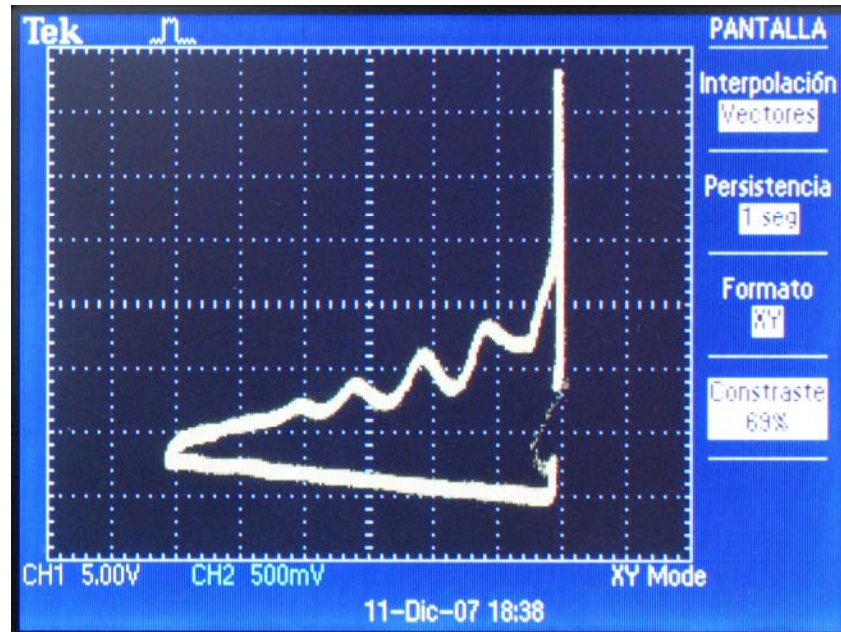


Figura 4.6

- Finalmente observe dicha señal durante cierto tiempo, suficiente para verificar la dependencia del número de máximos observados y las citadas variaciones de temperatura al interior del Horno.

SECCIÓN III

De la determinación experimental de la energía de excitación promedio para los átomos de mercurio en el experimento.

- Verifique la posición de los controles para el voltaje en los canales x – y, (1 y 2) del osciloscopio y a partir del inicio de la curva observada sobre la pantalla determine la posición de los distintos máximos de corriente en el colector, ver figura 4.6.
- La escala sugerida para el potencial de aceleración en los controles del osciloscopio es de 500 [mV/div] (ver figura 4.6).
- Por medio del software correspondiente y las instrucciones del profesor, transfiera los datos a la computadora y de ahí haga el trabajo estadístico de los mismos.

-
- A partir del primer máximo y con la escala referida determine el incremento en el potencial para los máximos observados en la pantalla.
 - Con el promedio de dichos valores determine la energía de excitación promedio para los átomos de mercurio.
 - Empleando la expresión para la energía de un fotón determine frecuencia y/o la longitud de onda correspondiente a la energía promedio citada en el punto anterior.
 - Finalmente verifique si tal longitud de onda corresponde a la esperada para la transición resonante en el ultravioleta para el átomo de mercurio.

BIBLIOGRAFÍA

Beiser A.
Concepts of Modern Physics
Fifth Edition
Mc Graw-Hill, 1995.

Melissinos A., Napolitano J.
Experiments in Modern Physics
Second Edition
Academic Press, 2002

Sánchez M.
Introducción a la Física Moderna
Facultad de Ingeniería UNAM, 2000