

UdeMM
Universidad de la
Marina Mercante

Ingeniería

UNIVERSIDAD DE LA MARINA MERCANTE
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Ciencias Básicas

Física IIIA
Física IIIB

Práctica III

**CUANTIZACIÓN DE LA ENERGÍA:
EXPERIENCIA DE FRANCK – HERTZ
PARA EL MERCURIO**

Profesores: Dr. Dante Ramos
Lic. Julio Losua
Lic. Marcela Sanguinetti

Jefes de Trabajos Prácticos: Lic. Marcela Sanguinetti
Prof. Claudio Ferreiro

Jefe Laboratorio de Ciencias Básicas: Ing. Pablo Vásquez
2007



**UNIVERSIDAD DE LA MARINA MERCANTE
FACULTAD DE INGENIERIA**

Práctica III : Cuantización de la energía – Experiencia Franck-Hertz para Hg

1- Objetivos

- I- Trazar la curva de corriente anódica I_A en función de la tensión aceleradora
- II- Verificar la existencia de niveles de energía cuantificados en el átomo de mercurio

2- Marco teórico

James Franck y Gustav Hertz reportaron en 1914 que los electrones al pasar por vapor de mercurio transfieren energía en forma escalonada y discreta. Además, agregaron, esto es posible asociarlo a la emisión del mercurio correspondiente al ultravioleta ($\lambda = 254\text{nm}$). Semanas después, Niels Bohr lo interpretó como una confirmación experimental de su modelo atómico y desde entonces este es uno de los clásicos experimentos para interpretar y recrear la teoría cuántica de Planck.

3- Dispositivo experimental

Los electrones emitidos a bajas energías desde el cátodo, caldeado por un filamento incandescente en un tubo con gas de mercurio a 15 hPa, son acelerados hacia la grilla G y el ánodo A por el potencial U aplicado entre ambos electrodos.
(ver dispositivo esquemático del manual y agregarlo)

Es necesario calentar previamente el tubo para que al variar la densidad del vapor del mercurio el camino libre de los electrones sea pequeño comparado con la distancia entre el cátodo y el ánodo. Esto favorece la producción de choques inelásticos entre los electrones y los átomos de mercurio

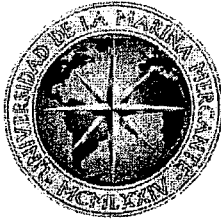
4- Procedimiento

Si la energía cinética con que cada electrón llega a la grilla es suficiente para vencer un pequeño potencial de frenado U_{GA} , aplicado entre G y A, será entonces posible medir la corriente I_A desde el amperímetro.

Para tensiones pequeñas se observa que la corriente I_A aumenta con el voltaje U hasta que la corriente decae en forma abrupta debido que a que muchos electrones pierden su energía cinética al excitar a los átomos de Hg. Dado que este proceso se produce cerca de la grilla los electrones no pueden superar el potencial de frenado.

Al potencial para el cual la corriente comienza a decaer se lo llama potencial crítico U_c .

Si se aumenta nuevamente el potencial U, los electrones vuelven a adquirir la suficiente energía para vencer al potencial de frenado y la corriente aumenta nuevamente, pero cuando el potencial es el doble del potencial crítico esta vuelve a decaer. Así, sucesivamente se repite el proceso cada vez que se aumenta el potencial precedido por un decaimiento de la corriente.



UdeMM
Universidad de la
Marina Mercante

Ingeniería

**UNIVERSIDAD DE LA MARINA MERCANTE
FACULTAD DE INGENIERIA**

Práctica III : Cuantización de la energía – Experiencia Franck-Hertz para Hg

5- Desarrollo

Los grupos de alumnos/as buscarán concensuar estrategias para detectar corrientes y potenciales tales como fotografiar a intervalos de tiempo o filmar; registrando así, especialmente los potenciales críticos U_1, U_2, U_3, \dots .

Luego de tabularlos confeccionarán la gráfica $I = f(U)$ por medio de algún software ó planilla de calculo.

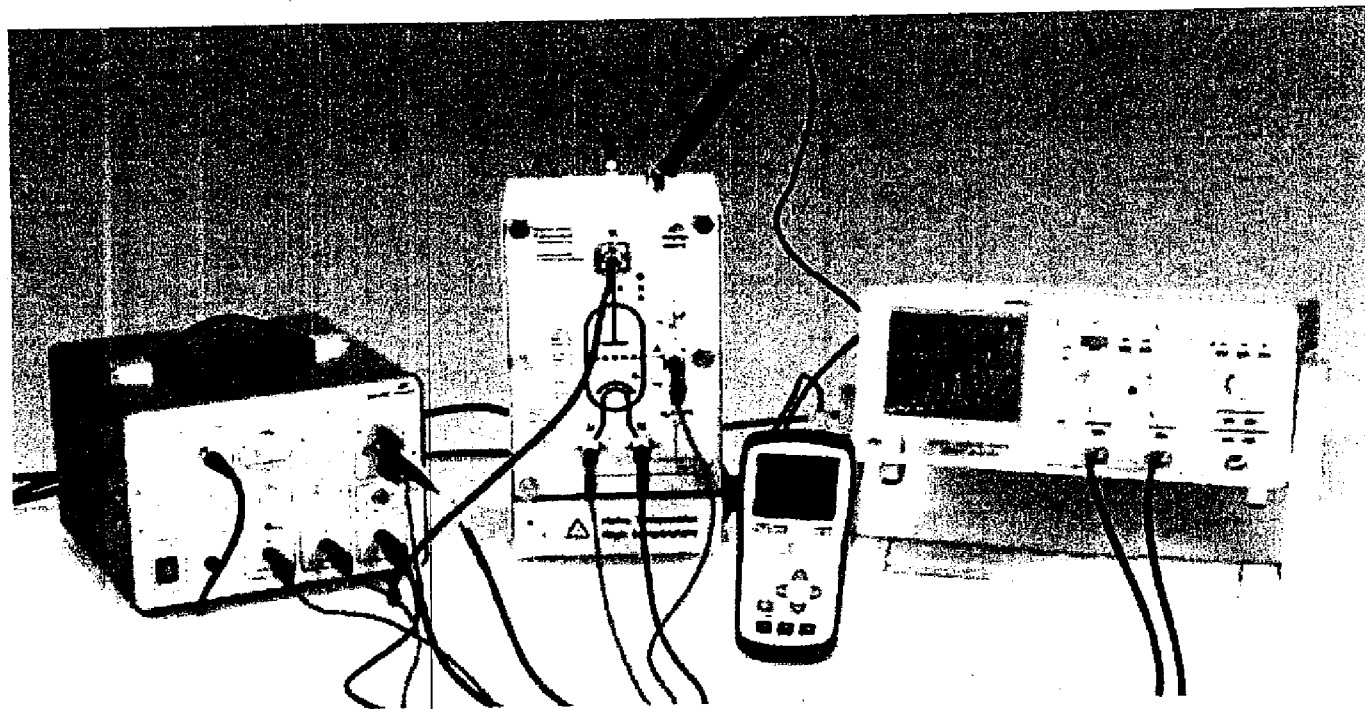
6- Conclusiones

- Comparar los gráficos obtenidos experimentalmente, con los de los simulados en prácticas virtuales.
- Señalar los intervalos ΔU para los cuales los valores de corriente decaen
- Sabiendo que la longitud de onda de la emisión ultravioleta observada es de $\lambda = 254\text{nm}$ ¿Cuál es la correlación existente entre este dato técnico extraído del manual, la energía del fotón emitido por la transición del electrón desde 1S_0 al estado 3P_1 y la ΔU registrada experimentalmente entre los potenciales críticos?
- ¿Qué método conocido emplearía para determinar si la longitud de onda publicada por el fabricante? Verifiquenla experimentalmente si es posible con su correspondiente error y en caso contrario aclaren el motivo por el cual surge la imposibilidad.
- Comentarios de elaboración grupal respecto a este fenómeno cuántico.

7- Precauciones a tener en cuenta

- a- Encender primero el horno.
- b- Cuando la temperatura supere los 100 °C y alcance un estado estacionario, recién encienda el filamento.
- c- Resguardar el delicado tubo de vidrio de acciones violentas.
- d- Para apagar el equipo se sugiere primero apagar el filamento y luego el horno.

Franck-Hertz Experiment for Mercury



EXPERIMENT PROCEDURE:

- Measure target current I as a function of the voltage U between cathode and grid.
- Determining the separation ΔU of current maxima or minima.
- Compare the voltage intervals with the excitation energies of mercury atoms.

OBJECTIVE

Record and evaluate the Franck-Hertz curve for mercury

SUMMARY

The Franck-Hertz experiment for mercury involves observing how energy is transferred from electrons as a result of inelastic collision while passing through mercury vapour. The transfer of energy occurs in discrete steps corresponding to the excitement by such collision of distinct energy level transitions in the mercury atoms. The experiment thus provides confirmation of the Bohr model of the atom and the discrete energy levels described by that model.

REQUIRED APPARATUS

Quantity	Description	Number
1	Franck-Hertz tube with Hg filling and heater, for 230 V AC	U8482150-230 or
1	Franck-Hertz tube with Hg filling and heater, for 115 V AC	U8482150-115
1	Power supply unit for Franck-Hertz experiment, for 230 V AC	U8482130-230 or
	Power supply unit for Franck-Hertz experiment, for 115 V AC	U8482130-115
1	Digital thermometer, 1 channel	U11817
1	K-type NiCr-Ni immersion sensor, - 65° C to 550° C	U11854
1	Analog oscilloscope, 2 x 35 MHz	U11175
1	Digital multimeter	U11809
1	High-frequency patch cord, 1 m	U11255
2	High-frequency patch cords, BNC / 4-mm-plug	U11257
1	Set of 15 safety patch cords, 75 cm	U13802



Glasapparatebau F.J.Schnötzing



Holzstraße 29/1
89558 Böhmenkirch
Tel. 07332 / 3655 + Fax

Privat: Sonnenstraße 5 • 89558 Schmittlingen
Tel. 07332 / 5150

Franck - Hertz - Röhre mit
Quecksilberfüllung

Artikelnummer: 8482170

Röhrennummer: 0516

Heizstrom: 128 mA

Steuerspannung: 9V

Gegenspannung: 1,3 V

Temperatur: 228 °C

Schreiberablenkung:

X-Ablenkung: 0,5V/cm

Y-Ablenkung: 2,0V/cm

geprüft am:

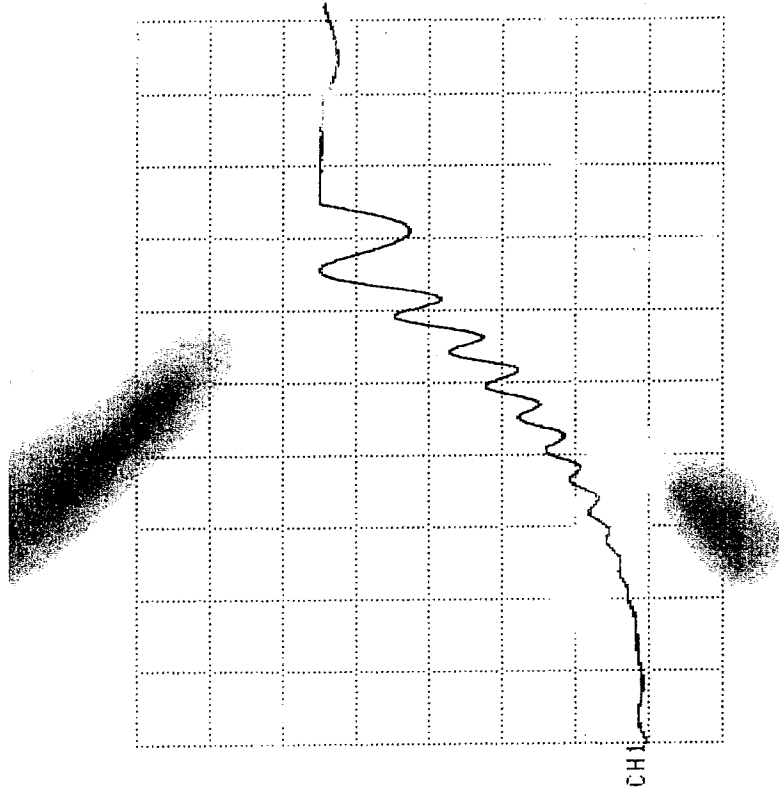
Prüfer:

F. Schnötzing

DATE: 04-02-2005
TIME: 18:27:43

SIGNALPARAMETER:
CHI - VOLTS/DIV:
TIMEBASE-SEC/DIV:

PRINTERPARAMETER:
ZOOMRANGE - CHI: 0-9
HARDCOPY SOURCE: HM 205-3
REMARKS:



Franck-Hertz Experiment for Mercury

EXPERIMENT PROCEDURE

James Franck and Gustav Hertz reported in 1914 that electrons passing through mercury vapour transferred energy in discrete steps and that this is associated with observing the emission of mercury's ultra-violet spectral line ($\lambda = 254 \text{ nm}$). Niels Bohr realised several months later that this was a confirmation of the atomic model he had developed. The Franck-Hertz experiment with mercury has thus become a classic experiment for the confirmation of quantum theory.

An evacuated glass tube contains a heated cathode C, a grid G and a target electrode A placed in that sequence (see Fig. 1). Electrons are emitted from the cathode and are accelerated by a voltage U towards the grid. Having passed through the grid they reach the target and thus contribute to a target current I if their kinetic energy is sufficient to overcome a decelerating voltage U_{ca} between the grid and the target. In addition a glass tube with a droplet of mercury is included and this is heated to generate a vapour pressure of approximately 15 hPa.

As the voltage U increases the target current I initially increases since more and more atoms are attracted out of the space charge field around the cathode by the electric field.

At a certain value $U = U_1$ some atoms attain sufficient kinetic energy just in front of the grid so that they are able to provide sufficient energy to excite the mercury atoms by inelastic collision. The target current then drops to near zero since after such a collision, the electrons no longer have the energy to overcome the decelerating voltage.

As the voltage increases more, the electrons acquire enough energy to excite the mercury atoms further away from the grid. After such collisions they are accelerated again and can once again acquire enough energy to reach the target so the target current rises again. At a still higher voltage $U = U_2$ the electrons can acquire so much energy after the first collision that they are able to excite another mercury atom. The target current once again drops drastically but rises once more as the voltage further increases. This continues for a third time at a still higher voltage and again the target current drops dramatically.

NOTE

The first minimum is not at 4.9 V itself but is shifted by an amount corresponding to the so-called contact voltage between the cathode and grid.

EVALUATION

The voltages U_1, U_2, U_3, \dots , at which the current dramatically drops in the recorded $I(U)$ -characteristics all appear at a constant interval $\Delta U = 4.9 \text{ V}$. This interval corresponds to the excitation energy $E_{\text{Hg}} = 4.9 \text{ eV}$ ($\lambda = 254 \text{ nm}$) at which mercury atoms are raised from the base state 1S_0 to the first 3P_1 -state. The following equation applies:

$$(1) \quad E_{\text{Hg}} = e \cdot \Delta U$$

The results can thus be traced to discrete energy absorption by mercury atoms due to inelastic collision and the associated transfer of a fixed amount of energy from the electrons.

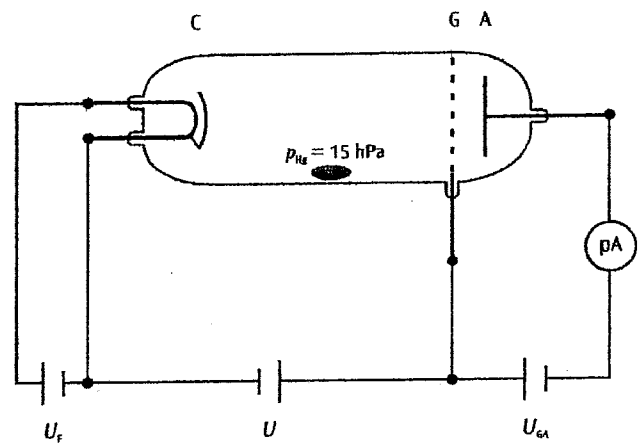


Fig. 1: Schematic of set up for measuring the Franck-Hertz curve for mercury

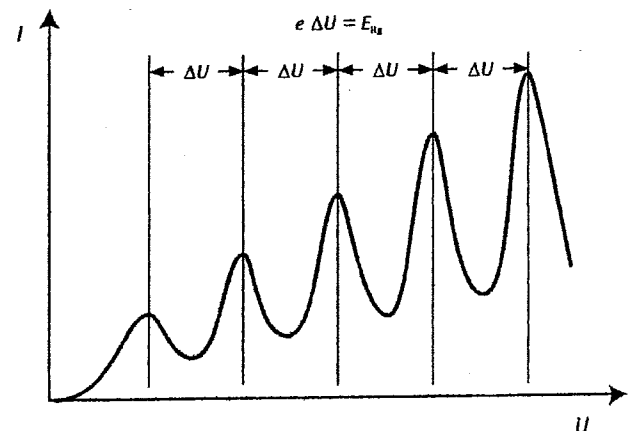


Fig. 2: Target current I as a function of the accelerating voltage U