



62.15 FÍSICA III D (CURSO 2)

---

## Trabajo Práctico Franck-Hertz

---

Padrón	Alumno	Dirección de correo
101148	Feijoo, Sofia	sfeijoo@fi.uba.ar
101456	Pérez Andrade, Violeta	viperez@fi.uba.ar

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Descripción del experimento</b>	<b>2</b>
2.1. Detalles experimentales . . . . .	3
<b>3. Resultados</b>	<b>4</b>
3.1. Mediciones . . . . .	4
3.2. Análisis de mediciones . . . . .	8
<b>4. Conclusiones</b>	<b>8</b>

## 1. Introducción

En 1914 James Franck y Gustav Hertz realizaron un famoso experimento que permitió explicar el modelo atómico de Bohr. Sus resultados permitieron demostrar la existencia de estados de energía cuantizados en los átomos de mercurio, lo cual confirmó la teoría cuántica que predecía que los electrones solamente ocupaban estados de energía discretos cuantificados.

El objetivo principal de este trabajo es analizar los resultados de una réplica del experimento de Franck-Hertz y compararlos con la teoría cuántica y el modelo atómico de Bohr.

## 2. Descripción del experimento

Si hacemos circular electrones a través de un gas, se producirán colisiones entre ellos y los átomos del gas. De acuerdo al modelo de Bohr, si la energía de los electrones que circulan no es suficiente para excitar a los electrones del gas y que estos suban de nivel, no existirá transferencia de energía alguna entre ambos electrones ya que no pueden ocuparse niveles de energía intermedios. Entonces en ese caso se producirá un choque elástico.

Si en cambio el choque es no elástico, los electrones circulantes cederán parte de su energía a los electrones del gas y estos pasaran de su estado fundamental a un estado excitado.

En el experimento, un cátodo es calentado provocando que sus electrones sean expulsados hacia una rejilla con un cierto potencial relativo al cátodo. Algunos electrones atraviesan la rejilla y llegan a la placa P, que tiene un potencial ligeramente menor. Todo esto ocurre dentro de un tubo de cristal que se llena con vapor de mercurio. A partir de esta configuración experimental se quiere medir la corriente de la placa como una función del voltaje.

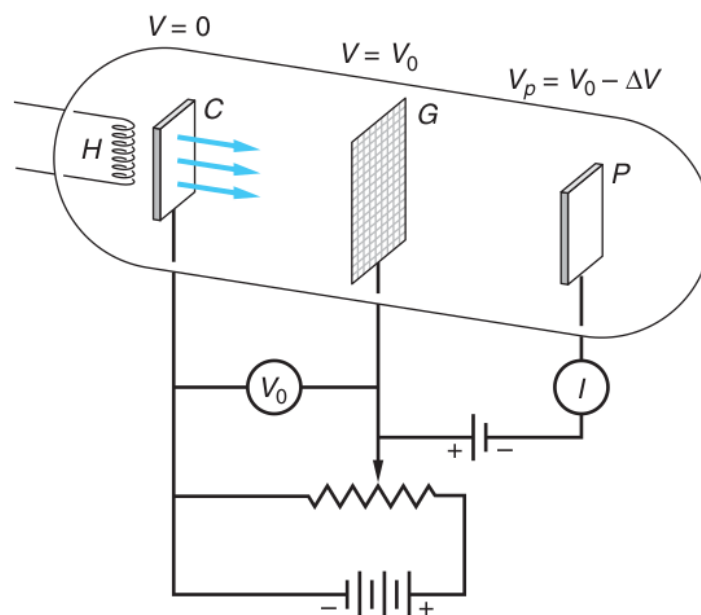


Figura 1: Diagrama experimental

El diagrama experimental de la figura anterior es equivalente al circuito que se muestra a continuación.

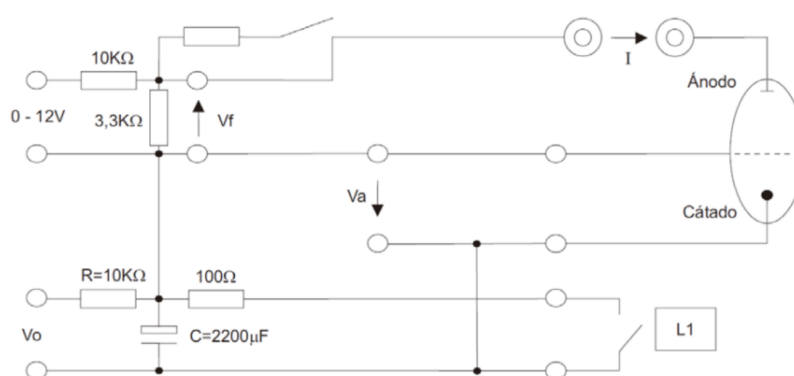


Figura 2: Circuito del experimento

## 2.1. Detalles experimentales

Como se puede observar en la Figura 2, los electrones son acelerados con el potencial  $V_a$  (potencial acelerador) hacia una rejilla dentro de un recipiente de cristal lleno de vapor de mercurio, cargada positivamente respecto del cátodo. Luego, mantenido a un pequeño voltaje negativo respecto de  $V_f$  (potencial de frenado), se encuentra el ánodo recolector. Este recipiente de cristal funciona como horno que nos permite llevar el mercurio a su

estado gaseoso ya que a temperatura ambiente el mismo se encuentra en estado líquido.

El potencial  $V_a$  está dado por la caída de potencial en el capacitor C, la cual depende del potencial de entrada  $V_0$  y del estado de la llave. En caso que la llave se encuentre cerrada, el valor de  $V_a$  coincidirá con la caída de potencial en la resistencia de  $100\Omega$ , que al tratarse de un divisor resistivo puede calcularse como:

$$V_a = \frac{100\Omega V_0}{100\Omega + 10K\Omega} = 0,01V_0 \quad (1)$$

En caso de estar abierta la llave, la caída de potencial en el capacitor tenderá a ser  $V_0$ , siendo su función de carga:

$$V_a(t) = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{22z}}\right) \quad (2)$$

y el potencial de frenado puede calcularse como:

$$V_f = \frac{3,3K\Omega V_1}{10K\Omega + 3,3K\Omega} = 0,25V_1 \quad (3)$$

con  $V_1$  el potencial de entrada marcado en la Figura 2 como  $0 - 12V$ .

### 3. Resultados

De la manera que se especificó en la sección anterior, con las mediciones brindadas se procedió a calcular los valores de  $V_a$

#### 3.1. Mediciones

Como fue indicado en la consigna, para las medidas brindadas, la temperatura medida en el tubo es de  $180^\circ\text{C}$ , el valor de  $V_0$  es de  $50V$  y el valor de  $V_f$  es de  $2V$ .

MEDICIÓN 1			MEDICIÓN 2		
Time	t	I(uA)	Time	t	I(uA)
18:17:52	0	0,2	18:23:18	0,00	0,1
18:17:52	0	0,2	18:23:18	0,00	0,2
18:17:54	2	0,1	18:23:21	2,50	0,3
18:17:55	3	0,2	18:23:21	3,00	0,4
18:17:56	4	0,2	18:23:22	3,50	0,5
18:17:57	5	0,3	18:23:22	4,00	0,4
18:17:58	6	0,5	18:23:23	4,50	0,2
18:17:59	7	0,3	18:23:23	5,00	0,4
18:18:00	8	0,4	18:23:24	6,00	0,7
18:18:01	9	1,2	18:23:24	6,50	1,1
18:18:02	10	0,4	18:23:25	7,00	0,8
18:18:03	11	0,8	18:23:25	7,50	0,4
18:18:04	12	2,5	18:23:26	8,00	0,3
18:18:05	13	0,8	18:23:27	9,00	0,7
18:18:06	14	0,4	18:23:27	9,50	1,3
18:18:07	15	1,2	18:23:28	10,00	2,2
18:18:08	16	3,7	18:23:28	10,50	1,8
18:18:09	17	2,7	18:23:29	11,00	0,9
18:18:10	18	0,6	18:23:29	11,50	0,5
18:18:11	19	1,1	18:23:30	12,00	1
18:18:12	20	3,5	18:23:31	13,00	1,8
18:18:13	21	5,3	18:23:32	13,50	3,1
18:18:14	22	6,3	18:23:32	14,00	3,8
18:18:15	23	2,5	18:23:33	15,00	2,7
18:18:16	24	0,9	18:23:33	15,50	1,4
18:18:17	25	1,5	18:23:34	16,00	0,7
18:18:18	26	4	18:23:34	16,50	0,5
18:18:19	27	5,8	18:23:35	17,00	0,8
			18:23:35	17,50	1,6
			18:23:36	18,00	2,8
			18:23:37	19,00	4,3
			18:23:37	19,50	5,7
			18:23:38	20,00	4,2
			18:23:39	21,00	2,5
			18:23:39	21,50	1,4
			18:23:40	22,00	0,8

Figura 3: Tabla de mediciones

A partir de estas mediciones, se calculó lo siguiente:

MEDICIÓN 1			
Time	t	I(uA)	Va(t)
18:17:52	0	0,2	0
18:17:52	0	0,2	0
18:17:54	2	0,1	4,345
18:17:55	3	0,2	6,374
18:17:56	4	0,2	8,312
18:17:57	5	0,3	10,16
18:17:58	6	0,5	11,93
18:17:59	7	0,3	13,63
18:18:00	8	0,4	15,24
18:18:01	9	1,2	16,79
18:18:02	10	0,4	18,26
18:18:03	11	0,8	19,67
18:18:04	12	2,5	21,02
18:18:05	13	0,8	22,31
18:18:06	14	0,4	23,54
18:18:07	15	1,2	24,72
18:18:08	16	3,7	25,84
18:18:09	17	2,7	26,91
18:18:10	18	0,6	27,94
18:18:11	19	1,1	28,92
18:18:12	20	3,5	29,86
18:18:13	21	5,3	30,75
18:18:14	22	6,3	31,61
18:18:15	23	2,5	32,42
18:18:16	24	0,9	33,2
18:18:17	25	1,5	33,95
18:18:18	26	4	34,66
18:18:19	27	5,8	35,35

Figura 4: Valores calculados de  $V_a$  para la medición 1

MEDICIÓN 2			
Time	t	I(uA)	Va(t)
18:23:18	0,00	0,1	0
18:23:18	0,00	0,2	0
18:23:21	2,50	0,3	5,371
18:23:21	3,00	0,4	6,374
18:23:22	3,50	0,5	7,354
18:23:22	4,00	0,4	8,312
18:23:23	4,50	0,2	9,249
18:23:23	5,00	0,4	10,16
18:23:24	6,00	0,7	11,93
18:23:24	6,50	1,1	12,79
18:23:25	7,00	0,8	13,63
18:23:25	7,50	0,4	14,44
18:23:26	8,00	0,3	15,24
18:23:27	9,00	0,7	16,79
18:23:27	9,50	1,3	17,53
18:23:28	10,00	2,2	18,26
18:23:28	10,50	1,8	18,98
18:23:29	11,00	0,9	19,67
18:23:29	11,50	0,5	20,35
18:23:30	12,00	1	21,02
18:23:31	13,00	1,8	22,31
18:23:32	13,50	3,1	22,93
18:23:32	14,00	3,8	23,54
18:23:33	15,00	2,7	24,72
18:23:33	15,50	1,4	25,28
18:23:34	16,00	0,7	25,84
18:23:34	16,50	0,5	26,38
18:23:35	17,00	0,8	26,91
18:23:35	17,50	1,6	27,43
18:23:36	18,00	2,8	27,94
18:23:37	19,00	4,3	28,92
18:23:37	19,50	5,7	29,39
18:23:38	20,00	4,2	29,86
18:23:39	21,00	2,5	30,75
18:23:39	21,50	1,4	31,18
18:23:40	22,00	0,8	31,61

Figura 5: Valores calculados de  $V_a$  para la medición 2



### 3.2. Análisis de mediciones

A partir de las tablas de la sección anterior se procedió a realizar gráficos de corriente en función del potencial acelerador uniando las mediciones tomadas.

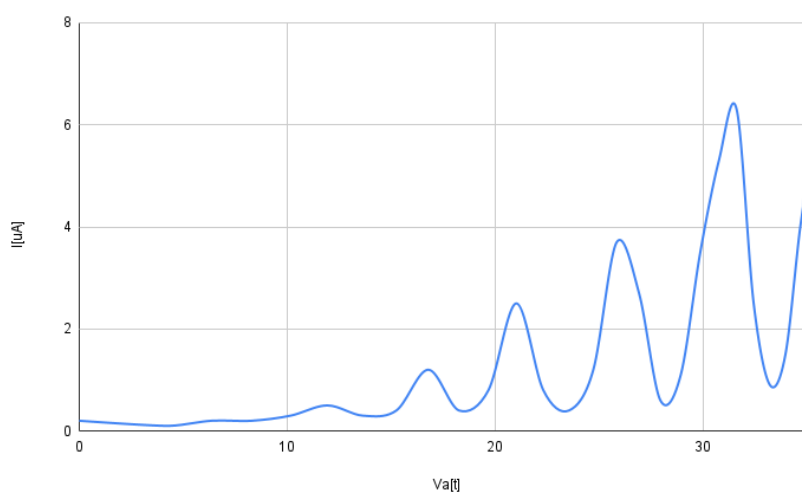


Figura 6:  $I(V_a)$  para la medición 1

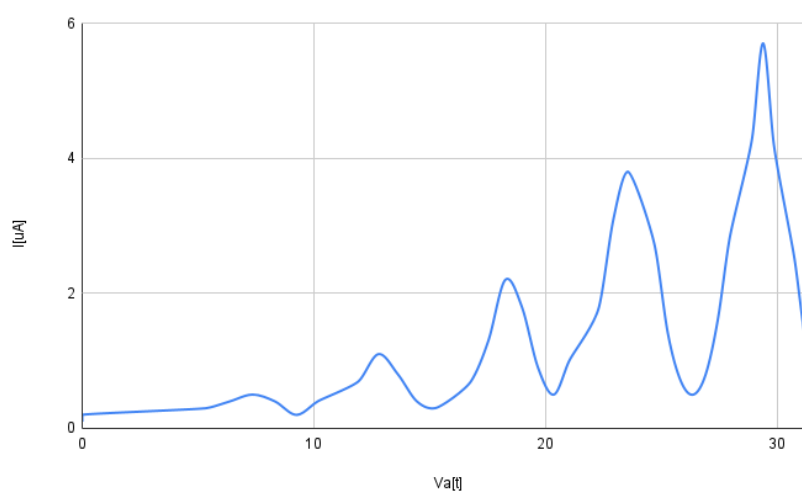


Figura 7:  $I(V_a)$  para la medición 2

## 4. Conclusiones

Los electrones que circulan de cátodo hacia el ánodo solo perderán energía en caso de que se genere un choque no elástico con los átomos del gas. En este caso, los electrones se

desacelerarán y no todos llegarán al ánodo, generando una caída en la corriente I.

En los gráficos del potencial respecto de la corriente obtenidos se evidencia esta situación. Si los electrones se involucraran solo en colisiones elásticas con los átomos del vapor de mercurio en el tubo, de forma que sólo experimentasen desviaciones de su trayectoria sin intercambiar energía, obtendríamos una recta creciente como el potencial en función de la corriente. Sin embargo se observan crecimientos de la corriente hasta determinado punto y luego abruptas caídas.

La corriente aumenta hasta ciertos puntos máximos, donde los electrones consiguen la energía suficiente para excitar al átomo. Al hacerlo se desaceleran y producen una caída de la misma.

Luego, la corriente sigue cayendo hasta cierto punto mínimo, el cual depende del potencial de frenado. Cuanto mayor sea este, mayor será la diferencia entre el máximo y el mínimo del corriente, y mayor será el potencial acelerador necesario para que la corriente vuelva a crecer.

Además, cuando el átomo se estabiliza y los electrones vuelven a sus niveles de energía originales, se libera energía. Esta energía es liberada en forma de fotón, con una cierta longitud de onda  $\lambda$  que se corresponde al espectro de emisión del mercurio.

En conclusión, el experimento de Franck-Hertz brinda una manera directa de medir efectos que son producto de la discretización de los niveles de energía de los electrones en un átomo. La disminución de la corriente de electrones medida en el ánodo pone de evidencia la existencia de una determinada separación energética entre el nivel fundamental y el primer nivel excitado del átomo.

## Referencias

- [1] Modern Physics 5th Edition | Paul A Tipler