

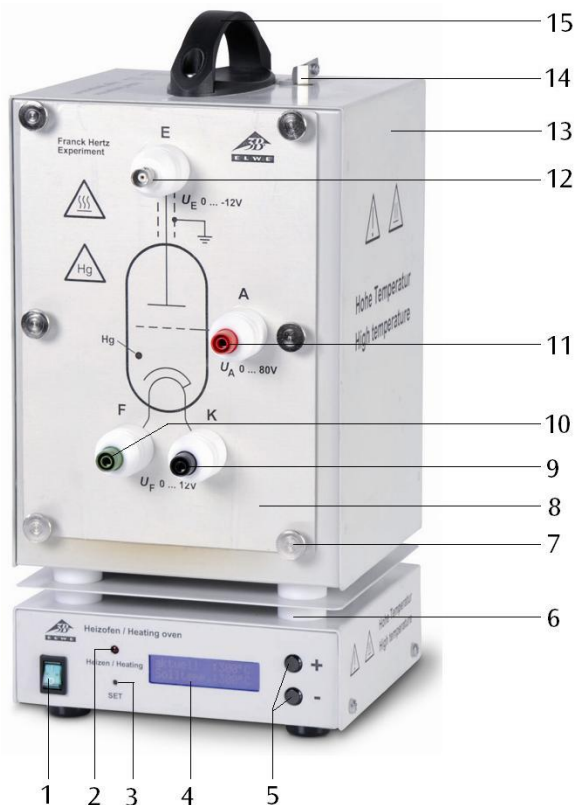
Tubo de Franck-Hertz lleno de Hg y estufa de calefacción

1023095 (230 V, 50/60 Hz)

1023094 (115 V, 50/60 Hz)

Instrucciones de uso

10/21 ALF/ SD/ G



- 1) Interruptor de red
- 2) Indicación de funcionamiento
- 3) Tecla de ajuste "SET"
- 4) Display
- 5) Teclas de ajuste "+/-"
- 6) Aislamiento térmico
- 7) Tornillo moleteado
- 8) Placa frontal con tubo de F/H (al dorso, no visible)
- 9) Casquillo de conexión: Cátodo
- 10) Casquillo de conexión: calefacción del tubo
- 11) Casquillo de conexión: Ánodo
- 12) Salida de señal, casquillo BNC
- 13) Estufa de calefacción
- 14) Soporte de abrazadera con muelle para el termómetro
- 15) Asa portadora

1. Advertencias de seguridad

El aparato cumple las prescripciones de seguridad para aparatos eléctricos de medida, de control y regulación y de laboratorios según la normativa DIN EN 61010 Parte 1 y ha sido diseñado según la clase de protección I. Está previsto para su uso en recintos secos adecuados para componentes o instalaciones eléctricas.

Se garantiza el funcionamiento seguro del aparato mientras se use según su objetivo específico. Además por otro lado la seguridad no se garantiza cuando el manejo no sea el adecuado o se manipule sin el correspondiente cuidado. Si es de considerar que no es posible un trabajo seguro con el aparato, se debe poner inmediatamente fuera de

servicio (p. ej, en caso de daños visibles) y asegurarlo contra una puesta en servicio involuntaria. En colegios y centros educativos, el funcionamiento del aparato debe estar siempre supervisado por personal calificado y responsable.

- Antes de la primera puesta en funcionamiento se debe comprobar si el aparato está adaptado a la tensión de red correspondiente al lugar de trabajo.
- Antes poner el aparato en funcionamiento se examina si éste tiene algún daño visible.
- En caso de un daños visibles o de fallos funcionales se debe poner inmediatamente fuera de servicio.

- El aparato se conecta sólo en enchufes con un conductor de protección conectado a la tierra.
- El aparato se debe dejar abrir sólo por un especialista en electricidad.

¡Cuidado: peligro de quemaduras! Las paredes de la estufa y la ventana de vidrio pueden alcanzar temperaturas de hasta 300° C durante el funcionamiento.

- La estufa de calentamiento se coloca sobre una base resistente al calor.
- Durante el funcionamiento la estufa se transporta agarrándola sólo por el asa de portar.

- Antes de desmontar el experimento se deja enfriar el aparato.

¡Cuidado: Existe peligro de fractura del vidrio y peligro de lesiones!

- La placa frontal se fija en la estufa utilizando todos los seis tornillos moleteados.
- El tubo no se debe someter nunca esfuerzos mecánicos. Los alambres de conexión no se deben doblar.

El tubo de Franck-Hertz contiene mercurio.

- En caso de fractura del vidrio y tener emanaciones o derrame de mercurio, tenga en cuenta las advertencias de seguridad concernientes a la manipulación de mercurio.

2. Descripción

El tubo de Franck-Hertz con lleno de Hg sirve para la comprobación de la entrega cuantificada de energía por electrones libres al chocar contra átomos de mercurio y además para la determinación de la energía de excitación de la línea de resonancia del mercurio ($6^1S_0 - 6^3P_1$) de 4,9 eV.

Tubo de Franck-Hertz sobre placa frontal

El tubo de Franck-Hertz-Röhre es un tubo primeramente evacuado a alto vacío y luego llenado de un vapor residual de mercurio, el cual lleva además un sistema de electrodos paralelos planos; compuesto de cátodo de óxido de caldeo indirecto con diafragma de perforación circular central, además de un ánodo en forma de rejilla y al final un electrodo colector. Para aumentar la probabilidad de los choques entre los electrones y átomos de mercurio, se ha hecho grande la distancia entre el cátodo y el ánodo (8 mm), comparada con el camino libre medio en el vapor de Hg (para una temperatura de aprox. 180°C). Por el contrario, la distancia entre el ánodo y el electrodo colector se ha hecho lo más pequeña posible. A la altura de ánodo de rejilla se tiene un collar puesto a tierra para evitar entradas de perturbaciones. El tubo está montado al dorso de la placa frontal de la estufa de tal forma que se puede intercambiar. En la placa frontal se encuentran casquillos de conexión de cerámica aislante y además el símbolo del tubo. El tubo de Franck-Hertz está montado de tal forma que se puede calentar totalmente a una temperatura constante, incluyendo los alambres de conexión. Esto es necesario, porque la densidad del vapor de mercurio se ajusta correspondiendo al punto más frío del tubo. Corrientes de fugas a través de la pared de vidrio caliente conductora de iones se evitan por medio de un anillo de protección de corindón sinterizado. Entre el casquillo de conexión para la tensión de aceleración y el ánodo del tubo se encuentra conectada una resistencia de limitación de corriente

(10 kOhm). Por medio de ésta se protege el tubo en caso de una tensión muy alta que conduzca a un encendido incontrolado del mismo. La caída de tensión sobre esta resistencia se puede despreciar durante la medición.

Estufa de calentamiento

La estufa de calentamiento sirve para ajustar la presión de vapor en el tubo de Franck-Hertz con vapor residual de Hg y para la realización del experimento con el tubo de resonancia de fluorescencia de Na (1000913).

Ésta se compone de una carcasa de chapa de acero pintada de polvo de resina anodizada y con dos ventanas de observación. La placa frontal se fija en la carcasa por medio de seis tornillos moleteados. El calentamiento de la estufa se realiza por medio de un radiador tubular en el piso de la estufa. La medición y el control de la temperatura se realizan por medio de un microcontrolador integrado y de una sonda de temperatura PT100. La indicación digital de la temperatura hace posible la lectura de la temperatura nominal y de la actual. Por medio de la tecla "SET" se puede seleccionar la indicación de la temperatura en °Celsius o en °Fahrenheit. Las teclas de ajuste "+/-" sirven para el ajuste de la temperatura en pasos de 1 K. En la parte superior se encuentra un orificio con soporte de abrazadera para introducir un termómetro y un asa aislada térmicamente.

El aparato 1023094 está dimensionada para una tensión de red de 115 V ($\pm 10\%$) resp. 1023095 para 230 V ($\pm 10\%$).

2.1 Volumen de entrega

- 1 Tubo de Franck-Hertz con llenado de vapor de mercurio en placa frontal
- 1 Estufa calefactora sin placa frontal
- 1 Instrucciones de uso

3. Datos técnicos

Tubo de Franck-Hertz

Tensión de caldeo:	4 - 9 V CA/CC
Tensión de rejilla:	0 - 80 V
Tensión inversa:	aprox. 1,5 V
Temperatura de trabajo:	aprox.. 160°C - 200° C
Dimensiones:	aprox. 160 x 30 mm Ø
Masa:	aprox. 380 g

Estufa

Tensión de conexión a la red:	ver al dorso de la carcasa
Apertura de la cara frontal:	aprox. 230 x 160 mm ²
Potencia calorífica:	800 W @230 V 400 W @115 V
Temperatura máxima:	300°C @230 V 250°C @115 V
Constancia de la temperature:	aprox. ±1°C
Dimensiones:	aprox. 335x180x165 mm ³
Masa:	aprox. 5,6 kg

4. Manejo

Para la realización del experimento se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Aparato de servicio para F/H (230 V, 50/60 Hz)	1012819
ó (115 V, 50/60 Hz)	1012818
1 Osciloscopio digital de 2x30 MHz	1020910
1 Multímetro digital P3340	1002785
1 Cable HF, 1 m	1002746
2 Cables HF, conector macho BNC / 4 mm	1002748
Cables de experimentación de seguridad	1002843

- **Nota: Antes de encenderlo, retire la pieza de embalaje de PE, que se encuentra detrás del tubo, del interior del calentador.**
- Se coloca la placa frontal en el lado abierto de la estufa de calentamiento y se fija con los 6 tornillos moleteados.
- La estufa y el aparato de servicio se dejan desconectados al principio y el botón de ajuste el aparato de servicio se gira hacia el extremo izquierdo.
- **No conecte nunca una tensión de rejilla con el tubo en frío (existe el peligro de cortocircuito debido al mercurio contenido en el tubo).**

- Se conectan entre sí las salidas resp. las entradas "A", "F", "K" (ver fig. 2).
- Se conecta la salida "E" del tubo de Franck-Hertz con la correspondiente entrada del aparato de servicio, por medio de un cable de BNC.
- La salida FH Signal "U_y" en el aparato de servicio se conecta con la entrada Y y la salida "U_x" en la entrada X del osciloscopio.
- Se conecta el aparato de control, el aparato se encuentra en modo de rampa.
- Ajuste lentamente la tensión de caldeo en 6 V. El cátodo de caldeo indirecto necesita un tiempo de aprox. 1:30 min. para lograr su temperatura de trabajo.
- Se conecta la estufa y se ajusta una temperatura de aprox. 180° C y se espera hasta que el tubo se caliente a esta temperatura (aprox. 5 a 10 min).
- Se ajusta en 0 la mínima tensión de aceleración, se aumenta lentamente la máxima tensión de aceleración hasta 80 V.
- Sin embargo, la tensión de aceleración se puede seguir aumentando sólo siempre y cuando no se produzca una autodescarga independiente en el tubo, pues la ionización por choques atómicos destruye la curva.
- Primero se deja funcionar el osciloscopio en los ajustes $x = 1 \text{ V/Div}$ resp. $y = 1 \text{ V/Div}$.
- Se observa en la pantalla del osciloscopio la aparición de los máximos de la curva de Franck-Hertz.
- Los parámetros: Tensión de aceleración, calefacción del cátodo, tensión inversa y amplitud se ajustan de tal forma que se pueda observar en la pantalla del osciloscopio una curva con máximos y mínimos bien definidos.

El procedimiento descrito es un proceso de ajuste general. Dispersiones inevitables de ejemplar a ejemplar durante la producción de los tubos de Franck-Hertz se manifiestan en las diferencias de los parámetros óptimos de trabajo. Una referencia de medida para unos valores óptimos se indica en el protocolo de medición que acompaña el tubo entregado.

La corriente del electrodo colector muestra máximos y mínimos equidistantes y repetitivos en dependencia con la tensión de aceleración. La distancia entre los máximos es de 4,9 V. Entre el cátodo y el ánodo en el tubo se experimenta un potencial de contacto de aprox. 2 V, por esta razón el primer máximo se observa con aprox. 7 V. Los primeros máximos se resaltan mejor cuando la temperatura de la estufa es baja.

Evaluación de la curva de Franck-Hertz:

Para una evaluación exacta de la curva de Franck-Hertz se requieren además un voltímetro digital. Para la evaluación no es necesario determinar el valor absoluto de la corriente de electrones. Se debe haber ajustado en la pantalla del osciloscopio una curva de Franck-Hertz con máximos muy bien definidos.

- Se conecta el voltímetro digital entre la salida de señal (U_x) el casquillo de masa (ver fig. 3).
- Se pulsa la tecla "Man/Ramp" en el display aparece el modo "Man".
- La tensión de aceleración se ajusta en el extremo izquierdo ($U_A = 0$ V).

En el display se observa entonces la indicación de la tensión de aceleración en pasos de 0,5 V; para lograr un resultado de medida más exacto se conecta adicionalmente un voltímetro digital entre los casquillos, "A" y "K" para medir con más exactitud la tensión de aceleración.

Observación: La tensión de aceleración en la salida de señal (U_x) está atenuada en un factor 10. Sin embargo, en el voltímetro digital se mide la tensión de aceleración completa entre los contactos "A" y "K". Aumentando lenta y constantemente la tensión de aceleración las posiciones de los máximos y los mínimos se pueden ahora determinar en el voltímetro digital.

Optimización de la curva

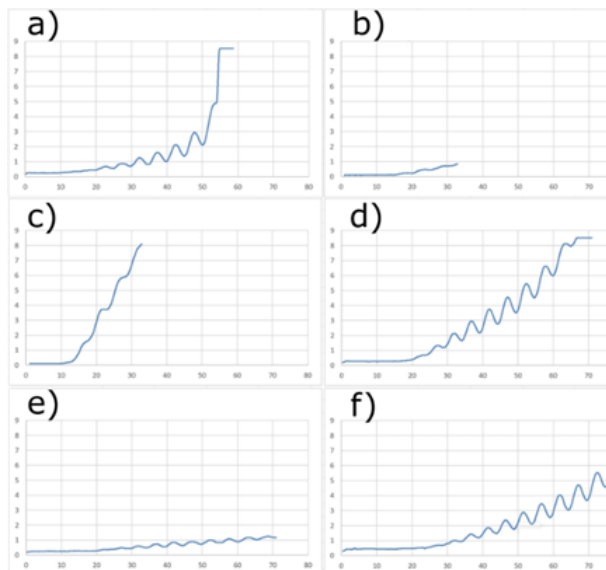


Fig. 5: Representación de diferentes señales del tubo de Franck-Hertz.

Los parámetros del tubo pueden cambiar durante su uso. Esto suele ocurrir por el envejecimiento del tubo o por la especificación experimental. La figura 5.f) representa el caso ideal de la curva. Sin embargo, también pueden darse otros casos.

Chisporroteo del tubo

La figura 5.a) muestra el caso de la incineración de tubos. La corriente anódica aumenta rápidamente hasta un valor máximo. En este caso, la tensión de aceleración debe reducirse inmediatamente. Si fuera necesario trazar más máximos, la temperatura del horno debe aumentarse previamente.

Optimización de la tensión inversa:

Las figuras 5.b) y 5.c) muestran una curva demasiado pronunciada o demasiado plana con pocos máximos. La tensión inversa determina la pendiente de la curva. Cuanto mayor sea la tensión inversa, más plana será la subida. En combinación con la tensión de aceleración, también se puede mejorar algo la calidad de los máximos.

Optimización de la tensión de caldeo :

La tensión de caldeo determina el número de electrones emitidos y, por tanto, la corriente anódica. Cuanto mayor sea la tensión de calentamiento, más electrones se emitirán. La figura 5.d) muestra el caso en que la corriente anódica es demasiado alta. La señal se aplanará en una línea horizontal por encima de un valor umbral. Se alcanza el número máximo de electrones disponibles (bajo la tensión de caldeo dada) y la corriente del ánodo permanece constante, a pesar de aumentar la tensión de aceleración. La figura 5.e) muestra el caso de una tensión de caldeo demasiado baja. La señal tiene un pequeño incremento y los máximos son débiles, aunque hay un número suficientemente alto de máximos. En estos casos, la disminución o el aumento de la tensión de caldeo suele ser suficiente para obtener una curva evaluable. Nota: Una tensión de caldeo excesivamente alta tiene un efecto negativo en la vida del tubo. No se recomienda hacer funcionar el tubo con tensiones de calentamiento demasiado altas.

5. Cuidado y mantenimiento

- Antes de la limpieza el aparato se separa del suministro de corriente.
- Para limpiarlo se utiliza un trapo suave húmedo.

6. Desecho

- El embalaje se desecha en los lugares locales para reciclaje.
- En caso de que el propio aparato se deba desechar como chatarra, no se debe deponer entre los desechos domésticos normales. Se deben cumplir las prescripciones locales para el desecho de chatarra eléctrica.
- Al desechar los tubos de Franck-Hertz es necesario seguir las prescripciones locales para el desecho de mercurio.

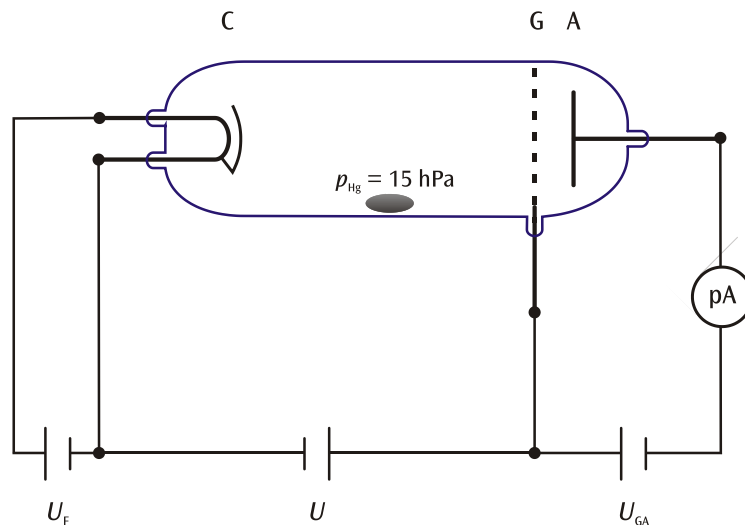
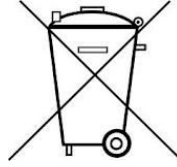


Fig. 1 Montaje esquemático para el registro de la curva de Franck y Hertz en el mercurio (C cátodo, G rejilla, A electrodo colector)

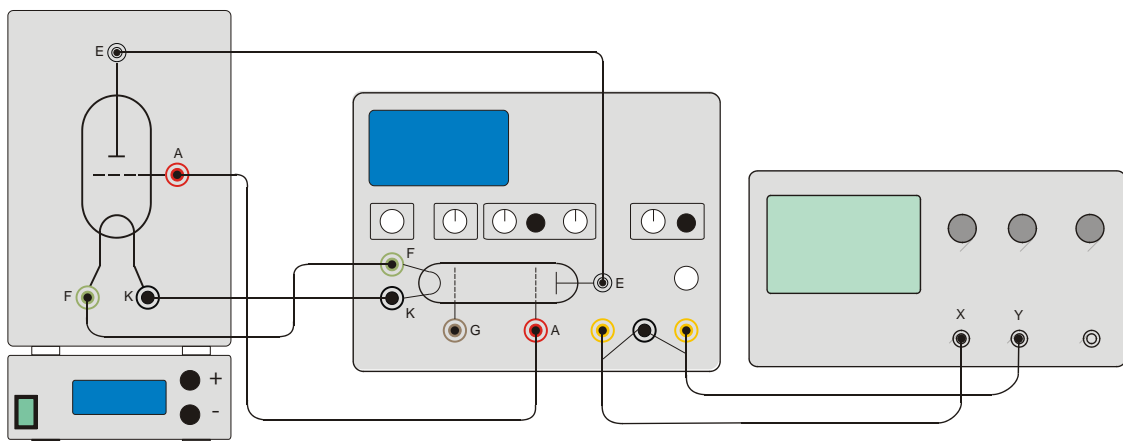


Fig. 2 Montaje experimental con el tubo de Franck-Hertz con llenado de vapor de Hg

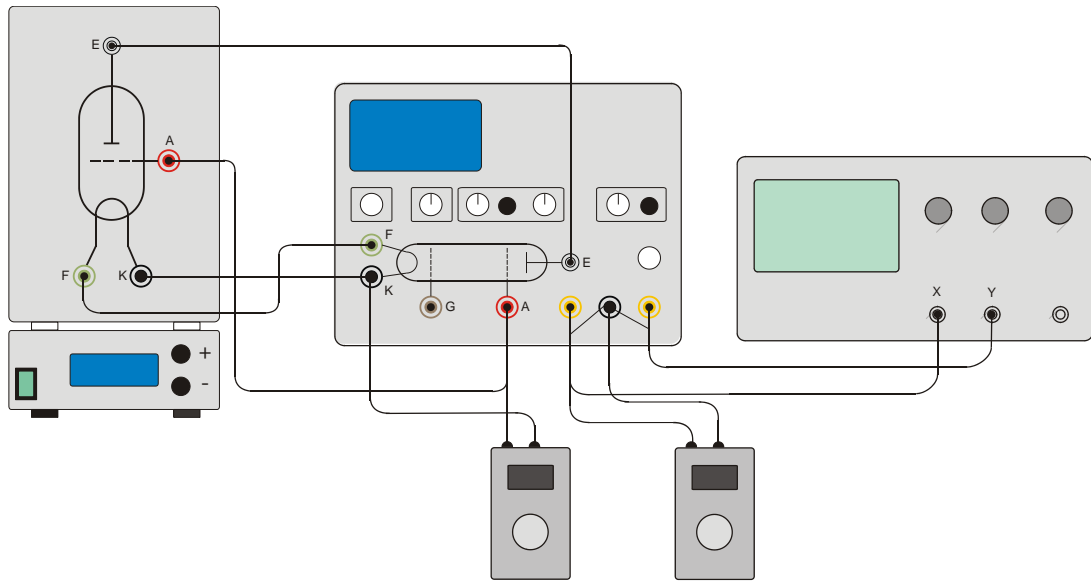


Fig. 3 Montaje experimental con el tubo de Franck-Hertz con 2 voltímetros digital

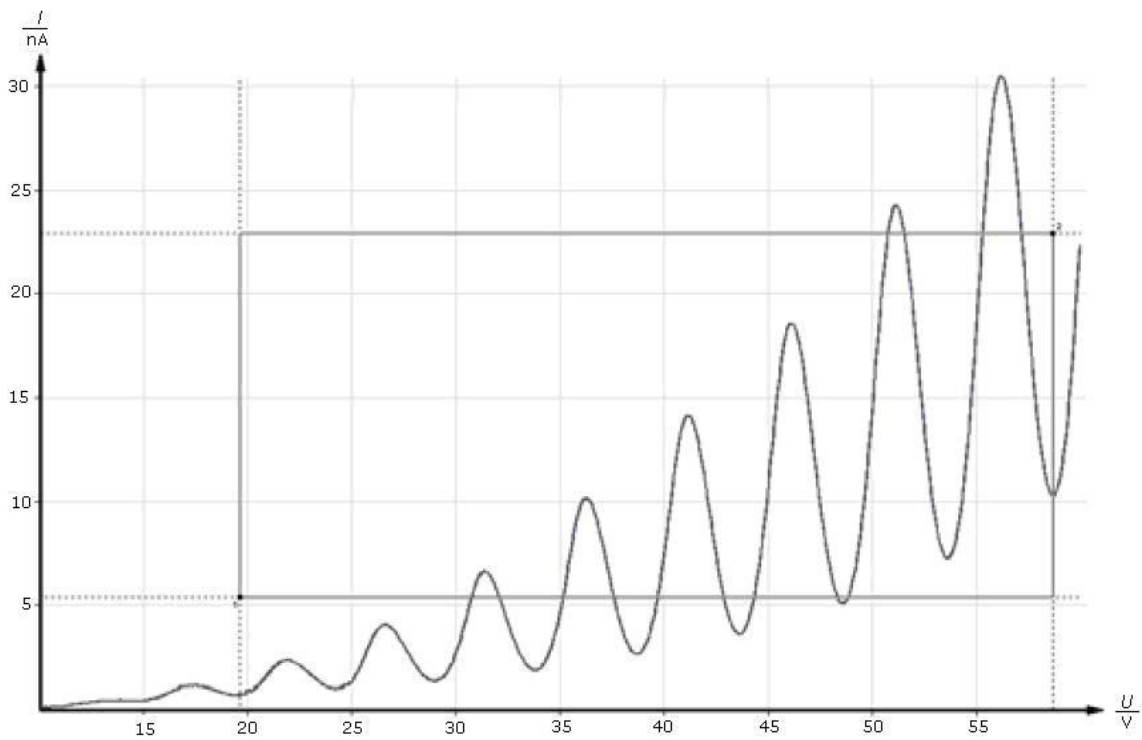


Fig. 4 Curva de Franck-Hertz