



Equipo Franck-Hertz

09105.99

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Phone +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107

 El aparato satisface a las normas generales correspondientes de la CE.

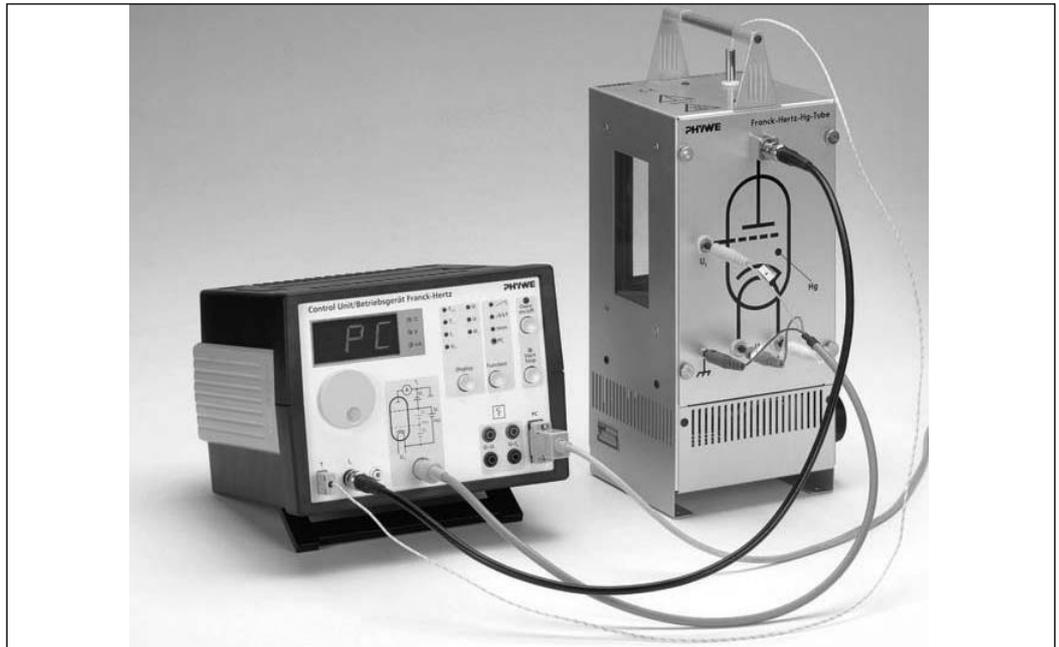


Fig. 1: Estructura del experimento Franck-Hertz con tubo de mercurio y horno.

Modo de empleo

1 INDICACIONES DE SEGURIDAD



- Antes de la puesta en servicio del equipo leer detenidamente las instrucciones de servicio. Así se protegerá y evitará daños en el equipo.
- Comprobar que la tensión de alimentación indicada en la placa de identificación del equipo coincida con la de su red eléctrica.
- Instalar el equipo de manera que el enchufe de alimentación o el del equipo queden accesibles. No se deben cubrir las ranuras de ventilación del equipo.
- El equipo solamente está previsto para su funcionamiento en recintos secos que no presenten riesgos de explosión.
- Utilizar el equipo únicamente para su finalidad prevista.

2 FINALIDAD Y DESCRIPCIÓN

El equipo Franck-Hertz es un equipo con fines de demostración y prácticas, especialmente desarrollado para las necesidades de la formación en Física de los institutos y universidades. Sirve para suministrar tensión y accionar el tubo de mercurio o de neón conectado, así como para medir la temperatura y la corriente anódica. El desarrollo de la dependencia de la corriente anódica de la tensión de aceleración conectada, demuestra la emisión discreta de energía de los electrones libres al chocar con los átomos de mercurio o de neón. La energía estimulante de estos átomos puede determinarse a partir de los espectros registrados. Con la ayuda del ensayo de Franck-Hertz (conforme a James Franck y Gustav Hertz) de 1913/14, se confirmó experimentalmente el modelo de partículas independientes del átomo postulado por Bohr.

El equipo Franck-Hertz debe alimentarse con una tensión de servicio fija de 115 V ó 230 V (tolerancia \pm). No se permite la conexión a través de un transformador regulable.

El equipo genera a partir de esta tensión de suministro la tensión de aceleración U_1 , la contratensión U_2 , la tensión de control U_3 (sólo para el tubo de neón) y la tensión de calentamiento U_H . Ninguna de estas tensiones tiene peligro por contacto y se conectan a los tubos a través de un cable de 5 polos. Los cables están codificados, por lo que el equipo detecta el tipo de tubo conectado y efectúa las configuraciones básicas.

Todas las magnitudes observables que se pueden ajustar o medir pueden visualizarse con ayuda de un display LED de tres dígitos. La presentación y evaluación de los valores medidos pueden efectuarse manualmente con la ayuda de un osciloscopio, un registrador xyt, o a través de la interfaz RS 232 con la ayuda del software de medición Franck-Hertz.

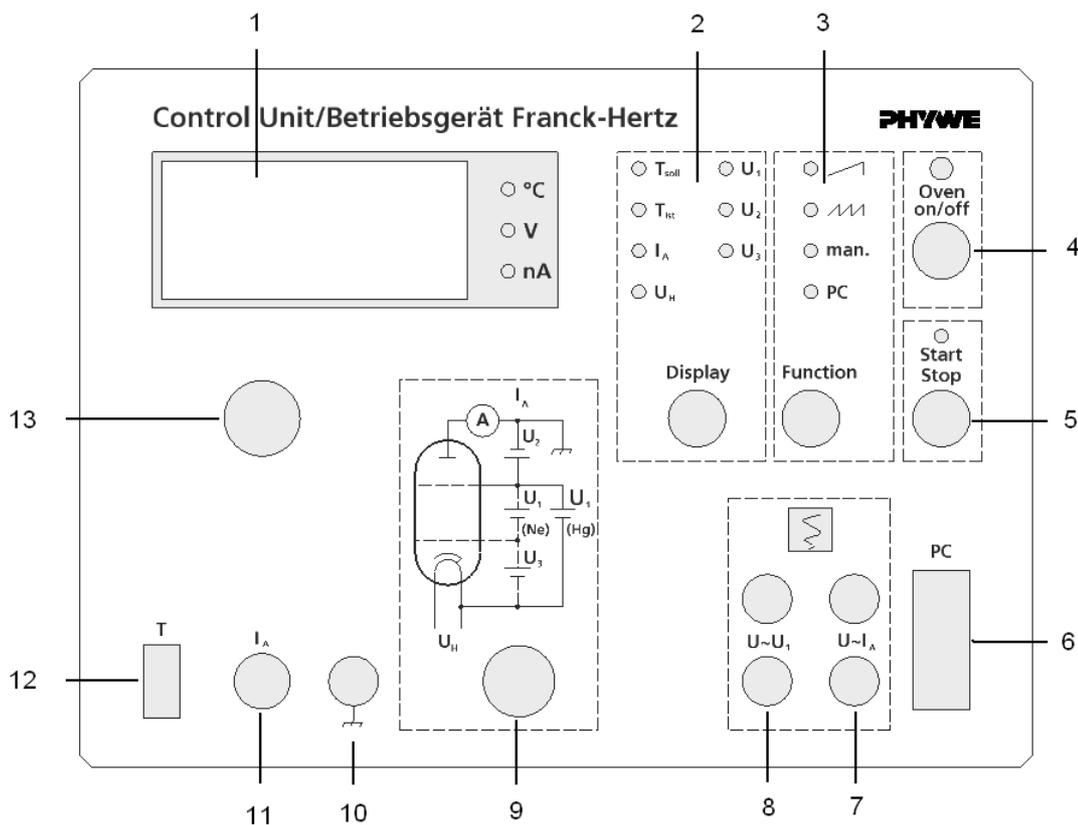


Fig. 2: Elementos funcionales y de manejo del equipo Franck-Hertz.

3 MANEJO

3.1 Elementos funcionales y de manejo (ver fig. 2)

- 1 *Indicador digital de tres dígitos*
para la visualización opcional de la temperatura T , la corriente anódica I_A , las tensiones U_H , U_1 , U_2 y U_3 .
- 2 *Pulsador "Display"*
para seleccionar la magnitud presentada en el indicador.
- 3 *Pulsador "Function"*
para seleccionar las funciones: "rampa", "diente de sierra", "accionamiento manual" o "accionamiento PC".
- 4 *Pulsador "Oven on/off"*
para activar el calentamiento del horno de mercurio.
- 5 *Pulsador "Start/Stop"*
para activar o finalizar la medición.
- 6 *Hembra D-SUB de 9 polos RS 232*
para conectar el equipo a una interfaz de serie de un ordenador.
- 7 *Par de hembrillas de 4 mm "U- I_A "*
salida analógica (Y): tensión proporcional a la corriente anódica.
- 8 *Par de hembrillas de 4 mm "U- U_1 "*
salida analógica (X): tensión proporcional a la tensión de aceleración U_1 .
- 9 *Hembra DIN*
para el suministro de tensión (U_H , U_1 , U_2 y U_3) del tubo conectado.
- 10 *Conexión a tierra (GND)*
- 11 *Hembra BNC " I_A "*
entrada para la medición de la corriente anódica.
- 12 *Entrada de temperatura T*
casquillo para elemento térmico, al que se puede conectar un elemento térmico NiCr-Ni con clavija DIN (tipo K).
- 13 *Botón giratorio*
para regular la temperatura ($T_{nom.}$) y las tensiones (U_H , U_1 , U_2 y U_3).
- 14 *En la parte trasera del equipo:*
base de enchufe con toma de tierra para el suministro de tensión del horno Franck-Hertz con regulación de temperatura para el tubo de mercurio.

3.2 Puesta en servicio

Conectar el equipo con ayuda del cable de conexión del aparato a la red de corriente alterna (115 ó 230 V) y encenderlo con el interruptor de alimentación situado en la parte trasera.

Conectar el tubo de mercurio o de neón con el equipo a través de un cable de 5 polos y un cable BNC [conexiones (9) y (11)].

Al conectar el tubo de mercurio de Franck-Hertz, comprobar que las descripciones del enchufe de 4 mm coincidan con las hembrillas en la placa (ver fig. 1). Conectar adicionalmente un sensor de temperatura (12) para el funcionamiento del tubo de mercurio. Pasar la punta del sensor por la abertura en el horno Franck-Hertz y posicionarla a la altura del cátodo del tubo. Además, es necesario conectar el horno a la base con toma de tierra en la parte trasera del equipo mediante el cable de conexión. Comprobar que la tensión de conexión del horno coincida con la tensión local de la red. **Girar el botón giratorio situado en el lateral del horno al máximo.** De esta forma se garantiza que el interruptor bimetalico en el horno se active hasta con temperaturas muy elevadas y el horno se desconecte para no perturbar el proceso de regulación.

Para registrar y presentar los valores de medición, conectar las salidas (7) y (8) a un registrador xyt o a un osciloscopio. Para la medición a través de un ordenador, conectar el equipo por medio de un cable RS 232 con la interfaz de serie (si fuera necesario, utilizar un adaptador USB - RS 232 tipo 14602.10).

3.2.1 Realización manual del ensayo

Los valores entre [] son valores típicos, con los que debería ser posible registrar una curva de medición.

Si la corriente Target es demasiado elevada (al encender), la medición será interrumpida por el equipo Franck-Hertz al cabo de 7 segundos, para proteger el tubo de daños. Con el fin de evitar el encendido del tubo, modificar los parámetros U2, U3 y U_H como sigue: reducir la tensión de calentamiento U_H, reducir U3.

Ensayo con el tubo de mercurio

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2). Encender el equipo a través del interruptor de alimentación. En función del tubo conectado, dentro del equipo se activan los valores predeterminados. Así por ejemplo, la tensión de calentamiento U_H está preconfigurada en 6,3 V y el rango de la tensión de aceleración U1 en 60 V.

B) Ajustar los siguientes parámetros con el pulsador (2) y el botón giratorio (13):

- Temperatura teórica T_{nom.} [175 ± 10 °C];
- U_H [6.3 ± 0.5 V];
- U1 [0 ... 60 V];
- U2 [2.0 ± 0.5 V];
- U3 no se necesita para el tubo de mercurio.

C) Encender el horno con el pulsador (4). La temperatura real "T_{act.}" no llega a alcanzar el valor teórico de la temperatura (desviación aprox. ± 2 °C) hasta que el LED rojo encima del pulsador (4) deje de destellar.

D) Situar en "Manual" con el pulsador (3). Iniciar la medición con el pulsador (5).

Ensayo con el tubo de neón

En este caso no se necesita el calentamiento.

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2). Encender el equipo con la ayuda del interruptor de alimentación.

B) Ajustar los siguientes parámetros con el pulsador (2) y el botón giratorio (13):

- No se necesita la temperatura teórica;
- U_H [7.5 ± 0.5 V];
- U1 [0 ... 99.9 V];
- U2 [8 ± 1 V];
- U3 [2 ± 1 V].

C) Situar en "Manual" con el pulsador (3). Iniciar la medición con el pulsador (5).

Una imagen típica de las capas luminosas en el tubo de neón se puede observar en la fig. 3. Las capas luminosas visibles (la longitud de onda es de aprox. 640 nm y corresponde aproximadamente a 2 eV) se producen cuando los átomos de neón excitados por los impactos de los electrones vuelven de los estados 3 p (aprox. 19 eV) al estado básico, pasando por los estados 3s (aprox. 17 eV).

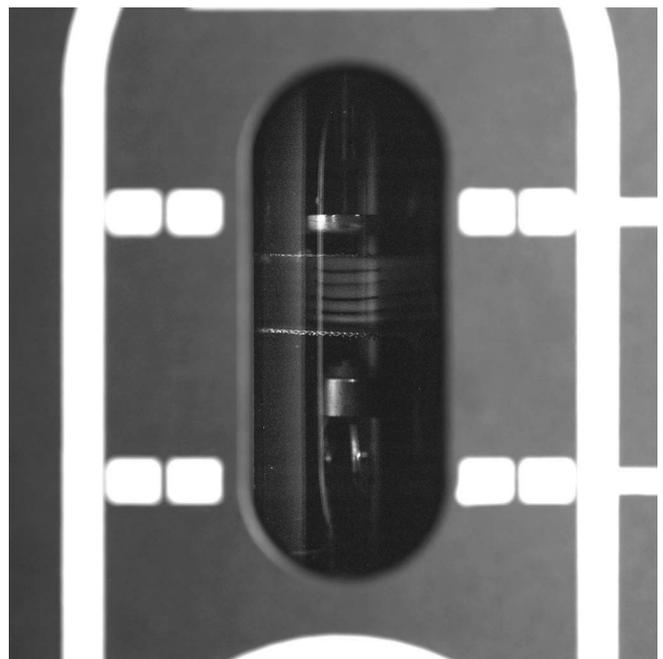


Fig. 3: Experimento Franck-Hertz con tubo de neón: cinco capas luminosas típicas.

3.2.2 Realización del ensayo con el osciloscopio

Ensayo con el tubo de mercurio

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2). Encender el equipo a través del interruptor de alimentación.

B) Ajustar los siguientes parámetros con el pulsador (2) y el botón giratorio (13):

- Temperatura teórica $T_{nom.}$ [175 ± 10 °C];
- U_H [6.3 ± 0.5 V];
- U_1 [0 ... 60 V];
- U_2 [2.0 ± 0.5 V];
- U_3 no se necesita para el tubo de mercurio.

C) Encender el horno con el pulsador (4). La temperatura teórica no llega a alcanzarse hasta que el LED rojo encima del pulsador (4) deje de destellar.

D) Situar el pulsador (3) en "diente de sierra". Conectar las salidas (7) y (8) con el osciloscopio y seleccionar en el osciloscopio la función XY. Iniciar la medición con el pulsador (5). En la función "diente de sierra", las tensiones U_1 y U_2 configuradas se conectan con una frecuencia de 28 Hz al tubo de mercurio. La imagen típica de Franck-Hertz que se produce así se puede observar en la fig. 4.

Ensayo con el tubo de neón

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2). Encender el equipo a través del interruptor de alimentación.

B) Ajustar los siguientes parámetros con el pulsador (2) y el botón giratorio (13):

- la temperatura teórica no se necesita;
- U_H [7.5 ± 0.5 V];
- U_1 [0 ... 99.9 V];
- U_2 [8 ± 1 V];
- U_3 [3 ± 1 V].

C) Situar el pulsador (3) en diente de sierra. Conectar las salidas (7) y (8) con el osciloscopio y seleccionar en el osciloscopio la función XY. Iniciar la medición con el pulsador (5). Es posible que la medición diente de sierra se interrumpa automáticamente al cabo de 7 segundos para proteger el tubo de daños cuando fluyan corrientes demasiado altas. En este caso, la medición podrá repetirse en cualquier momento con el pulsador (5).

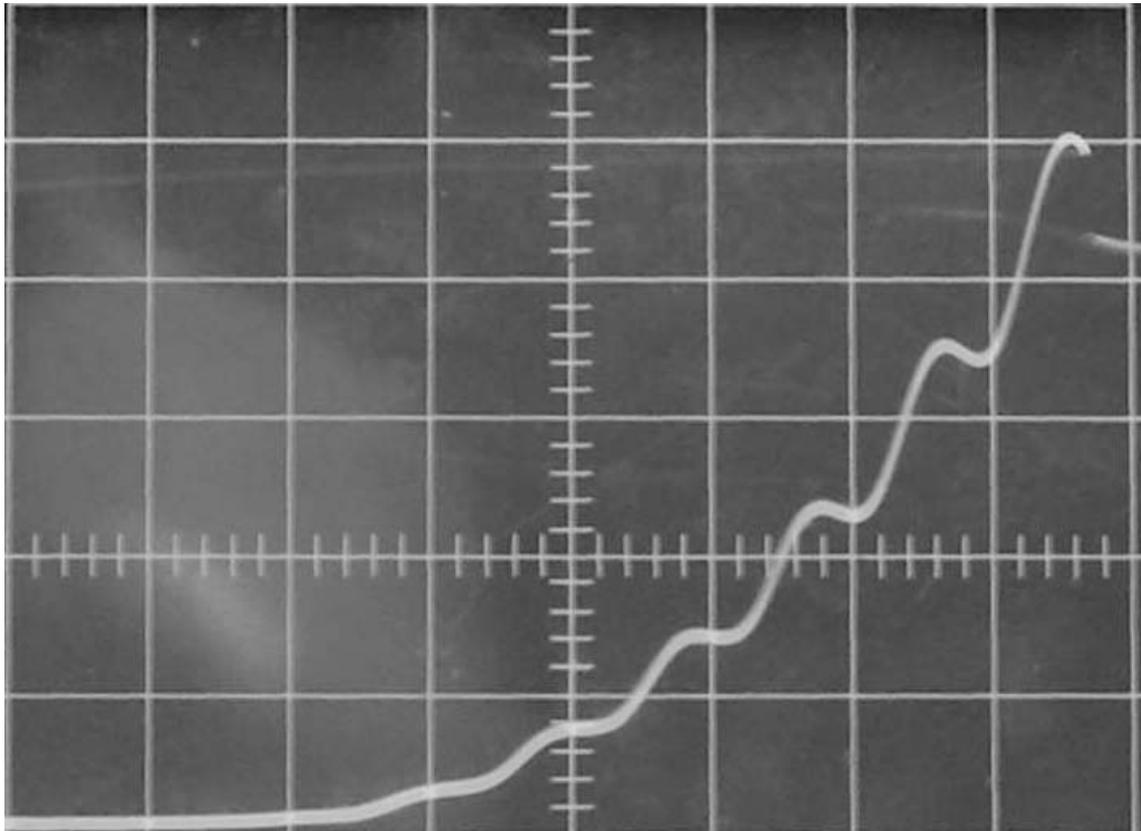


Fig. 4: Experimento Franck-Hertz con tubo de mercurio. Medición de diente de sierra con osciloscopio.

3.2.3 Realización del ensayo con el registrador xyt

Ensayo con el tubo de mercurio

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2). Encender el equipo a través del interruptor de alimentación.

B) Ajustar los siguientes parámetros con el pulsador (2) y el botón giratorio (13):

- Temperatura teórica $T_{\text{nom.}}$ [175 ± 10 °C];
- U_H [6.3 ± 0.5 V];
- U_1 [0 ... 60 V];
- U_2 [2.0 ± 0.5 V];
- U_3 no es necesario para el tubo de mercurio.

C) Encender el horno con el pulsador (4). La temperatura teórica no llega a alcanzarse hasta que el LED rojo encima del pulsador (4) deje de destellar.

D) Situar el pulsador (3) en "rampa".

E) Conectar la salida (7) a la entrada Y, y la salida (8) a la entrada X de un registrador.

F) Iniciar la medición con el pulsador (5).

En la función "rampa", la tensión de aceleración de 0 V a $U_{1_m\acute{a}x}$ es recorrida automáticamente en 20 seg. Una vez alcanzado el valor máximo de la tensión de aceleración, el LED verde encima del pulsador (5) destellará.

En la función manual, habría que seleccionar U_1 mediante el pulsador (2) y modificarlo con el mando giratorio (13) de 0 V a $U_{1_m\acute{a}x}$. En esta función también es posible variar los parámetros incluso después de iniciar la medición con el pulsador (5).

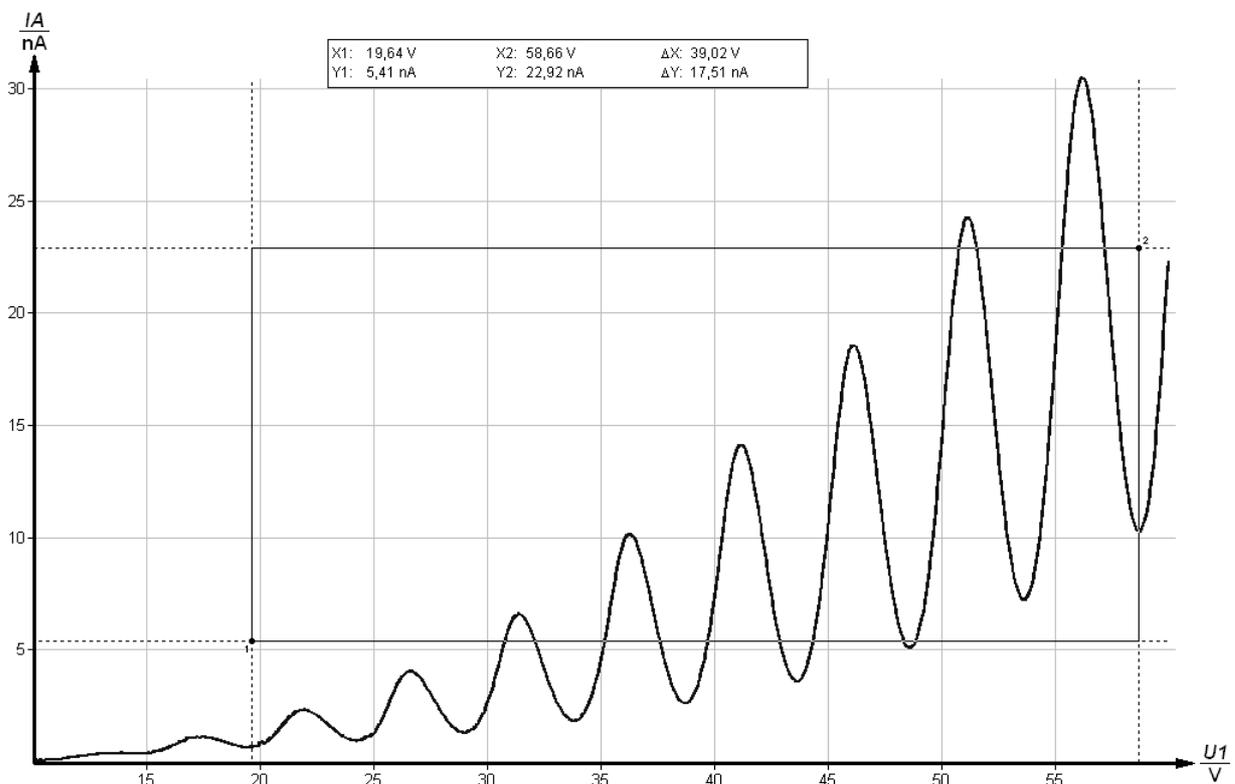


Fig. 5: Curva de mercurio de Franck-Hertz.

Ensayo con el tubo de neón

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2). Encender el equipo a través del interruptor de alimentación.

B) Ajustar los siguientes parámetros con el pulsador (2) y el botón giratorio (13):

- la temperatura teórica no se necesita;
- U_H [7.5 ± 0.5 V];
- $U1$ [0 ... 99.9 V];
- $U2$ [8 ± 1 V];
- $U3$ [2 ± 1 V]

D) Situar el pulsador (3) en "rampa".

E) Conectar la salida (7) a la entrada Y, y la salida (8) a la entrada X de un registrador.

F) Iniciar la medición con el pulsador (5).

En la función "rampa", la tensión de aceleración de 0 V a $U1_{\text{máx}}$ es recorrida automáticamente en 20 seg. Una vez alcanzado el valor máximo de la tensión de aceleración, el LED verde encima del pulsador (5) destellará.

En la función manual, habría que seleccionar $U1$ mediante el pulsador (2) y modificarlo con el mando giratorio (13) de 0 V a $U1_{\text{máx}}$. En esta función también es posible variar los parámetros incluso después de iniciar la medición con el pulsador (5).

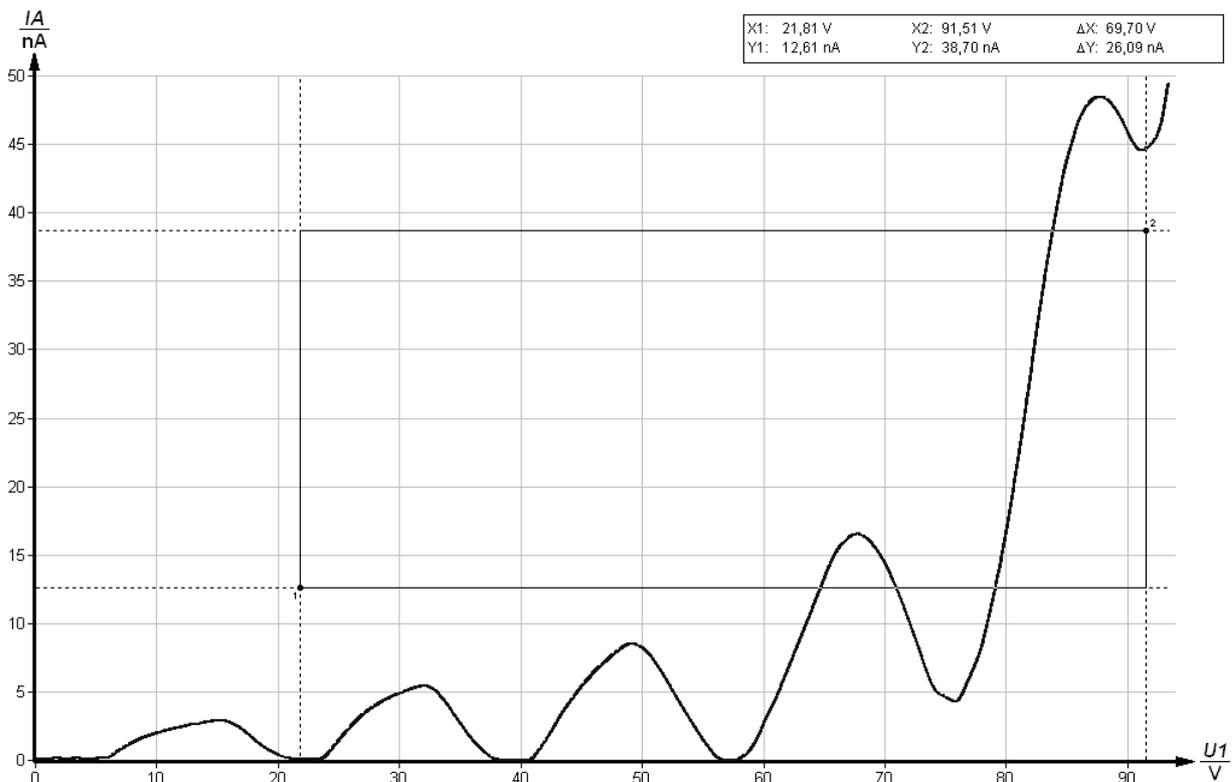


Fig. 6: Curva de neón de Franck-Hertz.

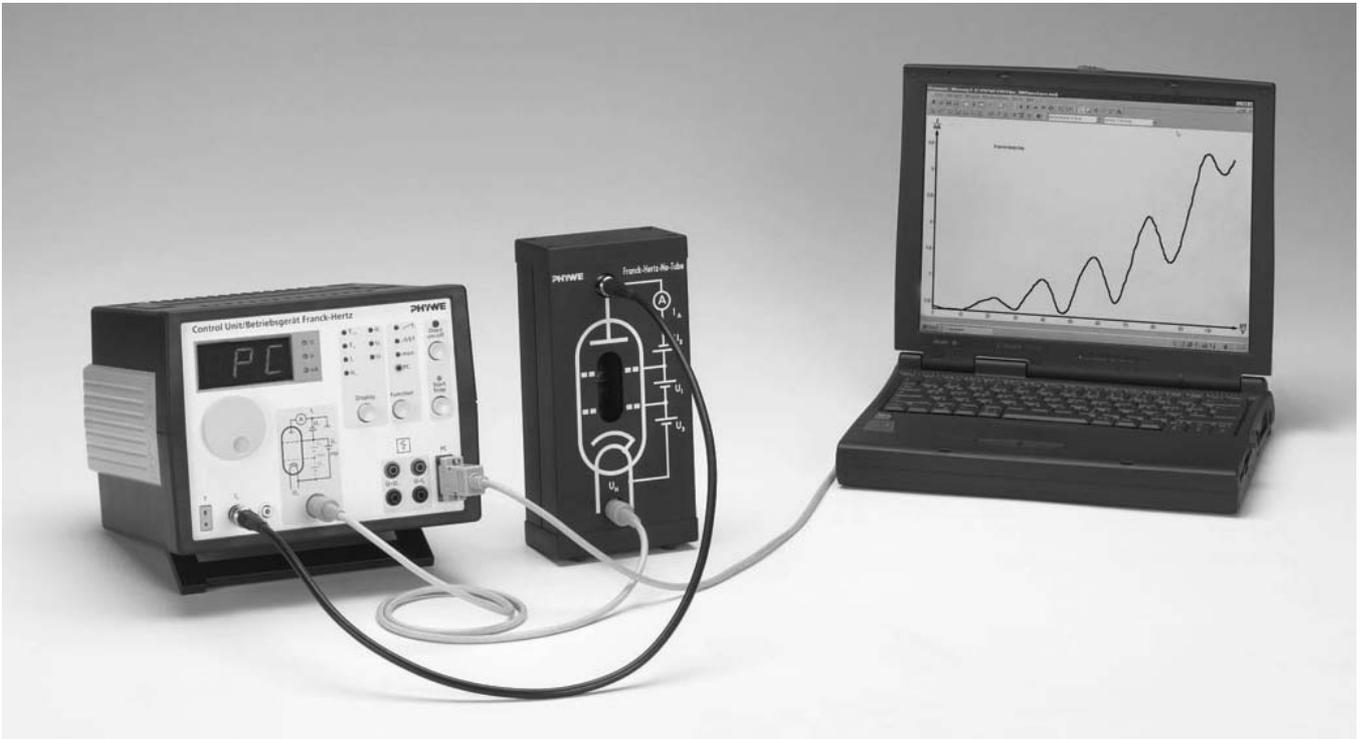


Fig. 7: Experimento completo de Franck-Hertz con tubo de neón y conexión directa a PC.

3.2.4 Realización del ensayo con el ordenador

Conectar el equipo al ordenador a través del cable RS 232. El software de medición FHV permite el accionamiento del equipo, el registro, la presentación y la evaluación de todos los valores de medición. No se precisan equipos de medición externos adicionales

A) Conectar los componentes (conforme a lo descrito en 3.2) (ver fig. 7). Encender el equipo con el interruptor de alimentación. Situar el pulsador (3) en "PC".

B) Iniciar el software de medición y seleccionar el software de medición Franck-Hertz. El programa detectará automáticamente si está conectado un tubo de mercurio o de neón. Los parámetros necesarios están preconfigurados (ver fig. 8). Los parámetros en la fig. 8 son valores típicos con los que debería ser posible recoger correctamente la curva de medición. **Si la corriente Target es demasiado alta (al encender), la medición con el equipo Franck-Hertz será interrumpida al cabo de 7 segundos para proteger el tubo de daños. Para evitar el encendido del tubo, modificar los parámetros U_2 , U_3 y U_H como sigue: reducir la tensión de calentamiento U_H , reducir U_3 .**

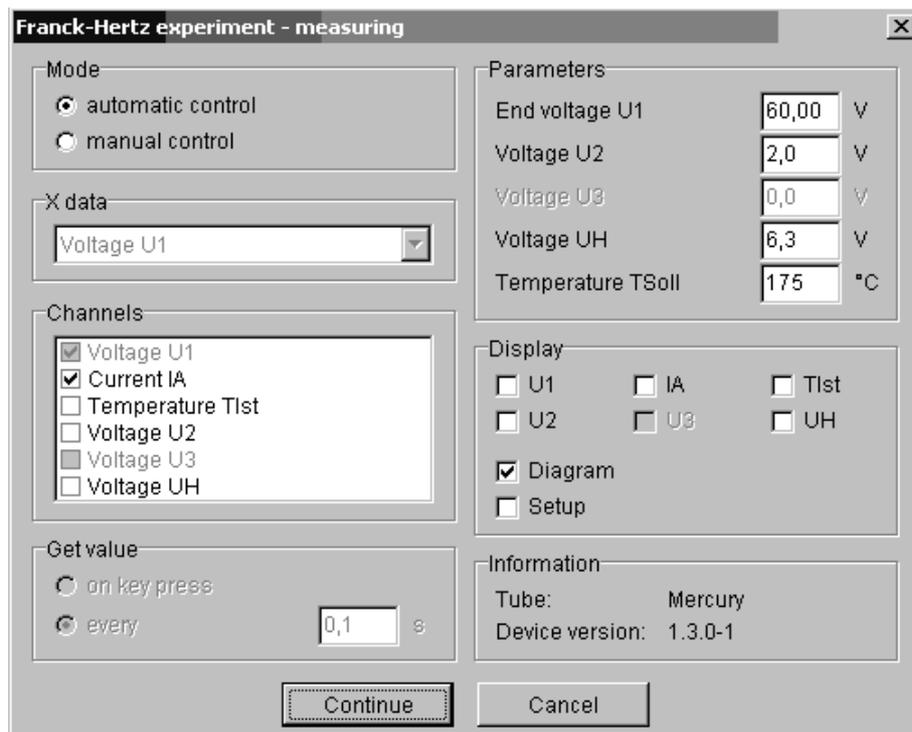


Fig. 8: Parámetros de medición del software Franck-Hertz-Software para tubo de mercurio.

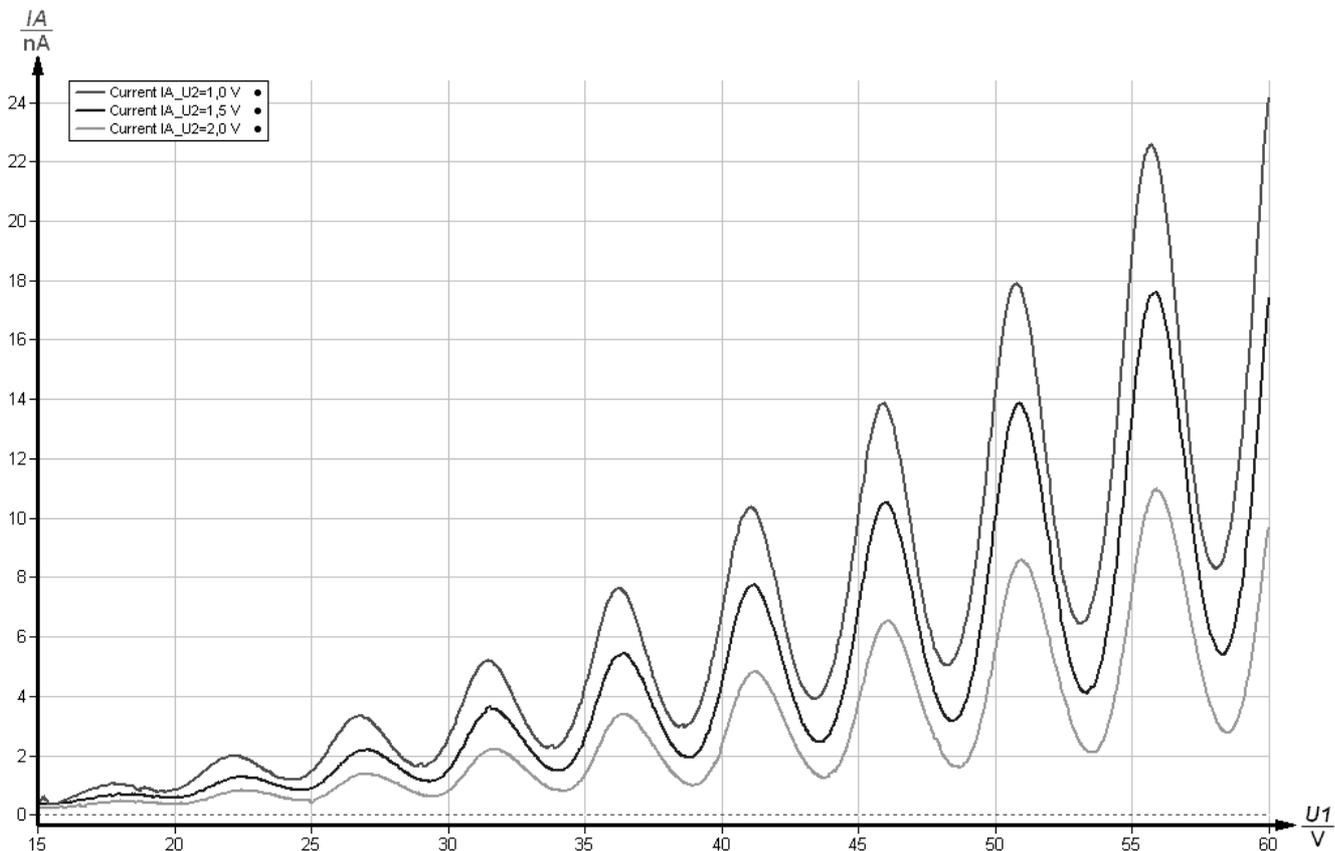


Fig. 9: Curva de Franck-Hertz para tubo de mercurio de diferentes contratensiones U_2 .

C) El software permite recorrer la tensión de aceleración tanto automática como manualmente. La figura 9 muestra tres curvas que se registraron con distintas contracorrientes U_2 (= 1 V; 1,5 V; 2 V).

D) De las distancias entre los mínimos se determina la energía de excitación de los átomos de mercurio o de neón. El valor típico para los átomos de mercurio se sitúa en 4,9 V; para los átomos de neón en 17,2 V.

4 INDICACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO

El presente equipo de calidad cumple los requisitos técnicos resumidos en las actuales directrices de la Comunidad Europea. Las características del producto permiten la identificación CE.

El funcionamiento de este equipo solamente se autoriza bajo supervisión técnica en un entorno electromagnético controlado de centros de investigación, docencia y formación (escuelas, universidades, institutos y laboratorios). Esto significa que en un entorno de este tipo no se deben utilizar dispositivos de radio, como p. ej. los teléfonos móviles, en las inmediaciones directas. Los diferentes cables conectados no deben medir más de 2 m.

Las cargas electrostáticas y fenómenos electromagnéticos similares (alta frecuencia, Burst, descargas indirectas de rayos, etc.) pueden afectar al equipo, de manera que deje de funcionar dentro de los valores especificados. Las siguientes medidas reducen o eliminan las influencias perturbadoras: evitar moquetas, procurar que exista una compensación de potenciales, experimentar encima de una base conductora y conectada a tierra, utilizar cables apantallados, no utilizar emisoras de alta frecuencia (radios, teléfonos móviles) en la inmediaciones directas. Después de un fallo total, realizar un

"Reset" accionando el interruptor de alimentación.

Este equipo corresponde a la clase A, Grupo 1, de la norma EN 55011 y solamente debe utilizarse sin restricciones fuera de zonas residenciales. Si a pesar de limitar el uso a los recintos específicos de una escuela u otro centro de formación se produjeran averías electromagnéticas en el entorno residencial, se podrá exigir a su propietario que establezca las medidas apropiadas (p. ej. apantallado, mayor distancia, funcionamiento breve) y responsabilizarse de ello.

Al utilizar el horno Franck-Hertz 09105.93/.90, respetar las instrucciones de servicio de este equipo.

Atención: el cambio de fusible solamente debe realizarse cuando está desconectado de la corriente (quitar el enchufe de alimentación). Tener en cuenta que los fusibles (valores en la placa de identificación) se asignan a los distintos portafusibles FU1 y FU2. En ningún caso se deben confundir. El fusible defectuoso se podrá retirar después de soltar la tapa del fusible (ligero giro a la izquierda) y sustituirlo por un fusible nuevo.

5 DATOS TÉCNICOS	(típicos para 25 °C)
Rango de temperatura de servicio	5 ... 40 °C,
Humedad relativa del aire	< 80 %

Fusibles de red (5 mm x 20 mm)	ver placa de identificación
Masa carcasa (mm)	230 x 236 x 168 (B,H,T)
Masa	aprox. 3,3 kg

Entradas

Temperatura T

Hembrilla DIN NiCr-Ni (tipo K)	
Rango de medición	0 °C ... 999 °C
Resolución	1 °C

Corriente eléctrica I_A

Hembrilla BNC	
Rango de medición	0 ... 50 nA
Resolución	0,1 nA

Salidas

Salida analógica U~U1

Par de hembrillas de 4 mm	
Tensión de salida	0 ... 10V (10 V == 100V)
Corriente de salida	máx. 10 mA

Salida analógica U~I_A

Par de hembrillas de 4 mm	
Tensión de salida	0 ... 10V (10 V == 50nA)
Corriente de salida	máx. 10 mA

Alimentación tubos

Hembrilla DIN	
Tensión U1	0 ... 99,9 V
Resolución	0,1 V
Tensión U2	0 ... 12 V
Resolución	0,1 V
Tensión U3	0 ... 6 V
Resolución	0,1 V
Tensión U _H	0 ... 10 V
Resolución	0,1 V
Corriente de salida	máx. 400 mA

Alimentación horno

Enchufe con toma de tierra	parte trasera
Tensión	corresponde a la tensión de la conexión de alimentación, ver abajo
Potencia de salida	máx. 600 VA

Salida de datos

Hembrilla D-SUB-9 RS 232C	hasta 115200 Baudios
------------------------------	----------------------

Indicador digital

Tipo de indicación	LED de 7 segmentos
Altura de los signos	20 mm

Alimentación desde la red

Clase de protección	I
Tensión de conexión (+6% / -10%)	115/230 V
Frecuencia de la red	50/60 Hz
Absorción de potencia con el horno	aprox. 625 VA
Absorción de potencia con el tubo de neón	aprox. 40 VA

6 MATERIAL

A. Experimento Franck-Hertz con tubo de mercurio sin PC

Equipo Franck-Hertz	09105.99
Tubo de mercurio Franck-Hertz	09105.10
Horno Franck-Hertz	09105.93 ó 09105.90
Elemento térmico NiCr-Ni	13615.01 ó 13615.02
Cable de conexión de 5 Pin para tubo de mercurio	09105.30
Cable BNC, 75 cm	07542.11

B. Experimento Franck-Hertz con tubo de neón sin PC

Equipo Franck-Hertz	09105.99
Tubo de neón Franck-Hertz sobre placa	09105.40
Cable de conexión de 5 Pin para tubo de neón	09105.50
Cable BNC, 75 cm	07542.11

C. Experimento Franck-Hertz con PC

Como A o B, y adicionalmente:	
Cable de datos RS 232	14602.05
Software de medición Franck-Hertz	14522.61

7 ELIMINACIÓN

El embalaje está compuesto mayoritariamente por materiales ecológicos que se deberán entregar a los centros locales para el reciclaje.

El Ayuntamiento informará sobre las posibilidades de eliminación del equipo obsoleto.

8 INDICACIÓN SOBRE LA GARANTÍA

Para el equipo suministrado a países de la Unión Europea concedemos una garantía de 24 meses, y de 12 meses para todos los países fuera de la UE. La garantía no incluye el desgaste natural ni los defectos producidos por manejos incorrectos. El fabricante únicamente podrá ser considerado como responsable del funcionamiento y de las características técnicas de seguridad del equipo, si la conservación, reparación y las modificaciones son realizadas por él mismo o por centros expresamente autorizados por él.