

## LEHROSZILLOSKOP

### UNTERSUCHUNG DER PHYSIKALISCHEN GRUNDLAGEN ZUR ZEITAUFGELÖSTEN OSZILLOSKOPISCHEN DARSTELLUNG VON ELEKTRISCHEN SIGNALEN.

- Untersuchung der Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem elektrischen Feld.
- Untersuchung der Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem magnetischen Feld.
- Demonstration der oszilloskopischen Darstellung am Beispiel der periodischen Signale eines Funktionsgenerators.
- Kalibrierung des Frequenzstellers des Sägezahngenerators.

UE30700800

05/16 JöS

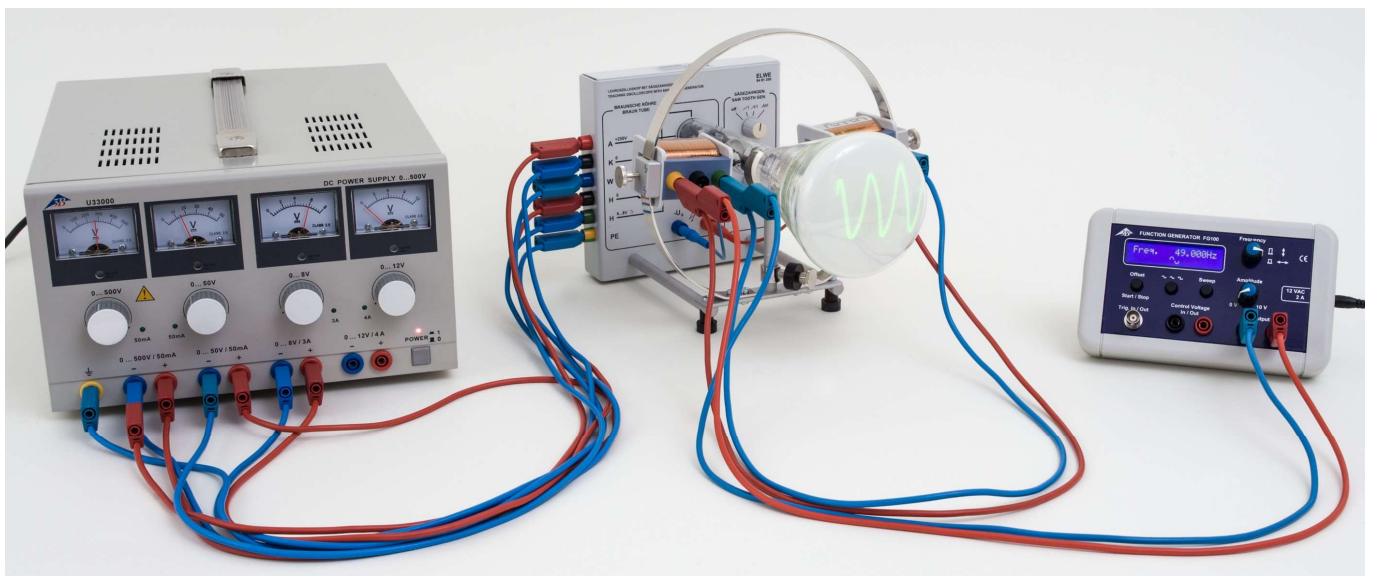


Fig. 1: Messanordnung.

## ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Eine wichtige Anwendung der Glühelktronenemission im Hochvakuum ist das Kathodenstrahloszilloskop mit der Braun'schen Röhre als wesentlichem Bestandteil. In der Ausführung des Lehroszilloskops bilden eine vom sogenannten Wehnelt-Zylinder umgebene Glühkathode und eine Lochscheibe auf Anodenpotential das von außen einsehbare elektronenoptische System der Braun'schen Röhre. Ein Teil der zur Anode beschleunigten Elektronen durchquert die Lochscheibe und formt einen Strahl, der auf dem Leuchtschirm der Röhre als grüner Leuchtfleck beobachtbar ist. Da die Röhre unter einem geringen Druck mit Neon gefüllt ist, wird der Elektronenstrahl durch Stöße mit den Gasatomen gebündelt und ist gleichzeitig als rötlich leuchtender Faden sichtbar. Zur Bündelung trägt auch das Anlegen einer negati-

ven Spannung an den Wehneltzylinder bei. Auf zusätzliche Einrichtungen zur Nachbeschleunigung und Fokussierung des Strahls, die bei technischen Oszilloskopen üblich sind, wurde zugunsten der Einfachheit und Übersichtlichkeit verzichtet.

Hinter der Anode befindet sich ein parallel zum Elektronenstrahl ausgerichtetes Plattenpaar, das an einen Sägezahn-generator angeschlossen werden kann (siehe Fig 2). Durch das elektrische Feld der Sägezahnspannung  $U_x(t)$  wird der Strahl horizontal abgelenkt und wandert auf dem Leuchtschirm mit konstanter Geschwindigkeit von links nach rechts, um dann zum Ausgangspunkt zurückzuspringen.

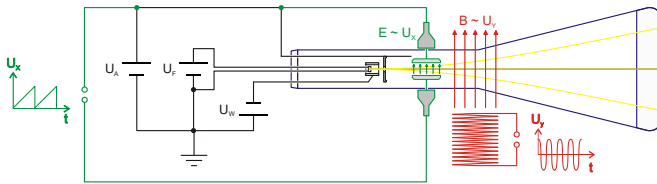


Fig. 2: Schematische Darstellung des Lehroszilloskops, von oben betrachtet.

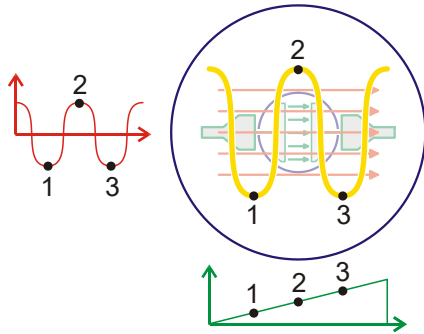


Fig. 3: Zeitaufgelöste Darstellung eines periodischen Signals.

Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch mit einer einstellbaren Frequenz. Während seiner Bewegung von links nach rechts kann der Elektronenstrahl zusätzlich in einem Magnetfeld vertikal abgelenkt werden, indem eine Spannung  $U_y(t)$  an die Spule außerhalb der Röhre angelegt wird. Ändert sich diese Spannung zeitabhängig, so wird die Änderung zeitlich aufgelöst auf dem Leuchtschirm sichtbar gemacht (siehe Fig. 3). Solche zeitabhängigen Spannungen können zum Beispiel die periodischen Ausgangssignale eines Funktionsgenerators oder auch die verstärkten Signale eines Mikrofons sein.

## AUFBAU

### Sicherheitshinweise

Das Lehroszilloskop wird zum Teil mit Spannungen von über 60 V betrieben.

- Die Beschaltung nur bei ausgeschaltetem Netzgerät durchführen.
- Sicherheitskabel verwenden.

Da die Glasröhre evakuiert ist, besteht Implosionsgefahr.

- Röhre keinen Stößen und mechanischen Belastungen aussetzen.

Das Lehroszilloskop funktioniert, abhängig von der eingebauten Röhre, in der Regel bei Anodenspannungen bis ca. 300 V. Die Anodenspannung darf jedoch 350 V nicht überschreiten.

In Schulen und Ausbildungseinrichtungen ist der Betrieb des Gerätes durch geschultes Personal verantwortlich zu überwachen.

### Inbetriebnahme

- Netzgerät ausschalten.
- Eingänge des Lehroszilloskops mit den Ausgängen des Netzgeräts gemäß Fig. 4 mit den angegebenen Spannungen verbinden.
- Netzgerät einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden.

Nach 10-30 s erscheint auf dem Leuchtschirm ein grüner Fleck, der den auftreffenden Elektronenstrahl markiert. Um die Röhre für didaktische Zwecke möglichst einfach und übersichtlich zu halten, wurde auf zusätzliche Einrichtung zur Nachbeschleunigung und Fokussierung des Strahls verzichtet. Aus diesem Grund kann der Strahl in der Regel nicht so scharf wie in messtechnischen Oszilloskopen fokussiert werden.

## GERÄTELISTE

1	Lehroszilloskop	1025250
1	DC-Netzgerät 0 – 500 V @230V	1003308
oder		
1	DC-Netzgerät 0 – 500 V @115V	1003307
1	Funktionsgenerator FG 100 @230V	1009957
oder		
1	Funktionsgenerator FG 100 @115V	1009956
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

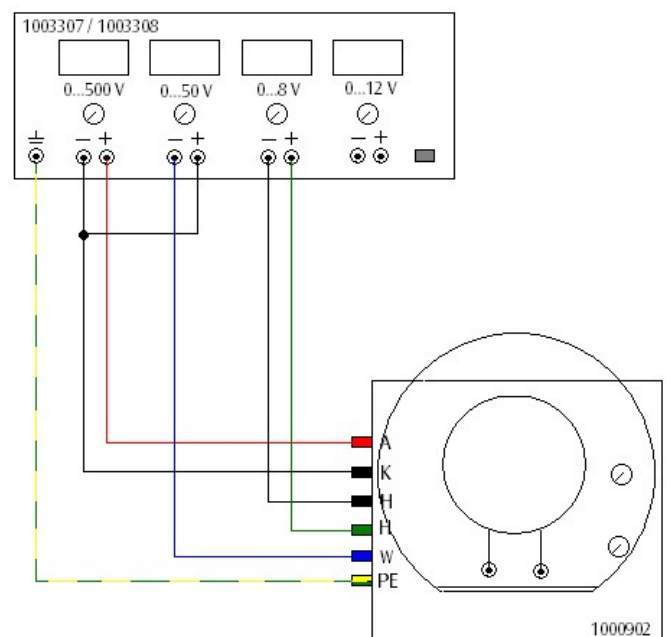


Fig. 4: Anschluss des Lehroszilloskops an das Netzgerät.

- Wehneltspannung variieren bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.

Der Elektronenstrahl ist auch in der Röhre als rötlicher Faden sichtbar, jedoch aufgrund der geringen Helligkeit nur im abgedunkelten Raum.

## DURCHFÜHRUNG

### Elektrische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Netzgerät ausschalten.
- Beschaltung gemäß Fig. 4 vornehmen.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm. Er wandert periodisch von links nach rechts.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Mithilfe der Feineinstellung die Frequenz ggf. so herunterregeln, dass das Wandern des Punktes klar zu verfolgen ist.

### Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls

- Netzgerät ausschalten.
- Eine Spule gemäß Fig. 5 rechts am Metallring befestigen.
- Beschaltung gemäß Fig. 5 vornehmen.
- Ablenkplatten vom Ausgang des Sägezahngenerators trennen.

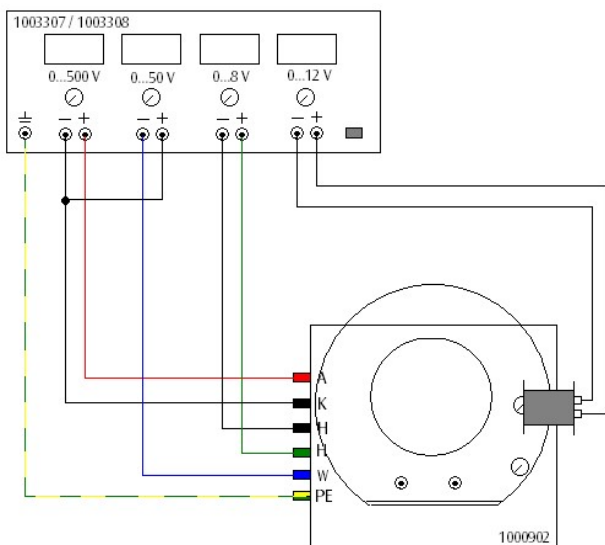


Fig. 5 Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls.

- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Den Spulenstrom einschalten und mit dem DC-Netzgerät variieren.
- Polarität, Ausrichtung der Spule und durchflossene Windungszahl verändern und Auswirkungen beobachten.

### Oszilloskopische Darstellung am Beispiel der periodischen Signale eines Funktionsgenerators

- Netzgerät ausschalten.
- Eine Spule gemäß Fig. 6 rechts am Metallring befestigen.
- Beschaltung gemäß Fig. 6 vornehmen.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Feineinstellung der Sägezahnfrequenz auf „f<sub>min</sub>“ stellen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm. Er wandert periodisch von links nach rechts.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Funktionsgenerator einschalten und eine Frequenz von 50 Hz einstellen.
- Mit Hilfe der Feineinstellung der Sägezahnfrequenz und der Amplitude am Frequenzgenerator die oszillographische Darstellung optimieren.

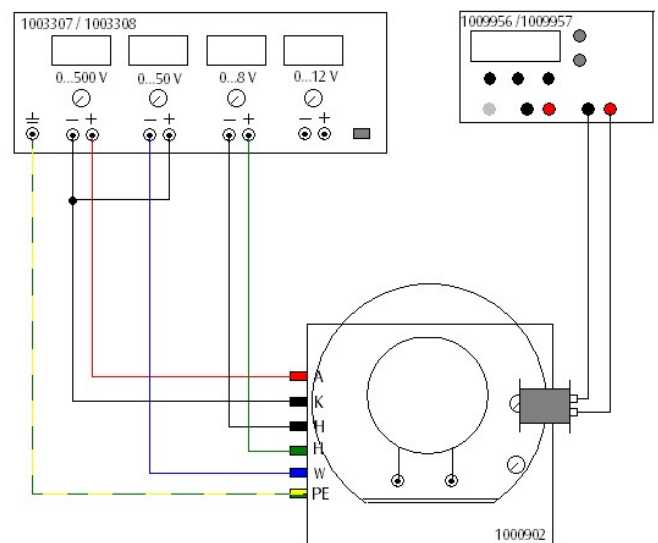


Fig. 6 Oszilloskopische Darstellung periodischer Signale mit einem Funktionsgenerators

- Versuch z.B. mit 1 kHz am Frequenzgenerator wiederholen. Dabei die Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf größte Stufe stellen und wie bei 50 Hz beschrieben verfahren.

#### **Kalibrierung des Frequenzstellers des Sägezahngenerators**

- Netzgerät ausschalten.
- Eine Spule gemäß Fig. 6 rechts am Metallring befestigen.
- Beschaltung gemäß Fig. 6 vornehmen.
- Ablenkplatten mit dem Ausgang des Sägezahngenerators verbinden.
- Grobeinstellung der Sägezahnfrequenz auf kleinste Stufe (zweite Position von links) setzen.
- Feineinstellung der Sägezahnfrequenz auf „f<sub>min</sub>“ stellen.
- Spannungsversorgung einschalten.
- Spannungsregler so einstellen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden (ca. 250 V Anodenspannung).

Der Leuchtpunkt erscheint nach 10-30 s auf dem Schirm. Er wandert periodisch von links nach rechts.

- Wehneltspannung variieren, bis der Fleck seine minimale Ausdehnung erreicht.
- Funktionsgenerator einschalten und eine Frequenz von 100 Hz einstellen.
- Die Feineinstellung so verändern, dass die oszillographische Darstellung auf dem Schirm zum Standbild wird.

Der Frequenzsteller ist jetzt auf eine Frequenz von 100 Hz kalibriert.

- Den Versuch mit anderen Frequenzen wiederholen.

## **AUSWERTUNG**

### **Elektrische Ablenkung des Elektronenstrahls**

Der Elektronenstrahl wird in Richtung der Ablenkplatten abgelenkt.

Durch die anliegende Sägezahnfrequenz an den Ablenkplatten wandert der Leuchtpunkt periodisch von links nach rechts.

Durch Erhöhung der Sägezahnfrequenz erscheint auf dem Schirm eine horizontal verlaufende Leuchtlinie.

### **Magnetische Ablenkung des Elektronenstrahls**

- Der Elektronenstrahl wird senkrecht zum Magnetfeld abgelenkt, d.h. bei Anbringung der Spule rechts am Metallring nach oben bzw. nach unten.
- Durch Veränderung der Polarität am DC-Netzgerät wird die Richtung der Ablenkung (nach oben bzw. nach unten) geändert.
- Durch Erhöhung der Stromstärke und durchflossenen Windungszahl der Spule wird die Stärke des Magnetfeldes erhöht. Somit vergrößert sich auch die Ablenkung nach oben und unten.
- Eine Veränderung der Ausrichtung der Spule auf dem Ring hat zur Folge, dass sich die Ablenkrichtung des Strahls ändert. Bei Anbringung der Spule oben am Metallring ist die Ablenkung z.B. horizontal.

### **Oszilloskopische Darstellung am Beispiel der periodischen Signale eines Funktionsgenerators**

- Durch Verwendung der Ablenkplatten in Verbindung mit dem Sägezahngenerator und einem wechselnden Magnetfeld an einer Spule, die mit dem Funktionsgenerator verbunden ist, lassen sich periodische Signale auf dem Schirm darstellen.
- Eine Veränderung der Frequenz am Funktionsgenerator bedarf einer Anpassung der Sägezahnfrequenz an der Röhre, um eine Darstellung gemäß Fig. 1 zu erhalten.

### **Kalibrierung des Frequenzstellers des Sägezahngenerators**

Die Frequenz des Sägezahngenerators lässt sich durch die Verwendung des Funktionsgenerators kalibrieren. Dabei stimmen die beiden Frequenzen nahezu überein, wenn die oszillographische Darstellung auf dem Schirm ein Standbild ergibt.

## Training Oscilloscope

STUDY THE PHYSICAL PRINCIPLES OF THE TIME-RESOLVED DISPLAY OF ELECTRICAL SIGNALS USING AN OSCILLOSCOPE.

- Investigating the deflection of an electron beam in an electric field.
- Investigating the deflection of an electron beam in a magnetic field.
- Demonstrating the display of signals on an oscilloscope, using the periodic signal from a function generator.
- Calibrating the frequency control of the sawtooth generator.

UE30700800

05/16 JöS

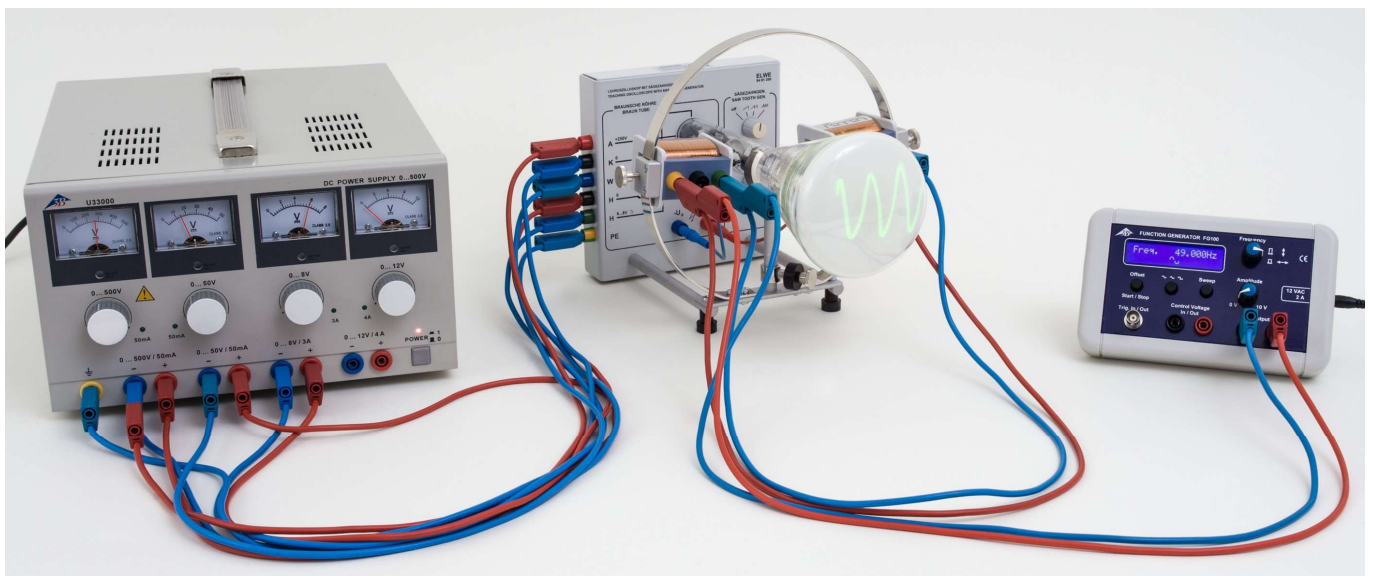


Fig. 1: Measurement set-up.

## BASIC PRINCIPLES

An important application of thermionic emission in a high vacuum is the cathode ray oscilloscope, in which the Braun tube is an essential component. In the form used in the student oscilloscope, the electron-optical system of the Braun tube, which is visible from the outside, consists of a thermionic cathode surrounded by a “Wehnelt cylinder” and a pinhole disc at the anode potential. A proportion of the electrons that are accelerated towards the anode pass through the pinhole disc and form a beam, which is observed on the tube’s fluorescent screen as a green spot of light. Because the tube is filled with neon at a low pressure, the electron beam is concentrated through collisions with gas atoms, and is visible as thin threads emitting reddish light. A negative voltage that is applied to the Wehnelt cylinder also contributes to

the concentrating of the beam. Technical oscilloscopes usually have additional arrangements for post-acceleration (intensification) and focusing of the beam, but for simplicity and clarity these are not present in the student oscilloscope.

Behind the anode, there is a pair of plates with their planes parallel to the electron beam, which can be connected to a sawtooth generator (see fig. 2). The electric field produced by the sawtooth voltage  $U_x(t)$  deflects the beam horizontally, so that it moves across the fluorescent screen from left to right at a constant speed, then flies back to the starting point. This process is repeated cyclically at a frequency that can be adjusted.

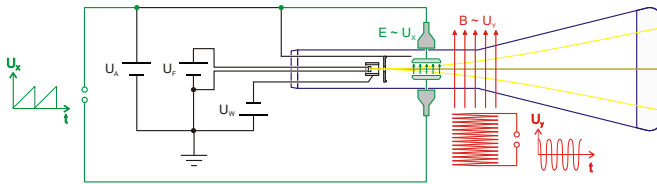


Fig. 2: Schematic diagram of the student oscilloscope, viewed from above.

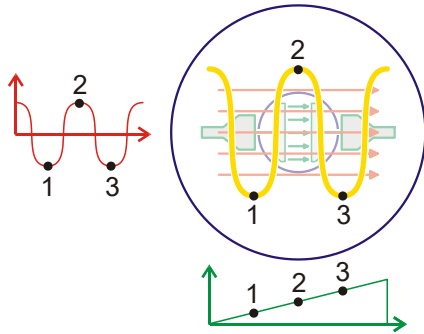


Fig. 3: Time-resolved display of a periodic signal.

During its left-to-right movement, the electron beam can also be deflected vertically by a magnetic field, and for this a voltage  $U_y(t)$  is applied to the coils that are external to the tube. If this voltage is time-dependent, the time-resolved variations are displayed on the screen (see fig. 3). Such time-dependent voltages might be, for example, the periodic output voltage from a function generator, or the amplified signals from a microphone.

**LIST OF EQUIPMENT**

1	Training Oscilloscope	1025250
1	DC Power Supply 0 – 500 V @230V	1003308
or		
1	DC Power Supply 0 – 500 V @115V	1003307
1	Function Generator FG 100 @230V	1009957
or		
1	Function Generator FG 100 @115V	1009956
1	Set of 15 Safety Experiment Leads 75 cm	1002843

**SET UP**

**Safety instructions**

The demonstration oscilloscope is operated with voltages, some of which are above 60 V.

- Always turn off power supply before making connections.
  - Use safety leads.
- Since the glass tube is evacuated, there is an implosion hazard.
- Do not subject the tube to sharp blows or mechanical stress.

As a rule, the training oscilloscope operates at anode voltages up to about 300 V depending on what tube is connected. The anode voltage must not, however, exceed 350 V.

In schools and training institutions, operation of the device is to be responsibly supervised by trained personnel.

**To start operation**

- Turn off the power supply.
- Connect the inputs of the training oscilloscope to the outputs of the power supply that supply the specified voltages (see fig. 4).
- Turn on the power supply.
- Adjust the voltage so as to not to exceed the limits.

After 10-30 sec, a green spot appears on the fluorescent screen, which denotes where the electron beam is hitting the screen. In order to keep the tube as simple and clear as possible for educational purposes, it was decided to do without additional apparatus for secondary acceleration and focusing of the beam. For this reason, it is not usually possible to focus the beam to the sharpness seen in conventional oscilloscopes.

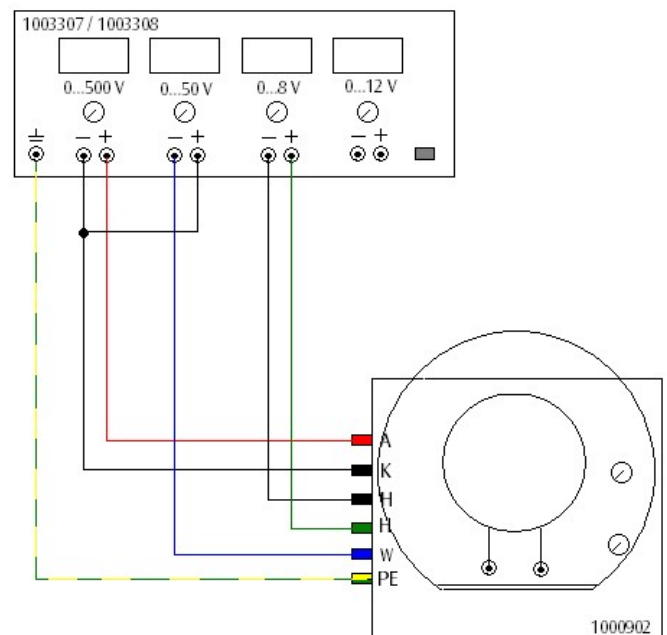


Fig. 4: Connection of training oscilloscope to power supply.

- Vary the Wehnelt voltage until the spot reaches its minimum dimensions.

The electron beam is visible as a reddish thread inside the tube, but only in a darkened room because of its low intensity.

**PROCEDURE**

**Electrical deflection of the electron beam**

- Turn off the power supply.
- Set up the experiment as in fig. 4.
- Connect deflecting plates to the output of the saw-tooth generator.
- Set the coarse adjustment of the saw-tooth frequency to its minimum level (second position from the left).
- Turn on the voltage supply.
- Adjust the voltage so as to not to exceed the limits (anode voltage 250 V approx.).

After 10-30 sec, the fluorescent dot appears on the screen. It should migrate periodically from left to right.

- Vary the Wehnelt voltage until the spot reaches its minimum dimensions.
- If necessary, decrease the frequency using the fine adjustment knob so that the migration of the point can be clearly tracked.

**Magnetic deflection of the electron beam**

- Turn off the power supply.
- Attach a coil to the right side of the metal ring as in fig. 5.
- Set up the experiment as in fig. 5.
- Disconnect the deflecting plates from the output of the saw-tooth generator.

- Turn on the voltage supply.
- Adjust the voltage so as to not to exceed the limits (anode voltage 250 V approx.).

After 10-30 sec, the fluorescent dot appears on the screen.

- Vary the Wehnelt voltage until the spot reaches its minimum dimensions.
- Turn on the DC power supply and vary the current to the coil.
- Change the polarity and alignment of the coil and the number of turns the current flows through and observe the effects.

**Example of oscilloscope traces: periodic signals from a function generator**

- Turn off the power supply.
- Attach a coil to the right side of the metal ring as in fig. 6.
- Set up the experiment as in fig. 6.
- Connect deflecting plates to the output of the saw-tooth generator.
- Set the coarse adjustment of the saw-tooth frequency to its minimum level (second position from the left).
- Set the fine adjustment of the saw-tooth frequency “ $f_{min}$ ”.
- Turn on the voltage supply.
- Adjust the voltage so as to not to exceed the limits (anode voltage 250 V approx.).

After 10-30 sec, the fluorescent dot appears on the screen. It should migrate periodically from left to right.

- Vary the Wehnelt voltage until the spot reaches its minimum dimensions.
- Select a frequency of 50 Hz on the function generator.
- Obtain the optimum oscilloscope trace by fine adjustment of the saw-tooth frequency and the function generator amplitude.

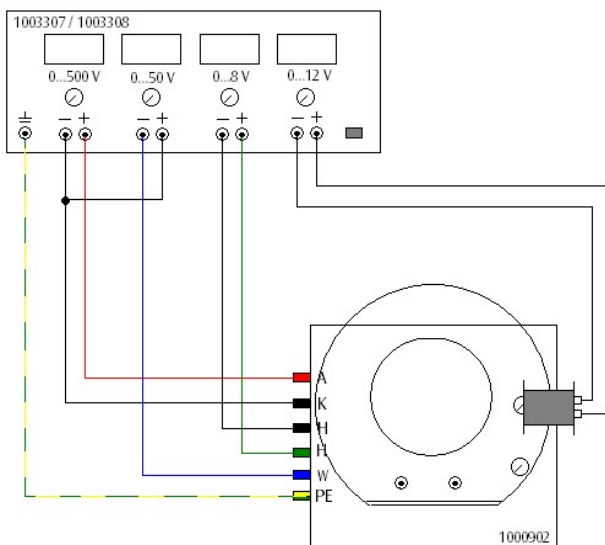


Fig. 5 Magnetic deflection of the electron beam.

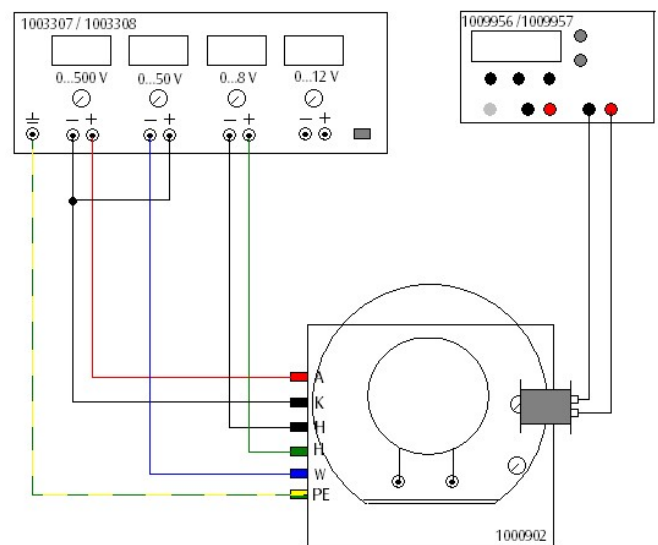


Fig. 6 Oscilloscope trace of periodic signals from a function generator.

- Repeat the experiment for a different function generator frequency, e.g. 1 kHz. Set the coarse adjustment for the saw-tooth generator to its highest level and then proceed as described for frequency 50 Hz.

#### Calibration of frequency adjustment for saw-tooth generator

- Turn off the power supply.
- Attach a coil to the right side of the metal ring as in fig. 6.
- Set up the experiment as in fig. 6.
- Connect deflecting plates to the output of the saw-tooth generator.
- Set the coarse adjustment of the saw-tooth frequency to its minimum level (second position from the left).
- Set the fine adjustment of the saw-tooth frequency " $f_{\min}$ ".
- Turn on the voltage supply.
- Adjust the voltage so as to not to exceed the limits (anode voltage 250 V approx.).

After 10-30 sec, the fluorescent dot appears on the screen. It should migrate periodically from left to right.

- Vary the Wehnelt voltage until the spot reaches its minimum dimensions.
- Select a frequency of 100 Hz on the function generator.
- With the fine adjustment, search for a frequency at which a standing image appears.

The frequency adjustment knob is now calibrated for a frequency of 100 Hz.

- Repeat the experiment for alternative frequencies.

## EVALUATION

### Electrical deflection of the electron beam

- The electron beam is deflected towards the deflecting plates.
- As a result of the saw-tooth frequency applied to the plates, the point of light periodically moves from left to right.
- If the saw-tooth frequency is increased, a continuous horizontal line of light can be seen on the screen.

### Magnetic deflection of the electron beam

- The electron beam is deflected in the vertical plane towards in the direction of magnetic field, i.e. when the coil is fitted to the right of the metal ring, the beam moves up and down.
- The direction in which this deflection occurs (up or down) is altered by changing the polarity of the DC power supply.
- The magnetic field is increased in strength by increasing the current and/or the number of coil windings through which it flows. This also increases the degree of deflection up or down.
- Changing the alignment of the coil with respect to the ring has the effect of changing the direction in which the beam is deflected. If the coil were situated at the top of the metal ring, for example, the deflection would be in a horizontal direction.

### Example of oscilloscope traces: periodic signals from a function generator

- Using the deflecting plates along with the saw-tooth generator and an alternating magnetic field around a coil connected to a function generator allows periodic signals to be displayed on the screen.
- Changing the function generator frequency requires modification of the saw-tooth frequency applied to the tube in order to obtain a trace similar to that in Fig. 1.

### Calibration of frequency adjustment for saw-tooth generator

- The frequency of the saw-tooth generator can be calibrated using the function generator. The two frequencies will be nearly identical if the oscilloscope is displaying a stationary trace on the screen.



## Osciloscopio didáctico

### ESTUDIO DE LOS FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA REPRESENTACIÓN OSCILOSCÓPICA RESUELTA EN TIEMPO DE SEÑALES ELÉCTRICAS.

- Estudio de la desviación de un rayo de electrones en un campo eléctrico.
- Estudio de la desviación de un rayo de electrones en un campo magnético.
- Demostración de la representación osciloscópica tomando como ejemplo las señales periódicas de un generador de funciones.
- Calibración del ajuste de frecuencias del generador de dientes de sierra.

UE30700800

05/16 JöS

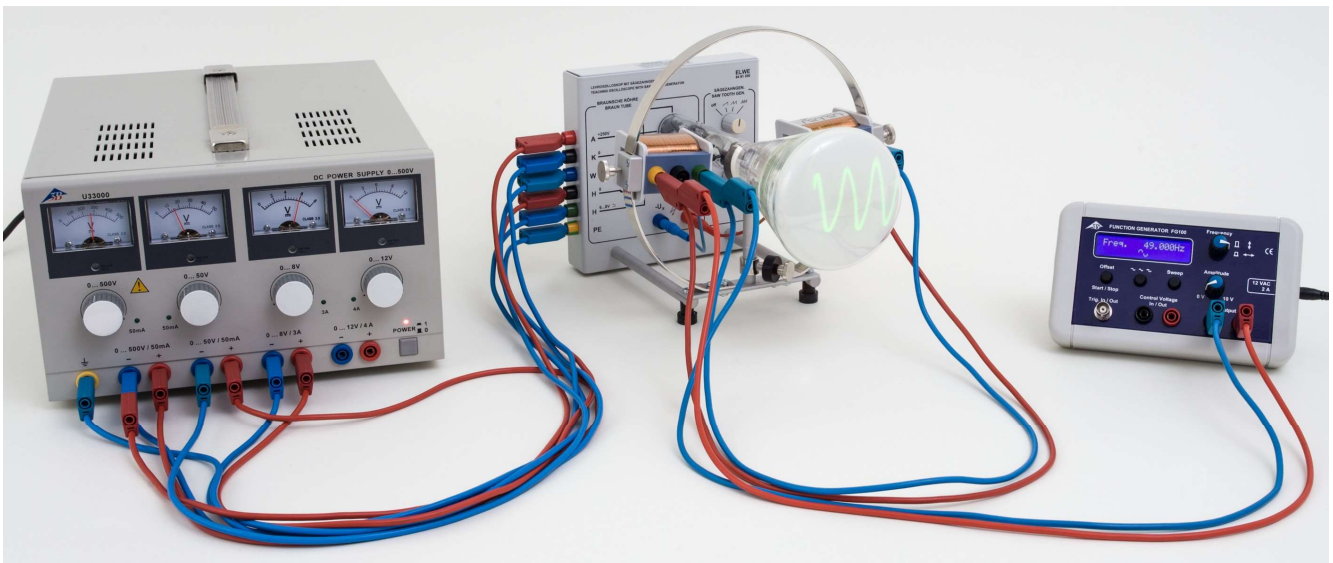


Fig. 1: Disposición de medición.

## FUNDAMENTOS GENERALES

Una aplicación importante de la emisión termoeléctrica en el alto vacío es el osciloscopio de rayos catódicos con un tubo de Braun como componente fundamental. En la realización del osciloscopio didáctico un llamado cilindro de Wehnelt que rodea un cátodo incandescente y una placa en forma de disco perforado a potencial de ánodo forman el sistema de óptica electrónica del tubo de Braun. Una parte de los electrones que son acelerados hacia el ánodo pasa a través del disco perforado y produce un rayo que se puede observar en la pantalla fluorescente en forma de un punto verde. Como el tubo está lleno de neon con una presión parcial reducida, el rayo de electrones se focaliza por medio de choques con los átomos del gas de neon haciéndose visible como un hilo brillante rojo. Una tensión negativa aplicada en el

cilindro de Wehnelt aporta también a la focalización del rayo de electrones. Se ha desistido de una instalación para producir una aceleración adicional y focalización del rayo, común es en los osciloscopios técnicos, en favor de la sencillez y claridad del sistema.

Detrás del ánodo se encuentra un par de placas orientadas paralelamente al rayo de electrones, las cuales pueden ser conectadas a un generador de dientes de sierra ( ver fig. 2). Por el campo eléctrico de la tensión de dientes de sierra  $U_x(t)$  se desvía el rayo de electrones en dirección horizontal y se mueve de izquierda a derecha con velocidad constante y luego vuelve a la posición inicial sobre la pantalla fluorescente.

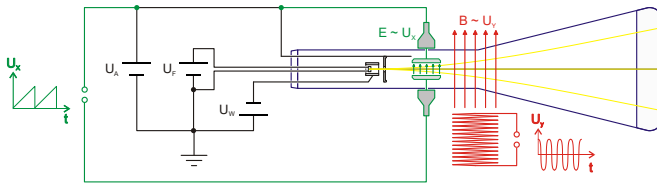


Fig. 2: Representación esquemática del osciloscopio didáctico visto desde arriba

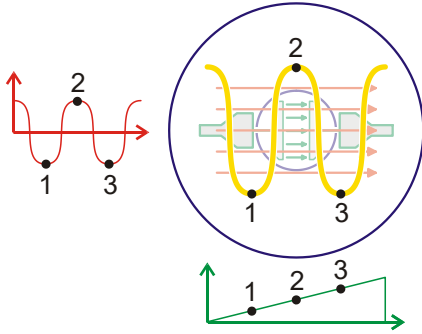


Fig. 3: Representación de una señal periódica resuelta en el tiempo

Este proceso se repite periódicamente con la frecuencia ajustada.

Durante su movimiento de izquierda a derecha, el rayo de electrones puede ser desviado adicionalmente hacia arriba o hacia abajo con un campo magnético, aplicando adicionalmente una tensión  $U_Y(t)$  en la bobina externa al tubo de Braun. Si esta tensión dependiente del tiempo cambia, este cambio se hace visible resuelto en el tiempo sobre la pantalla fluorescente (ver fig. 3). Estas tensiones dependientes del tiempo pueden ser, por ejemplo, las señales periódicas de salida de un generador de funciones o las señales amplificadas de un micrófono.

**LISTA DE APARATOS**

1	Osciloscopio didáctico	1025250
1	Fuente de alimentación de CC 0 – 500 V @230V	1003308
0		
1	Fuente de alimentación de CC 0 – 500 V @115V	1003307
1	Generador de funciones FG 100 @230V	1009957
0		
1	Generador de funciones FG 100 @115V	1009956
1	Juego de 15 cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1002843

**MONTAJE**

**Advertencias de seguridad**

El osciloscopio didáctico se activa parcialmente con tensiones superiores a los 60 V.

- El cableado se debe realizar con la alimentación de red apagada.
- Se deben utilizar cables de seguridad.
- Como el tubo de vidrio está evacuado se corre el peligro de implosión.
- El tubo no se debe golpear o exponer a esfuerzos mecánicos.

El osciloscopio didáctico funciona, dependiendo del tubo incorporado, por regla general, con tensiones de ánodo de hasta aprox. 300 V. Sin embargo, la tensión de ánodo no debe sobrepasar los 350 V.

El funcionamiento del aparato en colegios e instituciones de formación debe estar supervisado siempre por personal especializado y responsable.

**Puesta en funcionamiento**

- Se desconecta la fuente de alimentación.
- Se conectan las entradas del osciloscopio didáctico con las salidas de la fuente de alimentación de red, de acuerdo con las tensiones indicadas. (ver fig. 4).
- Se conecta la fuente de alimentación de red.
- Se ajustan los reguladores de tensión de tal forma que no se sobrepasen los valores límites.

Después de 10 a 30 segundos se observa en la pantalla un punto verde, el cual muestra el rayo de electrones incidentes. Para que el tubo sea lo más sencillo y claro posible para los objetivos didácticos, se ha desistido de colocar en el tubo algunas instalaciones adicionales para la aceleración o focalización ulteriores del rayo. Por esta razón no se puede focalizar el rayo tan nítidamente como se hace en los osciloscopios de técnicas de medidas.

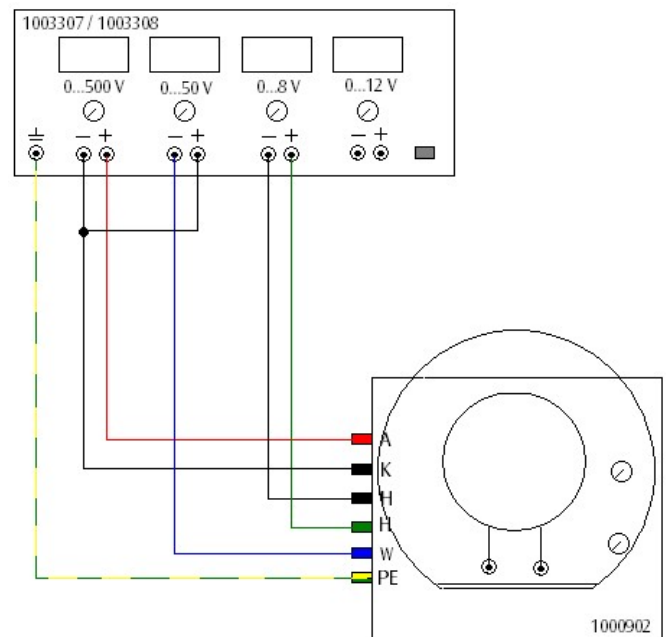


Fig. 4: Conexión del osciloscopio didáctico al aparato de alimentación de red.

- Se varía la tensión del cilindro de Wehnelt hasta que el punto tenga su mínima dimensión.

El rayo de electrones se puede observar en el tubo como un hilo rojo, pero debido a la baja luminosidad sólo se puede observar en un recinto con luz atenuada o a oscuras.

## REALIZACIÓN

### Desviación eléctrica del rayo de electrones

- Se desconecta la fuente de alimentación.
- Realice el cableado de acuerdo con la fig. 4.
- Se conectan las placas de desviación con la salida del generador de dientes de sierra.
- Se fija el ajuste burdo del generador en el nivel más bajo (segunda posición a la izquierda).
- Se conecta la fuente de alimentación de red.
- Se ajustan los reguladores de tensión de tal forma que no se sobrepasen los valores límites (tensión del ánodo approx.250 V).

El punto luminoso verde aparece en la pantalla después de 10 a 30 segundos. El punto se mueve de izquierda a derecha.

- Se varía la tensión del cilindro de Wehnelt hasta que el punto tenga su mínima dimensión.
- Con el ajuste fino se reduce la frecuencia hasta que se pueda ver claramente el movimiento del punto en la pantalla.

### Desviación magnética del rayo de electrones

- Se desconecta la fuente de alimentación.
- Se fija una bobina en el lado derecho del anillo metálico como en la fig. 5.
- Realice el cableado de acuerdo con la fig. 5.
- Se separan las placas de desviación de la salida del generador de dientes de sierra.
- Se conecta la fuente de alimentación de red.

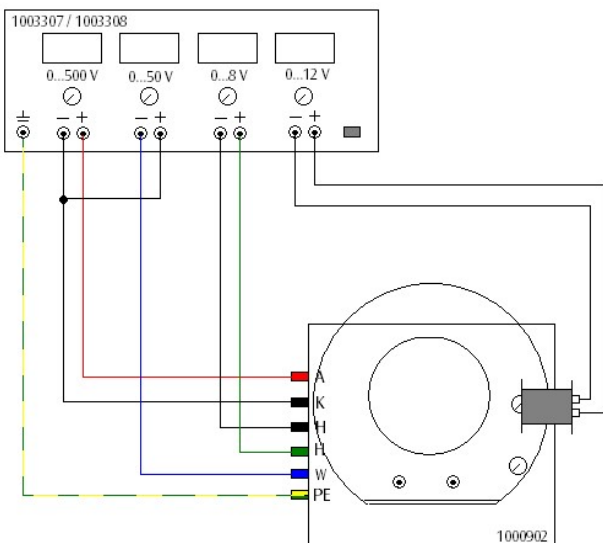


Fig. 5 Desviación magnética del rayo de electrones

- Se ajustan los reguladores de tensión de tal forma que no se sobrepasen los valores límites (tensión del ánodo approx.250 V).

El punto luminoso verde aparece en la pantalla después de 10 a 30 segundos.

- Se varía la tensión del cilindro de Wehnelt hasta que el punto tenga su mínima dimensión.
- Se conecta la fuente de alimentación de CC y se varía la corriente de la bobina.
- Se cambian, la polaridad, la orientación y el número de espiras de la bobina y se observan los efectos en la pantalla.

### Representación oscilográfica tomando como ejemplo las señales periódicas de un generador de funciones

- Se desconecta la fuente de alimentación.
- Se fija una bobina en el lado derecho del anillo metálico como en la fig. 6.
- Realice el cableado de acuerdo con la fig. 6.
- Se conectan las placas de desviación con la salida del generador de dientes de sierra.
- Se fija el ajuste burdo del generador en el nivel más bajo (segunda posición a la izquierda).
- Se fija en "f<sub>min</sub>" el ajuste fino de la frecuencia de dientes de sierra.
- Se conecta la fuente de alimentación de red.
- Se ajustan los reguladores de tensión de tal forma que no se sobrepasen los valores límites (tensión del ánodo approx.250 V).

El punto luminoso verde aparece en la pantalla después de 10 a 30 segundos. El punto se mueve de izquierda a derecha.

- Se varía la tensión del cilindro de Wehnelt hasta que el punto tenga su mínima dimensión.
- Se enciende el generador de funciones y se ajusta una frecuencia de 50 Hz.
- Ayudándose con el ajuste fino de la frecuencia de dientes de sierra y con la amplitud en el generador de funciones se optimiza la representación oscilográfica.

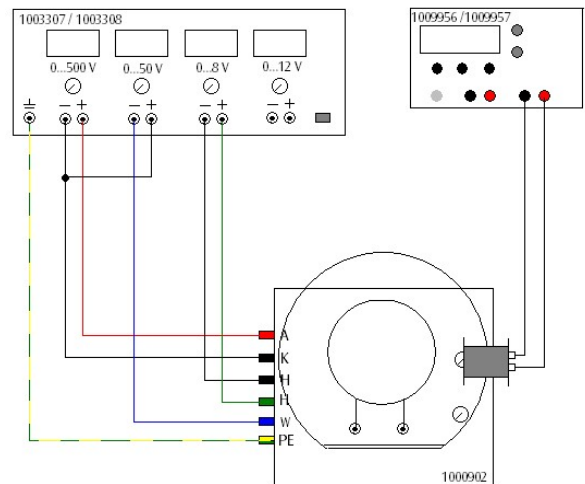


Fig. 6 Representación oscilográfica de señales periódicas con un generador de funciones

- Se repite el experimento con p.ej. 1 kHz en el generador de funciones, fijando el ajuste burdo de la frecuencia de dientes de sierra en el máximo nivel y procediendo como se describe con 50 Hz.

#### Calibración del ajuste de frecuencias del generador de dientes de sierra

- Se desconecta la fuente de alimentación.
- Se fija una bobina en el lado derecho del anillo metálico como en la fig. 6.
- Realice el cableado de acuerdo con la fig. 6.
- Se conectan las placas de desviación con la salida del generador de dientes de sierra.
- Se fija el ajuste burdo del generador en el nivel más bajo (segunda posición a la izquierda).
- Se fija el ajuste fino de la frecuencia de dientes de sierra en " $f_{\min}$ ".
- Se conecta la fuente de alimentación de red.
- Se ajustan los reguladores de tensión de tal forma que no se sobrepasen los valores límites (tensión del ánodo aprox. 250 V).

El punto luminoso verde aparece en la pantalla después de 10 a 30 segundos. El punto se mueve de izquierda a derecha.

- Se varía la tensión del cilindro de Wehnelt hasta que el punto tenga su mínima dimensión.
- Se enciende el generador de funciones y se ajusta una frecuencia de 100 Hz.
- Se busca con el ajuste fino de la frecuencia hasta encontrar un cuadro fijo de un período de oscilación.

El ajuste de frecuencias está ahora calibrado a una frecuencia de 100 Hz.

- Se repite el experimento con otras frecuencias.

## EVALUACIÓN

### Desviación eléctrica del rayo de electrones

- El rayo de electrones es desviado en dirección de las placas de desviación.
- Debido a la frecuencia de dientes de sierra conectada en las placas de desviación el punto luminoso se desplaza periódicamente de izquierda a derecha.
- Al aumentar la frecuencia de los dientes de sierra aparece en la pantalla una línea luminosa que se desplaza horizontalmente.

### Desviación magnética del rayo de electrones

- El rayo de electrones es desviado perpendicularmente al campo magnético, es decir, al colocar una bobina a la derecha en el anillo metálico, hacia arriba resp. hacia abajo.
- Cambiando la polaridad del aparato de alimentación de CC, la dirección de la desviación cambia (hacia arriba resp. hacia abajo).
- Al aumentar la intensidad de la corriente y el número de espiras recorridas se aumenta el campo magnético. Y en esa forma aumenta también la desviación hacia arriba o hacia abajo.
- Una variación de la orientación de la bobina en el anillo tiene como consecuencia que la dirección de desviación del rayo cambia. Al colocar la bobina en el punto superior del anillo metálico, la desviación es, p.ej. horizontal.

### Representación osciloscópica en el ejemplo de señales periódicas de un generador de funciones

- Al utilizar las placas de desviación con el generador de dientes de sierra y un campo magnético variable en una bobina, que está conectada con el generador de funciones, se pueden representar señales periódicas en la pantalla.
- Una variación de la frecuencia en el generador de funciones hace necesario una adaptación de la frecuencia de los dientes de sierra en el tubo para obtener una representación de acuerdo con la Fig. 1.

### Calibración del ajuste de frecuencia del generador de dientes de sierra

- La frecuencia del generador de dientes de sierra se puede calibrar utilizando un generador de funciones. En ello las dos frecuencias concuerdan casi totalmente, cuando la representación oscilográfica en la pantalla muestra una imagen detenida.

## Oscilloscope didactique

### ETUDE DES PRINCIPES PHYSIQUES FONDAMENTAUX POUR LA REPRESENTATION OSCILLOSCOPIQUE A RESOLUTION DANS LE TEMPS DES SIGNAUX ELECTRIQUES.

- Etude de la déviation d'un faisceau d'électrons dans un champ électrique.
- Etude de la déviation d'un faisceau d'électrons dans un champ magnétique.
- Démonstration de la représentation oscilloscopique à l'exemple des signaux périodiques d'un générateur de fonctions.
- Calibrage de l'actionneur de fréquence du générateur de dents de scie.

UE30700800

05/16 JöS

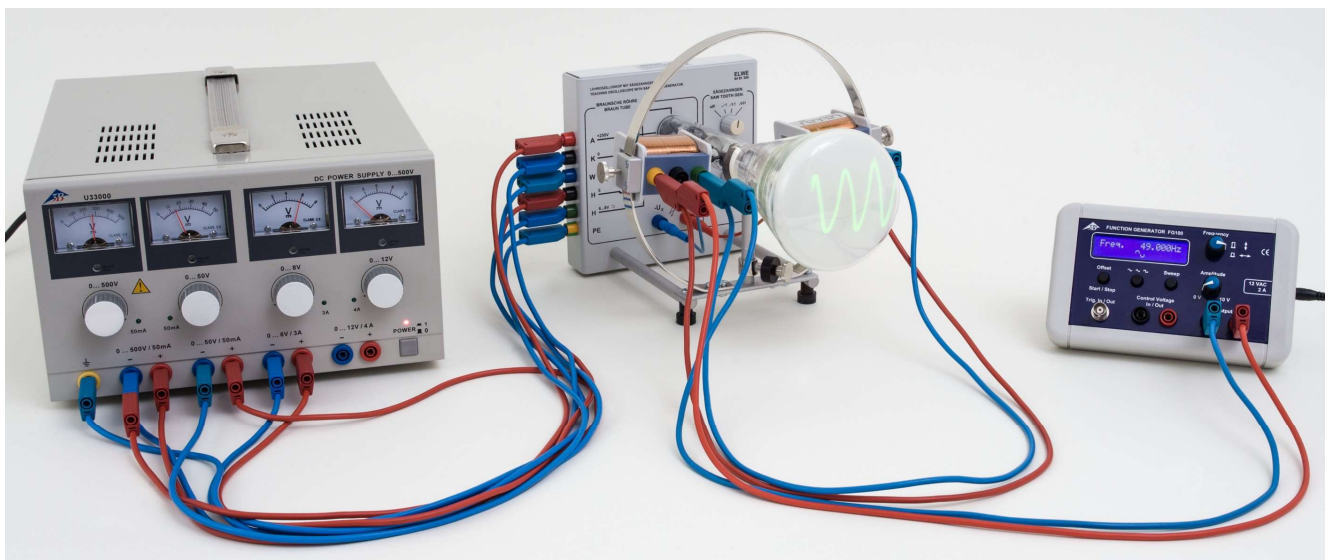


Fig. 1 : Agencement de la mesure.

## NOTIONS DE BASE GENERALES

L'oscilloscope à faisceau de cathode avec tube de Braun, comme composant majeur, est l'une des applications importantes de l'émission thermo-ionique sous vide poussé. Dans la version comme oscilloscope didactique, une cathode émettrice entourée d'un cylindre de Wehnelt et une plaque trouée sur l'anode de potentiel constituent le système électro-optique du tube de Braun, visible de l'extérieur. Une partie des électrons accélérés vers l'anode traversent la plaque trouée et forment un faisceau qui peut être observé sur l'écran fluorescent du tube sous la forme d'une tâche lumineuse verte. Comme les tubes sont remplis de néon à faible pression, le faisceau d'électrons sera focalisé par des impulsions avec les atomes de gaz et sera visible simultanément sous forme de fils lumineux de couleur rouge. L'alimentation d'une

tension négative sur le cylindre de Wehnelt contribue également à la focalisation. Pour des raisons de simplicité et de lisibilité, il a été renoncé à des équipements supplémentaires pour l'accélération postérieure et la focalisation du faisceau que l'on trouve d'ordinaire sur les oscilloscopes.

Derrière l'anode se trouve une paire de plaque orientée de manière parallèle au faisceau d'électrons et qui peut être raccordée au générateur de dents de scie (cf. illustration 2). Grâce au champ électrique de la tension en dents de scie  $U_x(t)$ , le faisceau est dévié de manière horizontale et se déplace sur l'écran fluorescent avec une vitesse constante de gauche à droite, pour revenir ensuite au point de départ.

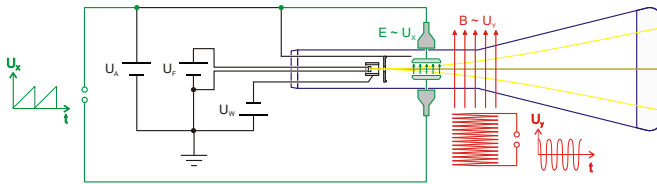


Fig. 2 : Représentation schématique de l'oscilloscope didactique, vu de dessus.

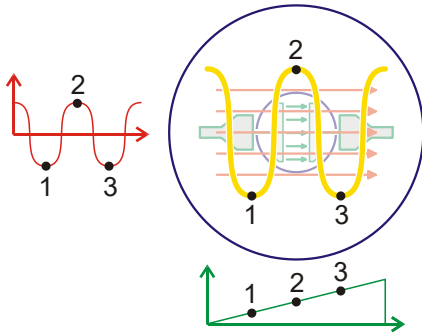


Fig. 3 : Représentation à résolution dans le temps d'un signal périodique.

Ce processus se répète de manière périodique avec une fréquence réglable. Pendant son mouvement de gauche à droite, le faisceau d'électrons peut en outre être dévié de manière verticale dans un champ magnétique en appliquant une tension  $U_v(t)$  dans la bobine à l'extérieur du tube. Si cette tension est modifiée en fonction de la durée, la modification sera visualisée avec résolution dans le temps sur l'écran fluorescent (cf. illustration 3). De telles tensions dépendantes de la durée peuvent par exemple être les signaux de sortie périodiques d'un générateur de fonctions ou bien également les signaux amplifiés d'un microphone.

## MONTAGE

### Consignes de sécurité

L'oscilloscope didactique est alimenté avec des tensions dépassant parfois 60 V.

- Ne procédez à des câblages que lorsque l'alimentation est éteinte.
- Utilisez des câbles de sécurité.

Comme le tube en verre est sous vide, il y a risque d'implosion.

- N'exposez pas le tube à des chocs ni à des charges mécaniques.

L'oscilloscope didactique fonctionne indépendamment des tubes intégrés, en règle générale à des tensions d'anode d'environ 300 V maxi. La tension d'anode ne doit pas dépasser 350 V.

Dans les écoles et les établissements de formation, l'utilisation de l'appareil doit être surveillée par un personnel formé.

### Mise en service

- Mettez l'alimentation hors service.
- Reliez les entrées de l'oscilloscope avec les sorties de l'alimentation conformément aux tensions indiquées (voir fig. 4).
- Mettez l'alimentation en service.
- Réglez le régulateur de tension de sorte que les valeurs limites ne soient pas dépassées.

Après 10 à 30 s, une tâche verte, qui marque le faisceau électronique, apparaît à l'écran. Pour que le tube reste simple et clair pour des fins didactiques, nous avons renoncé à installer un dispositif supplémentaire sur la post-accélération et la focalisation du faisceau. C'est la raison pour laquelle le faisceau ne peut pas être aussi net que sur des oscilloscopes techniques.

## LISTE DES APPAREILS

1	Oscilloscope didactique	1025250
1	Alimentation CC 0 – 500 V @230V	1003308
ou		
1	Alimentation CC 0 – 500 V @115V	1003307
1	Générateur de fonctions FG 100 @230V	1009957
ou		
1	Générateur de fonctions FG 100 @115V	1009956
1	Jeu de 15 cordons de sécurité, 75 cm	1002843

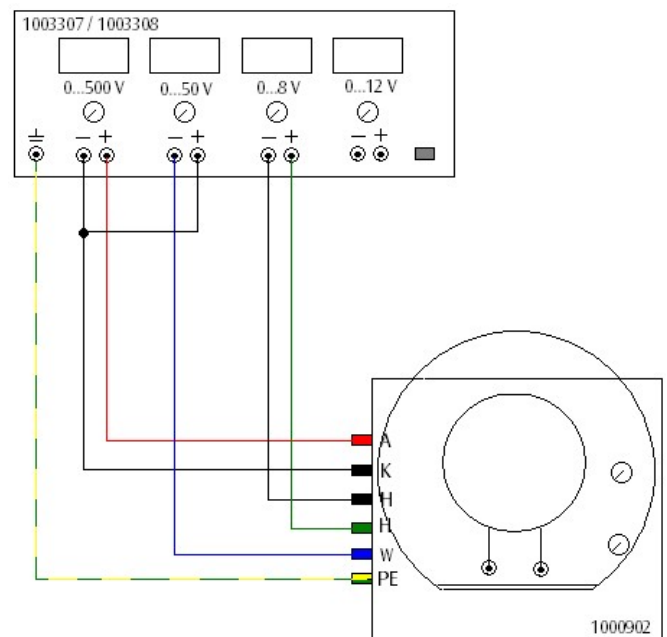


Fig. 4: Branchement de l'oscilloscope au bloc d'alimentation.

- Variez la tension Wehnelt, jusqu'à ce que la tâche atteigne son extension minimale.

Le faisceau apparaît également dans le tube sous la forme d'un fil rouge, mais, en raison de sa faible luminosité, visible seulement dans une pièce assombrie.

## REALISATION

### Déviatation électrique du faisceau électronique

- Mettez l'alimentation hors service.
- Procédez au câblage comme le montre la fig. 4.
- Reliez les plaques de déviation à la sortie du générateur.
- Réglez la fréquence approximative au niveau le plus faible (deuxième position depuis la gauche).
- Mettez l'alimentation en service.
- Réglez le régulateur de tension de sorte que les valeurs limites ne soient pas dépassées (tension anodique env. 250 V).

Après 10-30 s, le point lumineux apparaît à l'écran. Il se déplace périodiquement de gauche à droite.

- Variez la tension Wehnelt, jusqu'à ce que la tâche atteigne son extension minimale.
- Le cas échéant, avec le réglage fin, réduisez la fréquence de manière à ce que le déplacement du point puisse être suivi clairement.

### Déviatation magnétique du faisceau électronique

- Mettez l'alimentation hors service.
- Fixez une bobine sur le côté droit de l'anneau métallique comme dans la fig. 5.
- Procédez au câblage comme le montre la fig. 5.
- Séparez les plaques de déviation de la sortie du générateur de dents de scie.
- Mettez l'alimentation en service.

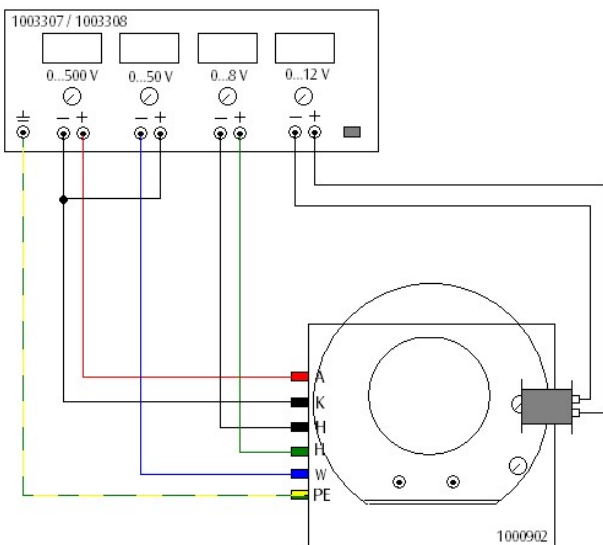


Fig. 5 Déviatation magnétique du faisceau électronique.

- Réglez le régulateur de tension de sorte que les valeurs

limites ne soient pas dépassées (tension anodique env. 250 V).

Après 10-30 s, le point lumineux apparaît à l'écran.

- Variez la tension Wehnelt, jusqu'à ce que la tâche atteigne son extension minimale.
- Mettez l'alimentation CC en service et variez le courant de la bobine.
- Modifiez la polarité, le sens de la bobine et le nombre de spires traversées et observez la déviation.

### Représentation oscilloscopique à l'exemple des signaux périodiques d'un générateur de fonctions

- Mettez l'alimentation hors service.
- Fixez une bobine sur le côté droit de l'anneau métallique comme dans la fig. 6.
- Procédez au câblage comme le montre la fig. 6.
- Reliez les plaques de déviation à la sortie du générateur.
- Réglez la fréquence approximative au niveau le plus faible (deuxième position depuis la gauche).
- Réglez l'ajustage fin de la fréquence en dents de scie sur «  $f_{min}$  ».
- Mettez l'alimentation en service.
- Réglez le régulateur de tension de sorte que les valeurs limites ne soient pas dépassées (tension anodique env. 250 V).

Après 10-30 s, le point lumineux apparaît à l'écran. Il se déplace périodiquement de gauche à droite.

- Variez la tension Wehnelt, jusqu'à ce que la tâche atteigne son extension minimale.
- Allumez le générateur de fonctions et réglez une fréquence de 50 Hz.
- Optimisez la représentation oscillographique à l'aide de l'ajustage fin de la fréquence en dents de scie et de l'amplitude sur le générateur de fréquence.

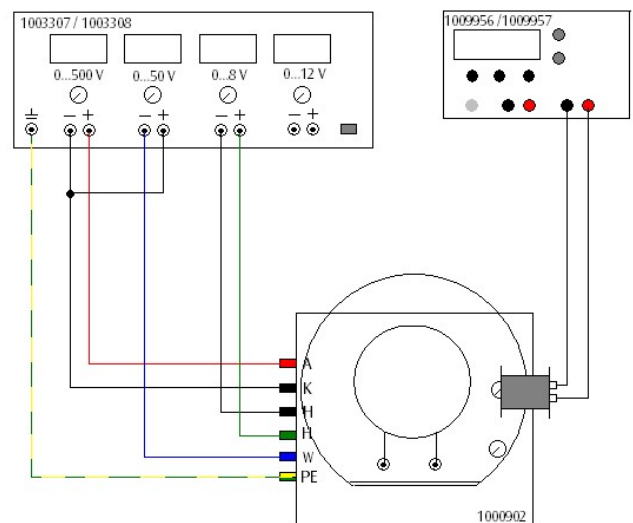


Fig. 6 Représentation oscilloscopique de signaux périodiques d'un générateur de fonctions.

- Répétez l'expérience par ex. avec 1 kHz sur le générateur de fréquence en réglant l'ajustage grossier de la fréquence en dents de scie au niveau le plus grossier et en procédant comme décrit à 50 Hz.

#### Calibrage du régulateur de fréquence du générateur de dents de scie

- Mettez l'alimentation hors service.
- Fixez une bobine sur le côté droit de l'anneau métallique comme dans la fig. 6.
- Procédez au câblage comme le montre la fig. 6.
- Reliez les plaques de déviation à la sortie du générateur.
- Réglez la fréquence approximative au niveau le plus faible (deuxième position depuis la gauche).
- Réglez l'ajustage fin de la fréquence en dents de scie sur «  $f_{\min}$  ».
- Mettez l'alimentation en service.
- Réglez le régulateur de tension de sorte que les valeurs limites ne soient pas dépassées (tension anodique env. 250 V).

Après 10-30 s, le point lumineux apparaît à l'écran. Il se déplace périodiquement de gauche à droite.

- Variez la tension Wehnelt, jusqu'à ce que la tâche atteigne son extension minimale.
- Allumez le générateur de fonctions et réglez une fréquence de 100 Hz.
- À l'aide du réglage fin, recherchez la fréquence à laquelle apparaît une image apparemment stable qui présente une période d'oscillation.

Le régulateur de fréquence est calibré maintenant à une fréquence de 100 Hz.

- Répétez l'expérience avec d'autres fréquences.

## ÉVALUATION

### Déviations électriques du faisceau électronique

- Le faisceau électronique est dévié vers les plaques de déviation.
- Par la fréquence en dents de scie appliquée aux plaques de déviation, le point lumineux se déplace périodiquement de gauche à droite.
- Par l'augmentation de la fréquence en dents de scie, une ligne lumineuse se déplaçant horizontalement apparaît à l'écran.

### Déviations magnétiques du faisceau électronique

- Le faisceau électronique est dévié perpendiculairement au champ magnétique, c'est-à-dire vers le haut ou vers le bas lorsque la bobine est disposée à droite de la bague métallique.
- Le changement de polarité sur le bloc d'alimentation CC modifie l'orientation de la déviation (vers le haut ou vers le bas).
- L'augmentation de l'intensité électrique et du nombre de spires traversées dans la bobine augmente l'intensité du champ magnétique. De ce fait, la déviation vers le haut et vers le bas augmente également.
- Une modification de l'orientation de la bobine sur la bague a pour effet de modifier le sens de déviation du faisceau. Lorsque la bobine est disposée en haut sur la bague métallique, la déviation est par ex. horizontale.

### Représentation oscilloscopique à l'exemple des signaux périodiques d'un générateur de fonctions

- Utilisées en liaison avec le générateur de dents de scie et un champ magnétique alternant sur une bobine reliée au générateur de fonctions, les plaques de déviation permettent de représenter des signaux périodiques à l'écran.
- Afin d'obtenir une représentation comme sur la Fig. 1, une modification de la fréquence sur le générateur de fonctions nécessite une adaptation de la fréquence en dents de scie sur le tube.

### Calibrage du régulateur de fréquence du générateur de dents de scie

- Le générateur de fonctions permet de calibrer la fréquence du générateur de dents de scie. Les deux fréquences coïncident pratiquement lorsque la représentation oscillographique à l'écran fournit une image stable.



## Oscilloscopio didattico

### ANALISI DEI PRINCIPI FISICI DELLA RAPPRESENTAZIONE OSCILLOSCOPICA CON RISOLUZIONE TEMPORALE DEI SEGNALI ELETTRICI.

- Analisi della deviazione di un fascio elettronico in un campo elettrico.
- Analisi della deviazione di un fascio elettronico in un campo magnetico.
- Dimostrazione della rappresentazione oscilloscopica prendendo come esempio i segnali periodici di un generatore di funzione.
- Calibrazione del regolatore di frequenza del generatore a dente di sega.

UE30700800

05/16 JöS

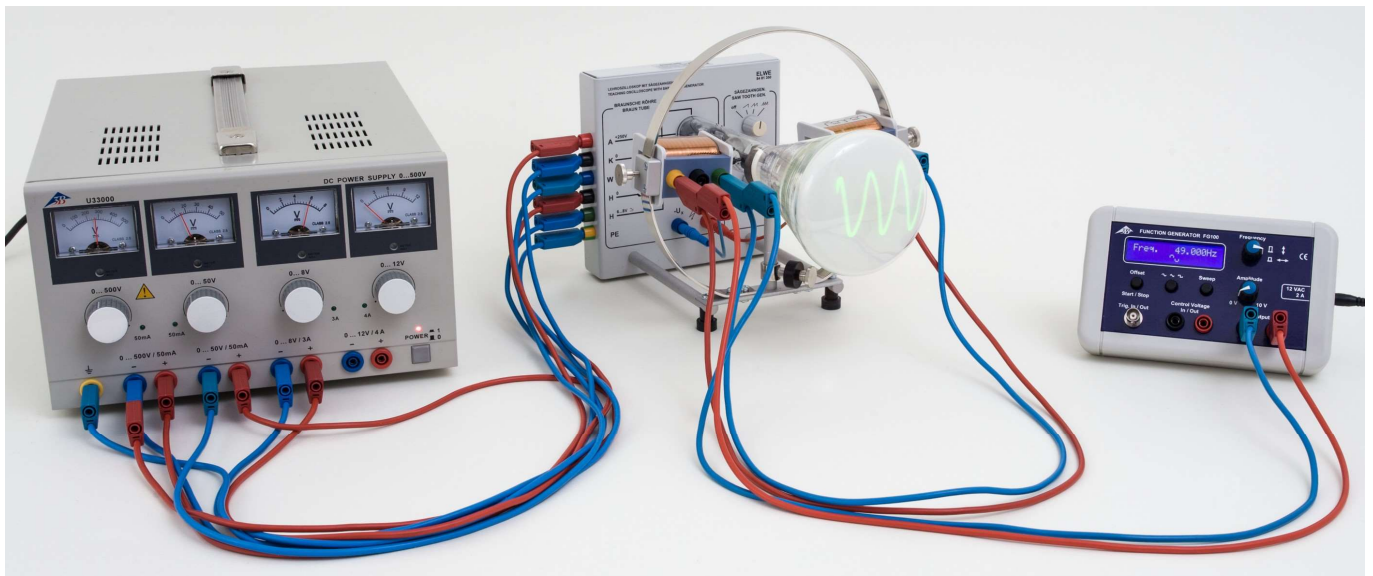


Fig. 1: Disposizione per la misurazione.

### BASI GENERALI

Un'importante applicazione dell'emissione di elettroni caldi in alto vuoto è l'oscilloscopio a raggi catodici, con il tubo a raggi catodici come sua parte costituente fondamentale. Nella versione didattica dell'oscilloscopio, un catodo incandescente circondato dal cosiddetto cilindro di Wehnelt e un disco forato a potenziale anodico costituiscono il sistema ottico elettronico del tubo a raggi catodici esternamente visibile. Una parte degli elettroni accelerati verso l'anodo attraversa il disco forato e forma un raggio visibile sullo schermo fluorescente del tubo sotto forma di un punto luminoso verde. Poiché il tubo è riempito di neon a bassa pressione, il fascio elettronico viene unito a urti agli atomi di gas e contemporaneamente reso visibile sotto forma di un filo luminoso rossastro.

Alla formazione di questo nuovo fascio contribuisce anche l'applicazione di una tensione negativa sul cilindro di Wehnelt. A favore della semplicità e della chiarezza si è rinunciato a dispositivi supplementari per l'accelerazione successiva e la messa a fuoco del raggio, comuni negli oscilloscopi tecnici.

Dietro all'anodo è situata una coppia di piastre orientate parallelamente al fascio elettronico che possono essere collegate a un generatore di tensione a dente di sega (vedere la fig. 2). Il campo elettrico della tensione a dente di sega  $U_x(t)$  devia orizzontalmente il fascio, che si sposta sullo schermo fluorescente da sinistra a destra a velocità costante, per poi "saltare" al punto di partenza.

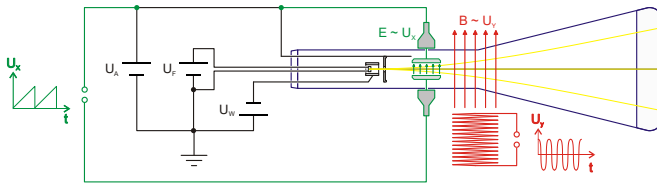


Fig. 2: Rappresentazione schematica dell'oscilloscopio didattico visto dall'alto

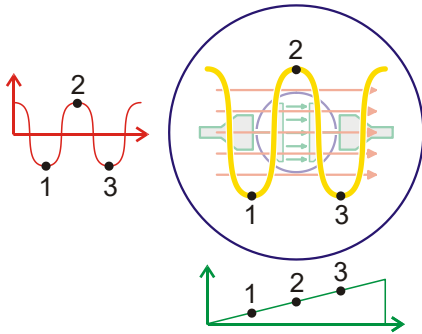


Fig. 3: Rappresentazione con risoluzione temporale di un segnale periodico

Questo processo si ripete periodicamente con una frequenza regolabile.

Durante il moto da sinistra a destra, il fascio elettronico può inoltre essere deviato verticalmente in un campo magnetico applicando una tensione  $U_Y(t)$  alla bobina esterna al tubo. Se questa tensione varia in funzione del tempo, la variazione viene resa visibile con risoluzione temporale sullo schermo fluorescente (vedere la fig. 3). Queste tensioni dipendenti dal tempo possono per esempio essere i segnali di uscita periodici di un generatore di funzione oppure i segnali amplificati di un microfono.

**ELENCO DEGLI STRUMENTI**

1 Oscilloscopio didattico	1025250
1 Alimentatore CC 0 – 500 V @230V	1003308
○	
1 Alimentatore CC 0 – 500 V @115V	1003307
1 Generatore di funzione FG 100 @230V	1009957
○	
1 Generatore di funzione FG 100 @115V	1009956
1 Set di 15 cavi di sicurezza per esperimenti, 75cm	1002843

**MONTAGGIO**

**Norme di sicurezza**

L'oscilloscopio didattico viene utilizzato in parte con tensioni superiori a 60 V.

- Eseguire il cablaggio solo con alimentatore spento.
- Utilizzare i cavi di sicurezza.

Poiché il tubo di vetro è sotto vuoto, sussiste il pericolo di implosione.

- Non esporre i tubi a urti e sollecitazioni meccaniche.

Di norma l'oscilloscopio didattico funziona, a prescindere dal tubo installato, con tensioni anodiche fino a circa 300 V. La tensione anodica non deve in ogni caso superare i 350 V.

Nelle scuole e negli istituti di formazione l'utilizzo dell'apparecchio deve essere controllato responsabilmente da personale addestrato.

**Messa in funzione**

- Spegnerne l'alimentatore.
- Collegare gli ingressi dell'oscilloscopio didattico con le uscite dell'alimentatore in base alle tensioni indicate (vedi fig. 4).
- Accendere l'alimentatore.
- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite.

Dopo 10-30 s compare sullo schermo fluorescente una macchia verde indicante il fascio di elettroni in arrivo. Per mantenere il tubo il più semplice e chiaro possibile a scopo didattico, si è rinunciato ad un dispositivo supplementare per l'accelerazione successiva e la messa a fuoco del fascio. Per questo motivo non è possibile di norma mettere a fuoco il fascio in modo così ottimale come avviene negli oscilloscopi per la tecnica di misurazione.

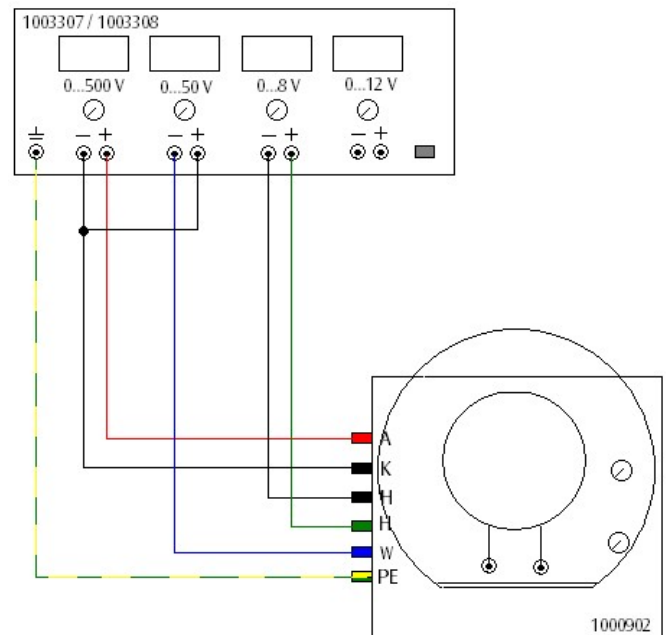


Fig. 4: Collegamento dell'oscilloscopio didattico all'alimentatore

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchina non raggiunge l'estensione minima.

Il fascio elettronico è visibile anche all'interno del tubo come filo rossastro, ma, per la luminosità ridotta, solo in ambiente oscurato.

**ESECUZIONE**

**Deflessione elettrica del fascio elettronico**

- Spegner l'alimentatore.
- Cablare il tubo come indicato nella fig. 4.
- Collegare le piastre di deflessione all'uscita del generatore a dente di sega.
- Impostare la macroregolazione della frequenza a dente di sega al livello più basso (seconda posizione da sinistra).
- Accendere l'alimentatore.
- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite (tensione anodica ca. 250 V).

Il punto fluorescente compare sullo schermo dopo 10-30 s. Si sposta periodicamente da sinistra a destra.

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchina non raggiunge l'estensione minima.
- Con l'ausilio della microregolazione diminuire eventualmente la frequenza in modo da potere seguire chiaramente lo spostamento del punto.

**Deflessione magnetica del fascio elettronico**

- Spegner l'alimentatore.
- Fissare una bobina sul lato destro dell'anello metallico come in fig. 5
- Cablare il tubo come indicato nella fig. 5.
- Staccare le piastre di deflessione dal generatore a dente di sega.
- Accendere l'alimentatore.

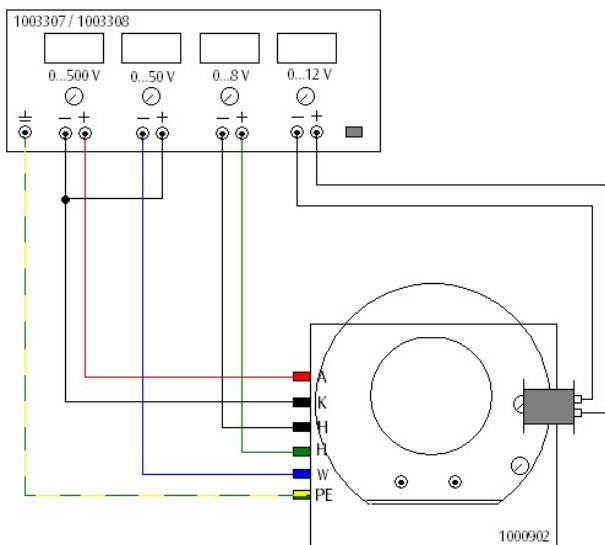


Fig. 5 Deflessione magnetica del fascio elettronico

- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite (tensione anodica ca. 250 V).

Il punto fluorescente compare sullo schermo dopo 10-30 s. Si sposta periodicamente da sinistra a destra.

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchina non raggiunge l'estensione minima.
- Accendere l'alimentatore CC e modificare la corrente della bobina.
- Modificare la polarità, l'orientamento della bobina e il numero di spire attraversate e osservare gli effetti.

**Rappresentazione oscilloscopica prendendo come esempio i segnali periodici di un generatore di funzione**

- Spegner l'alimentatore.
- Fissare una bobina sul lato destro dell'anello metallico come in fig. 6.
- Cablare il tubo come indicato nella fig. 6.
- Collegare le piastre di deflessione all'uscita del generatore a dente di sega.
- Impostare la macroregolazione della frequenza a dente di sega al livello più basso (seconda posizione da sinistra).
- Impostare la microregolazione della frequenza a dente di sega su "f<sub>min</sub>".
- Accendere l'alimentatore.
- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite (tensione anodica ca. 250 V).

Il punto fluorescente compare sullo schermo dopo 10-30 s. Si sposta periodicamente da sinistra a destra.

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchina non raggiunge l'estensione minima.
- Accendere il generatore di funzione e impostare una frequenza pari a 50 Hz.
- Tramite la microregolazione della frequenza a dente di sega e dell'ampiezza sul generatore di frequenza, ottimizzare la rappresentazione oscillografica.

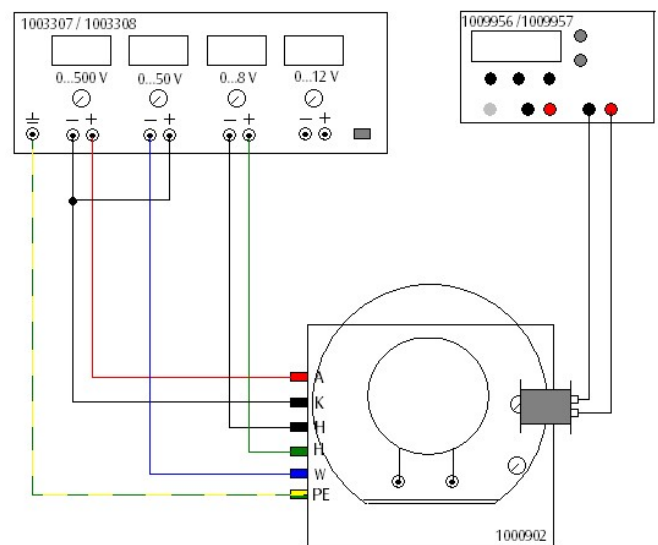


Fig. 6 Rappresentazione oscilloscopica di segnali periodici con un generatore di funzione

- Ripetere la prova ad es. con 1 kHz sul generatore di frequenza. A tale scopo, impostare la macroregolazione della frequenza a dente di sega al livello più alto e procedere come descritto a 50 Hz.

#### Calibrazione del regolatore di frequenza del generatore a dente di sega

- Spegnerne l'alimentatore.
- Fissare una bobina sul lato destro dell'anello metallico come in fig. 6.
- Cablare il tubo come indicato nella fig. 6.
- Collegare le piastre di deflessione all'uscita del generatore a dente di sega.
- Impostare la macroregolazione della frequenza a dente di sega al livello più basso (seconda posizione da sinistra).
- Impostare la microregolazione della frequenza a dente di sega su " $f_{\min}$ ".
- Accendere l'alimentatore.
- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite (tensione anodica ca. 250 V).

Il punto fluorescente compare sullo schermo dopo 10-30 s. Si sposta periodicamente da sinistra a destra.

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchia non raggiunge l'estensione minima.
- Accendere il generatore di funzione e impostare una frequenza pari a 100 Hz.
- Cercare con la microregolazione la frequenza con cui appare un'immagine apparentemente stabile che mostra un periodo di oscillazione.

Il regolatore di frequenza è ora calibrato su una frequenza pari a 100 Hz.

- Ripetere l'esperimento con altre frequenze.

## ANALISI

### Deflessione elettrica del fascio elettronico

- Il fascio elettronico viene deviato nella direzione delle piastre di deflessione.
- Per via della frequenza a dente di sega applicata sulle piastre di deflessione, il punto fluorescente si sposta periodicamente da sinistra a destra.
- Aumentando la frequenza a dente di sega compare sullo schermo una linea fluorescente con andamento orizzontale.

### Deflessione magnetica del fascio elettronico

- Il fascio elettronico viene deviato verticalmente verso il campo magnetico, cioè montando la bobina a destra sull'anello metallico verso l'alto o verso il basso.
- Invertendo la polarità sull'alimentatore CC, cambia la direzione della deflessione (verso l'alto o verso il basso).
- Innalzando l'intensità di corrente e il numero di spire della bobina attraversate, aumenta l'intensità del campo magnetico. In questo modo aumenta anche la deflessione verso l'alto e verso il basso.
- Modificando l'orientamento della bobina sull'anello determina una variazione della direzione di deflessione del fascio. Montando la bobina in alto sull'anello metallico, la deflessione sarà ad es. orizzontale.

### Rappresentazione oscilloscopica prendendo come esempio i segnali periodici di un generatore di funzione

- Se si utilizzano le piastre di deflessione in combinazione con il generatore a dente di sega e a un campo magnetico alternato su una bobina collegata al generatore di funzione, si riconoscono sullo schermo segnali periodici.
- Una variazione della frequenza sul generatore di funzione richiede un adattamento della frequenza a dente di sega al tubo per ottenere una rappresentazione come da Fig. 1.

### Calibrazione del regolatore di frequenza del generatore a dente di sega

- La frequenza del generatore a dente di sega viene calibrata mediante l'impiego del generatore di funzione. Se la rappresentazione oscillografica sullo schermo dà un'immagine fissa, le due frequenze coincidono pressoché perfettamente.

## Osciloscópio para o ensino

### ESTUDO DOS PRINCÍPIOS FÍSICOS PARA A DETERMINAÇÃO OSCILOSCÓPICA DE SINAIS ELÉTRICOS.

- Estudo do desvio de um raio de elétrons em um campo elétrico.
- Estudo do desvio de um raio de elétrons em um campo magnético.
- Demonstração da produção osciloscópica com exemplo do sinal periódico de um gerador de função.
- Calibração do controlador de frequência do gerador com dentes de serrate.

UE30700800

05/16 JöS

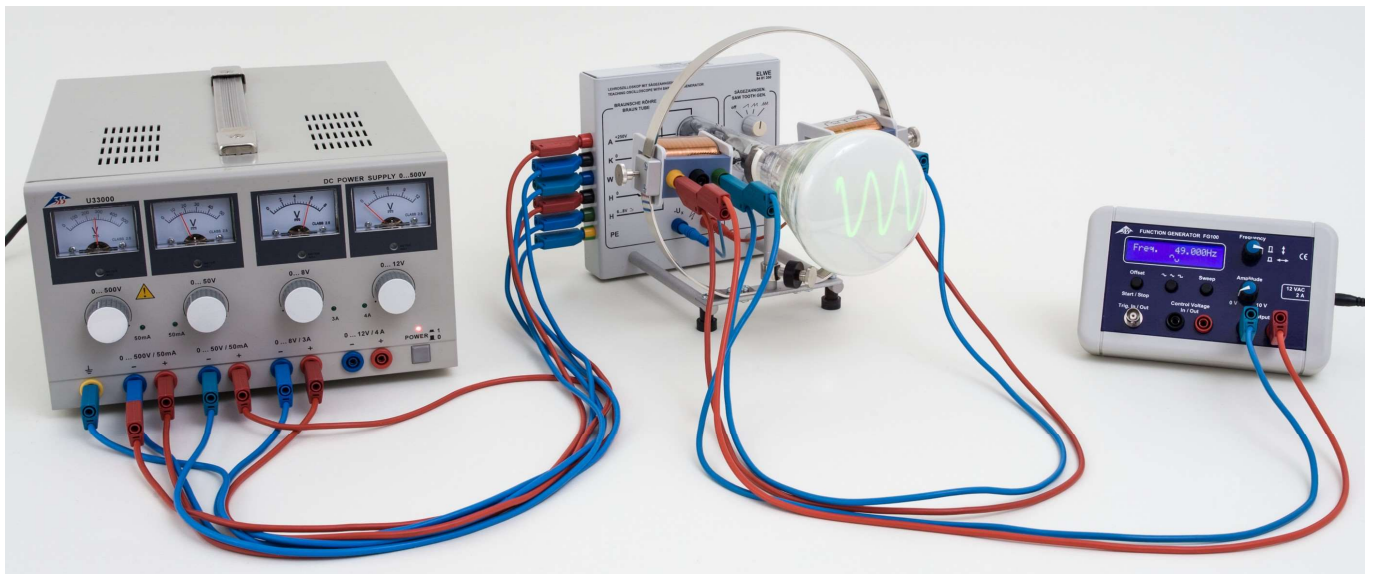


Fig. 1: Ordem da medição.

## FUNDAMENTOS GERAIS

Uma utilização importante da emissão de elétrons incandescentes no alto vácuo é o osciloscópio de raio de cátodos com o tubo de raios de cátodos como elemento essencial. Na construção do osciloscópio para o ensino, um cátodo incandescente, circundado pelos assim chamados cilindros de Wehnelt, e um disco perfurado com potencial de ânodo constituem o sistema, visível por fora, do tubo de raios de cátodos. Uma parte dos elétrons acelerados para o ânodo atravessa o disco perfurado e forma um raio, que é observável na tela iluminada do tubo como uma mancha verde luminosa. Como o tubo é preenchido com néon a pressão muito pequena, o raio de elétrons é concentrado pelos impactos com os átomos do gás e torna-se imediatamente visível como um fio luminoso vermelho. Também contribui para o agrupa-

mento a presença de uma tensão negativa no cilindro de Wehnelt. Em prol da simplicidade e da clareza, abdicou-se de equipamentos auxiliares para maior aceleração e direcionamento do raio, comuns em osciloscópios técnicos.

Atrás do ânodo encontra-se um par de placas alinhadas paralelamente ao raio de elétrons. Essas placas podem ser conectadas a um gerador de dentes de serrate (vide figura 2). Por meio do campo elétrico da tensão dos dentes de serrate  $U_x(t)$ , o raio é desviado horizontalmente e se dirige à tela iluminada com velocidade constante da esquerda para a direita, para então saltar novamente para o ponto de partida. Essa seqüência se repete periodicamente com uma frequência ajustável.

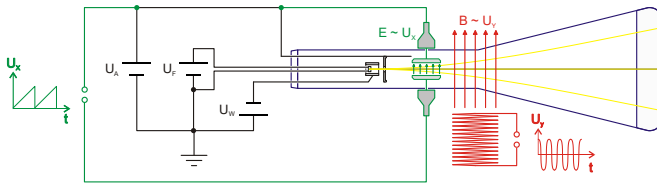


Fig. 2: Demonstração esquemática do osciloscópio para o ensino, observado de cima

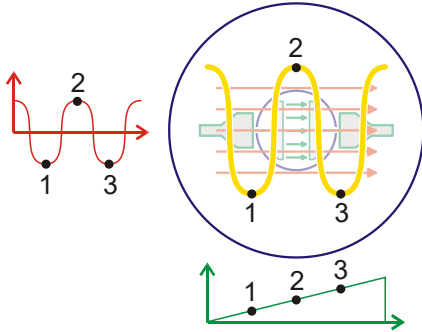


Fig. 3: Determinação de um sinal periódico, diluída pelo tempo

Durante sua movimentação da esquerda para a direita, o raio de elétrons pode ser, além disso, desviado verticalmente para um campo magnético, enquanto uma tensão  $U_v(t)$  é direcionada para a mola fora do tubo. Se essa tensão se modifica dependendo do tempo, essa mudança se torna visível na tela iluminada, diluída ao longo do tempo (vide figura 3). Essas tensões dependentes do tempo podem, por exemplo, ser os sinais de saída periódicos de um gerador de função ou também os sinais fortalecidos de um microfone.

## MONTAGEM

### Indicações de segurança

O osciloscópio didático é alimentado em parte com tensões acima de 60 V.

- Só realizar as conexões com o aparelho de alimentação elétrica desligado.
- Utilizar cabos de segurança.

O tubo de vidro estando evacuado existe o risco de implosão.

- Não exercer nenhum esforço mecânico sobre o tubo.

O osciloscópio de aprendizado funciona, dependendo do tubo inserido, geralmente com tensões de anodo de até cerca de 300 V. A tensão do anodo não pode, entretanto, ultrapassar os 350 V.

Em escolas ou centros de formação a operação do aparelho deve ocorrer sob a responsabilidade de pessoas preparadas para a operação do aparelho.

### Primeira operação

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Conectar as entradas do osciloscópio didático com as saídas do aparelho de alimentação em rede conforme às tensões correspondentes (vide fig. 4).
- Ligar o aparelho de alimentação.
- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados.

Após 10-30 s aparece uma mancha verde sobre a tela que marca um feixe de elétrons incidente. Para manter o tubo o mais simples e compreensível possível para fins didáticos, não foi instalado um dispositivo adicional para aceleração posterior e focalização. Por essa razão, em geral o feixe não pode ser tão nítido como num osciloscópio de medição.

## LISTA DE APARELHOS

1	Osciloscópio para o ensino	1025250
1	Fonte de alimentação DC 0 – 500 V @230V	1003308
ou		
1	Fonte de alimentação DC 0 – 500 V @115V	1003307
1	Gerador de funções FG 100 @230V	1009957
ou		
1	Gerador de funções FG 100 @115V	1009956
1	Conjunto de 15 cabos de segurança para experiências, 75 cm	1002843

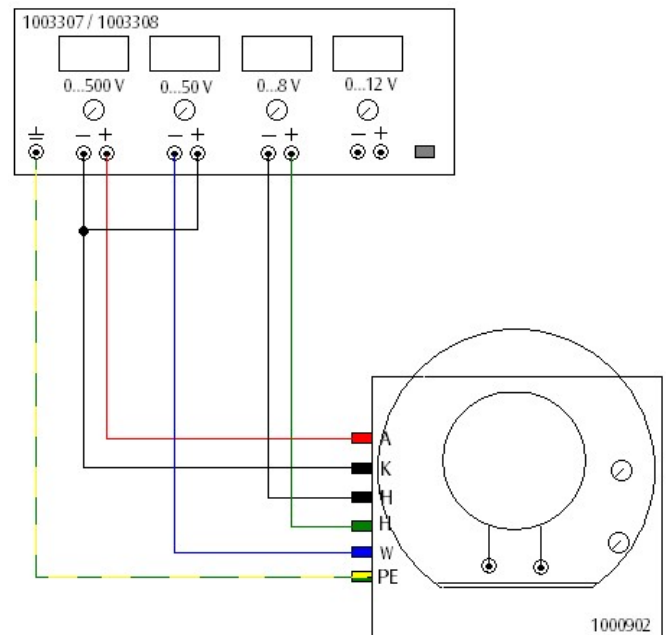


Fig. 4: Conexão do osciloscópio na fonte de alimentação

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.

O feixe de elétrons também é visível no tubo na forma de um fio avermelhado, porém, por causa da luminosidade reduzida, só é visível em espaço escurecido.

## REALIZAÇÃO

### Desvio elétrico do feixe de elétrons

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Efetuar a conexão do tubo conforme a fig. 4.
- Conectar as placas de desvio com a saída do gerador de dentes de serra.
- Posicionar o ajuste grosseiro do gerador de dentes de serra no menor nível (segunda posição da esquerda).
- Ligar o aparelho de alimentação.
- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados (tensão anódica aprox. 250 V).

O ponto luminoso aparece na tela após 10-30 s. Ele se desloca periodicamente da esquerda para a direita.

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.
- Caso necessário, baixar a frequência até que seja possível seguir os movimentos do ponto.

### Desvio magnético do feixe de elétrons

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Fixar uma bobina no lado direito do anel de metal conforme a fig. 5.
- Efetuar a conexão do tubo conforme a fig. 5.
- Separar as placas de desvio do gerador de dentes de serrote.
- Ligar o aparelho de alimentação.

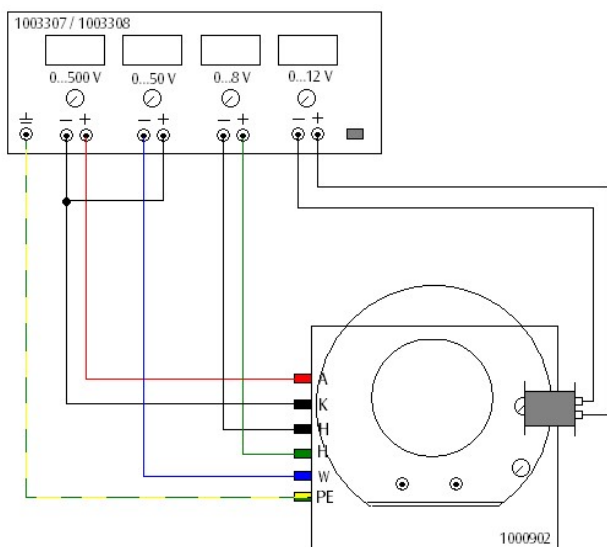


Fig. 5 Desvio magnético do feixe de elétrons.

- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados (tensão anódica aprox. 250 V).

O ponto luminoso aparece na tela após 10-30 s.

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.
- Ligar o aparelho de alimentação DC e variar a corrente das bobinas.
- Alterar a polaridade, a direção e o número de espiras eletrificadas e observar os efeitos.

### Representação osciloscópica no exemplo dos sinais periódicos de um gerador de funções.

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Fixar uma bobina no lado direito do anel de metal conforme a fig. 6.
- Efetuar a conexão do tubo conforme a fig. 6.
- Conectar as placas de desvio com a saída do gerador de dentes de serra.
- Posicionar o ajuste grosseiro do gerador de dentes de serra no menor nível (segunda posição da esquerda).
- Colocar o ajuste fino da frequência dos dentes de serrote para "f<sub>min</sub>".
- Ligar o aparelho de alimentação.
- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados (tensão anódica aprox. 250 V).

O ponto luminoso aparece na tela após 10-30 s. Ele se desloca periodicamente da esquerda para a direita.

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.
- Ligar o gerador de funções e ajustar uma frequência de 50 Hz.
- Com auxílio do ajuste fino da frequência de dentes de serrote e da amplitude no gerador de funções, otimizar uma representação oscilográfica.

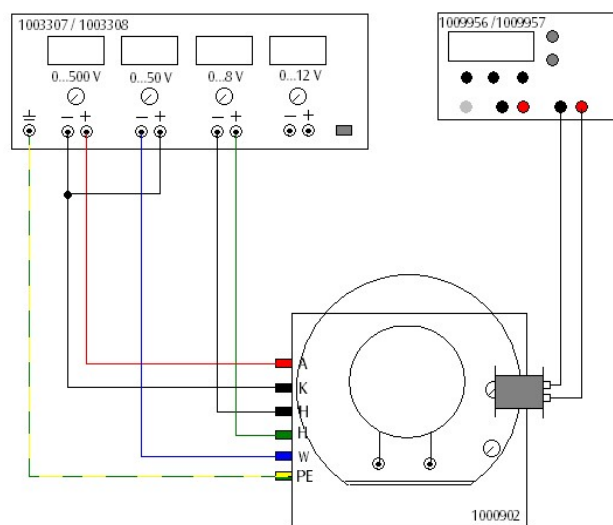


Fig. 6 Representação osciloscópica de sinais periódicos com um gerador de funções

- Repetir a experiência, p.ex. com 1 kHz no gerador de frequências. Nisto, colocar o ajuste grosseiro da frequência de dentes de serrote no nível mais alto e proceder conforme descrito para 50 Hz.

#### **Calibragem do regulador de frequência do gerador de dentes de serra**

- Desligar o aparelho de alimentação elétrica.
- Fixar uma bobina no lado direito do anel de metal conforme a fig. 6.
- Efetuar a conexão do tubo conforme a fig. 6.
- Conectar as placas de desvio com a saída do gerador de dentes de serra.
- Posicionar o ajuste grosseiro do gerador de dentes de serra no menor nível (segunda posição da esquerda).
- Colocar o ajuste fino da frequência dos dentes de serrote para " $f_{\min}$ ".
- Ligar o aparelho de alimentação.
- Ajustar o regulador de tensão de modo que os valores limite não sejam ultrapassados (tensão anódica aprox. 250 V).

O ponto luminoso aparece na tela após 10-30 s. Ele se desloca periodicamente da esquerda para a direita.

- Variar a tensão de Wehnelt até que a mancha apresente a sua extensão mínima.
- Ligar o gerador de funções e ajustar uma frequência de 100 Hz.
- Procurar com o ajuste fino a frequência na qual aparece uma imagem aparentemente estacionária que mostra um período de oscilação.

O regulador de tensão está agora calibrado para uma frequência de 100 Hz.

- Repetir a experiência com outras frequências.

## **AVALIAÇÃO**

### **Desvio elétrico do feixe de elétrons**

- O feixe de elétrons é desviado na direção das placas de desvio.
- Por meio da frequência de dentes de serra aplicada às placas de desvio, o ponto luminoso se desloca periodicamente da esquerda para a direita.
- Por meio da elevação da frequência de dentes de serra, aparece uma linha luminosa horizontal na tela.

### **Desvio magnético do feixe de elétrons**

- O feixe de elétrons é desviado perpendicularmente em relação ao campo magnético, ou seja, com fixação da bobina à direita do anel de metal para cima respectivamente para baixo.
- Por alteração da polaridade na fonte de alimentação DC, a direção do desvio (para cima ou para baixo) é alterada.
- Por elevação da força da corrente e do número de espiras passadas, a força do campo magnético é aumentada. Assim, também se eleva o desvio para cima e para baixo.
- Uma alteração da disposição da bobina no anel tem como consequência a alteração da direção de desvio do feixe. Em caso de fixação da bobina em cima no anel metálico, o desvio será, p.ex., horizontal.

### **Representação osciloscópica no exemplo dos sinais periódicos de um gerador de funções.**

- Com a utilização das placas de desvio em combinação com o gerador de dentes de serra e um campo magnético variável em uma bobina conectada ao gerador de funções, podem ser representados sinais periódicos na tela.
- Uma alteração da frequência no gerador de funções depende da adaptação da frequência de dentes de serra no tubo, para obter uma representação conforme Fig. 1.

### **Calibragem do regulador de frequência do gerador de dentes de serra**

- A frequência do gerador de dentes de serra pode ser calibrada por meio da utilização do gerador de funções. Nisto, as duas frequências quase que coincidem, quando a representação oscilográfica na tela resulta em imagem estática.