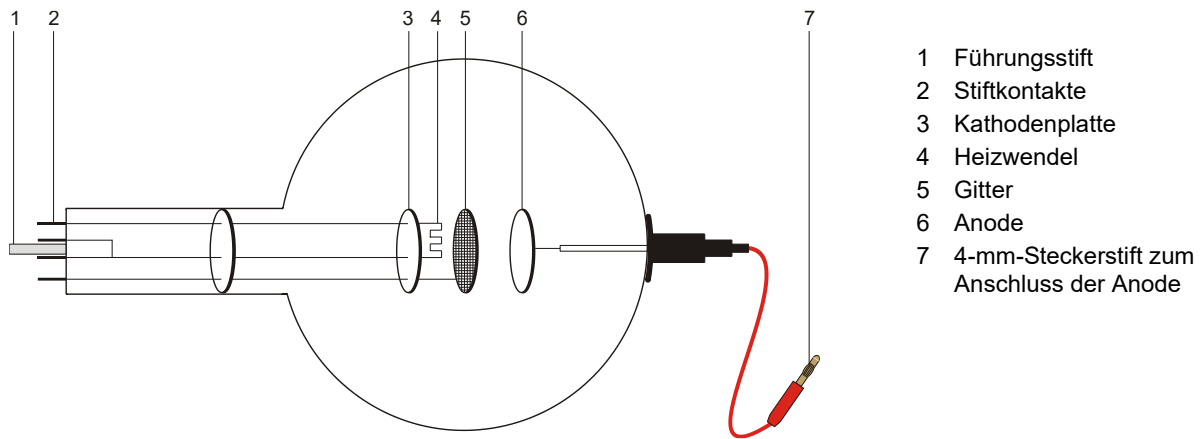


Triode S 1000614

Bedienungsanleitung

10/15 ALF



- 1 Führungsstift
- 2 Stiftkontakte
- 3 Kathodenplatte
- 4 Heizwendel
- 5 Gitter
- 6 Anode
- 7 4-mm-Steckerstift zum Anschluss der Anode

1. Sicherheitshinweise

Glühkathodenröhren sind dünnwandige, evakuierte Glaskolben. Vorsichtig behandeln: Implosionsgefahr!

- Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Verbindungskabeln keinen Zugbelastungen aussetzen.
- Röhre nur in den Röhrenhalter S (1014525) einsetzen.

Zu hohe Spannungen, Ströme sowie falsche Kathodenheiztemperatur können zur Zerstörung der Röhre führen.

- Die angegebenen Betriebsparameter einhalten.

Beim Betrieb der Röhren können am Anschlussfeld berührungsgefährliche Spannungen und Hochspannungen anliegen.

- Für Anschlüsse nur Sicherheits-Experimentierkabel verwenden.
- Schaltungen nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten vornehmen.
- Röhren nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.

Im Betrieb wird der Röhrenhals erwärmt.

- Röhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.

Die Einhaltung der EC Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit ist nur mit den empfohlenen Netzgeräten garantiert.

2. Beschreibung

Die Triode ermöglicht grundlegende Experimente zum Edisoneffekt (glühelektrischer Effekt), die Bestimmung der negativen Polarität der Elektronenladung, die Aufnahme der Kennlinien einer Triode sowie die Erzeugung von Kathodenstrahlen (Modell einer „Elektronenkanone“). Des Weiteren sind Untersuchungen zur technischen Anwendung der Triode als Verstärker und zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen in LC-Kreisen möglich.

Die Triode ist eine Hochvakuum-Röhre mit einem Heizfaden (Kathode) aus reinem Wolfram, einer runden Metallplatte (Anode) und einem dazwischen liegenden Drahtgitter in einer durchsichtigen Glaskugel. Kathode, Anode und Drahtgitter sind parallel zueinander angeordnet. Diese planare Bauform entspricht dem herkömmlichen Triodensymbol. Eine an einer der Heizfadenzuführungen befestigte runde Metallplatte sorgt für ein gleichförmigeres elektrisches Feld zwischen Kathode und Anode.

3. Technische Daten

Heizspannung:	max. 7,5 V
Heizstrom:	ca. 3 A
Anodenspannung:	max. 500 V
Anodenstrom:	U_A 400 V und U_F 6,3 V U_G 0 V, I_A ca. 0,4 mA U_G +8 V, I_A ca. 0,8 mA U_G -8 V, I_A ca. 0,04 mA
Gitterspannung:	± 10 V
Glaskolben:	ca. 130 mm Ø
Gesamtlänge:	ca. 300 mm

4. Bedienung

Zur Durchführung der Experimente mit der Triode sind folgende Geräte zusätzlich erforderlich:

1 Röhrenhalter S	1014525
1 DC Netzgerät 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
oder	
1 DC Netzgerät 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308
1 Analog Multimeter AM51	1003074

4.1 Einsetzen der Röhre in den Röhrenhalter

- Röhre nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.
- Röhre mit leichtem Druck in die Fassung des Röhrenhalters schieben bis die Stiftkontakte vollständig in der Fassung sitzen, dabei auf eindeutige Position des Führungsstiftes achten.

4.2 Entnahme der Röhre aus dem Röhrenhalter

- Zum Entnehmen der Röhre mit dem Zeigefinger der rechten Hand von hinten auf den Führungsstift drücken bis sich die Kontaktstifte lösen. Dann die Röhre entnehmen.

5. Experimentierbeispiele

5.1 Erzeugung von Ladungsträgern durch eine Glühkathode (Edisoneneffekt) sowie Bestimmung der Polarität der emittierten Ladungsträger

- Schaltung gemäß Fig. 1 vornehmen.
- Anodenspannung U_A von ca. 400 V wählen.

Bei einer Gitterspannung U_G von 0 V fließt ein Anodenstrom I_A von ca. 0,4 mA.

- Gitterspannung von +10 V bzw. -10 V einstellen.

Liegt am Gitter eine positive Spannung gegenüber der Kathode, erhöht sich der Anodenstrom I_A wesentlich. Ist das Gitter negativ gegenüber der Kathode, verringert sich I_A .

Ein glühender Heizdraht erzeugt Ladungsträger. Strom fließt zwischen Kathode und Anode. Aus dem gefundenen Sachverhalt, dass ein negativ geladenes Gitter den Stromfluss verringert, ein positiv geladenes Gitter dagegen den Stromfluss erhöht, lässt sich schließen, dass die Ladungsträger eine negative Polarität besitzen.

5.2 Aufnahme der Trioden-Kennlinien

- Schaltung gemäß Fig. 1 vornehmen.
- $I_A - U_A$ – Kennlinien: Für konstante Gitterspannungen Anodenstrom in Abhängigkeit der Anodenspannung bestimmen und Wertepaare grafisch darstellen (siehe Fig. 2).
- $I_A - U_G$ – Kennlinien: Für konstante Anodenspannungen Anodenstrom in Abhängigkeit der Gitterspannung bestimmen und Wertepaare grafisch darstellen (siehe Fig. 2).

5.3 Erzeugung von Kathodenstrahlen

- Schaltung gemäß Fig. 3 vornehmen, so dass Gitter und Kathode eine Diode repräsentieren.
- Anodenspannung U_A in Schritten von 10 V bis 80 V erhöhen. Dabei den über die Anode fließenden Strom messen.

Bei höheren Spannungen nimmt der Strom ab, da das positiv geladene Gitter die Elektronen einfängt und so der über das Gitter abfließende Strom zunimmt. Spannungen über 100 V können das Gitter zerstören.

Die von einer Spannung zwischen Kathode und Gitter beschleunigten Elektronen, lassen sich hinter dem Gitter nachweisen (Kathodenstrahlen). Mit der Beschleunigungsspannung wächst die Stromstärke, die ein Maß für die Anzahl der Elektronen ist.

5.4 Die Triode als Verstärker

Folgende Geräte sind zusätzlich erforderlich:

1 AC/DC Netzgerät 0 – 12 V (115 V, 50/60 Hz)	1001006
--	---------

oder

1 AC/DC Netzgerät 0 – 12 V (230 V, 50/60 Hz)	1001007
--	---------

1 Widerstand 1 M Ω

1 Oszilloskop

- Schaltung gemäß Fig. 4 vornehmen.
- Anodenspannung U_A von ca. 300 V wählen.

Mittels des Oszilloskops lässt sich die Verstärkung des angelegten Signals über dem Widerstand demonstrieren.

- Versuch mit verschiedenen Widerständen wiederholen.

Geringe Gitterwechselspannungen haben eine große Spannungsänderung an einem Widerstand im Anodenkreis zur Folge. Die Verstärkung wächst mit Zunahme des Widerstands.

5.5 Erzeugung ungedämpfter LC-Schwingungen

Folgende Geräte sind zusätzlich erforderlich:

- 1 Helmholtz-Spulenpaar S 1000611
- 1 Kondensator 250 pF oder 1000 pF
- 1 Oszilloskop

Vorsicht! Bei eingeschalteter Anodenspannung liegt Spannung an den Metallteilen der Spulen. Nicht berühren!

- Änderung in der Beschaltung nur bei ausgeschaltetem Netzgerät durchführen.
- Schaltung gemäß Fig. 5 vornehmen.
- Spulen so nahe wie möglich nebeneinander stellen.
- Anodenspannung U_A von ca. 300 V wählen.

- Die ungedämpften Schwingungen auf dem Schirm des Oszilloskops beobachten.
- Durch Drehen einer Spule demonstrieren, dass Entstehung und Amplitude der Schwingungen von der relativen Lage der Spulen abhängen. Dabei Spulen nur an den isolierten Teilen anfassen!
- Anodenspannung U_A zwischen 100 und 500 V variieren und beobachten, dass die Amplitude der Schwingungen nicht proportional zu U_A ist.
- Gleichartiges Experiment ohne Kondensator durchführen, so dass die Schwingkreis Kapazität nur noch von der leitereigenen Kapazität gebildet wird.

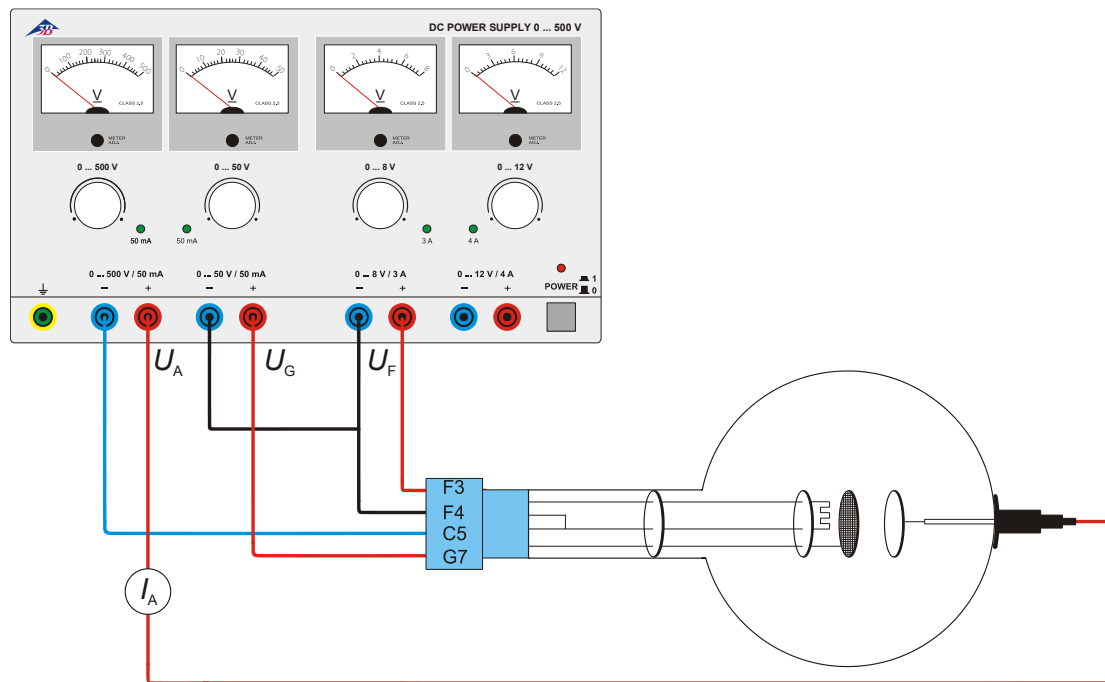


Fig. 1 Nachweis des Anodenstroms und Bestimmung der Polarität der Ladungsträger

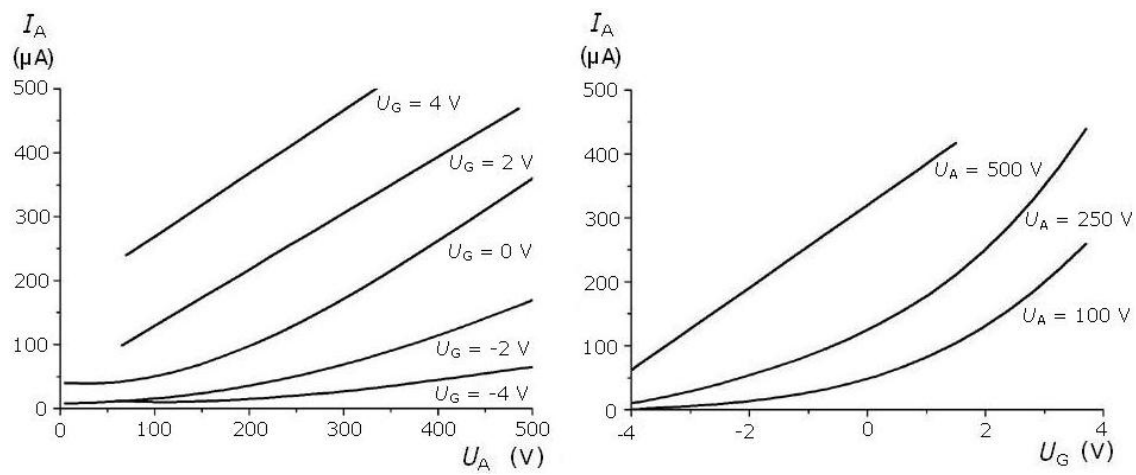


Fig. 2 Trioden-Kennlinien

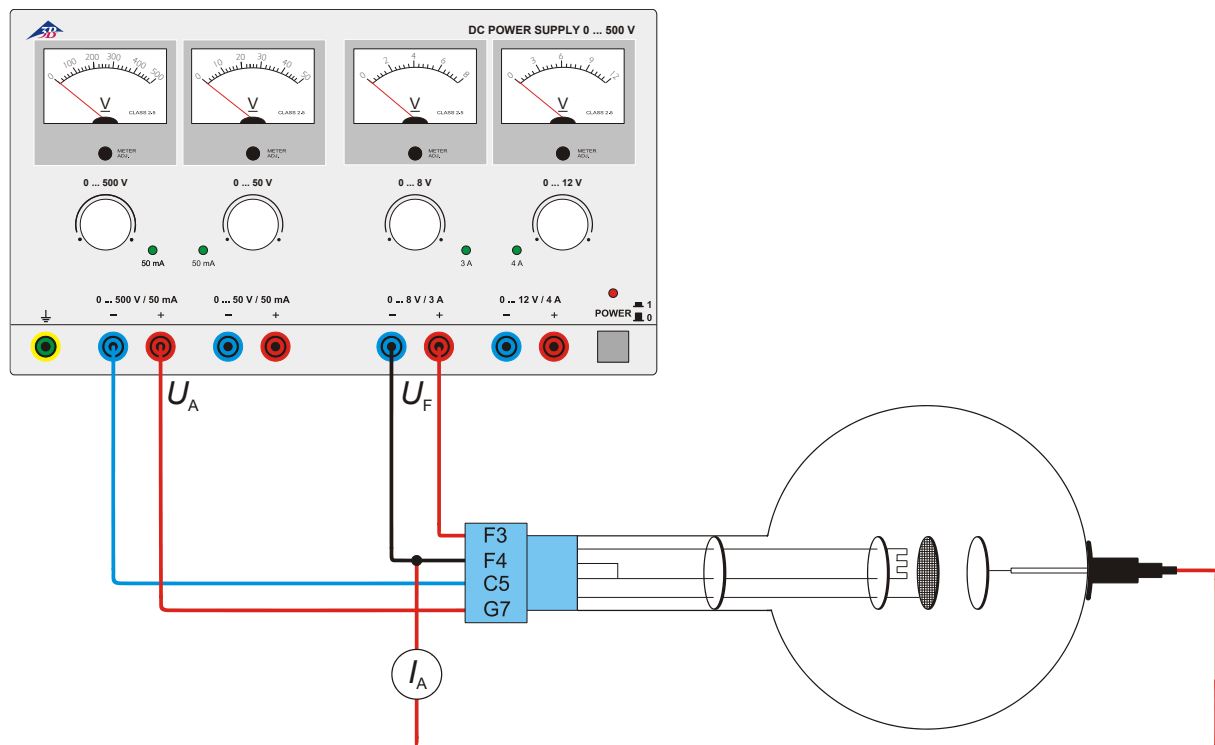


Fig. 3 Erzeugung von Kathodenstrahlen

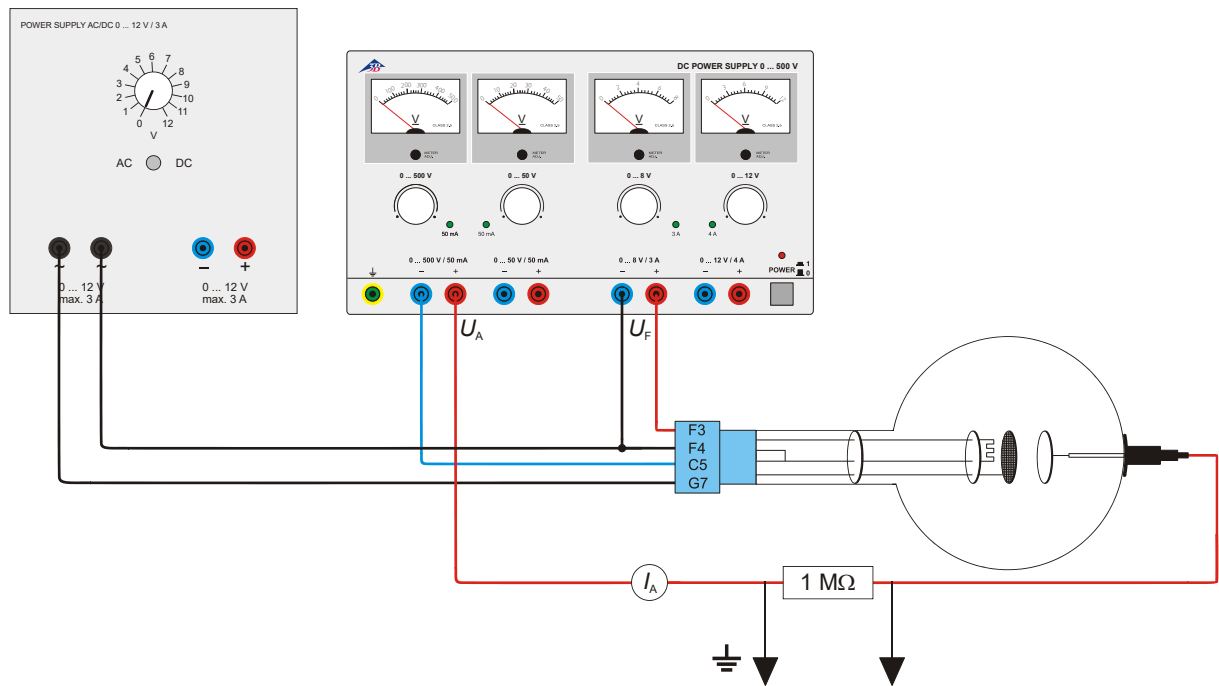


Fig. 4 Triode als Verstärker

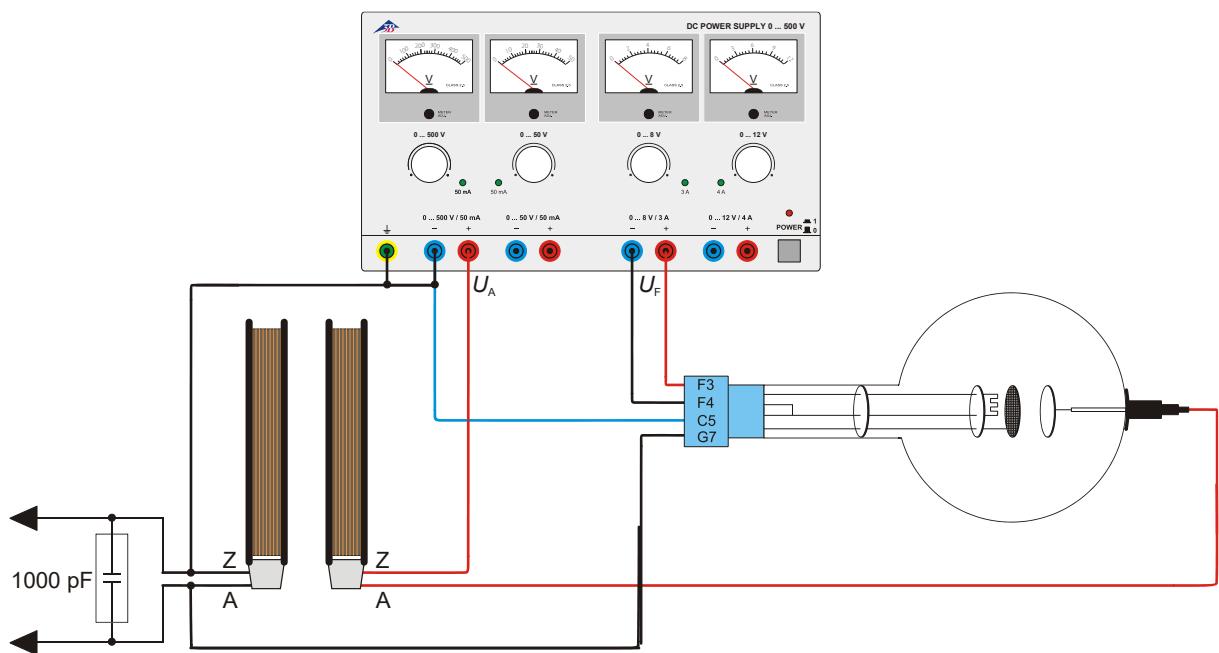
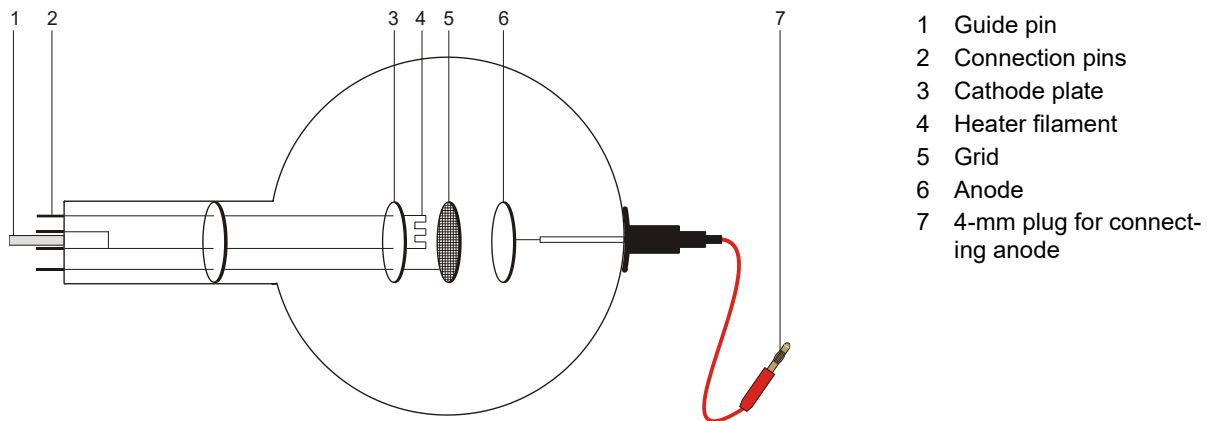


Fig. 5 Erzeugung ungedämpfter LC-Schwingungen

Triode S 1000614

Instruction sheet

10/15 ALF



1. Safety instructions

Hot cathode tubes are thin-walled, highly evacuated glass tubes. Treat them carefully as there is a risk of implosion.

- Do not subject the tube to mechanical stresses.
- Do not subject the cable connected with the anode to any tension.
- The tube may only be used with tube holder S (1014525).

If voltage or current is too high or the cathode is at the wrong temperature, it can lead to the tube becoming destroyed.

- Do not exceed the stated operating parameters.

When the tube is in operation, the terminals of the tube may be at high voltages with which it is dangerous to come into contact.

- Only use safety experiment leads for connecting circuits.
- Only change circuits with power supply equipment switched off.
- Only exchange tubes with power supply equipment switched off.

When the tube is in operation, the stock of the tube may get hot.

- Allow the tube to cool before dismantling.

The EC directive on electromagnetic compatibility is only guaranteed when using the recommended power supplies.

2. Description

The triode allows basic experiments to be performed using the Edison effect (thermionic

effect), determining the negative charge of electrons, recording triode characteristics and generating cathode rays (model of an electron gun). It also allows investigating the technical application of a triode as an amplifier and generating undamped oscillations in LC circuits.

The triode is a highly evacuated tube with a pure tungsten heater filament (cathode) and a round metal plate (anode) with a wire grid between them, all inside a clear glass bulb. The cathode anode and grid are all aligned parallel to one another. This planar configuration corresponds to the conventional symbol for a triode. A circular metal plate attached as a backing to the filament ensures that the electric field between the anode and cathode is uniform.

3. Technical data

Filament voltage:	7.5 V max.
Filament current :	3 A approx.
Anode voltage:	500 V max.
Anode current:	U_A 400 V and U_F 6.3 V U_G 0 V, I_A 0.4 mA approx. U_G +8 V, I_A 0.8 mA approx. U_G -8 V, I_A 0.04 mA approx.
Grid voltage:	± 10 V
Grid current:	typ. $I_G = 0.9$ mA at $U_F = 7.5$ V, $U_A = 300$ V
Glass bulb:	130 mm diam. approx.
Total length:	260 mm approx.

4. Operation

To perform experiments using the triode, the following equipment is also required:

1 Tube holder S	1014525
1 Power supply 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
or	
1 Power supply 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308
1 Analogue multimeter AM51	1003074

4.1 Setting up the tube in the tube holder

The tube should not be mounted or removed unless all power supplies are disconnected.

- Press tube gently into the stock of the holder and push until the pins are fully inserted. Take note of the unique position of the guide pin.

4.2 Removing the tube from the tube holder

- To remove the tube, apply pressure with the middle finger on the guide pin and the thumb on the tail-stock until the pins loosen, then pull out the tube.

5. Example experiments

5.1 Generation of charge carriers by a hot cathode (thermionic effect) and determining the polarity of the charge carriers so emitted

- Set up the circuit as in Fig. 1.
- Set the anode voltage U_A to 400 V.

When the grid voltage U_G is 0 V the anode current is about 0.4 mA.

- Set the grid voltage U_G to +10 V resp. -10 V.

If the voltage of the grid is positive with respect to the anode, the anode current I_A is considerably increased. If the grid is negative with respect to the cathode the anode current decreases.

A heater filament generates charge carriers. Current flows between the cathode and the anode. The charge carriers must be of negative polarity because when the grid is negative with respect to the cathode the flow of current decreases and when it is positive, the flow of current increases.

5.2 Recording triode characteristics

- Set up the circuit as in Fig. 1.
- $I_A - U_A$ characteristics: for constant grid voltages, determine the anode current as a function of the anode voltage and plot the values in a graph (refer to Fig. 2).

- $I_A - U_G$ characteristics: for constant anode voltages, determine the anode current as a function of the grid voltage and plot the values in a graph (refer to Fig. 2).

5.3 Generating cathode rays

- Set up the circuit as in Fig. 3 so the anode and cathode form a diode.
- Raise the anode voltage U_A from 10 V to 80 V and measure the current flowing at the anode.

The current decreases at higher voltages since the positive potential of the grid causes it to capture electrons causing an increase in the current passing through the grid itself. Voltages greater than 100 V can lead to the destruction of the grid. Electrons accelerated by higher potentials between the grid and the cathode can be detected beyond the grid (cathode rays). Increasing the voltage leads to higher currents which indicates a greater number of electrons being accelerated.

5.4 Triode amplifier

Also required:

1 AC/DC power supply 12 V (115 V, 50/60 Hz)	1001006
---	---------

or

1 AC/DC power supply 12 V (230 V, 50/60 Hz)	1001007
---	---------

1 Resistor 1 M Ω
1 Oscilloscope

- Set up the circuit as in Fig. 4.
- Apply an anode voltage U_A of about 300 V.

The oscilloscope is used to demonstrate the amplification in the signal across the resistor.

- Repeat the experiment using a variety of resistors.

Lower AC voltages at the grid lead to greater changes in voltage across a resistor connected in circuit with the anode. The amplification gain increases with the size of the resistor.

5.5 Generation of undamped LC oscillations

Also required:

1 Helmholtz pair of coils S	1000611
1 Capacitor 250 pF or 1000 pF	
1 Oscilloscope	

Warning! When the anode voltage is switched on, the metal parts of the coils are live. Do not touch!

- Only change circuits with power supply equipment switched off.

- Set up the circuit as in fig. 5.
- Place the coils side by side as near one another as possible.
- Apply an anode voltage U_A of about 300 V.
- Observe the undamped oscillations on the screen of the oscilloscope.
- Rotate one of the coils to demonstrate that the occurrence and amplitude of the oscillations depends on the relative position of the two coils.
- Touch the coils only at the insulated parts!
- Vary the anode voltage U_A between 100 and 500 V and observe that the amplitude of the oscillations does not increase in direct proportion to U_A .
- Carry out an experiment of the same kind without capacitors so that the capacitance of the oscillating circuit is formed only by the self capacitance of the conductor.

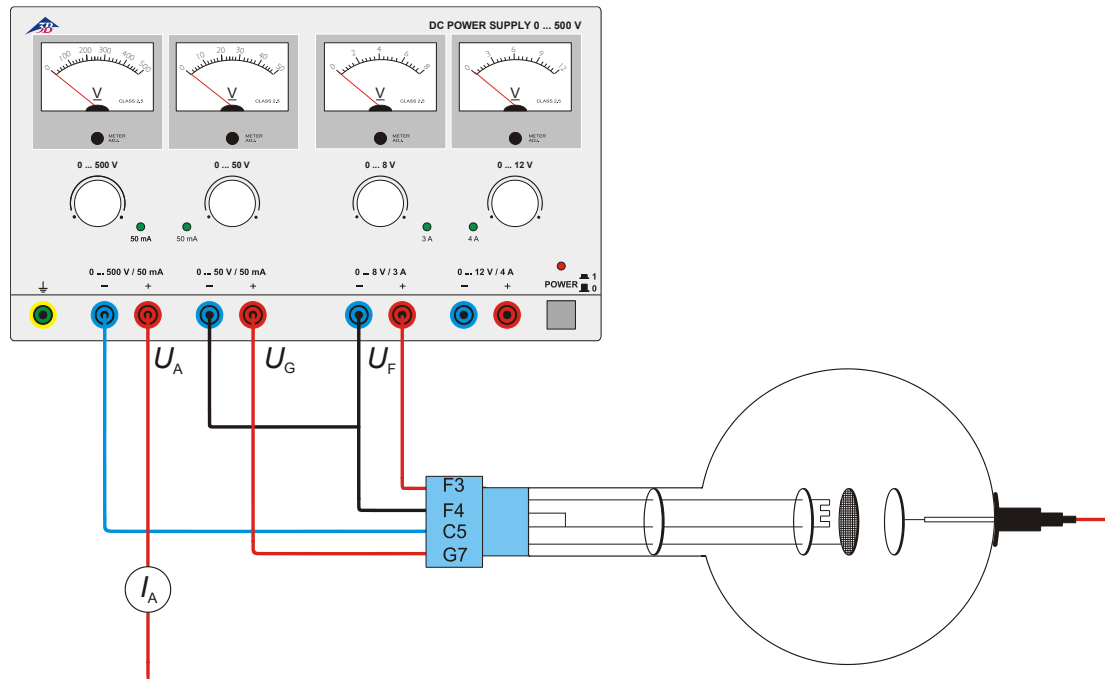


Fig. 1 Demonstration of anode current and determination of the polarity of the charge carriers

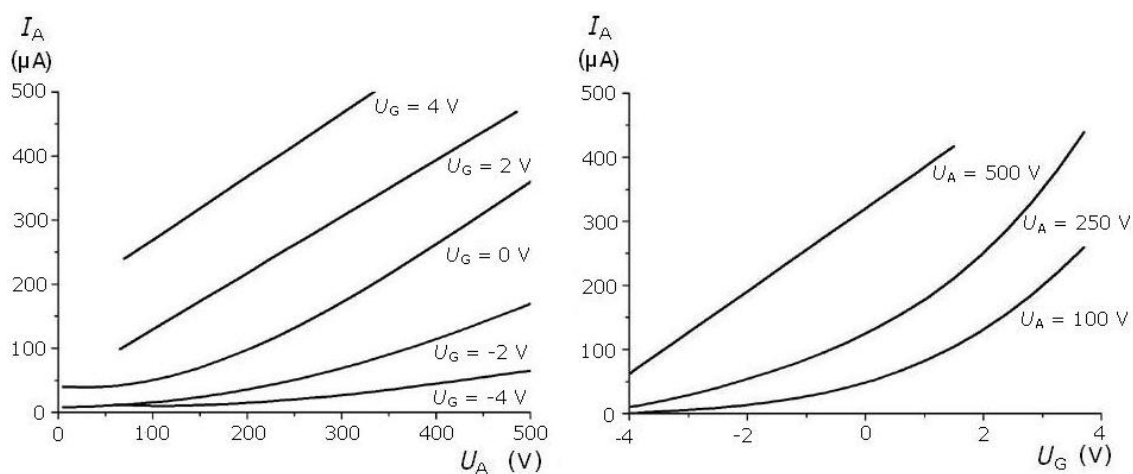


Fig. 2 Triode characteristics

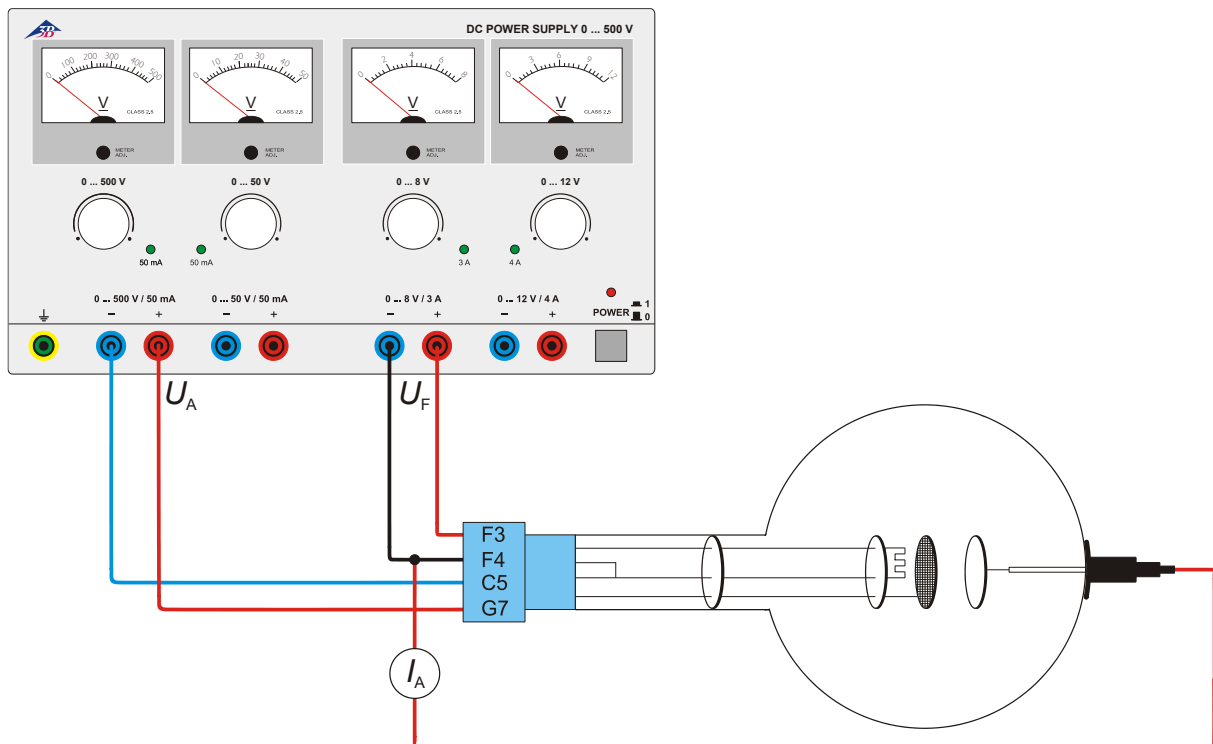


Fig. 3 Generating cathode rays

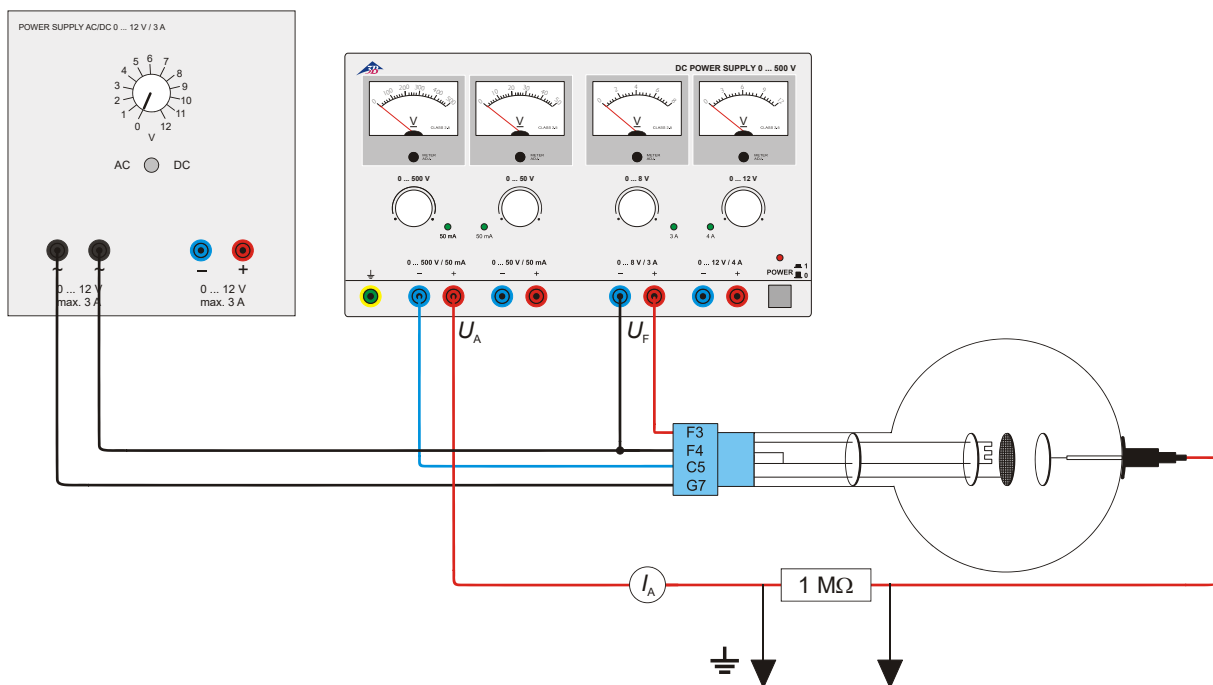


Fig. 4 Triode amplifier

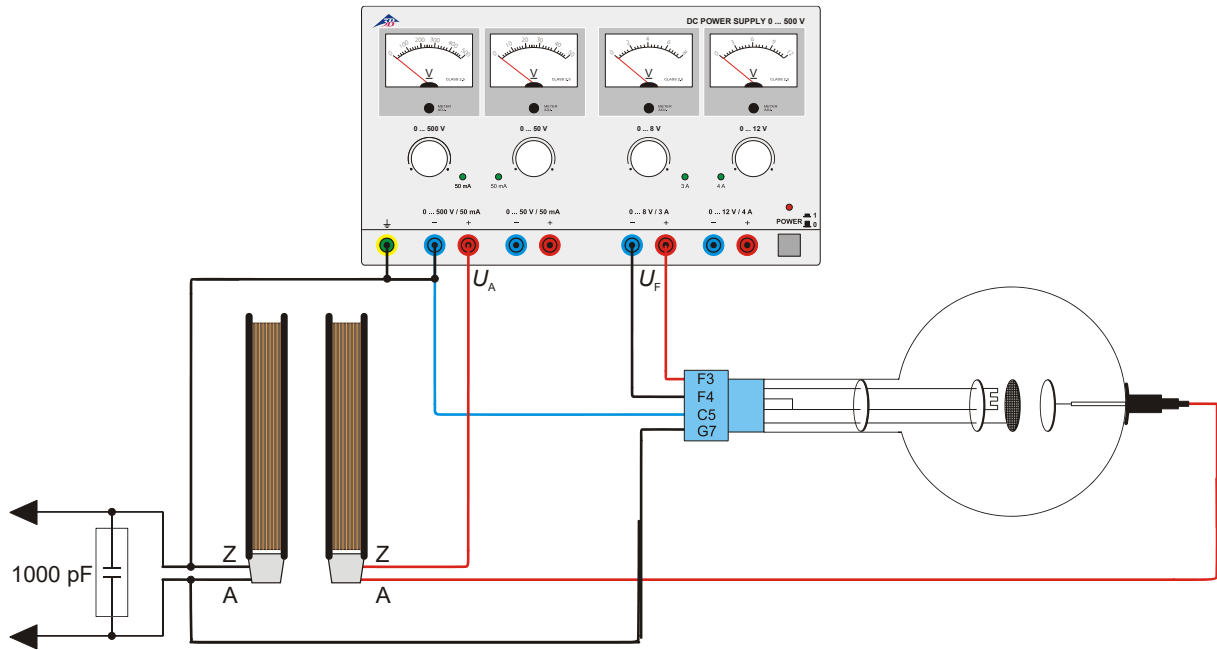
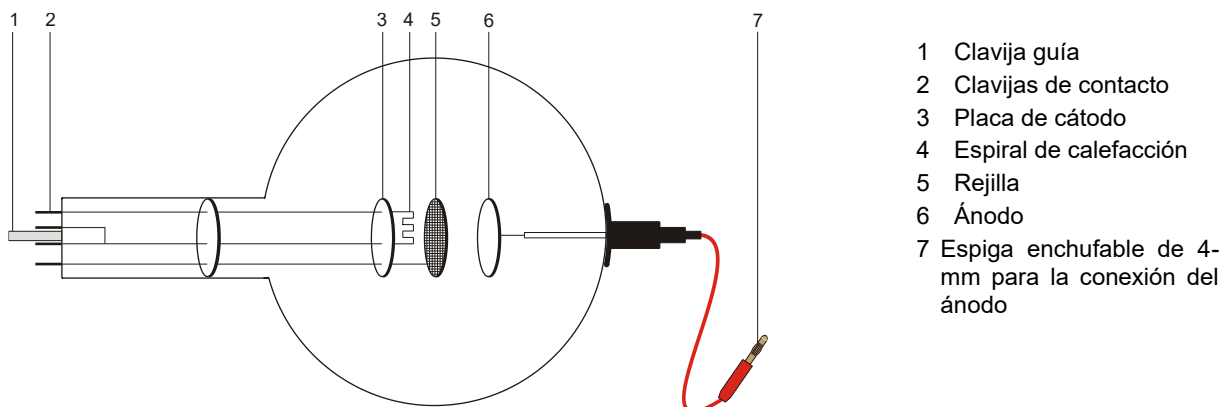


Fig. 5 Generation of undamped LC oscillations

Triodo S 1000614

Instrucciones de uso

10/15 ALF



- 1 Clavija guía
- 2 Clavijas de contacto
- 3 Placa de cátodo
- 4 Espiral de calefacción
- 5 Rejilla
- 6 Ánodo
- 7 Espiga enchufable de 4-mm para la conexión del ánodo

1. Aviso de seguridad

Los tubos catódicos incandescentes son ampollas de vidrio, al vacío y de paredes finas. Manipular con cuidado: ¡riesgo de implosión!

- No someter los tubos a ningún tipo de esfuerzos físicos.
- No someter a tracción el cables de conexión.
- El tubo se debe insertar únicamente en el soporte para tubos S (1014525).

Las tensiones excesivamente altas y las corrientes o temperaturas de cátodo erróneas pueden conducir a la destrucción de los tubos.

- Respetar los parámetros operacionales indicados.

Durante el funcionamiento de los tubos, pueden presentarse tensiones peligrosas al contacto y altas tensiones en el campo de conexión.

- Para las conexiones sólo deben emplearse cables de experimentación de seguridad.
- Solamente efectuar las conexiones de los circuitos con los dispositivos de alimentación eléctrica desconectados.
- Los tubos solo se pueden montar o desmontar con los dispositivos de alimentación eléctrica desconectados.

Durante el funcionamiento, el cuello del tubo se calienta.

- De ser necesario, permita que los tubos se enfríen antes de desmontarlos.

El cumplimiento con las directrices referentes a la conformidad electromagnética de la UE se puede garantizar sólo con las fuentes de alimentación recomendadas.

2. Descripción

El triodo hace posible la realización de experimentos referentes al efecto Edisón (efecto termo-eléctrico), a la determinación de la polaridad negativa de la carga electrónica, la toma de las curvas características de un triodo así como la producción de rayos catódicos (modelo de un “Cañón de electrones”). Además son posibles estudios sobre las aplicaciones técnicas del triodo como amplificador para la producción de oscilaciones no amortiguadas en un circuito LC.

El triodo es un tubo de alto vacío con un filamento caldeado (cátodo) de tungsteno puro, una placa metálica redonda (ánodo) y una rejilla de alambre intermedia, todo el sistema dentro de un balón de vidrio transparente. El cátodo, el ánodo y la rejilla de alambre están ordenadas paralelamente entre sí. Esta forma de construcción planar corresponde al símbolo corriente de un triodo. Una placa metálica redonda fijada en uno de los contactos de entrada del filamento caldeado hace posible la creación de un campo eléctrico uniforme entre el cátodo y el ánodo.

3. Datos técnicos

Tensión de caldeo:	max. 7,5 V CA/CC
Corriente de caldeo:	aprox. 3 A
Tensión anódica:	max. 500 V
Corriente anódica:	U_A 400 V y U_F 6,3 V U_G 0 V, I_A aprox. 0,4 mA U_G +8 V, I_A aprox. 0,8 mA U_G -8 V, I_A aprox. 0,04 mA
Tensión de rejilla:	max. ± 10 V
Ampolla de vidrio:	aprox. 130 mm $\varnothing$
Longitud total:	aprox. 260 mm

4. Servicio

Para la realización de experimentos con el triodo se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Soporte de tubos S	1014525
1 Fuente de alimentación CC 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
ó	
1 Fuente de alimentación CC 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308
1 Multímetro analógico AM51	1003074

4.1 Instalación del tubo en el soporte para tubo

- Montar y desmontar el tubo solamente con los dispositivos de alimentación eléctrica desconectados.
- Introducir el tubo en la toma hembra del portatubos presionando ligeramente hasta que las clavijas de contacto estén colocadas correctamente en la toma, asegurándose de que la clavija-guía está en la posición correcta.

4.2 Desmontaje del tubo del soporte para tubo

- Para retirar el tubo, presionar desde atrás la clavija-guía con el dedo índice de la mano derecha, hasta que las clavijas de contacto queden libres. A continuación, retirar el tubo.

5. Ejemplo de experimentos

5.1 Producción de portadores de carga por medio de un cátodo incandescente (Efecto Edison) así como la determinación de la polaridad de los portadores de carga emitidos.

- Realice el circuito de acuerdo con la Fig. 1.
- Ajuste la tensión del ánodo U_A en aprox. 400 V.

Con una tensión de rejilla U_G de 0 V fluye una corriente de ánodo I_A de aprox. 0,4 mA

- Ajuste una tensión de rejilla de +10 V resp. -10 V

Si en la rejilla se tiene una tensión positiva con respecto al cátodo, la corriente de ánodo I_A aumenta fuertemente. Si la rejilla es negativa con respecto al cátodo, la corriente de ánodo I_A se reduce.

Un alambre caldeado incandescente produce portadores de carga. Una corriente fluye entre cátodo y ánodo. Del comportamiento encontrado, que una rejilla cargada negativamente hace disminuir la corriente y por el contrario una rejilla carga positivamente hace que el flujo de corriente aumente, se puede deducir que los portadores de carga tienen una polaridad negativa.

5.2 Toma de las curvas características del triodo

- Realice el circuito de acuerdo con la Fig. 1.
- Características $I_A - U_A$: Para tensiones de rejilla constantes se determina la corriente de ánodo en dependencia con la tensión de ánodo y represente gráficamente los pares de valores (ver Fig. 2).
- Características $I_A - U_G$: Para tensiones de ánodo constantes determine la corriente de ánodo en dependencia con la tensión de rejilla y represente gráficamente los pares de valores (ver Fig. 2)

5.3 Producción de rayos catódicos

- Realice el circuito de acuerdo con la Fig 3, de tal forma que la rejilla y el cátodo representen un diodo.
- Aumente la tensión de ánodo U_A hasta 80 V en pasos de 10 V. Al hacerlo mida la corriente que fluye por el ánodo.

Con tensiones más altas la corriente disminuye, porque la rejilla cargada positivamente captura los electrones y así aumenta la corriente que fluye a tierra por medio de la rejilla. Tensiones mayores de 100 V pueden destruir la rejilla.

Los electrones acelerados con una tensión entre el cátodo y la rejilla se pueden detectar después de la rejilla (rayos catódicos). Con la tensión de

aceleración aumenta la intensidad de la corriente, la misma es una medida para el número de electrones.

5.4 El triodo como amplificador

Se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Fuente de alimentación CA/CC 12 V (115 V, 50/60 Hz) 1001006
ó

1 Fuente de alimentación CA/CC 12 V (230 V, 50/60 Hz) 1001007

1 Resistore 1 M Ω

1 Osciloscopio

- Realice el circuito de acuerdo con la Fig. 4.
- Ajuste una tensión de ánodo U_A de aprox. 300 V.

Utilizando el osciloscopio se puede demostrar la amplificación de la señal conectada sobre la resistencia.

- Repita el experimento con diferentes resistencias.

Pequeñas tensiones alternas en la rejilla tienen como consecuencia mayores cambios de tensión en una resistencia conectada en el circuito del ánodo. La amplificación aumenta con un aumento de la resistencia.

5.5 Producción de oscilaciones LC no amortiguadas

Se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Par de bobinas de Helmholtz S 1000611

1 Condensador 250 pF o 1000 pF

1 Osciloscopio

¡Cuidado! Con la tensión de ánodo conectada, las partes metálicas de las bobinas se encuentran bajo tensión. No tocarlas!

- ¡Cambios en el cableado se realizan sólo con la fuente de alimentación desconectada!
- Realice el circuito de acuerdo con la Fig. 5.
- Las bobinas se colocan lo más cerca la una de la otra.
- Se ajusta la tensión de ánodo U_A en aprox. 300 V.
- Observe las oscilaciones no amortiguadas en la pantalla del osciloscopio.
- Girando una bobina demuestre que la formación y la amplitud de las oscilaciones dependen de la posición relativa de las bobinas entre sí. ¡Al hacerlo toque las bobinas solamente por las partes aisladas!
- Varíe la tensión de ánodo U_A entre 100 V y 500 V y observe que la amplitud de las oscilaciones no es proporcional a la tensión de ánodo U_A .
- Realice un experimento igual pero ahora sin condensador, de tal forma que la capacidad del circuito oscilante se forma sólo por la capacidad propia de los cables.

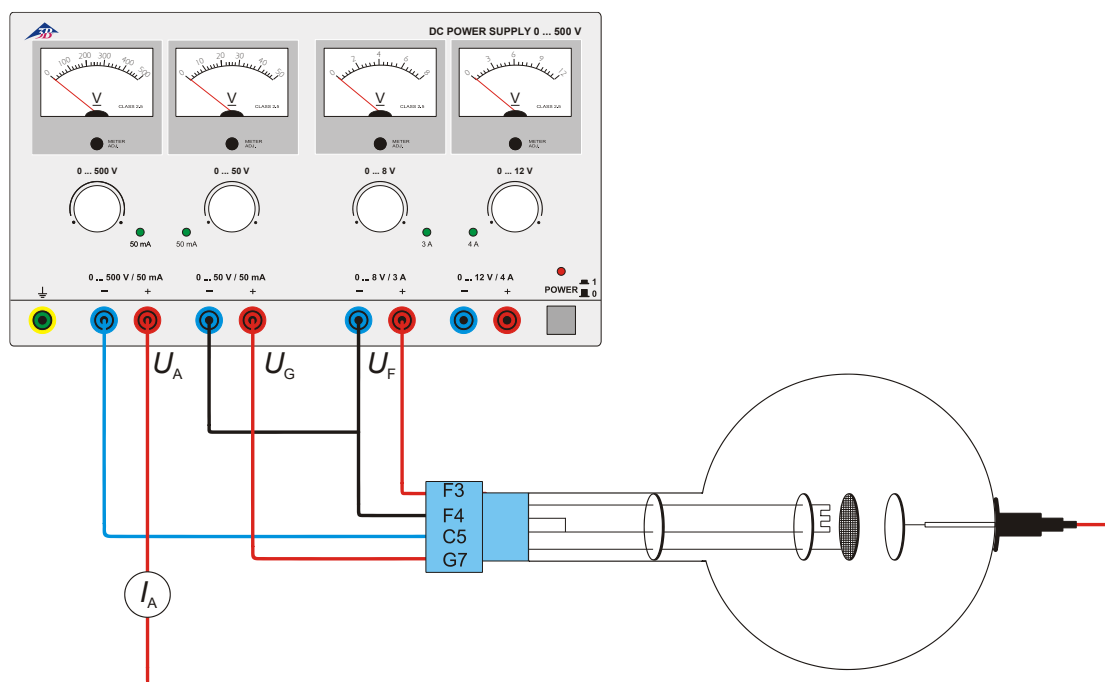


Fig. 1 Determinación de la corriente de ánodo y de la polaridad de los portadores de carga

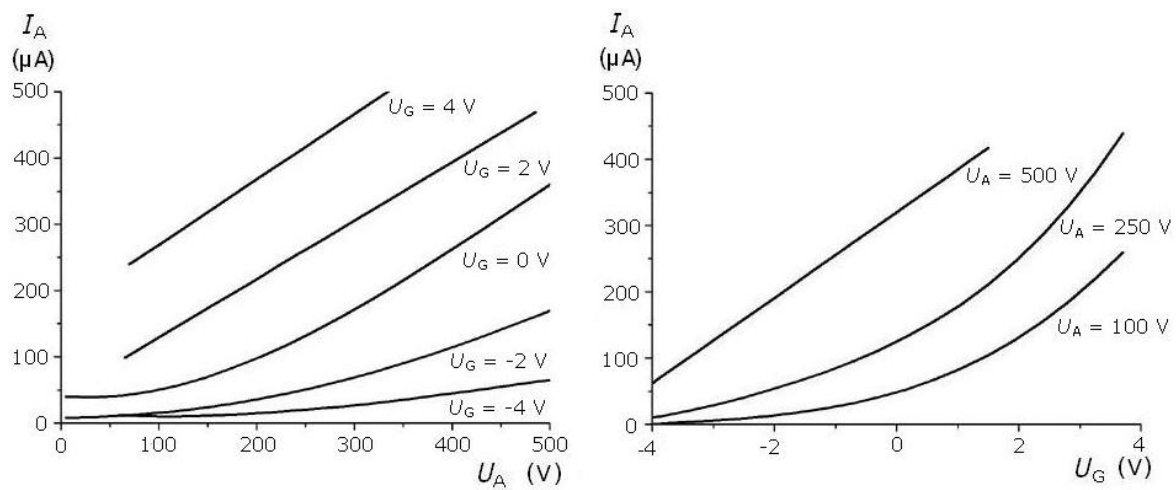


Fig. 2 Curvas características del triodo

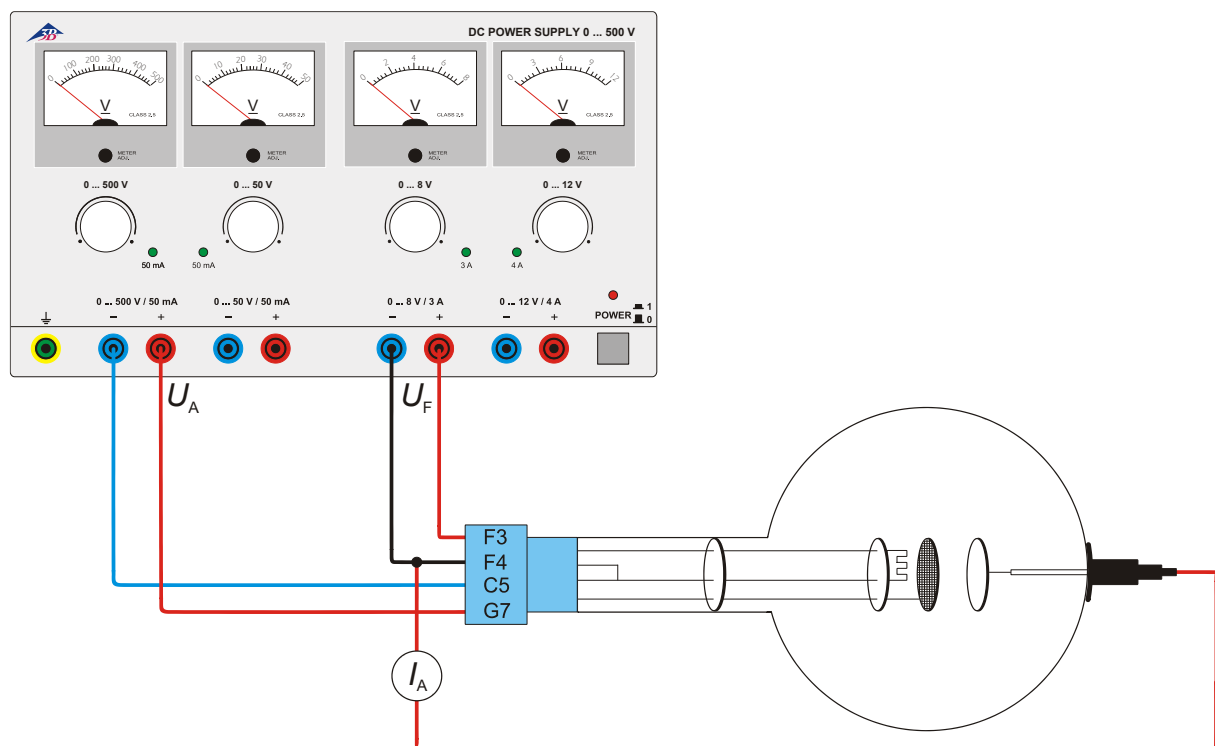


Fig.3 Producción de rayos catódicos

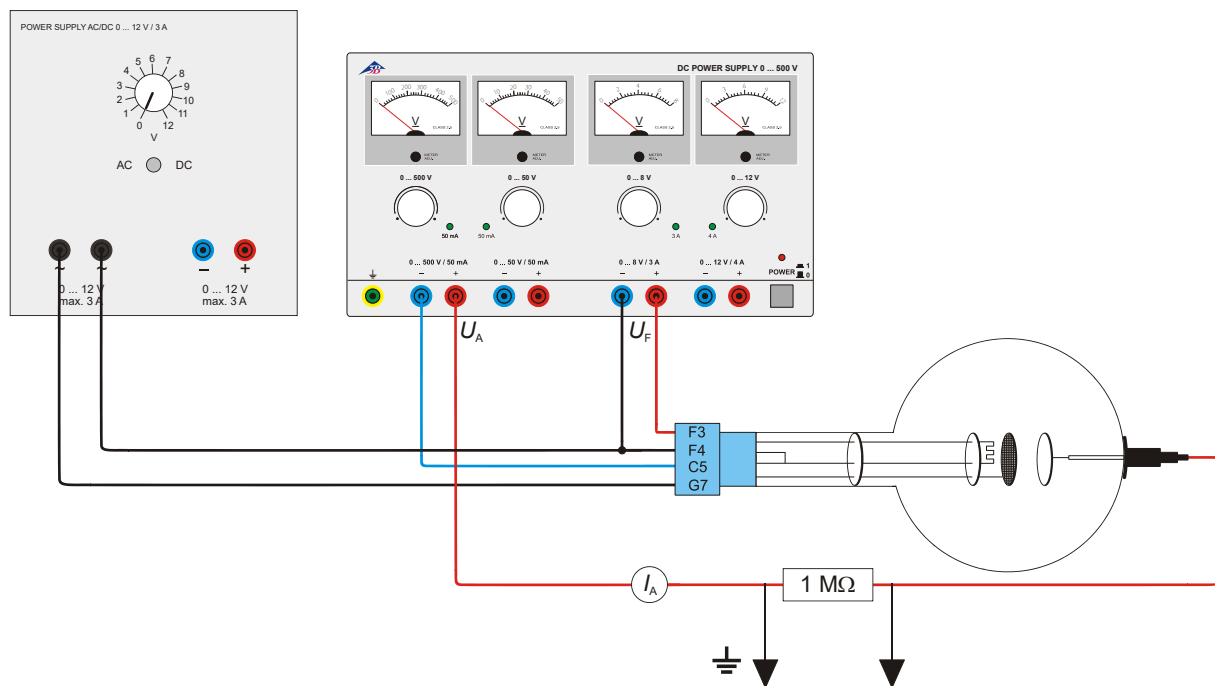


Fig. 4 El triodo como amplificador

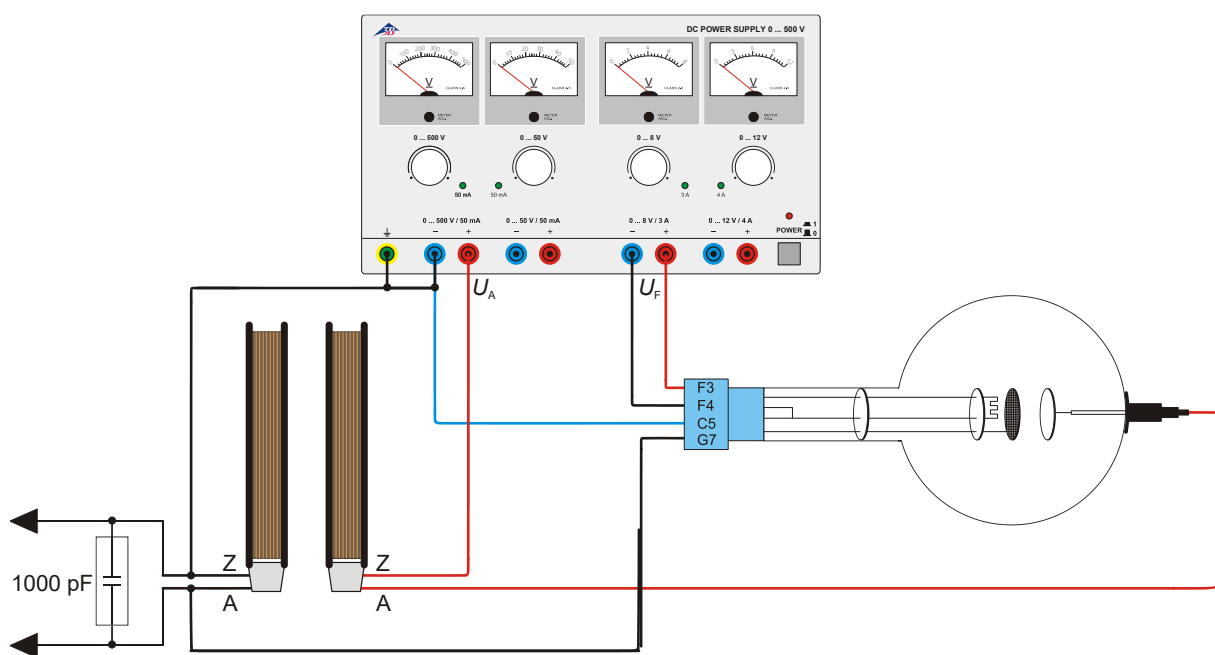
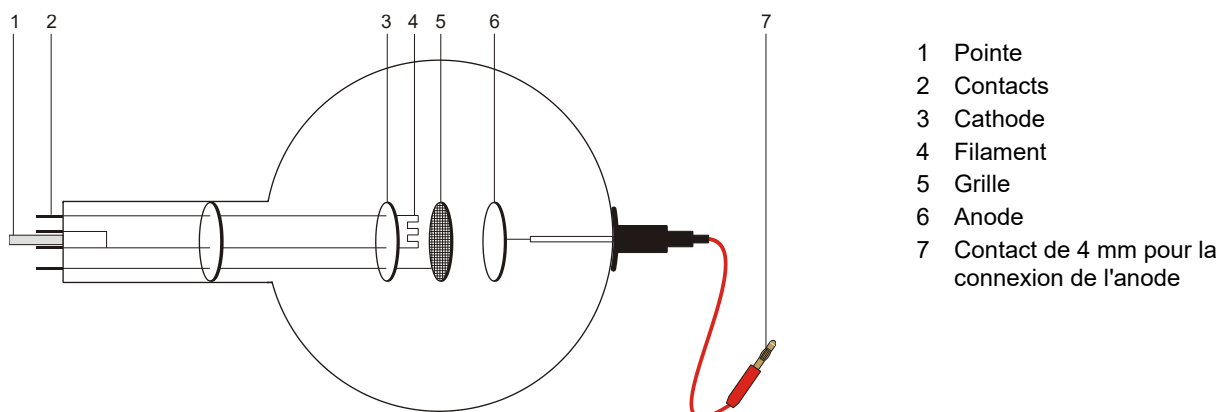


Fig. 5 Producción de oscilaciones LC no amortiguadas

Triode S 1000614

Manuel d'utilisation

10/15 ALF



1. Consignes de sécurité

Les tubes thermoioniques sont des cônes en verre à paroi mince sous vide. Manipulez-les avec précaution : risque d'implosion !

- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques.
- N'exposez pas les câbles de connexion à des charges de traction.
- Le tube n'a le droit d'être utilisé que dans le support pour tube S (1014525).

Des tensions et des courants trop élevés ainsi que des températures de chauffage de la cathode mal réglées peuvent entraîner la destruction du tube.

- Respectez les paramètres de service indiqués.

Des tensions et hautes tensions dangereuses peuvent apparaître à hauteur du champ de connexion pendant l'utilisation des tubes.

- Pour les connexions, utilisez uniquement des câbles d'expérimentation de sécurité.
- Ne procédez à des câblages que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.

Pendant l'utilisation du tube, son col chauffe.

- Au besoin, laissez refroidir le tube avant de le démonter.

Le respect de la directive CE sur la compatibilité électromagnétique est uniquement garanti avec les alimentations recommandées.

2. Description

La triode permet de réaliser des expériences fondamentales sur l'effet d'Edison (effet de Richardson), de déterminer la polarité négative de la charge d'électrons, d'enregistrer les caractéristiques d'une triode et de générer des rayons cathodiques (modèle d'un « canon électronique »). De plus, elle permet d'étudier l'application technique de la triode utilisée comme amplificateur et de générer des oscillations non amorties dans ces circuits LC.

La triode est un tube à vide poussé comprenant un filament (cathode) en tungstène pur, une plaque métallique ronde (anode) et une grille métallique placée entre les deux, le tout dans une boule en verre transparente. La cathode, l'anode et la grille métallique sont disposées parallèlement. Cette forme planaire correspond au symbole conventionnel de la triode. Fixée aux alimentations du filament de chauffage, une plaque métallique ronde assure un champ électrique uniforme entre la cathode et l'anode.

3. Caractéristiques techniques

Tension de chauffage :	max. 7,5 V CA/CC
Courant de chauffage :	env. 3 A
Tension anodique :	max. 500 V
Courant anodique :	U_A 400 V et U_F 6,3 V U_G 0 V, I_A env. 0,4 mA U_G +8 V, I_A env. 0,8 mA U_G -8 V, I_A env. 0,04 mA
Tension de grille :	max. $\pm$ 10 V
Ampoule :	$\varnothing$ env. 130 mm
Longueur totale :	env. 260 mm

4. Commande

Pour réaliser les expériences avec la triode, on a besoin des dispositifs supplémentaires suivants :

1 Support pour tube S	1014525
1 Alimentation 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307

ou

1 Alimentation 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308
1 Multimètre analogique AM51	1003074

4.1 Emploi du tube dans le porte-tube

- Ne montez et ne démontez le tube que lorsque les dispositifs d'alimentation sont éteints.
- Glissez le tube dans la monture en appuyant légèrement dessus, jusqu'à ce que les contacts soient entièrement insérés dans la monture. Veillez au positionnement précis de la pointe de guidage.

4.2 Retrait du tube du porte-tube

- Pour démonter le tube, appuyez avec l'index de la main droite sur l'arrière de la pointe de guidage, jusqu'à ce que les contacts soient desserrés. Puis, dégagez le tube.

5. Exemple d'expérience

5.1 Génération de porteurs de charges par une cathode incandescente (effet d'Edison) et détermination de la polarité des porteurs de charges émettants

- Procédez au câblage comme le montre la figure 1.
- Réglez une tension anodique U_A d'environ 400 V.

Avec une tension de grille U_G de 0 V, le courant I_A s'élève à environ 0,4 mA.

- Réglez une tension de grille de +10 V ou -10 V.

Si la tension de la grille par rapport à la cathode est positive, le courant anodique I_A augmente sensiblement. Si la grille est négative par rapport à la cathode, I_A diminue.

Un filament incandescent produit des porteurs de charges. Du courant passe entre la cathode et l'anode. Étant donné qu'une grille chargée négativement réduit le courant, mais qu'une grille chargée positivement l'augmente, on peut en déduire que les porteurs de charges présentent une polarité négative.

5.2 Enregistrement de la caractéristique d'une triode

- Procédez au câblage comme le montre la figure 1.
- Caractéristiques $I_A - U_A$: pour des tensions de grille constantes, déterminez le courant anodique en fonction de la tension anodique et représentez les paires de valeurs sous forme graphique (voir la figure 2).
- Caractéristiques $I_A - U_G$: pour des tensions anodiques constantes, déterminez le courant anodique en fonction de la tension de grille et représentez les paires de valeurs sous forme graphique (voir la figure 2).

5.3 Génération de rayons cathodiques

- Procédez au câblage de la figure 3, de façon à ce que la grille et la cathode représentent une diode.
- Augmentez la tension anodique U_A jusqu'à 80 V en pas de 10 V. Ce faisant, mesurez le courant qui traverse l'anode.

Lorsque les tensions sont plus élevées, le courant diminue, car la grille chargée positivement attrape les électrons et le courant passant par la grille augmente. Des tensions supérieures à 100 V peuvent détruire la grille.

Les électrons accélérés par la tension entre la cathode et l'anode peuvent être mis en évidence derrière la grille (rayons cathodiques). L'intensité du courant, qui est une mesure pour le nombre d'électrons, augmente avec la tension d'accélération.

5.4 La triode comme amplificateur

Autres appareils requis :

1 Alimentation CA/CC 12 V (115 V, 50/60 Hz)	1001006
---	---------

ou

1 Alimentation CA/CC 12 V (230 V, 50/60 Hz)	1001007
---	---------

1 Résistance 1 M Ω

1 Oscilloscope

- Procédez au câblage comme le montre la figure 4.
- Réglez une tension anodique U_A d'environ 300 V.

L'oscilloscope permet de démontrer l'amplification du signal via la résistance.

- Répétez l'expérience avec différentes résistances.

De faibles tensions alternatives de grille entraînent une forte modification de tension sur une résistance dans le circuit anodique. L'amplification s'accroît avec la résistance.

5.5 Génération d'oscillations LC non amorties

Autres appareils requis :

1 Paire de bobines de Helmholtz S 1000611

1 Condensateur 250 pF ou 1000 pF

1 Oscilloscope

Prudence ! Lorsque la tension anodique est en service, les pièces métalliques des bobines sont sous tension. Ne pas les toucher !

- Ne modifiez le circuit que lorsque l'alimentation est éteinte.
- Procédez au câblage comme le montre la figure 5.
- Placez les bobines aussi proches que possible les unes des autres.
- Réglez une tension anodique U_A d'environ 300 V.
- Observez les oscillations non amorties sur l'écran de l'oscilloscope.
- En tournant une bobine, démontrez que l'apparition et l'amplitude des oscillations dépendent de la position relative des bobines. Ne touchez les bobines que sur les parties isolées !
- Variez la tension anodique U_A entre 100 et 500 V et observez que l'amplitude des oscillations n'est pas proportionnelle à U_A .
- Effectuez l'expérience sans condensateur, de manière à ce que la capacité du circuit oscillant ne soit plus formée que par la capacité propre au conducteur.

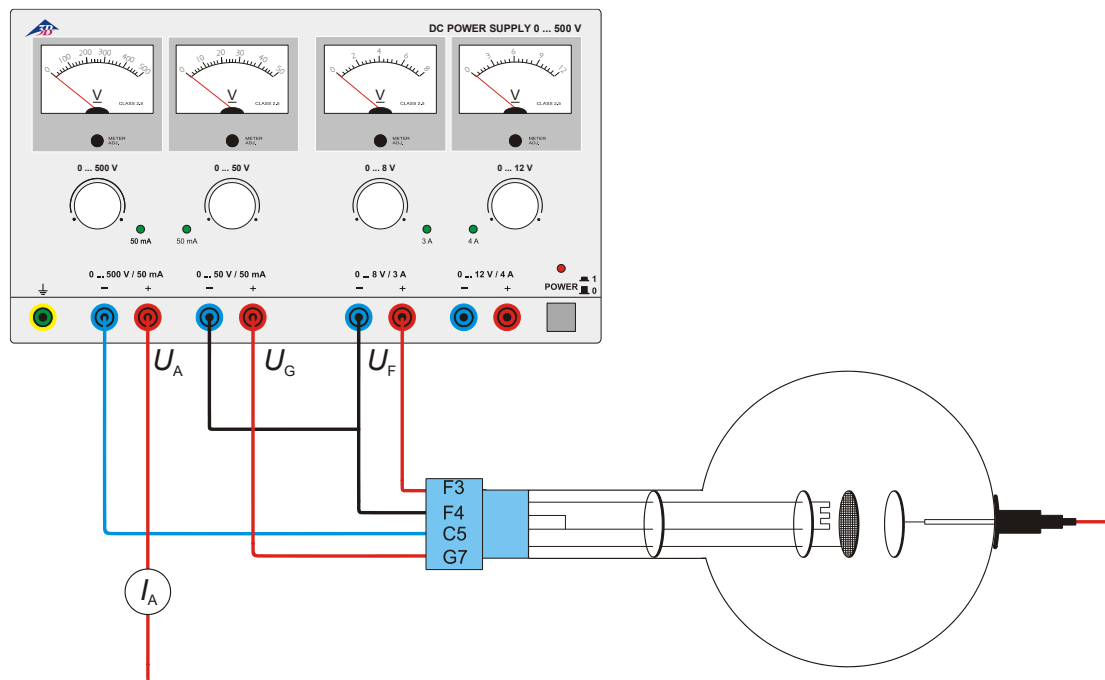


Fig. 1 Démonstration du courant anodique et détermination de la polarité des porteurs de charges

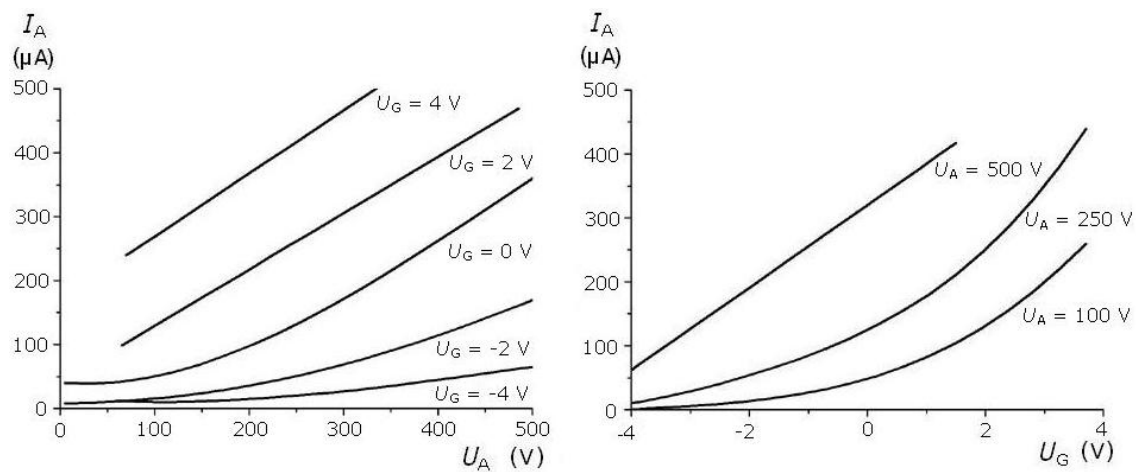


Fig. 2 Caractéristiques de la triode

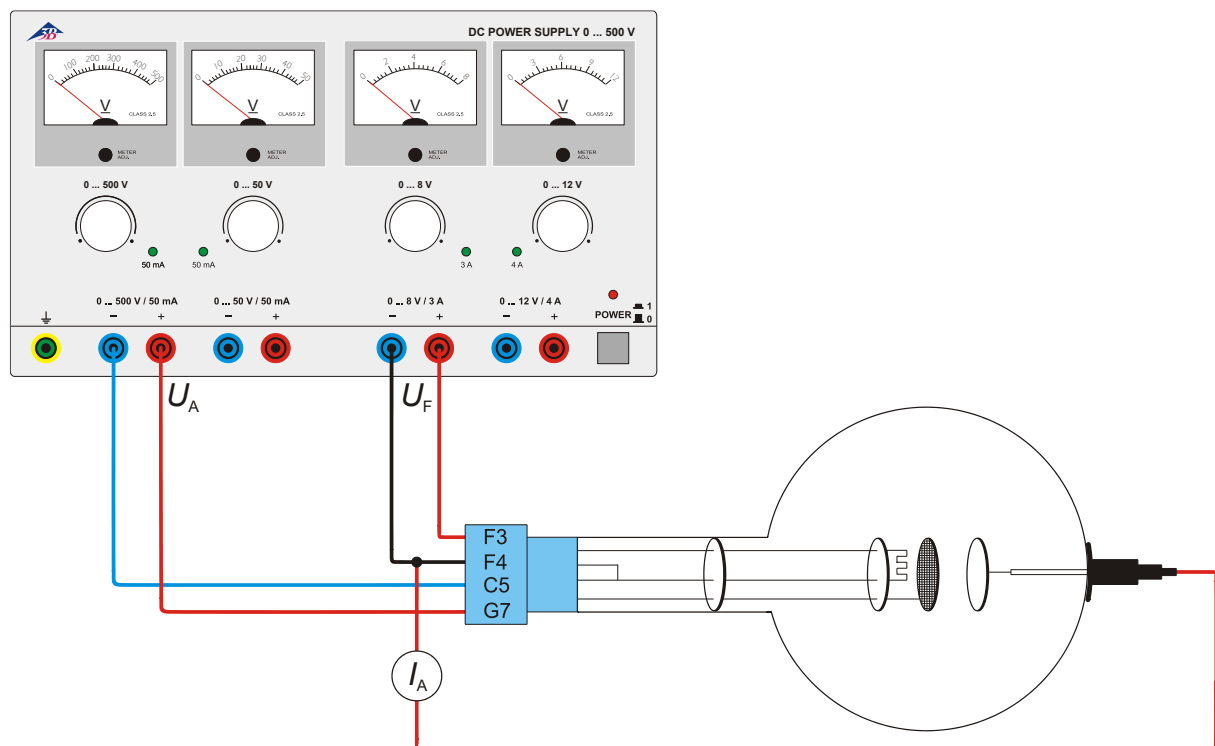


Fig. 3 Génération de rayons cathodiques

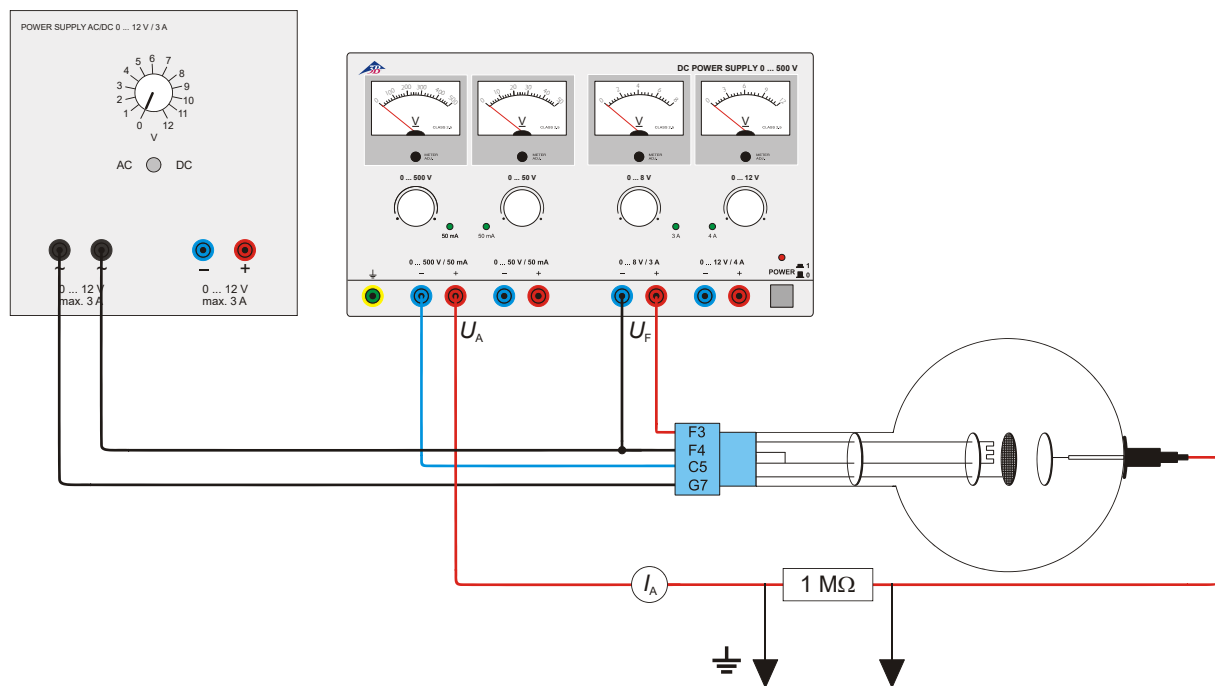


Fig. 4 La triode comme amplificateur

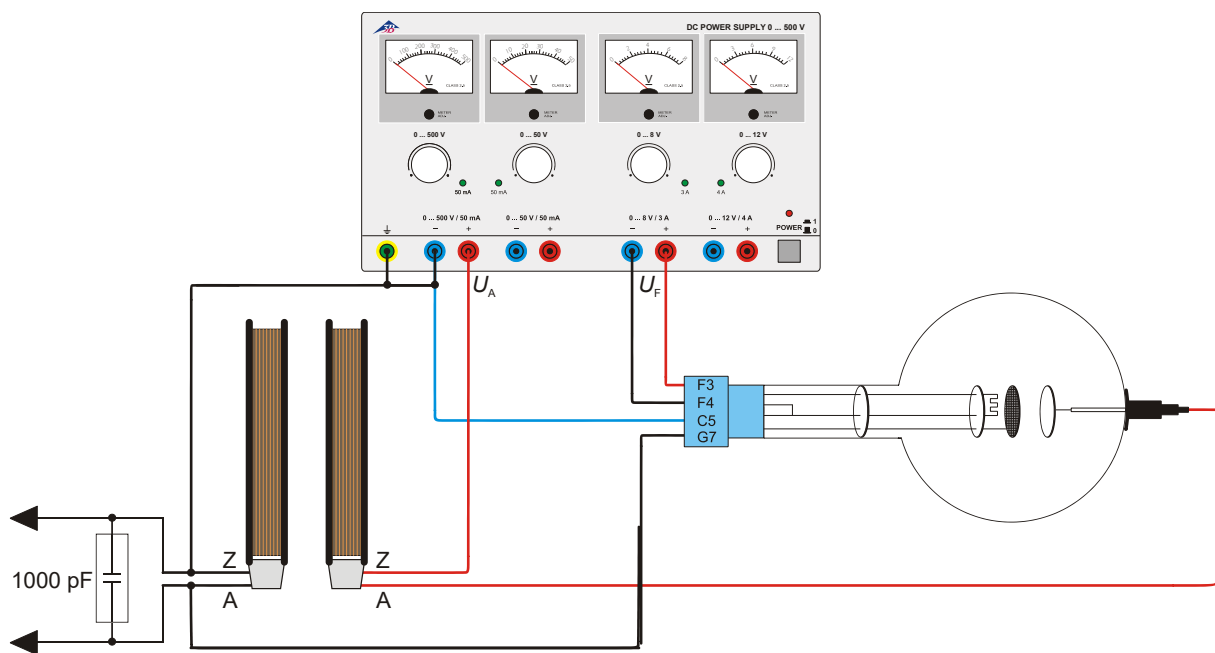
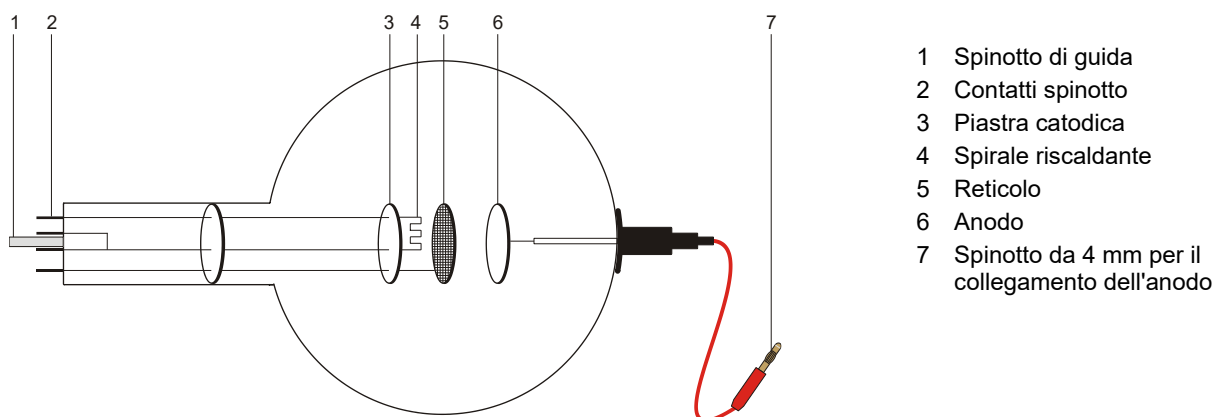


Fig. 5 Génération d'oscillations LC non amorties

Triodo S 1000614

Istruzioni per l'uso

10/15 ALF



- 1 Spinotto di guida
- 2 Contatti spinotto
- 3 Piastra catodica
- 4 Spirale riscaldante
- 5 Reticolo
- 6 Anodo
- 7 Spinotto da 4 mm per il collegamento dell'anodo

1. Norme di sicurezza

I tubi catodici incandescenti sono bulbi in vetro a pareti sottili, sotto vuoto. Maneggiare con cura: rischio di implosione!

- Non esporre i tubi a sollecitazioni meccaniche.
- Non esporre i cavi di collegamento a sollecitazioni alla trazione.
- Il tubo può essere utilizzato esclusivamente con il supporto S (1014525).

Tensioni e correnti eccessive e temperature catodiche non idonee possono distruggere i tubi.

- Rispettare i parametri di funzionamento indicati.
- Durante il funzionamento dei tubi, possono essere presenti tensioni e alte tensioni che rendono pericoloso il contatto.

Per i collegamenti utilizzare esclusivamente cavi di sperimentazione di sicurezza.

- Eseguire i collegamenti soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.
- Montare e smontare il tubo soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.

Durante il funzionamento il collo del tubo si riscalda.

- Se necessario far raffreddare i tubi prima di smontarli.

Il rispetto della Direttiva CE per la compatibilità elettromagnetica è garantito solo con gli alimentatori consigliati.

2. Descrizione

Il triodo permette l'esecuzione di esperimenti fondamentali sull'effetto Edison (effetto termoionico), la definizione della polarità negativa della carica elettronica, la registrazione delle caratteristiche di un triodo nonché la generazione di radiazioni catodiche (modello di un "cannone elettronico"). Viene inoltre utilizzato per esaminare l'applicazione tecnica del triodo come amplificatore e per produrre oscillazioni non smorzate in circuiti LC.

Il triodo è un tubo a vuoto spinto con un filamento caldo (catodo) in tungsteno puro, una piastra metallica circolare (anodo) e un reticolo metallico intermedio posto in una sfera di vetro trasparente, sotto vuoto. Catodo, anodo e reticolo metallico sono disposti parallelamente tra loro. Questa forma costruttiva planare corrisponde al simbolo del triodo tradizionale. Una piastra metallica circolare fissata a una delle guide del filamento caldo consente di ottenere un campo elettrico più uniforme tra catodo e anodo.

3. Dati tecnici

Tensione di riscaldamento: max. 7,5 V CA/CC

Corrente di riscaldamento: ca. 3 A

Tensione anodica: max. 5000V

Corrente anodica: U_A 400 V e U_F 6,3 V
 U_G 0 V, I_A ca. 0,4 mA
 U_G +8 V, I_A ca. 0,8 mA
 U_G -8 V, I_A ca. 0,04 mA

Tensione reticolo: max. ± 10 V

Ampolla: ca. 130 mm $\varnothing$

Lunghezza totale: ca. 260 mm

4. Utilizzo

Per l'esecuzione degli esperimenti con il triodo sono inoltre necessari i seguenti apparecchi:

1 Portatubo S	1014525
1 Alimentatore 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
oppure	
1 Alimentatore 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308
1 Multimetro analogico AM51	1003074

4.1 Inserimento del tubo nel portatubi

- Montare e smontare il tubo soltanto con gli apparecchi di alimentazione disinseriti.
- Spingere il tubo nel supporto con una leggera pressione finché i contatti dello spinotto non si trovano interamente nel supporto; rispettare una posizione univoca dello spinotto di guida.

4.2 Rimozione del tubo dal portatubi

- Per estrarre il tubo, con l'indice della mani destra premere dal di dietro sullo spinotto di guida, fino ad allentare gli spinotti di contatto. Quindi estrarre il tubo.

5. Esperimento di esempio

5.1 Produzione di portatori di carica mediante un catodo incandescente (effetto Edison) nonché definizione della polarità dei portatori di carica emessi

- Realizzare il collegamento come illustrato nella figura 1.
- Selezionare una tensione anodica U_A di ca. 400 V.

Con una tensione del reticolo U_G di 0 V scorre una corrente anodica I_A di ca. 0,4 mA.

- Impostare una tensione del reticolo di +10 V o -10 V. Se sul reticolo è presente una tensione positiva rispetto al catodo, la tensione anodica I_A aumenta in modo considerevole. Se il reticolo è negativo rispetto al catodo, I_A diminuisce.

Un filo di riscaldamento incandescente crea portatori di carica. La corrente scorre tra catodo e anodo. Assumendo come dato di fatto che un reticolo con carica negativa riduce il flusso di corrente e, per contro, un reticolo con carica positiva lo aumenta, è possibile dedurre che i portatori di carica hanno una polarità negativa.

5.2 Rilevamento delle linee caratteristiche del triodo

- Realizzare il collegamento come illustrato nella figura 1.
- Linee caratteristiche $I_A - U_A$: Per tensioni del reticolo costanti, definire la corrente anodica in funzione della tensione anodica e rappresentare graficamente le coppie di valori (vedere fig. 2).
- Linee caratteristiche $I_A - U_G$: Per tensioni anodiche costanti, definire la corrente anodica in funzione della tensione del reticolo e rappresentare graficamente le coppie di valori (vedere fig. 2).

5.3 Produzione di raggi catodici

- Realizzare il collegamento come illustrato nella figura 1, in modo che reticolo e catodo rappresentino un diodo.
- Aumentare la tensione anodica U_A in fasi da 10 V a 80 V. Nel fare ciò misurare la corrente che attraversa l'anodo.

In caso di tensioni più elevate la corrente diminuisce, poiché il reticolo con carica positiva cattura gli elettroni e quindi la corrente che attraversa il reticolo aumenta. Tensioni superiori a 100 V possono danneggiare il reticolo.

Gli elettroni accelerati da una tensione tra catodo e reticolo si possono rilevare dietro il reticolo (raggi catodici). Con la tensione di accelerazione aumenta l'intensità di corrente, che rappresenta una misura per il numero degli elettroni.

5.4 Il triodo come amplificatore

Sono necessari i seguenti strumenti:

1 Alimentatore CA/CC 12 V (115 V, 50/60 Hz)	1001006
---	---------

oppure

1 Alimentatore CA/CC 12 V (230 V, 50/60 Hz)	1001007
---	---------

1 Resistenze 1 M Ω

1 Oscilloscopio

- Realizzare il collegamento come illustrato nella figura 4.
- Selezionare una tensione anodica U_A di ca. 300 V.

Mediante l'oscilloscopio è possibile dimostrare l'amplificazione del segnale creato tramite la resistenza.

- Ripetere l'esperimento con resistenze diverse. Moderate tensioni alternate del reticolo determinano una notevole variazione di tensione in una resistenza nel circuito anodico. L'amplificazione cresce all'aumentare della resistenza.

5.5 Produzione di oscillazioni LC non smorzate

Sono necessari i seguenti strumenti:

- 1 Coppia di bobine di Helmholtz S 1000611
- 1 Condensatore 250 pF or 1000 pF
- 1 Oscilloscopio

Attenzione! Con tensione anodica inserita le parti metalliche delle bobine sono soggette a tensione. Non toccare!

- Eseguire modifiche del cablaggio solo con alimentatore spento.
- Realizzare il collegamento come illustrato nella figura 5.
- Posizionare le bobine a barilotto il più vicino possibile le une alle altre.

- Selezionare una tensione anodica U_A di ca. 300 V.
- Osservare le oscillazioni non smorzate sullo schermo dell'oscilloscopio.
- Ruotando una bobina, dimostrare che comparsa e ampiezza delle oscillazioni dipendono dalla posizione relativa delle bobine.. Nel fare ciò, afferrare le bobine solo in corrispondenza di parti isolate.
- Variare la tensione anodica U_A tra 100 e 500 V e osservare che l'ampiezza delle oscillazioni non è proporzionale a U_A .
- Eseguire un esperimento dello stesso tipo senza condensatore, in modo che la capacità di oscillazione dipenda solo dalla capacità propria del conduttore.

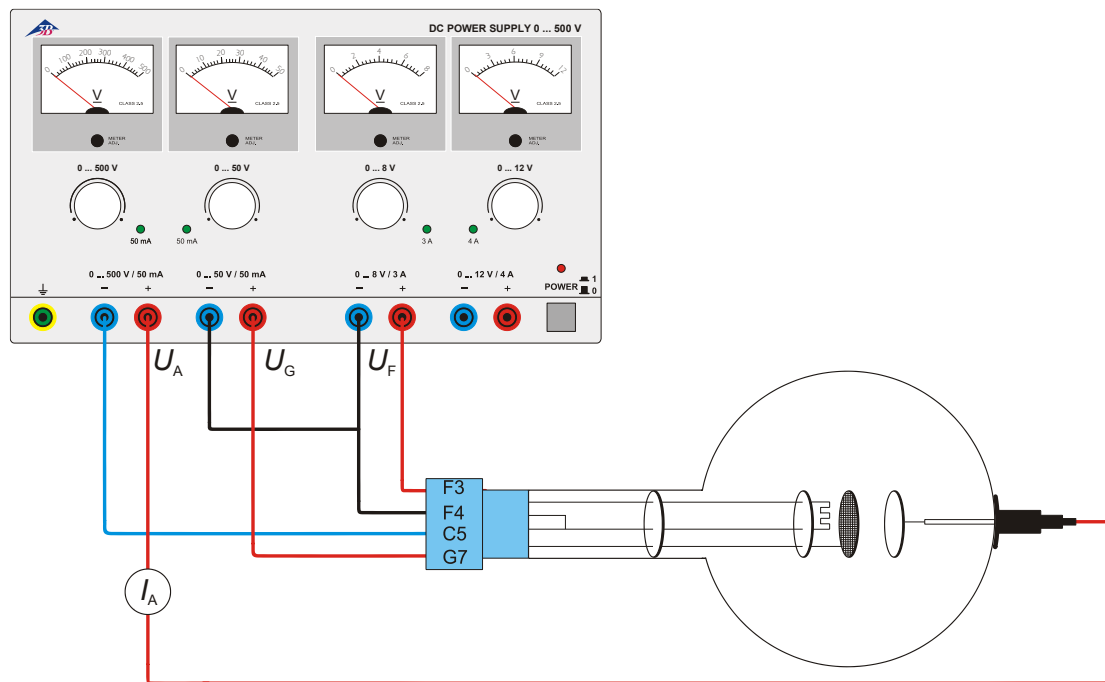


Fig. 1 Dimostrazione della corrente anodica e determinazione della polarità dei portatori di carica

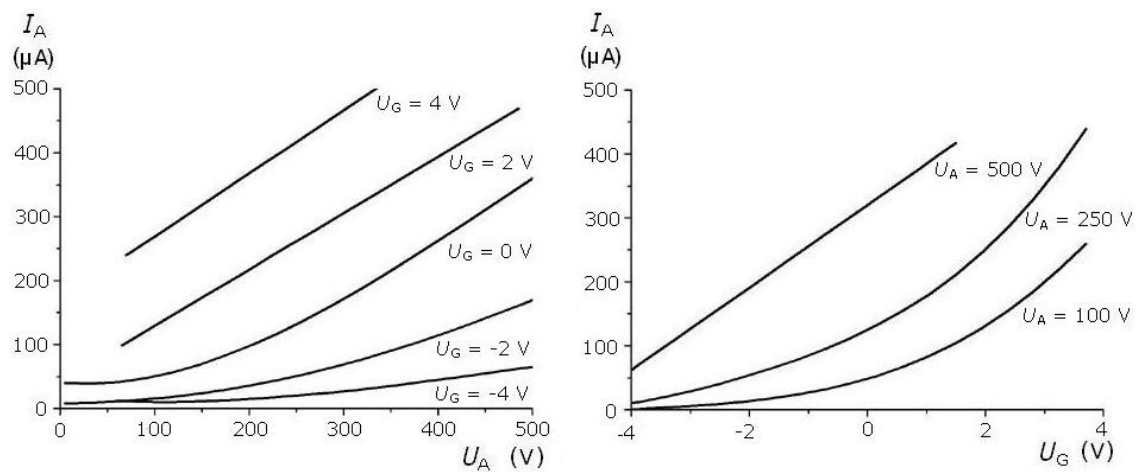


Fig. 2 Linee caratteristiche del triodo

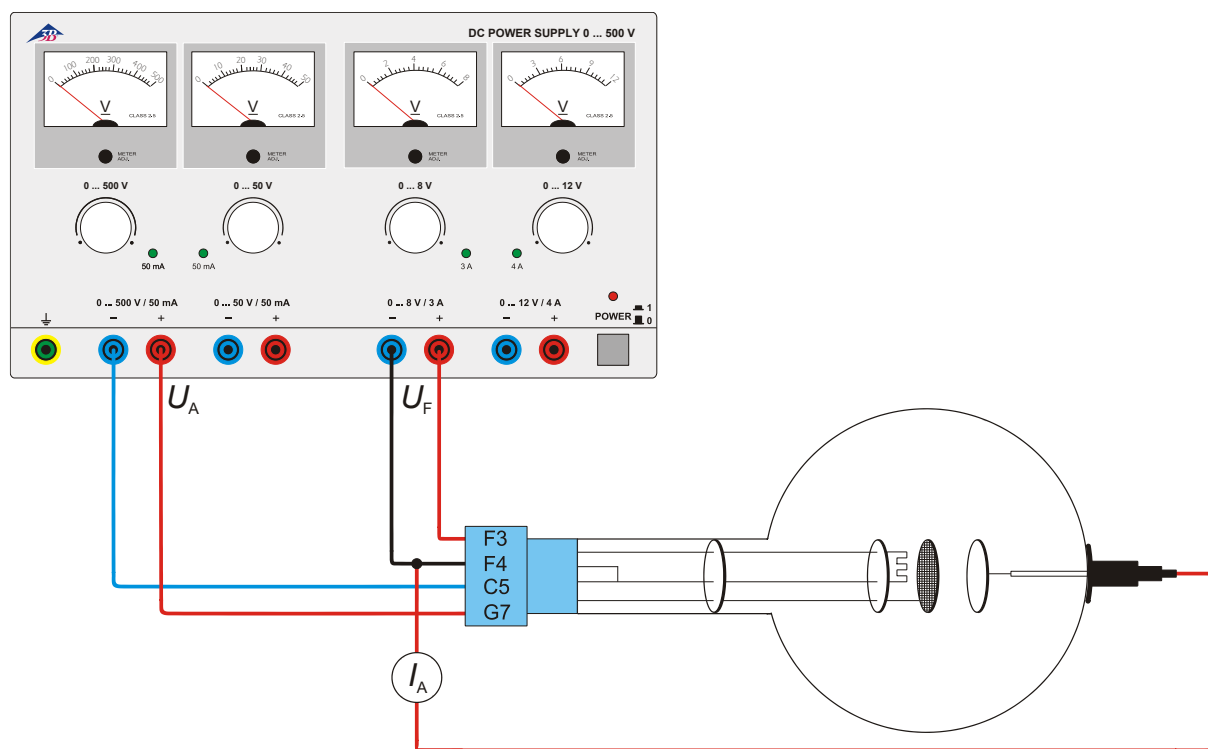


Fig. 3 Produzione di raggi catodici

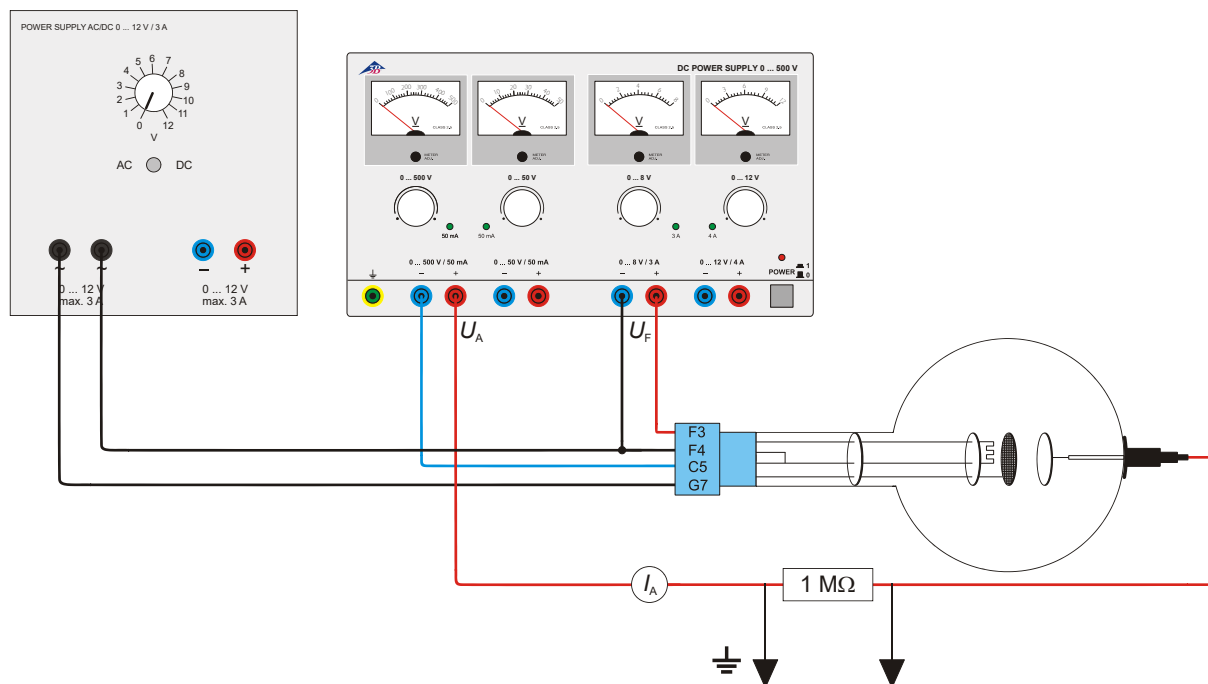


Fig. 4 Il triodo come amplificatore

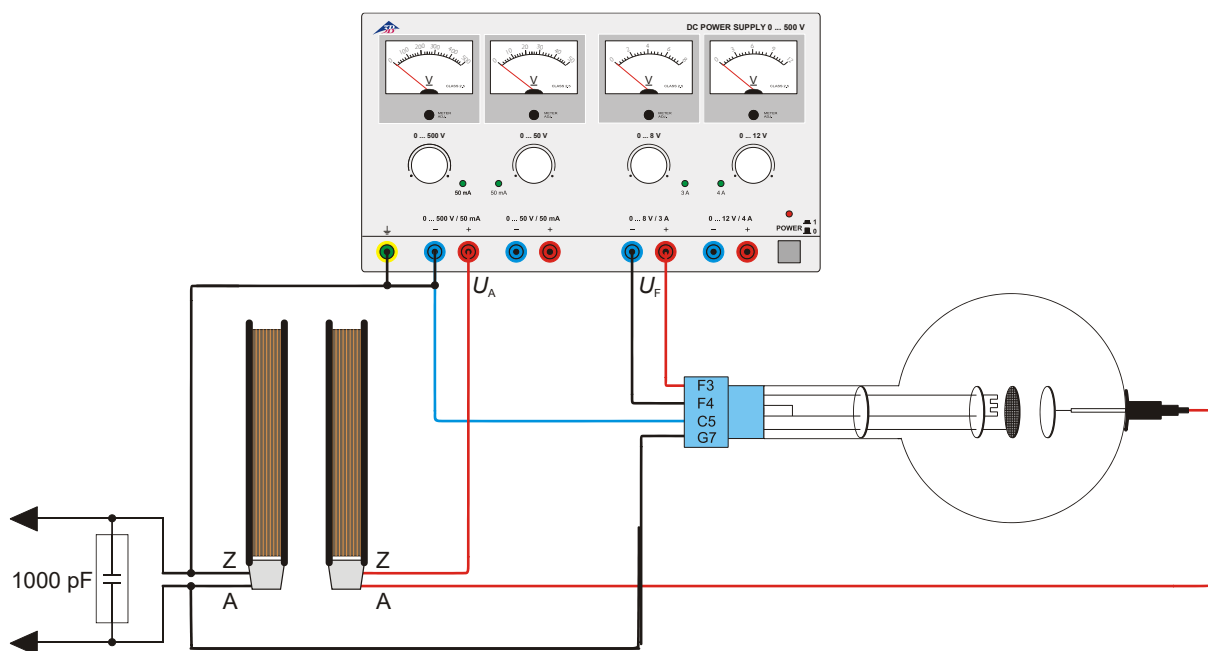
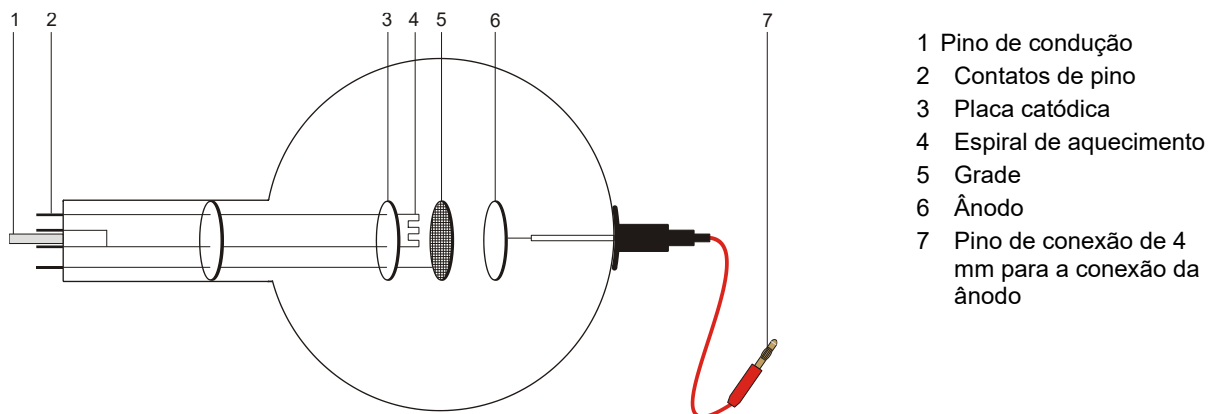


Fig. 5 Produzione di oscillazioni LC non smorzate

Triodo S 1000614

Instruções de operação

10/15 ALF



1. Indicações de segurança

Tubos catódicos incandescentes são ampolas de vidro evacuadas de paredes finas, manusear com cuidado: risco de implosão!

- Não sujeitar os tubos a qualquer tipo de esforço físico.
- Não sujeitar os cabos de conexão a esforço puxando-o.
- O tubo só pode ser instalado no suporte para tubo S (1014525).

Tensões excessivamente altas, correntes ou temperaturas de cátodo errôneas, podem levar à destruição dos tubos.

- Respeitar os parâmetros operacionais indicados.

Durante a operação dos tubos podem ocorrer tensões perigosas ao contato e altas tensões no campo da conexão.

- Só utilizar cabos para ensaios de segurança para as conexões.
- Somente efetuar conexões nos circuitos com os elementos de alimentação elétrica desconectados.
- Somente montar ou desmontar os tubos com os elementos de alimentação elétrica desligados.

Durante o funcionamento, o gargalo do tubo se aquece.

- Caso necessário, deixar esfriar os tubos antes de desmontá-los.

O cumprimento das diretivas EC para compatibilidade eletromagnética só está garantido com a utilização dos aparelhos de alimentação elétrica recomendados.

2. Descrição

O triodo permite a realização de experiências fundamentais com o efeito Edison (efeito de incandescência elétrica), assim como a determinação da polaridade negativa da carga do elétron, o registro de linhas de reconhecimento de um triodo e a produção de raios catódicos (modelo de "canhão de elétrons"). Além disso são possíveis pesquisas sobre as aplicações técnicas do triodo como amplificador e sobre a produção de oscilações não amortecidas em circuitos LC.

O triodo é um tubo de alto vácuo, com um filamento de aquecimento (cátodo) de puro tungstênio e uma placa cilíndrica (ânodo) e uma grade de metal entre aqueles numa esfera de vidro transparente. Cátodo, ânodo e grade de arame estão posicionados em paralelo uns aos outros. Esta estrutura planar corresponde ao símbolo habitual para o triodo. Uma placa de metal redonda fixada numa das fixações do filamento de aquecimento garante um campo elétrico de mesma forma entre o cátodo e o ânodo.

3. Dados técnicos

Tensão de aquecimento:	máx 7,5 V AC/DC
Corrente de aquecimento:	aprox. 3 A
Tensão anódica:	máx. 500 V
Corrente anódica:	U_A 400 V e U_F 6,3 V U_G 0 V, I_A aprox. 0,4 mA U_G +8 V, I_A aprox. 0,8 mA U_G -8 V, I_A aprox. 0,04 mA
Tensão da grade:	máx. ± 10 V
Ampola de vidro:	aprox. 130 mm $\varnothing$
Comprimento total:	aprox. 260 mm

4. Utilização

Para a realização de experiências com o trípode são necessários adicionalmente os seguintes aparelhos:

1 Suporte dos tubos S	1014525
1 Fonte de alimentação 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
ou	
1 Fonte de alimentação 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308
1 Multímetro analógico AM51	1003074

4.1 Instalação do tubo no suporte para tubos

- Montar e desmontar o tubo somente com os aparelhos de alimentação elétrica desligados.
- Inserir o tubo na tomada com leve pressão até que os pinos de contato estejam completamente dentro da tomada, ao fazê-lo, garantir uma posição claramente definida do pino de condução.

4.2 Desmontagem do tubo do suporte para tubos

- Para a retirada do tubo, pressionar com o dedo índice da mão direita por trás sobre o pino de condução até que os pinos de contato se soltem. Logo, retirar o tubo.

5. Exemplos de experiências

5.1 Produção de portadores de carga através de um cátodo incandescente (efeito de Edison) assim como a determinação da polaridade dos portadores de carga emitidos

- Efetuar as conexões conforme a figura 1.
- Selecionar uma tensão anódica U_A de aproximadamente 400 V.

Com uma tensão de grade U_G de 0 V flui uma

corrente anódica I_A de aproximadamente 0,4 mA.

- Ajustar uma tensão de grade de +10 V ou -10 V.

Se houver uma tensão positiva na grade em relação ao cátodo a corrente anódica I_A então aumenta sensivelmente. Se a grade é negativa em relação ao cátodo, então I_A diminui.

Um filamento de aquecimento incandescente produz portadores de carga. A corrente flui entre o cátodo e o ânodo. A partir do comportamento registrado pelo qual uma grade carregada negativamente diminui o fluxo de corrente e que uma grade carregada positivamente contrariamente o aumenta, pode-se concluir que os portadores de carga são de polaridade negativa.

5.2 Registro das linhas de reconhecimento do trípode

- Efetuar as conexões conforme a figura 1.
- Linhas de reconhecimento $I_A - U_A$: determinar a corrente anódica em função da tensão anódica para tensões de grade constantes e representar graficamente os pares de valores (veja fig. 2).
- Linhas de reconhecimento $I_A - U_G$: determinar a corrente anódica em função da tensão anódica para tensões de grade constantes e representar graficamente os pares de valores (veja fig. 2).

5.3 Produção de raios catódicos

- Efetuar as conexões conforme a figura 3, de modo que a grade e o cátodo configurem um díodo.
- Aumentar a tensão anódica U_A a passos de 10 V a 80 V. Ao fazê-lo, medir a corrente que flui pelo ânodo.

Com tensões mais altas a corrente diminui, já que a grade carregada positivamente captura os elétrons e assim a corrente que vem da grade aumenta. Tensões acima de 100 V podem destruir a grade.

Os elétrons que foram acelerados por uma tensão entre o cátodo e a grade podem ser registrados atrás da grade (raios catódicos). A força da corrente aumenta com a tensão de aceleração, sendo aquela uma medida para o número de elétrons.

5.4 O tríodo como amplificador

Os seguintes aparelhos são adicionalmente necessários:

1 Fonte de alimentação AC/DC 12 V (115 V, 50/60 Hz) 1001006
ou

1 Fonte de alimentação AC/DC 12 V (230 V, 50/60 Hz) 1001007

1 Resistência 1 M Ω

1 Osciloscópio

- Efetuar as conexões conforme a figura 4.
- Selecionar uma tensão anódica U_A de aproximadamente 300 V.

Por meio de um osciloscópio é possível demonstrar a amplificação do sinal aplicado através da resistência.

- Repetir a experiência com diversas resistências.

Tensões de grade alternadas pequenas provocam uma variação grande de tensão numa das resistências no circuito anódico. A amplificação aumenta com o aumento da resistência.

5.5 Produção de oscilações LC

Os seguintes aparelhos são adicionalmente necessários:

1 Par de bobinas de Helmholtz S 1000611

1 Condensador 250 pF ou 1000 pF

1 Osciloscópio

Cuidado! Quando a tensão anódica está ligada há tensão nas partes metálicas das bobinas. Não tocar!

- Só efetuar alterações nas conexões com o aparelho de alimentação na rede elétrica desligado.
- Efetuar as conexões conforme a figura 5.
- Colocar as bobinas na base, o mais perto possível uma da outra.
- Selecionar uma tensão anódica U_A de aproximadamente 300 V.
- Observar as oscilações não amortecidas na tela do osciloscópio.
- Demonstrar que a produção e a amplitude das oscilações dependem da posição relativa das bobinas girando estas últimas. Ao fazê-lo, só tocar nas bobinas nas partes isoladas!
- Variar a tensão anódica U_A entre 100 e 500 V e observar que a amplitude das oscilações não é proporcional a U_A .
- Realizar uma experiência parecida, porém, sem o condensador, de modo que assim a capacidade do circuito oscilante só é constituída pela capacidade própria do condutor.

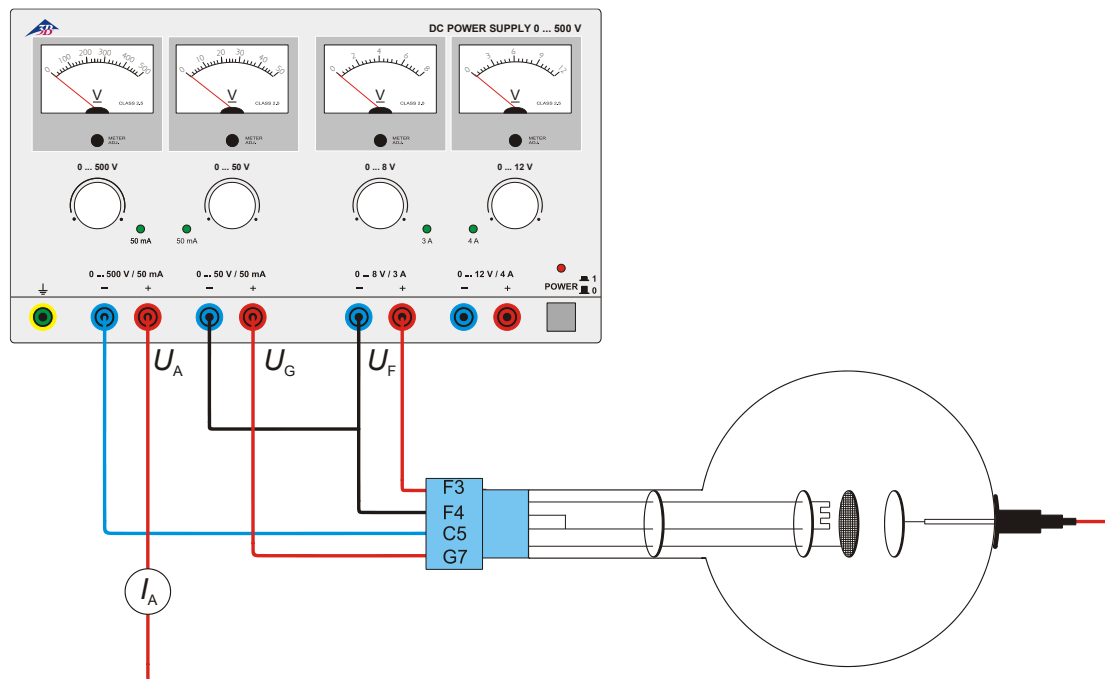


Fig. 1 Comprovação da corrente anódica e determinação da polaridade dos portadores de carga

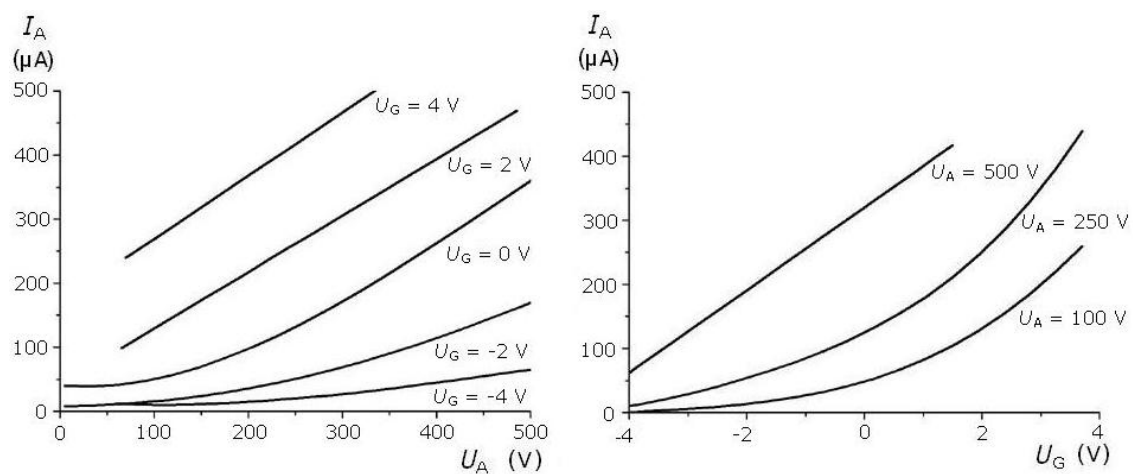


Fig. 2 Linhas de reconhecimento de tríodos

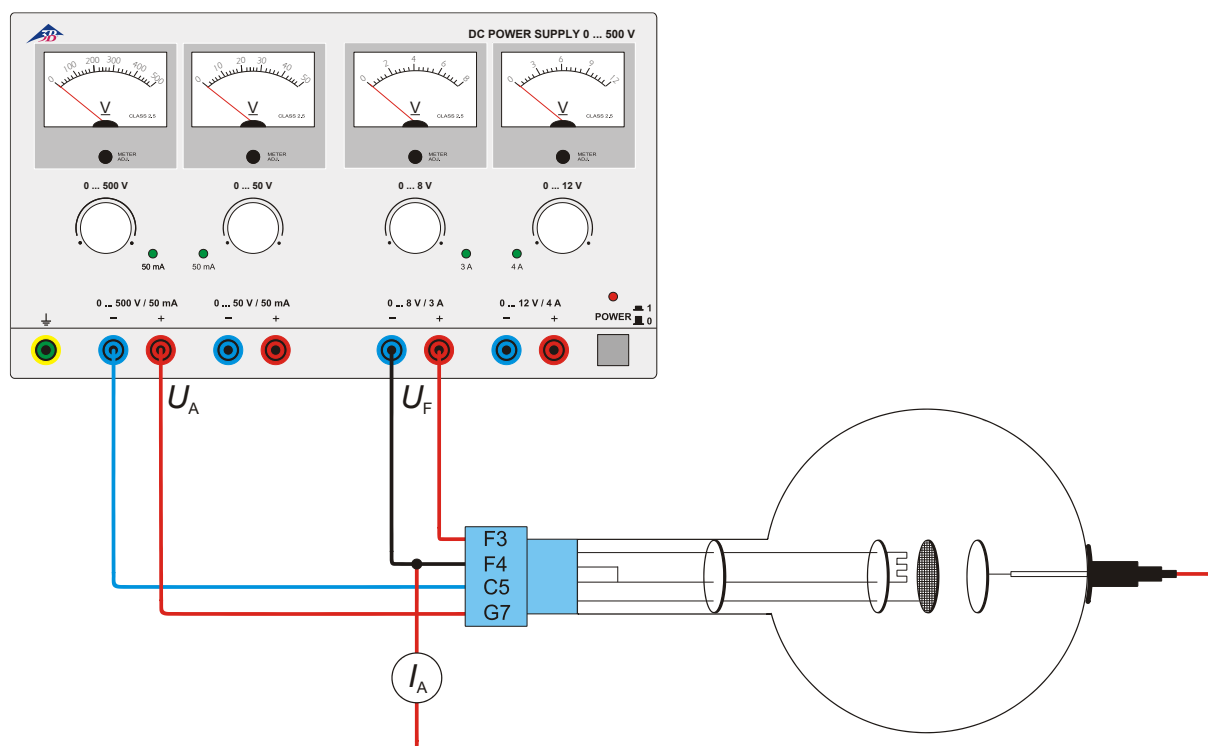


Fig. 3 Produção de raios catódicos

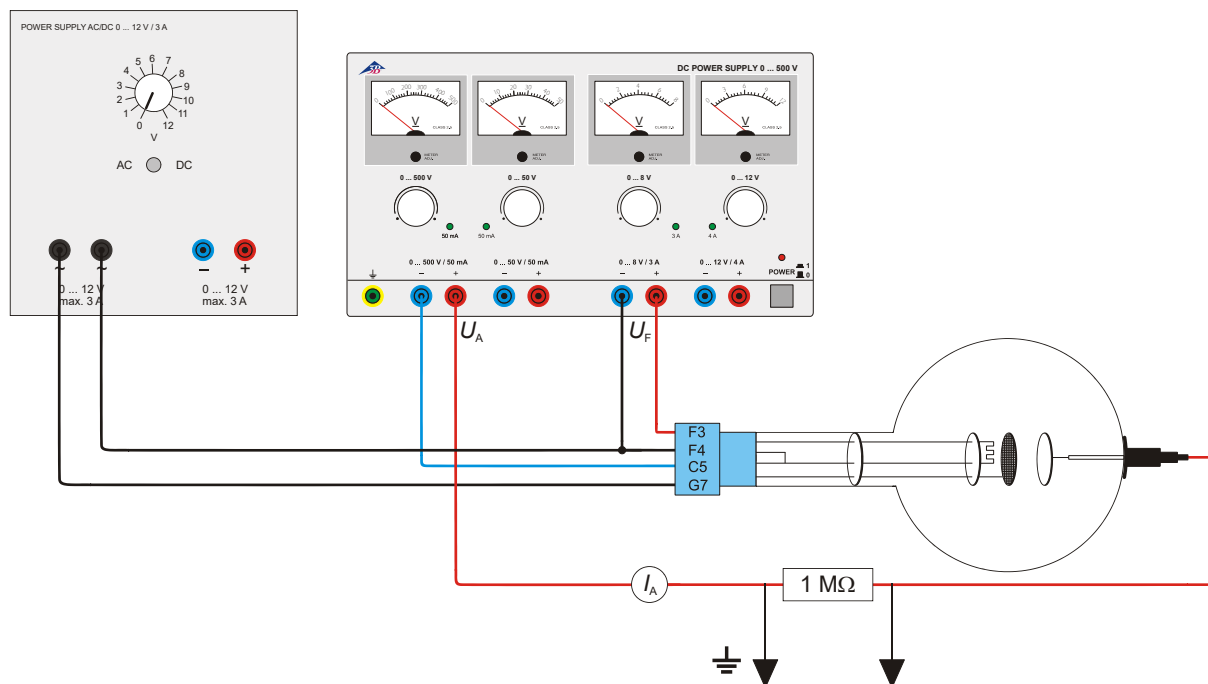


Fig. 4 O triodo como amplificador

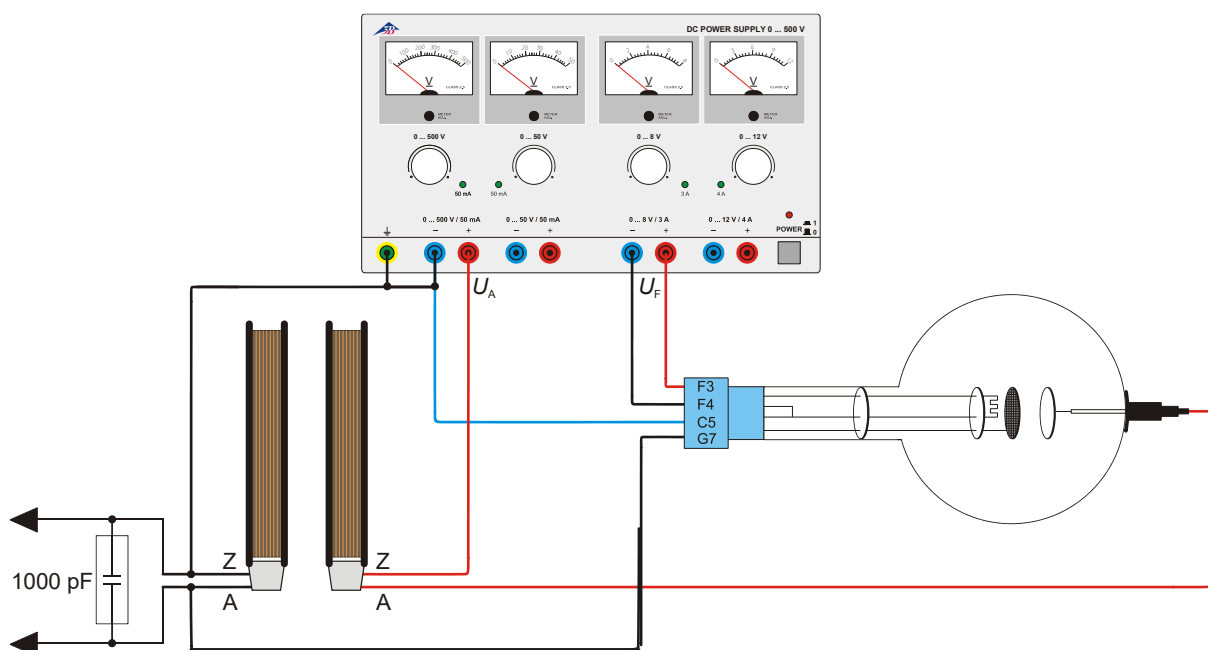


Fig. 5 Produção de oscilações LC