

## Gebrauchsanweisung Instruction Sheet

555 10

### Schattenkreuzröhre Maltese Cross Tube

Fig. 1

Die Schattenkreuzröhre dient zur Demonstration der geradlinigen Bewegungen von Elektronen. Beim Aufbau der Röhre im Magnetfeld eines Helmholtz-Spulenpaares (555 06) können einführende Versuche zur Elektronenoptik durchgeführt werden.

The Maltese cross tube is used to demonstrate the linear motion of electrons. When the tube is set up in the magnetic field of a pair of Helmholtz coils (555 06), it becomes possible to conduct experiments on electron optics.

Literatur: Versuchsbeschreibungen '87 (599 891)

Literature: New Physics Leaflets 2 (599 892)

#### 1 Sicherheitshinweise

- Heizspannungen über 6,3 V $\sim$  verkürzen die Lebensdauer der Röhre; mehr als 7 V $\sim$  kann zur Zerstörung der Wolframwendel führen!
- Röhre bei glühender Wendel sowie unmittelbar nach dem Abschalten der Heizspannung nicht ruckartig bewegen (Bruchgefahr der heißen Wendel!)
- Die 4-mm-Steckerstifte an der Röhre grundsätzlich nur mit einem Stecker belasten (bei 2 aufeinander gesteckten Steckern Bruchgefahr an der Klebestelle der Kunststoffkappe).

#### 1 Safety notes

- Heating voltages greater than 6.3 V AC reduce the service life of the tube. Voltages greater than 7 V AC can destroy the tungsten filament!
- Do not jar or jerk the tube while the filament is glowing or directly after switching off the heating (danger of breaking the hot filament!)
- Never connect more than one connector each to the 4-mm plug pins. Two plugs connected on top of each other may cause the glue joint of the plastic cap to break.

#### 2 Beschreibung (s. Fig. 1), technische Daten

- ① Elektronenkanone, bestehend aus direkt geheizter Glühkatode (Wolframwendel) und zylinderförmiger Anode
- ② 4-mm-Buchsenpaar zum Anschluß der Heizspannung für die Glühkatode
- ③ mit Anode verbundener 4-mm-Steckerstift
- ④ Malteserkreuz aus Aluminium als Schattenkörper
- ⑤ Fluoreszenzschirm
- ⑥ mit Malteserkreuz verbundener 4-mm-Steckerstift

Das Elektrodensystem ① der Röhre besteht aus einer "Haarnadel"-Katode aus Wolframdraht und einer zylindrischen Anode. Die beiden Anschlüsse der Wolframkatode sind mit 4-mm-Buchsen ② in einer Kunststoff-Kappe am Röhrenhals verbunden. Der Anodenanschluß ist über einen seitlich am Röhrenhals angebrachten 4-mm-Steckerstift ③ herausgeführt.

Es wird ein divergentes Elektronenbündel erzeugt, das auf den an der gegenüberliegenden Wand des Glaskolbens befindlichen Fluoreszenzschirm ⑤ trifft. Zwischen Elektrodensystem

#### 2 Description (see Fig. 1), technical data

- ① Electron gun, consisting of directly heated cathode (tungsten filament) and cylindrical anode
- ② 4-mm socket pair for connecting the hot-cathode heating voltage
- ③ 4-mm plug pin connected with anode
- ④ Maltese cross, aluminum, as shadow body
- ⑤ Luminescent screen
- ⑥ 4-mm plug pin connected with Maltese cross

The electrode system ① of the tube consists of a tungsten wire "hairpin" cathode and a cylindrical anode. The two terminals of the tungsten cathode are connected to 4-mm sockets ② in a plastic cap at the tube neck. The anode terminal is led out via a 4-mm plug pin ③ on the side of the tube neck.

The cathode generates a divergent electron beam which is incident on the luminescent screen ⑤ attached on the opposite wall of the glass tube. An aluminum Maltese cross ④ is located

und Fluoreszenzschirm befindet sich ein Malteserkreuz ④ aus Aluminiumblech, das mit dem Steckerstift ⑥ der oberen Kunststoffkappe verbunden ist.

#### Technische Daten

Anodenspannung:	2 kV– bis max. 5 kV–
Heizspannung:	ca. 6 V~ ... 6,4 V~
empfehlenswert:	6,3 V
Durchmesser des Glaskolbens:	ca. 13 cm
Gesamtlänge der Röhre:	ca. 25 cm

### 3 Betriebsmittel

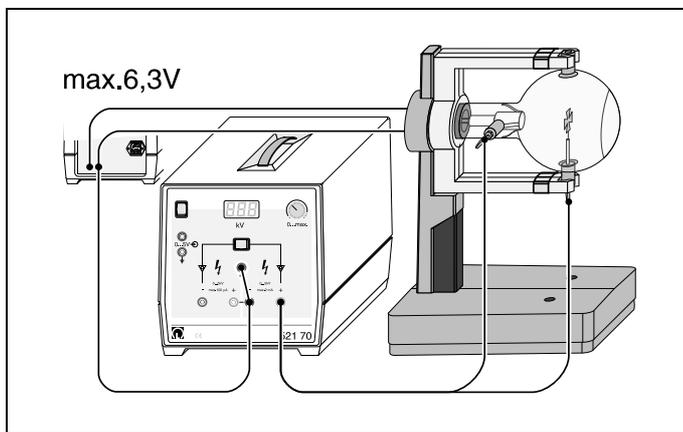
Experimentierstand (555 05)

Spannungsversorgung für die Röhre

- Anoden- und Heizspannung aus Hochspannungs-Netzgerät (521 70) oder

- Anodenspannung aus Hochspannungs-Netzgerät 10 kV (522 37)\*  
Heizspannung (6 V~) z.B. aus Transformator 6 V; 12 V; 30 W (522 73)

### 4 Versuchsbeispiele



#### 4.1 Lineare Ausbreitung der Katodenstrahlen

Schaltung nach Fig. 2. Anode des Strahlerzeugungssystems und Metallkreuz müssen das gleiche Potential haben. Man schaltet zunächst nur die Heizspannung ein und beobachtet, daß das von der Glühkatode ausgehende sichtbare Licht einen scharfen Schatten des Kreuzes auf dem Leuchtschirm entwirft.

Nun schaltet man zur Erzeugung eines divergenten Elektronenstrahlbündels die Anodenspannung ein und beobachtet, daß ein scharfer, sich mit dem ersten deckender Schatten von den geladenen Teilchen auf dem Schirm erzeugt wird. Man stellt die Spannung am Strahlerzeugungssystem so ein, daß man eine geeignete Intensität der Leuchterscheinung erhält.

Dieses Experiment zeigt, daß die Ladungen (Katodenstrahlen) in genau der gleichen Weise wie sichtbares Licht Schatten erzeugen, sich also geradlinig ausbreiten.

#### 4.2 Ablenkung durch ein Magnetfeld

Während die Röhre in Betrieb ist, bringt man einen oder mehrere Magnete (z.B. 510 48) in ihre Nähe und beobachtet:

1. Es tritt eine Verschiebung des Schattens ein.
2. Das Ausmaß der Verschiebung hängt sowohl von der magnetischen Feldstärke als auch von der Beschleunigungsspannung ab, die am Strahlerzeugungssystem liegt.
3. Die Ablenkung findet nicht in Feldrichtung statt.

\*) nicht mehr lieferbar

between the electrode system and the luminescent screen; the cross is connected to plug pin ⑥ on the top plastic cap.

#### Technical data

Anode voltage:	2 kV DC to max. 5 kV DC
Heating voltage:	approx. 6 V AC ... 6.4 V AC
Recommended:	6.3 V
Diameter of glass tube:	approx. 13 cm
Tube length overall:	approx. 25 cm

### 3 Operating equipment

Stand for electron tubes (555 05)

Voltage supply for the tube

- Anode and heating voltage from high-voltage power supply (521 70) or

- Anode voltage from high-voltage power supply 10 kV (522 37)\*  
Heating voltage (6 V AC) e.g. from transformer 6 V; 12 V; 30 W (522 73)

### 4 Experiment examples

Fig. 2

#### 4.1 Linear propagation of cathode rays

Set up the circuit shown in Fig. 2. The anode of the beam generation system and the metal cross must have the same potential. First, turn on only the heating voltage: we observe that the visible light emitted by the hot cathode projects a sharp shadow of the cross on the luminescent screen.

Now switch on the anode voltage to generate a divergent electron beam. You can now observe that a sharp shadow caused by the charged particles appears on the screen, fully congruent with the first shadow. Adjust the voltage in the beam generation system to obtain a suitable intensity of the luminescence.

This experiment demonstrates that the charges (cathode rays) produce a shadow in exactly the same way as visible light, and must thus propagate linearly.

#### 4.2 Deflection in a magnetic field

While the tube is in operation, place one or more magnets (e.g. 510 48) in the vicinity of the tube and observe the following phenomena:

1. The shadow is shifted.
2. The extent of the shift depends on both the magnetic field strength and the acceleration voltage which is applied to the beam generation system.
3. The shadow is not deflected in the direction of the magnetic field.

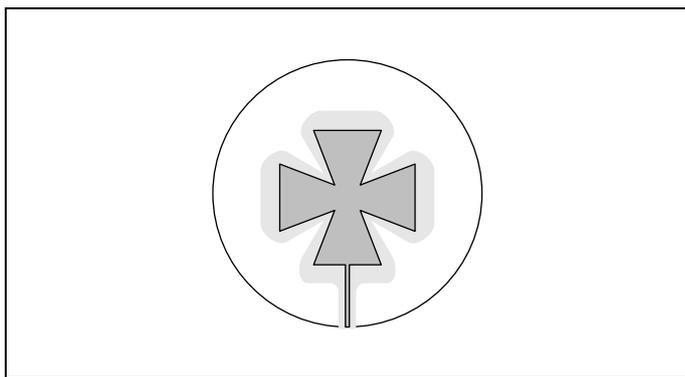
\*) no longer available

Setzt man die Ablenkungsrichtung, die Feldrichtung und die Bewegungsrichtung der Ladungen vermittels der Dreifingerregel in Beziehung zueinander, so ergibt sich:

Katodenstrahlen scheinen sich im Magnetfeld ähnlich wie elektrische Ströme in Leitern zu verhalten.

### 4.3 Elektrostatische Ladungswirkungen

Man trennt das Metallkreuz vom Anodenpotential und beobachtet, daß der Schatten verzerrt wird. Negative Ladung sammelt sich auf dem Kreuz und wirkt nach Erreichen eines Gleichgewichtszustandes dem Aufnehmen weiterer, negativer Ladungen entgegen. Katodenstrahlen, die dicht an diesem Gegenfeld vorbeifliegen, werden abgelenkt. Dadurch wird der Schatten entsprechend Fig. 3 verzerrt. Wird das Kreuz auf Kathodenpotential gelegt, so erhält man eine derartige Verzerrung, daß das Bild über die Grenzen des aufgetragenen Leuchtschirmes hinaus vergrößert wird.



### 4.4 Einführung in die Elektronenoptik

Man spannt die Röhre so in die Klemmbügel des Ständers ein, daß der Schirm von einer der beiden Helmholtz-Spulen (555 05) umgeben wird. Zu diesem Aufbau wird die Schattenkreuzröhre entgegen ihrer normalen Halterung so in die Klemmbacken eingesetzt, daß der Sockel der Röhre durch die zweite Helmholtz-Spule ragt.

Durch Verstärkung des magnetischen Feldes, d.h. Erhöhung des Spulenstroms, kann man es erreichen, daß sich der Schatten dreht, sich zu einem kleinen Fleck zusammenzieht, sich dann weiter dreht und in umgekehrter Richtung vergrößert. Änderungen der Anodenspannung ermöglichen weitere Veränderungen des Schattenbildes.

Daher kann man Katodenstrahlen und Ablenkfelder benutzen, um elektronische Schirmbilder in analoger Weise wie mit einem optischen Linsensystem zu vergrößern.

If we relate the direction of deflection, the direction of the field and the direction of motion of the charges using the right-hand rule, we find that:

Cathode rays seem to behave in a magnetic field analogously to currents in conductors.

### 4.3 Effects of electrostatic charges

Disconnect the metal cross from the anode potential and observe how the shadow is distorted. A negative charge accumulates on the cross. When the equilibrium state is reached, this inhibits the accumulation of additional charges. Cathode rays which pass close to this opposing field are deflected. This distorts the shadow as shown in Fig. 3. When the cross is connected to the cathode potential, the image is distorted so much that it extends beyond the edges of the luminescent screen.

Fig. 3  
Verzerrung des Schattenbildes  
Distortion of the shadow

### 4.4 Introduction to electron optics

Mount the tube in the retaining straps of the stand so that the screen is surrounded by one of the two Helmholtz coils (555 05). In contrast to its normal position, the Maltese cross tube is mounted in the clamp jaws so that in this experiment the base of the tube extends through the other Helmholtz coil.

Increasing the magnetic field, i.e. the coil current, causes the shadow to rotate, contract to a small spot, then turn further and grow in the opposite direction. Changing the anode voltage makes possible further changes in the shadow image.

Thus, cathode rays and deflection fields can be used to enlarge electronic screen images in a manner analogous to an optical lens system.