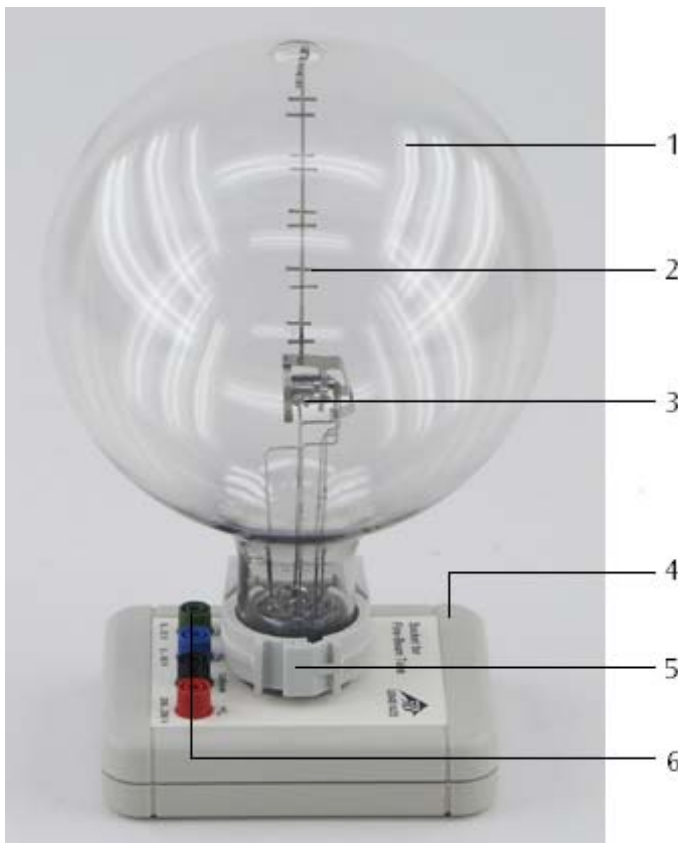


## Fadenstrahlröhre TEL U18575

### Bedienungsanleitung

07/11 ALF



- 1 Fadenstrahlröhre U18575
- 2 Messmarken
- 3 Elektronenkanone
- 4 Anschlusssockel U8481435
- 5 Halteklammer
- 6 Anschlussbuchsen

### 1. Sicherheitshinweise

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

- Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Zu hohe Spannungen, Ströme sowie falsche Kathodenheiztemperatur können zur Zerstörung der Röhre führen.
- Die angegebenen Betriebsparameter einhalten.
- Vor Einstellen der Anodenspannung ca. 1 Minute abwarten, bis sich die Temperatur der Heizwendel stabilisiert hat.

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

- Für Anschlüsse nur Sicherheits-Experimentierkabel verwenden.
- Schaltungen nur bei ausgeschaltetem Versorgungsgerät vornehmen.
- Beschaltung des Anschlusssockels erst vornehmen, wenn die Röhre im Sockel eingesetzt ist.

Im Betrieb erwärmt sich der Röhrenhals.

- Röhre vor dem Wegräumen abkühlen lassen.

Die Röhre darf nur mit dem Sockel für Fadenstrahlröhre TEL U8481435 betrieben werden.

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

## 2. Beschreibung

Die Fadenstrahlröhre TEL dient zur Untersuchung der Ablenkung von Elektrodenstrahlen im homogenen Magnetfeld unter Verwendung des Helmholtzspulenpaars U8481500 sowie zur quantitativen Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons  $e/m$ .

In einem Glaskolben befindet sich die Elektronenkanone, bestehend aus einer indirekt geheizten Oxidkatode, einem Wehneltzylinder und einer Lochanode in einer Heliumrestgas-Atmosphäre mit präzise eingestelltem Gasdruck. Die Gasatome werden längs der Elektronenflugbahn ionisiert und es entsteht ein leuchtender, scharf begrenzter Strahl. Eingebaute Messmarken erlauben die parallaxenfreie Bestimmung des Kreisbahndurchmessers des im Magnetfeld abgelenkten Strahls.

Zum Betrieb der Fadenstrahlröhre dient der Sockel U8481435 mit farbigen Anschlussbuchsen.

## 3. Technische Daten

Gasfüllung:	Helium
Gasdruck:	0,13 mbar
Heizspannung:	< 12.0 V DC
Anodenspannung:	max. 300 V
Anodenstrom:	typ. 20 mA
Wehneltspannung:	0 bis -50 V
Fadenstrahlkreis:	20 bis 100 mm Ø
Messmarkenabstand:	20 mm
Kolbendurchmesser:	ca. 165 mm
Gesamthöhe:	ca. 260 mm

## 4. Sockel für Fadenstrahlröhre TEL U8481435



Fig. 1 Sockel: 1 Halteklammer, 2 Öffnung für Führungsstift, 3 Anschluss für Anode, 4 Anschluss für Katode, 5 Anschluss für Wehnelt-Zylinder, 6 Anschluss für Heizung

## 5. Zusätzlich erforderliche Geräte

1 Sockel für Fadenstrahlröhre TEL	U8481435
1 DC-Netzgerät 500 V (230 V, 50/60 Hz) oder	U33000-230
1 DC-Netzgerät 500 V (115 V, 50/60 Hz)	U33000-115
1 Helmholtz-Spulenpaar	U8481500
1 Analog-Multimeter AM50	U17450
Sicherheits-Experimentierkabel aus	U138021

## 6. Allgemeine Grundlagen

Auf ein Elektron, das sich mit der Geschwindigkeit  $v$  senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld  $B$  bewegt, wirkt senkrecht zur Geschwindigkeit und zum Magnetfeld die Lorentz-Kraft

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

$e$ : Elementarladung

Sie zwingt das Elektron als Zentripetalkraft

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$m$ : Elektronenmasse

auf eine Kreisbahn mit dem Radius  $r$ . Daher ist

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

Die Geschwindigkeit  $v$  hängt von der Beschleunigungsspannung  $U$  der Elektronenkanone ab:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Für die spezifische Ladung des Elektrons gilt somit:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Misst man für verschiedene Beschleunigungsspannungen  $U$  und verschiedene Magnetfelder  $B$  jeweils den Kreisbahnradius  $r$ , so liegen die Messwerte in einem  $r^2 B^2 - 2U$ -Diagramm gemäß Gl. (5) auf einer Ursprungsgeraden mit der Steigung  $e/m$ .

Das Magnetfeld  $B$  wird in einem Helmholtz-Spulenpaar erzeugt und ist proportional zum Strom  $I_H$  durch eine einzelne Spule. Der Proportionalitätsfaktor  $k$  kann aus dem Spulenradius  $R = 147,5$  mm und der Windungszahl  $N = 124$  je Spule berechnet werden:

$$B = k \cdot I_H \text{ mit } k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

Damit sind sämtliche Bestimmungsgrößen für die spezifische Elektronenladung bekannt.

## 7. Bedienung

### 7.1 Einsetzen der Röhre in den Sockel

- Röhre mit leichtem Druck in die Fassung des Röhrensockels einsetzen, bis die Stiftkontakte vollständig in der Fassung sitzen. Dabei auf eindeutige Position des Führungsstiftes achten (siehe Fig. 2).
- Röhre durch Drehen so ausrichten, dass die Elektronenkanone parallel zur Längskante des Sockels liegt.
- Halteklammer mit leichtem Druck schließen, bis ein Klick-Geräusch zu hören ist.



Fig. 2 Position des Führungsstifts

### 7.2 Experimentieraufbau

- Fadenstrahlröhre zwischen die Helmholtzspulen stellen.
- Beschaltung gemäß Fig. 3 durchführen.
- Spulen in Reihe an das Netzgerät anschließen, so dass beide Spulen gleichsinnig vom Strom durchflossen werden.
- Um den Elektronenstrahl besser beobachten zu können, das Experiment in einem abgedunkelten Raum durchführen.

### 7.3 Justierung des Elektronenbündels

- Heizspannung von z.B. 10 V anlegen.
- Ca. 1 Minute abwarten bis sich die Temperatur der Heizwendel stabilisiert hat.
- Anodenspannung langsam bis auf max. 300 V erhöhen (der zunächst waagerechte Elektronenstrahl wird durch ein schwaches, bläuliches Licht sichtbar).
- Wehnelt-Spannung so wählen, dass ein möglichst dünnes, scharf begrenztes Strahlenbündel zu sehen ist.
- Schärfe und Helligkeit des Strahlenbündels durch Variation der Heizspannung optimieren.

- Spulenstrom  $I_H$  durch die Helmholtz-Spulen erhöhen und überprüfen, ob der Elektronenstrahl nach oben gekrümmt wird.

Falls keine Krümmung des Elektronenstrahls zu beobachten ist:

- Eine der Spulen umpolen, so dass der Strom gleichsinnig durch beide Spulen fließt.

Falls die Krümmung des Elektronenstrahls nicht nach oben zeigt:

- Zum Umpolen des Magnetfeldes die Anschlusskabel am Netzgerät vertauschen.

- Spulenstrom weiter erhöhen und überprüfen, ob der Elektronenstrahl eine in sich geschlossene Kreisbahn bildet.

Falls die Kreisbahn nicht geschlossen ist:

- Fadenstrahlrohr samt Sockel etwas um die vertikale Achse drehen.

## 8. Experimentierbeispiel

### Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons $e/m$

- Spulenstrom so wählen, dass der Kreisbahnradius z.B. 5 cm beträgt. Eingestellten Wert notieren.
- Anodenspannung in 20-V-Schritten auf 200 V verkleinern, jeweils den Spulenstrom  $I_H$  so wählen, dass der Radius konstant bleibt. Diese Werte notieren.
- Weitere Messreihen für die Kreisbahnradien 4 cm und 3 cm aufnehmen.
- Zur weiteren Auswertung die Messwerte in einem  $r^2 B^2 - 2U$ -Diagramm auftragen.

Die Steigung der Ursprungsgeraden entspricht  $e/m$ .

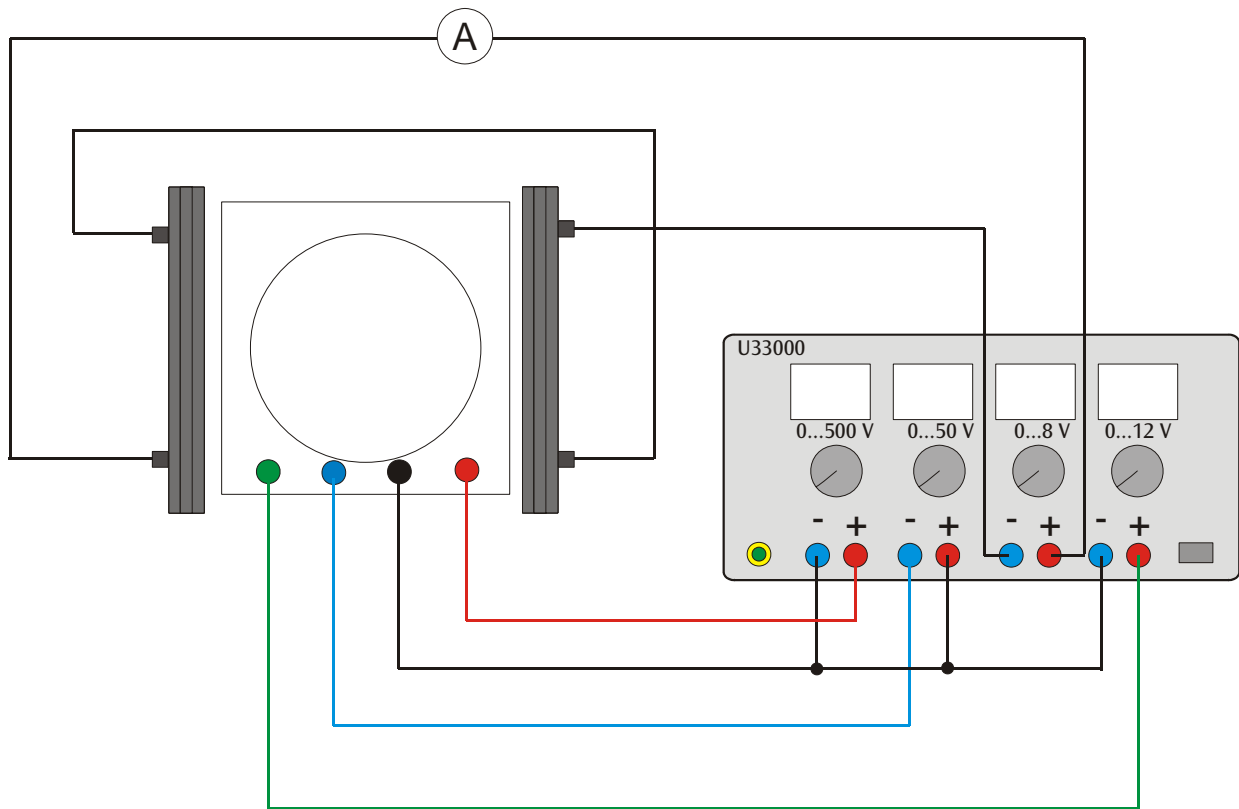
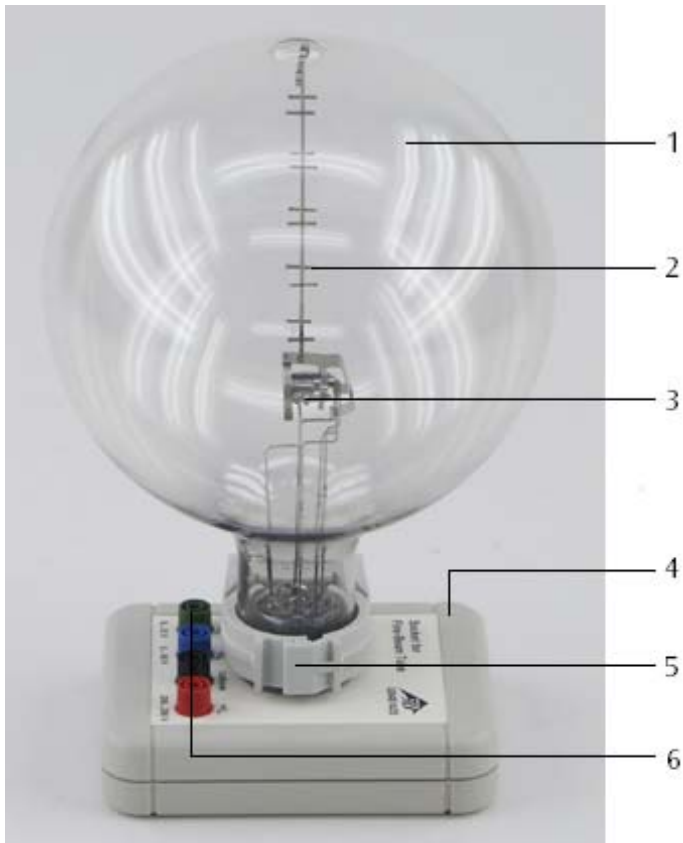


Fig. 3 Experimenteller Aufbau

## Fine Beam Tube TEL U18575

### Instruction sheet

07/11 ALF



- 1 Fine beam tube U18575
- 2 Measurement marks
- 3 Electron gun
- 4 Socket U8481435
- 5 Clip
- 6 Connectors

### 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.

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.
- Before switching on the anode voltage wait about 1 minute for the heater temperature to stabilise.

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 switched off.
- Do not connect up the terminals on the base until the tube is fixed into it.

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

- Allow the tube to cool before putting away the apparatus.

The tube may only be used with Socket for Fine Beam Tube TEL U8481435.

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

## 2. Description

The Fine Beam Tube TEL is used for investigating the deflection of cathode rays in a uniform magnetic field produced by a pair of Helmholtz coils (U8481500). In addition, it can also be used for quantitative determination of the specific charge of an electron  $e/m$ .

Located inside a glass bulb with a Helium residual gas atmosphere is an electron gun, which consists of an indirectly heated oxide cathode, a Wehnelt cylinder and a perforated anode. The gas atoms are ionised along the path of the electrons and a narrow, well-defined, luminescent beam is produced. Integrated measurement marks facilitate a parallax-free determination of the diameter of the circular path of the beam deflected in the magnetic field.

Socket U8481435 with coloured terminals is needed for operation of the fine-beam tube.

## 3. Technical data

Gas filling:	Helium
Gas pressure:	0.13 mbar
Filament voltage:	< 12.0 V DC
Anode voltage:	max. 300 V
Anode current:	typ. 20 mA
Wehnelt voltage:	0 to -50 V
Diameter of fine beam path:	20 to 100 mm
Division spacing:	20 mm
Tube diameter:	approx. 165 mm
Total height:	approx. 260 mm

## 4. Socket for Fine Beam Tube TEL U8481435



Fig. 1 Socket: 1 Clip, 2 Opening for guide pin, 3 connection for anode, 4 connection for cathode, 5 connection for Wehnelt cylinder, 6 connection for heater

## 5. Additionally required equipment

1 Socket for Fine Beam Tube TEL	U8481435
1 DC Power Supply 500 V (230 V, 50/60 Hz) or	U33000-230
1 DC Power Supply 500 V (115 V, 50/60 Hz)	U33000-115
1 Pair of Helmholtz Coils	U8481500
1 Analogue Multimeter AM50	U17450
Safety leads from	U138021

## 6. Basic principles

An electron moving with velocity  $v$  in a direction perpendicular to a uniform magnetic field  $B$  experiences a Lorentz force in a direction perpendicular to both the velocity and the magnetic field

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

$e$ : elementary charge

This gives rise to a centripetal force on the electron in a circular path with radius  $r$ , where

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad \text{and} \quad (2)$$

$m$  is the mass of an electron.

Thus,

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

The velocity  $v$  depends on the accelerating voltage of the electron gun:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Therefore, the specific charge of an electron is given by:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

If we measure the radius of the circular orbit in each case for different accelerating voltages  $U$  and different magnetic fields  $B$ , then, according to equation 5, the measured values can be plotted in a graph of  $r^2 B^2$  against  $2U$  as a straight line through the origin with slope  $e/m$ .

The magnetic field  $B$  generated in a pair of Helmholtz coils is proportional to the current  $I_H$  passing through a single coil. The constant of proportionality  $k$  can be determined from the coil radius  $R = 147.5$  mm and the number of turns  $N = 124$  per coil:

$B = k \cdot I_H$  where

$$k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

Thus, all parameters for the specific charge are known.

## 7. Operation

### 7.1 Mounting the tube onto the socket

- Use gentle pressure to push the tube into the socket on the base until the pin contacts are fully inside the socket. Check that the guide pin is in its proper, unique position (see Fig. 2).
- Turn the tube to align it such that the electron gun is parallel to the lengthways edge of the socket.
- Use gentle pressure to shut the clip. The clip is shut when you hear a click.



Fig. 2 Position of guide pin

### 7.2 Set up

- Place the fine beam tube between the Helmholtz coils.
- Set up the tube as in fig. 3.
- Connect the coils in series to the power supply unit, so that equal current passes through both coils.
- To get a clearer view of the electron beam, conduct the experiment in a darkened room.

### 7.3 Adjusting the electron beam

- Apply a heater voltage of say 10 V.
- Wait about 1 minute for the heater temperature to stabilise.
- Slowly increase the anode voltage to 300 V (the electron beam is initially horizontal and is visible as a weak, bluish ray).
- Select the Wehnelt voltage so that a very clear and narrow electron beam is visible.
- Optimise the focus and brightness of the electron beam by varying the heater voltage.

- Increase the current  $I_H$  passing through the Helmholtz coils and check that the electron beam curves upwards.

If the electron beam is not deflected at all:

- Reverse the polarity of one of the coils so that current passes in the same direction through both coils.

If the electron beam does not curve upwards:

- Swap the connections on the power supply unit to reverse the polarity of the magnetic field.
- Continue increasing the current passing through the coils watch until the electron beam forms a closed circle.

If the path does not form a closed circle:

- Slightly turn the fine beam tube, along with its base, around its vertical axis.

## 8. Sample experiment

### Determination of the specific charge of an electron $e/m$

- Select the current passing through the coils so that the radius of the circular path is for example 5 cm. Note the set current value.
- Decrease the anode voltage in steps of 20 V to 200 V. In each case, set the coil current  $I_H$  so that the radius remains constant. Take down these values.
- Record other series of measured values for radii of 4 cm and 3 cm.
- For further evaluation, plot the measured values in a graph of  $r^2 B^2$  against  $2U$ .

The slope of the line through the origin corresponds to  $e/m$ .

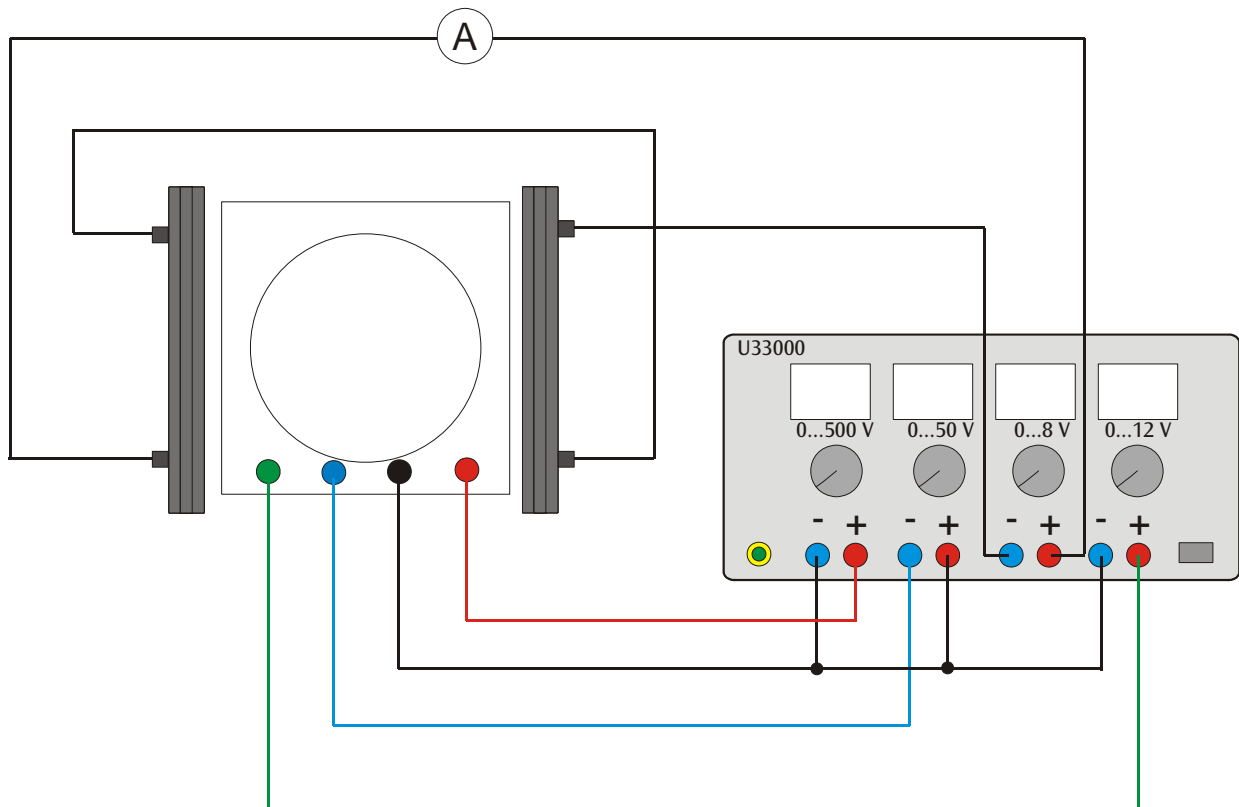


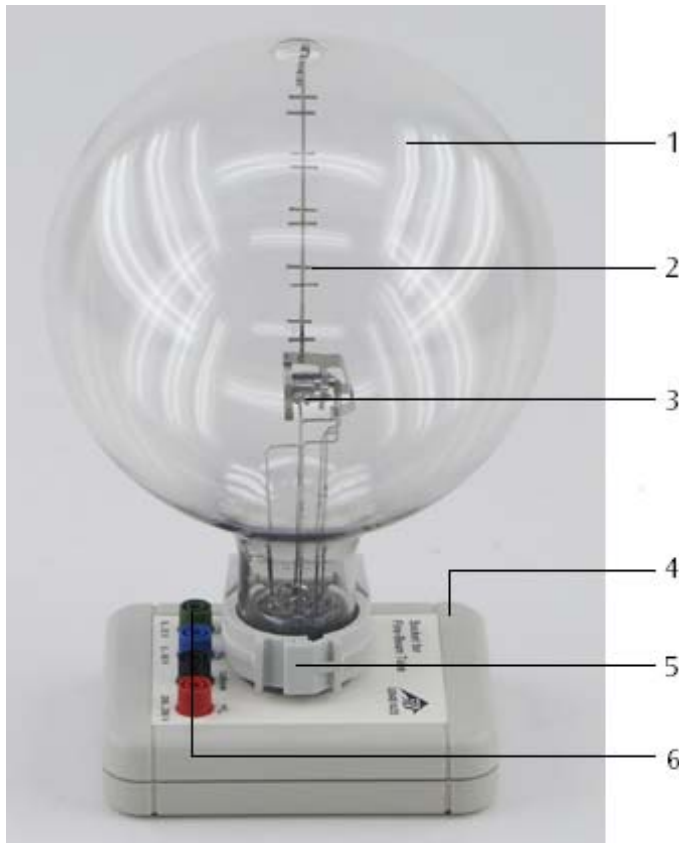
Fig. 3 Experimental set up



## Tube à pinceau étroit TEL U18575

### Instructions d'utilisation

07/11 ALF



- 1 Tube à pinceau étroit U18575
- 2 Repères de mesure
- 3 Canons électronique
- 4 Socle de connexion U8481435
- 5 Clip de maintien
- 6 Douilles de connexion

### 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.

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.
- Avant de régler la tension anodique patienter pendant env. 1 minute, jusqu'à ce que la température du filament soit stabilisée.

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.
- N'entreprendre le câblage du socle de raccordement que lorsque les tubes sont installés dans le socle.

Pendant l'utilisation du tube, son col chauffe.

- Laisser refroidir le tube avant de le ranger.

Le tube ne peut être utilisé qu'avec le socle pour les tubes à faisceau fin TEL U8481435.

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

## 2. Description

Le tube à pinceau étroit TEL sert à l'étude de la déviation de faisceaux électroniques dans un champ magnétique homogène à l'aide de la paire de bobines Helmholtz U8481500 ainsi qu'à la détermination quantitative de la charge spécifique  $e/m$  de l'électron.

Un piston en verre renferme les canons électroniques constitués d'une cathode d'oxyde à chauffage indirect, d'un cylindre de Wehnelt et d'une anode trouée, en atmosphère de gaz résiduel au hélium avec une pression gazeuse précise. Les atomes gazeux sont ionisés sur toute la trajectoire des électrons, formant un faisceau brillant à coupure nette. Des repères de mesure permettent de déterminer le diamètre du chemin circulaire du rayon dévié dans le champ magnétique sans paralaxe.

Le socle U8481435 à connecteurs de raccordement de couleur permet l'utilisation des tubes à faisceaux fins.

## 3. Caractéristiques techniques

Remplissage de gaz :	hélium
Pression gazeuse :	0,13 mbar
Tension de chauffage :	< 12.0 V CC
Tension anodique :	max. 300 V
Courant anodique :	typ. 20 mA
Tension Wehnelt :	0 à -50 V
Diamètre du pinceau étroit :	20 à 100 mm
Ecart des repères :	20 mm
Diamètre de piston :	env. 165 mm
Hauteur totale :	env. 260 mm

## 4. Socle pour à pinceau étroit TEL U8481435



Fig. 1 Socle : 1 Clip de maintien, 2 Ouverture de la tige de guidage, 3 connexion pour l'anode, 4 connexion pour la cathode, 5 connexion pour le cylindre de Wehnelt, 6 connexion pour le chauffage

## 5. Accessoires supplémentaires requis

1 Socle pour à pinceau étroit TEL	U8481435
1 Alimentation CC 500 V (230 V, 50/60 Hz) ou	U33000-230
1 Alimentation CC 500 V (115 V, 50/60 Hz)	U33000-115
1 Paire de bobines de Helmholtz	U8481500
1 Multimètre analogique AM50 AM50	U17450
Câbles expérimentaux de sécurité de	U138021

## 6. Notions de base générales

Sur un électron se déplaçant à une vitesse  $v$  perpendiculairement par rapport à un champ magnétique uniforme  $B$ , la force de Lorentz agit perpendiculairement par rapport à la vitesse et au champ magnétique.

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

$e$ : charge élémentaire

Elle soumet en tant que force centripète l'électron

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$m$ : masse de l'électron

sur une trajectoire circulaire au rayon  $r$ . D'où en découle

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

La vitesse  $v$  dépend de la tension d'accélération  $U$  du canon à électrons:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Pour la charge spécifique de l'électron, l'équation susmentionnée s'applique alors :

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Si, étant donnés différentes tensions d'accélération  $U$  et différents champs magnétiques  $B$ , nous mesurons les rayons respectifs  $r$  d'une trajectoire circulaire, les valeurs mesurées s'inscrivent alors dans un diagramme  $r^2 B^2 - 2U$  conformément à l'équation (5) sur une droite d'origine dont la pente est  $e/m$ .

Le champ magnétique  $B$  est généré dans une paire de bobines de Helmholtz ; sa valeur est proportionnelle au courant  $I_H$  parcourant une seule bobine. Il sera possible de calculer le facteur de proportionnalité  $k$  à partir du rayon de la bobine  $R = 147,5$  mm et du nombre de spires  $N = 124$  par bobine :

$$B = k \cdot I_H \quad k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

L'ensemble des grandeurs déterminantes étant par là connues pour cette charge élémentaire spécifique.

## 7. Manipulation

### 7.1 Insertion des tubes dans le socle

- Insérer les tubes d'une légère pression sur la douille du socle de tubes jusqu'à ce que les tiges de contact soient complètement introduits dans la douille. Veiller à la position correcte de la tige de guidage (cf. fig. 2).
- Orienter les tubes en les tournant de sorte que les canons à électrons soient parallèles à l'arrête longitudinale du socle.
- Fermer le clip de maintien d'une légère pression, jusqu'à ce qu'un clic se fasse entendre.



Fig. 2 Position de la tige de guidage

### 7.2 Montage de l'appareillage expérimental

- Placez le tube entre les bobines de Helmholtz.
- Procédez au câblage du tube comme le montre la figure 3.
- Raccordez en série les bobines au bloc d'alimentation afin que le courant parcoure les deux bobines dans le même sens.
- Afin de mieux pouvoir observer le rayon d'électrons, l'essai expérimental devrait se dérouler dans une salle occultée.

### 7.3 Calibrage du faisceau d'électrons :

- Appliquez une tension de chauffage de 10 V par exemple.
- Patienter pendant env. 1 minute, jusqu'à ce que la température du filament soit stabilisée.
- Augmenter lentement la tension anodique jusqu'à max. 300 V (le rayon d'électrons se présentant d'abord verticalement sera visualisé par une faible lumière bleutée).

- La tension Wehnelt devra être choisie de manière à pouvoir visualiser un faisceau de rayons aussi mince et aussi nettement limité que possible.
- Optimisez la définition et la luminosité du faisceau de rayons en variant la tension de chauffage.
- Augmentez l'intensité du courant  $I_H$  de la bobine qui parcourt les bobines de Helmholtz et vérifiez si le rayon d'électrons présente une courbure vers le haut.

Au cas où aucune courbure du rayon d'électrons ne se laisse observer :

- Inversez le sens du courant dans l'une des bobines, ce dernier pouvant alors parcourir les deux bobines dans le même sens.

Au cas où la courbure du rayon d'électrons ne s'oriente pas vers le haut :

- Pour l'inversion du champ magnétique, intervertir le câble de connexion de l'alimentation.
- Continuez à augmenter l'intensité du courant dans la bobine et vérifiez si le rayon d'électrons forme une trajectoire circulaire fermée sur elle-même.

Au cas où la trajectoire circulaire n'est pas fermée :

- Tournez légèrement le tube à faisceau électronique filiforme et son socle autour de l'axe vertical.

## 8. Exemple d'expérience

### Détermination de la charge spécifique $e/m$ de l'électron

- Choisir le courant de bobine de sorte que le rayon du chemin circulaire soit par exemple de 5 cm, puis notez la valeur réglée.
- Réduisez (en incréments de 20 V) la tension de l'anode à 200 V, en choisissant chaque fois l'intensité de l'intensité du courant  $I_H$  de la bobine afin que le rayon reste constant, puis notez ces valeurs.
- Enregistrez d'autres séries de mesure pour des rayons d'une trajectoire circulaire aux valeurs de 4 cm et de 3 cm.
- Pour évaluer les mesures, reportez les valeurs dans un diagramme  $r^2 B^2 - 2U$ .

La rampe de la droite d'origine correspond à  $e/m$ .

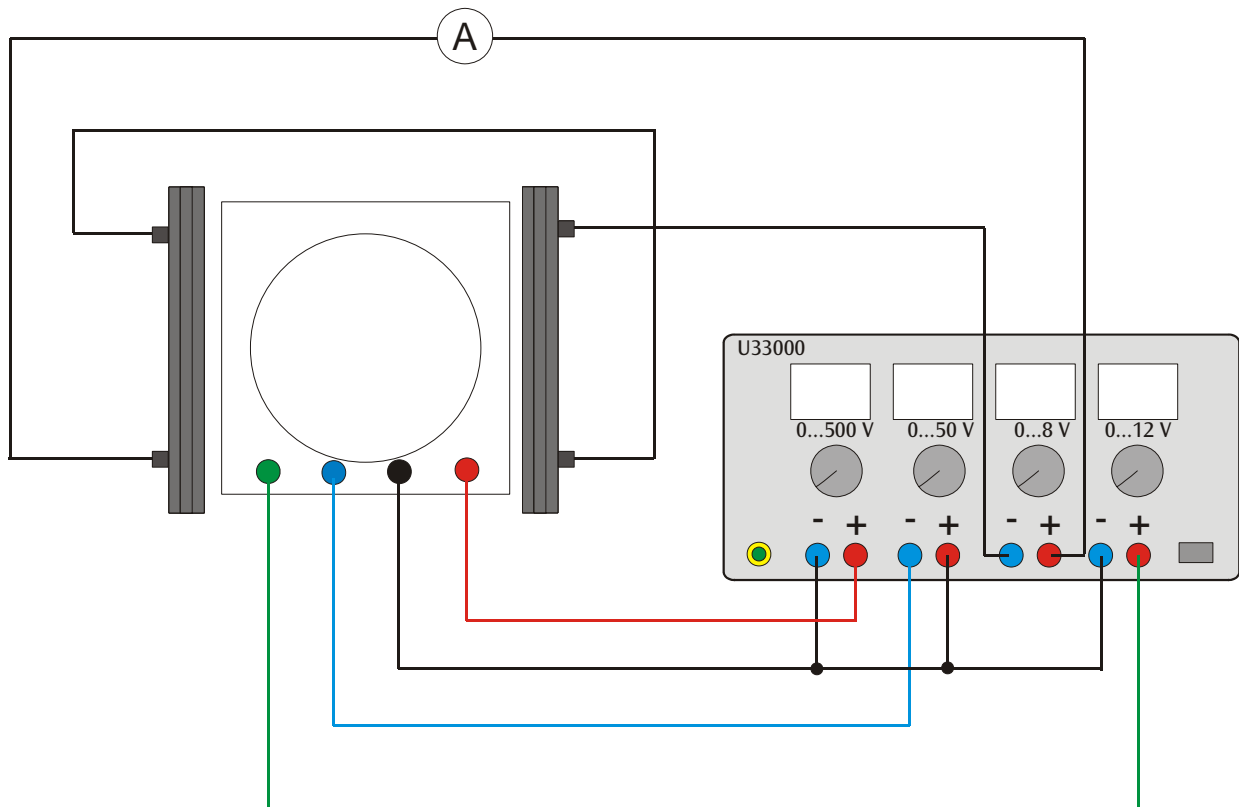
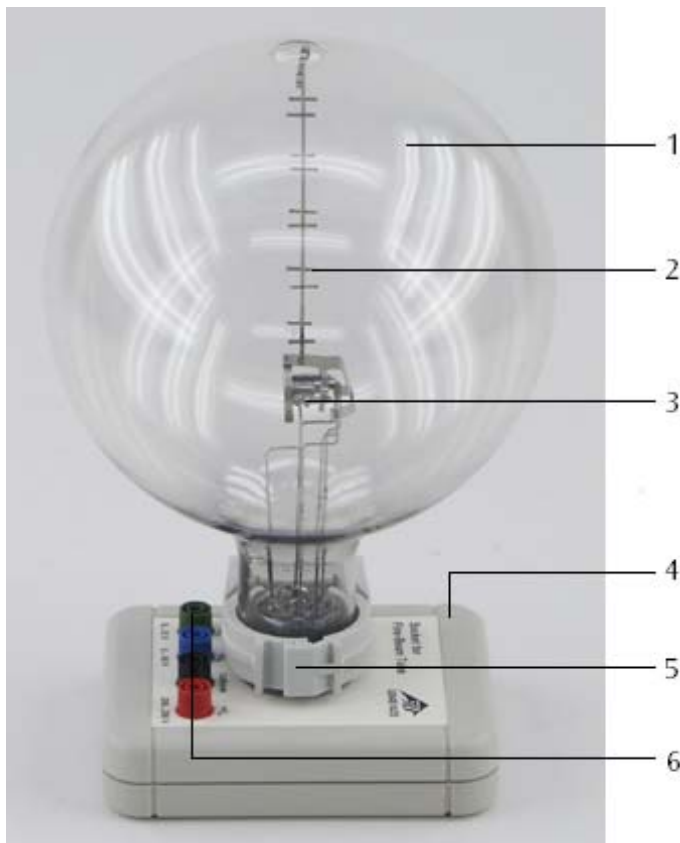


Fig. 3 Montage de l'appareillage expérimental

## Tubo a fascio filiforme TEL U18575

### Istruzioni per l'uso

07/11 ALF



- 1 Tubo a fascio filiforme U18575
- 2 Tacche di misurazione
- 3 Cannone elettronico
- 4 Zoccolo di collegamento U8481435
- 5 Morsetto di supporto
- 6 Jack di raccordo

### 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.

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

- Rispettare i parametri di funzionamento indicati.
- Attendere ca. 1 minuto prima di impostare la tensione anodica, finché si stabilizza la temperatura della spirale di riscaldamento.

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.
- Eseguire il cablaggio dello zoccolo di collegamento solo quando il tubo è inserito nello zoccolo.

Durante il funzionamento il collo del tubo si riscalda.

- Lasciare raffreddare il tubo prima di rimuoverlo.

Il tubo può essere utilizzato esclusivamente con lo zoccolo U8481435.

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

## 2. Descrizione

Il tubo a fascio filiforme TEL serve per l'analisi della deflessione dei fasci di elettroni nel campo magnetico omogeneo mediante l'utilizzo della coppia di bobine di Helmholtz U8481500, così come per la determinazione quantitativa della carica specifica dell'elettrone  $e/m$ .

In un'ampolla è presente un cannone elettronico, composto da un catodo di ossido riscaldato indirettamente, un cilindro di Wehnelt e un anodo vuoto in un'atmosfera con gas residuo all'elio con pressione del gas regolata in modo preciso. Gli atomi di gas vengono ionizzati lungo la traiettoria di volo degli elettroni e si forma un fascio visibile, luminoso e delimitato in modo nitido. Le tacche di misurazione incorporate consentono la determinazione priva di parallasse del diametro della guida circolare del raggio deviato nel campo magnetico.

Per il funzionamento del tubo a fascio elettronico utilizzare lo zoccolo U8481435 con jack di collegamento colorati.

## 3. Dati tecnici

Gas di riempimento:	elio
Pressione gas:	0,13 mbar
Tensione di riscaldamento:	< 12.0 V CC
Tensione anodica:	max. 300 V
Corrente anodica:	solitamente 20 mA
Tensione di Wehnelt:	da 0 a -50 V
Diametro del circuito del fascio elettronico:	da 20 a 100 mm
Distanza tra le tacche di misurazione:	20 mm
Diametro pistone:	ca. 165 mm
Altezza totale:	ca. 260 mm

## 4. Zoccolo per tubo a fascio filiforme TEL U8481435



Fig. 1 zoccolo: 1 morsetto di supporto, 2 apertura per spinotto di guida, 3 jack di raccordo per anodo, 4 jack di raccordo per catodo, 5 jack di raccordo per cilindro di Wehnelt, 6 jack di raccordo per spirale riscaldante

## 5. Dotazione supplementare necessaria

1 Zoccolo per tubo a fascio filiforme TEL	U8481435
1 Alimentatore CC 500 V (230 V, 50/60 Hz) oppure	U33000-230
1 Alimentatore CC 500 V (115 V, 50/60 Hz)	U33000-115
1 Coppia di bobine di Helmholtz	U8481500
1 Multimetro analogico AM50	U17450
Cavi di sicurezza per esperimenti da	U138021

## 6. Basi generali

Su un elettrone che si sposta verticalmente rispetto ad un campo magnetico omogeneo  $B$  alla velocità  $v$ , ortogonalmente rispetto alla velocità e al campo magnetico agisce la forza di Lorentz

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

$e$ : carica fondamentale

Spinge l'elettrone come forza centripeta

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$m$ : massa elettronica

su una guida circolare con il raggio  $r$ . Pertanto, si ha

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

La velocità  $v$  dipende dalla tensione di accelerazione  $U$  del cannone elettronico:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Per la carica specifica dell'elettrone vale quindi:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Se per tensioni di accelerazione diverse  $U$  e per campi magnetici diversi  $B$  si misura rispettivamente il raggio della guida circolare  $r$ , i valori di misura in un diagramma  $r^2 B^2 - 2U$  secondo l'equazione (5) si trovano su una retta di origine con incremento  $e/m$ .

Il campo magnetico  $B$  viene generato in una coppia di bobine di Helmholtz ed è proporzionale alla corrente  $I_H$  attraverso una singola bobina. Il fattore di proporzionalità  $k$  può essere calcolato sulla base del raggio della bobina  $R = 147,5$  mm e del numero di spire  $N = 124$  per bobina:

$$B = k \cdot I_H \quad \text{mit } k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

Pertanto, tutte le grandezze di determinazione per la carica elettronica specifica sono note.

## 7. Comandi

### 7.1 Inserimento del tubo nello zoccolo

- Inserire il tubo nel supporto dello zoccolo del tubo con una leggera pressione finché i contatti dello spinotto sono completamente inseriti nel supporto. Fare attenzione a rispettare la posizione univoca dello spinotto di guida (vedi fig. 2).
- Girare il tubo in modo che il cannone elettronico sia parallelo al bordo longitudinale dello zoccolo.
- Chiudere il morsetto di supporto con una leggera pressione fino a sentire un clic.



Fig. 2 posizione dello spinotto di guida

### 7.2 Montaggio

- Posizionare il tubo a fascio filiforme tra le bobine di Helmholtz.
- Cablare il tubo come indicato nella fig. 3.
- Collegare le bobine in serie all'alimentatore, in modo che la corrente attraversi entrambe le bobine nella stessa direzione.
- Per poter osservare meglio il fascio elettronico, l'esperimento dovrebbe essere eseguito in una stanza con poca luce.

### 7.3 Regolazione del fascio elettronico

- Applicare la tensione di riscaldamento, ad esempio a 10 V.
- Attendere ca. 1 minuto finché si stabilizza la temperatura della spirale di riscaldamento.
- Aumentare lentamente la tensione anodica fino a massimo 300 V (il fascio elettronico inizialmente orizzontale viene reso visibile da una debole luce blu).
- Selezionare la tensione di Wehnelt in modo che si possa vedere un sottilissimo fascio di raggi dai contorni nitidi.

- Ottimizzare la nitidezza e la luminosità del fascio di raggi modificando la tensione di riscaldamento.
- Aumentare la corrente di bobina  $I_H$  agendo sulle bobine di Helmholtz e controllare se il fascio elettronico si incurva verso l'alto.

Qualora non si denoti alcuna curvatura del fascio elettronico:

- Invertire la polarità di una delle bobine, in modo che la corrente attraversi entrambe le bobine nella stessa direzione.

Se il fascio elettronico non mostra una curvatura verso l'alto:

- Per invertire la polarità del campo magnetico scambiare i cavi di collegamento dell'alimentatore.
- Aumentare ulteriormente la corrente di bobina e controllare se il fascio elettronico genera una guida circolare chiusa in se stessa.

Se la guida circolare non è chiusa:

- Ruotare il tubo a fascio filiforme con tutta la base attorno all'asse verticale.

## 8. Esempi di esperimenti

### Determinazione della carica specifica $e/m$ dell'elettrone

- Impostare la corrente di bobina in modo che il raggio della guida circolare sia di 5 cm e annotare il valore impostato.
- Ridurre la tensione anodica in fasi da 20 V fino a 200 V, quindi impostare la corrente di bobina  $I_H$  in modo che il raggio rimanga costante e annotare questi valori.
- Registrare ulteriori serie di misurazioni per i raggi da 4 cm e 3 cm della guida circolare.
- Per un'ulteriore analisi, riportare i valori di misura in un diagramma  $r^2 B^2 - 2U$ .

L'incremento delle rette di origine corrisponde a  $e/m$ .

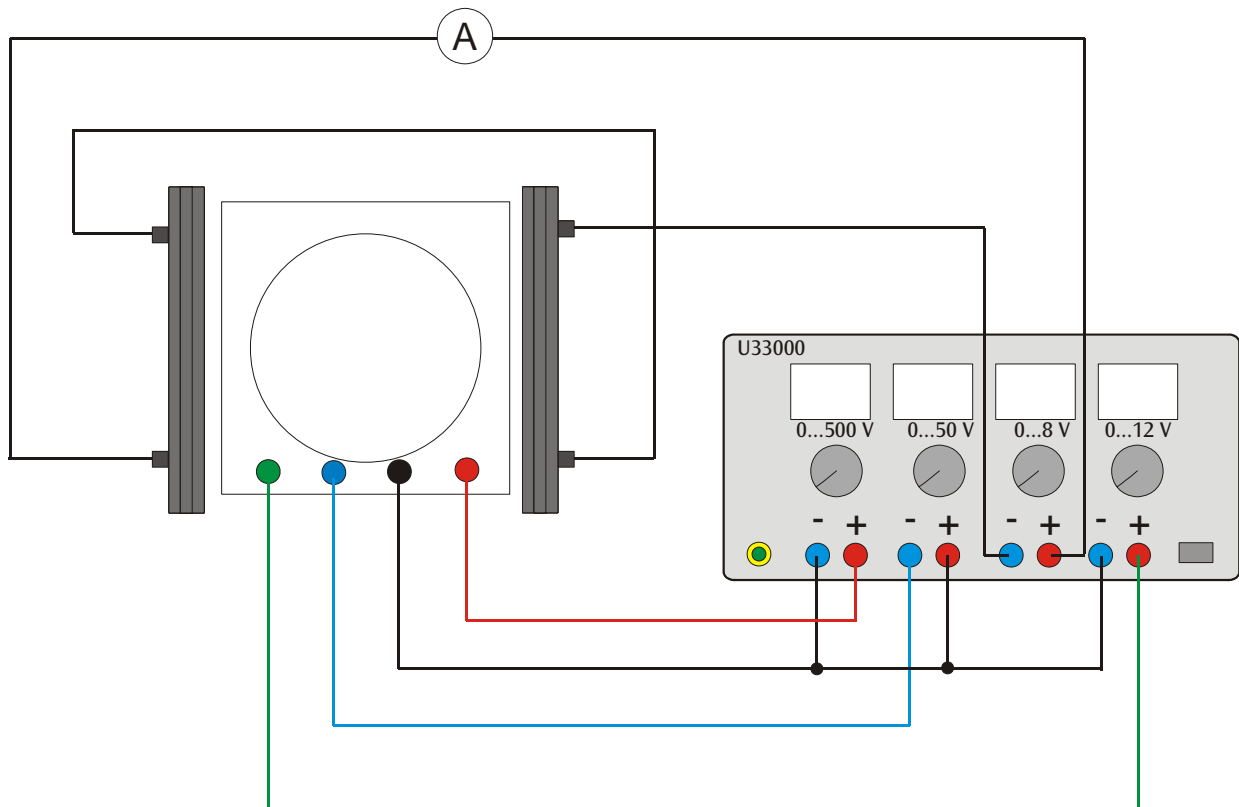


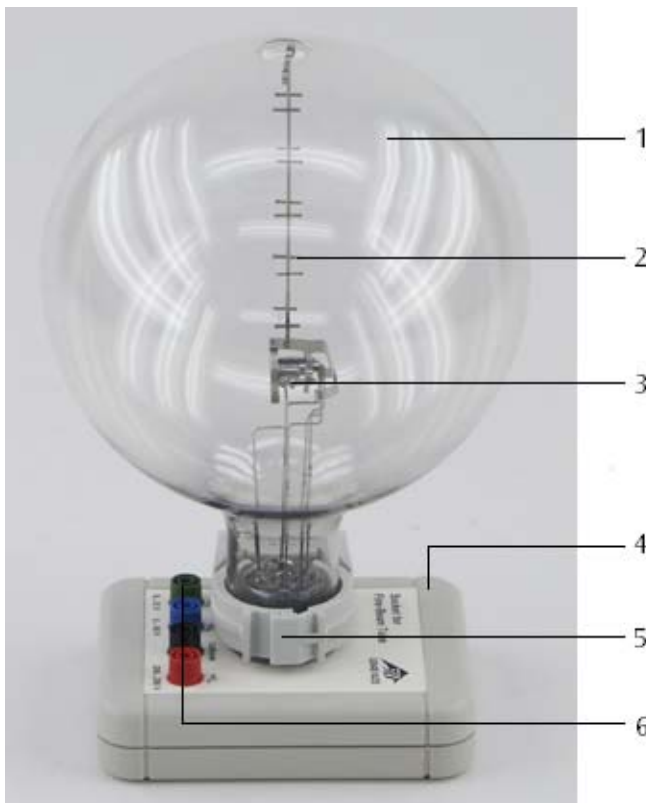
Fig. 3 Struttura sperimentale



## Tubo de haz fino TEL U18575

### Instrucciones de uso

07/11 ALF



- 1 Tubo de haz fino U18575
- 2 Marcas de medida
- 3 Cañón de electrones
- 4 Zócalo de conexión U8481435
- 5 Brida soporte
- 6 Casquillos de conexión

### 1. Advertencias 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.

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.
- Antes de ajustar la tensión del ánodo se espera aprox. 1 minuto hasta que la temperatura del filamento incandescente se haya estabilizado.

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.

- Se realiza el cableado de conexión del zócalo sólo después de haber insertado el tubo en el zócalo.

Durante el funcionamiento, el cuello del tubo se calienta.

- Se debe dejar enfriar el tubo antes de guardarlo.

El tubo se debe insertar únicamente en el zócalo U8481435.

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 tubo de haz fino TEL sirve para el estudio de la desviación de rayos de electrones en un campo magnético homogéneo utilizando un par de bobinas conectadas en la configuración de Helmholtz (U8481500) así como para la determinación de la carga específica del electrón  $e/m$ .

En una ampolla de vidrio, con atmosfera de gas residual de He de presión ajustada con precisión, se encuentra el cañón de electrones, que se compone de un cátodo de óxido de caldeo indirecto, un cilindro de Wehnelt y un ánodo con orificio central. Los átomos del gas son ionizados por choques con los electrones a lo largo de trayectoria de vuelo y así se origina un rayo luminoso bien definido. Unas marcas de medida incorporadas en al ampolla de vidrio permiten la medición sin paralaje del diámetro de la circunferencia formada por el rayo el campo magnético.

Para el funcionamiento del tubo de haz fino sirve el zócalo U8481435 con los casquillos de conexión a colores.

## 3. Datos técnicos

Contenido de gas:	Helio
Presión de gas:	0,13 mbar
Tensión de calentamiento:	< 12.0 V CC
Tensión de ánodos:	máx. 300 V
Corriente de ánodos:	valor típico 20 mA
Tensión de Wehnelt:	0 a -50 V
Diámetro de órbita de haz fino de radiación:	20 a 100 mm
Distancia entre marcas de medición:	20 mm
Diámetro del émbolo:	aprox. 165 mm
Altura total:	aprox. 260 mm

## 4. Zócalo para el tubo de haz fino TEL U8481435



Fig. 1 Zócalo: 1 brida soporte, 2 apertura para la espiga guía, 3 contacto para ánodo, 4 contacto para cátodo, 5 contacto para cilindro de Wehnelt, 6 contacto para caldeo

## 5. Aparatos requeridos adicionalmente

1 Zócalo para el tubo de haz fino TEL	U8481435
1 Fuente de alimentación de CC 500 V (230 V, 50/60 Hz)	U33000-230
0	
1 Fuente de alimentación de CC 500 V (115 V, 50/60 Hz)	U33000-115
1 Par de bobinas de Helmholtz	U8481500
1 Multímetro analogico AM50	U17450
Cables de experim. de seguridad del	U138021

## 6. Fundamentos generales

Sobre un electrón que se mueve con una velocidad  $v$  en dirección perpendicular al campo magnético uniforme  $B$  actúa la fuerza de Lorentz en sentido perpendicular a la velocidad y al campo

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

$e$ : carga elemental

Como fuerza centrípeta

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$m$ : masa del electrón

obliga al electrón a adoptar una órbita con el radio  $r$ . Por tanto

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

La velocidad  $v$  depende de la tensión de aceleración  $U$  del cañón de electrones:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Por tanto, para la carga específica del electrón es válido:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Si se mide el radio  $r$  de la órbita, con diferentes tensiones de aceleración  $U$  y diferentes campos magnéticos  $B$ , los valores de medición, registrados en un diagrama  $r^2 B^2$  en función de  $2U$ , de acuerdo con la ecuación (5), se encuentran en una recta de origen con la pendiente  $e/m$ .

El campo magnético  $B$  se genera en el par de bobinas de Helmholtz y es proporcional a la corriente  $I_H$  que circula a través de una sola bobina. El factor de proporcionalidad  $k$  se puede calcular a partir del radio de la bobina  $R = 147,5$  mm y el número de espiras  $N = 124$  por bobina:

$$B = k \cdot I_H \text{ mit } k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

De esta manera se conocen todas las magnitudes necesarias para determinar la carga específica del electrón.

## 7. Manejo

### 7.1 Inserción del tubo en el zócalo

- Se inserta el tubo en el casquillo del zócalo del tubo, haciendo un poco de fuerza, hasta que las espigas de contacto encajen completamente en el casquillo, teniendo en cuenta la posición exacta de la espiga guía (ver fig. 2).
- Girando el tubo se orienta de tal forma que el cañón de electrones quede paralelo al borde longitudinal del zócalo.
- Se cierra la brida soporte con un poco de presión hasta que se escuche un click.



Fig. 2 Posición de la espiga guía

### 7.2 Montaje

- Se coloca el tubo de haz fino entre las bobinas de Helmholtz.
- Realice el cableado del tubo con la fig. 3.
- Conecte las bobinas en serie a la fuente de alimentación, de tal manera que en ambas bobinas circule la corriente en el mismo sentido.
- Para poder observar mejor el haz de electrones, se debe realizar el experimento en un cuarto oscuro.

### 7.3 Ajuste del haz de electrones

- Aplique una tensión de calefacción de, por ejemplo, 10 V.
- Se espera aprox. 1 minuto hasta que la temperatura del filamento de calentamiento se estabilice.
- Se aumenta lentamente la tensión de ánodo hasta max. 300 V. (el haz de electrones es inicialmente horizontal y se hace visible en forma de una luz azul tenue).
- Elija la tensión de Wehnelt de manera que, en lo posible, se vea un haz de rayos delgado y nítidamente limitado.

- Optime la nitidez y la claridad del haz de rayos variando la tensión de calefacción.
- Eleve la corriente  $I_H$  que circula por las bobinas de Helmholtz y compruebe si el haz de electrones se curva hacia arriba.

Si no se observa ninguna curvatura del haz de electrones:

- Invierta la polaridad de una de las bobinas de manera que la corriente fluya en el mismo sentido a través de ambas bobinas.

Si la curvatura del haz de electrones no se dirige hacia arriba:

- Para invertir la polaridad del campo magnético se cambian entre sí los cables de conexión en la fuente de alimentación.
- Siga elevando la corriente de la bobina y compruebe si el haz de electrones forma una órbita circular cerrada en sí misma.

Si la órbita circular no se cierra:

- Gire un poco el tubo de haz fino de radiación, junto con su soporte, sobre su eje vertical.

## 8. Ejemplo de experimento

### Determinación de la carga específica $e/m$ del electrón

- Se ajusta la corriente de bobinas hasta que el radio de la órbita quede en p.ej. 5 cm. Anote los valores de ajuste.
- Disminuya la tensión anódica, en pasos de 20 V, hasta llegar a 200 V; en cada caso, seleccione la corriente de la bobina  $I_H$  de manera que el radio se mantenga constante y anote estos valores.
- Realice más series de mediciones para los radios de órbita circular de 4 cm y 3 cm.
- Para la evaluación ulterior se llevan los valores de medida a un diagrama  $r^2 B^2 - 2U$ .

La pendiente de la recta que pasa por el origen de coordenadas corresponde a  $e/m$ .

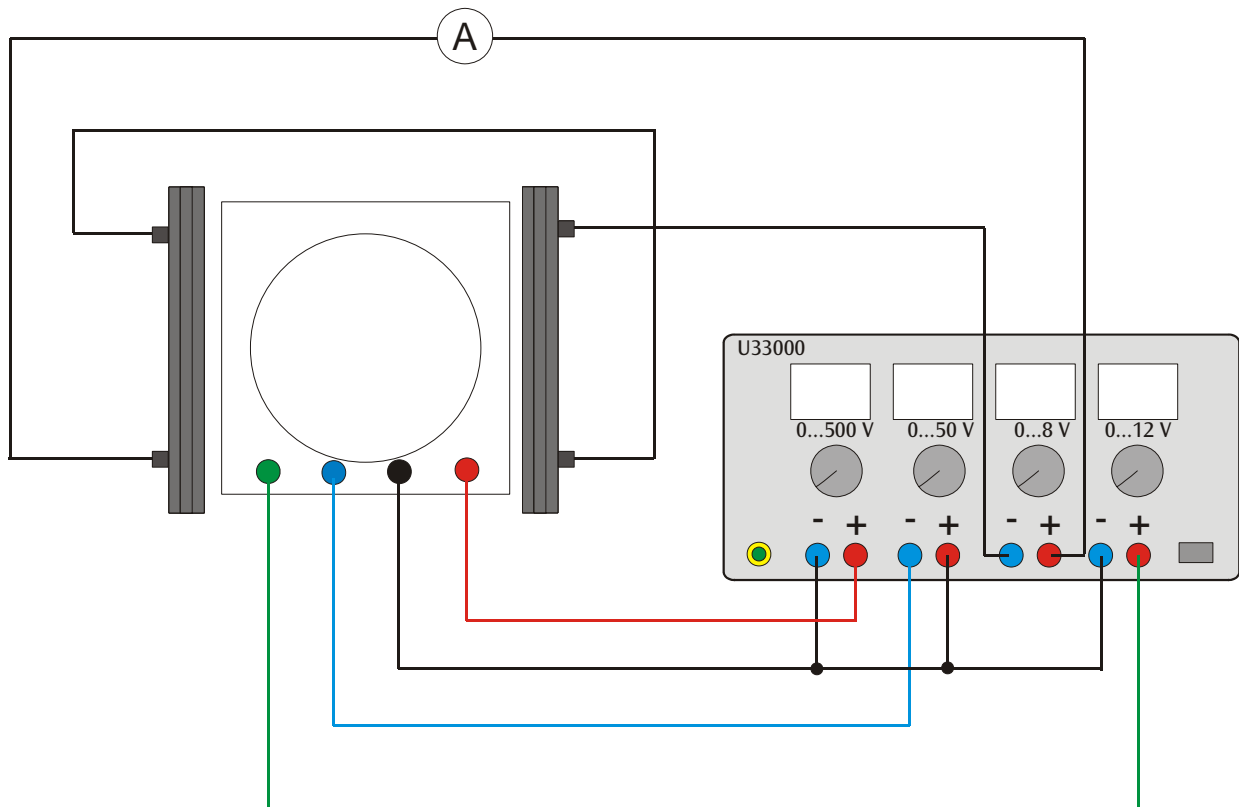
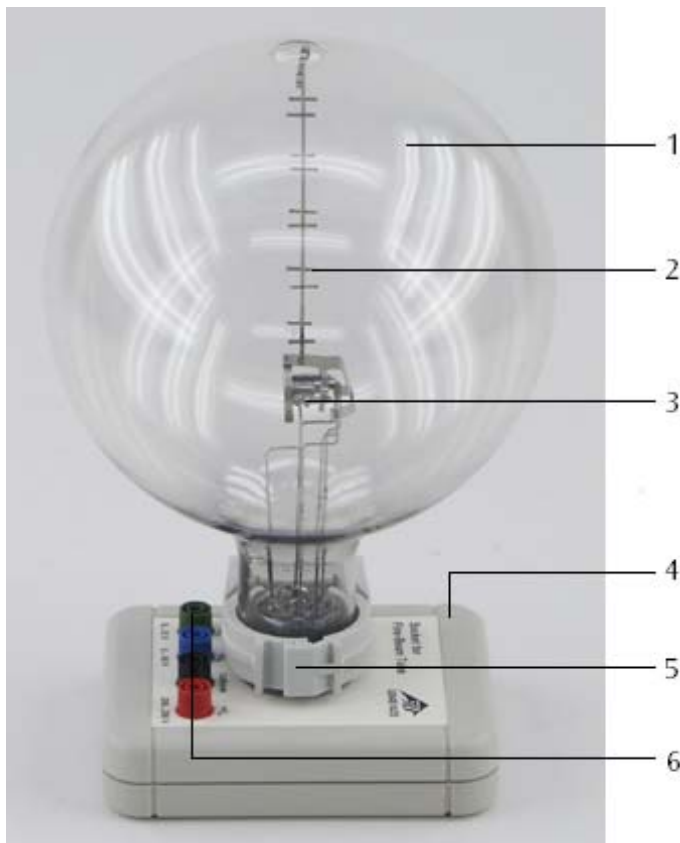


Fig. 3 Montaje experimental

## Tubo de feixe estreito TEL U18575

### Instruções para o uso

07/11 ALF



- 1 Tubo de feixe estreito U18575
- 2 Marcas de medição
- 3 Canhão de elétrons
- 4 Tomada U8481435
- 5 Abraçadeira de suporte
- 6 Tomadas de conexão

### 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.

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

- Respeitar os parâmetros operacionais indicados.
- Esperar aprox. 1 minuto antes de ligar, até que a temperatura da espiral de aquecimento se estabilize.

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.
- Só efetuar a ligação da base de conexão, quando o tubo esteja inserido no suporte.

Durante o funcionamento, o gargalo do tubo se aquece.

- Deixar esfriar o tubo antes guardar-lo.

O tubo só pode ser instalado com a tomada U8481435.

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

## 2. Descrição

O tubo de raios de feixe TEL estreito serve para a pesquisa do desvio de feixes de elétrons em campos magnéticos homogêneos utilizando-se o par de bobinas de Helmholtz U8481500, assim como para a determinação quantitativa da carga específica do elétron  $e/m$ .

O canhão de elétrons se encontra numa ampola de vidro e é feito de um cátodo óxido aquecido, um cilindro de Wehnelt e um ânodo de orifício numa atmosfera de resíduos de hélio com pressão do gás ajustada com precisão. Os átomos de gás são ionizados ao longo do percurso de voo dos elétrons e surge assim um feixe luminoso, de limites nítidos. Marcas de medição integradas permitem uma determinação do diâmetro da órbita do raio desviado no campo magnético sem paralaxe.

Para a operação do tubo de raios de feixe estreito serve a tomada U8481435 com tomadas de conexão coloridas.

## 3. Dados técnicos

Preenchimento gasoso:	hélio
Pressão do gás:	0,13 mbar
Tensão de aquecimento:	< 12.0 V DC
Tensão anódica:	máx. 300 V
Corrente anódica:	típica 20 mA
Tensão de Wehnelt:	0 a -50 V
Diâmetro circular do feixe:	20 a 100 mm
Afastamento das marcas de medição:	20 mm
Diâmetro das ampolas:	aprox. 165 mm
Altura total:	aprox. 260 mm

## 4. Tomada para tubo de feixe estreito TEL U8481435



Ilustr. 1 Tomada: 1 abraçadeira de suporte, 2 abertura para pino guia, 3 conexão para ânodo, 4 conexão para cátodo, 5 conexão para cilindro de Wehnelt, 6 conexão para espiral de aquecimento

## 5. Exigência de aparelhos complementares

1 Tomada para o tubo de feixe estreito TEL U8481435	
1 Fonte de alimentação DC 500 V (230 V, 50/60 Hz)	U33000-230
ou	
1 Fonte de alimentação DC 500 V (115 V, 50/60 Hz)	U33000-115
1 Par de bobinas de Helmholtz	U8481500
1 Multímetro analógico AM50	U17450
Cabos para experiências de segurança do	U138021

## 6. Fundamentos gerais

Sobre um elétron que se move com velocidade  $v$  perpendicularmente a um campo magnético  $B$ , age a força de Lorentz perpendicularmente à velocidade do campo magnético

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (1)$$

$e$ : carga elementar

Ele impele o elétron como força centrípeta

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$m$ : massa de elétrons

numa órbita de raio  $r$ . Por isso é

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

A velocidade  $v$  depende da tensão de aceleração  $U$  do canhão de elétrons:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Para a carga específica do elétron é válido:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Se for medido a cada vez o raio de órbita  $r$  para diversas tensões de aceleração  $U$  e diferentes campos magnéticos  $B$ , assim os valores medidos se encontram num diagrama  $r^2 B^2 - 2U$  conforme Gl. (5) numa reta de origem com a inclinação  $e/m$ .

O campo magnético  $B$  é criado num par de bobinas de Helmholtz e é proporcional à corrente  $I_H$  através de uma só bobina. O fator de proporcionalidade  $k$  pode ser calculado a partir do raio de bobina  $R = 147,5$  mm e do número de espiras  $N = 124$  por bobina:

$$B = k \cdot I_H \text{ com } k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

Com isto, todas as grandezas determinantes para a carga específica do elétron são conhecidas.

## 7. Utilização

### 7.1 Inserção do tubo na base

- Inserir o tubo com leve pressão na tomada da base do tubo, até que os contatos de pino estejam completamente assentados na tomada. Nisto prestar atenção na posição inequívoca do pino guia (ver ilustr. 2).
- Alinhar o tubo por meio de rotação de tal maneira, que o canhão de elétrons se situe paralelo ao canto longitudinal da base.
- Fechar a abraçadeira de suporte com leve pressão, até que se ouça o som de clique.



Ilustr. 2 Posição do pino guia

### 7.2 Montagem

- Colocar o tubo de feixe estreito entre as duas bobinas de Helmholtz.
- Efetuar a conexão do tubo conforme a ilustr. 3.
- Conectar as bobinas em série com a fonte de alimentação, de modo que ambas as bobinas sejam percorridas pela corrente no mesmo sentido.
- Para poder observar melhor o feixe de elétrons, a experiência deve ser realizada num local obscuro.

### 7.2 Ajuste do feixe de elétrons

- Aplicar uma tensão de aquecimento de, por exemplo, 10 V.
- Esperar aprox. 1 minuto antes de ligar, até que a temperatura da espiral de aquecimento se estabilize.
- Aumentar devagar a tensão anódica até máx. 300 V (o feixe primeiramente horizontal torna-se visível por uma luz tênue azulada).
- Selecionar a tensão de Wehnelt de modo que seja visível um feixe o mais fino, definido, possível.

- Aperfeiçoar a definição e a claridade do feixe através da variação da tensão de aquecimento.
- Elevar a corrente de bobina  $I_H$  através das bobinas de Helmholtz e verificar se o feixe de elétrons está curvado para cima.

Caso não se observe uma curvatura do feixe de elétrons:

- Inverter a polaridade das bobinas de modo que a corrente percorra ambas as bobinas no mesmo sentido.

Caso a curvatura do feixe de elétrons não aponte para cima:

- Para inverter a polaridade do campo magnético, intercambiar os cabos de conexão na fonte de alimentação.
- Elevar mais a corrente da bobina e verificar se o feixe forma um percurso circular fechado em si.

Caso o círculo não se feche:

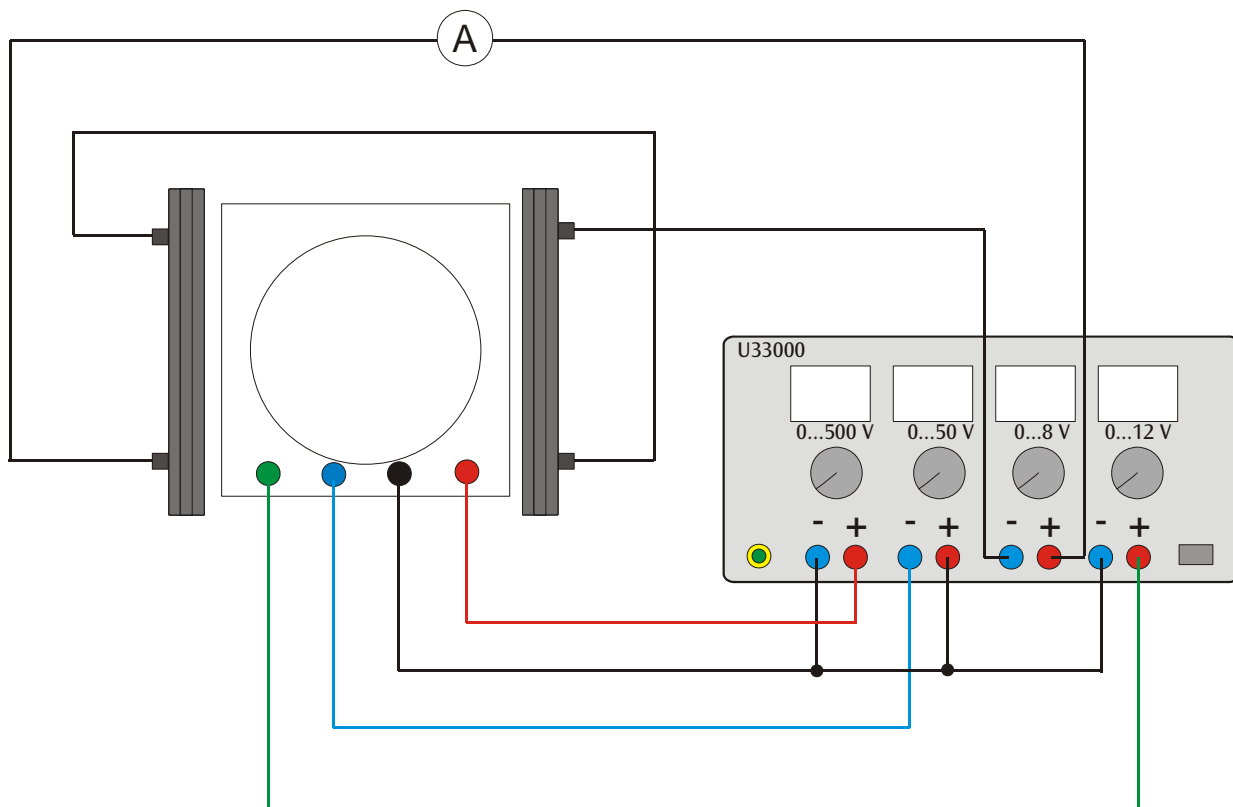
- Girar o tubo de feixe estreito junto com a sua base no eixo vertical.

## 8. Exemplo de experiência

### Determinação da carga específica $e/m$ do elétron

- Selecionar a corrente de bobina de tal maneira, que o raio da órbita seja de, por exemplo, 5 cm, e anotar o valor ajustado.
- Reduzir a tensão anódica a passos de 20 V a 200 V, selecionar a corrente de bobina  $I_H$  a cada vez de modo que o raio continue constante e anotar esses valores.
- Registrar séries de experiências adicionais para raios orbitais de 4 cm e de 3 cm.
- Para uma análise mais detalhada, inserir dos valores de medição num diagrama  $r^2 B^2 - 2U$ .

O aumento dos dados originais corresponde a  $e/m$ .



Ilustr. 3 Montagem experimental