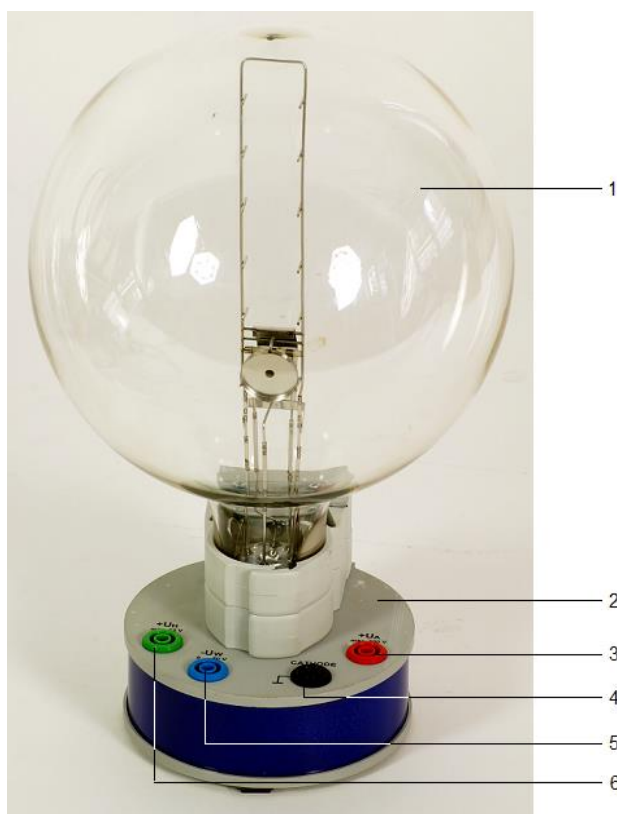


## Tubo de raios de feixe estreito sobre base de conexão R 1019957

### Instruções de operação

05/16 ALF



- 1 Tubo de feixe estreito
- 2 Base de conexão
- 3 Conexão para ânodo
- 4 Conexão para cátodo
- 5 Conexão para cilindro de Wehnelt
- 6 Conexão para espiral de aquecimento

### 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.

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 o tubo com os aparelhos de alimentação elétrica desligados.

Durante o funcionamento, o gargalo do tubo se aquece.

- Deixar esfriar o tubo antes guardá-lo.

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 estreito serve para a pesquisa do desvio de feixes de elétrons em campos magnéticos homogêneos utilizando-se o par de bobinas de Helmholtz (1000906), 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 néon com pressão do gás ajustada com precisão. Os átomos de gás são ionizados ao longo do percurso de vôo 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.

O tubo de raios de feixe estreito encontra-se montado sobre uma base com tomadas de conexão coloridas. Para a proteção do tubo existe na tomada um circuito de proteção, que desliga a tensão acima do "Cutoff-Voltage" (Tensão de desligamento) indicado na base do tubo. O circuito de proteção evita, que uma tensão demasiado alta destrua o aquecedor e cuida para que ao ligar, a tensão suba de maneira "suave".

## 3. Dados técnicos

Preenchimento gasoso:	néon
Pressão do gás:	$1,3 \times 10^{-5}$ bar
Tensão de aquecimento:	5 a 7 V DC (ver a indicação "Cutoff-Voltage" sobre a base do tubo)
Corrente de aquecimento:	< 150 mA
Tensão de Wehnelt:	0 a -50 V
Tensão anódica:	200 a 300 V
Corrente anódica:	< 0,3 mA
Diâmetro circular do feixe:	20 a 120 mm
Afastamento das marcas de medição:	20 mm
Diâmetro das ampolas:	160 mm
Altura total com a base:	260 mm
Placa base:	$115 \times 115 \times 35$ mm <sup>3</sup>
Massa:	aprox. 820 g

## 4. 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:

$$B = k \cdot I_H \quad \text{com}$$

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

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

## 5. Exigência de aparelhos complementares

- 1 Fonte de alimentação DC 300 V (@230 V) 1001012
- ou
- 1 Fonte de alimentação DC 300 V (@115 V) 1001011
- e
- 1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A (@230 V) 1003312
- ou
- 1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A (@115 V) 1003311
- ou
- 1 Fonte de alimentação DC 500 V (@230 V) 1003308
- ou
- 1 Fonte de alimentação DC 500 V (@115 V) 1003307
- 1 Par de bobinas de Helmholtz 1000906
- 1 ou 2 Multímetro analógico ESCOLA 30 1013526

Cabos para experiências de segurança

## 6. Utilização

### 6.1 Montagem

- Colocar o tubo de raios de feixe estreito entre as duas bobinas de Helmholtz.
- Para poder observar melhor o feixe de elétrons, a experiência deve ser realizada num local obscurecido.

#### 6.1.1 Conexão do tubo de feixe estreito com o fonte de alimentação DC 300 V

- Efetuar a conexão do tubo conforme a fig. 1.
- Conectar o voltímetro paralelo a isso na saída de 300 V.
- Conectar as bobinas em série com a fonte de alimentação DC 20 V conforme a fig. 2, de modo que ambas as bobinas sejam percorridas pela corrente no mesmo sentido.

#### 6.1.2 Conexão do tubo de feixe estreito com o fonte de alimentação DC 500 V

- Efetuar a conexão do tubo conforme a fig. 4.

### 6.2 Ajuste do feixe de elétrons

- Aplicar uma tensão de aquecimento de, por exemplo, 7,5 V. (a tensão de aquecimento tem que situar-se abaixo do "Cutoff-Voltage".)

- 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.

## 7. 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  $r^2 B^2 - 2U$  (veja fig. 3).

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

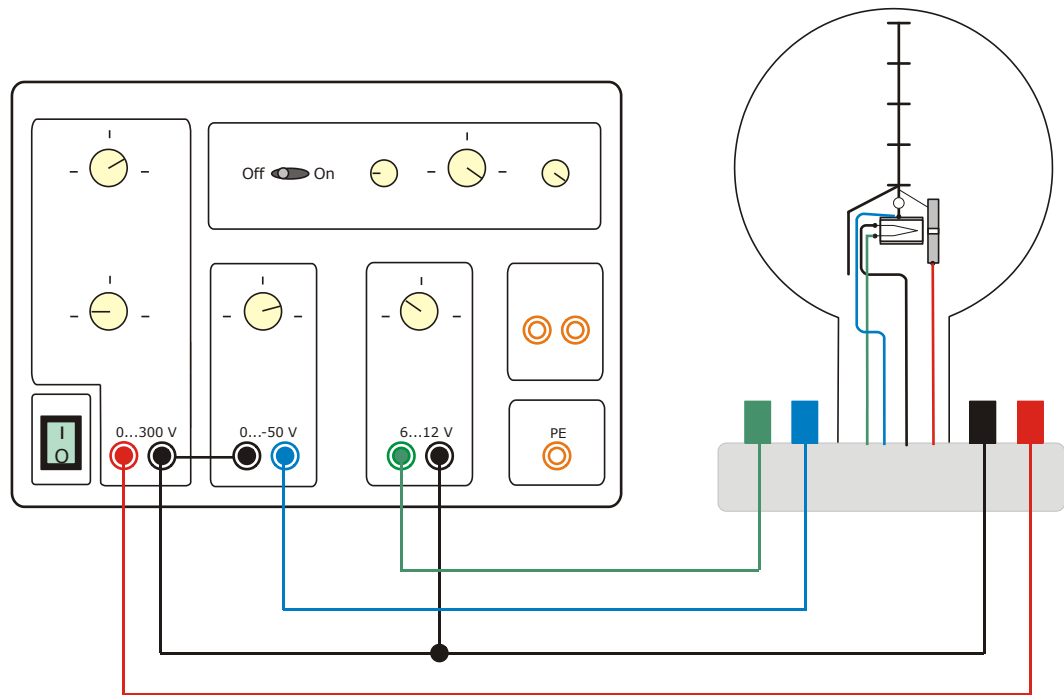


Fig. 1: Conexão do tubo de feixe estreito com o fonte de alimentação DC 300 V

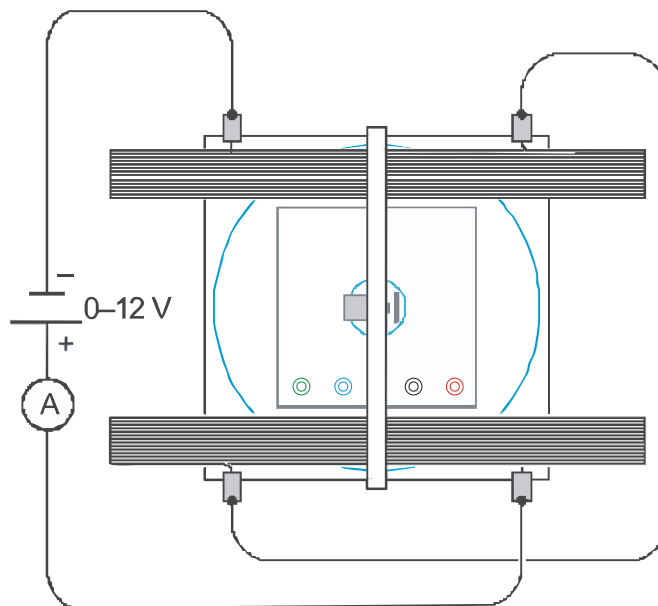


Fig. 2: Conexão elétrica do par de bobinas de Helmholtz

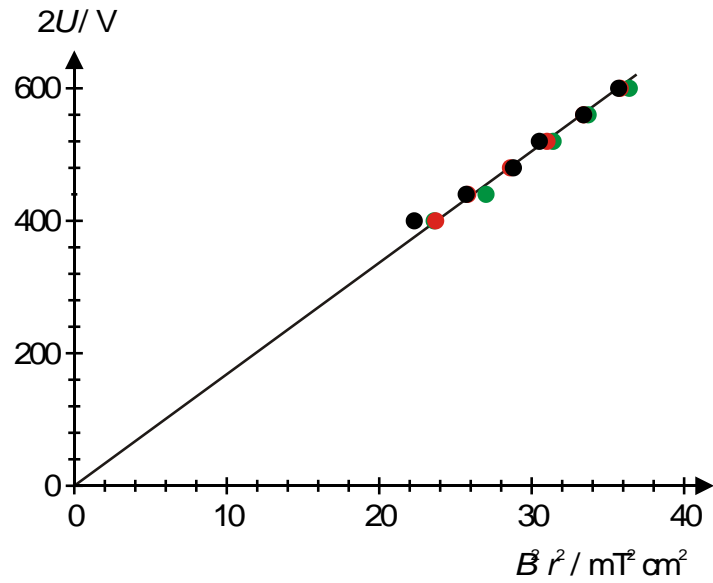


Fig. 3: Diagrama  $r^2 B^2 - 2U$  dos valores de medição (preto:  $r = 5$  cm, vermelho:  $r = 4$  cm, verde:  $r = 3$  cm)

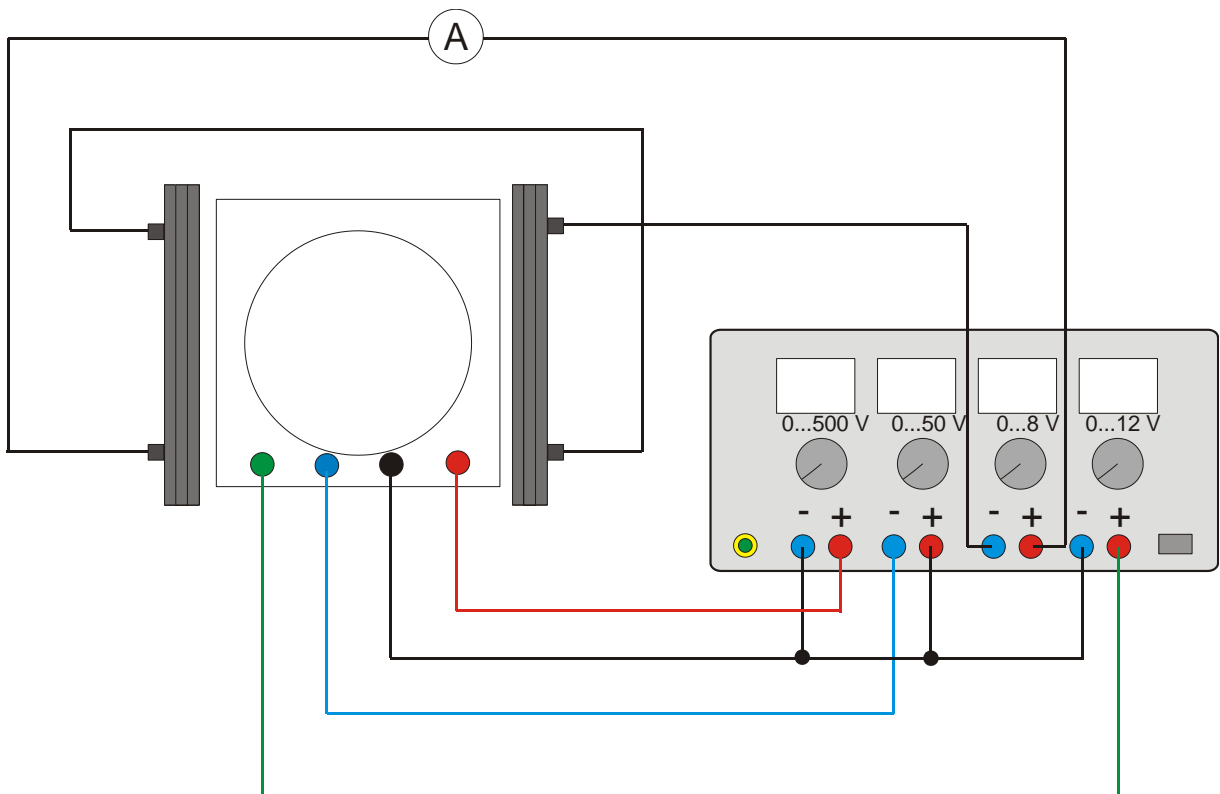


Fig. 4: Conexão do tubo de feixe estreito com o fonte de alimentação DC 500 V

