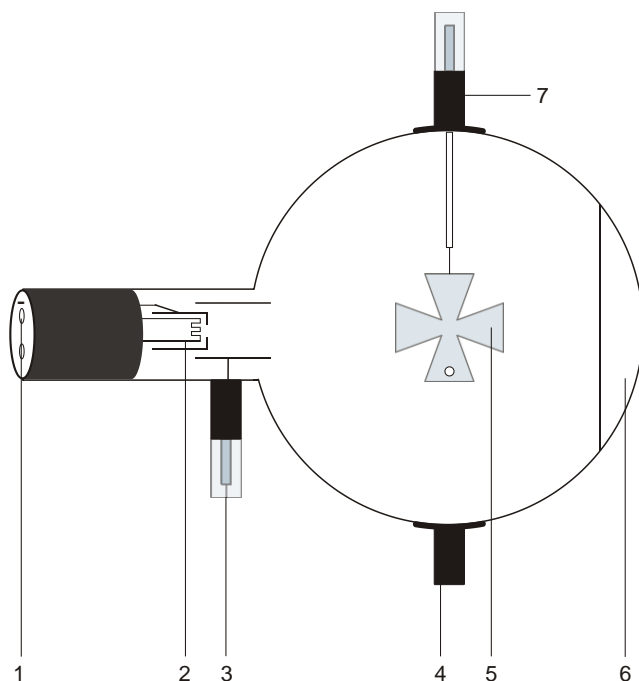


## Tubo de sombra em cruz D 1000649

### Instruções de operação

10/15 ALF



- 1 Conectores de 4 mm para a conexão de aquecedor e cátodo
- 2 Espiral de aquecimento
- 3 Conector de pino de 4 mm para conexão do ânodo
- 4 Suporte
- 5 Cruz de malta
- 6 Tela fluorescente
- 7 Suporte com conector de pino de 4 mm para a conexão da cruz de malta

### 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 o cabos de conexão a esforço puxando-o.
- O tubo só pode ser instalado no suporte para tubo D (1008507).

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

- Respeitar os parâmetros operacionais indicados.
- 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 tubo de sombra em cruz serve para comprovar a propagação retilínea dos feixes de elétrons em espaço livre de campos através da projeção da sombra da cruz de malta sobre uma tela de fluorescência. Além disso, ele permite a observação da formação de feixes de raios por meio de campos magnéticos para a introdução à ótica dos elétrons.

O tubo de sombra em cruz é um tubo de vácuo com um canhão de elétrons constituído por um cátodo de dois fios em chifre de puro Wolfram e um ânodo de forma cilíndrica. O canhão de elétrons emite um feixe de raios divergentes que incide na tela de fluorescência. No meio do tubo se encontra uma cruz de malta de alumínio. No segmento inferior da cruz de sombra está um orifício de 3 mm de diâmetro pelo qual pode ser observada a orientação da sombra da cruz sob a influência do campo magnético.

### 3. Dados técnicos

Tensão de aquecimento:	$\leq 7,5$ V AC/DC
Tensão anódica:	2000 V - 5000 V
Corrente anódica:	típica 0,18 mA em $U_A = 4000$ V
Tensão na cruz:	2000 V - 5000 V
Corrente na cruz:	típica 75 $\mu$ A em $U_A = 4500$ V
Ampola de vidro:	aprox. 130 mm $\varnothing$
Comprimento total:	aprox. 260 mm

### 4. Utilização

Para a realização de experiências com o tubo de sombra em cruz são necessários adicionalmente os seguintes aparelhos:

1 Suporte dos tubos D	1008507
1 Fonte de alimentação de alta tensão 5 kV (115 V, 50/60 Hz)	1003309
ou	
1 Fonte de alimentação de alta tensão 5 kV (230 V, 50/60 Hz)	1003310
1 Bobina de par de bobinas de Helmholtz S	1000611
1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
ou	
1 Fonte de alimentação DC 20 V, 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312
1 Ímã em bastão redondo	1003112

Recomendação suplementar:	
Adaptador de proteção, 2 polos	1009961

#### 4.1 Instalação do tubo no suporte para tubos

- Montar e desmontar o tubo somente com os aparelhos de alimentação elétrica desligados.
- Empurrar até o fim o deslizante de fixação do suporte do tubo.
- Colocar o tubo nas pinças de fixação.
- Fixar o tubo nas pinças por meio do deslizante de fixação.
- Dado o caso inserir o adaptador de proteção sobre as tomadas de conexão do tubo.

#### 4.2 Desmontagem do tubo do suporte para tubos

- Para retirar o tubo, puxar o deslizante de fixação de volta e extrair o tubo.

### 5. Exemplos de experiências

#### 5.1 Propagação retilínea de feixes de elétrons

- Executar as conexões conforme a fig. 1. Sendo que o pólo negativo da tensão anódica é conectado com o conector de 4 mm designado

com o sinal de negativo no colar do tubo.

- Primeiro, só ligar a tensão de aquecimento. Por causa da luz visível que emana do cátodo incandescente, a sombra da cruz de Malta é projetada sobre a tela de fluorescência.
- Ligar a tensão anódica.

A partir das partículas carregadas é produzida uma sombra de contornos nítidos. Esta sombra se sobrepõe idênticamente à primeira sombra. Os raios de elétrons se propagam de modo retilíneo como luz visível e também produzem uma sombra.

#### 5.2 Efeito da carga eletrostática

- Executar as conexões conforme a fig. 1. Sendo que o pólo negativo da tensão anódica é conectado com o conector de 4 mm designado com o sinal de negativo no colar do tubo.
- Desligar a cruz de Malta do potencial anódico.

Sobre a cruz, acumula-se carga negativa, que ao atingir um equilíbrio age em contra da recepção de mais carga negativa. Nas proximidades da cruz os raios catódicos são desviados e assim deformando a sombra (veja fig. 3).

Se a cruz for colocada sobre o potencial catódico, então a deformação da sombra é tal que a imagem é ampliada para além dos limites da tela de fluorescência.

#### 5.3 Desvio magnético

- Executar as conexões conforme a fig. 1. Sendo que o pólo negativo da tensão anódica é conectado com o conector de 4 mm designado com o sinal de negativo no colar do tubo.
- Aproximar o ímã em bastão redondo do tubo enquanto este estiver em funcionamento.

Ocorre um deslocamento da sombra que é dependente tanto da força do campo magnético como também da tensão anódica.

Por meio da regra dos três dedos, podem ser relacionados a direção do desvio, a direção do campo e a direção do movimento das cargas de modo que é torna-se possível demonstrar que os raios catódicos se comportam de forma semelhante às correntes elétricas em condutores.

#### 5.4 Introdução à ótica dos elétrons

- Posicionar o tubo no suporte num ângulo de 90° em relação à sua posição normal.
- Colocar uma bobina no suporte para tubos de modo que a tela luminescente seja inteiramente envolvida por ela. De modo alternativo, a bobina também pode ser montada num pé de apoio (veja fig. 5).
- Executar as conexões conforme a fig. 4. Sendo que o pólo negativo da tensão anódica é conectado com o conector de 4 mm designado com o sinal de negativo no colar do tubo.
- Pôr os tubos em funcionamento e observar a sombra.

- Ligar a corrente de bobina e aumentá-la lentamente.

Se o campo magnético for reforçado (aumento da corrente de bobina) a imagem da cruz começa a girar, encolhe até virar uma mancha e logo volta a se ampliar na direção oposta.

Uma alteração na tensão anódica permite outras mudanças na forma da sombra.

De forma análoga a um sistema de lentes podem ser utilizados raios catódicos e campos de desvio para ampliar as imagens eletrônicas das sombras de elétrons.

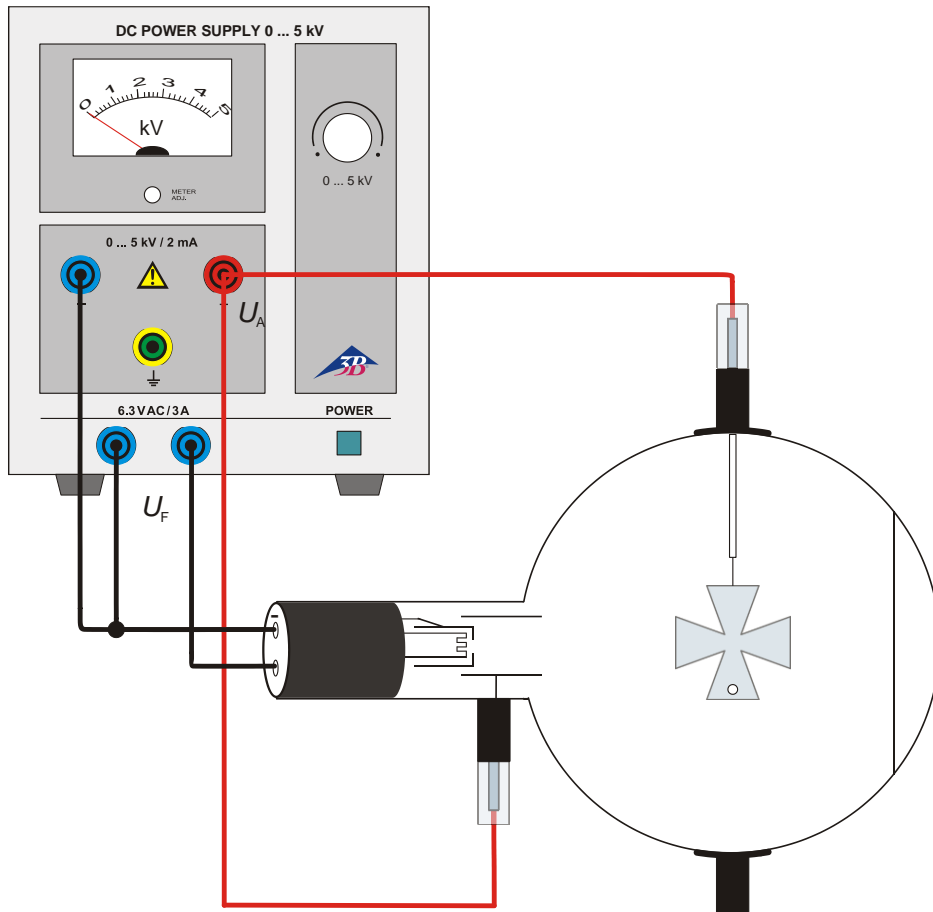


Fig. 1 Propagação retilínea de feixes de elétrons

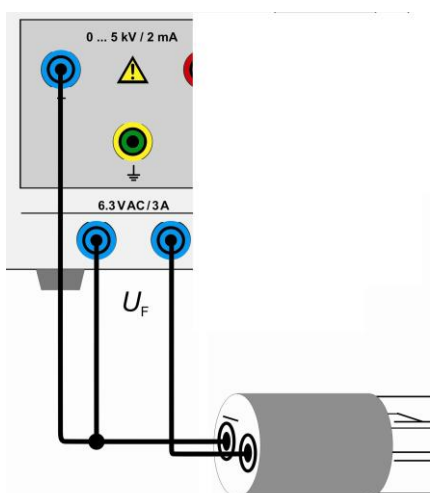


Fig. 2 Circuito com adaptador de proteção, 2 polos



Fig. 3 Efeito da carga eletrostática

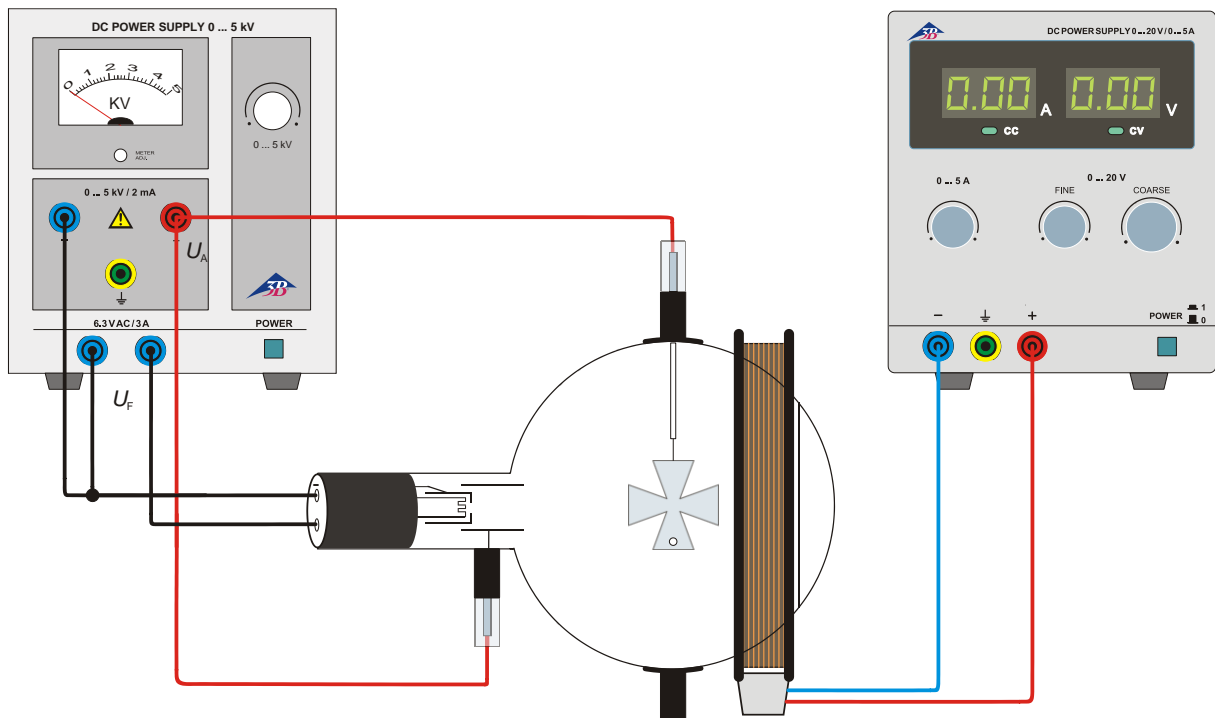


Fig. 4 Introdução à ótica dos elétrons

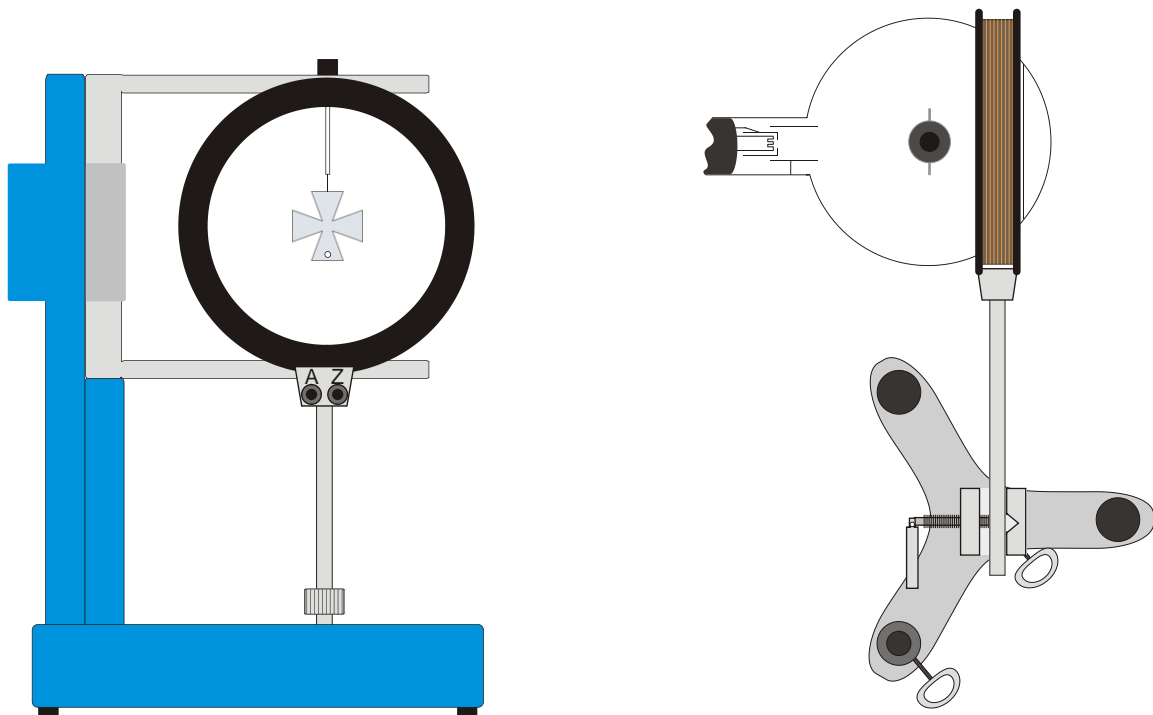


Fig. 5 Instalando a bobina (à esquerda: no suporte para tubo, à direita: em pé de apoio)