

## Tubo de sombra cruzada

### DEMONSTRAÇÃO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DOS ELÉTRONS NUM ESPAÇO LIVRE DE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS.

- Demonstração da propagação retilínea dos elétrons num espaço livre.
- Demonstração do desvio de elétrons num campo magnético.
- Introdução à ótica dos elétrons.

UE307030

06/06 JS

### FUNDAMENTOS GERAIS

Num tubo de sombra cruzada observa-se o feixe de elétrons divergente de um canhão de elétrons numa tela luminescente, sobre a qual um obstáculo impenetrável para elétrons (cruz de Malta) projeta uma sombra. A posição da sombra altera-se quando a propagação linear dos elétrons sofre interferência no seu caminho à tela.

Se o ânodo A e a cruz de Malta M se encontram com o mesmo potencial, então o espaço está livre de campos e os elétrons seguem uma propagação retilínea (ver fig. 1). A sombra de elétrons projetada na tela luminescente S pela cruz de Malta coincide então com a sombra da luz, a qual é originada pela luz emitida pelo cátodo C incandescente

A perturbação da propagação retilínea num espaço não livre de campos pode ser demonstrada muito facilmente pela interrupção da conexão condutora entre o ânodo e o obstáculo: a carga estática do obstáculo assim obtida traz uma sombra de elétrons desfocada na tela luminescente

Se os elétrons são desviado por um campo magnético no seu caminho para a tela luminescente observa-se então um deslocamento ou rotação da sombra de elétrons.

A força de desvio  $F$  depende da velocidade  $v$  e do campo magnético  $B$  e é dada pela força de Lorentz:

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

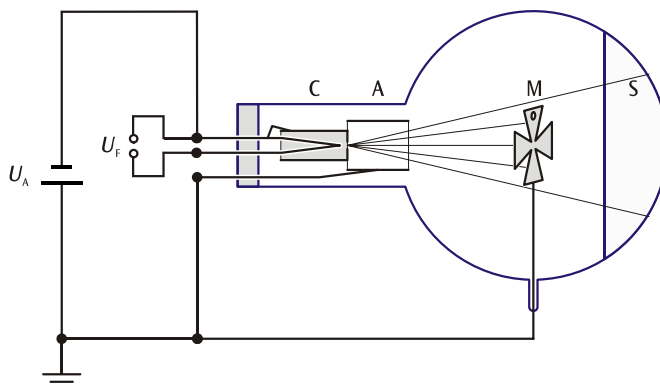


Fig. 1: Representação esquemática da propagação retilínea dos elétrons no tubo de sombra cruzada

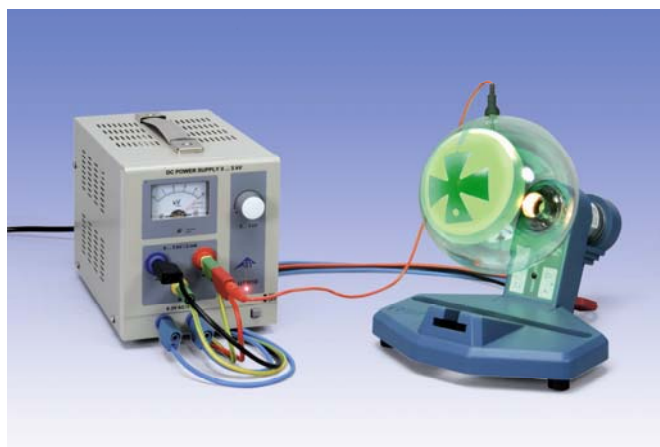


Fig. 2 Montagem experimental para a demonstração da propagação retilínea dos elétrons com o tubo de sombra cruzada

## LISTA DE APARELHOS

1	tubo de sombra cruzada S	U18553
1	suporte para tubo S	U185001
1	Aparelho alim. elétrica alta tensão, 5 kV	U33010
1	jogo de 15 cabos de seg. para experiências	U138021

### Adicionalmente recomendado:

1	par de bobinas de Helmholtz S	U185051
1	Aparelho de alim. elétrica DC, 16 V, 5 A, p. ex.	U33020

## INDICAÇÕES DE SEGURANÇA

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

- Não sujeitar o tubo de sombra cruzada a qualquer tipo de esforço físico.
- Não puxar os cabos de conexões do tubo de sombra em cruz.
- Só efetuar conexões com cabos de segurança para experiências.
- Somente efetuar conexões com os aparelhos de alimentação elétrica desligados.
- Somente montar e desmontar o tubo de sombra cruzada com os elementos de alimentação elétrica desconectados

## MONTAGEM

- Deixar o aparelho de alta-tensão desligado e virar o disco de tensão totalmente à esquerda até ele encaixar.
- Inserir o tubo no suporte para tubo. Ao fazê-lo, prestar atenção para que os pinos de contato estejam completamente encaixados nos orifícios de contato da tomada previstos para tal. O pino do meio deve sobressair levemente do suporte
- Conectar as tomadas F3 e F4 do suporte de tubo com a saída de tensão de aquecimento (caixa azul) do aparelho de alimentação por meio dos cabos de segurança para experiências.
- Conectar a tomada C5 do suporte de tubos com o polo negativo da saída (conector preto) do aparelho de alimentação na rede de alta-tensão com os cabos de segurança para experiências (Os conectores C5 e F4 estão conectados entre si dentro do tubo)
- Conectar o conector A1 com o pólo positivo (conector vermelho) e inserir o cabo livre do tubo de sombra em cruz.

## EXECUÇÃO

### Observação da sombra da luz:

- Ligar o aparelho de alimentação de alta-tensão para que o filamento fique incandescente.
- Observar a sombra em cruz na tela luminescente.

### Observação das sombras dos elétrons:

- Elevar progressivamente a alta-tensão de 0 a no máximo 5 kV e observar a sombra de elétrons tornar-se cada vez mais verde luminescente.
- Comparar a posição da sombra da luz e a da sombra de elétrons.

### Distúrbios da propagação em espaço livre de campo:

- Retirar o cabo de conexão do tubo de sombra em cruz do pólo positivo do aparelho de alimentação elétrica e deixá-lo de lado em situação isolada.
- Observar a deformação da sombra de elétrons.
- Conectar novamente o cabo de conexão e levar o ímã permanente nas proximidades do tubo de sombra cruzada.
- Observar o deslocamento da sombra dos elétrons.

Caso disponha-se de um par de bobinas de Helmholtz um aparelho de alimentação elétrica DC:

- Inserir uma bobina no suporte para tubo pela frente e conectar com o aparelho de alimentação elétrica (compare fig. 3).
- Elevar lentamente a corrente contínua começando em 0 V e observar a rotação da sombra dos elétrons.
- Adicionalmente variar também a alta-tensão e observar o efeito sobre a sombra dos elétrons.

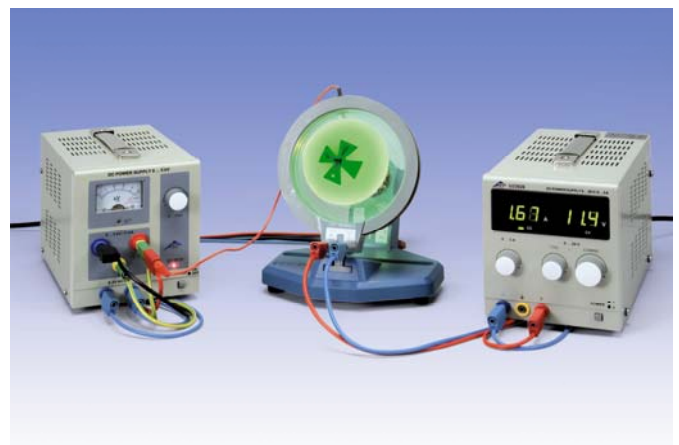


Fig. 3: montagem experimental modificada com campo magnético axial adicional

## ANÁLISE

Se o ânodo e a sombra em cruz encontram-se com o mesmo potencial, e o espaço está livre de campos, então os elétrons seguem uma propagação retilínea. A sombra de elétrons projetada pela cruz coincide então com a sombra da luz.

Se a conexão condutora entre o ânodo e a cruz para sombra é cortada e a cruz para sombra é isolada do ambiente, então a cruz para sombra é carregada eletrostaticamente pelos elétrons que a percutam. Esta carga produz na tela luminescente uma sombra de elétrons desfocada.

Os elétrons são desviados num campo magnético e a sombra dos elétrons é deslocada em relação à sombra da luz. A força que provoca o desvio é perpendicular à direção do movimento dos elétrons e ao campo magnético.

Se o campo magnético tem um percurso de direção axial, os elétrons são desviados para percursos em espiral e a sombra de elétrons gira e é eventualmente diminuída. A força de Lorenz desviada depende por um lado de um campo magnético  $B$  e assim da corrente da bobina, e por outro lado, da velocidade dos elétrons e portanto da alta-tensão  $U_A$  criada pelo ânodo.

Em caso de escolha correta dos parâmetros  $U_A$  e  $B$  a sombra torna-se quase um ponto. O feixe de elétrons divergente fica portanto enfocado num ponto.

