

Tubo de raios de feixe estreito

DETERMINAÇÃO DA CARGA ESPECÍFICA DO ELÉTRON

- Demonstração do desvio de elétrons num campo magnético homogêneo em órbita fechada.
- Determinação da corrente de bobinas de Helmholtz IH em função da tensão de aceleração U do canhão de elétrons com raio de órbita constante r .
- Determinação da carga específica e/m do elétron a partir dos valores medidos.

UE307070

08/06 UK

FUNDAMENTOS GERAIS

No tubo de raios de feixe estreito, os elétrons se movem num campo magnético homogêneo num percurso circular. O tubo contém gás néon com pressão precisamente ajustada e os átomos de gás são ionizados ao longo das órbitas através de choques com os elétrons, pelo que eles são levados a brilhar. Assim a órbita dos elétrons fica visível indiretamente e o seu raio pode ser medido diretamente com um metro. Sendo que a tensão de aceleração U do canhão de elétrons e o campo magnético B são conhecidos, pode-se calcular a carga específica e/m do elétron a partir do raio de órbita r :

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 rádio 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 é 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 .

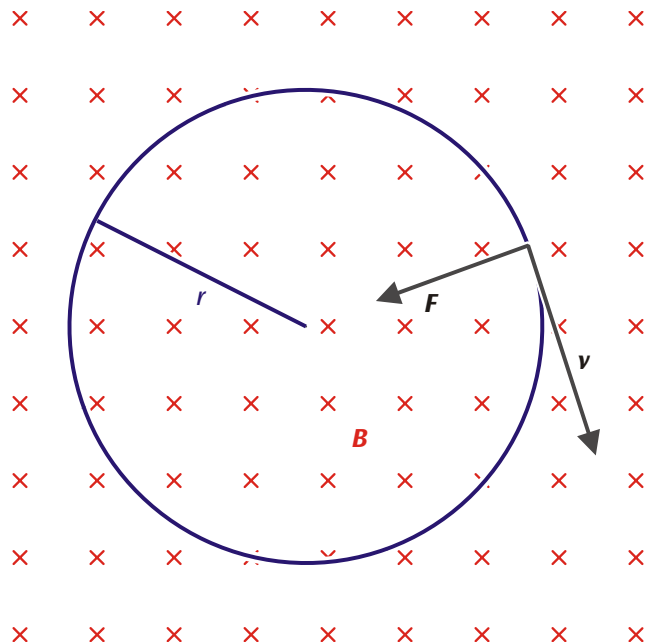


Fig. 1: Desvio de elétrons com velocidade v num campo magnético B através da força de Lorentz F numa órbita fechada de raio r .

LISTA DE APARELHOS

1	tubo de raios catódicos de feixe estreito	U8481420
1	bobinas de Helmholtz, 300 mm	U8481500
1	fonte de alimentação DC, 0–500 V	U33000
1	Amperímetro DC, 3 A, por ex.	U17450
1	conjunto de 15 cabos para experiências de segurança	U138021

INDICAÇÕES DE SEGURANÇA

O tubo de feixe estreito é uma ampola de vidro evacuada de paredes finas, manusear com cuidado: risco de implosão!

- Não sujeitar os tubos a qualquer tipo de esforço físico.
- Para evitar esforço físico conectar os pinos de contato com só um cabo experimental a cada vez.

No tubo de feixe estreito são produzidas tensões perigosas ao toque:

- Só utilize cabos experimentais de segurança para efetuar conexões.
- Somente efetuar conexões com os elementos de alimentação elétrica desconectados.
- Somente montar ou desmontar o tubo com os aparelhos de alimentação elétrica desligados.

MONTAGEM

Indicações:

Para poder observar melhor o feixe de elétrons, a experiência deve ser realizada num local obscurecido.

Durante a montagem, os aparelhos de alimentação elétrica devem ficar desligados e todos os botões de tensão devem estar virados para a esquerda.

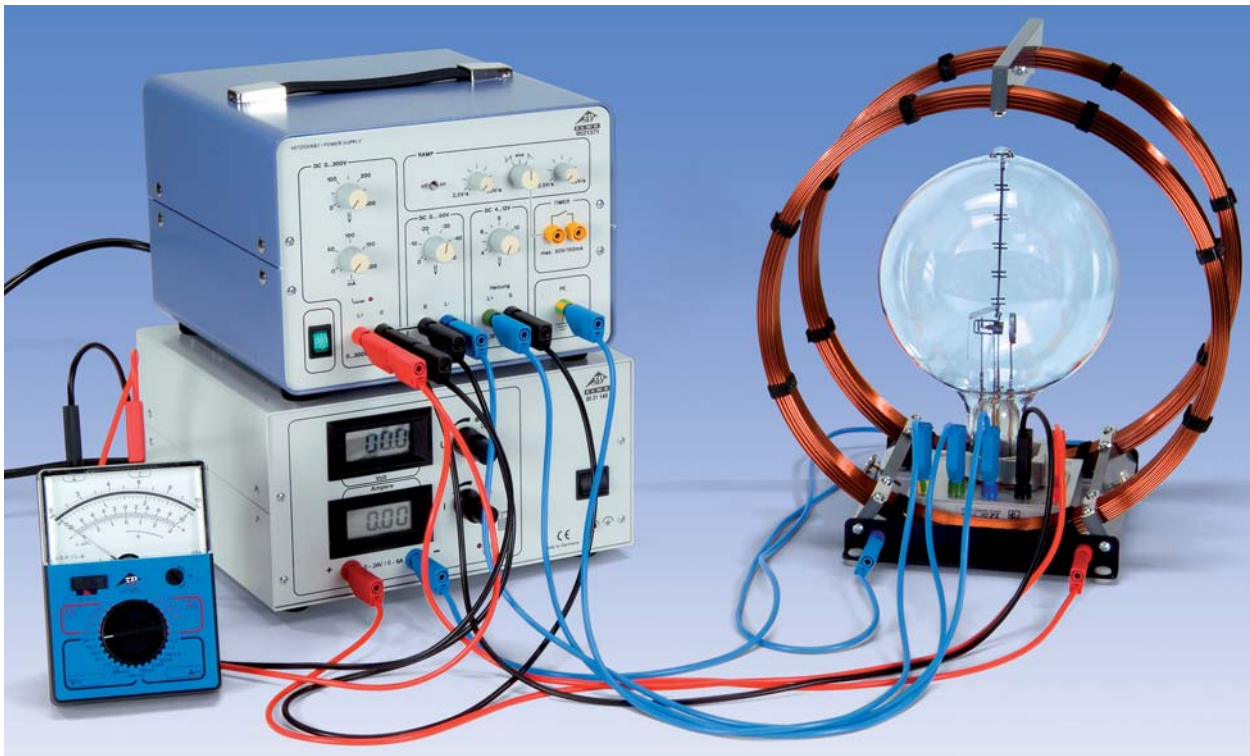
Conexão do tubo de feixe estreito com o aparelho de alimentação em rede do tubo:

- Conectar o pólo negativo da saída de 500-V, o pólo positivo da saída de 50-V e o pólo da saída de 12-V, um com o outro, e com o cátodo do tubo (tomada preta da base de conexão).
- Conectar o pólo positivo da saída de 500-V com o ânodo (tomada vermelha).
- Conectar o pólo negativo da saída de 50 V com o cilindro de Wehnelt (conectores azuis).
- Conectar o pólo positivo da saída de 12 V com o aquecedor catódico (conector verde).

Conexão do par de bobinas de Helmholtz:

- Conectar as bobinas de Helmholtz segundo Fig. 3 e o amperímetro em fila à saída de 8-V, para que ambas as bobinas sejam atravessadas pela corrente no mesmo sentido.

Fig. 2: montagem experimental para a determinação da carga específica do elétron



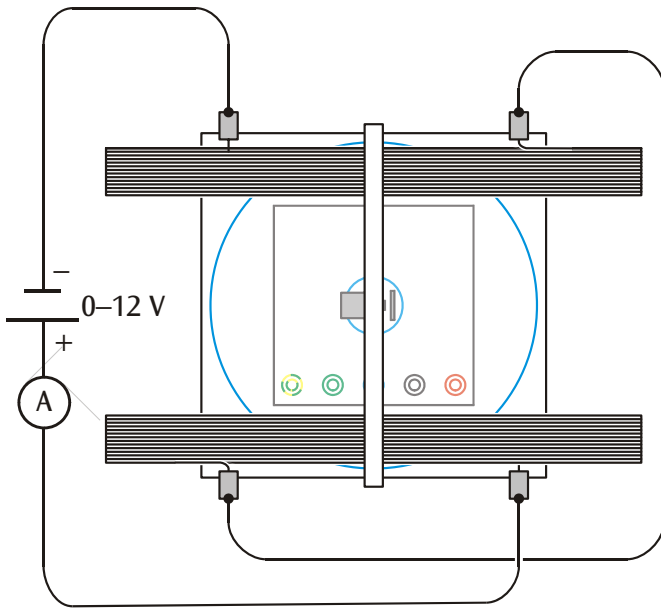


Fig. 3: conexão elétrica do par de bobinas de Helmholtz

EXECUÇÃO

Ajuste do feixe de elétrons:

- Aplicar uma tensão de aquecimento de, por exemplo, 7,5 V.
- Ajusta a tensão anódica em 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.
- Otimizar a definição e a clareza 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 bobinas no mesmo sentido.

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

- Para inverter a polaridade do campo magnético, inverter as conexões do aparelho de alimentação DC de 12 V.
- 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 estrito junto com sua base no eixo vertical.

Registro dos valores medidos:

- Selecionar a corrente de bobina de modo que o raio do percurso circular seja de 5 cm e o feixe de elétrons seja coberto pela marca de medição correspondente, e notar 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 mais séries de experiências para raios de percurso circular de 4 cm e 3 cm.

EXEMPLOS DE MEDIÇÃO

Tab. 1: valores de medição para a corrente de bobina I_H em função da tensão de aceleração U em três diferentes raios de percurso circular r constante

U / V	I_H / A		
	com $r = 3$ cm	com $r = 4$ cm	com $r = 5$ cm
300	2,66	1,98	1,58
280	2,56	1,91	1,53
260	2,47	1,84	1,46
240	2,37	1,77	1,42
220	2,29	1,68	1,34
200	2,14	1,61	1,25

ANÁLISE

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:

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

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

Para mais análises os valores de medição são integrados num diagrama $r^2 B^2 - 2U$ (veja fig. 4). Para isto, na tabela 2 estão listados os valores calculados a partir dos valores medidos da tabela 1.

Do gradiente das retas de origem na fig. 4 pode-se ler:

$$\frac{e}{m} = 16,8 \cdot \frac{V}{mT^2 \cdot cm^2} = 1,68 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$$

O valor de literatura é dado como:

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$$

Tab. 2: dos valores calculados da tabela 1 em função da tensão de aceleração U com três raios de percursos circulares constantes r diferentes.

U / V	$2U / V$	$B^2 r^2 / \text{mT}^2 \text{cm}^2$		
		com $r = 3 \text{ cm}$	com $r = 4 \text{ cm}$	com $r = 5 \text{ cm}$
300	600	36,4	35,8	35,7
280	560	33,7	33,4	33,4
260	520	31,4	31,0	30,5
240	480	28,9	28,6	28,8
220	440	27,0	25,8	25,7
200	400	23,6	23,7	22,3

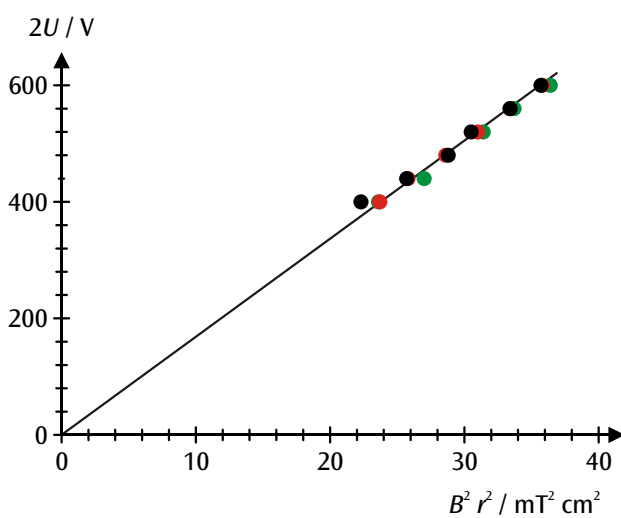


Fig. 4: Diagrama $r^2 B^2 - 2U$ dos valores de medição (preto: $r = 5 \text{ cm}$, vermelho: $r = 4 \text{ cm}$, verde: $r = 3 \text{ cm}$). O gradiente das retas de origem corresponde a carga específica e/m do elétron.