

Sistema completo compacto para a determinação da carga específica do elétron e/m com tubo de raios de feixe estreito 8001324

Instruções de operação

09/26 HJB



1. Indicações de segurança

O aparelho de operação do tubo de raios de feixe estreito cumpre as normas de segurança para aparelhos elétricos de medição, controle, regulação e de laboratório da DIN EN 61010 parte 1 e é construído conforme a classe de segurança I. Ele está previsto para a operação em espaços secos, que estejam preparados para aparelhagem ou instalação elétrica.

Se a operação do aparelho ocorre conforme as instruções de uso, a segurança está então garantida. A segurança, porém, não estará garantida se o aparelho for utilizado de forma errônea ou se for manipulado sem a devida atenção.

Se houver razões para considerar que a operação segura não é mais possível, deve-se desligar imediatamente o aparelho (por exemplo, no caso de danos visíveis) e protegê-lo contra uma utilização indevida.

Em escolas e institutos de formação a operação do aparelho deve ser monitorada por pessoal qualificado.

Durante a operação do aparelho no soquete do tubo podem encontrar-se tensões perigosas ao toque.

- Operar o aparelho sempre com o tubo inserido.
- Montar e desmontar o tubo somente com a fonte de alimentação desligada.
- Só conectar o aparelho em tomada com condutor de proteção aterrado.
- Substituir os fusíveis defeituosos só com um fusível correspondente ao valor do fusível original (ver parte posterior do aparelho).
- Desconectar da tomada antes de trocar o fusível.
- Nunca provocar curto-circuito com o fusível ou com o suporte do fusível.
- Deixar livres as fendas de ventilação na armação do aparelho de modo a garantir a circulação do ar necessária para o esfriamento dos componentes internos.

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.
- Esperar aprox. 1 minuto antes de ligar, até que a temperatura da espiral de aquecimento se estabilize.

Durante o funcionamento, o gargalo do tubo se aquece.

- Deixar esfriar o tubo antes guardá-lo.

2. Descrição

Aparelho de operação do tubo de raios de feixe estreito

O aparelho de operação de tubo de raios de feixe estreito serve em conexão com o tubo de raios de feixe estreito T (1024632) para a determinação da carga específica do elétron, assim como para

a análise do desvio de raios de elétrons no campo magnético homogêneo.

As bobinas de Helmholtz estão montadas firmemente sobre o aparelho e o tubo de raios de feixe estreito intercambiável encontra-se sobre um soquete rotativo em 270°. Ambos estão conectados internamente ao aparelho de operação, sem que seja necessária uma conexão de cabos externos. Todas as tensões de alimentação do tubo assim como a corrente através das bobinas de Helmholtz podem ser ajustadas. A tensão de anodo e corrente das bobinas é indicada digitalmente e podem ser coletadas adicionalmente como valores equivalentes de tensão.

Tubo de raios de feixe estreito T

No tubo de raio de feixe estreito um sistema de raios de elétron, que é composto de um cátodo de óxido aquecido indiretamente, de um anodo de colimador e de um cilindro de Wehnelt, produz um feixe luminoso de elétrons de contornos nítidos numa atmosfera de gás Hélio residual com pressão de gás ajustada com precisão. Através de ionização de choque de átomos de hélio se produz um rasto igualmente altamente luminoso e de contornos nítidos da pista de elétrons no tubo. No arranjo otimizado do tubo e corrente adequada através das bobinas de Helmholtz os elétrons são desviados para uma órbita circular. Seu diâmetro pode-se determinar facilmente se os elétrons colidam exatamente sobre as marcas de medição equidistantes, de maneira que os seus terminais se iluminam.

Para a operação do tubo de raios de feixe estreito serve o aparelho de operação de raios de feixe estreito (1009948).

3. Fornecimento

a) Aparelho de operação do tubo de raios de feixe estreito

- 1 Aparelho de operação
- 1 Conjunto de cabos para fontes de alimentação EU, UK, US
- 1 Instruções para o uso

b) Tubo de raios catódicos de feixe estreito T

- 1 Tubo de raios de feixe estreito
- 1 Instruções para o uso

4. Dados técnicos

a) Aparelho de operação do tubo de raios de feixe estreito

Par de bobinas de Helmholtz:

- Diâmetro das bobinas: aprox. 300 mm
- Número de espiras: 124
- Campo magnético: 0 – 3,4 mT (0,75 mT/A)

Aparelho de operação:

- Corrente das bobinas: 0 – 4,5 A
- Saída de medição: $U_{OUT} = I_H \cdot \frac{1V}{1A}$
- Tensão dos anodos: 15 – 300 V, 10 mA máx.
- Saída de medição: $U_{OUT} = \frac{U_A}{100}$
- Tensão de aquecimento: 5 – 7 V DC, 1 A máx.
- Tensão de Wehnelt: 0 – -50 V
- Display: Display LED digital de 3 dígitos para a corrente de bobinas e a tensão de anodos
- Precisão do display: 1% + 2 dígitos
- saídas de medição: 1%
- Conexões de saídas de medição: Tomadas de segurança de 4 mm

Dados gerais:

- Ângulo de rotação do tubo: -10° – 270°
- Fonte de alimentação: 100 – 240 V, 50/60 Hz
- Cabos da fonte de alimentação: EU, UK e US
- Dimensões: aprox. 310x275x410 mm³
- Massa: aprox. 7,5 kg

b) Tubo de raios catódicos de feixe estreito T

- Preenchimento gasoso: Helio
- Pressão do gás: 0,13 hPa
- Diâmetro do êmbolo: 165 mm
- Diâmetro da órbita: 20 – 120 mm
- Afastamento das marcas de medição: 20 mm

5. 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 .

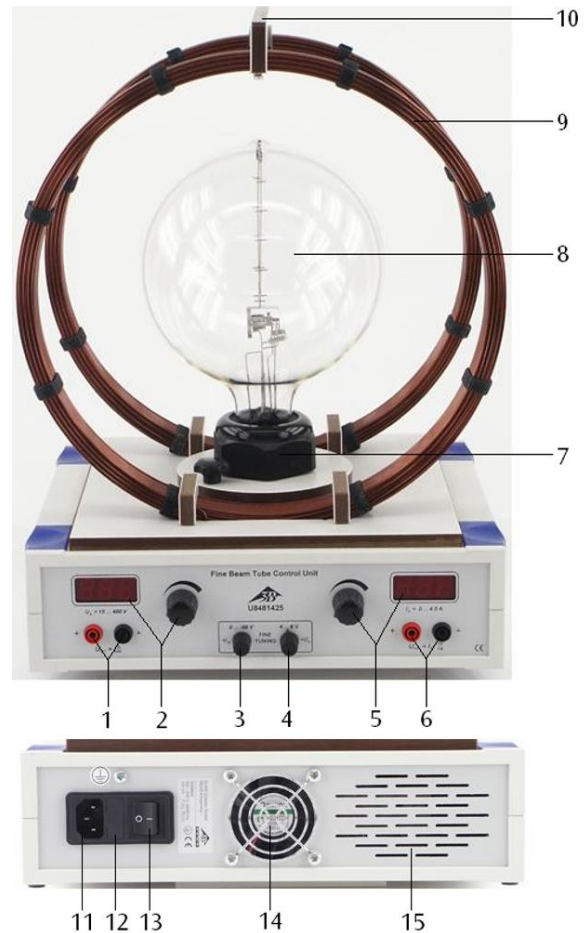
O campo magnético B é criado num par de bobinas de Helmholtz e é proporcional à corrente I_H através de uma só bobina. O fator de proporcionalidade k pode ser calculado a partir do raio de bobina $R = 147,5 \text{ mm}$ e do número de espiras $N = 124$ por bobina:

$$B = k \cdot I_H \quad (6)$$

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

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

6. Elementos de comando do aparelho de operação



- 1 Saída de medição para a tensão de aceleração
- 2 Comando de ajuste e display da tensão de aceleração
- 3 Comando de ajuste da tensão de Wehnelt
- 4 Comando de ajuste da tensão de aquecimento
- 5 Comando de ajuste e display da corrente de bobinas
- 6 Saída de medição para a corrente de bobinas
- 7 Soquete rotativo
- 8 Tubo de raios de feixe estreito T (1024632)
- 9 Bobinas de Helmholtz
- 10 Alça para transporte
- 11 Conexão de rede elétrica
- 12 Suporte de fusíveis
- 13 Comutador de rede
- 14 Ventilador
- 15 Fendas de ventilação

7. Utilização

7.1 Montagem do tubo de raios de feixe estreito

- Parafusar a porca de capa girando-a para a esquerda.
- Checar o tubo de raios de feixe estreito por contatos curvados.
- Inserir o tubo verticalmente, nisto cuidar da necessidade absoluta da orientação correta dos pinos de contato e do pino de codificação! (Ver Fig. 1).

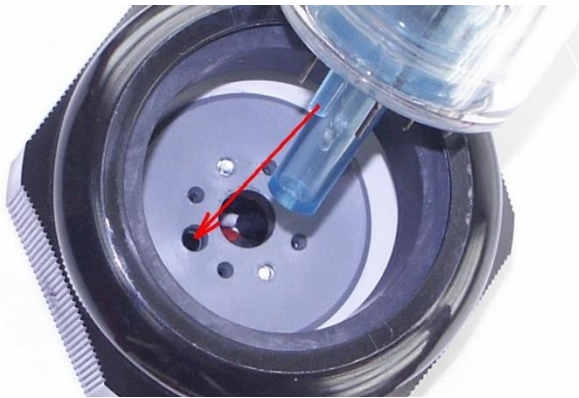


Fig. 1: Inserção do tubo

- Empurrar o tubo para baixo com pressão leve, até assentá-lo.
- **Indicação:** medir a altura do soquete até o canto superior da porca de capa e transferi-la para o tubo. Desta forma pode-se reconhecer se o tubo está corretamente inserido no soquete.
- Apertar a porca de capa manualmente para a direita, nisto cuidar da posição vertical do tubo.

Cuidado: Em caso o parafuso serrilhado não esteja devidamente apertado o tubo não está seguro e pode cair no transporte!



Fig. 2: Tubo inserido

7.2 Ajuste do feixe de elétrons

- Levar o aparelho de operação de raios de feixe estreitos para um recinto bem escurecido.
- Alinhar o tubo como ilustrado acima (com a direção do canhão de elétrons para o campo magnético das bobinas de Helmholtz). Indicação para a rotação do tubo vide o ponto 7.3.
- Levar o comando de ajuste para a tensão de aquecimento para a posição do médio (aprox. 6 V).
- Colocar o ajuste de corrente de bobinas no embate da esquerda, por tanto 0 A.
- Esperar por aprox. 1 minuto até que a temperatura se tenha estabilizado na serpentina de aquecimento.
- 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.
- Se o raio for desviado para baixo, o tubo deve ser girado em 180°.
- Continuar aumentando a corrente de bobina e checar, se o raio de elétrons forma uma órbita fechada em si mesmo. Eventualmente girar o tubo levemente.
- Executar a experiência como descrito em baixo.

7.3 Girar o tubo

O tubo está fixado sobre um soquete rotativo em -10° até 270°.

- Para girar o tubo, soltar o parafuso serrilhado. **Não desparafusar por completo!**
- Para isto, **não** girar no tubo, senão girar no prato giratório ou na porca de capa.
- Parafusar firmemente o parafuso serrilhado de novo.

Cuidado: Em caso da completa retirada do parafuso serrilhado o tubo não estará mais seguro e poderá cair durante o transporte!

7.4 Troca de fusíveis

- Desligue a alimentação elétrica e retire em todo caso o fio da tomada.
- Com uma chave de fenda chata puxar para fora o suporte de fusíveis no verso da fonte de alimentação (ver Fig. 3).
- Aplicar a chave de fenda desde o lado do plugue de aparelho frio.
- Trocar o fusível e empurrar o suporte de novo para dentro.



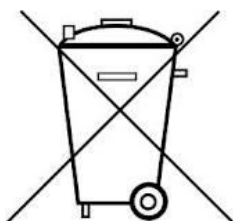
Fig. 3: Troca de fusíveis

8. Cuidados e manutenção

- Antes da limpeza separar o aparelho da fonte de alimentação.
- Para a limpeza utilizar um pano suave e úmido.

9. Eliminação

- A embalagem deve ser eliminada nas dependências locais de reciclagem.
- Em caso que o próprio aparelho deva ser descartado, então este não pertence ao lixo doméstico normal. É necessário cumprir com a regulamentação local para a eliminação de descarte eletrônico.



10. 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 .

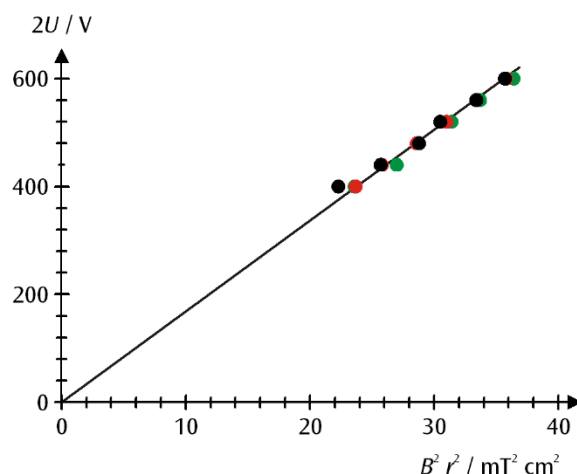


Fig. 4 Diagrama $r^2 B^2 - 2U$ dos valores de medição (preto: $r = 5$ cm, vermelho: $r = 4$ cm, verde: $r = 3$ cm)