

**Aparelho de raios X (230 V, 50/60 Hz) 1000657**  
**Aparelho de raios X (115 V, 50/60 Hz) 1000660**

## Instruções para o uso

05/15 ALF / Hh



## 1. Proteção contra radiação

Antes de iniciar a operação do aparelho de raios X, deve-se garantir que a utilização planejada esteja conforme com as leis específicas do país, e que os regulamentos e regras sejam autorizados pelas autoridades locais responsáveis e sejam devidamente declarados frente a estas.

A alta-tensão só pode ser ligada com o tampo de proteção fechado e o circuito de segurança devidamente fechado, e portanto, só assim os tubos de raios X funcionarão. A armação está assegurada contra uma abertura intempestiva por um parafuso de segurança. A radiação X é assim isolada e é possível realizar experiências em toda segurança.

As condições máximas de operação  $U = 30 \text{ kV}$  e  $I = 100 \text{ }\mu\text{A}$  não podem ser ultrapassadas.

Antes de cada operação do aparelho de raios X, controlar os dispositivos de proteção contra radiação conforme o parágrafo 8.1.

A armação do aparelho de raios X nunca deve ser aberta. Se forem efetuadas manipulações no aparelho de raios X que não correspondam à montagem de experiências em ambiente de laboratório, então a homologação para este tipo de construção fica anulada e não é mais permitido utilizar o aparelho de raios X. Consertos só podem ser realizados pelo fabricante 3B Scientific GmbH.

- Proteger o aparelho contra qualquer utilização indevida.

## 2. Indicações de segurança

O aparelho de raios X cumpre com as normas de segurança para aparelhos elétricos, de medição, de controle eletrônico, de regulação e de laboratório conforme DIN EN 61010 Parte 1 e é fabricado conforme a classe de proteção I. Está previsto para a operação em local seco e apropriado para a operação de aparelhos ou dispositivos elétricos.

Se a operação do aparelho ocorrer conforme às instruções de uso, a segurança do aparelho de raios X está garantida. A segurança, porém, não estará garantida se o aparelho for utilizado de forma indevida 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.

- Controlar que o aparelho de raios X não tenha sofrido danos durante o transporte imediatamente após retirá-lo da embalagem. Caso sejam constatados danos, não ligar o aparelho e informar o fabricante 3B Scientific GmbH.
- Favor não jogar fora a embalagem, já que eventualmente precisa-se para devoluções.
- Antes de ligar o aparelho, controlar se a tensão de rede correta está selecionada no comutador.

Por causa das altas doses de radiação encontradas no interior do aparelho de raios X, este impõe uma responsabilidade particular por parte do operador.

- Antes de qualquer utilização, controlar a integridade da armação do aparelho de raios X, do tampo de proteção, controlar se há danos nos elementos de comando e de controle, e em particular, verificar as normativas de proteção contra radiações conforme o parágrafo 8.1.
- Em caso de danos visíveis, não ligar o aparelho de raios X e protegê-lo contra qualquer operação indevida.
- Em caso de função defeituosa, desligar imediatamente o aparelho e protegê-lo contra uma eventual operação involuntária.
- Se a lâmpada de controle de alta-tensão estiver acesa mesmo se o tampo de proteção não estiver corretamente fechado e se encontra trancado na posição mediana, desligar imediatamente o aparelho.

Caso o aquecimento do cátodo do tubo não funcione, ao desligar a alta-tensão não poderá ocorrer o afterflash (um forte flash do aquecedor do tubo ao desligar a alta-tensão). Por isso, a alta-tensão pode continuar até por 6 horas ainda no tubo.

- Portanto, em caso de disfunção do cátodo só tocar qualquer parte ligada a alta-tensão após 6 horas de repouso do aparelho.
- Ao trocar a lâmpada ou um fusível, sempre desligar o aparelho da tomada!

### 3. Componentes e elementos de comando

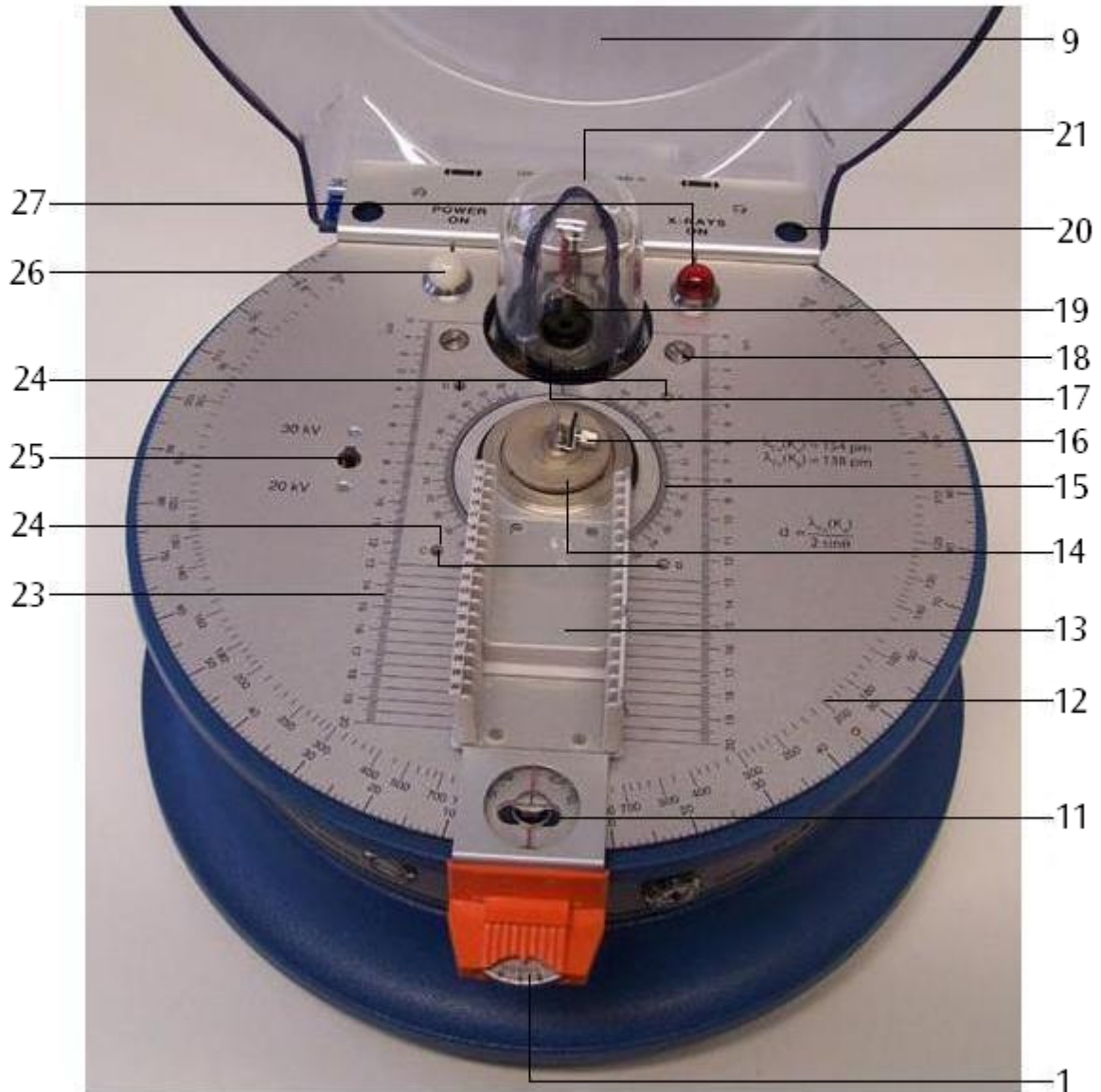


- |   |  |
|---|--|
| 1 Ajuste fino do goniômetro   | 6 Timer para ajuste do tempo   |
| 2 Potenciômetro de balanceamento para o ajuste da corrente de emissão | 7 Comutador de chave para a tensão de rede   |
| 3 Tecla para a alta-tensão com função LIGA/DESLIGA                    | 8 Conector para a medição da corrente de emissão com tensão de saída proporcional à corrente |
| 4 Armação   | 9 Tampo de proteção  |
| 5 Pé  | 10 Placa de isolamento com aviso de perigo de radiação                                       |



10

22



9

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

1

- 11 Fenda em forma de haltere para trancar o tempo de proteção
- 12 Escala angular para o braço de medição
- 13 Braço de medição com quadro para slide
- 14 Placa de impressão
- 15 Escala angular para o suporte para amostras
- 16 Suporte para amostras
- 17 Orifício de saída da radiação com colimador de latão
- 18 Parafusos de fixação para a cúpula de vidro de chumbo

- 19 Tubo de raios X
- 20 Travessas
- 21 Cúpula de vidro de chumbo
- 22 Pontos de fecho do tampo de proteção
- 23 Escala de distanciamento do ponto focal
- 24 Conectores de 4 mm para a montagem do motor
- 25 Comutador de seleção de alta-tensão
- 26 Lâmpada de controle da tensão de rede (branca)
- 27 Lâmpada de controle da alta-tensão (vermelha)



- 28 Suporte para fusível de tensão de rede
- 29 Suporte para fusível de alta-tensão
- 30 Comutador de seleção de tensão de rede

- 31 Abertura para ventilação da armação
- 32 Conexão com a rede elétrica

#### 4. Descrição

O aparelho de raios X serve para a realização de um grande número de experiências sobre os temas seguintes:

- Propriedades dos raios X:
  - Radiação penetrante
  - Propagação linear
  - Ionização
  - Radiografia
- Radiação fluorescente
- Proteção contra radiação X
- Experiências de absorção
- Leis da distância
- Dosimetria e proteção contra radiação
- Difração de raios X:
  - Radiografia de Laue
  - Radiografia de Debye-Scherrer
- Reflexão de Bragg,
  - Lei de Duane e Hunt (determinação do h)
- Lei de Moseley

No aparelho de raios X encontra-se um goniômetro de tubo contador integrado que está montado no seu eixo de rotação por meio de um braço inclinável assim como de um suporte para amostras. O braço inclinável na forma de um quadro para slides serve para os registros do tubo contador Geiger-Müller (1000661), da

câmara de ionização (1000668), assim como de aparelhos de experimentação em formato de slide, ou montados sobre uma placa de suporte de 50 mm x 50 mm (por exemplo, nos casos de 1000665, 1000666, 1000667). O braço inclinável pode ser girado manualmente independentemente, ou instalado num acoplamento angular fixo na relação 2:1, por exemplo, para experiências sobre a reflexão de Bragg. O espaço onde são realizadas as experiências é uma caixa fechada a prova de radiação com uma proteção de vidro sintético transparente. Por razões de segurança o capô de cobertura só pode ser aberto depois de DESLIGAR o botão de alta tensão e de um período de desconexão de 2 segundos. Um timer com tempo máximo de 1 hora permite o ajuste mesmo de exposições mais longas e impede uma operação permanente involuntária do aparelho de raios X. O tubo de raios X de alto vácuo com cátodo de tungstênio de aquecimento direto e ânodo de cobre encontra-se num recipiente de vidro de borossilicato com janela de descarga de irradiação de forma côncava e espessura fina. Uma cúpula de vidro a chumbo com colimador de latão permite que a radiação X saia paralelamente a superfície da experiência protegendo contra a radiação difusa. O feixe de raios X que sai colide contra uma placa de isolamento de vidro de chumbo-alumínio com aviso de perigo de radiação, cujo diâmetro coincide com o do feixe não colimado.



## 5. Fornecimento

- 1 aparelho básico
- 1 tubo de raios X (Röntgen)
- 1 conector Jack
- 2 fusíveis de segurança
- 1 aviso de perigo de radiação em alemão, inglês, francês e espanhol
- 1 manual de instruções

## 6. Dados técnicos

### Tubo de raios X:

Tensão anódica: 20/30 kV alternável, estabilização eletrônica

Corrente de emissão: ajuste contínuo de 0 a 80  $\mu$ A e estabilização eletrônica

Dose de radiação: < 0,1 mrem/h<sup>-1</sup> a 0,1 m de distância da superfície tocável

Aquecimento catódico: 4 V, 1 A

Ponto focal: 5 mm x 1 mm

Material do ânodo: Cu

Colimador de vidro

de chumbo: 5 mm  $\varnothing$

Divergência do feixe abaixo de 10°

Longitude de onda da

radiação caract.: Cu -K <sub>$\alpha$</sub> : 154 pm  
Cu -K <sub>$\beta$</sub> : 138 pm

Dimensões: 100 mm x 32 mm  $\varnothing$

### Goniômetro de tubo contador:

Faixa de inclinação: 0°  
+10° a +130° e  
-10° a -130° em relação  
ao eixo do feixe

Acoplamento angular: independente do suporte de amostras ou em relação de 2:1

Precisão da medição do ângulo Bragg 2  $\theta$ : 5 arcos por minuto

Timer: 0 a 60 min, ajustável sem escalonamentos

Conexão: 115 V / 230 V, 50/60 Hz por cabo de rede

Recepção de potência: 100 VA

Dimensões: 250 mm x 370 mm  $\varnothing$

Massa: 9 kg

## 7. Repostos e acessórios

- 1. Tubo de raios X de reposto 1000664

- 2. Aparelho básico 1000665

O aparelho básico de reposto permite a realização de experiências qualitativas e quantitativas, por exemplo, sobre a propagação retilínea, a ionização e sobre a capacidade de penetração dos raios X, assim como radiografia, a comprovação do caráter ondulatório dos raios X, a pesquisa da radiação fluorescente X (Röntgen) e para a determinação do coeficiente de absorção de massas.

Fornecimento:

- 1 tela luminescente
- 1 câmera de Debye-Scherrer
- 2 cassetes com filme
- 1 máscara de chumbo
- 2 elétrodos de placas sobre pinos de inserção de 4-mm
- 1 colimador-diafragma de fenda, 1 mm
- 1 colimador-diafragma de orifício, 1 mm  $\varnothing$
- 1 carregador complementar com diafragma circular
- 2 diafragma de fenda, 1 mm/3 mm
- 1 diafragma de orifício, 9,5 mm  $\varnothing$
- 2 monocristais, LiF, NaCl
- 2 minicristais, LiF
- 1 amostra em pó, LiF
- 10 fios Cu
- 4 lâminas de absorção, Ni, Cu, Co, Zn
- 1 revólver para folhas de propagação, revestidas com os elementos V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn
- 1 controle remoto para o revólver para folhas de propagação
- 1 kit para auxiliar a montagem (adesivo de acetato, pinças)
- 1 caixa para guardar o material, com a forma dos acessórios

- 3. Acessórios para cristalografia 1000666

Os acessórios para cristalografia permitem realizar pesquisas cristalográficas mais extensas, o estudo da Lei de Moseley, do procedimento de Debye-Scherrer, da reflexão de Bragg assim como pesquisa de materiais.

Fornecimento:

- 4 lâminas, Fe, V, Mn, Cr
- 2 monocristais, KCl, RbCl
- 5 amostras em pó, NaF, SiC, NH<sub>4</sub>Cl, MgO, Al
- 2 amostras de fios, Al, Nb (cada um 3 x) para a análise de Debye-Scherrer
- 10 fios de polietileno
- 1 disco para o cálculo do ângulo de incidência de Bragg

4. Acessórios para radiografia 1000667  
Os acessórios para radiografia permitem a realização de experiências, entre outras, nas seguintes áreas temáticas: propagação, absorção, dependência da tensão de aceleração ou da corrente de emissão e da capacidade de penetração, resolução, blindagem, espessura de meio-valor, tempo de exposição à luz, teste sem destruição da matéria-prima.  
Fornecimento:  
1 cruz de malta  
1 fantasma  
1 diafragma  
1 revestimento de alumínio, escalonado  
5 absorventes de alumínio, 0,1 / 0,25 / 0,5 / 1,0 / 2,0 mm  
1 absorvente de chumbo, 0,5 mm  
1 absorvente de matéria plástica  
2 Ímãs  
4 modelos de teste de materiais (porosidade, fenda, ponto de soldadura, pintura)
5. Filmpack 2 1000669  
O Filmpack 2 contém filme de alta sensibilidade (formato de 38 mm x 35 mm) para radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e X. O pacote individual em recipientes de material plástico à prova de luz possibilita a revelação e a fixação sob a luz do dia.  
Fornecimento:  
20 lâminas de filme de 38 mm x 35 mm em embalagens à prova de luz  
1 garrafa de revelador para filme raio X  
1 garrafa de fixador para filme raio X  
1 seringa com cânula para o enchimento do material químico nos recipientes do filme  
1 kit de grampos de metal
6. Filmpack 4 1000670  
Como o Filmpack 2, porém  
12 lâminas de filme de 150 mm x 12 mm em embalagens à prova de luz para câmara de Debye-Scherrer.
7. Acionamento a motor (@230 V) 1019216  
O acionamento a motor serve para análises estruturais de acordo com o método do cristal rotativo em associação com a câmara de Debye-Scherrer (contida em 1000665).  
Conexão a rede elétrica: 230 V, 50/60 Hz  
Recepção de potência: 3 VA  
Para operação é recomendável uma tensão de alimentação na rede elétrica de 100 – 120 V:  
Transformador de tensão 120 V / 230 V 1003649
8. Câmara de ionização 1000668  
A câmara de ionização serve para a pesquisa com ionização do ar e de outros gases em pressão variada através da irradiação por raios X (característica de saturação, modelo de um contador Geiger-Müller, dosimetria).  
Tensão de funcionamento: Máx. 2 kV  
Corrente de ionização:  $10^{-11}$  até  $10^{-10}$  A  
Elétrodo em bastão: 75 mm de comp.  
Câmara: 85 x 25 mm Ø  
Tubo condutor: 5 mm Ø
9. Tubo contador Geiger-Müller 1000661  
O contador Geiger-Müller é um tubo contador de halogênio de extinção espontânea para o registro de irradiações  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e X..  
Faixa de dosagem recomendada:  $10^{-3}$  a  $10^2$  mGy/h  
Conteúdo de massa da superfície ativa: Mica: 2,0 até 3,0 mg/cm<sup>2</sup>  
Tensão de trabalho: 500 V  
Comprimento do cabo: 1 m  
Dimensões: 50 x 50 x 22 mm Ø
10. Conjunto básico Bragg 1008508  
Equipamento básico para a experiência de reflexão com um cristal LiF e um de NaCl.  
Fornecimento:  
1 colimador-diafragma de fenda, 1 mm  
2 diafragmas de fenda, 1 mm / 3 mm  
2 monocristais, LiF, NaCl  
1 contador Geiger-Müller (1000661)
11. Bragg Driver (acionador Bragg) 1012871  
O driver Bragg é uma combinação de hardware e software que permite ao usuário de coletar dados de difrações de raios X. Ele providencia a alta voltagem e circuito contador do tubo de Geiger Müller (1000661) e inclui um programa de software que permite ao usuário de controlar o driver e de coletar os dados.  
Intervalo de tempo: 30 s  
Alcance angular: 12° – 120°  
Tempo por passo:  $\geq 0.1$  s  
Passo angular:  $\geq 0.05^\circ$   
Voltagem do tubo GM: 0 – 1000 V

## 8. Utilização

### 8.1 Controle dos dispositivos que servem à proteção contra radiação

Antes de qualquer utilização, controlar a integridade da armação do aparelho de raios X, do tampo de proteção, controlar se há danos nos diferentes elementos de segurança que garantem a proteção contra radiação. O controle deve ser efetuado na seqüência dos passos de verificação. Em caso de disfunção, o aparelho sempre deve ser imediatamente desligado da rede elétrica. Caso o problema não possa ser resolvido seguindo os conselhos do parágrafo 10, o aparelho deve ser enviado ao fabricante para conserto. Se o controle de segurança for bem sucedido, então o aparelho pode ser utilizado.

- Controlar a integridade do tampo de proteção.
- Verificar a firmeza da placa de isolamento com aviso de perigo de radiação.
- Controlar a integridade dos botões de fecho do tampo de proteção.
- Verificar a firmeza e controlar a integridade da cúpula de vidro de chumbo e do colimador de latão.
- Controlar a operatividade da lâmpada de controle de rede: para tal, fechar o tampo de proteção, ligar o aparelho à rede elétrica, ajustar o tempo no timer, acionar o comutador de chave. A lâmpada de controle de rede deve estar acesa. A lâmpada de controle de alta-tensão não deve estar acesa.
- Controlar a funcionalidade do timer: para tal, acionar o comutador de chave e ajustar o tempo.
- Controlar o relê do timer: para tal, ajustar o timer em zero. A lâmpada de controle de rede não deve estar acesa com o comutador de rede ligado.
- Controlar a funcionalidade da lâmpada de controle de alta tensão: para tal, ajustar o tempo no relógio temporizador com o capô de cobertura fechado (pino de fechamento na posição mediana) e acionar o comutador de fecho. A lâmpada de controle de alta tensão não deve ainda brilhar. Ligar a alta tensão por meio do botão mediano. A lâmpada de controle e o anel luminoso do botão devem brilhar.
- Verificar a função comutadora dos elementos de segurança na quebradiça do capô: para tal, deslocar o capô lateralmente com a alta tensão ligada, sem abri-lo, portanto, o pino de fechamento permanece numa extremidade da fenda em forma de altere. A alta tensão, e portanto, a lâmpada de controle de alta tensão assim como o anel luminoso devem se desligar.

### 8.2 Iniciar a operação do aparelho de raio X

#### 8.2.1 Abertura, fechamento e trancamento do tampo de proteção.

- Para abrir o tampo de proteção, deslocá-lo lateralmente para o lado onde se encontra o braço de medição, e logo levantá-lo.
- Para fechar o tampo de proteção, inserir os botões de fecho na extremidade da fenda em forma de haltere que se encontra do lado do braço de medição.
- Deslocar o tampo de proteção lateralmente de modo que o botão de fecho encaixe de modo audível na posição mediana.

O tampo de proteção está agora seguro contra uma abertura direta. A alta-tensão pode agora ser ligada.

#### 8.2.2 Ligar o aparelho de raios X

- Ajustar o tempo desejado no timer.
- Ligar o aparelho de raios X com o comutador de chave.

A lâmpada de controle se acende. Tendo transcorrido o tempo previamente ajustado no timer o aparelho desliga-se.

#### 8.2.3 Fechar o capô de cobertura e ligar a alta tensão

- Após ligar a tensão de rede, selecionar a alta-tensão desejada  $U = 20 \text{ kV}/30 \text{ kV}$  por meio do comutador deslizante.
- Fechar o tampo de proteção e trancar na posição mediana do botão de fecho.
- Acionar a tecla de alta-tensão.

A lâmpada de controle de alta tensão e o anel luminoso do botão se acendem e é produzida radiação X.

- Comprovar a presença de radiação X por meio da tela luminescente, da câmara de ionização ou com o tubo contador Geiger-Müller.

#### 8.2.4 Ajuste e medição da corrente de emissão

- Conectar um voltímetro com uma faixa de medição de 10 V DC por meio de um cabo adaptador no conector de fecho.
- Com uma chave de fenda ajustar a corrente de emissão desejada girando no potenciômetro de parafuso.

É válida a seguinte relação:

$$I_A [\mu\text{A}] = U_A [\text{V}] / 10^5 [\text{Ohm}]$$

Assim, é indicada no voltímetro uma corrente de tubo de, por exemplo, 80  $\mu\text{A}$  como tensão contínua de 8 V.

#### 8.2.5 Desligar a alta tensão e abrir o capô de cobertura

- Acionar o botão de alta tensão, aguardar o retardo de segurança da abertura do capô e deslocar o capô lateralmente.



### 8.2.6 Suporte de amostras

Os monocristais (NaCl, LiF, etc.) podem ser fixados no suporte de amostras (veja figura 5). O arco tensor e o apoio podem ser retirados soltando o parafuso.

- Fixar o monocristal no suporte de amostras por meio do arco tensor e assim definir o ângulo do cristal. O lado rugoso do cristal deve estar virado para o aparelho de raios X.
- Ler o ângulo  $\theta$  entre o suporte de amostra e o eixo do feixe na escala angular para suporte de amostras.

### 8.2.7 Braço de medição

O braço de medição dispõe de 18 entradas para os acessórios experimentais e aparelhos de registro. O ângulo  $2\theta$  entre o braço de medição e o eixo do feixe é lido na escala angular que se encontra no braço de medição. Para uma medição angular exata utiliza-se a escala do ajuste fino. Para isto

- ajustar o braço de medição no próximo ângulo  $2\theta$  completo.
- Logo, ajustar em 0 o ajuste fino contra a tensão do fio e com o braço de medição segurado.

O braço de medição ainda pode ser alterado em  $\pm 4^\circ$  no ajuste fino.

- Ler o ângulo relativo na escala do ajuste fino (precisão de aproximadamente 5 arcos por minuto).

### 8.2.8 Acoplamento angular 2:1

Durante o registro de um espectro de Bragg, o braço de medição é girado num ângulo dobrado  $2\theta$  e simultaneamente, o suporte de amostras é girado num ângulo  $\theta$ .

- Ajustar o braço de medição e o suporte para amostras exatamente em  $\theta = 0^\circ$ .
- Aparafusar cuidadosamente a placa de impressão.

Ao se mover o braço de medição, agora o suporte de amostra se move junto na proporção de um meio ângulo (veja figura 4).

- Para anular o acoplamento, soltar a placa de impressão em 1 a 2 giros

## 8.3 Trocar o fusível

- Desconectar da tomada elétrica.

### 8.3.1 Fusível de rede elétrica

- Desaparafusar o suporte de fusível para tensão de rede que se encontra na base do aparelho.
- Colocar o novo fusível com valor correto.
- Aparafusar o suporte de fusível.

### 8.3.2 Fusível de alta-tensão

- Desaparafusar o suporte de fusível para alta-tensão na base do aparelho.
- Colocar o novo fusível com valor correto.
- Aparafusar o suporte de fusível.

## 8.4 Trocar a lâmpada

- Desligar a tomada da rede elétrica.
- Desaparafusar a tampa de plástico da lâmpada de controle de rede ou de alta-tensão.
- Substituir a lâmpada por uma nova com a ajuda de um curto pedaço de mangueira de plástico girando e retirando-a .

Lâmpada de controle da tensão de rede:

6 V / 0,05 A

Lâmpada de controle da alta-tensão: 6 V / 0,1 A

- Aparafusar a tampa novamente.

## 8.5 Ajuste do tubo de raios X

O aparelho de raios X é entregue com o ajuste do tubo de raios X previamente efetuado em fábrica. Por isso, um ajuste posterior não costuma ser necessário. Porém, durante o transporte pode ocorrer um desajuste, exigindo um reajuste do tubo.

### 8.5.1 Ajuste de altura do tubo de raios X

- Instalar o tubo contador nos entalhos 17 e 20 do braço de medição e inclina-lo na posição de  $0^\circ$ .
- Instalar o diafragma de fenda de 1 mm (de 1000665) no entalho 13 na horizontal.
- Colocar o diafragma de orifício de 1 mm  $\varnothing$  (de 1000665) no colimador de latão da cúpula de vidro de chumbo.
- Ligar o aparelho de raios X e selecionar a alta-tensão de 20 kV.
- Ajustar a corrente de emissão de modo que o tubo contador conte aproximadamente 200 a 400 impulsos/segundo (veja 8.2.4).
- Retirar as tampinhas de borracha das costas do aparelho e por meio dos parafusos agora visíveis alterar a altura do aparelho de modo que este atinja o índice máximo de contagem.
- Recolocar as tampinhas de borracha.

### 8.5.2 Ajuste lateral do tubo de raios X

- Desligar o aparelho de raios X e abrir o tampo de proteção.
- Instalar o diafragma de fenda de 1 mm (de 1000665) no entalho 30 na vertical.
- Fixar o colimador de diafragma de fenda de 1 mm (de 1000665) na vertical no colimador de latão da cúpula de vidro de chumbo.

- Retirar o arco tensor do suporte de amostras e colocar a varinha de vidro (de 1000665) no suporte para amostras por meio de uma pinça de montagem (veja figura 5).
- Ligar a tensão de rede.
- Apontar o tubo de raios X através das duas fendas. A varinha de vidro deve se encontrar no meio do reflexo catódico sobre o ânodo.
- Caso este não se encontre nesta posição, girar a cúpula de vidro de chumbo ligeiramente num pequeno ângulo. Para isto, soltar os parafusos de fixação.
- Retirar a varinha de vidro e a pinça de montagem.
- Para efetuar o ajuste fino fixar o minicristal LiF no suporte para amostras.
- Levantar o braço de medição e o suporte para amostras na posição de  $0^\circ$ .
- Efetuar o acoplamento angular 2:1 (veja 8.2.8).
- Ajustar o braço de medição no ângulo de  $2\theta = 45^\circ$ . Ao fazê-lo, selecionar o lado do goniômetro de modo que o feixe incidente e o refletido se encontrem no lado inclinado do suporte para amostras (veja também figura 5).
- Ajustar a alta-tensão em 30 kV, fechar o tampo de proteção e ligar a alta-tensão.
- Procurar o reflexo Cu- $K_\alpha$  (valor teórico para o LiF =  $44^\circ 56'$ ). O valor medido deve coincidir dentro de uma margem de  $30'$  com o valor teórico.
- Se o valor medido não se encontra dentro dessa margem de tolerância, verificar e repetir os passos anteriores.
- Se o valor medido continuar fora da margem de tolerância, ajustar o braço de medição no valor médio entre o valor medido e o valor teórico.
- Retirar as tampinhas de borracha das costas do aparelho e por meio dos parafusos agora visíveis alterar a inclinação do aparelho de modo que este atinja o índice máximo de contagem.
- Procurar o reflexo máximo com o braço de medição. Caso necessário, reajustar tantas vezes for necessário para se obter uma margem de diferença de  $30'$  entre valor medido e valor teórico.

## 9. Instruções de uso para os acessórios

### 9.1 Montagem dos colimadores (de 1000665)

Os colimadores servem para reduzir a divergência do feixe.

- Inserir um dos colimadores diretamente no colimador de latão da cúpula de vidro de chumbo.

### 9.2 Montagem de fendas e outros objetos experimentais em formato de slide no braço de medição

- Colocar o objeto experimental em forma de slide desejado no entalho do braço de medição e fixar com a pinça de mola.

### 9.3 Câmara de ionização (1000668)

- Montar a câmara de ionização conforme a fig. 6.

Para o estudo do efeito ionizante dos raios X sob pressão normal serve a tampa da câmara com abertura grande, em caso de pressão baixa (princípio do contador de Geiger-Müller) serve então a conexão de evacuação.

- Dirigir as entradas de tensão para o exterior dirigindo-as para fora do espaço experimental da experiência. Equipar os cabos de conexão para a experiência com os conectores incluídos no fornecimento.
- Colocar a câmara de ionização no braço de medição (veja fig. 2).

### 9.4 Tubo contador de Geiger-Müller (1000661)

- Colocar o suporte para tubo contador no quadro para slides no braço de medição e fixar com a pinça de mola (veja fig. 3)

### 9.5 Revólver para folhas de propagação (de 1000665)

O revólver para folhas de propagação contém 8 folhas de diferentes metais que podem ser colocadas no feixe de raios por comando remoto. Numa janela na parte traseira do revólver são exibidos símbolos dos elementos .

- Retirar o arco tensor do suporte para amostras (veja figura 9).
- Colocar o revólver para folhas de propagação com a depressão em forma de meia-lua no suporte para amostras.
- Aparafusar o disparador a distância no revólver para folhas de propagação e verificar a sua funcionalidade.
- Colocar o disparador a distância debaixo do tampo de proteção.

## 9.6 Câmera de Debye-Scherrer (de 1000665) e acionamento a motor (1019216)

A câmera de Debye-Scherrer é constituída de três partes: armação, tampa e arco tensor com roda cônica (veja figura 7). Em associação com o acionamento a motor podem ser realizadas, por exemplo, imagens de cristais em rotação.

- Retirar o arco tensor do suporte para amostras, colocar o braço de medição em  $2\theta = 90^\circ$  e o suporte para amostras em  $\theta = 90^\circ$ . Ao fazê-lo, prestar atenção para que o lado liso do suporte esteja virado para o tubo de raios X.
- Fixar o colimador de 1 mm no colimador de latão da cúpula de vidro de chumbo.
- Posicionar a armação da câmera de Debye-Scherrer entre a cúpula de vidro de chumbo e o suporte para amostras a título de teste (veja figura 7). Caso a câmera não encaixe exatamente, esta pode ser fixada graças ao parafuso na base da câmera.
- Carregar a câmera na câmara escura com filme de raio X do Filmpack 4 (1000670). Colocar o filme de forma bem colada na parede do cilindro.
- Para imagens com o cristal rotativo colocar adicionalmente um filme do Filmpack 2 (1000669) no fundo da câmera.
- Fixar a amostra no revestimento espetável do suporte para amostras, fechar a tampa da câmera e colocar o arco tensor com a amostra tensa na câmera.
- Colocar a câmera no suporte para amostras.
- Caso necessário, instalar o acionamento a motor (1019216) como indicado na figura 8. Para tal, conectar o seu conector no conector de 4 mm. Ao fazê-lo, controlar o funcionamento correto das engrenagens cônicas. Por meio da chave inbus incluída no fornecimento é possível alterar a posição das engrenagens cônicas do motor no seu eixo.

## 9.7 Filmes para raios X (1000669/1000670)

### 9.7.1 Revelação

- Antes de introduzir líquido na seringa, puxar o pistão em 1 ml para cima de modo que o ar se encontre sobre o líquido. Assim fica garantido que todo o líquido irá da seringa e da cânula para o saco de filme ao ser injetado.
- Inserir a cânula em um dos orifícios ao lado do aviso impresso no saco de filme e injetar o revelador.

Deve-se garantir que ambos lados do filme sejam embebidos de revelador e que o revelador esteja bem distribuído no saco de filme durante toda a duração da revelação.

- Para isto, exercer uma leve pressão com os dedos indicador e polegar sobre o saco de filme.
- Injetar o fixador no saco de filme após terminado o tempo de revelação sem antes retirar o revelador.

Revelação	Revelador	Fixador
Tempo	1½ min.	4 min.
Filmpack 2	2½ ml	3½ ml
Filmpack 4	3½ ml	5 ml

### 9.7.2 Retirada do filme

- Depois de revelar o filme, cortar ângulo do saco de filme com uma tesoura e expulsar o líquido do saco com uma leve pressão.
- Logo, cortar uma extremidade do saco e retirar o filme do saco com a pinça metálica.
- Lavar o filme com água corrente durante alguns minutos antes de visioná-lo.

Se o filme tiver que ser arquivado, ele deve ser fixado durante mais 10 minutos e ser lavado durante 30 minutos na água corrente. Um fixador comum ou sem endurecedor pode ser utilizado para este fim.

### 9.7.3 Armazenamento dos produtos químicos

Enquanto que o fixador é bastante estável, caso o ar penetrar na garrafa de fixador, este pode via se decompor.

- Transferir o revelador que se encontre numa garrafa maior e já parcialmente vazia para uma garrafa menor para um armazenamento mais prolongado. Assim ele ficará mais tempo utilizável.
- Ao fechar uma garrafa de revelador, levar o nível de líquido até a beira do recipiente apertando cuidadosamente a garrafa de forma a deixar o mínimo de ar possível por cima do líquido dentro da garrafa fechada.
- Observar as diretivas locais ao despejar os produtos químicos.

### 9.7.4 Indicações gerais

Ao expor os filmes para raios X, a distância entre o filme e o objeto deve ser mantido o menor possível e a distância entre o filme e a fonte de radiação deve ser a maior possível, em harmonia com um tempo de exposição adequado e o tamanho da fonte de radiação.

O filme também pode ser exposto a radiações Beta e Gamma de uma fonte de baixa energia como existem nas escolas.

Em caso de irradiação com uma grande proporção de raios X "soft", pode ocorrer que a trama do saco de filme fique visível no filme revelado.

Através do fecho hermético no saco de PVC, o filme pode apresentar marcas de pressão nas pontas e beiras. Após a revelação, estas beiras do filme podem estar fortemente escurcidas.

### 10 Indicações para eliminação de erros

Erro	Causa possível	Solução
A lâmpada de controle de rede não funciona, apesar de ter sido verificada a conexão com a rede	<p>O timer está em 0</p> <p>O fusível de rede está defeituoso</p> <p>O fusível de alta-tensão está defeituoso</p> <p>A lâmpada indicadora está defeituosa</p> <p>Outras causas</p>	<p>Ajustar o tempo no timer</p> <p>Trocar fusível (veja parágrafo 8.3)</p> <p>Trocar fusível (veja parágrafo 8.3)</p> <p>Trocar lâmpada (veja parágrafo 8.4)</p> <p>O aparelho deve ser levado para verificação pelo fabricante</p>
Aquecedor catódico não incandesce com alta tensão ligada e tubo pré-selecionado > 0 $\mu$ A não incandesce mesmo com a lâmpada de controle acesa	<p>Cátodo defeituoso</p> <p>Circuito regulador do aquecimento defeituoso</p>	O aparelho deve ser levado para verificação pelo fabricante
Lâmpada de controle de alta-tensão não funciona mesmo com a lâmpada de controle de rede funcionando	<p>Circuito de segurança</p> <p>Lâmpada indicadora defeituosa</p> <p>Outras causas</p>	<p>Controlar os circuitos de segurança conforme o parágrafo 8.1, em particular a tranca da cúpula de vidro de chumbo, tranca e assento do tampo de proteção</p> <p>Trocar a lâmpada (veja parágrafo 8.4)</p> <p>Aparelho deve ser verificado pelo fabricante</p>
A alta-tensão craqueja logo após ser ligada	Umidade sob a cúpula de vidro de chumbo	Soltar a cúpula de vidro de chumbo e retirá-la esfregar com um pano seco, recolocar e trancar
O cátodo ascende fortemente por um curto instante ao desligar a alta-tensão („After-flash“)	Não é um erro, serve para a descarga dos componentes de alta tensão	
Não há radiação X, apesar da alta-tensão estar ligada	<p>O cátodo não incandesce</p> <p>Corrente de emissão muito fraca</p> <p>Corrente de emissão ausente</p> <p>O colimador ou semelhante se encontra no percurso do feixe</p> <p>O tubo de raio X está desajustado</p>	<p>O aparelho deve ser levado para verificação pelo fabricante. Cuidado: a alta-tensão permanece durante várias horas após desligar o tubo!</p> <p>Ajustar a corrente de emissão (veja parágrafo 8.2.4)</p> <p>O aparelho deve ser levado para verificação pelo fabricante</p> <p>Controlar a montagem da experiência</p> <p>Ajustar o tubo de raio X (veja parágrafo 8.5)</p>

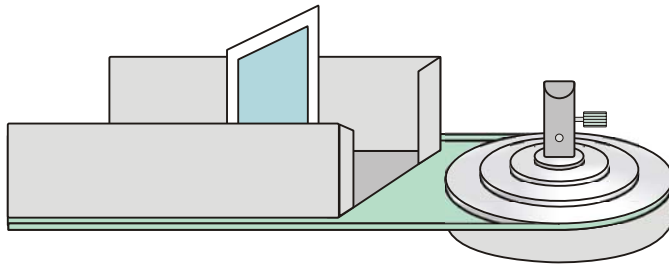


Fig. 1 Montagem da tela luminescente no braço de medição

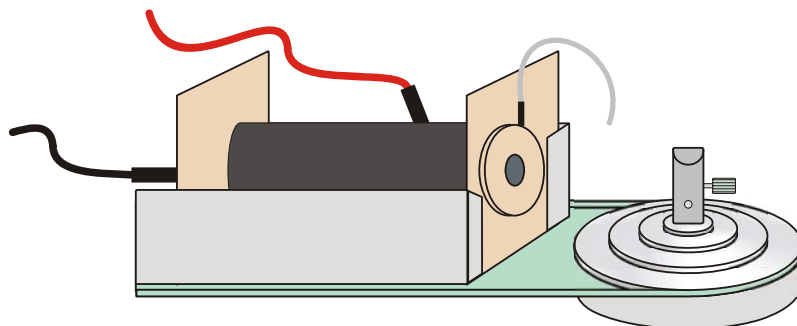
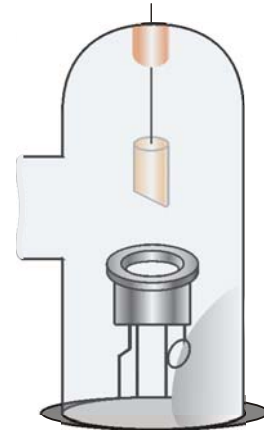


Fig. 2 Montagem da câmara de ionização no braço de medição

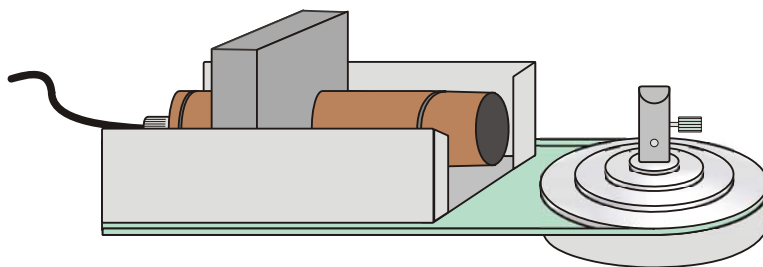
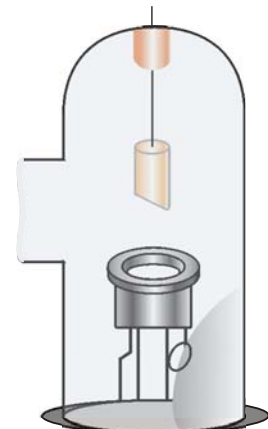
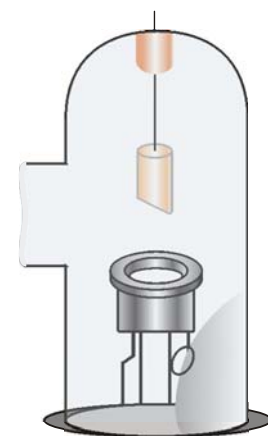


Fig. 3 Montagem do contador Geiger-Müller no braço de medição



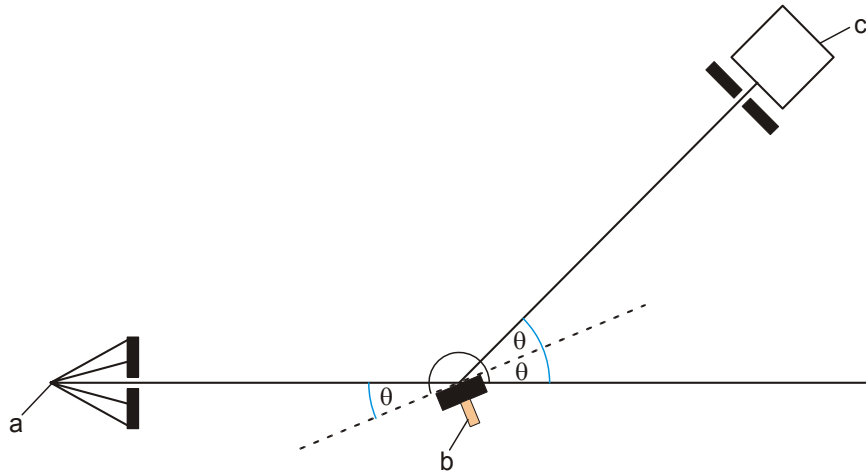


Fig. 4 Geometria da reflexão de Bragg (a tubo de raio X, b monocristal, c tubo contador)

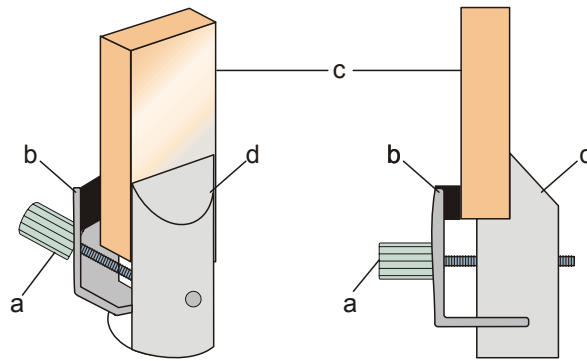


Fig. 5 Montagem do cristal no suporte para amostras (a parafuso, b ao tensor, c cristal, d parte fixa do suporte para amostras)

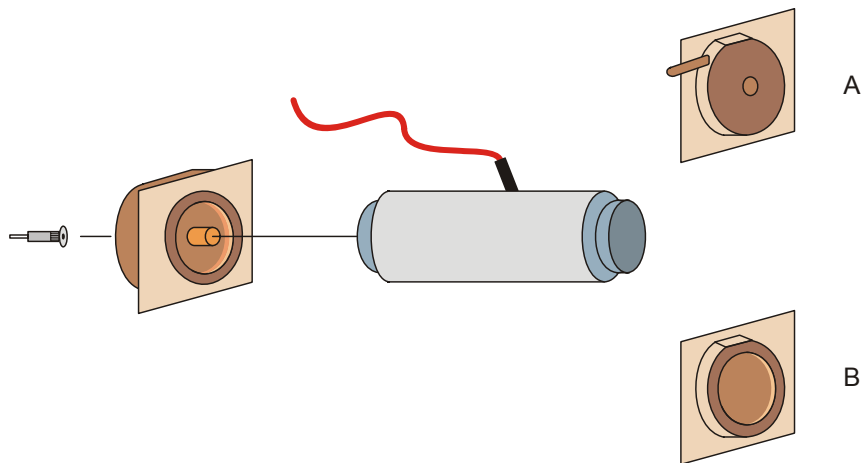


Fig. 6 Montagem da câmara de ionização (A para pressão baixa, B para pressão atmosférica normal)



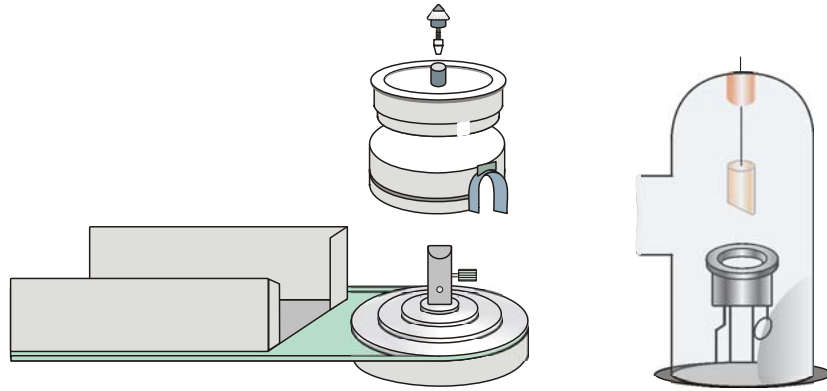


Fig. 7 Montagem da câmara de Debye-Scherrer

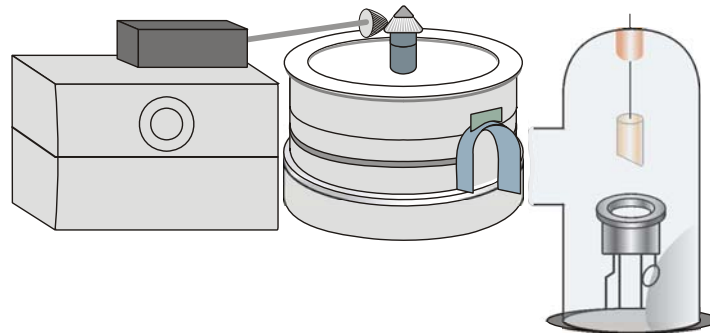


Fig. 8 Câmera de Debye-Scherrer com acionamento a motor

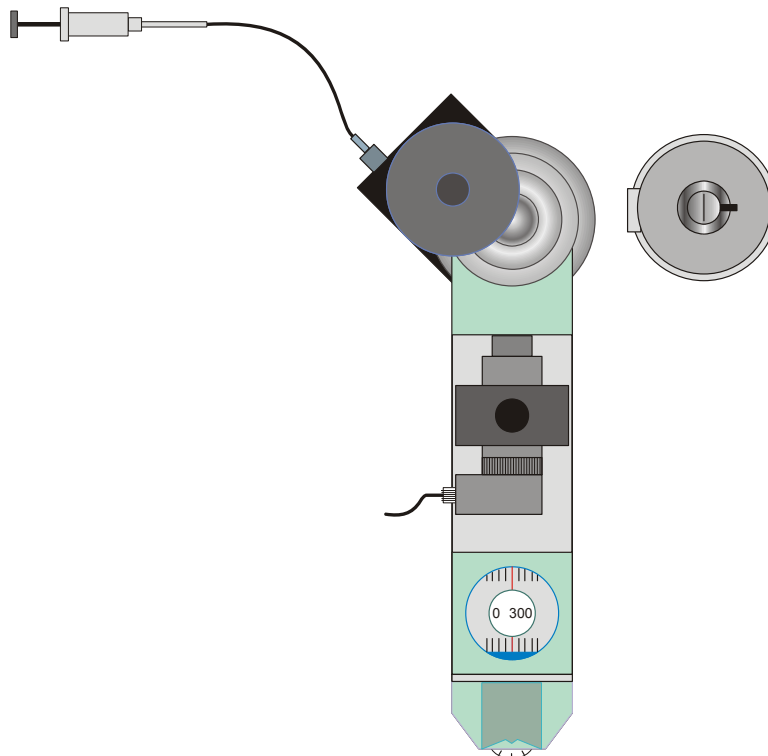


Fig. 9 Montagem do revólver de folhas de propagação

