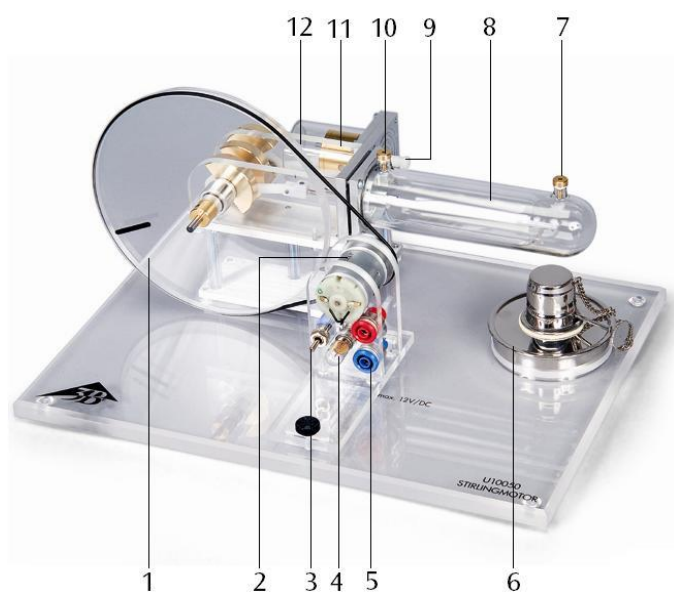


## Motor Stirling G 1002594

### Manual de instruções

11/15 ALF



- 1 Disco de atuação com marcas para determinar o número de rotações
- 2 Unidade motor-gerador com disco de atuação para as correias de dois níveis
- 3 Interruptor
- 4 Lâmpada incandescente
- 5 Tomada de segurança de 4 mm
- 6 Aquecedor à álcool
- 7 Dispositivo de medição de temperatura 1
- 8 Êmbolo de propulsão (pistão)
- 9 Abertura de conexão da mangueira com tampa para medição da pressão
- 10 Dispositivo de medição de temperatura 2
- 11 Êmbolo de transmissão
- 12 Eixo de engrenagem M3 (associado ao êmbolo de transmissão)

### 1. Indicações de segurança

- Verter cuidadosamente o álcool caseiro no aquecedor a álcool, ao fazê-lo, prestar atenção para não verter combustível fora do recipiente.
  - Nunca preencha o aquecedor com álcool enquanto o pavio ainda estiver aceso ou outra chama aberta se encontre na proximidade.
  - Feche a garrafa de álcool imediatamente após a sua utilização.
  - Não colocar a mão na chama acesa.
  - Cuidado! Só apagar a chama com a tampa fixada.
- O motor Stirling se aquece durante seu funcionamento com a chama acesa (aberta).
- Nunca toque o cilindro de propulsão durante ou logo após o funcionamento do motor de Stirling.
  - Deixar o motor Stirling esfriar antes de removê-lo.

### 2. Descrição

O motor Stirling permite a verificação qualitativa e quantitativa do processo circular Stirling. Ele pode ser operado em 3 modos diferentes: como máquina de calor, como bomba a vapor ou como máquina de frio.

O cilindro de propulsão e o êmbolo de propulsão são feitos de vidro resistente ao calor, enquanto o cilindro de trabalho, o volante de inércia e as proteções das engrenagens são de acrílico transparente. Assim, cada processo mecânico pode ser observado de forma ideal em todo momento. As manivelas estão equipadas de rolamentos e são feitas de aço temperado. As bielas estão fabricadas de matéria plástica resistente ao desgaste.

A unidade motor-gerador com o disco de atuação de dois níveis torna possível a transformação da energia mecânica produzida em energia elétrica. Com a possibilidade de alternar entre a alimentação de uma lâmpada instalada, assim como a alimentação de cargas externas ou o fornecimento elétrico para o funcionamento como bomba de calor ou máquina de frio.

Fixando-se o fio, contido no volume de fornecimento, na vareta de rosca da coroa de trabalho, é possível medir o percurso do êmbolo.

### 3. Dados técnicos

Unidade motor-gerador: máx. 12 V DC

Disco de propulsão de

dois níveis: 30 mm Ø, 19 mm Ø

Êmbolo de transmissão: 25 mm Ø

Tamanho da coroa

de trabalho: 24 mm

Variação no volume:  $24 \text{ mm} \left( \frac{25 \text{ mm}}{2} \right) \cdot \pi = 12 \text{ cm}^3$

Volume mínimo: 32 cm<sup>3</sup>

Volume máximo: 44 cm<sup>3</sup>

Desempenho do

motor de Stirling: aprox. 1 W

Dimensões: aprox. 300x220x160 mm<sup>3</sup>

Massa: aprox. 1,65 kg

### 4. Esquema do modo de funcionamento

O ciclo de Stirling ideal ocorre em 4 tempos (vide fig. 1):

1º tempo: fase de expansão: transformação isotérmica, o ar expande-se a temperatura constante

2º tempo: transformação isocórica, o ar esfria-se no regenerador mantendo um volume constante

3º tempo: fase de compressão: transformação isotérmica, o ar é comprimido de forma isoterma

4º tempo: transformação isocórica, o ar que se encontra no regenerador volta a ser aquecido até a temperatura inicial

No motor de Stirling este processo ideal é realizado somente de forma aproximada, devido que os quatro tempos se sobrepõem. Já durante a expansão efetua-se uma mudança do gás, de quente para frio e durante a fase de compressão a totalidade do ar ainda não se encontra na parte fria do motor.

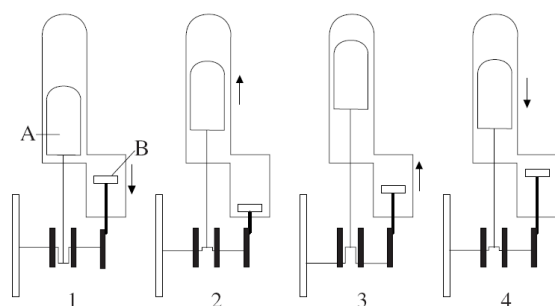


Fig. 1 Esquema do modo de funcionamento (A: Êmbolo de propulsão, B: Êmbolo de transmissão)

### 5. Utilização

#### 5.1 O motor Stirling como máquina de produção de calor

- Encher o bico de Bunsen, inseri-lo na cavidade da placa de base, aumentar o pavio em cerca de 1 a 2 mm e acender.
- Ajustar a coroa de deslocamento na posição mínima e após um curto período de aquecimento (cerca de 1 a 2 Minutos) colocar a roda de acionamento em movimento através de um leve impulso no sentido horário (do ponto de vista unidade motor-gerador) (vide fig. 2).
- Ajustar (eventualmente a tração da correia de acionamento através de deslocamento da unidade motor-gerador).
- Funcionar a lâmpada através da chave de comutação “em cima”.
- No caso de carga externa, alternativamente, conectar as buchas de 4 mm e funcionar com a chave de comutação “em baixo”.

Número de rotações sem

carga: aprox. 1000 r/min

Número de rotações

com o gerador a carga: aprox. 650 r/min

Tensão do gerador: aprox. 6 V DC

Diferença de pressão: +250 hPa/-150 hPa

#### 5.2 O motor Stirling como bomba de calor ou máquina de resfriamento

Exige-se adicionalmente:

1 Fonte de alimentação DC, 20 V, 5 A @ 230 V  
1003312

ou

1 Fonte de alimentação DC, 20 V, 5 A @ 115 V  
1003311

Termômetro digital 1002794

- Ajustar os sensores de temperatura nos dispositivos de medição de temperatura e conectar a um equipamento de medição (vide fig. 3).
- Conectar a fonte de alimentação às buchas de 4-mm.
- Ajustar para máximo 12 V e funcionar o motor Stirling através da chave de comutação “em baixo”.
- Observar o aumento de temperatura, ou a respectiva diminuição.

No modo máquina de resfriamento a roda de acionamento gira em sentido horário (do ponto de vista unidade motor-gerador), no modo bomba de calor, no sentido anti-horário.

- Para se proceder o troca do modo de funcionamento, inverter o pólo do cabo de conexão.

Diferença de pressão: +250 hPa/-150 hPa  
 Tensão do motor: 9 V  
 Número de rotações: 600 r/min  
 Diferença de temperatura (em relação a 21° C):  
 máquina de frio: -4 K (Reserva: +6 K)  
 bomba de calor: +13 K (Reserva: -1 K)

### 5.3 Desenho do diagrama pressão-volume do motor de Stirling em operação como bomba de calor

Exige-se adicionalmente:

1 Fonte de alimentação DC, 20 V, 5 A @ 230 V  
 1003312

ou

1 Fonte de alimentação DC, 20 V, 5 A @ 115 V  
 1003311

1 3B NETlog™ @ 230 V 1000540

ou

1 3B NETlog™ @ 115 V 1000539

1 3B NETlab™ 1000544

Sensor de pressão relativa ±1000 hPa 1000548

Sensor de distância 1000568

Suporte de sensores para o motor de Stirling G  
 1008500

- Fixar o suporte de sensores na placa base do motor de Stirling.
- Montar em baixo do suporte de sensores o sensor de pressão-volume e o sensor de deslocamento em cima, de tal maneira, que

a cada vez o lado impresso indique para acima.

- Conectar a conexão de mangueira “+” do sensor de pressão relativa e a conexão do cilindro de trabalho do motor Stirling, por meio da mangueira do fornecimento do suporte de sensores (1008500) (vide Fig. 4).
- Aparafusar a porca de capa fixada na corda (do fornecimento do suporte de sensores) sobre a vara com rosca do êmbolo de trabalho, colocar o fio em volta do rolo de corda do sensor de deslocamento e enganchar a mola de rosca na vara de roscas. (Descrição detalhada para a montagem dos sensores sobre o suporte de sensores, vide instruções de operação do suporte de sensores 1008500.)
- Conectar o sensor de pressão na entrada analógica A e sensor de deslocamento na entrada analógica B do 3B NETlog™.
- Conectar a fonte de alimentação às buchas de 4-mm.
- Ajustar para máximo 12 V e funcionar o motor Stirling através da chave de comutação „em baixo“.
- Iniciar o Software 3B NETlab™, chamar a experiência "Stirling Motor G" e registrar o diagrama pressão-volume.

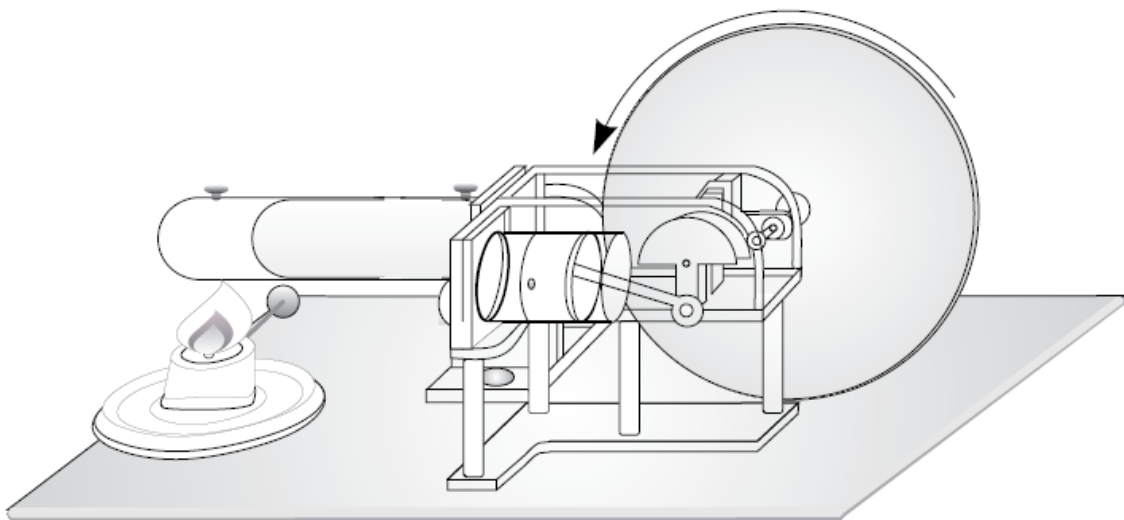


Fig.2 O motor Stirling como máquina de produção de calor

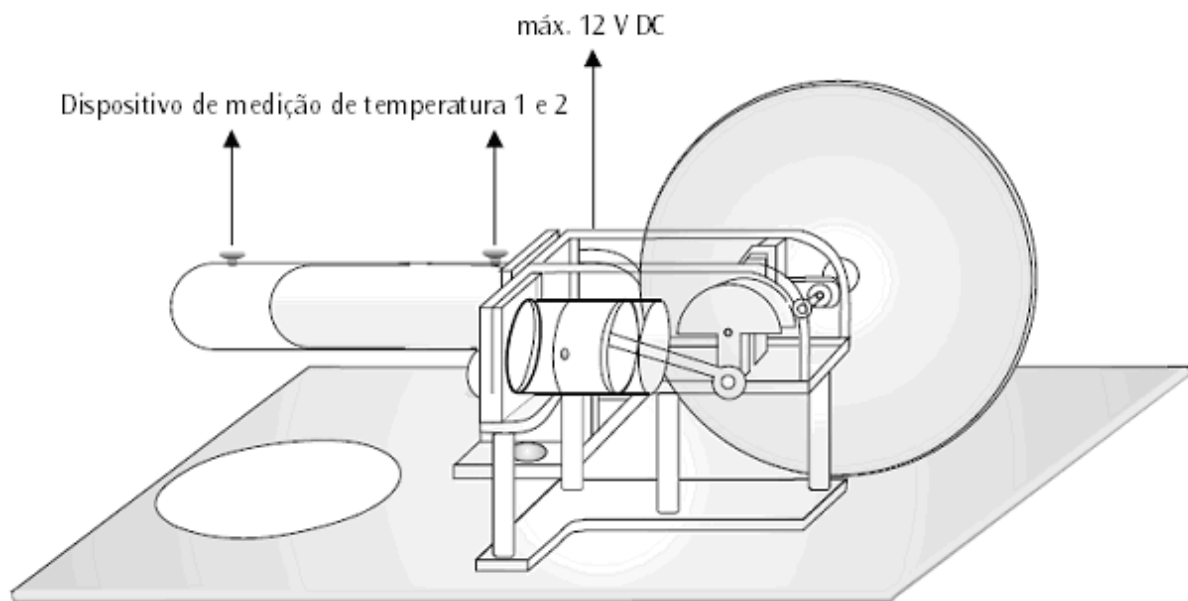


Fig. 3 O motor Stirling como bomba de calor ou máquina de resfriamento

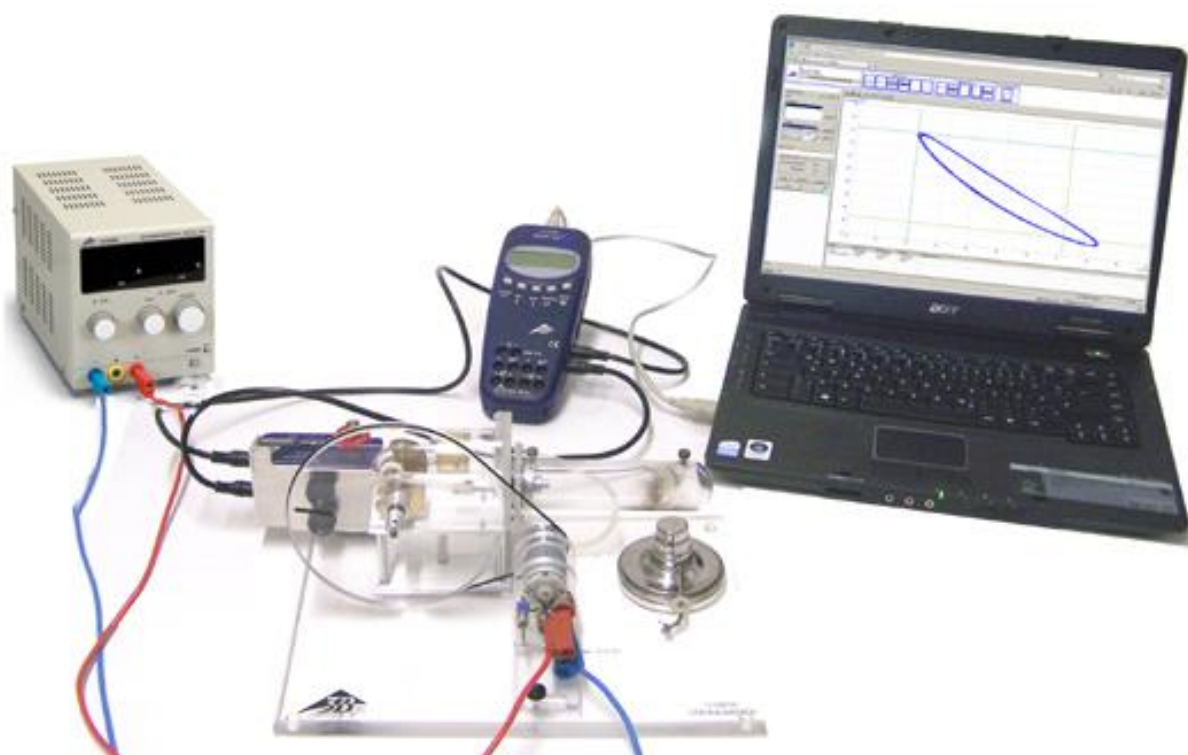


Fig. 4 Desenho do diagrama pressão-volume