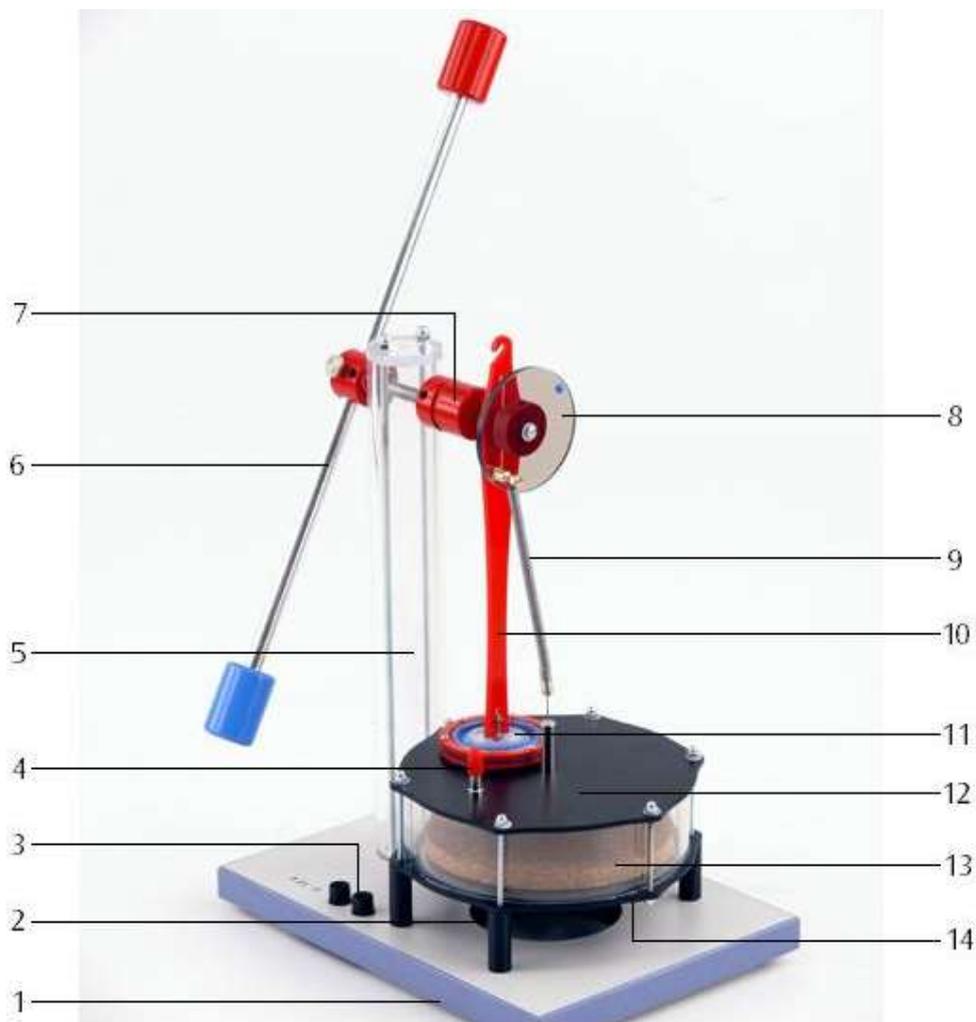


Motor de Stirling D 1000817

Instruções de operação

11/23 THL/ALF/UD



- | | | | |
|---|--|----|---------------------------------------|
| 1 | Placa base | 8 | Disco angular |
| 2 | Abertura para vela de Réchaud | 9 | Mola de tensão |
| 3 | Conexão para placa de aquecimento | 10 | Biela com gancho |
| 4 | Bocal de conexão para mangueira com tampa de fecho | 11 | Pistão de trabalho (Membrana) |
| 5 | Coluna de suporte | 12 | Placa superior |
| 6 | Barra de impulso com massas | 13 | Êmbolo de propulsão |
| 7 | Excêntrico com entalho | 14 | Placa inferior com aquecedor elétrico |

1. Indicações de segurança

Ao trabalhar com chama aberta existe perigo de incêndio e de ferimentos!

- No trato com chama aberta e cera líquida usar cuidado especial.
- O motor de Stirling não pode ser aquecido eletricamente e com a vela de Réchaud ao mesmo tempo. Isto pode levar a danificação do aparelho.
- Na operação do motor de Stirling com Luz de foco ou luz do sol, é imprescindível prestar atenção, que as peças de material plástico vermelho não sejam expostas à irradiação intensa de calor.

2. Descrição

O motor de Stirling D é um modelo funcional otimizado para a demonstração da transformação de energia térmica em energia mecânica, assim como para a análise do processo circular de Stirling.

O êmbolo de propulsão move-se de forma descontinuada com um tempo de pausa durante o aquecimento e durante o resfriamento do meio de trabalho, o ar. Com isto o processo circular de Stirling ideal é ascendido melhor do que fosse o caso do movimento contínuo do pistão e se obtêm um degrau maior de rendimento. O comando do êmbolo de propulsão ocorre por sobre o disco angular. No caso de abastecimento de calor por em baixo através da placa de aquecimento ou da chama da vela o êmbolo de propulsão anda aprox. 100° mais de pressa na frente do pistão de trabalho (diafragma). O ângulo ótimo é dependente de rotações por limite técnico.

Para o fornecimento de calor pode-se escolher entre utilizar uma placa de aquecimento elétrica integrada, uma vela de Réchaud ou o feixe de irradiação do sol, respectivamente, uma lâmpada. Nisto, a direção de giro depende se a o fornecimento de calor vem de cima ou de baixo.

Para a gravação de diagramas pV a medição de pressão no pistão de trabalho pode ser efetivada por médio de um bocal de conexão para mangueira e a determinação do volume através de amarrar um fio no gancho da biela para a medição do curso do pistão de trabalho.

3. Fornecimento

- 1 Motor de Stirling D 1000817
- 1 Conjunto de proteção de transporte (Bloco de espuma, anel de borracha e vara de prender)

4. Acessórios

Conjunto complementar motor de Stirling D (1008516)

O conjunto complementar motor de Stirling D põe à disposição as partes de acessórios, que são necessários para a montagem dos sensores. O conjunto consiste em:

- 1 Placa de colocação para a montagem do sensor de distância (1021534)
- 1 Parafuso serrilhado para fixar da placa de colocação na coluna de suporte
- 1 Haste com pé magnético para o sensor de distância
- 1 Mangueira de silicone para conexão do sensor de pressão relativa (1021532)
- 1 Jogo de fio com ventosa
- 2 Peças de peso com gancho 20 g cada

5. Dados técnicos

Tensão térmica:	8 – 15 V, 1,5 A
Volume de gás:	330 cm ³ – 345 cm ³
Número de giro:	30 – 100 U/min
Dimensões sem a barra de impulso:	260×185×330 mm ³
Barra de impulso:	400 mm
Massa:	2,2 kg

6. Princípio de funcionamento

A maneira em que funciona o motor de Stirling pode ser subdividida, simplificando, nos seguintes quatro tempos:

Fornecimento de calor:

Para o fornecimento de calor o êmbolo de propulsão (P1) se move para cima e desaloja o ar para baixo a área aquecida do cilindro de propulsão. A temperatura e pressão se elevam próximo a isócoro. Enquanto isto, o pistão de trabalho encontra-se no ponto morto inferior (ver ilustr. 1). O êmbolo de propulsão corre na frente do pistão de trabalho e alcança o ponto morto superior. O ar agora tem o menor volume, a maior temperatura e a pressão maior (ver ilustr. 2).

Expansão:

O ar aquecido expande-se para próximo a isotérmico e empurra o pistão de trabalho (P2)

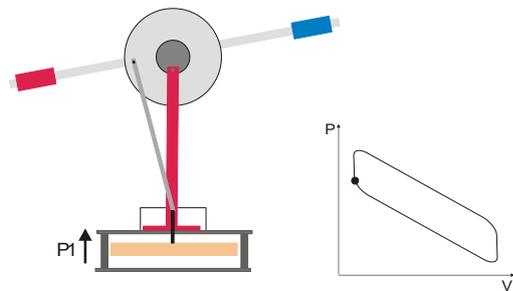


Fig. 1: Fornecimento de calor

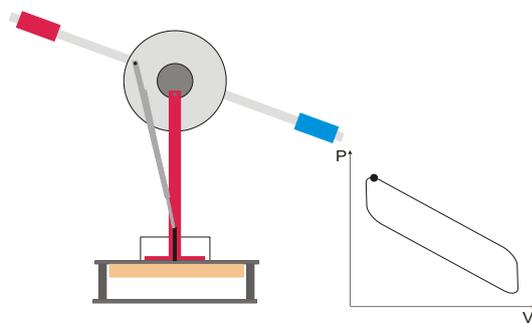


Fig. 2 Fornecimento de calor

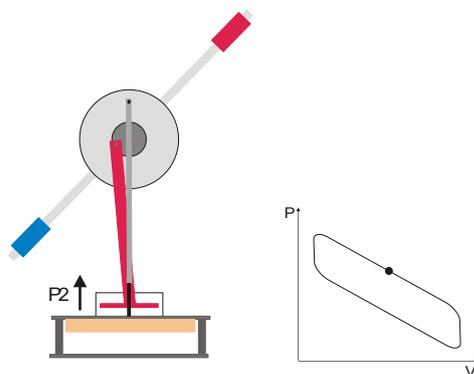


Fig. 3: Expansão

para cima. Nisto, é transferido trabalho mecânico por sobre o virabrequim para a barra de impulso. O volume de ar aumenta, o ar absorve calor e a pressão diminui (ver ilustr. 3).

Entrega de calor:

Na entrega de calor o pistão de trabalho encontra-se no ponto morto superior enquanto o êmbolo de propulsão (P1) se move para baixo e desaloja o ar para a área superior do cilindro de propulsão. O ar é resfriado e a placa superior absorve calor. O êmbolo de propulsão chega ao ponto morto inferior (ver ilustr. 4 e 5).

Compressão:

O ar resfriado é comprimido de forma isotérmica através do pistão de trabalho movendo-se para baixo. O trabalho mecânico para isto é fornecido por meio da barra de impulso (ver fig. 6).

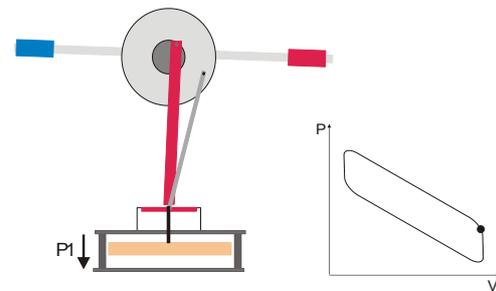


Fig. 4: Entrega de calor

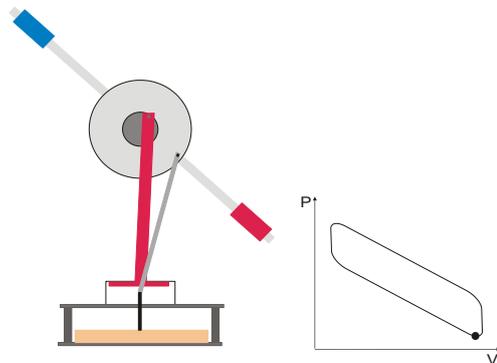


Fig. 5 Entrega de calor

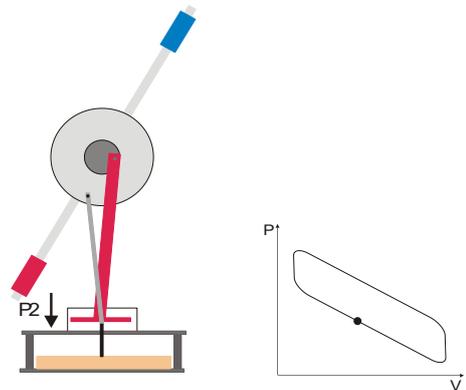


Fig. 6: Compressão

7. Primeira operação



Fig. 7: Motor Stirling em condições protegidas

- Retirar o anel de borracha (3) do gancho de segurança (4) do êmbolo de propulsão e extrair o gancho do bico de conexão para a mangueira.
- Vedar o bico de conexão para a mangueira com a tampa de fecho vermelha (5).
- Retirar o bloco de espuma (2) entre a coluna de suporte e massa de impulso.
- Soltar o parafuso de trava (1), alinhar a barra de impulso no equilíbrio horizontalmente e aparafusar de novo o parafuso de trava.

Com isto o motor está em condições de operar. O transporte do motor somente pode acontecer com o êmbolo de propulsão seguro.

- Para isto, retirar a tampa de fecho do bico de conexão para mangueira, inserir de novo o gancho de segurança e segura-o com o anel de borracha.
- Travar a barra de impulso.

8. Operação

8.1 Operação como motor térmico

8.1.1 Aquecimento elétrico

Para fornecer aquecimento ao motor de Stirling a seguinte fonte de alimentação é recomendável:

- 1 Fonte de alimentação DC @230 V 1003312 ou
- 1 Fonte de alimentação DC @115 V 1003311

- Conectar a fonte de alimentação no par de tomadas e colocar uma tensão térmica de até 12 V (aprox. 1,5 A).
- Após de um tempo de aprox. 1 até 2 minutos de pré-aquecimento empurrar a barra de impulso no sentido de giro horário, visto de frente para o motor.
- Em caso que o motor de Stirling não continua girando por conta própria, repetir o empurrão após de aprox. 1 min.

O número de giros do motor reage próximo a proporcional da temperatura entre placa superior e placa inferior e é por isso consideravelmente dependente do calor fornecido.

- Reduzir a tensão térmica passo a passo até 8 V e observar a redução do número de giros.

8.1.2 Aquecimento com uma chama de vela

- Ascender a vela de Réchaud e coloca-a sobre uma superfície resistente ao calor.
- Colocar o motor de Stirling com a sua abertura centralizada por sobre a vela de Réchaud.
- Aguardar alguns minutos até que a placa inferior tenha-se aquecido.
- Empurrar a barra de impulso em sentido horário visto desde a frente sobre o motor.
- Em caso de que o motor de Stirling não continuar girar por si mesmo, repetir o empurrão após aprox. 1 min.

8.1.3 Aquecimento com uma lâmpada (Luz de foco)

- Iluminar a placa superior do motor de Stirling desde em cima a uma distância de 1 até 2 cm com uma lâmpada incandescente de 60 W com um ângulo de irradiação limitado (spot light). Neste Caso a placa inferior resfria o ar no cilindro de propulsão.
- Alternativamente aquecer a placa superior de luz solar com um feixe concentrado através de um espelho côncavo.
- Esperar aproximadamente de 8 a 10 minutos até que a placa superior tenha-se aquecido.
- Empurrar a barra de impulso contra o sentido horário visto desde a frente sobre o motor.

- Em caso de que o motor de Stirling não continuar girar por si mesmo, repetir o empurrão após algum tempo.

8.2 Gravação do diagrama pV

Para a gravação do diagrama pV são necessários adicionalmente os seguintes aparelhos:

- 1 Conjunto complementar motor de Stirling D 1008516
- 1 Fonte de alimentação DC @230 V 1003312
ou
- 1 Fonte de alimentação DC @115 V 1003311
- 1 Sensor de pressão relativa FW ± 100 hPa 1021532
- 1 Sensor de distância FW 1021534
- 2 Cabos de sensor 1021514
- 1 Data logger
- 1 Software

Mais informações sobre a medição digital podem ser encontradas no site do produto na loja virtual da 3B.

- Conectar o sensor de pressão relativa com a mangueira de silicone ao bico de conexão para mangueira.
- Fixar a placa de suporte com o parafuso serrilhado.
- Aparafusar a haste com pé magnético para dentro do sensor de distância e coloca-o sobre a placa de suporte.
- Soltar os parafusos do sensor de distância. Colocar o fio uma vez em volta do rolo leva-o para fora da abertura e amarrar um laço em volta do parafuso. Fixar o fio com o parafuso (ver ilustr. 8).

- Fixar um dos terminais do fio no gancho da biela, pendurar no outro terminal uma peça de peso.
- Fixar um segundo fio por meio da ventosa sobre a placa de suporte. Colocar o fio sobre o entalho do excêntrico e pendurar a segunda peça de peso no terminal livre.

Esta peça de peso serve como carga e providencia que o diagrama PV tenha um melhor andamento.

- Conectar a fonte de alimentação na placa de aquecimento e ajustar uma tensão até 12 V (aprox. 1,5 A).
- Conectar ambos os sensores ao data logger.
- Iniciar o software.
- Após do tempo de pré-aquecimento dar partida ao motor de Stirling com um empurrão em sentido horário.
- Iniciar a medição. Avaliar os dados.

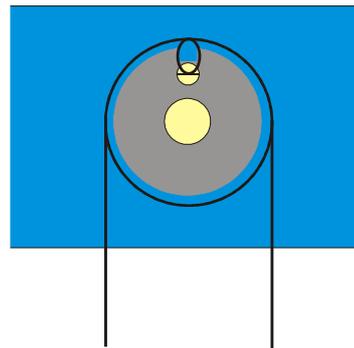


Fig. 8: Representação esquemática da condução do fio em volta do rolo no sensor de distância

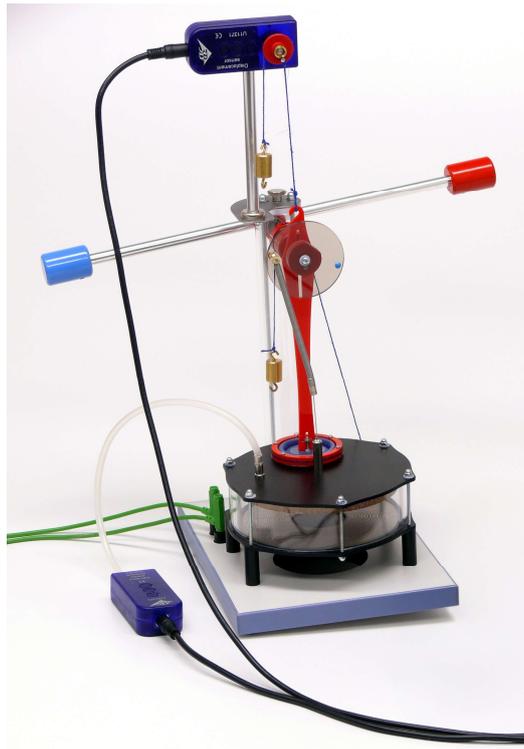


Fig. 9: Motor de Stirling D com sensores instalados para a recepção do diagrama pV

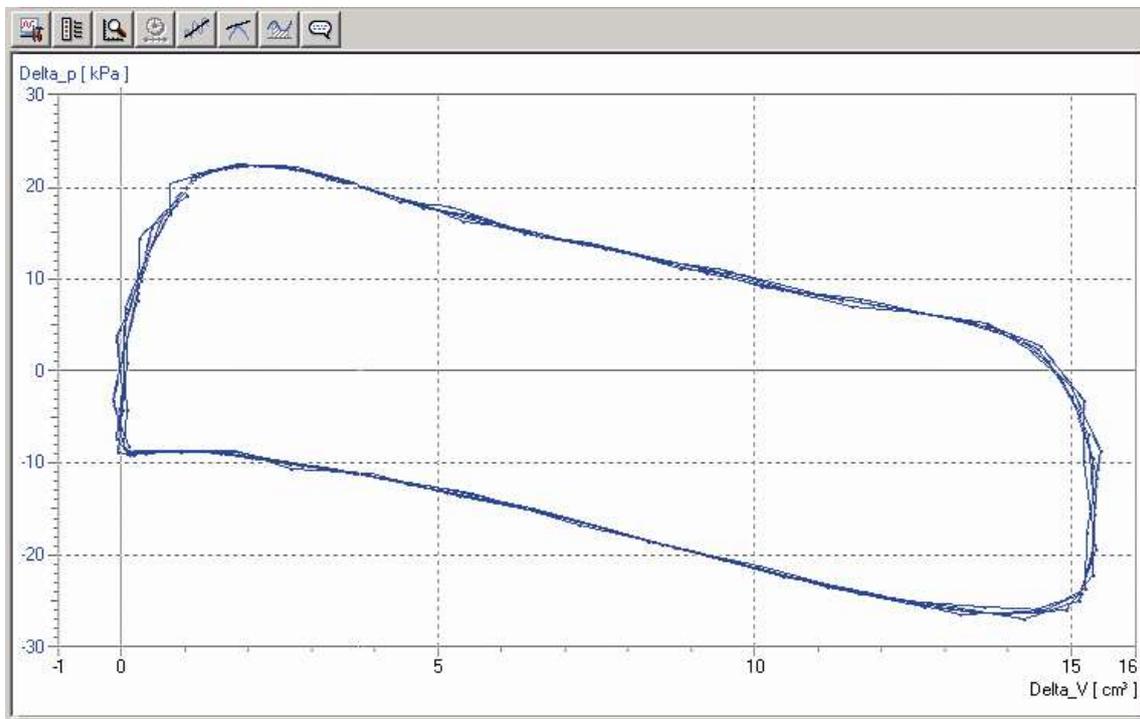


Fig. 10: Diagrama de pressão-volume do motor de Stirling D