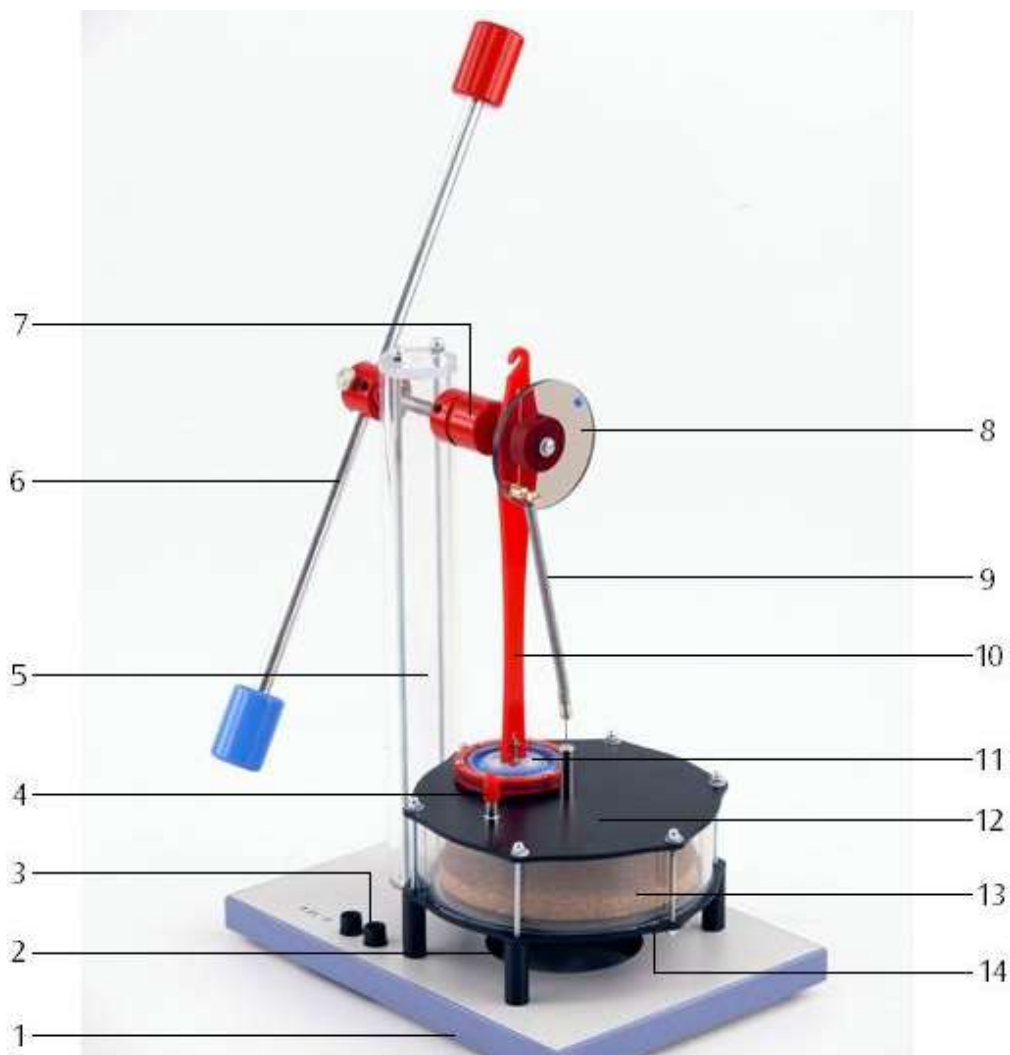


## Motor de Stirling D 1000817

### Instrucciones de uso

11/23 THL/ALF/UD



- 1 Placa base
- 2 Entalladura para velita
- 3 Conexión de la placa calefactora
- 4 Racor de manguera con tapón
- 5 Columna soporte
- 6 Barra volante con masas
- 7 Excéntrica con ranura

- 8 Disco angular
- 9 Muelle tensor
- 10 Biela con gancho
- 11 Émbolo de trabajo (Membrana)
- 12 Placa superior
- 13 Émbolo de desplazamiento
- 14 Placa inferior con calefactor eléctrico

### 1. Advertencias de seguridad

¡Al trabajar con una llama abierta se corre el riesgo de quemaduras o lesiones!

- ¡Es conveniente tener mucho cuidado al trabajar con una llama abierta y cera líquida en el mismo lugar!
- El motor de Stirling no se debe calentar al mismo tiempo con la velita y eléctricamente. Esto puede conducir a un daño del aparato.
- Al trabajar con el motor de Stirling y un foco luminoso (Spotlight) o con luz solar, es necesario tener en cuenta que las partes de plástico rojas no queden expuestas a una radiación calorífica intensa.

### 2. Descripción

El motor de Stirling D es un modelo funcional optimizado para demostraciones didácticas de la conversión de energía térmica en energía mecánica así como para el estudio del proceso cíclico de Stirling.

El émbolo de desplazamiento se mueve en forma discontinua con un tiempo de permanencia durante las fases de calentamiento y enfriamiento del aire como medio de trabajo. En esta forma se sigue mejor el proceso ideal de Stirling contrario al caso de un movimiento continuo del émbolo y se logra un rendimiento más alto. El control del émbolo de desplazamiento se realiza por medio de un disco angular. En caso de una entrada de calor por debajo, el émbolo de desplazamiento está en avance aprox. 100° con respecto al émbolo de trabajo (membrana). El ángulo óptimo depende de las revoluciones debido a la técnica.

La entrada de calor se puede realizar ya sea por medio de la placa calefactora integrada, o con una velita o por medio de la radiación calorífica solar o de una lámpara. La dirección de rotación depende de si la entrada de calor se realiza por arriba o por debajo.

Para el registro del diagrama pV, la medición de la presión en el cilindro de trabajo se puede llevar a cabo a través de un racor de manguera y la determinación del volumen fijando un hilo en el gancho de la biela, para medir la carrera del émbolo de trabajo.

### 3. Volumen de suministro

- 1 Motor de Stirling D 1000817
- 1 Juego de protección en el transporte (Bloque de gomaespuma, anillo de goma y barra de enclavamiento)

### 4. Accesorios

Juego complementario motor de Stirling D (1008516)

El juego complementario del motor de Stirling pone a disposición las partes accesorias necesarias para el montaje de los sensores. El juego se compone de:

- 1 Una placa de apoyo para el montaje del transductor de desplazamiento (1021534)
- 1 Tornillo moleteado para la fijación de la placa de apoyo en la columna soporte
- 1 Un mango con pie magnético para el transductor de desplazamiento
- 1 Manguera de silicona para el empalme del sensor de presión relativa  $\pm 100$  hPa (1021532)
- 1 Juego de hilos con ventosa
- 2 Pesas con gancho c/u de 20 g

### 5. Datos técnicos

Tensión de calefacción:	8 – 15 V, 1,5 A
Volumen del gas:	330 cm <sup>3</sup> – 345 cm <sup>3</sup>
Revoluciones:	30 – 100 U/min
Dimensiones sin la barra volante:	260×185×330 mm <sup>3</sup>
Barra volante:	400 mm
Masa:	2,2 kg

## 6. Principio funcional

El funcionamiento del motor de Stirling se puede simplificar como dividido en los cuatro siguientes tactos:

### Absorción de calor:

Para la entrada de calor el émbolo de desplazamiento (P1) se mueve hacia arriba y desplaza el aire hacia abajo en el espacio calentado del cilindro de desplazamiento. La temperatura y la presión aumentan casi isocóramente. El émbolo de trabajo se encuentra mientras tanto en el punto muerto inferior (ver Fig. 1). El émbolo de desplazamiento se mueve adelantado con respecto al émbolo de trabajo y alcanza el punto muerto superior. El aire tiene ahora su mínimo volumen, la máxima temperatura y la máxima presión (ver fig. 2).

### Expansión:

El aire caliente se expande casi isotermamente y acciona el émbolo de trabajo (P2) hacia arriba. Así entrega trabajo mecánico a la barra volante por medio de la manivela. El volumen del aire aumenta, el aire absorbe calor y la presión disminuye (ver fig. 3)

### Entrega de calor:

En la entrega de calor el émbolo de trabajo se encuentra en el punto muerto superior mientras el émbolo de desplazamiento (P1) se mueve hacia abajo y desplaza el aire en el espacio superior del cilindro de desplazamiento. El aire se

enfía y la placa superior absorbe calor. El émbolo de desplazamiento alcanza el punto muerto inferior (ver Figs. 4 y 5).

### Compresión:

El aire enfriado es comprimido isotérmicamente por el émbolo de trabajo que se mueve hacia abajo. El trabajo mecánico para ello lo entrega la barra volante (ver fig. 6).

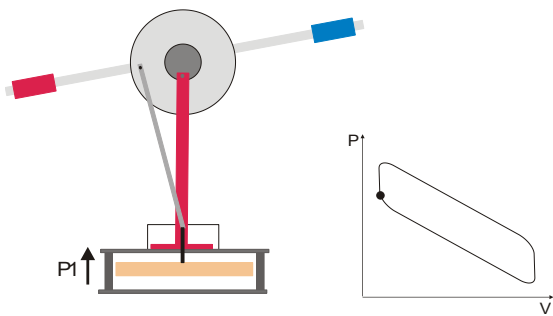


Fig. 1: Absorción de calor

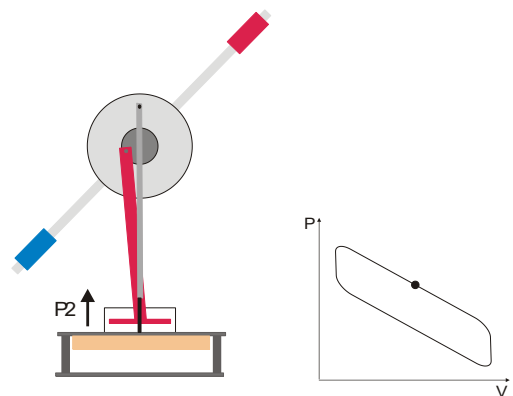


Fig. 3: Expansión

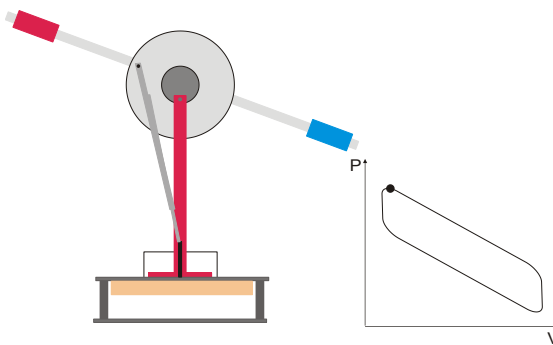


Fig. 2: Absorción de calor

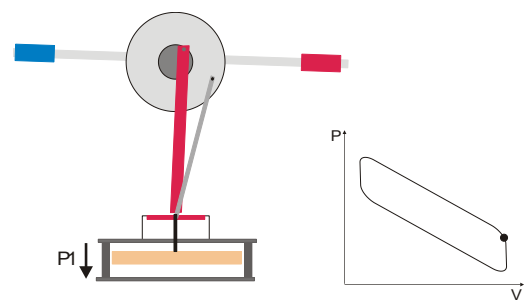


Fig. 4: Entrega de calor

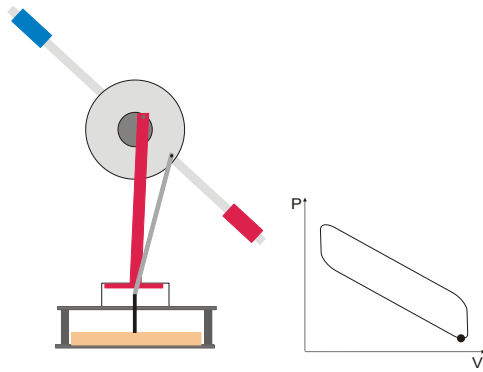


Fig. 5: Entrega de calor

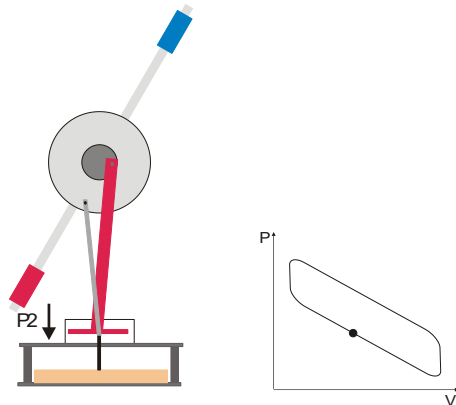


Fig. 6: Compresión

## 7. Primera puesta en marcha



Fig. 7: Motor de Stirling en estado protegido para el transporte

- Se retira el anillo de goma (3) del gancho de protección (4) para el émbolo de desplazamiento y se retira el gancho del racor de manguera.

- El racor de manguera se obtura con la tapa de cierre (5) roja.
- Se retira el bloque de gomaespuma (2) entre la columna soporte y la masa volante.
- Se afloja el tornillo de enclavamiento (1), se lleva la barra volante a un equilibrio horizontal y se vuelve a apretar el tornillo de enclavamiento.

En esta forma el motor está listo para su funcionamiento.

El transporte del motor de Stirling se debe realizar sólo con el émbolo de desplazamiento asegurado.

- Para ello se retira la tapa de cierre del racor de manguera, se vuelve a colocar el gancho de protección y se asegura con el anillo de goma.
- Se enclava la barra volante.

## 8. Manejo

### 8.1 Funcionamiento como máquina térmica

#### 8.1.1 Calefacción eléctrica

Para el calentamiento eléctrico del motor de Stirling se recomienda la siguiente fuente de alimentación:

1 Fuente de alimentación CC @230 V 1003312 resp.

1 Fuente de alimentación CC @115 V 1003311

- Se conecta la fuente de alimentación en el par de casquillos y se fija una tensión de calentamiento de hasta 12 V (aprox. 1,5 A).
- Después de un tiempo de calentamiento de aprox. 1 a 2 minutos se empuja cuidadosamente la barra volante en dirección de rotación en el sentido de las manecillas del reloj viendo de frente hacia el motor.
- En caso de que el motor de Stirling no siga girando independientemente se vuelve a empujar después de aprox. 1 minuto.

Las revoluciones del motor se comportan casi proporcionalmente a la diferencia de temperatura entre las placas superior e inferior y dependen ampliamente de la cantidad de calor suministrada.

- Se reduce gradualmente la tensión de calefacción hasta 8 V y se observa la reducción de las revoluciones.

#### 8.1.2 Calefacción con la llama de una vela

- Se enciende la velita y se coloca sobre una superficie resistente al calor.
- Se coloca el motor de Stirling encima de la velita centrada en su entalladura.

- Se espera unos minutos hasta que la placa inferior se haya calentado.
- Se empuja cuidadosamente la barra volante en dirección de rotación en el sentido de las manecillas del reloj viendo de frente hacia el motor.
- En caso de que el motor de Stirling no siga girando independientemente se vuelve a empujar después de aprox. 1 minuto.

### 8.1.3 Calefacción con una lámpara (Spotlight)

- Se irradia la placa superior del motor de Stirling por encima con una lámpara incandescente de 60 W a una distancia de 1 a 2 centímetros con un ángulo de irradiación concentrado (Spotlight). En este caso la placa inferior enfría el aire en el cilindro de desplazamiento.
- Alternativamente se calienta la placa superior con luz solar enfocada por medio de un espejo cóncavo.
- Se espera de 8 a 10 minutos hasta que la placa superior se haya calentado.
- Se empuja cuidadosamente la barra volante en dirección de rotación en el sentido contrario de las manecillas del reloj viendo de frente hacia el motor.
- En caso de que el motor de Stirling no siga girando independientemente se vuelve a empujar después de aprox. 1 minuto.

### 8.2 Registro del diagrama pV

Para el registro del diagrama pV se requieren además los siguientes aparatos:

- 1 Juego complementario motor de Stirling D 1008516
- 1 Fuente de alimentación CC @230 V 1003312 resp.
- 1 Fuente de alimentación CC @115 V 1003311
- 1 Sensor de presión relativa FW  $\pm 100$  hPa 1021532
- 1 Transductor de desplazamiento FW 1021534
- 2 Cables de sensor 1021514
- 1 Data logger
- 1 Software

Encontrará más información sobre la medición digital en el sitio web del producto, en la tienda virtual de 3B.

- Utilizando la manguera de silicona se conecta el sensor de presión relativa en el racor de manguera.
- Se fija la placa de apoyo sobre la columna soporte utilizando el tornillo moleteado.
- El mango con pie magnético se atornilla en el transductor de desplazamiento y se coloca en la placa de apoyo.
- Se afloja el tornillo en la roldana del transductor de desplazamiento. Se le da una vuelta al hilo alrededor de la roldana, se saca de la ranura y se hace un lazo alrededor del tornillo. Se fija el hilo con el tornillo (ver fig. 8).
- El extremo del hilo se fija en el gancho de la biela, en el otro extremo se cuelga una pesa.
- Un segundo hilo se fija en la placa base utilizando una ventosa. El hilo se coloca en la excéntrica por la ranura y se cuelga la segunda pesa en el extremo libre.

Esta pesa sirve de carga y hace posible que se pueda seguir mejor el diagrama pV.

- Se conecta la fuente de alimentación con la placa calefactora y se fija una tensión de hasta 12 V (aprox. 1,5 A).
- Ambos sensores se conectan al data logger.
- Se pone en marcha el software.
- Después de un tiempo de calentamiento se empuja con cuidado el motor de Stirling en sentido de las manecillas del reloj.
- Se pone en marcha la medición. Se evalúan los datos.

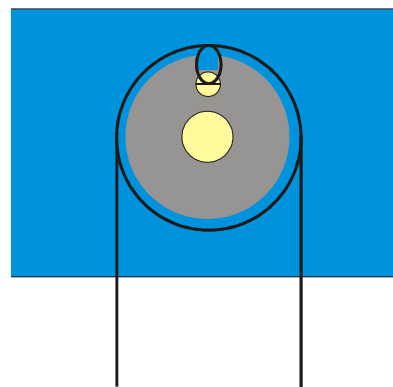


Fig. 8: Representación esquemática del paso del hilo alrededor de la roldana en el transductor de desplazamiento

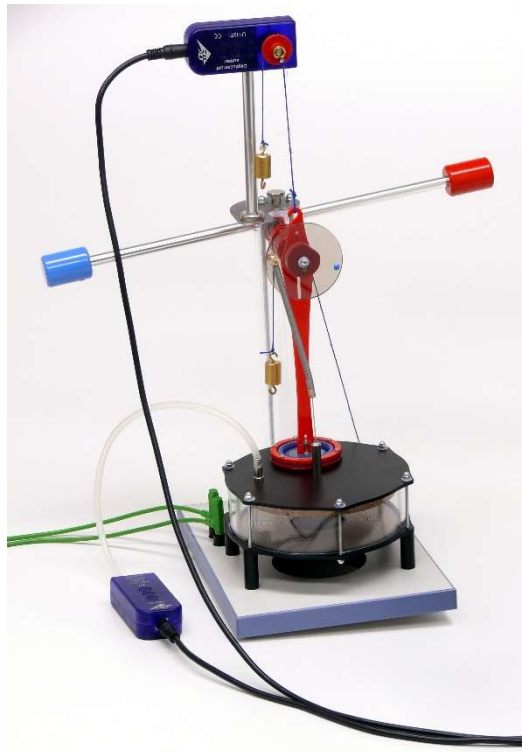


Fig. 9: Motor de Stirling D con sensores instalados para el registro del diagrama pV

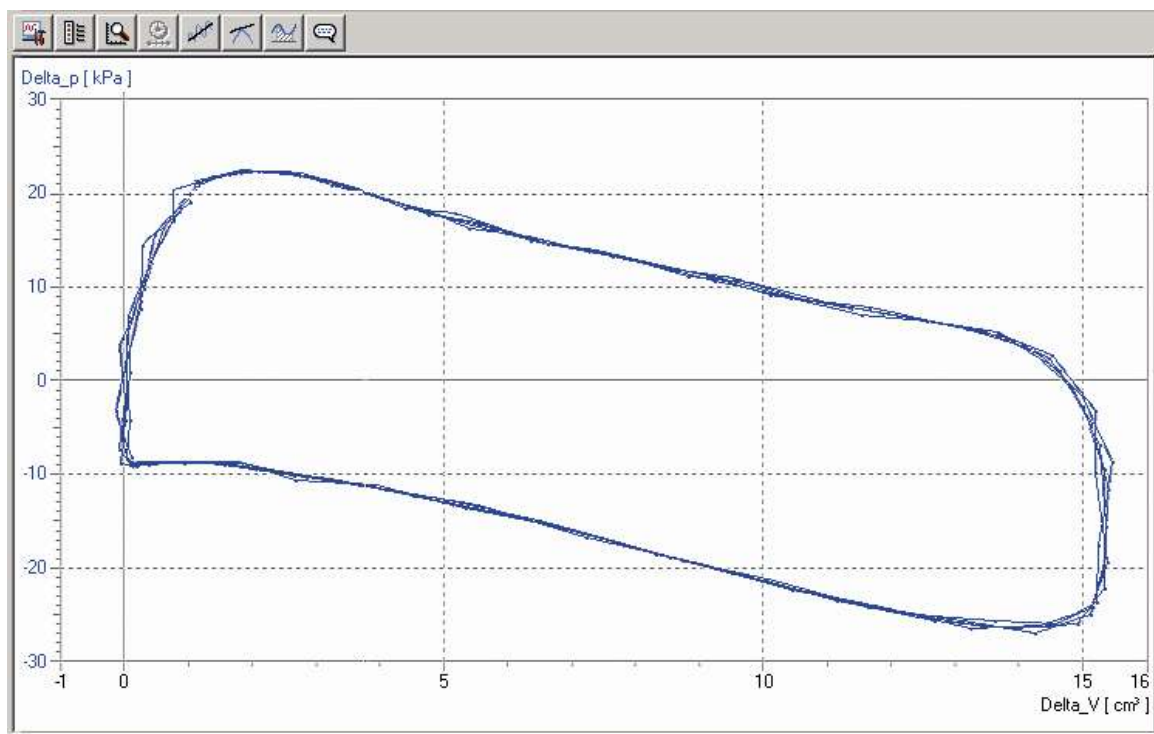


Fig. 10: Diagrama Presión – Volumen del motor de Stirling D