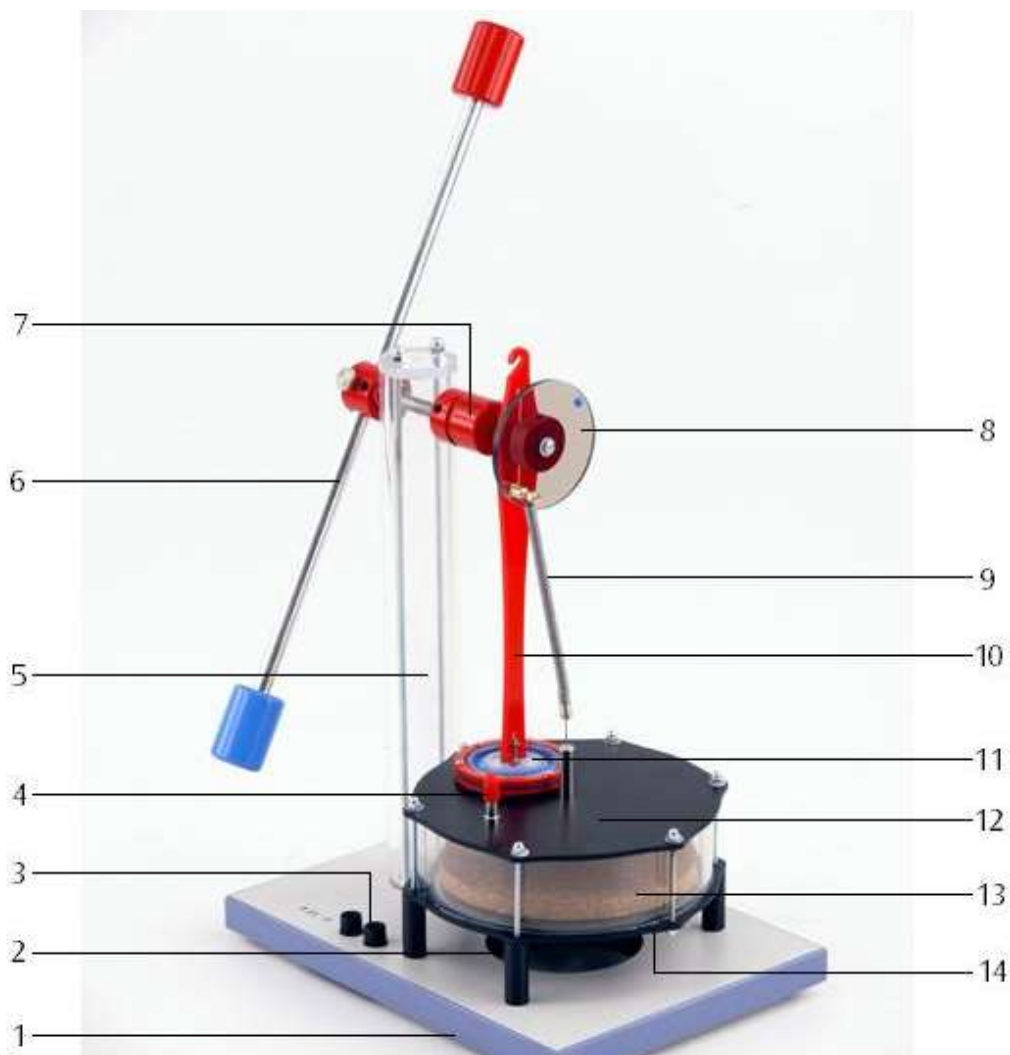


Motore Stirling D 1000817

Istruzioni per l'uso

11/23 THL/ALF/UD



- | | | | |
|---|---------------------------------------|----|---|
| 1 | Piastra di base | 8 | Disco goniometrico |
| 2 | Incavo per lumino | 9 | Molla di trazione |
| 3 | Collegamento piastra di riscaldamento | 10 | Biella con gancio |
| 4 | Attacco per tubo flessibile con tappo | 11 | Cilindro di lavoro (membrana) |
| 5 | Montante dello stativo | 12 | Piastra superiore |
| 6 | Asta centrifuga con pesi | 13 | Pistone di compressione |
| 7 | Eccentrico con scanalatura | 14 | Piastra inferiore con riscaldamento elettrico |

1. Norme di sicurezza

Pericolo di bruciature e lesioni quando si maneggiano fiamme libere!

- Durante l'uso di fiamme libere e cera liquida agire prestando particolare attenzione.
- Non riscaldare il motore Stirling contemporaneamente in maniera elettrica e con il lumino. Ciò potrebbe causare danni all'apparecchio.
- In caso di impiego del motore Stirling con spotlight o luce solare, prestare attenzione e assicurarsi che le parti in plastica di colore rosso non siano sottoposte a radiazioni termiche intense.

2. Descrizione

Il motore Stirling D è un modello funzionale ottimizzato per la didattica per dimostrare la trasformazione dell'energia termica in meccanica nonché per lo studio dei cicli di Stirling.

Il pistone di compressione si sposta in modo discontinuo con un tempo di sosta durante il riscaldamento e durante il raffreddamento del fluido di esercizio aria. In tal modo, il ciclo di Stirling ideale viene eseguito meglio di quanto avverrebbe con un movimento continuo del pistone, ottenendo una maggiore efficacia. Il pistone di compressione viene comandato per mezzo del disco goniometrico. Alimentando il calore dal basso mediante la piastra di riscaldamento oppure con la fiamma di una candela, il pistone di compressione precede quello di lavoro (membrana) di circa 100°. Per ragioni tecniche, l'angolo ottimale dipende dal numero di giri.

Per l'alimentazione del calore si può utilizzare a scelta una piastra di riscaldamento elettrica integrata, un lumino oppure la radiazione termica focalizzata della luce solare o di una lampada. La direzione di rotazione dipende in questo caso dalla direzione, dall'alto o dal basso, di provenienza dell'alimentazione termica.

Per registrare i diagrammi pV, è possibile misurare la pressione nel cilindro di lavoro tramite l'attacco del tubo flessibile e determinare il volume fissando un filo sul gancio della biella per la misurazione della corsa del pistone di lavoro.

3. Contenuto della fornitura

- 1 Motore Stirling D 1000817
- 1 Kit di sicurezza per il trasporto (blocco in schiuma espansa, anello elastico e barra d'arresto)

4. Accessori

Kit aggiuntivo Motore Stirling D (1008516)

Il kit aggiuntivo Motore Stirling D contiene gli accessori necessari al montaggio dei sensori. Il kit comprende:

- 1 Piastra di supporto per il montaggio del rilevatore di corsa (1021534)
- 1 Vite a testa zigrinata per il fissaggio della piastra di supporto sul montante dello stativo
- 1 Asta con piede magnetico per il rilevatore di corsa
- 1 Tubo di silicone per il raccordo del sensore di pressione relativa ± 100 hPa (1021532)
- 1 Set di fili con ventosa
- 2 Pesi con gancio da 20 g ciascuno

5. Dati tecnici

Tensione di riscaldamento:	8 – 15 V / 1,5 A
Volume del gas:	330 cm ³ – 345 cm ³
Numero di giri:	30 – 100 giri/min
Dimensioni senza asta centrifuga:	260×185×330 mm ³
Asta centrifuga:	400 mm
Peso:	2,2 kg

6. Principio di funzionamento

Il funzionamento del motore Stirling può essere suddiviso per semplificare nei quattro tempi indicati di seguito:

Apporto di calore:

Per l'apporto di calore, il pistone di compressione (P1) si muove in avanti e sposta l'aria verso il basso nell'area riscaldata del cilindro di compressione. Temperatura e pressione salgono in maniera pressoché isocora. In questa fase, il pistone di lavoro si trova al punto morto inferiore (v. Fig. 1). Il pistone di compressione precede quello di lavoro e raggiunge il punto morto superiore. L'aria ha il volume più basso, la temperatura maggiore e la massima pressione (v. Fig. 2).

Espansione:

L'aria riscaldata si espande in maniera pressoché isoterma e sposta il pistone di lavoro (P2) verso l'alto.

Il lavoro meccanico viene quindi ceduto all'asta centrifuga tramite l'albero a gomiti. Il volume dell'aria aumenta, l'aria assorbe calore e la pressione si riduce (v. Fig. 3).

Cessione del calore:

Nel caso della cessione di calore, il pistone di lavoro si trova presso il punto morto superiore, mentre il pistone di compressione (P1) arretra e sposta l'aria nell'area superiore del cilindro di

compressione. L'aria si raffredda e la piastra superiore assorbe calore. Il pistone di compressione raggiunge il punto morto inferiore (v. Fig. 4 e 5).

Compressione:

L'aria raffreddata viene compressa in modo isoterma dal pistone di lavoro che si sposta verso il basso. Il lavoro meccanico necessario a questo proposito viene svolto dall'asta centrifuga (v. Fig. 6).

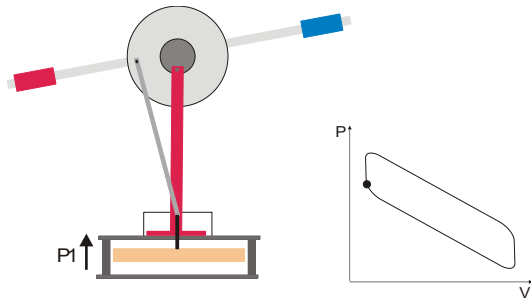


Fig. 1: Apporto di calore

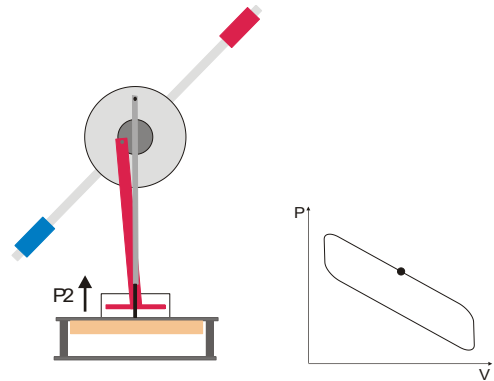


Fig. 3: Espansione

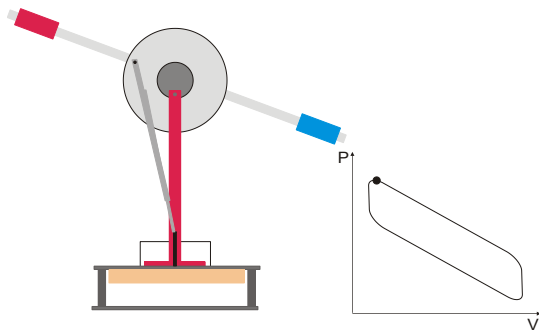


Fig. 2: Apporto di calore

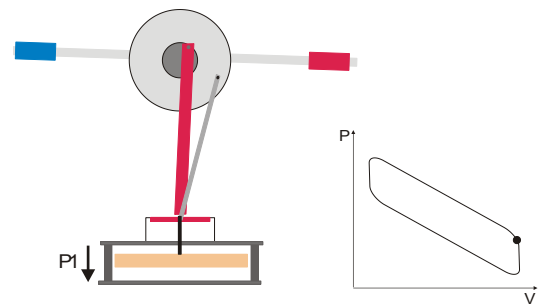


Fig. 4: Cessione di calore

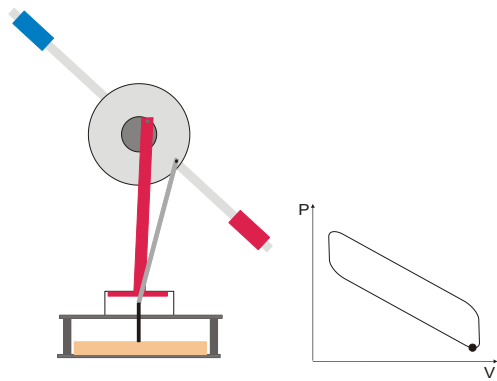


Fig. 5: Cessione di calore

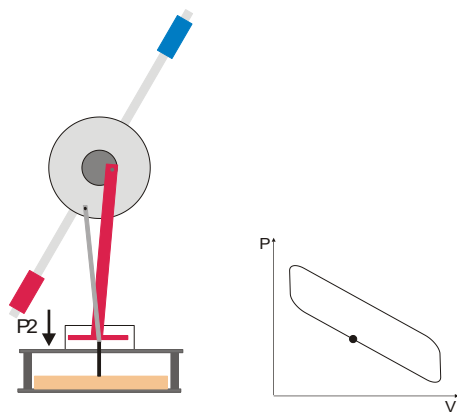


Fig. 6: Compressione

7. Prima messa in funzione



Fig. 7: Motore Stirling in condizioni di sicurezza

- Rimuovere l'anello elastico (3) dal gancio di sicurezza (4) per il pistone di compressione ed estrarre il gancio dall'attacco del tubo flessibile.

- Chiudere a tenuta l'attacco del tubo flessibile utilizzando il tappo rosso (5).
- Rimuovere il blocco in schiuma espansa (2) fra il montante dello stativo e il peso dell'asta centrifuga.
- Allentare la vite di fermo (1), portare l'asta centrifuga in posizione di equilibrio orizzontale e serrare nuovamente la vite.

Il motore è ora pronto all'uso.

Il trasporto del motore Stirling è consentito solamente se il pistone di compressione è stato messo in sicurezza.

- A questo scopo, rimuovere il tappo del raccordo del tubo flessibile, reinserire il gancio di sicurezza e assicurare con l'anello elastico.
- Bloccare l'asta centrifuga.

8. Funzionamento

8.1 Funzionamento come motore termico

8.1.1 Riscaldamento elettrico

Per il riscaldamento elettrico del motore Stirling si consiglia il seguente alimentatore:

1 Alimentatore CC @230 V 1003312
oppure
1 Alimentatore CC @115 V 1003311

- Collegare l'alimentatore alla coppia di jack e impostare una tensione di riscaldamento fino a 12 V (circa 1,5 A).
- Dopo un tempo di riscaldamento di circa 1-2 minuti, avviare l'asta centrifuga con senso di rotazione orario guardando il motore dal davanti.
- Se il motore Stirling non comincia a ruotare autonomamente, ripetere l'operazione di avvio dopo circa 1 min.

Il numero di giri del motore si comporta in maniera pressoché proporzionale alla differenza di temperatura fra piastra superiore e piastra inferiore e dipende sostanzialmente dal calore apportato.

- Diminuire gradualmente la tensione di riscaldamento fino a 8 V ed osservare il calo del numero di giri.

8.1.2 Riscaldamento con la fiamma di una candela

- Accendere il lumino e collocarlo su un piano di appoggio resistente al calore.
- Sistemare il motore Stirling con l'incavo centrale sopra il lumino.
- Attendere qualche minuto affinché la piastra inferiore si scaldi.

- Avviare l'asta centrifuga con senso di rotazione orario guardando il motore dal davanti.
- Se il motore Stirling non comincia a ruotare autonomamente, ripetere l'operazione di avvio dopo circa 1 min.

8.1.3 Riscaldamento con una lampada (spotlight)

- Irradiare la piastra superiore del motore Stirling dall'alto da una distanza di circa 1-2 cm con una lampadina da 60 W con angolo di irradiazione limitato (spotlight). La piastra inferiore raffredda in questo caso l'aria all'interno del cilindro di compressione.
- In alternativa, riscaldare la piastra superiore con luce solare focalizzata attraverso uno specchio concavo.
- Attendere circa 8-10 minuti affinché la piastra superiore si scaldi.
- Avviare l'asta centrifuga con senso di rotazione antiorario guardando il motore dal davanti.
- Se il motore Stirling non comincia a ruotare autonomamente, ripetere l'operazione di avvio dopo qualche istante.

8.2 Registrazione del diagramma pV

Per la registrazione del diagramma pV sono inoltre necessari i seguenti apparecchi:

1 Kit aggiuntivo Motore Stirling D	1008516
1 Alimentatore CC @230 V	1003312
oppure	
1 Alimentatore CC @115 V	1003311
1 Sensore di pressione relativa FW ± 100 hPa	1021532
1 Rilevatore di corsa FW	1021534
2 Cavi del sensore	1021514
1 Data logger	
1 Software	

Ulteriori informazioni sulla misurazione digitale sono disponibili sul sito web del prodotto, nel webshop 3B.

- Con il tubo in silicone, collegare il sensore di pressione relativa al raccordo del tubo flessibile.

- Fissare la piastra di supporto al montante dello stativo utilizzando la vite a testa zigrynata.
- Avvitare l'asta con il piede magnetico nel rilevatore di corsa e posizionare sulla piastra di supporto.
- Allentare la vite presso la puleggia del rilevatore di corsa. Girare il filo una volta intorno alla puleggia, farlo fuoriuscire dall'incavo e annodare ad occhiello attorno alla vite. Fissare il filo con la vite (v. Fig. 8).
- Fissare un'estremità del filo al gancio della biella e agganciare all'altra un peso.
- Fissare un secondo filo alla piastra di base per mezzo della ventosa. Sistemare il filo sopra la scanalatura dell'eccentrico e utilizzare il secondo peso appendendolo all'estremità libera.

Il peso funge da carico e serve per eseguire al meglio il diagramma pV.

- Collegare l'alimentatore alla piastra di riscaldamento e impostare una tensione di 12 V (circa 1,5 A).
- Collegare entrambi i sensori al data logger.
- Avviare il software.
- Dopo il tempo di riscaldamento, avviare il motore Stirling in senso orario.
- Avviare la procedura di misurazione. Analizzare i dati.

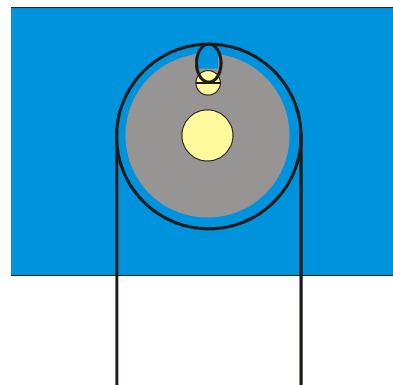


Fig. 8: Rappresentazione schematica dell'infilatura del filo intorno alla puleggia del rilevatore di corsa

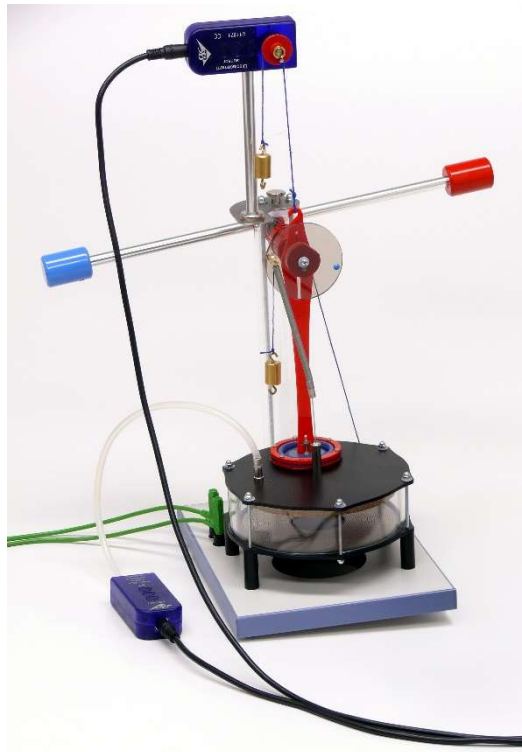


Fig. 9: Motore Stirling D con sensori installati per la registrazione del diagramma pV

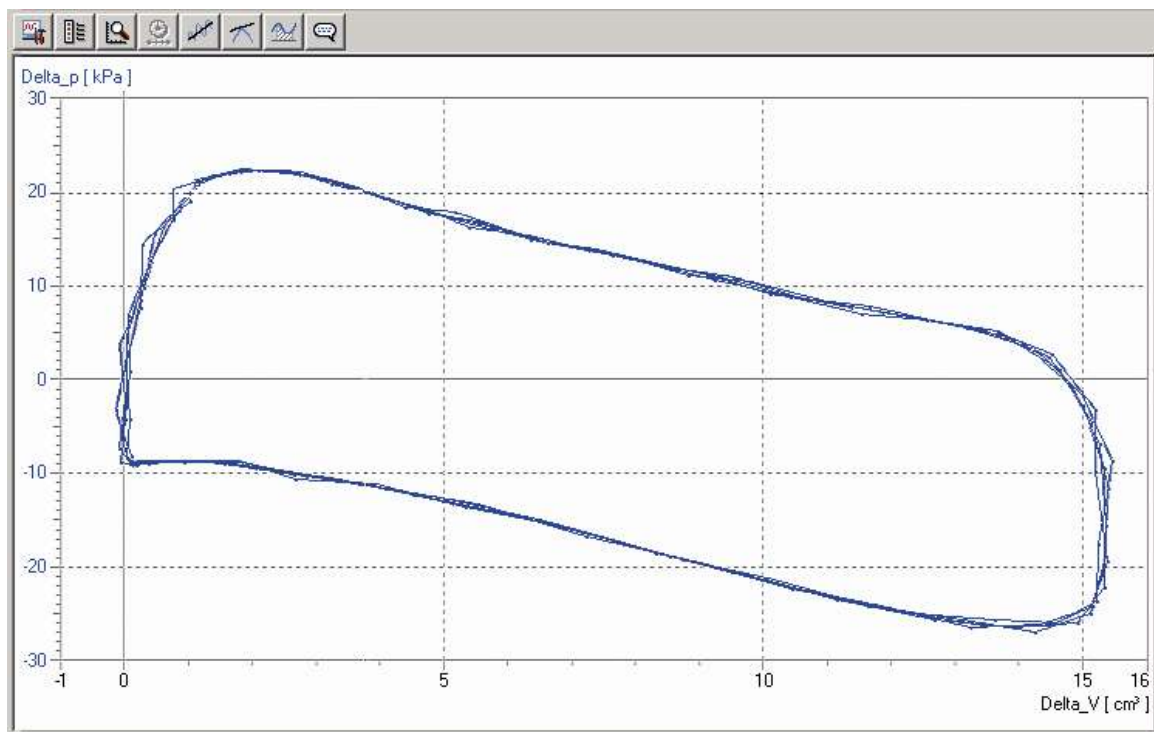


Fig. 10: Diagramma pressione-volume del motore Stirling D