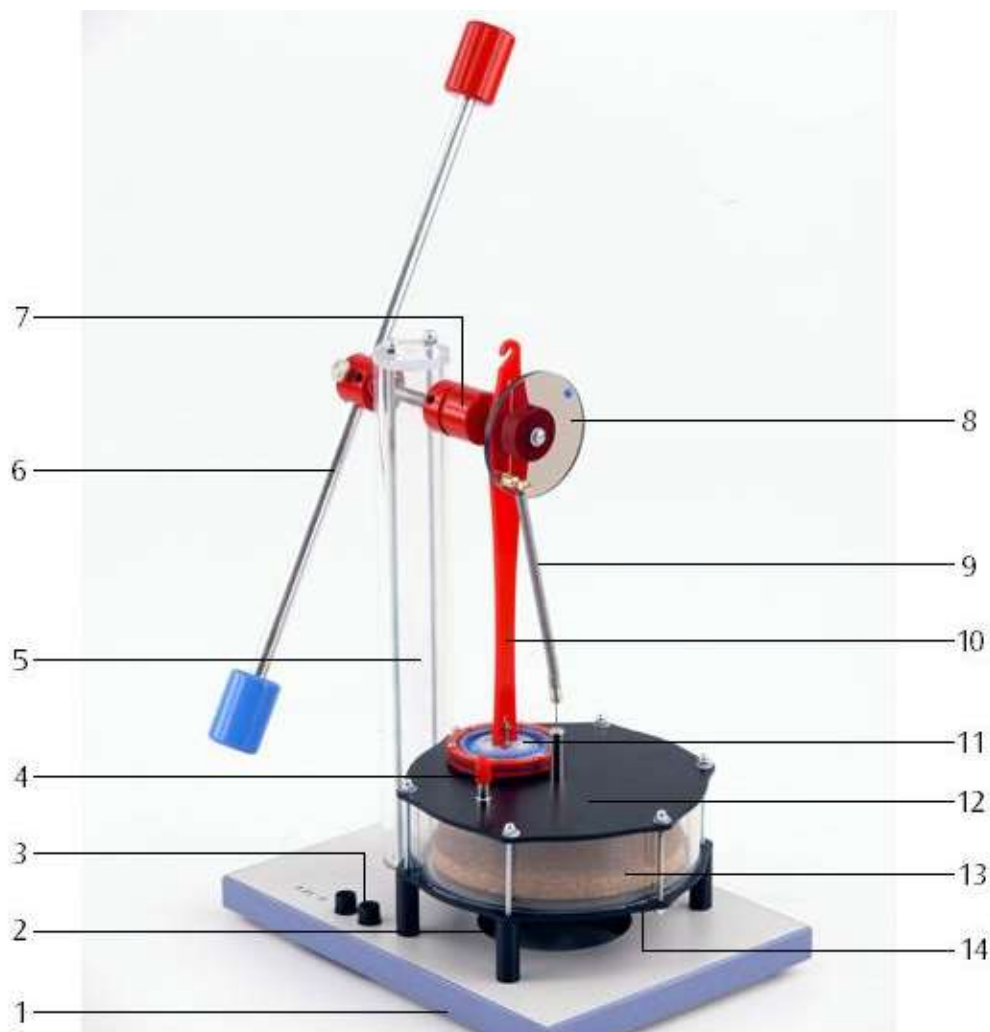


Moteur Stirling D 1000817

Instructions d'utilisation

11/23 THL/ALF/UD



- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | Plaque de travail | 8 | Disque angulaire |
| 2 | Evidement pour bougie chauffe-plat | 9 | Ressort de traction |
| 3 | Connexion pour plaque chauffante | 10 | Bielle avec crochet |
| 4 | Raccord de tuyau flexible avec capuchon | 11 | Piston moteur (membrane) |
| 5 | Colonne du statif | 12 | Plaque supérieure |
| 6 | Tige oscillante avec masses | 13 | Piston déplaceur |
| 7 | Excentrique avec rainure | 14 | Plaque inférieure avec chauffage électrique |

1. Consignes de sécurité

Lors de travaux avec une flamme nue, un risque d'incendie et de blessure existe !

- Pour la manipulation de flammes nues et de cire liquide, faites preuve d'une attention particulière.
- Le moteur Stirling ne doit pas être chauffé électriquement et avec la bougie chauffe-plat simultanément. Ceci peut entraîner des dommages au niveau de l'appareil.
- Pendant le fonctionnement du moteur Stirling avec un projecteur ou la lumière du soleil, il est impératif de veiller à ce que les pièces rouges en plastique ne soient pas exposées à un rayonnement thermique intense.

2. Description

Le moteur Stirling D est un modèle de description optimisé pour les cours afin de démontrer la conversion d'énergie thermique en énergie mécanique ainsi que pour l'étude du cycle de Stirling.

Le piston déplaceur se déplace par intermittence avec une temporisation pendant le chauffage et pendant le refroidissement du fluide moteur – l'air. Ainsi, le cycle de Stirling idéal est mieux développé qu'avec un déplacement continu du piston et un rendement plus élevé est atteint. La régulation du piston déplaceur s'effectue par le biais du disque angulaire. En cas d'apport de chaleur par le bas avec la plaque chauffante ou une flamme de bougie, le piston déplaceur est en avance d'environ 100° par rapport au piston moteur (membrane). L'angle optimal dépend de la vitesse en raison de la technique.

Pour l'apport de chaleur, une plaque chauffante électrique intégrée, une bougie chauffe-plat ou le rayonnement thermique focalisé du soleil ou d'une lampe peuvent être utilisés au choix. Pour cela, le sens de rotation dépend du fait que l'apport de chaleur se fait par le haut ou par le bas.

Pour l'enregistrement de diagrammes pV, la mesure de pression dans le cylindre moteur peut être effectuée par le biais d'un raccord de tuyau flexible et la détermination du volume en fixant un fil sur le crochet de la bielle pour mesurer la course du piston moteur.

3. Volume de livraison

- 1 Moteur Stirling D 1000817
- 1 Jeu de sécurités de transport (bloc en mousse synthétique, bague de caoutchouc et tige d'arrêt)

4. Accessoires

Kit d'extension Moteur Stirling D (1008516)

Le kit d'extension Moteur Stirling D prévoit les pièces accessoires nécessaires pour le montage des capteurs. Le kit se compose de :

- 1 Plaque d'appui pour le montage du capteur de déplacement (1021534)
- 1 Vis moletée pour la fixation de la plaque d'appui sur la colonne du statif
- 1 Tige avec support aimanté pour le capteur de déplacement
- 1 Tuyau flexible en silicone pour la connexion du capteur de pression relative (1021532)
- 1 Jeu de fils avec ventouse
- 2 Masses avec crochet de 20 g chacune

5. Caractéristiques techniques

Tension de chauffage :	8 – 15 V, 1,5 A
Volume de gaz :	330 cm ³ – 345 cm ³
Vitesse :	30 – 100 U/min
Dimensions sans tige oscillante :	260×185×330 mm ³
Tige oscillante :	400 mm
Poids :	2,2 kg

6. Principe de fonctionnement

Pour simplifier, le principe de fonctionnement du moteur Stirling peut être divisé en quatre phases suivantes :

Apport de chaleur :

Pour l'apport de chaleur, le piston déplaceur (P1) se déplace vers le haut et refoule l'air vers le bas dans la zone chauffée du piston déplaceur. La température et la pression augmentent approximativement de façon isochore. Pendant ce temps, le piston moteur se trouve au point mort bas (cf. Fig. 1). Le piston déplaceur dépasse le piston moteur et atteint le point mort haut. L'air présente désormais le volume le plus faible, la température la plus élevée et la pression la plus haute (cf. Fig. 2).

Détente :

L'air chauffé se détend approximativement de

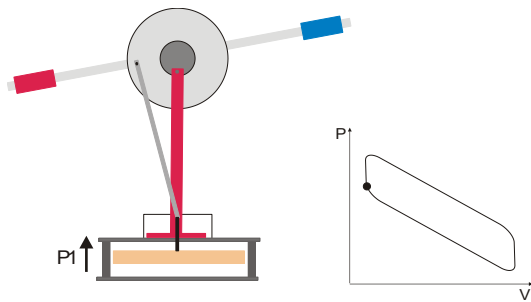


Fig. 1 : Apport de chaleur

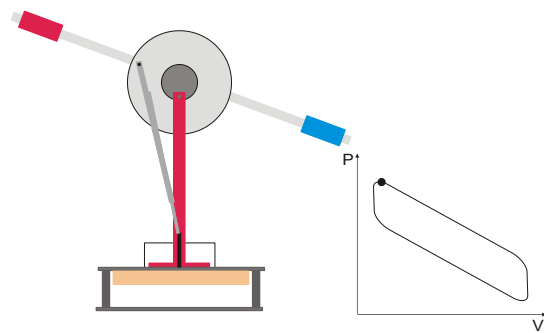


Fig. 2 : Apport de chaleur

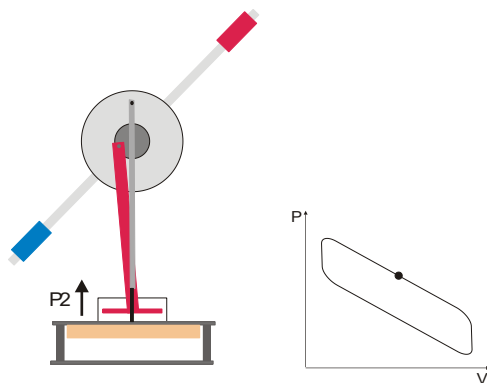


Fig. 3 : Détente

façon isotherme et pousse le piston moteur (P2) vers le haut. Pour cela, le travail mécanique est transmis à la tige oscillante par le biais du vilebrequin. Le volume d'air augmente, l'air absorbe la chaleur et la pression diminue (cf. Fig. 3).

Dégagement de chaleur :

Pour le dégagement de chaleur, le piston moteur se trouve au point mort haut tandis que le piston déplaceur (P1) se déplace vers le bas et l'air est refoulé dans la zone supérieure du piston déplaceur. L'air est refroidi et la plaque supérieure absorbe la chaleur. Le piston déplaceur atteint le point mort bas (cf. Fig. 4 et 5).

Compression :

L'air refroidi est comprimé de façon isotherme par le biais du déplacement vers le bas du piston moteur. Pour cela, le travail mécanique est fourni par la tige oscillante (cf. Fig. 6).

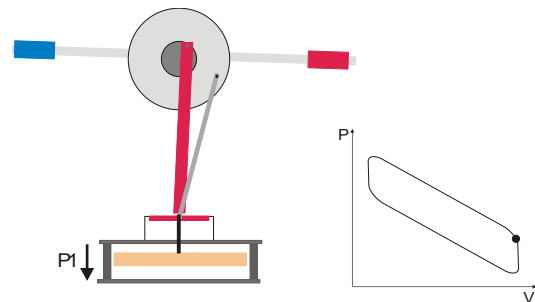


Fig. 4 : Dégagement de chaleur

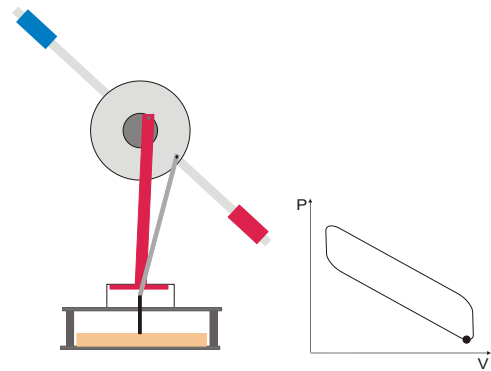


Fig. 5 : Dégagement de chaleur

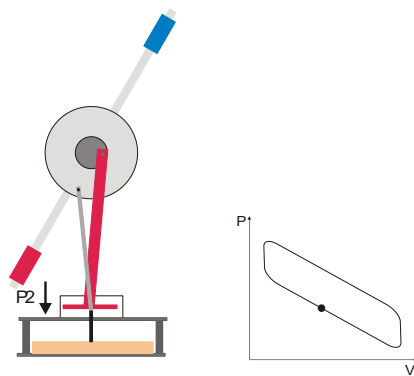


Fig. 6 : Compression

7. Première mise en service



Fig. 7 : Moteur Stirling à l'état verrouillé

- Retirez la bague de caoutchouc (3) du crochet de sécurité (4) pour le piston déplaceur et enlevez le crochet du raccord de tuyau flexible.
- Bouchez le raccord de tuyau flexible avec le capuchon rouge (5).
- Retirez le bloc en mousse synthétique (2) entre la colonne du statif et la masse oscillante.
- Desserrez la vis d'arrêt (1), orientez la tige oscillante à l'horizontale en équilibre statique et serrez de nouveau la vis d'arrêt.

Le moteur est ainsi opérationnel.

Le transport du moteur Stirling doit être effectué uniquement avec le piston déplaceur bloqué.

- Pour cela, retirez le capuchon du raccord de tuyau flexible, replacez le crochet de sécurité et bloquez-le avec la bague de caoutchouc.
- Bloquez la tige oscillante.

8. Manipulation

8.1 Fonctionnement en tant que moteur thermique

8.1.1 Chauffage électrique

Pour le chauffage électrique du moteur Stirling, l'alimentation suivante est recommandée :

1 Alimentation CC @230 V	1003312
ou	
1 Alimentation CC @115 V	1003311

- Raccordez l'alimentation à la paire de douilles et réglez la tension de chauffage jusqu'à 12 V (env. 1,5 A).
- Après un temps d'échauffement d'env. 1 à 2 minutes, poussez la tige oscillante contre le moteur avec un sens de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre en regardant de l'avant.
- Si le moteur Stirling ne continue pas de tourner tout seul, répétez le déclenchement au bout d'environ 1 min.

La vitesse du moteur se comporte approximativement proportionnellement à l'écart de température entre la plaque supérieure et la plaque inférieure et dépend ainsi étroitement de la température appliquée.

- Réduisez progressivement la tension de chauffage à 8 V et observez la diminution de la vitesse.

8.1.2 Chauffage avec une flamme de bougie

- Allumez la bougie chauffe-plat et placez-la sur un support thermorésistant.
- Placez le moteur Stirling avec son évidement central sur la bougie chauffe-plat.
- Patientez quelques minutes jusqu'à ce que la plaque inférieure soit chauffée.
- Poussez la tige oscillante contre le moteur avec un sens de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre en regardant de l'avant.
- Si le moteur Stirling ne continue pas de tourner tout seul, répétez le déclenchement au bout d'environ 1 min.

8.1.3 Chauffage avec une lampe (projecteur)

- Illuminez la plaque supérieure du moteur Stirling par le haut à une distance de 1 à 2 cm d'une ampoule électrique de 60 W avec un angle de rayonnement limité (projecteur). Dans ce cas, la plaque inférieure refroidit l'air dans le piston déplaceur.
- Une alternative consiste à chauffer la plaque supérieure avec la lumière du soleil focalisée à travers un miroir concave.
- Patientez entre 8 et 10 minutes jusqu'à ce que la plaque supérieure soit chauffée.
- Poussez la tige oscillante contre le moteur avec un sens de rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en regardant de l'avant.
- Si le moteur Stirling ne continue pas de tourner tout seul, répétez le déclenchement au bout d'un moment.

8.2 Enregistrement du diagramme pV

Pour l'enregistrement du diagramme pV, les appareils suivants sont également nécessaires :

1 Kit d'extension Moteur Stirling D	1008516
1 Alimentation CC @230 V	1003312
ou	
1 Alimentation CC @115 V	1003311
1 Capteur de pression relative ± 100 hPa	1021532
1 Capteur de déplacement	1021534
2 Câbles spécial capteur	1021514
1 Enregistreur de données	
1 Logiciel	

De plus amples informations sur la mesure numérique sont disponibles sur le site web du produit dans la boutique en ligne 3B.

- Raccordez le capteur de pression relative au raccord de tuyau flexible à l'aide du tuyau flexible en silicone.
- Fixez la plaque d'appui sur la colonne du statif à l'aide de la vis moletée.
- Vissez la tige avec support aimanté dans le capteur de déplacement et placez le tout sur la plaque d'appui.
- Desserrez la vis sur la poulie du capteur de déplacement. Faites passer le fil une fois autour de la poulie, faites-le sortir de l'évidement et faites passer une boucle autour de la vis. Fixez le fil avec la vis (cf. Fig. 8).
- Fixez une extrémité du fil au niveau du crochet de la bielle, attachez une masse marquée à l'autre extrémité.
- Fixez un deuxième fil sur la plaque de travail à l'aide de la ventouse. Faites passer le fil

au-dessus de la rainure dans l'excentrique et accrochez la deuxième masse marquée sur l'extrémité libre.

Cette masse marquée sert de charge et permet une meilleure production du diagramme pV.

- Raccordez l'alimentation à la plaque chauffante et réglez la tension jusqu'à 12 V (env. 1,5 A).
- Raccordez les deux capteurs sur l'enregistreur de données.
- Lancez le logiciel.
- Après le temps de réchauffage, démarrez le moteur Stirling en le déclenchant dans le sens des aiguilles d'une montre.
- Démarrez la mesure. Interprétez les données.

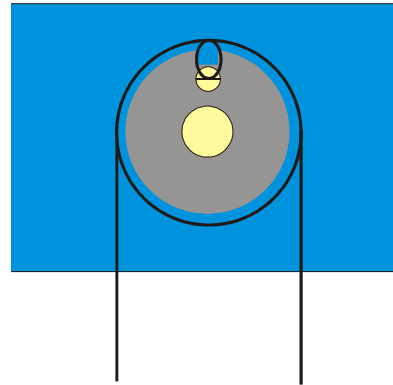


Fig. 8 : Représentation schématique du guidage du fil autour de la poulie au niveau du capteur de déplacement

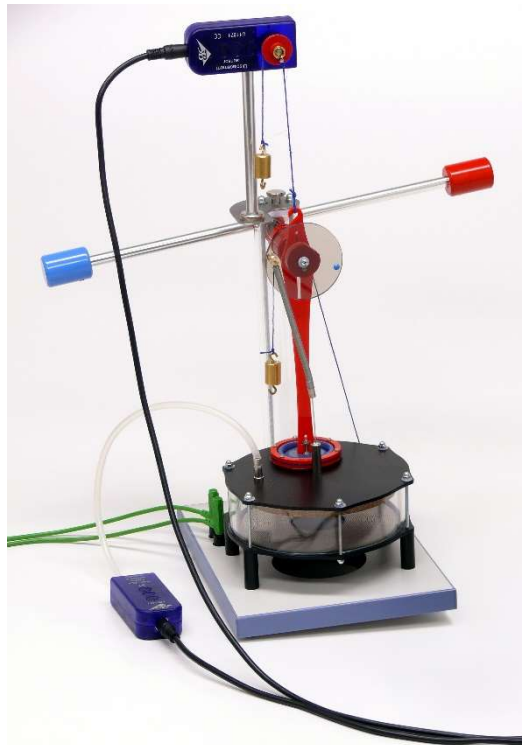


Fig. 9 : Moteur Stirling D avec capteurs installés pour l'enregistrement du diagramme pV

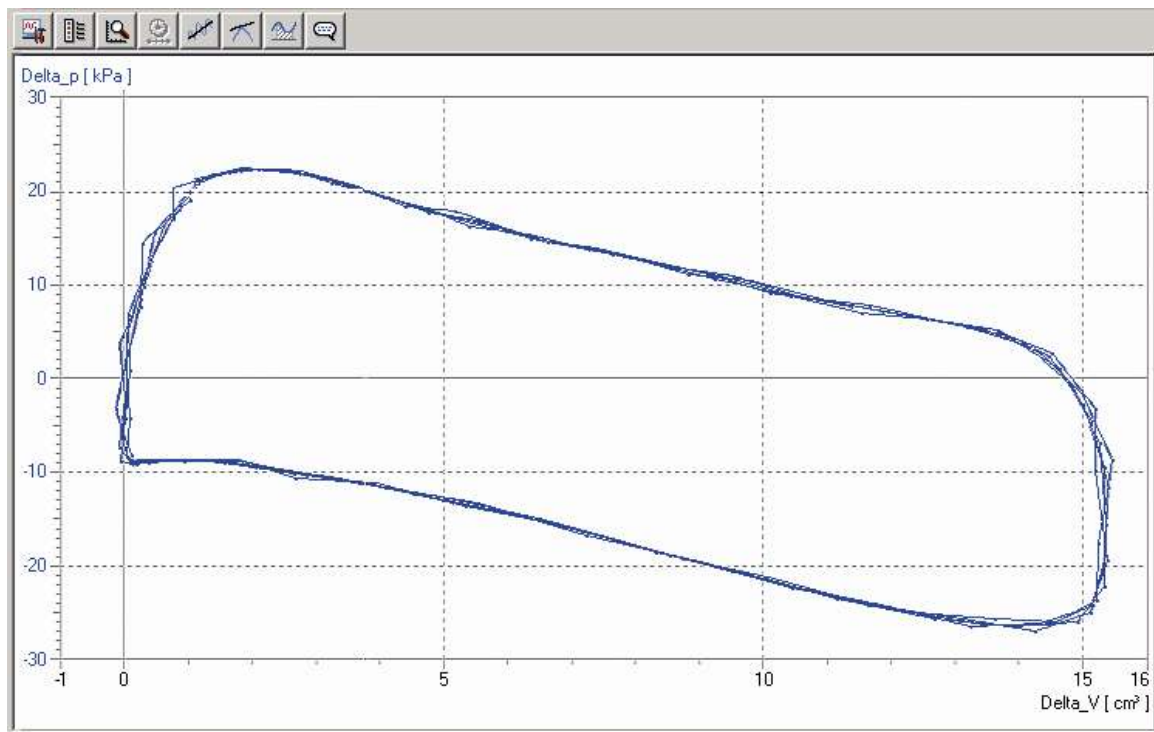


Fig. 10 : Diagramme pression-volume du moteur Stirling D