

Chaleur

Cycle thermodynamique

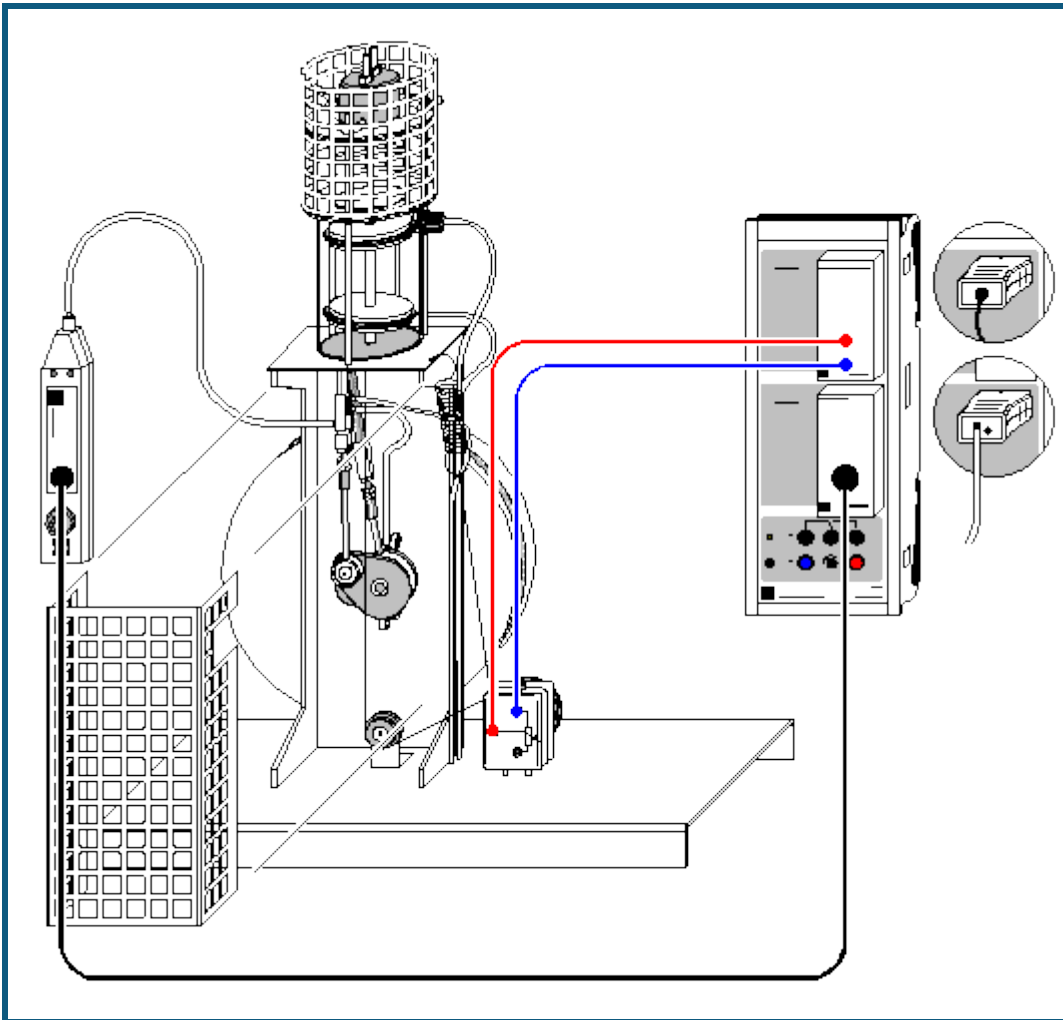
Moteur à air chaud: essais quantitatifs

Diagramme pV du moteur à air chaud comme moteur thermique - tracé et évaluation avec CASSY

Description tirée de CASSY Lab 2

Pour charger des exemples et des paramétrages, merci de bien vouloir utiliser l'aide de CASSY Lab 2.

Diagramme pV d'un moteur à air chaud



Convient aussi pour [Pocket-CASSY](#)

Remarques de sécurité

- Avant chaque expérience, s'assurer que la plaque chauffante est bien placée suivant les encoches et que le filament chauffant ne touche pas le piston de refoulement.
- La tête chauffante du moteur à air chaud peut devenir très chaude et les bielles des pistons de travail et de refoulement risquent d'occasionner des blessures lorsque le moteur tourne. Des cages de protection contre les contacts doivent donc toujours être utilisées lorsque le moteur est en marche.
- Ne pas utiliser le moteur sans circuit d'eau de réfrigération. Le moteur peut aussi bien être utilisé sur la conduite d'eau qu'avec une pompe de circulation et un réservoir d'eau rempli d'eau (sans tartre) distillée ou bouillie. Si le débit venait à s'affaiblir lors du fonctionnement avec de l'eau du robinet, rincer tout le système avec une solution de détartrage chaude.
- Les deux pistons du moteur à air chaud doivent être lubrifiés régulièrement avec de l'huile de silicone. Pour ce faire, le plus simple est d'enlever la plaque chauffante, d'amener le piston de refoulement à sa position la plus basse et d'appliquer l'huile de silicone avec une paille et une pissette de manière à ce qu'elle s'écoule vers le bas sur la paroi du piston en partant du joint supérieur. Comme le joint n'est pas parfaitement étanche, suffisamment d'huile parvient aussi au joint inférieur au bout d'un laps de temps assez bref. Si le moteur n'est pas suffisamment lubrifié, il devient bruyant et ne tourne qu'à vitesse de rotation réduite.
- Ne pas brancher la bobine secteur (562 21) sans noyau de transformateur.

Description de l'expérience

Les cycles thermodynamiques sont souvent représentés sous forme de courbes fermées, dans un diagramme pV (p : pression, V : volume). Le travail prélevé du système ou cédé au système, selon le sens du cycle, correspond ainsi à l'aire délimitée par la courbe.

Dans l'expérience, on trace le diagramme pV du moteur à air chaud en tant que moteur thermique. Un capteur de pression mesure la pression p dans le cylindre en fonction du temps t et un capteur de déplacement enregistre la position s du piston de travail à partir de laquelle le volume V enfermé est calculé. Les valeurs mesurées sont directement représentées sur l'écran, dans un diagramme pV. Pour une exploitation ultérieure, on calcule le travail mécanique

$$W = -\int p \cdot dV$$

réalisé sous forme de frottement du piston à chaque cycle.

Matériel requis

1	Sensor-CASSY	524 010 ou 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	adaptateur source de courant	524 031
	avec capteur de déplacement et	529 031
	paire de câbles, 100 cm, rouge et bleu	501 46
	ou	
1	capteur de mouvement de rotation S	524 082
1	adaptateur B	524 038
	avec capteur de pression et	529 038
	câble de connexion à 6 pôles	501 16
	ou	
1	capteur de pression S, ±2000 hPa	524 064
1	moteur à air chaud	388 182
1	fil de pêche	de 309 48ET2
1	ressort à boudin	de 352 08ET2
1	noyau en U avec joug	562 11
1	agrafe d'assemblage avec pince à ressort	562 121
1	bobine secteur à 500 spires	562 21
1	bobine TBT à 50 spires	562 18
2	tuyaux en PVC, Ø 8 mm	307 70
1	pompe immerisible 12 V	388 181
1	alimentation TBT	521 231
1	bidon	604 307
2	câbles d'expérience, 100 cm, noirs	501 33
1	réservoir d'eau 10 l	
1	PC avec Windows XP/Vista/7/8	

Montage expérimental (voir schéma)

Le transformateur décomposable est monté et le joug est bien fixé.


La plaque chauffante est montée conformément au mode d'emploi et le chauffage est raccordé aux deux douilles extérieures de la bobine TBT à l'aide des câbles d'expérience.

Le tuyau du capteur de pression est branché à la tubulure de pression de la bielle du piston de travail. Le capteur de pression est raccordé à l'entrée B du Sensor-CASSY par le biais de l'adaptateur B. Le capteur pour transducteur de déplacement est fixé avec deux fiches d'accouplement sur la plaque de base, un fil est enroulé conformément au schéma, et le raccordement à l'entrée A est assuré via l'adaptateur source de courant. Le piston de travail a vers le bas une tige avec oeillet pour fixer le fil. Le ressort de rappel est accroché dans le trou sur la tête du bâti. Il doit déjà être un peu tendu au point mort bas. Enrouler le fil deux fois autour de la poulie du capteur pour le transducteur de mouvement pour qu'aucun glissement ne survienne! Le potentiomètre doit être positionné de telle sorte qu'un volume d'env. 50 cm³ soit affiché au point mort haut du cylindre de travail.

Procédure expérimentale

■ Charger les paramètres

- Test du bon réglage du capteur pour le transducteur de mouvement : On fait tourner le moteur à fond à la main tout en observant si l'affichage du volume est compris dans la gamme de mesure. Si tel n'est pas le cas, détendre légèrement le fil et faire tourner la roue du capteur de mouvement jusqu'à ce que l'affichage soit correct.
- Enclencher le chauffage à l'aide de l'interrupteur sur la bobine secteur. Au premier démarrage, il est ingénieux d'attendre près d'1 minute avant de lancer le moteur pour que le gaz soit suffisamment chaud pour un démarrage facile. Pour les autres expériences, on peut démarrer le moteur lorsque le filament chauffant se met à rougir.

- Lancer la mesure avec . Le nombre prédéfini de points de mesure est mesuré et représenté automatiquement; la mesure est réglée sur quelques tours pour ainsi simplifier l'intégration décrite ci-après.

Exploitation

Détermination du volume (déjà réalisée dans l'exemple) : Le diamètre intérieur du cylindre de travail est de 60 mm, ceci donnant une surface du piston de $28,3 \text{ cm}^2$. Combiné à la distance s_{A1} , on obtient alors la formule pour le volume avec l'appareil de mesure adéquat.

Le travail par cycle s'obtient à partir de la surface délimitée, de la manière suivante : sélectionner [calculer l'intégrale \(surface de pic\)](#) dans le menu exploitation (cliquer dans le graphe avec le bouton droit de la souris) et marquer un cycle (cliquer sur le point initial et parcourir le cycle avec le bouton de la souris enfoncé). Les points de mesure intervenant dans l'intégration sont représentés d'une autre couleur. En principe, on ne réussit pas à acquérir tous les points de mesure d'un cycle; mais cela est sans importance pour le calcul de la surface si un ou deux points sont substitués par une droite. Une fois le bouton de la souris relâché, l'aire est marquée et son contenu est affiché dans la [ligne d'état](#).

Dans l'exemple, on obtient pour le travail W environ $W = 18900 \text{ hPa} \cdot \text{cm}^3 = 1,89 \text{ Nm}$.

Remarques

La puissance du moteur est donnée par $P = W \cdot f$ avec la vitesse de rotation à vide f .

La fréquence f peut se déterminer avec une barrière lumineuse et un compteur. Une autre possibilité est le recours au **Spectre de fréquences** (cliquer dessus avec la souris). Pour une meilleure résolution en fréquence, il faut par contre qu'il y ait plus de valeurs mesurées enregistrées qu'il n'y en a dans l'exemple (augmenter le nombre dans la [fenêtre des paramètres de mesure](#) en le faisant passer de 125 par ex. à 2000).