



## Motore ad aria calda (motore Stirling)

### FUNZIONAMENTO DEL MODELLO FUNZIONALE DI UN MOTORE AD ARIA CALDA COME MOTORE TERMICO.

- Messa in funzione del motore ad aria calda come motore termico.
- Dimostrazione della trasformazione dell'energia termica in energia meccanica.
- Misurazione del regime minimo a seconda della potenza calorifica.

UE2060100

04/16 JS

### BASI GENERALI

**Il ciclo termodinamico del motore ad aria calda (R. Stirling, 1816) può essere suddiviso, a fini di semplificazione, nei processi di apporto del calore, espansione, cessione del calore e compressione. Questi processi sono illustrati schematicamente nelle Figg. 1-4 per il modello funzionale analizzato.**

Per l'apporto di calore, il pistone di compressione P1 si sposta avanti e sposta l'aria verso il basso nell'area riscaldata del cilindro grande. In questa fase, il pistone di lavoro P2 si trova nella posizione più bassa, in quanto il pistone di compressione precede il pistone di lavoro di 90°.

L'aria riscaldata si espande e sposta il pistone di lavoro verso l'alto. A questo proposito, il lavoro meccanico viene ceduto all'asta centrifuga tramite l'albero a gomiti.

Mentre il pistone di lavoro si trova nel punto morto superiore, il pistone di compressione arretra e sposta l'aria nell'area superiore del grande cilindro per la cessione del calore all'ambiente.

L'aria raffreddata viene compressa dal pistone di lavoro che si sposta verso il basso. Il lavoro meccanico necessario a questo proposito viene svolto dall'asta centrifuga.

Se il motore ad aria calda viene azionato senza carico meccanico, il motore gira ad un regime minimo che è limitato dall'attrito interno e che dipende dalla potenza calorifica apportata. Il regime diminuisce non appena la potenza meccanica viene eliminata. Questo può essere facilmente dimostrato esercitando una forza di attrito sull'albero a gomiti.

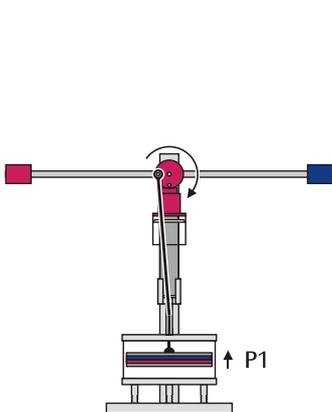


Fig. 1: Apporto del calore

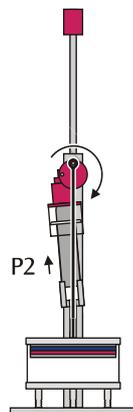


Fig. 2: Espansione

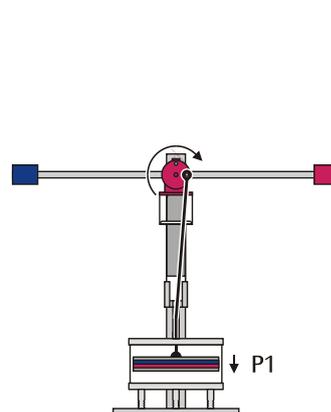


Fig. 3: Cessione del calore



Fig. 4: Compressione

## ELENCO DEGLI STRUMENTI

1 Motore Stirling D	1000817 (U8440450)
1 Alimentatore CC 20 V, 5 A @230 V	1003312 (U33020-230)
o Alimentatore CC 20 V, 5 A @115 V	1003312 (U33020-115)
1 Set di cavi di sicurezza per esperimenti, 75 cm	1017718 (U13816)
1 Cronometro meccanico	1003369 (U40801)

## MONTAGGIO

- Allentare l'impugnatura di bloccaggio dell'albero a gomiti e del pistone di compressione.
- Agganciare l'occhiello del filo di nylon, a cui è appeso il pistone di compressione, sull'estremità anteriore dell'albero a gomiti.
- Avvitare a fondo la seconda asta centrifuga sull'estremità posteriore dell'albero a gomiti.
- Chiudere il cilindro grande con il coperchio nero.

## ESECUZIONE

- Collegare l'alimentatore all'ingresso della tensione di accensione.
- Impostare la tensione di accensione su 12 V, attendere qualche minuto, quindi avviare manualmente il motore ad aria calda agendo sull'asta centrifuga.
- Variare gradualmente la tensione di accensione da 8 V a 15 V in stadi da 1 V ciascuno.
- Attendere un minuto, misurare il tempo necessario per 10 giri dell'albero motore e, su tale base, calcolare il relativo numero di giri.



Fig. 5: Struttura per il funzionamento del motore ad aria calda come motore termico mediante riscaldamento elettrico

## ESEMPIO DI MISURAZIONE

Tabella 1: Valori misurati relativi al regime minimo  $n$  in funzione della tensione di accensione  $U$

$U$ (V)	$10 T$ (s)	$n$ ( $s^{-1}$ )
8	27,5	0,36
9	24,6	0,41
10	21,3	0,47
11	19,0	0,53
12	16,9	0,59
13	15,0	0,67
14	13,4	0,75
15	12,0	0,83

## ANALISI

Considerando l'attrito interno costante, a fini di semplificazione, il regime minimo risulta proporzionale alla potenza meccanica del motore ad aria calda ceduta durante il funzionamento a vuoto. Assumendo inoltre che la resistenza ohmica del riscaldamento non si modifichi, la potenza calorifica risulta proporzionale al quadrato della tensione di accensione. Nella Fig. 6 è quindi riportato il regime minimo  $n$  del motore ad aria calda (come unità di misura della potenza meccanica ceduta) in funzione del quadrato della potenza di accensione  $U$  (come unità di misura della potenza calorifica apportata).

La Fig. 6 mostra quindi come la potenza meccanica ceduta aumenti innalzando la potenza calorifica apportata.

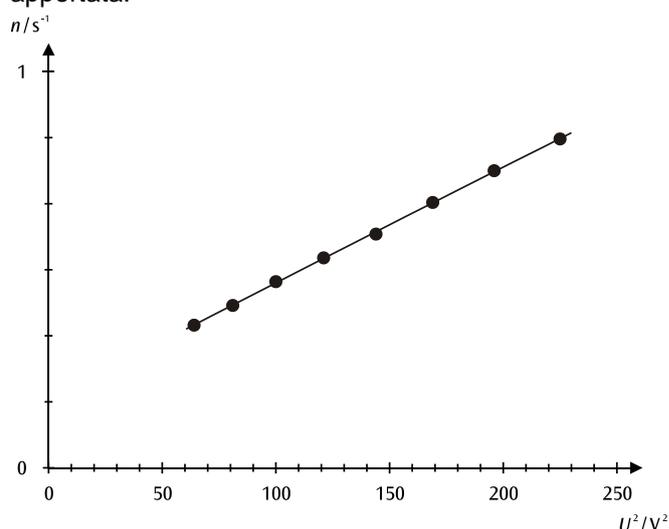


Fig. 6: Regime minimo del motore ad aria calda in funzione del quadrato della tensione di accensione

## RISULTATO

Durante il funzionamento come motore termico, il motore ad aria calda trasforma una parte della potenza calorifica apportata in potenza meccanica, cedendo all'ambiente la parte rimanente sotto forma di potenza calorifica.