

# Termodinamica e laboratorio : esperienze

## Apparato per lo studio delle leggi sui gas - Macchina termica

L'apparato consiste in un sistema pistone-cilindro, collegabile ad una camera di espansione (cilindro chiudibile con tappo di gomma). Il pistone in grafite scorre all'interno del cilindro in pyrex in condizioni di "quasi" assenza di attrito. Il sistema pistone-cilindro non garantisce una perfetta tenuta e di conseguenza il numero di moli di gas interessate potrebbe non mantenersi costante per un tempo di misura lungo.

L'apparato possiede connettori a baionetta a bloccaggio rapido che permettono di collegare il cilindro con l'esterno o con un sistema di tubi; ogni connettore ha una valvola di blocco a scatto.

L'apparato può essere collegato e a un  sensore di posizione angolare  (mod. CI-6538), che permette di misurare lo spostamento lineare e quindi la variazione del volume del gas nel cilindro, ed a un  sensore di bassa pressione  (CI-6534 low pressure sensor)) che permette di misurare la pressione del gas nel cilindro. Nella camera di espansione può essere inserito un  sensore di temperatura  (mod CI-6605 stainless steel temperature sensor).

Le misure caratteristiche del sistema sono:

Diametro del pistone:  $\Phi = (32.5 \pm 0.1)$  mm

Massa (pistone + piattaforma):  $M = (35.0 \pm 0.6)$  g

### **AVVERTENZE GENERALI per Software Data Studio**

#### **.- Installare i due sensori da utilizzare**

Sensore posizione angolare (mod. CI-6538) (jack giallo a sinistra, nero a destra)

.- impostare puleggia media e **spostamento lineare** (determinato da diametro puleggia)

.- impostare risoluzione angolare massima => sensibilità = 1/1440 di giro

.- il software dà lo spostamento lineare (variazione di posizione, in metri).

Sensore di bassa pressione (mod. CI-6534)

Sensore di pressione assoluta da 0 (cioè pressione atmosferica) a 10 kPa, cioè 0.1 atm, con sensibilità = 0.005 kPa (1 atm=10<sup>5</sup> Pa = 100 kPa). Il sensore va calibrato (un punto): 1atm => 0

Sensore di temperatura (acciaio, mod CI-6605). Sensibilità : 0.05 °C. (il sensore non va calibrato).

#### **N.B.**

.- Una volta scelto il sensore, nel pannello a sinistra, doppio click sul sensore per scegliere cifre significative (in base alla sensibilità del sensore) che devono essere acquisite.

.- Una volta impostati i sensori, aprire il grafico (mettendo in x e y le grandezze volute) ed iniziare raccolta dati.

.- La opzione "Interpolazione", dopo aver selezionato nel grafico i dati "utili", permette di ricavare, in una prima analisi, i parametri caratteristici dell'andamento osservato (costante di tempo in un andamento esponenziale, coefficiente angolare in un andamento lineare).

.- Per una analisi dati più accurata, salvare le tabelle dati acquisite in formato testo, per poterle poi importare su ORIGIN.

## Esperienza : Verifica della legge di Charles (isobara)

Legge di Charles: a  $P=\text{costante}$  e dato  $n$ ,  $V = \text{cost } T$ :

Per un gas perfetto, se  $P=\text{cost}$ :  $V = (nR/P)T$ , da cui:  $\Delta V = (nR/P)\Delta T$ .

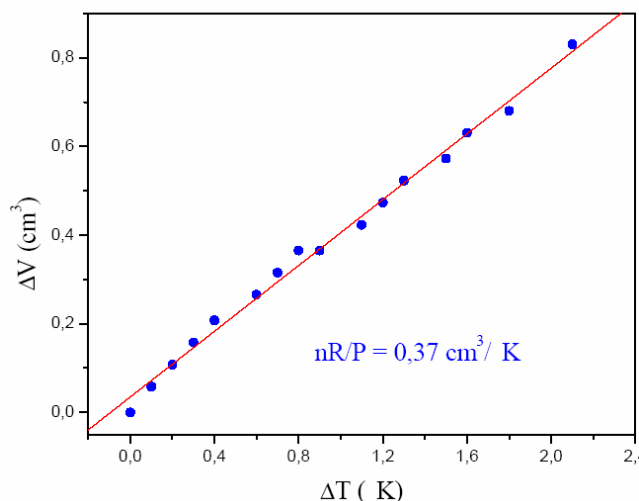
Si usa il sistema cilindro-pistone collegato alla camera.

1. Collegare il sistema cilindro-pistone con la camera, in cui e' inserito il termometro, utilizzando un pezzo di tubo. La pressione che agisce sul sistema è quella atmosferica (costante, perche' pistone libero di muoversi).
2. Immergere la camera nell'acqua contenuta all'interno del termos.
3. Predisporre lettura  $V$  vs  $T$
3. Riscaldare l'acqua per mezzo della resistenza (come in 2C).

**N.B. La resistenza per riscaldare acqua non deve essere mai tirata fuori dall'acqua mentre è alimentata!**

L'aria scaldandosi si espande => spinge il pistone => aumenta il volume

4. Determinare le condizioni migliori per raccogliere dati  $V$  in un (limitato) intervallo di  $T$ .



N.B.  $x_0$  (cioe'  $V_0$ ) assunto come 0

Grafici  $\Delta V$  vs  $\Delta T$  o  $V$  vs  $T$  (misurato direttamente) sono equivalenti.

**Verificare l'andamento lineare e ricavare il coeff angolare  $nR/P$**

**Verifiche:**

- dal valore del coeff. angolare, ricavare il valore di  $n$  (noto  $R$ ) e confrontarlo con il valore calcolato dalla stima del volume totale occupato dal gas (volume del cilindro + tubi + connettori + camera).

## Esperienza : Trasformazione calore-lavoro: realizzazione di un ciclo termico

Sfruttando un ciclo a quattro stadi di compressione e di espansione, il sistema è in grado di sollevare piccole masse compiendo quindi un lavoro meccanico. In particolare è possibile verificare sperimentalmente che il lavoro effettuato per sollevare la massa  $m$  di un tratto verticale  $h$  è uguale al lavoro termodinamico netto prodotto durante un ciclo, valutato misurando l'area racchiusa dal ciclo in un diagramma pressione volume:

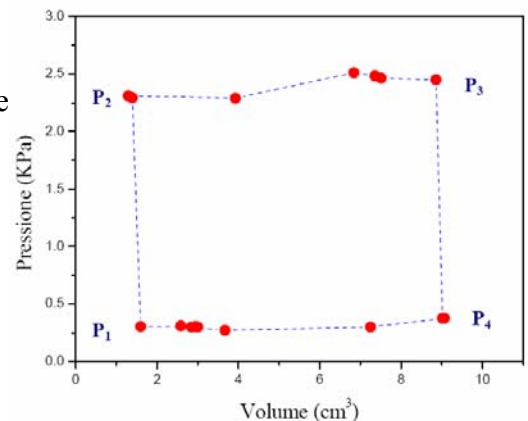
$$mgh = \oint_{\text{ciclo}} p dV$$

### PREPARAZIONE

1. Collegare la camera all'apparato base con un tubo, chiudendola con il tappo.
2. Collegare il connettore libero al sensore di pressione e il piatto del pistone al sensore di posizione, per la misura di  $P$  vs  $V$ .
3. Posizionare il pistone a circa metà della corsa dal basso.
4. Preparare l'acqua contenuta in due termos a temperature differenti. Questi costituiranno le sorgenti  $S_1$  e  $S_2$ , necessarie per la realizzazione del ciclo.
5. Immergere la camera d'aria nel calorimetro a temperatura inferiore e attendere che il sistema si stabilizzi.

### PROCEDIMENTO

- .1- Il sistema si trova in uno stato  $V_1 - P_1$ , con il pistone alla quota  $h_0$ . Con la camera immersa nella sorgente  $S_1$ , appoggiare la massa  $m$  sul piatto del pistone: il sistema subisce una trasformazione fino allo stato  $V_2 - P_2$ , con  $V_2 \sim V_1$  e  $P_2 > P_1$  (la trasformazione, a causa della velocità con cui avviene, può essere considerata adiabatica)
- .2- Mettere la camera a contatto con la sorgente  $S_2$ : l'aria scaldandosi si espande e la pressione rimane costante. La massa  $m$  si porta alla quota  $h_0+h$ , per cui il sistema passa allo stato  $V_3 - P_3$ , con  $V_3 > V_2$  e  $P_3 = P_2$ .
- .3- Quando il sistema si è stabilizzato, rimuovere la massa: il sistema subisce una trasformazione fino allo stato  $V_4 - P_4$ , con  $V_4 \sim V_3$  e  $P_4 < P_3$ . (come in 2, la trasformazione, a causa della velocità con cui avviene, può essere considerata adiabatica)
- .4- Riportare la camera d'aria a contatto con  $S_1$ : il gas si contrae a pressione costante tornando allo stato iniziale.
- .5- Riportare su un diagramma  $P-V$  il ciclo così ottenuto e stimare l'area della regione racchiusa dal ciclo.
- (.6- Ripetere l'esperimento con altre masse e sorgenti a diverse temperature.)



**Diagramma P-V della trasformazione ciclica ottenuta utilizzando le sorgenti  $S_1$  ( $T_1$  circa  $5^\circ\text{C}$ ) e  $S_2$  ( $T_2$  circa  $85^\circ\text{C}$ )**

### Verifiche:

- .- verificare se l'area del ciclo corrisponde (in ogni esperimento) al lavoro  $mgh$ .
- .- discutere le eventuali discordanze sulla base delle caratteristiche del sistema.