

Studio della legge di Charles e di un ciclo termodinamico

Corso di Termodinamica e laboratorio (Prof. Daniele del Re)

0.1 Scopo dell'esperienza

- studio della legge di Charles
- studio di un ciclo termodinamico

0.2 Legge di Charles

Se un gas perfetto fa trasformazioni a pressione costante ($p_{ext} = cost$), c'è una relazione esplicita di proporzionalità tra la variazione di volume e quella di temperatura

$$\Delta V = \frac{nR}{p_{ext}} \Delta T \quad (1)$$

Sapendo che all'inizio della trasformazione valeva $p_{ext}V_0 = nRT_0$, allora vale $\frac{V_0}{T_0} = \frac{nR}{p_{ext}}$, quindi:

$$\Delta V = \frac{V_0}{T_0} \Delta T \quad (2)$$

e perciò

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}. \quad (3)$$

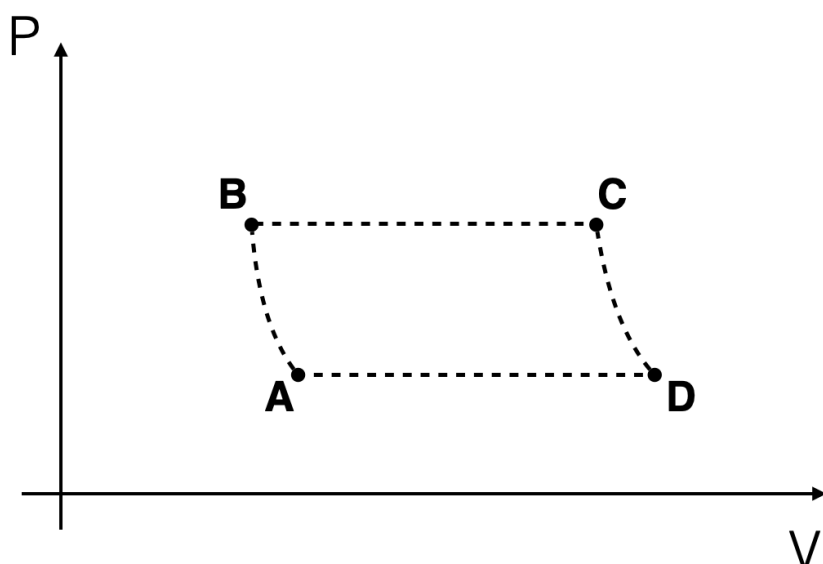
0.3 Ciclo di un gas perfetto

Supponiamo di avere un gas perfetto contenuto in un cilindro che ha, nella parte superiore, un pistone di massa trascurabile. All'inizio il gas è nello stato A caratterizzato dalle variabili di stato (P_A, V_A) a contatto termico con una sorgente a temperatura T_1 . Il gas fa un ciclo composto da 4 trasformazioni non-reversibili:

1. una compressione adiabatica, indotta dall'aggiunta repentina di una massa m al di sopra del pistone, che porta il gas nello stato B (P_B, V_B). In questa situazione $P_B = P_A + mg/S$, dove S è la superficie del pistone;
2. una espansione isobara indotta dal contatto termico del gas con una sorgente di calore ad una certa temperatura T_2 che lo porta allo stato C (P_C, V_C), con $P_C = P_B$;
3. una espansione adiabatica, indotta dalla rimozione repentina della stessa massa m , che porta il gas nello stato D (P_D, V_D). In questa situazione $P_D = P_A$;
4. infine una compressione indotta dal contatto termico del gas con la sorgente di calore iniziale a temperatura T_1 che lo riporta allo stato A .

Il lavoro fatto da questa macchina termica corrisponde alla variazione di energia potenziale del massa appoggiata sul pistone, che cambia la sua quota di h nel tratto $A \rightarrow C$. Quindi abbiamo:

$$mgh = L(gas) \quad (4)$$

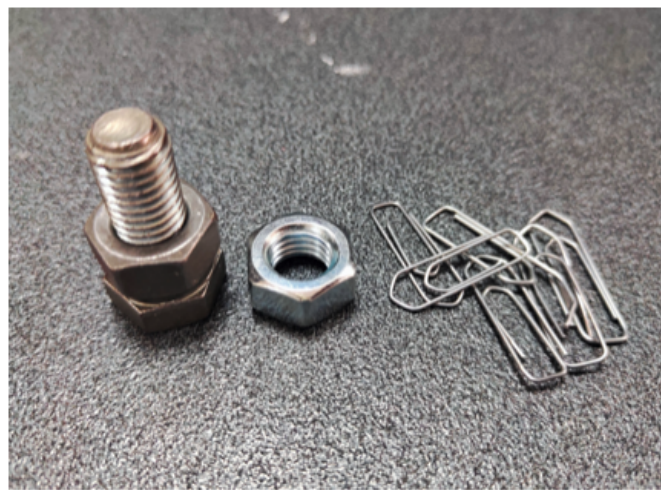


0.4 Apparato sperimentale

- sistema pistone-cilindro: il pistone in grafite può scorrere 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 oppure per pressioni molto diverse da quella atmosferica. L'apparato possiede connettori a baionetta a bloccaggio rapido che permettono di collegare il cilindro con l'esterno o con un sistema di tubi. Il sistema è posto in verticale. Il diametro interno del cilindro (per quasi tutti gli apparati) corrisponde a $(32.5 \pm 0.1)mm$;
- cilindro con volume fisso e pareti di metallo;
- sensore di moto rotatorio (mod. CI-6538), che permette di misurare lo spostamento lineare e quindi la posizione del pistone;
- sensore di bassa pressione (mod. CI-6534 low pressure sensor) che permette di misurare la pressione dei gas studiati;
- sensore di temperatura (mod CI-6605 stainless steel temperature sensor);
- due thermos;
- bollitore;
- resistenza per scaldare acqua;
- bulloni e pesetti.

0.5 Configurazione sensori

1. Sensore posizione angolare (mod. CI-6538) (jack giallo a sinistra, nero a destra)
 - impostare puleggia a *media* e spostamento a *lineare* (determinato da diametro puleggia);
 - impostare risoluzione angolare massima \Rightarrow sensibilità = $1/1440$ di giro;
 - attivare misura dello spostamento lineare (variazione di posizione in metri).
2. Sensore di bassa pressione (mod. CI-6534)



- Il range è nell'intervallo che va da 0 (cioè pressione atmosferica) a 10 kPa, cioè 0.1 atm, con sensibilità = 0.005 kPa (1 atm=105 Pa = 100 kPa);
3. Sensore di temperatura (acciaio, mod CI-6605). Sensibilità : 0.05 °C. Il sensore non va calibrato.
 4. Una volta scelta la variabile nel pannello a sinistra, fare doppio clic e scegliere il numero di cifre significative (in base alla sensibilità del sensore) da acquisire.

0.6 Operazioni per studio legge di Charles

1. Posizionare il cilindro verticalmente con il pistone posto circa alla metà della sua corsa. Il pistone deve essere collegato alla puleggia del sensore di posizione angolare mediante un filo.
2. Agganciare un numero di massette all'altro capo del filo in modo da bilanciare il peso del pistone. In questo modo si minimizza la perdita di gas, dal momento che non c'è differenza di pressione tra interno ed esterno del cilindro.
3. Collegare il sistema al cilindro metallico, che ha inseriti termometro e sensore di pressione.
4. Riempire il thermos di acqua.
5. Aprire il tappo e immergere la punta del termometro nell'acqua e il cilindro metallico. Una volta arrivati alla temperatura di equilibrio, reinserire il tappo e immergere nuovamente il cilindro nell'acqua a temperatura ambiente. L'acqua deve arrivare a metà del cilindro.
6. Porre la resistenza all'interno del thermos.
7. Far partire la presa dati e cominciare a scaldare l'acqua con la resistenza collegata al generatore di tensione. **N.B. La resistenza per riscaldare acqua non deve essere mai tirata fuori dall'acqua mentre è alimentata.**
8. Ricavare l'andamento di ΔV vs ΔT (non prendere in considerazione i dati iniziali, quando la temperatura non cresce linearmente con il tempo).
9. Verificare l'accordo dei dati con quello in 3 eseguendo un fit ai punti sperimentali. Il V_0 è quello di tutto il gas contenuto nei cilindri e nei tubicini.
10. Ripetere l'operazione almeno una volta e confrontare i risultati.

0.7 Operazioni per studio ciclo termodinamico

1. La configurazione del cilindro dotato di pistone e del cilindro metallico deve essere la stessa dello studio della legge di Charles.
2. Riempire i due thermos, uno con acqua a temperatura ambiente e l'altro con acqua a temperatura di circa 70 gradi.
3. Immergere il cilindro metallico nel thermos a temperatura ambiente. L'acqua deve arrivare un po' sopra la metà del cilindro. Attendere che il sistema termalizzi.
4. Far partire la presa dati.
5. Appoggiare la massetta m sul pistone. Appena raggiunta la nuova pressione e prima che comincino le perdite di tenuta (il volume comincia a ridursi a pressione costante), immergere velocemente il cilindro metallico nel thermos a temperatura più alta. Quando la posizione del pistone raggiunge il valore asintotico, rimuovere la massa m dal pistone. Appena raggiunta la nuova pressione e prima che comincino le perdite di tenuta, immergere velocemente il cilindro metallico nel thermos a temperatura più bassa. Infine, quando il sistema torna allo stato iniziale, interrompere la presa dati.
6. Misurare l'area del ciclo, la differenza di quota h ed estrarre il rapporto $mgh/L(gas)$. Nel misurare il rapporto fare attenzione alle eventuali correlazioni.
7. Ripetere l'esperimento con la stessa massa e con altre masse.