La legge di Boyle e Mariotte

Obiettivi

Vogliamo trovare una conferma della proporzionalità inversa tra volume e pressione in un gas perfetto, quando la temperatura verrà mantenuta costante, e tracciare il grafico relativo a tale trasformazione.

Materiali e strumenti

Il materiale utilizzato è quello che segue:

-cilindro (eventualmente graduato) con pistone che scorre al suo interno e chiude a tenuta;

-pesi;

-asta di supporto;

-valvola ventesimale e asta millimetrata;

-termometro;

-barometro.

Contenuti teorici

I riferimenti teorici sono quelli relativi alla definizione e al comportamento dei gas perfetti, in particolare quando vengono sottoposti a una trasformazione a temperatura costante. Quindi, dopo aver detto che cosa si intende per gas perfetto, puoi illustrare la legge di Boyle e Mariotte con tutti i suoi risvolti per quanto riguarda l'andamento del volume in funzione della pressione, soffermandoti magari sul significato della proporzionalità inversa.

Descrizione della prova

La prova è un po' impegnativa dal punto di vista dell'elaborazione dei dati: se il cilindro non è graduato, devi calcolare ogni volta il volume del cilindro assegnato dall'aria a partire dalla misurazione dell'altezza variabile; inoltre, devi calcolare i valori corrispondenti delle pressioni, da sommare a quella atmosferica e a quella dovuta al pistone, conoscendo le masse dei solidi utilizzati. Ciò che ci impegniamo a fare è:

-mettere dei pesi sul pistone, il cui valore cresce regolarmente (il doppio, il triplo ecc. del valore iniziale), e ogni volta rilevare l'altezza occupata dall'aria all'interno del cilindro;

-misurare o calcolare (se non vengono letti sul cilindro graduato) i volumi occupati dall'aria, dopo aver rilevato il diametro della sezione cilindrica (d):

$$V = S \cdot h = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot h$$

superficie della sezione cilindrica — altezza del cilindro

e, quindi, le pressioni aggiuntive a cui è sottoposta l'aria, secondo la seguente formula:

$$p_{agg} = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{\frac{\pi}{4} d^2} \qquad \frac{peso\ della\ massa\ disposta\ sul\ pistone}{superficie\ della\ sezione\ cilindrica}$$

Puoi procedere come segue.

a) Con una valvola ventesimale, inserire nel cilindro le ganasce opposte al cursore, misurare il diametro interno;

b) Misurare per mezzo di una bilancia la massa del pistone e quella dei pesi che ti serve per aumentare la pressione del gas;

c) Metti il cilindro con il pistone nel supporto, in modo che sia verticale, regolando la quantità d'aria tramite la chiusura inferiore del cilindro, che potrà essere un semplice tappo in gomma (in questo caso, fai in modo che appoggi sul ripiano affinché tenga meglio l'aria);

d) Fai qualche prova, abbassando il pistone a vari livelli all'interno del cilindro e verificando che, quando cessa la forza, il gas si espanda riportando il pistone nella posizione iniziale: se così non fosse, ciò dovrebbe dire che gli attriti e/o le perdite d'aria sono significativi;

e) Prendi nota, tramite il barometro, della pressione esterna;

f) Rilevamento, tramite il termometro, la temperatura dell'ambiente, che sarà presa come temperatura del gas (questo dato ti serve unicamente per valutare se durante la prova la temperatura del sistema è rimasta costante);

g) Metti sul pistone uno dei pesi e, facendo in modo che la compressione non sia troppo rapida, determina l'altezza dalla base del cilindro fino al pistone;

h) Ripeti la misurazione dell'altezza di cui all'istruzione precedente ogni volta che aggiungi un peso;

i) Leggi il valore della temperatura dell'ambiente per confrontarlo con quello iniziale.

Fatto questo, l'esecuzione pratica della prova è terminata.

Raccolta dei dati

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h ($\cdot 10^{-3} m$)	Δx(h) ($\cdot 10^{-3} m$)	V=S $\cdot$ h ($\cdot 10^{-6}\ m^3$)	Δx (V) ($\cdot 10^{-6}\ m^3$)	m (kg)	Δx (m) (kg)	p ($\cdot 10^{5} Pa$)	Δx (p) ($\cdot 10^{5} Pa$)	p$\cdot$ V (J)	Δx (p $\cdot$ V) (J)
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Elaborazione

Suddividiamo il trattamento dei dati in varie fasi, perché è piuttosto articolato:

-calcoliamo la superficie della sezione del cilindro;

-determiniamo il volume V_1 occupato dall'aria con un solo peso sul pistone;

-troviamo la pressione iniziale p_1, data dalla somma della pressione atmosferica, di quella dovuta alla massa del pistone e, infine, della pressione della prima massa aggiunta sul pistone;

-moltiplichiamo, infine, la pressione p, per il volume corrispondente Vi;

Ripetiamo i calcoli per trovare il volume V2 pressione p2 e il loro prodotto.

L'elaborazione può concludersi con il tracciamento del grafico (p, V) su carta millimetrata. Tieni presente che per visualizzare meglio l'iperbole, ci vorrebbe un numero maggiore di punti.

Analisi dei risultati e conclusioni

Per valutare l'esperienza devi osservare se i valori ottenuti di $p \cdot V$ sono effettivamente, nei limiti degli errori sperimentali, costanti.

Se hai calcolato anche le incertezze con le leggi di propagazione, allora puoi disegnare gli intervalli di indeterminazione (che saranno tanti quanti sono i pesi adoperati). Nel caso in cui trovi

una zona in comune a tutti gli intervalli tracciati, potrai sostenere di aver avuto una conferma della legge di Boyle e Mariotte.

Se, viceversa, i valori di p·V sono fra loro piuttosto lontani o non c'è compatibilità fra gli intervalli di indeterminazione, allora devi cercare di individuare i fattori che hanno influenzato negativamente la prova. Te ne suggeriamo alcuni:

-l'aria non è un gas perfetto;

-la temperatura dell'aria non è rimasta costante, a causa della rapida compressione o dell'aumento della temperatura ambientale durante l'esecuzione della prova;

-l'attrito pistone-cilindro non è trascurabile;

-si sono verificate delle perdite di aria.