

Esperimenti di fisica: legge di boyle

Laboratorio di Fisica
Liceo Alberti di Cagliari

Massimiliano Viridis

2

Legge di Boyle

2.1 Introduzione

La legge di Boyle riguarda i gas perfetti e afferma che, per una data quantità di gas mantenuto a temperatura costante in un recipiente chiuso, la pressione e il volume sono inversamente proporzionali:

$$PV = \text{cost} \quad (2.1)$$

Se usiamo la legge dei gas perfetti possiamo anche scrivere:

$$PV = nRT \quad (2.2)$$

dove n è il numero di moli del gas e R la costante dei gas perfetti. Pressione, volume e temperatura vanno indicate preferibilmente nelle unità di misura del sistema internazionale; altrimenti la costante R deve essere adeguata di conseguenza.

2.2 Descrizione dell'esperienza

In questa esperienza utilizzeremo un apparecchio appositamente realizzato per lo studio della legge di Boyle e dal costo relativamente contenuto. Il nostro apparecchio è di dimensioni contenute e quindi il volume di gas a disposizione è limitato. Possiamo variare il volume tra 20 ml e 65 ml. Con questi limiti potremo fare un'unica raccolta di dati che, partendo da un volume intermedio, preveda sia la compressione che l'espansione del gas, ma l'intervallo di letture della pressione sarebbe piuttosto limitato. Per cui ho preferito dividere la raccolta dati in due parti: nella prima partiamo dal volume massimo disponibile e comprimiamo il gas; nell'altra partiamo dal volume minimo e lo espandiamo. Le letture sono fatte ad intervalli di volume tali da poter osservare una sensibile variazione di pressione.

2.3 Apparecchi utilizzati

Abbiamo un cilindro ermeticamente chiuso con un pistone mobile. Connesso all'interno del cilindro abbiamo un barometro e un termometro digitale.

Il sensore di temperatura ha la sensibilità di $0,1\text{ }^\circ\text{C}$. Non sappiamo quanto sia l'accuratezza: per analogia con altri sensori digitali analoghi potrebbe essere $0,5\text{ }^\circ\text{C}$. In pratica siamo interessati a controllare che la temperatura rimanga costante piuttosto che al suo valore: per cui possiamo trascurare l'accuratezza.

Il manometro segna zero pascal quando la pressione è quella atmosferica. Il sensore è tarato in ettopascal. La scala è divisa in venti tacche per un aumento di pressione di 1000 hPa: per cui ogni tacca corrisponde a circa 5000 Pa ($101300/20 = 5065$).

2.4 Montaggio apparecchi

L'apparecchio, mostrato nella figura qui accanto, in pratica non necessita di alcuna preparazione. L'interruttore serve ad attivare il sensore digitale di temperatura (ricordiamoci di spegnerlo alla fine dell'esperienza!).

La maniglia rossa serve per chiudere ermeticamente o aprire all'aria il cilindro graduato: nella figura è in posizione di apertura e così lo lasciamo alla fine dell'esperienza.

Il manometro, con la valvola dell'aria aperta, segna zero pascal.



2.5 Procedimento

Facciamo in modo preventivamente che la temperatura dello strumento sia stabilizzata, cioè evitiamo di usarlo immediatamente alla temperatura troppo bassa con cui si trovava nell'armadio in cui era conservato.

Con la valvola dell'aria aperta giriamo la sbarra sulla sommità del cilindro in modo da portare il pistone nella posizione di partenza voluta e chiudiamo la valvola dell'aria.

Possiamo cominciare a prendere le misure del volume e della pressione corrispondente. Per quanto riguarda il volume posizioniamo la guarnizione del pistone sulla tacca serigrafata nel cilindro: è un modo come un altro per avere una indicazione precisa e uniforme per le letture di volume. Per quanto riguarda la pressione leggiamo la posizione dell'indicatore sulla scala graduata *sempre dopo avere dato qualche colpetto al manometro* per stabilizzare l'indicatore stesso. Infine leggiamo la temperatura.

Variamo la posizione del pistone mobile al nuovo volume e ripetiamo le misure come al punto precedente.

Maneggiamo tutto lo strumento evitando di scaldarlo con le nostre mani.

2.6 Dati sperimentali

Il valori di volume e temperatura sono nelle unità di misure indicate dallo strumento. Per la pressione ho preferito indicare nei dati sperimentali la tacca indicata dal manometro, mentre i corrispondenti valori in pascal sono indicati nell'elaborazione dei dati. Ho indicato la pressione misurata anche con mezza tacca, altrimenti i valori di pressione sarebbero stati troppo spazati.

Compressione

Volume (ml)	Pressione	temperatura (°C)
60	0	20,9
55	2	21,0
50	4,5	21,1
45	7	21,2
40	10,5	21,2
35	15	21,3
30	20,5	21,4
25	28,5	21,5
20	40	21,7

Espansione

Volume (ml)	Pressione	temperatura (°C)
20	0	21,5
25	-4	21,5
30	-7	21,5
35	-8,5	21,6
40	-10	21,7
45	-11,5	21,8
50	-12,5	21,8
55	-13	21,8
60	-13	21,8

L'ultima misura nella fase di espansione si è scontrata con la perdita di sensibilità del manometro per valori così bassi di pressione.

L'errore associato al volume è 1 ml; quello associato alla pressione è 2500 Pa, corrispondente a mezza tacca nella scala del manometro.

2.7 Elaborazione dati sperimentali

L'errore associato al prodotto PV è dato da:

$$\Delta(PV) = PV \left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} \right) \quad (2.3)$$

Compressione

V (10^{-6} m^3)	P (kPa)	T (K)	PV (Pa m^3)	$\Delta(PV)$ (Pa m^3)
60	101	294,8	6,1	0,4
55	111	294,7	6,1	0,3
50	124	294,6	6,2	0,3
45	138	294,5	6,2	0,3
40	155	294,4	6,2	0,3
35	177	294,4	6,2	0,3
30	205	294,3	6,2	0,3
25	246	294,2	6,1	0,3
20	304	294,1	6,1	0,3

Espansione

V (10^{-6} m^3)	P (kPa)	T (K)	PV (Pa m^3)	$\Delta(PV)$ (Pa m^3)
20	101	294,7	2,0	0,2
25	81	294,7	2,0	0,1
30	66	294,7	2,0	0,1
35	58	294,8	2,0	0,1
40	51	294,9	2,0	0,2
45	43	295,0	1,9	0,2
50	38	295,0	1,9	0,2
55	35	295,0	2,0	0,2
60	35	295,1	2,1	0,2

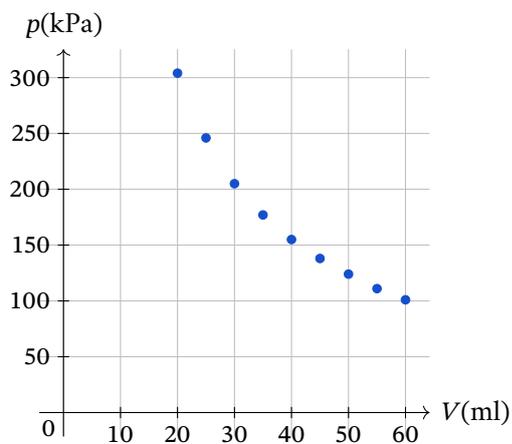


Tabella 2.1: compressione

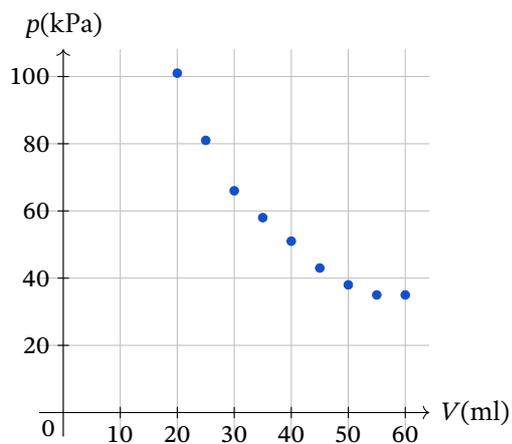


Tabella 2.2: espansione

Nei limiti dell'errore sperimentale il prodotto della pressione per il volume si è mantenuto costante e la legge è stata verificata.

La temperatura si è mantenuta ragionevolmente costante nelle due sessioni di misura. Il leggero aumento della temperatura in compressione è compatibile con il comportamento del gas per una trasformazione che non è né adiabatica né realmente isoterma per mancanza di un bagno termico a contatto con il cilindro d'aria. L'aumento, sia pur di pochi decimi di grado, osservato nella fase di espansione è legato al riscaldamento dello strumento nel suo maneggiamento da parte dello sperimentatore.

2.8 Note

Facciamo attenzione a maneggiare l'apparato sperimentale il meno possibile per evitare di riscaldarlo con le mani.

Quando finiamo l'esperienza ricordiamoci di spegnere il termometro e di lasciare aperta la valvola dell'aria.

Posizioniamo il pistone sempre ad altezze differenti per evitare che si formi qualche tipo di residuo della gomma del pistone alla stessa altezza dentro il cilindro.