

asdf

LA PRESSIONE DEI GAS E LA LEGGE DI BOYLE

28 November 2011

E' detta **pressione** di un gas la forza da esso esercitata su un'area unitaria delle pareti del recipiente che lo contiene.

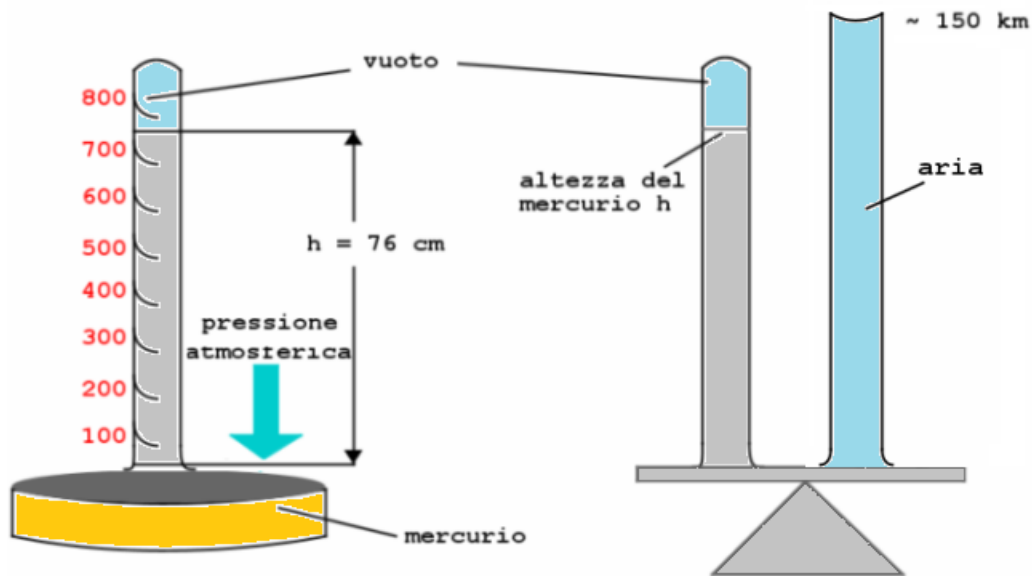
Già lo scienziato italiano **Evangelista Torricelli** dimostrò che l'aria che ci circonda esercita una pressione su di noi e su tutte le cose presenti sulla superficie terrestre.



Evangelista Torricelli

Torricelli sigillò un lungo tubo di vetro ad una estremità e lo riempì con del mercurio. Successivamente chiuse il lato aperto con il pollice, rovesciò il tubo e immerse il lato aperto dello stesso in una vaschetta di mercurio, facendo attenzione a non far entrare l'aria. Il livello di mercurio all'interno del tubo si abbassò e lasciò nel lato sigillato un vuoto quasi perfetto. Il mercurio non scese completamente bensì si fermò quando il livello era ad una altezza pari a circa **76 cm** rispetto al livello di mercurio nella vaschetta.

Torricelli riuscì a dimostrare che questa altezza variava di poco da un giorno all'altro e anche da un luogo all'altro.



In un barometro di Torricelli il livello più elevato del mercurio nel tubo è a circa $h = 76$ cm al di sopra di quello nel recipiente aperto (a destra). La massa di una colonna di mercurio di altezza h è esattamente uguale a quella di una colonna d'aria dello stesso diametro che si estende fino alla sommità dell'atmosfera

Tale dispositivo è detto **barometro** e funziona come una bilancia in cui un braccio viene caricato con la colonna di mercurio del tubo mentre l'altro con una colonna d'aria che ha una sezione della stessa area e che si estende fino alla sommità dell'atmosfera (cioè per 150 km circa dalla superficie terrestre).

La colonna di mercurio raggiunge un'altezza tale che la sua massa e quella della colonna d'aria sono uguali. Le variazioni da un giorno all'altro dell'altezza della colonna dipendono dal cambiamento della forza esercitata dall'atmosfera al variare del clima.

La pressione atmosferica, inoltre, varia molto anche con l'altitudine.

La scoperta di Torricelli misura la pressione atmosferica, come si può dedurre adoperando la seconda legge di Newton:

$$forza = massa \times accelerazione$$

dove l'accelerazione a di un corpo è la rapidità con cui varia la sua velocità. Il campo gravitazionale terrestre esercita una forza attrattiva che accelera tutti i corpi verso la Terra.

L'accelerazione dovuta al campo gravitazionale terrestre è $g = 9.8065 m s^{-2}$. La pressione, essendo una forza per unità di area, è pari a:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

essendo il volume del mercurio nel barometro pari a $V = Ah$, si ha:

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{mg}{V/h} = \frac{mgh}{V}.$$

Se consideriamo come $\rho = m/V$ la densità, l'espressione della pressione diventa:

$$P = \rho gh.$$

L'unità di misura del **SI** della pressione è il **pascal (Pa)** pari a $1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$. Le altre unità di misura della pressione sono:

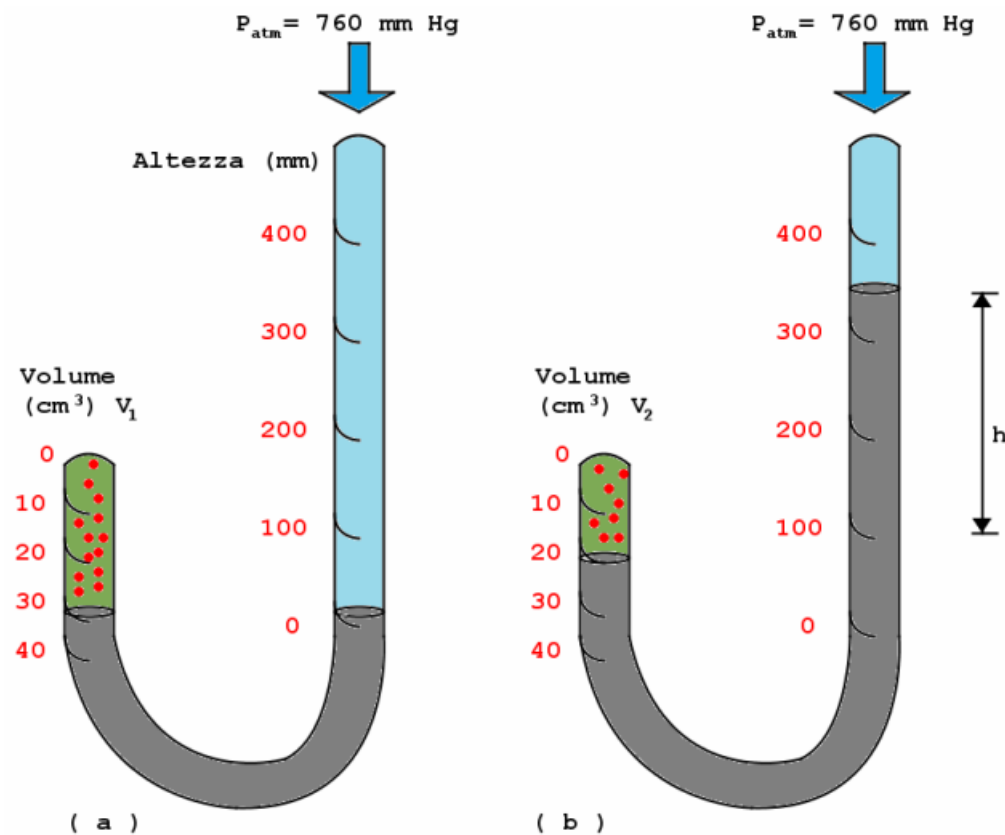
Unità di misura	Definizione
pascal (Pa)	$1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
bar	$1 \times 10^5 \text{ Pa}$
atmosfera (atm)	101.325 Pa
torr	$1/760 \text{ atm}$
760 mm Hg (a 0°C)	1 atm
14.6960 libbre per pollice quadrato (psi, lb in ⁻²)	1 atm

Nel XVII secolo **Robert Boyle** studiò le proprietà dei gas quando sono chiusi in un recipiente. Notò che quando si cerca di comprimere o espandere un gas esso tende a tornare al volume originale, seguendo lo stesso comportamento delle molle di metallo studiato dal collaboratore **Robert Hooke**.



Robert Boyle

Boyle studiò i cambiamenti di un volume di gas chiuso in un recipiente rispetto ai cambiamenti di pressione a temperatura costante. L'apparato di lavoro di Boyle è un tubo a forma di J all'interno del quale l'aria viene intrappolata nel lato chiuso dalla colonna di mercurio:



(a) Questo raffigurato sopra è il tubo a forma di J dell'esperimento di Boyle. Quando nei due lati le altezze di mercurio sono uguali, la pressione del gas che rimane imprigionato è quella atmosferica pari a 1 atm o 760 mm Hg. (b) Dopo che si aggiunge mercurio, la pressione del gas aumenta di un numero di millimetri di mercurio pari a dislivello h . La compressione induce quindi il gas ad occupare un volume minore.

Se in questo tubo la differenza di altezza h tra i due i due livelli di mercurio è nulla, la pressione dell'aria nella parte chiusa è bilanciata esattamente dalla pressione dell'atmosfera e quindi la pressione $P = 1 \text{ atm}$.

Aggiungendo mercurio dalla parte aperta del tubo, la pressione dell'aria imprigionata aumenta di 1 mm Hg per ogni millimetro di livello in più nella parte aperta rispetto

alla parte chiusa.

Esprimendola in atmosfere, la pressione nella parte chiusa è:

$$P = 1 \text{ atm} + \frac{h \text{ (in mm)}}{760 \text{ mm atm}^{-1}}.$$

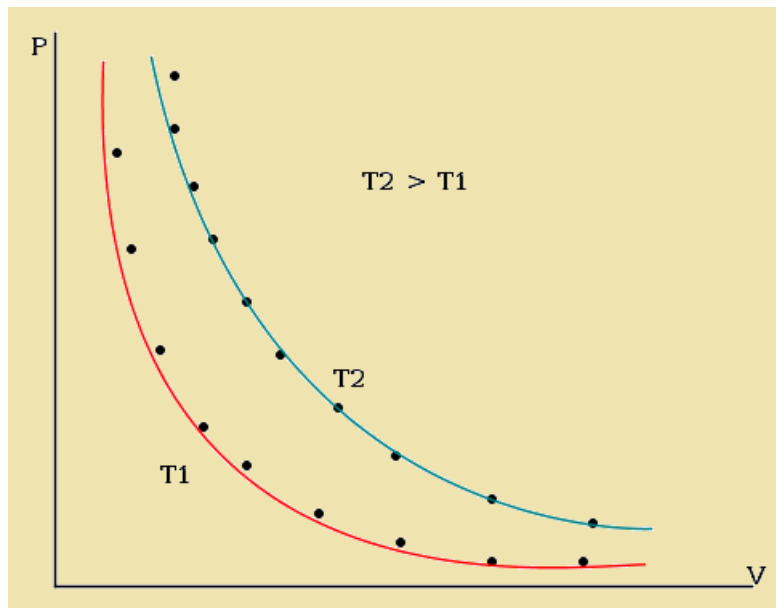
Il volume dell'aria racchiusa può essere letto sulla scala del tubo precedentemente calibrato, mentre la temperatura è mantenuta costante dall'ambiente che circonda il tubo.

Boyle scoprì che il prodotto PV tra pressione e volume è pari ad una costante C , qualora rimangano fissi temperatura e numero di moli, il cui valore dipende dalla quantità di gas e dalla sua temperatura.

I dati ottenuti da Boyle evidenziavano che P e V erano legati da una relazione inversa e suggerivano che la relazione potesse essere:

$$PV = C$$

come si può evincere dalla figura che segue:



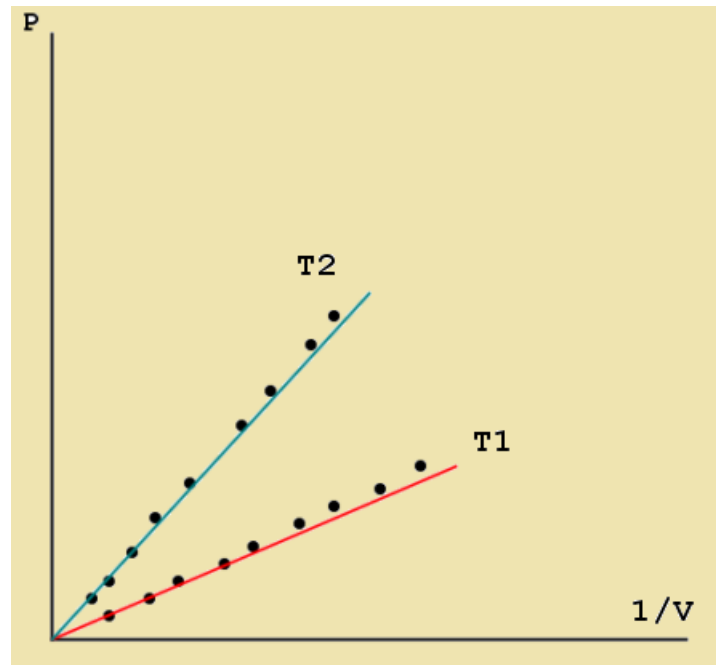
C'è da dire però che prima dell'arrivo delle calcolatrici grafiche e dei calcolatori non sempre era facile riuscire a dedurre la funzione matematica corrispondente ai dati sperimentali. Quindi come si fa a stabilire che gli esperimenti condotti da Boyle siano descritti da $PV = C$ e non da formule più complicate o comunque diverse?

Per fugare i dubbi in merito ci sono due modi di riportare i dati in un grafico. Si può infatti riscrivere l'equazione proposta da Boyle come:

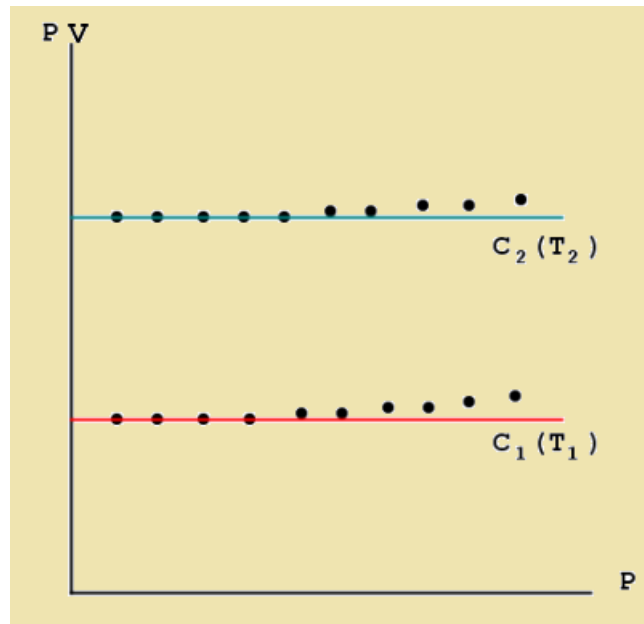
$$P = \frac{C}{V} = C \left(\frac{1}{V} \right)$$

che evidenzia la diretta proporzionalità di P rispetto a $1/V$.

Se l'equazione di Boyle riproduce i dati sperimentali, riportandoli nella forma di P in funzione di $1/V$ si otterrà una retta passante per l'origine con pendenza C :



Alternativamente se $PV = C$ è corretta, se si riportano i dati come PV in funzione di P si otterrà una retta indipendente da P , come in figura:



Riscrivendo l'equazione in forma lineare $y = mx + b$ e riportando i dati con l'equazione proposta si può effettuare un buon test circa la validità dell'equazione. I due grafici che abbiamo descritto finora mostrano che l'equazione di Boyle descrive in maniera accurata la relazione tra pressione e volume, nell'intervallo considerato di pressione e temperatura.

Il risultato:

$$PV = C \text{ (ad una temperatura costante e per una quantità fissa di gas)}$$

è noto come **legge di Boyle**.

La costante C dipende dalla temperatura T e dal numero di moli n di gas usato nel recipiente chiuso.

Per ogni combinazione di T e n il valore limite di C può essere estrapolato dai grafici a pressione nulla. A 0°C e per 1 mole di gas una estrapolazione a pressione zero come mostrato dalla linea rossa nella terza delle ultime 3 figure di cui sopra fornisce un valore limite di 22.414 L per C .

In tali condizioni la legge di Boyle assume la forma:

$$PV = 22.414 \text{ L atm (per una mole di gas a zero gradi centigradi)}$$

Da ricordare che la legge di Boyle è una idealizzazione a cui si attengono tutti i gas a pressioni **molto** basse.

Per ulteriori approfondimenti

[Esperimento di Torricelli - Museo Galileo](#)

Bibliografia

Chimica Moderna - Oxtoby, Gillis, Campion.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Asdf:i-gas-pressione-e-temperatura-legge-dei-gas-ideali-miscela-di-gas>"