

asdf

# LA TEMPERATURA DEI GAS E LA LEGGE DI CHARLES

10 December 2011

## Premessa all'articolo

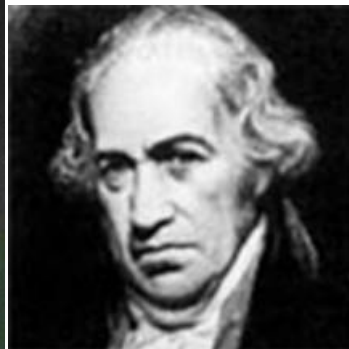
Dopo l'[articolo](#) relativo alla pressione dei gas, con questo mi propongo di fare la medesima "panoramica" fatta nel precedente, stavolta relativa alla temperatura. L'intento dell'articolo è come sempre di trattare questo argomento in maniera non eccessivamente rigorosa (come l'argomento invece richiederebbe) ma allo stesso modo di coglierne gli aspetti salienti.

## La temperatura: Fahrenheit e Celsius

La **temperatura** è una proprietà che è difficile da definire dal punto di vista quantitativo. Ad esempio, infatti, è possibile avere una sensazione istintiva del caldo e del freddo grazie al tatto.

Un'altra "esperienza intuitiva" che è possibile provare quotidianamente è che ad esempio l'acqua che congela è più fredda dell'acqua che bolle.

Ed è proprio l'acqua ad avere un "ruolo" importante nella **definizione** delle scale **Celsius** e **Fahrenheit**.

*Anders Celsius**Gabriel Fahrenheit*

Infatti esse sono definite per mezzo del **punto di congelamento** e del **punto di fusione** dell'acqua. L'acqua **congela a  $0^{\circ}\text{C}$  (  $32^{\circ}\text{F}$  )** e **bolle a  $100^{\circ}\text{C}$  (  $212^{\circ}\text{F}$  )**.

Cerchiamo però di capire, in maniera non troppo rigorosa, come sono state definite tali scale.

**Fahrenheit** scelse come temperature di riferimento:

- il **punto di congelamento di una soluzione salina satura** a cui assegno il valore di **0 °** che si riteneva essere allora la temperatura più bassa possibile;
- la **temperatura normale del corpo (quello di sua moglie)** che egli "fissò" a **96 °**: si ritiene probabile che la scelta di 96 ° per la temperatura corporea fosse dovuta a precedenti lavori di Newton, il quale definì una scala simile dividendo in 12 unità l'intervallo tra il punto di ebollizione e quello di congelamento.

A mano a mano che i termometri di Fahrenheit diventavano più accurati egli raddoppiò la loro risoluzione svariate volte fino a raggiungere il valore di 96. Ulteriori calibrazioni portarono poi alla definizione attuale basata sui punti di congelamento ed ebollizione prima esposti.

**Celsius** fu un po' più logico nel delineare la sua scala (chiamata originariamente anche **scala centigrada**): scelse infatti gli stessi punti di riferimento ma divise l'intervallo in 100 unità per avere maggiore facilità di calcolo.

Però c'è da dire che anche assegnando due punti fissi in questa maniera non si è risolto il problema della definizione di temperatura e ciò è dovuto al fatto che essa non è una proprietà meccanica come la pressione, ad esempio, ed è difficile poterla definire.

Un modo papabile per risolvere la questione potrebbe essere quello di "trovare" una proprietà meccanica che dipenda dalla temperatura e di usarla per definirne la scala. Ad esempio, quando si scalda il mercurio liquido da 0°C a 100°C si ha un aumento del suo volume dell'1,82 %. Potrebbe essere usata questa variazione di volume come base per definire una scala di temperatura e se si assume che il volume vari in maniera proporzionale con la temperatura è possibile misurare quest'ultima direttamente dal volume di mercurio in un tubo.

Ma questa definizione di scala di temperatura è **troppo particolare** perché dipendente dalle proprietà di un singolo materiale ed occorrerebbe, in effetti, che ne

venga definita una più **universale**. A tal proposito **studiamo il comportamento dei gas quando vengono riscaldati o raffreddati**.

## **I risultati di Charles**

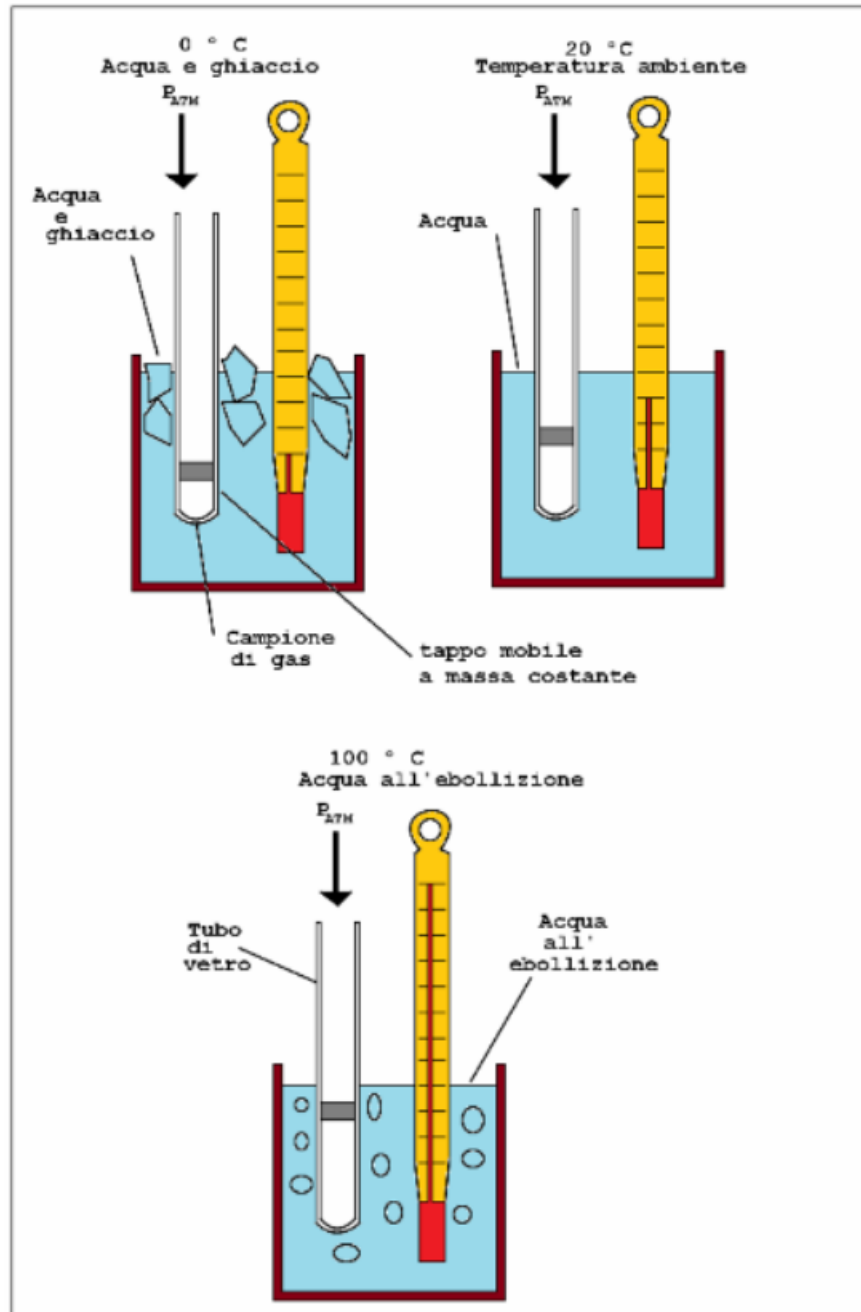
Un risultato notevole diretto nel senso di cui sopra, fu conseguito dallo scienziato francese **Jacques Charles**:



*Jacques Charles*

Egli notò che a pressioni sufficientemente basse si aveva una espansione della stessa quantità relativa per **tutti** i gas quando si partiva dalle temperatura iniziali e si arrivava alle temperature finali.

Ad esempio scaldando un campione di **N<sub>2</sub>** dal punto di congelamento a quello di ebollizione dell'acqua, questo si dilata fino a **1,366 volte** il volume iniziale, come si può appurare dalla figura schematica che segue:



Anche con altri gas osservò la stessa espansione del 36,6 %.

Tale comportamento suggerisce la temperatura possa essere scritta come **funzione lineare del volume dei gas** e cioè:

$$t = c \left( \frac{V}{V_0} - 1 \right)$$

dove:

- $V$  è il volume del gas alla temperatura  $t$ ;
- $V_0$  è il volume al punto di congelamento dell'acqua;
- $c$  è una costante uguale per tutti i gas.

Nell'equazione prima scritta il punto di congelamento dell'acqua (cioè per  $V=V_0$ ) si ha per  $t=0$ , che corrisponde allo zero della scala di temperatura Celsius.

Dall'aumento relativo di  $V$  fino al punto di ebollizione dell'acqua (assunto come  $100^\circ\text{C}$ ) si può ricavare  $c$ . Nel 1802 Gay-Lussac determinò un valore di  $c$  pari a  $267^\circ\text{C}$ . Gli esperimenti successivi hanno migliorato questo risultato fino a  $c = 273,15^\circ\text{C}$ . La definizione di temperatura in gradi Celsius è:

$$t = 273,15^\circ\text{C} \left( \frac{V}{V_0} - 1 \right).$$

La temperatura di un gas a bassa pressione può essere determinata prendendo un campione di gas e paragonandone il volume con quello presentato dallo stesso campione alla temperatura di congelamento dell'acqua. Per molti gas già la pressione atmosferica è sufficientemente bassa anche se per determinare accuratamente la temperatura è spesso necessario ricorrere a pressioni inferiori a quella atmosferica o applicare delle correzioni.

Avendo definito la scala di temperatura è possibile andare a rivedere il "caso" del mercurio e a misurare quindi le vere variazioni di volume con la temperatura e si scopre, senza scendere troppo nei particolari, che il risultato che si ottiene è quasi lineare ma non perfettamente.

L'equazione prima scritta può essere riscritta esprimendo il volume del gas in funzione della temperatura, ottenendo:

$$V = V_0 \left( 1 + \frac{t}{273,15^\circ\text{C}} \right),$$

**cioè: il volume di un gas varia in maniera lineare con la temperatura.**

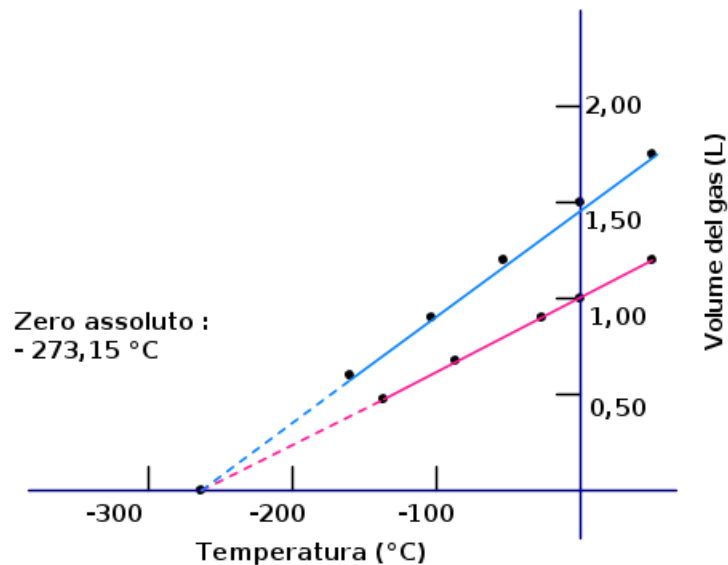
Questo è l'enunciato usuale della **legge di Charles** anche se fuorviante in quanto qui la linearità è introdotta attraverso la stessa definizione di temperatura. Il punto fondamentale è la **natura universale della costante  $273,15^\circ\text{C}$**  che è la stessa per tutti i gas a bassa pressione.

Inoltre la legge di Charles scritta nel modo di cui sopra evidenzia anche l'esistenza di un **limite inferiore** della temperatura.

Nella scala Celsius le temperature negative sono al di sotto del punto di congelamento dell'acqua ed hanno un significato.

Cosa accade per  $t$  che si avvicina a  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

Consideriamo la figura che segue:



Dalla figura si vede che un certo campione gassoso (linea viola) ha un volume di 1,0 L alla temperatura di  $0^{\circ}\text{C}$ . Un'altro campione (linea blu) alla stessa pressione occupa a  $0^{\circ}\text{C}$  un volume maggiore ma quando è raffreddato si contrae velocemente. La variazione percentuale in volume per ogni grado di variazione di temperatura è la stessa di quella del primo campione. Estrapolando gli andamenti (linee tratteggiate) evidenzia che il volume dei campioni diventa zero a  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Il volume dovrebbe tendere a 0 e se la  $t$  andasse al di sotto di tale valore il volume diventerebbe negativo che è un risultato ovviamente assurdo. Si potrebbe sospettare quindi che  **$-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$**  sia un limite fondamentale al di sotto del quale la temperatura **non può scendere**. Tutti i gas reali prima di giungere a questo **zero assoluto** di temperatura diventano liquidi o solidi e quindi l'esistenza di questo limite non può essere verificata semplicemente con una misurazione del volume dei gas.

E' però possibile stabilire in maniera certa che **nessuna** sostanza, gas o liquido o

solido, può essere raffreddata a temperature inferiori a  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  anche perché più la sostanza si avvicina allo zero assoluto e più è difficile da raffreddare.

Lo zero assoluto di temperatura è così assunto come lo zero di una scala di temperatura. Il modo più semplice per creare questa scala è di aggiungere  $273,15$  alla temperatura Celsius. Si "ottiene" in tal modo la **temperatura Kelvin**:

$$T(\text{kelvin}) = 273,15 + t(\text{Celsius})$$

La **T** maiuscola indica che questa è una scala assoluta la cui unità di misura è il **kelvin** ( **K** ). In questa scala la legge di Charles è:

$$V \propto T \text{ (a pressione costante e per una data quantità di gas)}$$

in cui la costante di proporzionalità è determinata dalla pressione e dalla quantità di gas (numero di moli).

A pressione costante e per una quantità di gas fissata il rapporto tra i volumi occupati a due diverse temperature sarà:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

## Bibliografia

Chimica moderna - Oxtoby, Gills, Campion .

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