

# Appunti di fluidi

Tommaso Miliani

02-10-25

## 1 Come è fatto un termometro

Nei primi termometri si utilizzava il mercurio in quanto a temperatura ambiente è liquido ed ha un coefficiente di dilatazione molto grande e soprattutto molto più lineare rispetto ad altri fluidi come l'acqua. L'idea di un termometro è in generale quella di trovare la temperatura di un dato sistema date come variabili  $x, y$ , che corrispondono rispettivamente al volume e alla pressione. Posso allora decidere (dato che è comodo) di trovare una funzione lineare prototipo del tipo:

$$T(x) = ax + b$$

Adesso devo trovare un modo per poter fissare queste costanti: se io so che ci sono delle situazioni che si verificano sempre alla stessa temperatura, allora sono in grado di determinarle. Esistono quindi dei punti chiamati **punti fissi termodinamici**: questi punti esistono e corrispondono proprio ai cambi di stato. Quando un materiale passa da uno stato all'altro si verificano sempre alla stessa temperatura purché sia fissata almeno una delle due variabili da cui ricavo la temperatura. Storicamente per determinare le scale dei termometri si utilizzano i punti termodinamici fissi dell'acqua come pressione fissata a  $p = 1 \text{ atm}$ .

$$\begin{aligned} T_1 &= ax_1 + b \\ T_2 &= ax_2 + b \end{aligned}$$

Posso allora ricavare le costanti come

$$\begin{aligned} a &= \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} \\ b &= T_1 - x_1 \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} \end{aligned}$$

Tutti questi procedimenti sono validi se e solo se si rimane ad un certo  $Y$  assegnato. Questa è solo una definizione per una curva che modellizzi la curva isoterma (è solamente una approssimazione e non una legge). Utilizzando ora i punti fissi dell'acqua si ha

$$t(x) = 100^\circ \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

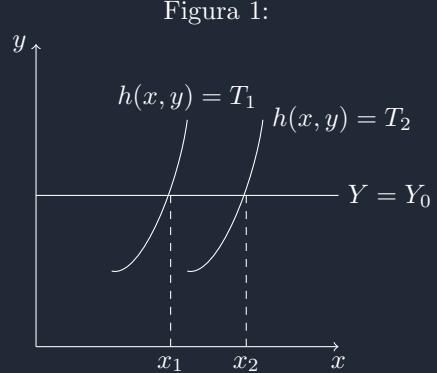
La variabile  $x$  è la temperatura dell'oggetto che si vuole misurare mentre  $x_1$  e  $x_2$  sono la temperatura della scala iniziale e finale.

### 1.1 Le varie scale

La scala Fahrenheit è una scala che utilizza altri punti fissi rispetto all'acqua utilizzando una miscela di acqua ghiaccio e ammoniaca. Si può ricavare una relazione tra la temperatura Fahrenheit e la temperatura Celsius:

$$t_F[^\circ F] = \frac{9}{5}t[^\circ C] + 32 \quad (1)$$

Quando misuro una temperatura con due termometri che utilizzano fluidi diversi ma la stessa scala termometrica questi leggeranno sempre misure diverse per tutte le temperature intermedie tra i due punti fissi in quanto la funzione che ho utilizzato per approssimare la temperatura non è congruente con la curva di temperatura effettiva. Un'altro problema per i termometri è la lenta evaporazione del fluido utilizzato che rende piano piano il termometro sempre meno preciso.



## 2 I Gas

### 2.1 La storia della teoria dei gas e la definizione di gas perfetto

Quando si fornisce tanta energia ad un sistema questo diventa un gas: si è scoperto che i gas obbediscono a delle leggi molto semplici. Robert Boyle ha scoperto, misurando pressioni e volume, che variando quelle grandezze il loro prodotto risultava essere costante

$$pV = \text{const}$$

Successivamente il fisico Mariotte ha scoperto che tale costante è la temperatura. Molti anni dopo il fisico Gay-Lussac si è domandato come possa dipendere una variabile dall'altra e ha trovato una dipendenza della pressione dalla temperatura, e lo stesso per il volume, secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} p &= p_0(1 + \beta T) \quad (V \text{ const}) \\ V &= V_0(1 + \gamma T) \quad (p \text{ const}) \end{aligned}$$

Allora si vede che entro gli errori queste due costanti sono molto vicine tra di loro e non dipendono dalla sostanza dalla quale si è fatto le misurazioni. Queste leggi valgono se e solo se si hanno piccole variazioni di temperatura e dunque si ottiene che

$$\beta \approx \gamma = \frac{1}{273} \text{ } ^\circ C^{-1}$$

Poco dopo il chimico Avogadro scopre che

$$p = \text{const} \quad T = \text{const} \implies V \propto n$$

Ossia il volume è direttamente proporzionale al numero di moli di un gas se e solo se il gas è mantenuto a pressione e temperatura costanti. Nonostante queste leggi siano storiche, queste sono tanto più valide tanto più un gas è rarefatto: posso allora definire un limite secondo il quale

$$\lim_{p \rightarrow 0} \implies \text{gas perfetto}$$

Il gas si dice **perfetto** quando la pressione tende a zero e dunque le leggi scritte per la pressione ed il volume valgono ed il valore dei coefficienti è esattamente:

$$\beta = \gamma = \frac{1}{273.15} \text{ } ^\circ C$$

Posso allora determinare la temperatura in funzione della pressione quando il volume è costante:

$$T = \frac{273.15}{p_0} p - 273.15 \text{ [} ^\circ C \text{]}$$

In questo modo posso rendere un gas sempre più rarefatto e misurarne la temperatura: così posso estrapolare la curva di temperatura con volume costante in funzione della variazione della pressione. Se volessimo una scala più comoda potremmo definire una nuova scala di temperatura chiamata **scala Kelvin** (grado Kelvin non è giusto!):

$$T = 273.15 + T(\text{ } ^\circ C) \text{ [} K \text{]} \quad (2)$$

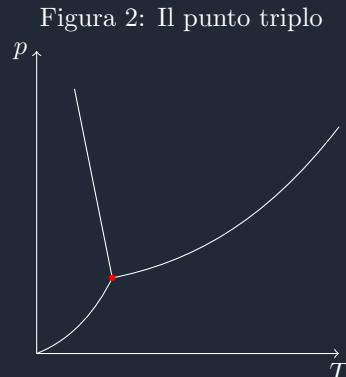
Allora la temperatura assoluta definita a volume costante utilizzando la scala Kelvin sarà:

$$T = \frac{p}{p_0} T_0$$

Esistono, oltre ai due punti fissi di fusione e ebollizione, esiste anche un unico valore in certe condizioni di pressione, volume e temperatura nel quale le tre fasi coesistono simultaneamente che prende il nome di **punto triplo**. Le condizioni del punto triplo dell'acqua sono:

$$T_{\text{triplo}} = 0.01 \text{ } ^\circ C = 273.16 \text{ K}$$

$$p_{\text{triplo}} = 611 \text{ Pa} \approx 10^{-3} \text{ atm}$$



Dato che il gas prefetto non esiste, io posso determinare la temperatura di un oggetto con un termometro che contiene un gas perfetto è data da:

$$T = \frac{p}{p_3} T_3$$

Dato che il gas perfetto non esiste, io prendo una successione di pressioni che convergono verso zero, di conseguenza la temperatura sarà sempre diversa: la  $p_3$  è la pressione che misura il termometro che misura quando lo metto in contatto con l'acqua alla temperatura del punto triplo e cambierà sempre di poco. In questo modo posso ottenere una procedura univoca per determinare la temperatura degli oggetti che tutti possono ripetere.