



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# VARIAZIONE DELLA TENSIONE DI VAPORE SATURO DELL'ACQUA CON LA TEMPERATURA

G. Galbato Muscio

L. Gravina

L. Graziotto

GRUPPO B
----------

Esperienza di laboratorio  
*11 dicembre 2017*

Consegna della relazione  
*15 gennaio 2018*

---

## Sommario

Si studia la dipendenza della tensione di vapore saturo, ossia la pressione alla quale si ha ebollizione di un liquido, dalla temperatura del liquido stesso. Il liquido utilizzato è acqua.

## Indice

<b>0</b>	<b>Scopo e descrizione dell'esperienza</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Apparato Sperimentale</b>	<b>3</b>
1.1	Strumenti . . . . .	3
1.2	Sensori . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Sequenza Operazioni Sperimentali</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Considerazioni finali</b>	<b>4</b>

## Elenco delle tabelle

## Elenco delle figure

## 0 Scopo e descrizione dell'esperienza

L'ebollizione di un liquido avviene quando l'evaporazione non riguarda unicamente le molecole a contatto diretto con l'ambiente esterno, ma anche porzioni di liquido interne: tale fenomeno può verificarsi unicamente quando la pressione di vapore saturo, ossia quella di equilibrio tra fase gassosa del sistema e fase liquida, eguaglia la pressione applicata sul sistema termodinamico nel suo insieme. La temperatura di ebollizione di un liquido è dunque definita in relazione alla pressione  $P$  applicata sul sistema, ed è quella a cui la tensione di vapore saturo uguaglia  $P$ .

L'esperienza si propone di studiare la dipendenza della tensione di vapore saturo dalla temperatura, portando il liquido, in questo caso acqua, ad una certa temperatura, e quindi diminuendo la pressione del sistema termodinamico chiuso in modo da portare il liquido all'ebollizione: la pressione raggiunta sarà pari alla tensione di vapore saturo.

La diminuzione di pressione nel sistema chiuso è ottenuta mediante una pompa rotativa, collegata al sistema termodinamico mediante tubi che passano attraverso una camera in vetro immersa in azoto liquido: tale componente del *setup* sperimentale ha lo scopo di intrappolare, condensandolo, il vapor d'acqua in uscita dal sistema termodinamico, affinché esso non contamini l'olio lubrificante della pompa stessa, diminuendone le prestazioni.

Si prevede un andamento crescente della tensione di vapore saturo in funzione della temperatura, ovvero che a pressioni maggiori la temperatura di ebollizione sia più elevata: è necessaria un'energia cinetica maggiore, dunque una temperatura maggiore, delle molecole del liquido per vincere infatti la pressione applicata sul sistema e passare dalla fase liquida a quella gassosa.

Per l'analisi dati si utilizzerà un notebook in linguaggio Python.

## 1 Apparato Sperimentale

### 1.1 Strumenti

- Recipiente in pyrex in cui è inserita  $n = 1$  mol di  $H_2O$ ;
- Resistenza elettrica inserita nel recipiente di cui sopra, collegata con un generatore di tensione;
- Pompa rotativa che permette di variare la pressione nel recipiente di cui sopra;
- Camera in vetro immersa in un bagno di azoto liquido a  $T = 77$  K, collegata da una parte al recipiente di cui sopra e dall'altra alla pompa rotativa;
- Rubinetti tra la camera in vetro e il recipiente e tra il recipiente e l'ambiente esterno.

### 1.2 Sensori

- Manometro [risoluzione:  $1 \times 10^{-4}$  bar];
- Termometro a mercurio [risoluzione:  $0.2$  °C, incertezza  $0.03$  °C].

## 2 Sequenza Operazioni Sperimentali

**Modello fisico ideale** La relazione che lega la tensione di vapore saturo alla temperatura di ebollizione è l'**equazione di Clausius-Clapeyron**

$$P = P_0 e^{-\frac{\lambda_{ev} M}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad (1)$$

Dove  $\lambda_{ev}$  rappresenta il calore latente di evaporazione,  $M$  è la massa molare del liquido,  $R$  è la costante universale dei gas e  $P_0$ ,  $T_0$  indicano i valori di pressione e temperatura di un punto nel piano pressione-temperatura assunto come riferimento.

**Situazione reale** Il sistema termodinamico è costituito da una massa d'acqua allo stato liquido di 18 g; ricordando che la massa molare è 18 g/mol, si può esprimere la quantità presente come 1 mol. A partire dall'equazione 1 ci si prefigge di ricavare sperimentalmente il valore del calore latente di evaporazione  $\lambda_{ev}$ , che si confronterà con il valore vero di 539.31 cal/g. In questo caso, si utilizzerà il valore della costante dei gas  $R = 1.987 \text{ cal}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

Si eseguono 10 prese dati della tensione di vapore saturo variando la temperatura del liquido nell'intervallo  $38 \div 82 \text{ }^\circ\text{C}$ ; si osserva, in particolare, che una volta portato il liquido a temperatura, riscaldandolo mediante la resistenza elettrica e con il rubinetto a contatto con l'ambiente esterno aperto, quando quest'ultimo viene chiuso e la pressione viene diminuita anche la temperatura diminuisce: si ritiene che questo sia dovuto in parte alla non adiabaticità delle pareti del recipiente, in parte alla fuga delle molecole già allo stato aeriforme che vengono portate al di fuori dal sistema termodinamico dall'azione della pompa rotativa, e fatte condensare nella camera immersa in azoto liquido. Si reputa pertanto che alla fine dell'esperimento la quantità di acqua presente nel recipien-

te sarà sensibilmente inferiore a quella presente inizialmente.

I punti relativi alla tensione di vapore saturo ad una data temperatura vengono rappresentati in un grafico semilogaritmico: l'equazione di Clausius-Clapeyron 1 viene pertanto riscritta come

$$\log\left(\frac{P}{P_0}\right) = \frac{\lambda_{ev}M}{R}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right),$$

da cui è chiara la dipendenza del logaritmo della pressione, rapportata alla pressione di riferimento, dall'inverso della temperatura di ebollizione.

Ancora, indicando con  $m$  il coefficiente angolare della retta che interpola i punti sperimentali nel grafico semilogaritmico, si ha

$$\lambda_{ev} = -\frac{mR}{M},$$

ove l'unità di misura del coefficiente  $m$  è [K] e quella del calore latente è [cal/g].

#### Procedura e presa dati

### 3 Considerazioni finali