

Laboratorio di Termodinamica: esperienza 5

Variazione della tensione di vapore saturo dell'acqua con la temperatura

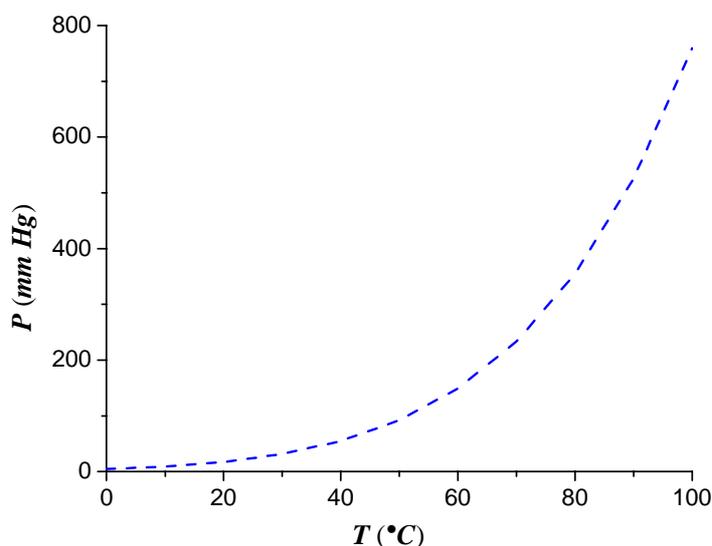
PREMESSA

Il passaggio di un liquido allo stato aeriforme, o vaporizzazione, si manifesta come *evaporazione*, quando i vapori si formano lentamente sulla superficie del liquido, o come *ebollizione*, quando il liquido non è completamente degassato e i vapori si formano bruscamente in seno alla fase liquida. Nei liquidi riscaldati a contatto dell'atmosfera l'ebollizione si verifica quando la pressione di vapore saturo eguaglia o supera di poco quella atmosferica. In generale, a pressioni differenti, vale la legge seguente:

La temperatura di ebollizione di un liquido sotto una certa pressione P è quella a cui la tensione di vapore saturo uguaglia P .

Nella tabella e nel grafico seguenti riportiamo come varia la tensione di vapore saturo nel caso dell'acqua. I dati a temperature $\leq 0^\circ\text{C}$ sono relativi alla fase metastabile in cui il liquido è sottoraffreddato.

$T(^{\circ}\text{C})$	$P(\text{mm Hg})$
-10	1.947
0	4.579
10	9.205
20	17.51
30	31.71
40	55.13
50	92.30
60	149.2
70	233.5
80	355.1
90	525.8
100	760
140	2710
180	7514
260	35187
360	139880



L'espressione che stabilisce la relazione pressione – temperatura per il passaggio liquido-vapore, ricavata dall'equazione di Clausius-Clapeyron, è la seguente:

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

dove λ_{ev} , assunto indipendente dalla temperatura e uguale a 539.31 Kcal/kg nel caso dell'acqua, rappresenta il calore latente di evaporazione, M è la massa di una mole, $R = 1.986 \text{ cal/(mole} \cdot \text{K)}$ è la costante universale dei gas e P_0 , T_0 rappresentano i valori di pressione e temperatura di un punto nel piano $P - T$ assunto come riferimento, ad esempio P_0 è la pressione atmosferica e T_0 è la temperatura di ebollizione dell'acqua. In questa espressione la temperatura è espressa in K.

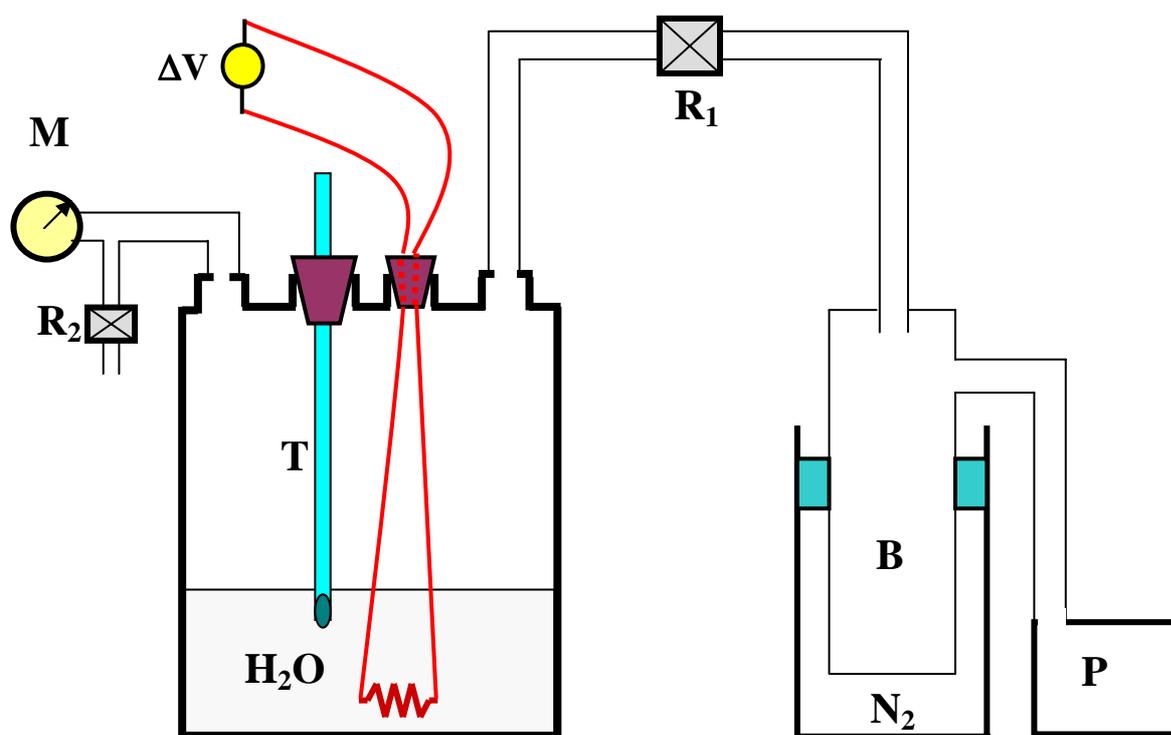
Lo scopo di questa esperienza concerne la ricostruzione della curva di coesistenza liquido – vapore dell'acqua nel piano $P - T$.

DESCRIZIONE DELL'APPARATO SPERIMENTALE

L'apparato utilizzato nell'esperimento è riportato in figura. L'acqua inserita all'interno di un recipiente in pyrex può essere riscaldata da una resistenza collegata con un generatore di tensione (ΔV). Un termometro a mercurio, (**T**) inserito attraverso un tappo conico di gomma all'interno del recipiente, permette di monitorare la temperatura all'interno della camera.

Il recipiente è collegato attraverso un tubo a una pompa rotativa (**P**) che permette di fare il vuoto nel recipiente. La pressione può essere accuratamente variata per mezzo di un rubinetto a spillo (**R₁**) che regola finemente il passaggio di gas all'interno del tubo di collegamento. Un manometro (**M**) permette di misurare la pressione del vapore sovrastante il liquido. Un rubinetto ausiliario (**R₂**) collegato al recipiente in pyrex permette, se aperto, di ripristinare la pressione atmosferica all'interno della camera.

Un ruolo importante nella conduzione dell'esperimento è giocato dalla camera in vetro (**B**) immersa in un bagno di azoto liquido (N_2 , $T = 77\text{ K}$) che funziona come "trappola" dei vapori d'acqua i quali, se non bloccati, contaminerebbero l'olio lubrificante della rotativa riducendone l'efficienza.



PREPARAZIONE

1. Chiudere \mathbf{R}_1 e mantenere aperto \mathbf{R}_2 . Accendere la pompa rotativa \mathbf{P} .
2. Accendere il generatore di tensione che permette il passaggio di corrente nella resistenza.
3. Portare l'acqua alla temperatura $T_0 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ corrispondente al punto di ebollizione alla pressione $P_0 = 1 \text{ atm}$.

PROCEDIMENTO

1. Chiudere \mathbf{R}_2 e disattivare la resistenza. L'acqua comincia a raffreddarsi.
2. Con la rotativa sempre in funzione, e mano a mano che la temperatura scende, regolare finemente il rubinetto a spillo per diminuire la pressione all'interno del recipiente. Per ciascun valore scelto di T , regolare la pressione in modo da riprodurre la condizione di ebollizione, corrispondente a quella di tensione di vapore saturo per quel valore della temperatura.
3. Ripetere l'operazione per differenti stati di ebollizione $T - P$. E' possibile portare a ebollizione il liquido fino a temperatura ambiente, variando opportunamente la pressione.
4. Riportare su una tabella i valori sperimentali T, P ottenuti e i corrispondenti rapporti P/P_0 , con relativi errori.
5. Riportare su grafico semilogaritmico i valori di P/P_0 in funzione di $1/T$. Dal valore del coefficiente angolare, calcolato con il metodo dei minimi quadrati, ricavare il valore sperimentale di λ_{ev} . Assumere per l'acqua $M = 18 \text{ g}$. Confrontare i risultati sperimentali con i valori teorici riportati in tabella mediante test del χ^2 .