

Presiunea de vapori a apei la temperaturi înalte

- **Topica abordată**

Punctul de fierbere, căldura latentă de vaporizare, ecuația Clausius-Clapeyron, legea Van't Hoff

- **Scopul lucrării**

1. Măsurarea presiunii de vapori a apei în funcție de temperatură
2. Calcularea căldurii latente de vaporizare la diferite temperaturi din valorile măsurate
3. Determinarea punctului de fierbere la presiune normală prin extrapolare

- **Teoria lucrării**

Energia termică care trebuie primită de un mol de lichid, în timpul procesului de vaporizare la temperatură constantă se numește căldura molară de vaporizare. La o temperatură dată T respectiv ϑ în grade Celsius există o anumită presiune de vapori pentru care faza lichidă și cea gazoasă sunt în echilibru (Fig. 1). Când un lichid fierbe, presiunea de vapori este egală cu presiunea externă (atmosferică). Ecuația diferențială Clausius-Clapeyron

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Lambda}{T(V_{vap} - V_{liq})} \quad (1)$$

unde V_{vap} și V_{liq} sunt volumul molar al vaporilor respective al lichidului și Λ este căldura latentă corespunzătoare tranziției de fază.

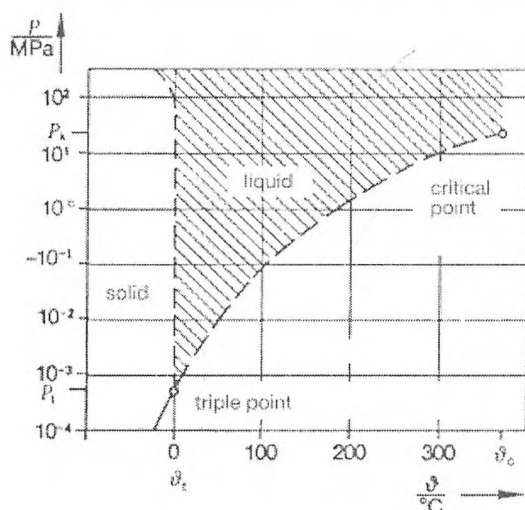


Fig. 1: Curba presiunii de vapori: apa

$$p_t = 6.11 \text{ hPa} \quad \vartheta_t = 0.01^\circ \text{C}$$

$$p_c = 22.12 \text{ MPa} \quad \vartheta_c = 374.2^\circ \text{C}$$

Presiunea de vapori a apei la temperaturi înalte

- **Topica abordată**

Punctul de fierbere, căldura latentă de vaporizare, ecuația Clausius-Clapeyron, legea Van't Hoff

- **Scopul lucrării**

1. Măsurarea presiunii de vapori a apei în funcție de temperatură
2. Calcularea căldurii latente de vaporizare la diferite temperaturi din valorile măsurate
3. Determinarea punctului de fierbere la presiune normală prin extrapolare

- **Teoria lucrării**

Energia termică care trebuie primită de un mol de lichid, în timpul procesului de vaporizare la temperatură constantă se numește căldura molară de vaporizare. La o temperatură dată T respectiv ϑ în grade Celsius există o anumită presiune de vapori pentru care faza lichidă și cea gazoasă sunt în echilibru (Fig. 1). Când un lichid fierbe, presiunea de vapori este egală cu presiunea externă (atmosferică). Ecuația diferențială Clausius-Clapeyron

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Lambda}{T(V_{vap} - V_{liq})} \quad (1)$$

unde V_{vap} și V_{liq} sunt volumul molar al vaporilor respective al lichidului și Λ este căldura latentă corespunzătoare tranziției de fază.

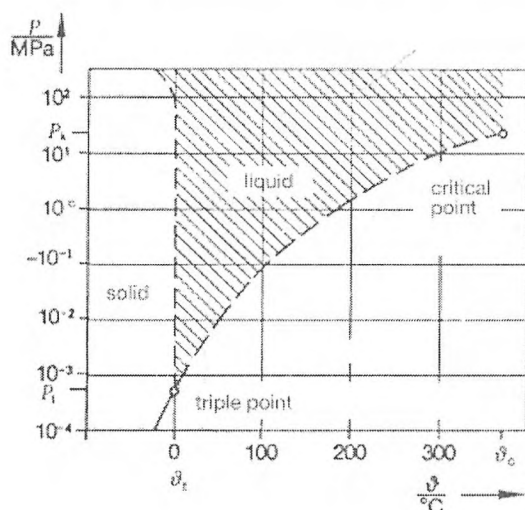


Fig. 1: Curba presiunii de vapori: apa

$$p_t = 6.11 \text{ hPa} \quad \vartheta_t = 0.01^\circ\text{C}$$

$$p_c = 22.12 \text{ MPa} \quad \vartheta_c = 374.2^\circ\text{C}$$

Dispozitivul experimental și modul de lucru

Apa este închisă într-o incintă preseurizată și încălzită. Atâta timp cât apa se transformă în vapori, presiunea de vapori în incintă corespunde presiunii de vapori la orice temperatură și pentru orice moment de timp. Căldura latentă de vaporizare este determinată pentru diferite temperature din măsurarea presiunii de vapori în funcție de temperatură.

Dispozitivul experimental este prezentat în Figura 3. Se umple vasul de presiune cu apa distilată, cu ajutorul unei pipete, asigurându-ne că nu există aer în linia principală de măsurare a presiunii. Se închide incinta cu grijă, după care aceasta este așezată deasupra unei plite electrice. Se introduce termometrul în golul corespunzător care este prevăzut pe vasul de presiune, care ar trebui umplut cu pastă conductoare termic. Se încălzește vasul de presiune până presiunea atinge valoarea de 40 bari. În acest moment plita electrică este oprită și echipamentul se răcește liber și se înregistrează temperatura și presiunea

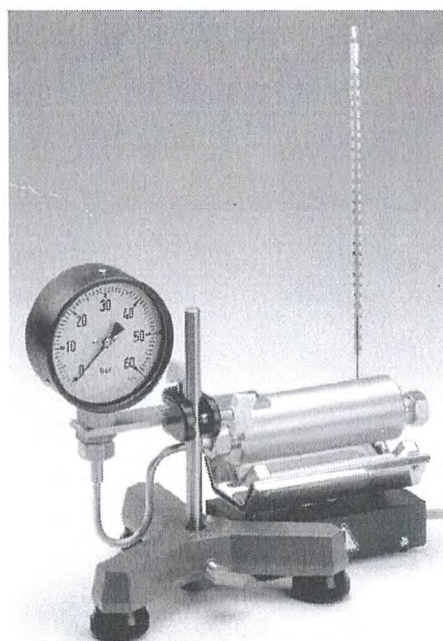


Fig. 3: Dispozitivul experimental pentru măsurarea presiunii de vapori în funcție de temperatură

La presiune scăzută $p \ll p_c$, $V_{liq} \ll V_{vap}$, poate fi neglijată. În acest domeniu, vaporii se comportă asemănător gazelor ideale iar

$$V_{vap} = \frac{RT}{p} \quad (2)$$

unde $R = 8.3141 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$, constanta universală a gazelor.

Așadar ec (1) devine:

$$\frac{dp}{p} = \frac{\Lambda}{R} \frac{dT}{T^2} \quad (3)$$

Presupunând Λ constantă, prin integrare se obține ecuația Van't Hoff

$$\ln p = -\frac{\Lambda}{R} \frac{1}{T} + \text{const.} \quad (4)$$

Reprezentarea semi-logaritmică a valorilor măsurate (Fig. 2) arată o dependență aproape liniară între $\ln p$ și $\frac{1}{T}$. Căldura latentă de vaporizare se schimbă cu temperatura. Prin fitarea dependenței liniare în domeniul $190^\circ\text{--}250^\circ\text{C}$ și $150^\circ\text{--}190^\circ\text{C}$, de exemplu, se poate obține căldura latentă de vaporizare la 220°C și 170°C prin calcularea pantei și multiplicare cu R .

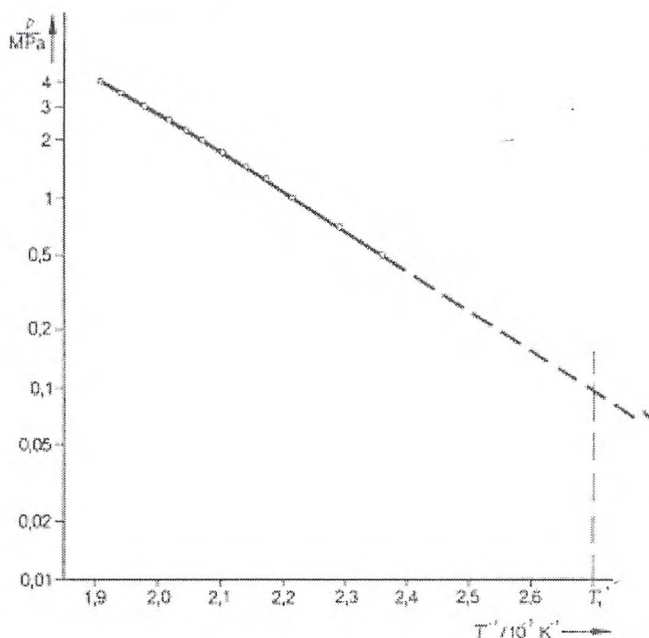


Fig. 3: Logaritm natural al presiunii de vapori p în funcție de inversul temperaturii ($1/T$): T_b = timpul de fierbere la presiune normală.

- Prin extrapolarea dependenței liniare la temperaturi scăzute se poate determina punctual de fierbere al apei la presiune normală, T_b .

Datele obținute se vor pune într-un tabel de forma (1mbar=100 Pa):

Nr.crt.	t (°C)	p (bar)	p(hPa)	lnp	T(K)	1/T

Cu ajutorul datelor obținute se trasează dependenței presiunii de vapori de temperatură și a graficului $\ln p$ vs $1/T$.

Dependența presiunii de $1/T$, în scară logaritmică, este asemănătoare cu cea prezentată în Figura 3. Rezultatele indică faptul că această dependență este aproape liniară. Din grafic sau cu ajutorul datelor experimentale se obține panta dreptei. Cu valoarea obținută pentru pantă și cunoscând valoarea constantei generale a gazelor, $R = 8.3144 \text{ J/mol K}$, se poate obține căldura latentă de vaporizare: $\lambda = m R$ (kJ/mol). Prin extrapolare se Prin extrapolarea dependenței liniare la temperaturi scăzute se poate determina punctual de fierbere al apei la presiune normală, T_b .