

Ćwiczenie Nr 111

Temat: *Wyznaczanie zależności temperatury wrzenia wody od ciśnienia.*

1. Literatura:

1. B. Jaworski, B. Dietłaf – Kurs fizyki, t.1, PWN, W-wa
2. E. Reif – Fizyka statystyczna, PWN, W-wa
3. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki na politechnice- praca zbiorowa pod redakcją T. Rewaja
4. B. Turczak - <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/wfc6.html>

2. Tematy teoretyczne:

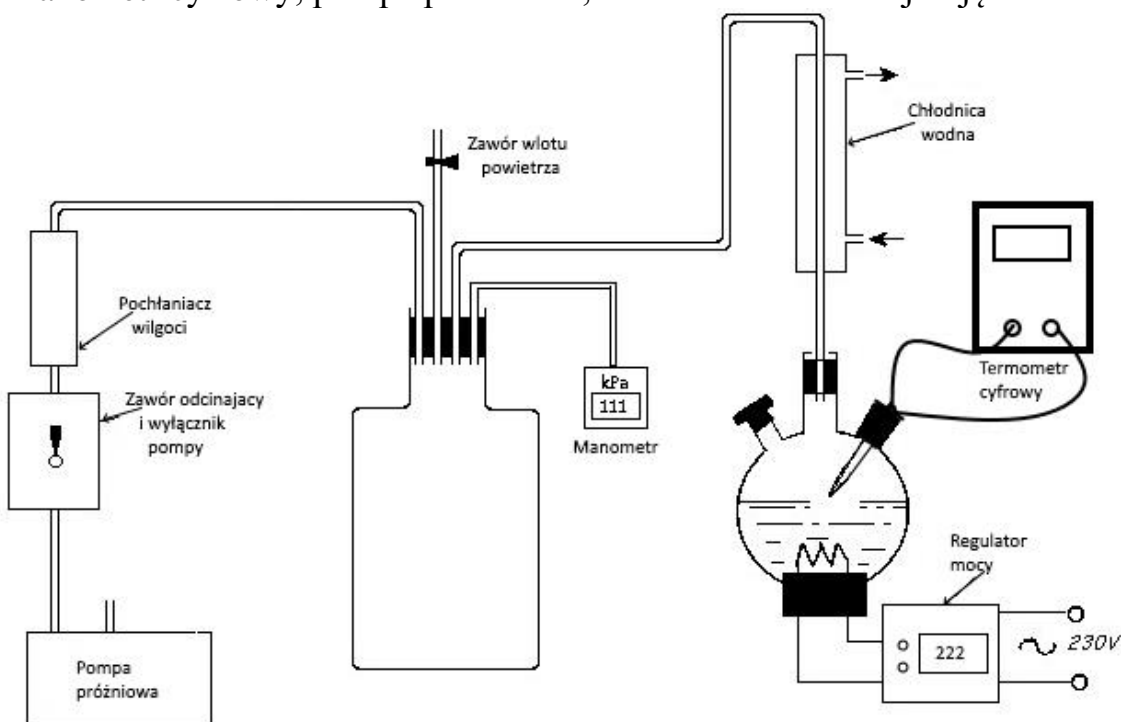
1. Parowanie cieczy, wrzenie, para nasycona(*) i nienasycona, ciepło parowania.
2. Zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia, punkt potrójny, punkt krytyczny, jednostki ciśnienia.

3. Metoda pomiarowa:

Za pomocą rotacyjnej pompy próżniowej wytwarzamy nad powierzchnią wody takie podciśnienie (w stosunku do aktualnie panującego ciśnienia atmosferycznego), aby doprowadzić wodę do wrzenia w temperaturze pokojowej. Następnie zwiększamy stopniowo ciśnienie, podgrzewamy wodę i mierzymy temperaturę wrzącej wody przy różnych wartościach ciśnienia.

4. Zestaw doświadczalny:

Kolba z wodą podgrzewana elektrycznie, autotransformator, termometr, manometr cyfrowy, pompa próżniowa, butla szklana o dużej objętości



5. Wykonanie ćwiczenia:

- a) Zamknąć zawór wlotu powietrza. (podkreślono nazwy użyte na rysunku)
- b) Włączyć zasilanie grzałki i manometru wyłącznikiem sieciowym.
(Na listwie zasilającej przymocowanej do stołu)
- c) Odkręcić kran wodny, do którego podłączona jest chłodnica.
- d) Włączyć termometr suwakiem na bocznej ściance przyrządu.
- e) Otworzyć zawór odcinający, który włącza automatycznie pompę próżniową.
- f) Gdy woda w kolbie zaczynie wrzeć zanotować temperaturę wrzenia wody, odczytując wskazanie termometru elektronicznego.
- g) Zanotować ciśnienie wskazywane przez manometr.
- h) Wyłączyć pompę próżniową za pomocą zaworu odcinającego sprężonego z wyłącznikiem.
- i) Za pomocą zaworu wlotu powietrza wpuścić nieco powietrza do kolby tak, aby ciśnienie wskazywane przez manometr wzrosło o ok. 5-6 kPa. Jeśli nie udało się i ciśnienie wzrosło za dużo, wyłączyć ponownie na chwilę pompę.
- j) Gdy woda w kolbie zaczynie wrzeć zapisać temperaturę t wrzenia wody i ciśnienie p wskazywane przez manometr.
- k) Czynności opisane w punktach h, i powtarzać aż do zrównania ciśnienia powietrza wewnątrz kolby z ciśnieniem atmosferycznym ($p = 000$ kPa).
- l) Odczytać ciśnienie atmosferyczne b wskazywane przez wiszący w laboratorium na ścianie przy oknie barometr elektroniczny (uruchamiamy go przyciskiem ON). Przed wpisaniem do tabeli należy przeliczyć hektopaskale na kilopaskale. (1 hPa = 0,1 kPa)
- m) **Wyłączyć wszystkie przyrządy i zakręcić wodę**

n) Wyniki zebrać w tabeli:

$$p = b - [wartość bezwzględna ciśnienia p_1]$$

Nr pom.	t [°C]	Podciśnienie w kolbie p_1 [kPa]	b [kPa]	$p = b - p_1 $ [kPa]	p [Pa]	$\ln p$	T [K]	$\frac{1000}{T}$ [$\frac{1}{K}$]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

Uwaga: w czasie eksperymentu w kolbie panuje podciśnienie (ciśnienie ujemne w stosunku do atmosferycznego).

6. Opracowanie wyników pomiarów:

a) Uzupełnić tabelę a następnie sporządzić wykres zależności $T=f(p)$,

b) Sporządzić wykres zależności $\ln p = f\left(\frac{1000}{T}\right)$ (*)

(p - liczbowa wartość ciśnienia wyrażonego w paskalach, T - liczbowa wartość temperatury wyrażonej w kelwinach)

c) metodą regresji liniowej wyznaczyć parametry a i b prostej:

$$\ln p = \left(-\frac{C_p}{1000R}\right) \cdot \left(\frac{1000}{T}\right) + (\ln A) \quad - \text{prosta typu:}$$
$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \\ y = & a & \cdot & x & + & b & \end{array}$$

oraz niepewności tych parametrów $u(a)$ oraz $u(b)$

d) Obliczyć molowe ciepło parowania C_p oraz niepewność jego wyznaczenia:

$$C_p = -1000 \cdot R \cdot a \quad u(C_p) = \sqrt{\left(\frac{\partial C_p}{\partial a}\right)^2 \cdot u^2(a)} = \frac{C_p}{|a|} \cdot u(a)$$

e) Porównać uzyskaną wartość C_p z danymi tablicowymi dla pary wodnej.

(*) przybliżona zależność ciśnienia pary nasyconej od temperatury dana jest wzorem Clausiusa-Clapeyrona $\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{C_p}{T \cdot \Delta V}$, którego uproszczonym rozwiązaniem jest: (patrz: Lit. 2, str. 316)

$$p = A \cdot e^{-\frac{C_p}{R \cdot T}} \quad \text{gdzie: } C_p - \text{molowe ciepło parowania}$$

$$R - \text{stała gazowa; } R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

A - pewna stała

Wykładnicza postać tego wzoru sugeruje, że wykres $\ln p = f\left(\frac{1000}{T}\right)$

powinien być linią prostą.