



Podstawy Fizyki Ciepło

Praca zbiorowa

Ćwiczenie F 25

**WYZNACZANIE ZALEŻNOŚCI TEMPERATURY
WRZENIA WODY OD CIŚNIENIA**

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny
Siedlce 2019

1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest pomiar zależności temperatury wrzenia wody ciśnienia (poniżej ciśnienia atmosferycznego), sprawdzenie równania Clausiusa - Clapeyrona i wyznaczenie ciepła przemiany ciec-z-gaz (ciepła parowania).

Zestaw pomiarowy składa się z:

1. pompy próżniowej,
2. kuchenki elektrycznej (z regulacją mocy)
3. kolby szklanej z termometrem
4. kolby szklanej (skraplacza pary)
5. zestawu zaworów
6. manometru rtęciowego.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy przede wszystkim sprawdzić szczelność zestawu pomiarowego.

Uwaga:

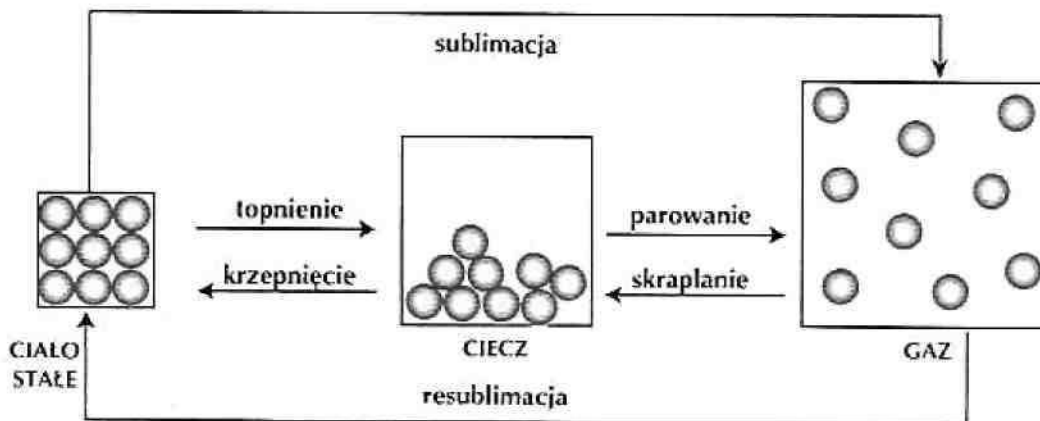
POMIARY wykonuj pod nadzorem prowadzącego zajęcia lub laboranta.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- stany skupienia;
- przemiany fazowe;
- ciepło przemiany fazowej (ciepło parowania)
- parowanie, wrzenie,;
- ciśnienie, ciśnienie pary nasyconej, jednostki ciśnienia.

2. Wprowadzenie

Stany skupienia oraz zachodzące między nimi zjawiska przedstawia rysunek poniżej.



Przemiana fazowa (przejście fazowe) – to proces termodynamiczny, który zmienia jeden lub więcej składników układu termodynamicznego. Przykładem są zmiany stanu skupienia zaznaczone na rysunku. Przemiana fazowa nie zawsze musi oznaczać zmianę stanu skupienia, ale może np. opisywać zmianę sieci krystalicznej. Przemianie fazowej często towarzyszy skokowa zmiana parametrów układu, np. gęstości substancji ulegającej przemianie, oraz wyzwolenie lub pochłonięcie ciepła – taką przemianę nazywamy *przemianą nieciągłą* lub *pierwszego rodzaju*.

Ciepło przemiany fazowej – to ilość energii termicznej wymienionej pomiędzy układem a otoczeniem podczas przejścia fazowego. Termin ten został wprowadzony przez szkockiego chemika Josefa Blacka około 1750 r pod nazwą *ciepło utajone*.

Parowanie - to odrywanie się cząsteczek od (powierzchni) cieczy i przechodzenie ich do atmosfery. Należy zauważyć, że parowanie zachodzi, z różną intensywnością, w każdej temperaturze.

By cząsteczka mogła "wyparować", (opuścić ciecz) musi być spełnionych kilka warunków, a mianowicie:

- musi znajdować się przy powierzchni cieczy,
- jej energia kinetyczna musi być większa od energii międzycząsteczkowej.

Ponieważ ciecz opuszczają (parują) cząsteczki o energii większej niż energia pozostałych cząsteczek, to w efekcie końcowym temperatura cieczy (na skutek parowania) - obniża się. Prędkość parowania zależy między innymi od:

- rodzaju cieczy (siły międzycząsteczkowe są różne),
- temperatury cieczy (im wyższa temperatura, tym szybsze parowanie),
- powierzchni cieczy (im większa powierzchnia, tym większe parowanie).

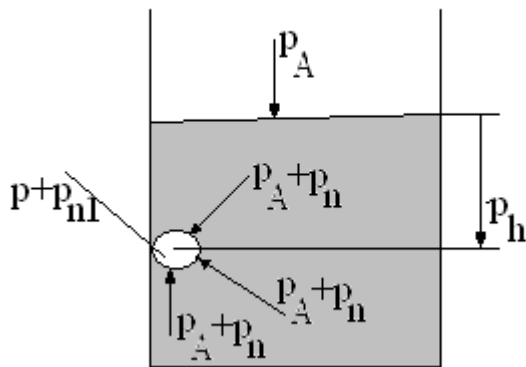
Ilość energii odbierana od cieczy w procesie parowania nazywana jest ciepłem parowania.

Ciepłem parowania nazywamy ilość ciepła - jaką należy dostarczyć, aby doprowadzić do wyparowania jednego kilograma tej cieczy bez zmiany jej temperatury. W układzie SI jednostką ciepła parowania jest J/kg. Ciepło parowania zależy od ciśnienia i temperatury.

Wrzenie to przemiana cieczy w parę jest tzw. *przejściem fazowym I rodzaju*. Odróżnia się od parowania tym, że ma miejsce nie tylko na powierzchni cieczy, ale i w jej wnętrzu. Jest to proces burzliwego parowania. W całej objętości cieczy, powstają pęcherzyki wypełnione parą nasyconą, wypływające ku górze i przerywające jej powierzchnię. Zasadniczą rolę

odgrywają pęcherzyki powietrza znajdujące się w cieczy i na ściankach naczynia, dając powierzchnie zarodkowe.

Założmy, że w cieczy o temperaturze t_1 na ściankach naczynia znajduje się mały pęcherzyk wypełniony powietrzem i parą nasyconą.



Ciśnienie, które w nim panuje jest równe

$$p + p_{n1} = p_A + p_h, \quad /1/$$

gdzie:

p – ciśnienie powietrza,

p_{n1} – ciśnienie pary nasyconej w temp. t_1 ,

p_A – ciśnienie zewnętrzne (odczytane z barometru),

p_h – ciśnienie słupa cieczy nad pęcherzykiem.

Przy podwyższaniu temperatury równowaga ulega naruszeniu, wzrasta ciśnienie pary nasyconej do p_{n2} . Pęcherzyk zwiększa objętość, ciśnienie powietrza zmniejsza się do wartości p_1 . Ustala się nowy stan równowagi

$$p_1 + p_{n2} = p_A + p_h. \quad /2/$$

Przy dalszym wzroście temperatury objętość pęcherzyka będzie rosła, warunek równowagi ciśnień będzie się utrzymywał. Po osiągnięciu jakiejś temperatury t_w ciśnienie pary nasyconej zrówna się z ciśnieniem atmosferycznym i hydrostatycznym

$$p_n = p_A + p_h.$$

Równowaga zostanie naruszona, bowiem

$$p_2 + p_n > p_A. \quad /3/$$

Ciśnienie w pęcherzyku jest większe od ciśnienia zewnętrznego. Ma on dużą objętość, odrywa się od ścianki, unosząc się do góry przerywa warstewkę powierzchniową cieczy pęka. Rozpoczyna się wrzenie. Jest to obrazowe przedstawienie (opisane na przykładzie jednego pęcherzyka) zjawiska zwanego wrzeniem cieczy.

Można stąd wyciągnąć wniosek:

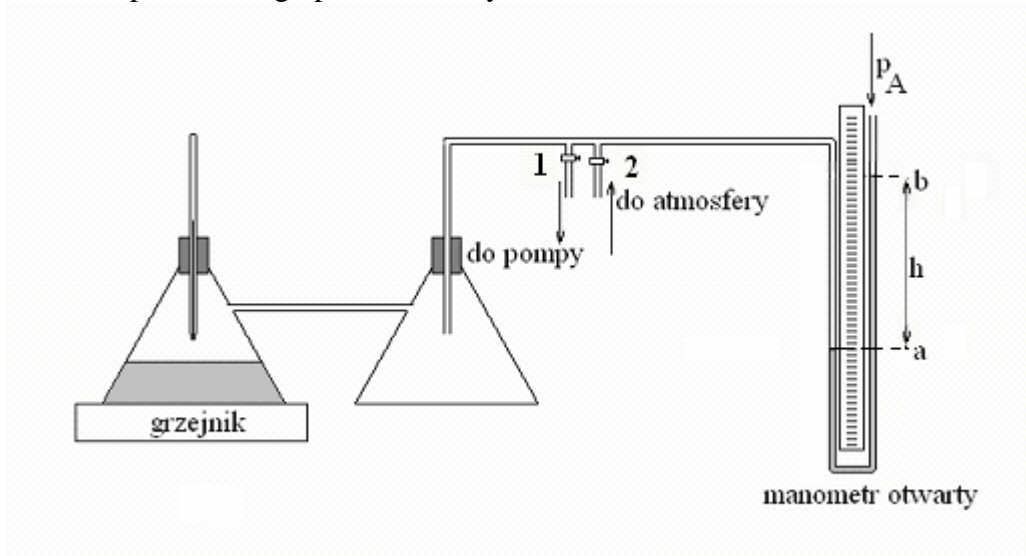
Zmieniając ciśnienie, pod jakim znajduje się ciecz, możemy zmienić jej temperaturę wrzenia.

Temperatura cieczy podczas wrzenia **temperatura wrzenia** jest stała, zależy od ciśnienia, jakiemu podlega ciecz. Dla układu zamkniętego ciecz pozostaje zawsze w równowadze termodynamicznej ze swoją parą nasyconą, (parą o identycznym składzie jak ciecz). W temperaturze wrzenia, ciśnienie pary nasyconej jest równe ciśnieniu zewnętrznemu. Jeśli mamy naczynie z gładkimi ściankami a ciecz nie jest zanieczyszczona ani nie ma w niej rozpuszczonych gazów, to pęcherzyki pary nie mogą powstawać. Wtedy możemy podgrzewać ciecz powyżej temperatury wrzenia określonej przez istniejące warunki. Mamy wtedy do czynienia z cieczą przegrzaną.

Opis ćwiczenia

Nagrzewając wodę w zamkniętym układzie przedstawionym na rysunku poniżej badamy zależność temperatury wrzenia od ciśnienia w granicach $10^4 \div 5 \times 10^5$ Pa (niższego od atmosferycznego) $1 \text{ mmHg} = 133,4 \text{ Pa}$.

Schemat układu pomiarowego przedstawia rysunek:



Aby uniknąć przegrzania cieczy, na dnie kolby znajdują się fragmenty ceramicznego porowatego materiału umożliwiającego powstawanie pęcherzyków pary.

Przebieg pomiarów

1. Sprawdzamy czy kran (1) do pompy jest otwarty, a kran (2) do atmosfery zamknięty.
2. Uruchamiamy pompę i z manometru odczytujemy uzyskane poziomy rtęci (a) i (b) w obu ramionach.
3. Obliczamy ze wzoru ciśnienie panujące a układzie

$$p = p_A - h$$

Uwaga:

Możliwe jest uzyskanie takiego ciśnienia, że przy temperaturze otoczenia woda w układzie zacznie wrzeć.

4. Grzejnikiem elektrycznym (zasilanym z sieci), doprowadzamy wodę do wrzenia. Temperaturę wrzenia wody odczytujemy na termometrze.

Uwaga:

Należy zwrócić uwagę na poprawny odczyt ciśnienia w chwili rozpoczęcia wrzenia wody.

5. Uzyskane wyniki pomiarów zapisujemy w tabeli.

Uwaga:

Należy wykonać minimum 10 pomiarów

Ciśnienie atmosferyczne p_AmmHg					
Lp.	Poziomy rtęci w mm		$h = b - a $	Ciśnienie $p = p_A - h$	Temp. wrzenia t
	b	a			
1					
...					
3					
10					

6. W tym samym układzie współrzędnych sporządzamy wykresy:
 - teoretyczny biorąc dane pomiarowe zamieszczone w podręczniku T. Dryńskiego – *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, lub *Tablic wielkości fizycznych* Kalisza,
 - rzeczywisty na podstawie własnych pomiarów.
7. Porównujemy wykresy. Wyjaśniamy rozbieżności. Wyciągamy wnioski.

Przykładowy wykres z danych teoretycznych (wziętych z podręcznika T. Dryńskiego – *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*) z zaznaczonymi słupkami błędów zamieszczony jest na końcu instrukcji.

LITERATURA

1. [1] Szczeniowski S.:Fizyka doświadczalna, cz. 2, Ciepło i fizyka cząsteczkowa, PWN, Warszawa.
2. [2] Dryński T.:Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, Warszawa.
3. [2] Halliday D., Resnick R., Walker J.:Podstawy fizyki, cz. 2,PWN, Warszawa.
4. [3] Massalski J., Massalska M.,Fizyka dla inżynierów, cz. 1, WNT, Warszawa.
5. <https://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/22600391/cwiczenieC2.pdf>
6. <https://www.bryk.pl/wypracowania/fizyka/procesy-termodynamiczne/>
7. <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/wfc6.html>

Zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia

