

**Ebuliometryczne wyznaczenie masy molowej substancji nielotnej**

**ćwiczenie nr 34**

*opiekun ćwiczenia: dr M. Wasiak*

**Zakres zagadnień obowiązujących do ćwiczenia**

1. Własności rozcieńczonych roztworów substancji nielotnych.
2. Teoretyczne podstawy ebuliometrii.
3. Zastosowanie ebuliometrii w badaniach fizykochemicznych.
4. Budowa, działanie i zastosowanie ebuliometru oraz termometru Beckmanna.
5. Inne metody wyznaczenia masy molowej.

**Literatura**

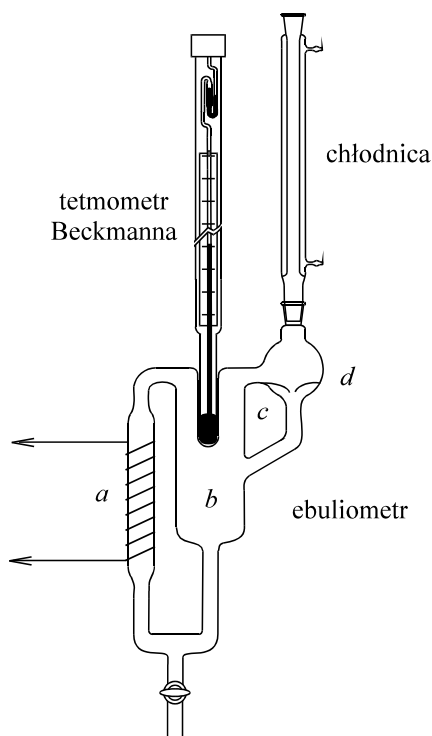
1. Praca zbiorowa pod red. Woźnickiej J. i Piekarskiego H., *Ćwiczenia laboratoryjne z chemii fizycznej*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2005.
2. Sobczyk L., Kisza A., Gatner K., Koll A., *Eksperymentalna chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1982.
3. Brdička R., *Podstawy chemii fizycznej*, PWN, Warszawa 1970.
4. Sobczyk L., Kisza A., *Chemia fizyczna dla przyrodników*, PWN, Warszawa 1977.
5. Szarawara J., *Termodynamika chemiczna*, WNT, Warszawa 1985.
6. Atkins P. W., *Chemia fizyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
7. Buchowski H., Ufnalski W., *Roztwory*, WNT, Warszawa 1995.

*Opracowanie ćwiczenia: dr J. Woźnicka*

**Celem ćwiczenia jest wyznaczenie masy molowej substancji rozpuszczonej w wodzie na podstawie pomiaru podwyższenia temperatury wrzenia roztworu w stosunku do rozpuszczalnika.**

### **Układ pomiarowy**

Pomiaru temperatury wrzenia rozpuszczalnika i roztworu dokonuje się w warunkach równowagi termodynamicznej pomiędzy cieczą i parą. Stan taki można zrealizować w ebuliometrze Świętosławskiego (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat ebuliometru i termometru Beckmanna

Konieczność konstrukcji tego typu aparatów wynika stąd, że termometru pomiarowego nie można zanurzyć ani do wrzącej cieczy (w wyniku intensywnego wrzenia ciecz ulega przegrzaniu), ani umieścić w fazie gazowej (para może ulec przechłodzeniu). Gniazdo termometryczne powinno być opłukiwane strumieniem cieczy i pary, pozostających w stanie równowagi termodynamicznej. W ebuliometrze, szklany pojemnik *a* owinięty jest drutem oporowym w celu doprowadzenia cieczy do wrzenia. Tworząca się para i porywana przez nią wrząca ciecz są wyrzucane na ścianki gniazda termometrycznego *b* wypełnionego rtęcią. Ciecz spływa z powrotem przez rurkę *c* do zbiorniczka *a*. Pewne ilości pary przedostają się do chłodnicy, gdzie ulegają skropleniu. Skroplona ciecz spływa boczną rurką przez tzw. kropłomierz *d*, dający

możliwość obserwacji szybkości wrzenia cieczy. Jeżeli wrzenie cieczy odbywa się zbyt gwałtownie, to wskazania termometru są zawyżone. Zbyt słabe ogrzewanie cieczy prowadzi do zaniżonych wskazań temperatury. Intensywność grzania powinna być dostosowana do typu ebulliometru oraz rodzaju cieczy. W przypadku ebulliometru używanego w omawianym ćwiczeniu, z kroplomierza powinno spływać około 10 kropeł cieczy w ciągu minuty.

Jak wcześniej wspomniano, do pomiaru temperatury wrzenia stosuje się różnicowy termometr Beckmanna (Rys. 2), przeznaczony do dokładnych pomiarów niewielkich zmian temperatury. Skala termometru obejmująca tylko 5 stopni (deg) daje możliwość odczytu temperatury z dużą dokładnością:  $\pm 0,01$  stopnia, zaś przy użyciu lupy  $\pm 0,005$  stopnia. Punkt na skali, w którym zatrzymuje się rtęć w termometrze Beckmanna nie wskazuje temperatury ani w stopniach Celcjusza ani Kelwina. Jest to punkt względny, w odniesieniu, do którego możemy mierzyć jedynie zmiany temperatury układu. *Wyznaczone przy użyciu termometru Beckmanna różnice temperatury w stopniach (deg) są równe wartościom różnic temperatury wyrażonym w °C lub K.* Termometru Beckmanna można używać do badań w różnym zakresie temperatury dzięki temu, że jest on zaopatrzony w dwa zbiorniki rtęci: górny i dolny, połączone wyskalowaną rurką kapilarną. W zależności od interesującego nas zakresu pewną ilość rtęci można przelewać ze zbiorniczka górnego do dolnego lub odwrotnie. Czynność tę nazywa się nastawianiem termometru.

### **Odczynniki chemiczne i sprzęt laboratoryjny:**

substancja stała, którą wybiera prowadzący zajęcia, woda destylowana, zlewka (250 cm<sup>3</sup>), bagietka, naczynko wagowe, lupka.

### **Wykonanie ćwiczenia i przedstawienie wyników pomiarów**

*Ze względu na to, że ebulliometr ulega łatwo uszkodzeniu, a jego naprawa jest trudna i kosztowna, przy jego obsłudze należy przestrzegać następujących zasad:*

- 1. Napięcie na autotransformatorze ustala prowadzący zajęcia.*
- 2. Autotransformator włącza się do sieci wtedy, gdy ebulliometr jest napełniony cieczą.*
- 3. Ebulliometr należy napełniać cieczą tylko wówczas, kiedy jest wystudzony.*
- 4. Po zakończeniu pomiarów ebulliometr należy napełnić wodą destylowaną.*

1. Do czystego ebulliometru należy wlać wodę destylowaną i doprowadzić ją do wrzenia, a następnie utrzymać w tym stanie przez około 15 minut, aż do ustalenia się temperatury na termometrze Beckmanna.
2. Dokonać odczytu i zapisu temperatury wrzenia wody (czystego rozpuszczalnika)  $T_1^B$  w stopniach (deg).
3. Ebulliometr opróżnić i ostudzić.
4. Przygotować roztwór badanej substancji. Na wadze analitycznej odważyć 5 g substancji  $m_2$  (z dokładnością  $\pm 0,0002$  g) oraz na wadze technicznej 100 g wody destylowanej  $m_1$  (z dokładnością  $\pm 0,5$  g). Do przyrządzenia roztworu należy użyć tę samą wodę destylowaną, co do pomiaru temperatury wrzenia czystego rozpuszczalnika.
5. Przygotowanym roztworem przepłukać, a następnie napełnić ebulliometr. Roztwór doprowadzić do wrzenia i po ustaleniu się temperatury odczytać temperaturę wrzenia roztworu  $T_{1,2}^B$ .

Tabela wyników

$m_1$ [g]	$m_2$ [g]	$T_1^B$ [deg]	$T_{1,2}^B$ [deg]	$\Delta T_w$ [K]	$K_e$ [K kg mol <sup>-1</sup> ]	$M_2$ [g mol <sup>-1</sup> ]

### Opracowanie i dyskusja wyników pomiarów

1. Obliczyć masę molową substancji rozpuszczonej na podstawie równania:

$$M_2 = K_e \frac{m_2 1000}{m_1 \Delta T_w}$$

gdzie:  $M_2$  – masa molowa substancji rozpuszczonej,  $m_1$  – masa czystego rozpuszczalnika,  $m_2$  – masa substancji rozpuszczonej,  $\Delta T_w$  – przyrost temperatury wrzenia roztworu w stosunku do temperatury wrzenia rozpuszczalnika, czyli:  $\Delta T_w = T_{1,2}^B - T_1^B$ , stała ebullioskopowa wody  $K_e = 0,514$  K kg mol<sup>-1</sup>.

2. Oblicz maksymalny błąd względny obliczonej masy molowej (patrz Literatura [1]). Znając rzeczywistą masę molową badanej substancji, oblicz popełniony błąd. Porównaj i przeanalizuj obie wielkości.