

Zależność napięcia powierzchniowego cieczy od temperatury

ćwiczenie nr 4

opracowała dr hab. Małgorzata Józwiak

Zakres zagadnień obowiązujących do ćwiczenia

1. Zjawisko napięcia powierzchniowego.
2. Metody wyznaczania napięcia powierzchniowego.
3. Wpływ temperatury na molową energię powierzchniową
4. Zjawisko zwilżalności.
5. Równanie Baczyńskiego, parachora.
6. Substancje powierzchniowo czynne.

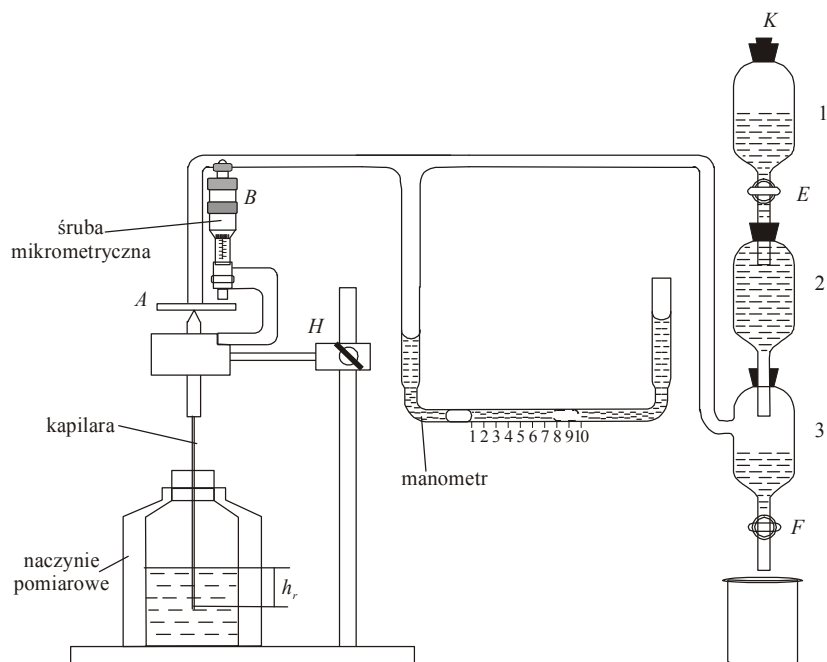
Literatura

1. Praca zbiorowa pod redakcją Woźnickiej J. i Piekarskiego H., *Ćwiczenia laboratoryjne z chemii fizycznej*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2005.
2. Sobczyk L., Kiszka A., Gatner K., Koll A., *Eksperymentalna chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1982.
3. Atkins P. W., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 2001.
4. Dutkiewicz E. T., *Fizykochemia powierzchni*, z cyklu *Wykłady z chemii fizycznej*, WNT, Warszawa 1998.
5. Brdička R. *Podstawy chemii fizycznej*, PWN, Warszawa 1970.
6. Barrow G. M., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1973.
7. Sobczyk L., Kiszka A., *Chemia fizyczna dla przyrodników*, PWN, Warszawa 1975.
8. Pigoń K., Ruziewicz Z., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1980.
9. Praca zbiorowa pod red. Kamieńskiego B., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1980.
10. Bursa S., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1975.

Celem ćwiczenia jest zbadanie wpływu temperatury na napięcie powierzchniowe 1,4-dioksanu oraz wyznaczenie stałej Eötvösa k .

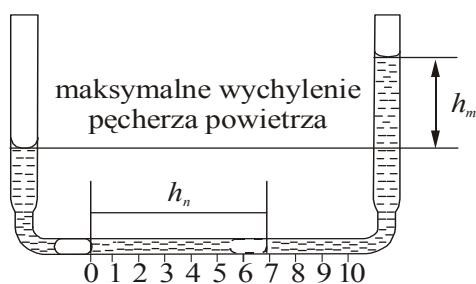
Układ pomiarowy

Pomiary napięcia powierzchniowego wykonuje się metodą pęcherzykową przy użyciu aparatury przedstawionej na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat układu do pomiaru napięcia powierzchniowego metodą pęcherzykową.

Do pomiaru ciśnienia potrzebnego do wypchnięcia pęcherzyka stosuje się manometr przedstawiony na rys. 2. Przy użyciu tego manometru odczytuje się odległość na jaką wychyla się pęcherz powietrza znajdujący się w poziomej rurce manometru (h_n). Wartość ta może być przeliczona na różnicę poziomów w rurce pionowej (h_m). Pozwala to na uzyskanie dokładniejszych wyników pomiarów.



Rys. 2. Schemat manometru w kształcie prostokąta.

Odczynniki chemiczne i sprzęt laboratoryjny:

woda podwójnie destylowana, 1,4-dioksan

kapilara (igła), pipeta (5 cm^3), gruszka gumowa.

Wykonanie ćwiczenia i przedstawienie wyników pomiarów

Pomiary dla wody przeprowadzić w temperaturze 25°C , natomiast dla cieczy badanej (1,4-dioksanu) w zakresie 25°C – 50°C . Stosując porównawczą metodę badań względem wody istnieje możliwość wyznaczenia promienia kapilary. Promień kapilary rośnie nieznacznie wraz ze wzrostem temperatury. Błąd pomiaru napięcia powierzchniowego spowodowany nieuwzględnieniem tej zmiany w wyżej wspomnianym zakresie wynosi mniej niż 2%. Z tego powodu, wyznaczony doświadczalnie promień kapilary r w temperaturze 25°C można wykorzystać do obliczenia napięcia powierzchniowego badanej cieczy w zakresie 25°C – 50°C . Zmieniając temperaturę co pięć stopni, należy wykonać 6 pomiarów napięcia powierzchniowego 1,4-dioksanu.

1. Włączyć termostat i nastawić temperaturę na 25°C .
2. Do pierwszego naczynia pomiarowego nalać ok. 5 cm^3 wody, zaś do drugiego 5 cm^3 cieczy badanej.
3. Przesuwając skalę manometru (linijkę) ustawić pęcherz w położenie „0”.
4. Po ustaleniu się wartości temperatury na termometrze, odczekać około 15 minut w celu dokładnego wytermostatowania cieczy i przystąpić do wykonania pomiaru. Temperaturę wody t_w odczytać na termometrze umieszczonym w termostacie.
5. Wyciągnąć korek K . Odkręcić całkowicie kranik E . (Zwiększa się wówczas ciśnienie i z kapilary wypychane są pęcherzyki powietrza).
6. Śrubę mikrometryczną B ustawić w położenie maksymalne $\approx 20 \text{ mm}$ w taki sposób, aby końcówka śruby oparta była na podstawce A . Następnie, suwnicę H przesunąć tak, aby kapilara znalazła się tuż (np. 2 mm) nad powierzchnią cieczy badanej. Śrubą mikrometryczną ustawić kapilarę na powierzchni styku z roztworem i odczytać wartość liczbową na bębnie śruby mikrometrycznej. („Punkt zerowy”)
7. Kapilarę zanurzyć do wody na głębokość $h_{rw} = 6 \text{ mm}$ (12 pełnych obrotów śruby).
8. Po ustaleniu się maksymalnego wychylenia pęcherza w manometrze – h_{mw} , odczytać jego wartość z dokładnością $\pm 1 \text{ mm}$.

9. Obracając śrubą mikrometryczną wyciągnąć kapilarę z wody i ponownie ustawić jej położenie na poziomie ok. 20 mm. Sprawdzić na skali manometru położenie pęcherza (punkt „0”). Jeśli uległ zmianie należy go skorygować. Osuszyć z wody końcówkę kapilary.
10. Zanurzyć kapilarę do naczynia z *cieczą badaną* na głębokość $h_{rx} = 6$ mm, wykonując wcześniej czynności opisane w punktach 3-7.
11. Po ustaleniu się maksymalnego wychylenia pęcherza w manometrze – h_{nx} , odczytać jego wartość z dokładnością ± 1 mm.
12. Nie przestawiając położenia kraników w układzie wytwarzającym ciśnienie powietrza, podwyższać kolejno wartości temperatury aż do 50°C . Każdorazowo odczekać minimum 15 minut po ustaleniu się temperatury i dokonać odczytu kolejnej wartości h_{nx} na manometrze oraz temperatury t_x na termometrze umieszczonym w termostacie. Wykonać pomiary w sześciu temperaturach.
13. Po zakończeniu pomiarów zakręcić wszystkie kraniki, wkraplacz (1) zamknąć korkiem K , ciecz badaną wlać do naczynia z napisem „zlewki”.
14. W czasie wykonywania ćwiczenia należy pilnować, aby we wkraplaczu (1) była zawsze woda. Jeżeli we wkraplaczu (3) poziom wody będzie sięgał rurki, z której ona wypływa, należy przy zdjętym wężyku z manometru zlać wodę do krystalizatora, a następnie wkraplacz (1) uzupełnić świeżą wodą destylowaną.
15. Obliczyć h_{mw} i h_{mx} odpowiadające zmierzonym wielkościom h_{mw} i h_{nx} , gdyż $h_m = 0,2013 h_n$. Wartości te podać w układzie jednostek SI. Uzyskane wyniki zapisać w poniższej tabeli.

Tabela wyników (ciecz wzorcowa – woda):

t_w [$^{\circ}\text{C}$]	h_{rw} [m]	h_{nw} [m]	h_{mw} [m]	d_m [kg m^{-3}]	d_{rw} [kg m^{-3}]	g [m s^{-2}]	σ_w [N m^{-1}]	r [m]
25	0,006			683,8	997,1	9,81		

Tabela wyników (ciecz badana – 1,4-dioksan):

t_x [°C]	T_x [K]	h_{rx} [m]	h_{nx} [m]	h_{mx} [m]	d_{rx} [kg m ⁻³]	σ_x [N m ⁻¹]	V_m [m ³ mol ⁻¹]	θ [J mol ⁻¹]	k [J K ⁻¹ mol ⁻¹]
$t_1=$		0,006							
$t_2=$									
$t_3=$									
$t_4=$									
$t_5=$									
$t_6=$									

Opracowanie i dyskusja wyników pomiarów

- Wykorzystując zależność napięcia powierzchniowego wody σ_w od temperatury t_w (równanie 2), obliczyć napięcie powierzchniowe wody w temperaturze 25°C.

$$\sigma_w = (75,92 - 0,163t_w)10^{-3} \text{ [N m}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

- Uzyskaną w ten sposób wartość napięcia powierzchniowego wody σ_w , wykorzystać do obliczenia promienia kapilary r :

$$r = \frac{2\sigma_w}{(h_{mw}d_m - h_{rw}d_{rw})g} \quad (3)$$

gdzie: h_{mw} – różnica poziomów cieczy w manometrze w pomiarach dla wody, obliczone z zależności $h_{mw} = 0,2013 h_{nw}$.

Pozostałe wielkości: głębokość zanurzenia kapilary w wodzie h_{rw} , gęstość wody w temperaturze 25°C d_{rw} , gęstość cieczy manometrycznej d_m oraz przyspieszenie ziemskie g , zaczerpnąć z tabeli zawierającej dane dla wody.

- Obliczyć różnicę poziomów cieczy w manometrze w pomiarach dla cieczy badanej x , h_{mx} z zależności $h_{mx} = 0,2013 h_{nx}$.
- Gęstość badanej cieczy – 1,4-dioksanu (C₄H₈O₂) d_{rx} we wszystkich temperaturach pomiaru t_x obliczyć z zależności:

$$d_{rx} = (1,05621 - 0,001128t_x)10^3 \text{ [kg m}^{-3}\text{]} \quad (4)$$

- Korzystając ze wzoru (5), obliczyć napięcie powierzchniowe badanej cieczy σ_x we wszystkich temperaturach pomiaru t_x . Potrzebne do obliczeń dane zaczerpnąć z tabel wyników.

$$\sigma_x = \frac{rg}{2} (h_{mx}d_m - h_{rx}d_{rx}) \quad (5)$$

- Obliczyć objętość molową V_m 1,4-dioksanu we wszystkich temperaturach pomiaru korzystając z zależności:

$$(V_m)^{2/3} = \left(\frac{M}{d}\right)^{2/3} \quad (6)$$

7. Ze wzoru (7) obliczyć molową energię powierzchniową 1,4-dioksanu Θ i wykreślić w funkcji temperatury.

$$\Theta = \sigma_x (V_m)^{2/3} \quad (7)$$

8. Metodą graficzną obliczyć stałą Eötvösa k (wzór 8), jako tangens kąta nachylenia prostej $\Theta = f(T_x)$.

$$-\frac{d\Theta}{dT} = k \quad (8)$$

9. Przeprowadzić dyskusję otrzymanych wyników badań. Do sprawozdania dołączyć wykres.