

Wyznaczanie względnej przenikalności elektrycznej kilku związków organicznych

ćwiczenie nr 2

opracował dr P. Góralski

Zakres zagadnień obowiązujących do ćwiczenia

1. Polaryzacja jako zjawisko fizyczne i wielkość fizykochemiczna.
2. Względna przenikalność elektryczna substancji.
3. Moment dipolowy – definicja, jednostki, metody wyznaczania, związek z budową cząsteczki.

Literatura

1. Praca zbiorowa pod red. 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. Pigoń K., Ruziewicz Z., *Chemia Fizyczna*, PWN, Warszawa, 2005.
4. Brdička R., *Podstawy chemii fizycznej*, PWN, Warszawa 1970.
5. Barrow G., *Chemia fizyczna*, PWN, Warszawa 1978.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie względnej przenikalności elektrycznej (stałej dielektrycznej) kilku rozpuszczalników organicznych.

Układ pomiarowy

Pomiar stałej dielektrycznej cieczy metodą mostkową polega na zmierzeniu pojemności elektrycznej wycechowanego kondensatora z badaną substancją między okładkami. Pomiaru tego można dokonać za pomocą uniwersalnego mostka RLC. Niezależnie od typu stosowanego mostka, przed przystąpieniem do pomiarów należy kondensator wycechować. W tym celu mierzy się dwukrotnie jego pojemność: raz, gdy jest pusty (zawiera tylko powietrze pomiędzy okładkami), a następnie gdy napełniony jest cieczą wzorcową. W przypadku kondensatora pustego zakłada się, że względna przenikalność elektryczna powietrza jest równa względnej przenikalności elektrycznej próżni i wynosi 1. Zmierzona pojemność takiego kondensatora C_p stanowi sumę pojemności czynnej C_0 (między okładkami kondensatora) i pojemności biernej, resztkowej C_L warunkowanej przez przewody, ich izolację, itp. Można więc napisać:

$$C_p = C_0 + C_L \quad (1)$$

Po wprowadzeniu cieczy wzorcowej między okładki kondensatora, pojemność części czynnej wzrośnie ϵ_w -krotnie, a biernej pozostanie bez zmian. Pojemność kondensatora wypełnionego cieczą wzorcową C_w przedstawia zależność:

$$C_w = \epsilon_w C_0 + C_L \quad (2)$$

Jako cieczy wzorcowej można użyć roztworu cykloheksanu nasyconego wodą. Jego względna przenikalność elektryczna w temperaturze 20°C wynosi $\epsilon_w = 2,026$. Rozwiązanie układu równań (1) i (2) umożliwi uzyskanie wartości pojemności czynnej C_0 oraz biernej C_L , charakterystycznych dla danego kondensatora. Po wprowadzeniu między okładki kondensatora cieczy badanej o względnej przenikalności elektrycznej ϵ_x , pojemność kondensatora wynosi C_x . Spełniona jest wówczas zależność:

$$C_x = \epsilon_x C_0 + C_L \quad (3)$$

Znając C_0 , C_L oraz C_x z równania (3) można obliczyć poszukiwaną wartość względnej przenikalności elektrycznej badanej substancji ϵ_x .

Odczynniki chemiczne i sprzęt laboratoryjny:

cykloheksan, 1,4-dioksan, 1,1,2,2-czterochloroetylen, toluen, eter dwu-*n*-butylowy, chloroform, ksylen, cykloheksan nasycony wodą, pipeta automatyczna (5 cm³), bibuła.

Wykonanie ćwiczenia i przedstawienie wyników pomiarów

Uwaga ! Przed rozpoczęciem pomiarów należy bezwzględnie włączyć wyciąg. Badane ciecze organiczne są szkodliwe, mogą działać drażniąco – należy unikać bezpośredniego kontaktu oraz wdychania oparów, szczególnie podczas osuszania celi pomiarowej. Stosować indywidualne środki ochrony: rękawiczki, okulary ochronne.

Dla uniknięcia zanieczyszczenia odczynników wodą, pomiar pojemności kondensatora z cieczą wzorcową należy wykonać jako ostatni. Nie zmieniać parametrów pomiarowych mostka.

1. Osuszyć wnętrze kondensatora pomiarowego za pomocą dmuchawy, zakryć teflonową pokrywą i wyznaczyć jego pojemność. Odczekać kilka minut do ustalenia się wartości pojemności kondensatora [pF]. W trakcie jej odczytywania *nie należy* dotykać powierzchni naczynia pomiarowego oraz przewodów elektrycznych; może wywołać to zmianę pojemność. Wyznaczona wartość $C_{(p)}$ [pF] odpowiada pojemności kondensatora powietrznego (pustego).
2. Zdjąć pokrywę kondensatora i do jego wnętrza wlać 13.5 cm³ badanego rozpuszczalnika. Do tego celu najwygodniej jest użyć 3-krotnie pipetę automatyczną nastawioną na 4,5 cm³. Upewnić się czy wewnętrzny, metalowy bloczek stanowiący rdzeń kondensatora jest zanurzony. Jeśli nie – należy dolać niewielką ilość badanej cieczy. Po kilkuminutowym okresie potrzebnym na wyrównanie się temperatury, dokonać odczytu pojemności kondensatora $C_{(x)}$, analogicznie jak w punkcie 1.
3. Opróżnić kondensator przez wążek zamocowany w dnie kondensatora. Po pomiarze ciecz należy wlać do odpowiedniej buteleczki z napisem „zlewki + nazwa cieczy”.
4. W celu dokładnego usunięcia resztek badanego rozpuszczalnika należy:
 - a) zdjęć pokrywę kondensatora i przy pomocy strumienia powietrza z dmuchawy osuszyć jego powierzchnię,

- b) wężyk odpływowy utrzymywać przez okres kilku minut w pozycji umożliwiającej spłynięcie resztek cieczy do butelki ze zlewkami

Kondensator jest suchy, jeżeli jego pojemność powróci do wartości odczytanej w punkcie 1 (z dokładnością $\pm 0,2$ pF). Jeżeli pojemność pustego kondensatora wraz z pokrywą odbiega od wartości pierwotnej o więcej niż 0.2 pF (np. przypadku rozpuszczalników trudniej lotnych), to należy przemyć go cykloheksanem (3–4 cm³) i osuszyć. Użyty do przemywania cykloheksan wlać do butelki „cykloheksan zlewki”.

5. Wyznaczyć pojemności $C_{(x)}$ dla pozostałych czystych cieczy organicznych, powtarzając czynności opisane w punktach 2 i 3.
6. Wyznaczyć pojemności $C_{(w)}$ ostatniej badanej cieczy – cykloheksanu nasyconego wodą, w celu wykalibrowania celi pomiarowej. Do pomiaru pobrać ciecz z **górnej** warstwy (dolną warstwę stanowi woda nasycona cykloheksanem) tak, aby nie dostał się do niej roztwór z dolnej warstwy.

Opracowanie i dyskusja wyników pomiarów

1. Obliczyć pojemność czynną C_0 i bierną C_L kondensatora korzystając z układu równań (1) i (2).
2. Z przekształconego równania (3) obliczyć poszukiwaną względną przenikalność elektryczną ϵ_x dla badanych rozpuszczalników.
3. Wyznaczone wartości względnej przenikalności elektrycznej (stałej dielektrycznej) badanych cieczy ϵ_x zestawić w tabeli z wartościami ϵ_{lit} znalezionymi w literaturze (np. w *Poradniku fizykochemicznym*) dla tych cieczy.
4. Obliczyć w % błąd względny wyznaczonych wartości ϵ_x i omówić uzyskane wyniki.

Tabela wyników

Substancja	Pojemność kondensatora [pF]	Stała dielektryczna ϵ_x	Stała dielektryczna (wartość literaturowa) ϵ_{lit}	$(\epsilon_{lit} - \epsilon_x) / \epsilon_{lit} \cdot 100\%$
Powietrze		–	1,0	–
Cykloheksan			2,023	
1,4-Dioksan			2,235	
1,1,2,2-Czterochloroetylen			2,30	
Toluen			2,379	
Chloroform			4,806	
Ksylen			2,374	
Cykloheksan nasycony H ₂ O		2,026		
Pojemność czynna C_0		Pojemność bierna C_L		