

## WYZNACZANIE MOMENTU DIPOŁOWEGO ACETONU

## CEL ĆWICZENIA

Eksperyment polega na wyznaczeniu wartości stałej dielektrycznej oraz współczynnika załamania światła kilku roztworów acetonu w cykloheksanie. Na ich podstawie zostanie obliczona wartość momentu dipolowego acetonu.

## WSTĘP

Gdy w cząsteczce środki ciężkości ładunków elektrycznych atomów lub grup funkcyjnych nie pokrywają się, to cząsteczka obdarzona jest trwałym **momentem dipolowym**  $\mu$ . Ponadto w obrębie każdej cząsteczki wystąpi pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego indukowany moment dipolowy opisany równaniem:

$$\mu_{ind} = \alpha_e E + \alpha_a E \quad (1)$$

gdzie:

$\alpha_e$  - oznacza polaryzowalność elektronową

$\alpha_a$  - oznacza polaryzowalność atomową

$E$  - natężenie pola elektrycznego

Cząsteczka znajdująca więc się pod działaniem zewnętrznego pola elektrycznego posiada moment dipolowy  $\mu'$  równy:

$$\mu' = \mu + \mu_e + \mu_a = \mu + \alpha_e E + \alpha_a E \quad (2)$$

**Równanie Clausiusa - Mosottiego** wiąże polaryzację dielektryka  $P$ , z wartością jego stałej dielektrycznej  $\epsilon$  oraz trwałym momentem dipolowym  $\mu$  równaniem:

$$P = \frac{(\epsilon - 1)}{(\epsilon + 2)} \cdot \frac{M}{d} = \frac{N}{3\epsilon_0} \left( \alpha_{ind} + \frac{\mu^2}{3kT} \right) \quad (3)$$

gdzie:

$M$  - masa cząsteczkowa dielektryka

$d$  - gęstość dielektryka

$N$  - stała Avogadro

$k$  - stała Boltzmann

$\epsilon_0$  - przenikalność dielektryczna próżni

$\epsilon$  - przenikalność dielektryczna

Wyrażenie  $\frac{\mu^2}{3kT}$  określa tzw. **polaryzację ustawienia** (składową trwałego momentu dipolowego w kierunku pola). Polaryzacja ustawienia występuje wyłącznie w polach statycznych, lub o niezbyt wielkiej częstotliwości. Przy wysokich częstotliwościach zewnętrznego pola elektrycznego, występuje wyłącznie **polaryzacja indukowana**. Składową elektryczną o wystarczająco wysokiej częstotliwości aby nie wystąpiła polaryzacja ustawienia posiada fala elektromagnetyczna w zakresie widzialnym. Współczynnik załamania światła spełnia w przybliżeniu **zależność Lorenza-Lorentza**:

$$n^2 = \varepsilon \quad (4)$$

W oparciu o podane rozważania definiuje się funkcję zwaną refrakcją,  $R$ , daną równaniem:

$$R = \frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)} \cdot \frac{M}{d} = \frac{N}{3\varepsilon_0} \alpha_{ind} \quad (5)$$

Polaryzacja jest równa refrakcji powiększonej o czynnik związany z występowaniem stałego momentu dipolowego:

$$P = R + \frac{N\mu^2}{9kT\varepsilon_0} \quad (6)$$

z czego wynika równanie pozwalające na podstawie znajomości  $P$  oraz  $R$  wyznaczyć wartość  $\mu$ :

$$\mu = \sqrt{\frac{9kT\varepsilon_0}{N} T(P - R)} \quad (7)$$

Podane wyżej zależności słuszne są dla gazu doskonałego, czyli dla układu, w którym nie ma oddziaływań innych niż termiczne. Aby oddziaływania te wyeliminować w układzie rzeczywistym, pomiary należy prowadzić stosując roztwory badanego związku (np. acetonu) w rozcieńczonych roztworach w rozpuszczalniku obojętnym (np. cykloheksanu).

Polaryzacja roztworu,  $P_{12}$ , spełnia zależność:

$$P_{12} = x_1 P_1 + x_2 P_2 = \frac{M_{12}}{d_{12}} \cdot \frac{(\varepsilon_{12} - 1)}{(\varepsilon_{12} + 2)} \quad (8)$$

gdzie wskaźnik 12 odnosi się do roztworu, wskaźnik 1 do rozpuszczalnika, zaś 2 do substancji rozpuszczonej (badanej; symbol  $x$  oznacza ułamek molowy).

Wartość masy cząsteczkowej roztworu,  $M_{12}$ , dana jest wyrażeniem:

$$M_{12} = x_1 M_1 + x_2 M_2 \quad (9)$$

Analogicznie zależność słuszna jest dla refrakcji

$$R_{12} = x_1 R_1 + x_2 R_2 = \frac{M_{12}}{d_{12}} \cdot \frac{(n_{12}^2 - 1)}{(n_{12}^2 + 2)} \quad (10)$$

Znając z pomiarów  $R_1$ ,  $P_1$ ,  $R_{12}$ , oraz  $P_{12}$  wyliczyć można wartość  $R_2$ , oraz  $P_2$ , dla roztworów o różnych stężeniach substancji rozpuszczonej ( $x_2$ ).

Ekstrapolacja graficzna wartości  $R_2$ , oraz  $P_2$ , do rozcieńczenia nieskończenie wielkiego, w układzie,  $R_2 = f(x_2)$  oraz  $P_2 = f(x_2)$  pozwala znaleźć wartość  $R_2$  oraz  $P_2$  dla układu, w którym nie występują oddziaływania między cząsteczkami. Ekstrapolacyjnie wyznaczone wartości  $R_2$ , oraz  $P_2$ , pozwalają wyznaczyć wartość momentu dipolowego substancji rozpuszczonej.

Potrzebne w równaniach wielkości wyznaczyć można w oparciu o pomiar pojemności:

- kondensatora z powietrzem (ewentualnie zawierający pary rozpuszczalnika),  $c_3$
- kondensatora zawierającego rozpuszczalnik,  $c_1$
- kondensatora zawierającego roztwór,  $c_{12}$

oraz równanie:

$$\varepsilon_{12} = \frac{c_3 - c_{12}}{c_3 - c_1} \cdot (\varepsilon_1 - 1) + 1 \quad (11)$$

Zakładając, że pojemność połączeń jest zanedbywalna oraz, że kondensator nie napełniony cieczą (czyli 'pusty') ma pojemność równą pojemności kondensatora w próżni ( $c_0$ ), równanie (11) upraszcza się do powszechnie znanej postaci;

$$\varepsilon_{12} = \frac{c_{12}}{c_0} \quad (12)$$

Do obliczeń potrzebna jest wartość stałej dielektrycznej rozpuszczalnika,  $\varepsilon_1$ , która dla rozpuszczalnika (cykloheksanu) wynosi **2.02**. Wartość gęstości rozpuszczalnika,  $d_1$  oraz roztworów,  $d_{12}$  wyznaczyć można przy użyciu piknometru.

## APARATURA

- Dielektrometr Radelkis OH-301.
- Kondensator.
- Refraktometr Abbego.
- Suszarka.

## SZKŁO

- Piknometr.
- Pipeta 1 cm<sup>3</sup>.
- Zlewka 150 cm<sup>3</sup> (wysoka).
- Kuweta porcelanowa.

## ODCZYNNIKI

- Cykloheksan.
- 6 roztworów acetonu w cykloheksanie o wzrastającej zawartości acetonu.

## WYKONANIE ĆWICZENIA

### 1. Pomiar pojemności kondensatora:

Kondensator pomiarowy zbudowany jest z dwóch koncentrycznie umieszczonych cylindrów metalowych, jednym z nich jest obudowa, drugi, mniejszy znajduje się wewnątrz. Całość zaopatrzona jest w zaworek umożliwiający zlanie znajdującego się wewnątrz roztworu.

Wysuszyć ścianki przy pomocy chłodnego powietrza z suszarki. Następnie należy wykonać pomiar pojemności pustego kondensatora,  $c_3$ , przy pomocy dielektrometru. Po dokonaniu tego pomiaru, należy

sprawdzić, czy zawór do kranu znajdującego się w dolnej części kondensatora jest zamknięty. W celu zmierzenia pojemności kondensatora wypełnionego cykloheksanem lub odpowiednim roztworem, należy wlać go do kondensatora tak, aby przykryć cieczą wewnętrzny cylinder będący jedną z okładek kondensatora. Pomiary pojemności  $c_1$  oraz  $c_{12}$  należy prowadzić w następującej kolejności: cykloheksan, roztwory o stężeniu acetonu od najniższego do najwyższego. Po dokonaniu pomiarów należy przepłukać kondensator (jego ścianki) niewielką ilością cykloheksanu, który należy wylać do pojemnika na zlewki znajdującego się w pobliżu ćwiczenia. Ciecze użyte do pomiaru (cykloheksan i kolejne roztwory) należy usunąć z kondensatora do zlewki (po każdorazowym pomiarze) przez otworzenie dolnego kranu i następnie **przełać do butelek, z których zostały pobrane.**

## 2. Pomiar współczynnika załamania światła:

Pomiar ten należy prowadzić w takiej samej kolejności jak poprzedni: cykloheksan, a następnie roztwory o coraz wyższym stężeniu acetonu.

## 3. Pomiar masy piknometru pustego i z roztworami:

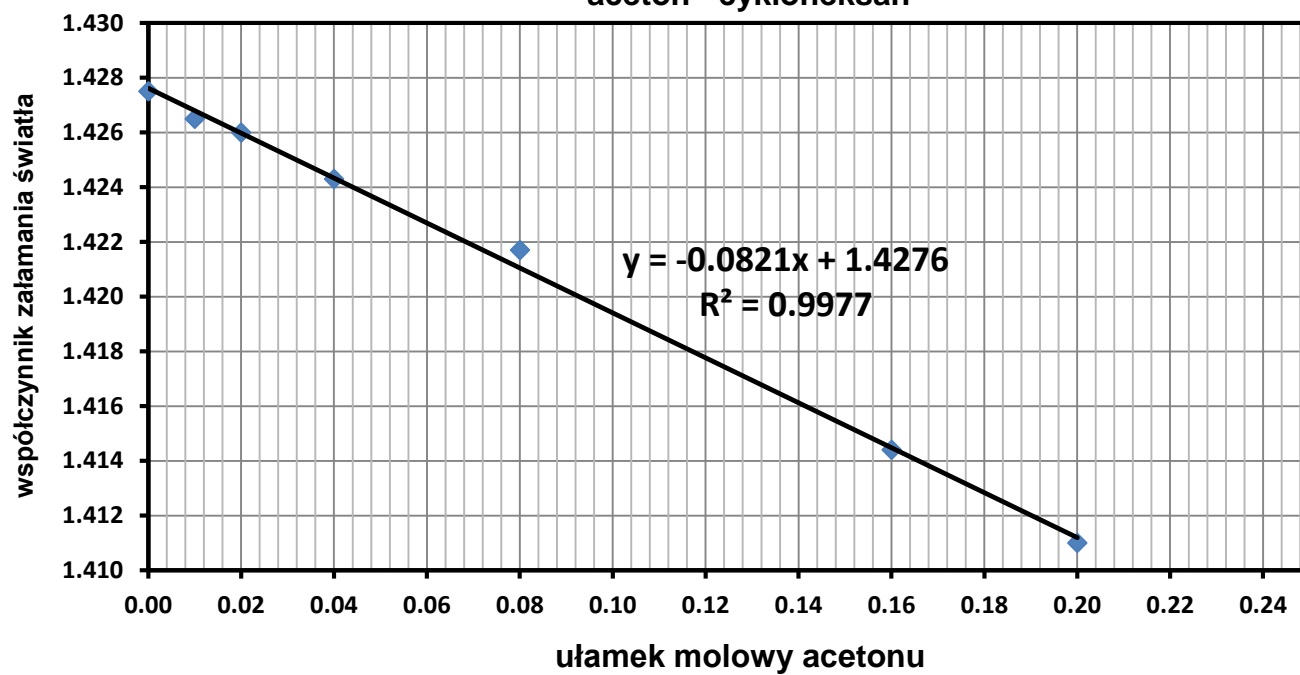
Napełnianie oraz zamykanie piknometru należy przeprowadzać nad kuwetą porcelanową, do której powinien spłynąć niewielki nadmiar cieczy. Po napełnieniu, zewnętrzne ścianki piknometru należy osuszyć bibułą. Po dokonanym pomiarze ciecz z piknometru należy przełać do butelki, z której została pobrana.

## **UWAGA !!!**

**Kondensatora, piknometru, pipety i używanych naczyń nie przemywać wodą.**

## **OPRACOWANIE WYNIKÓW**

1. Na podstawie pomiarów współczynników załamania światła z krzywej wzorcowej odczytać zawartość acetonu (ułamek molowy).
2. Wyniki dokonanych pomiarów przedstawić w formie tabeli.
  - pojemności kondensatora pustego i zawierającego cykloheksan oraz roztwory acetonu w cykloheksanie
  - współczynnika załamania światła cykloheksanu i roztworów acetonu w cykloheksanie
  - masy piknometru pustego oraz zawierającego cykloheksan i roztwory acetonu w cykloheksanie
3. Na podstawie zmierzonych wartości wyliczyć wielkości polaryzacji ( $P_{12}$ ) oraz refrakcji ( $R_{12}$ ) poszczególnych roztworów. Znając wartości ( $R_1$ ), ( $P_1$ ), ( $R_{12}$ ) oraz ( $P_{12}$ ) wyliczyć można wartości ( $R_2$ ) oraz ( $P_2$ ) dla roztworów o różnych stężeniach substancji rozpuszczonej ( $x_2$ ).
4. Sporządzić wykres zależności polaryzacji ( $P_2$ ) oraz refrakcji ( $R_2$ ) roztworów od stężenia acetonu. Wyznaczyć metodą ekstrapolacji polaryzację ( $P$ ) oraz refrakcję ( $R$ ) acetonu.
5. Obliczyć wartość momentu dipolowego acetonu korzystając z równania (7).

Zależność współczynnika załamania światła od składu mieszaniny  
aceton - cykloheksan

## Wzór tabeli i punktów w opracowaniu

..... <i>Wydział</i>		
..... <i>Kierunek Studia niestacjonarne</i>	..... <i>Imię i Nazwisko studenta</i>	..... <i>Data wykonywania ćwiczenia:</i>
<i>Nr grupy:</i> .....		
<i>Nr zespołu:</i> .....	..... <i>Nr ćwiczenia:</i>	..... <i>Nazwisko Prowadzącego:</i>

1. Temat ćwiczenia:
2. Cel ćwiczenia:
3. Wstęp teoretyczny:
4. Pomiary:
5. Obliczenia:
6. Wykresy:
7. Wnioski:

template

<p>.....  <i>Wydział</i></p> <p>.....  <i>Kierunek</i>  <i>Studia stacjonarne/niestacjonarne</i></p>	<p>.....  <i>Imię i Nazwisko studenta</i></p>	<p>.....  <i>Data wykonywania ćwiczenia:</i></p>
<p><i>Nr grupy:</i> .....</p> <p><i>Nr zespołu:</i> .....</p>	<p>.....  <i>Nr ćwiczenia:</i></p>	<p>.....  <i>Nazwisko Prowadzącego:</i></p>