LABORATORIA Z CHEMII FIZYCZNEJ

Wyznaczanie zależności lepkości cieczy od temperatury i stężenia

Wprowadzenie

Sposoby wyznaczania lepkości cieczy można podzielić na dwie grupy w zależności od prawa na którym opiera się dana metoda:

- Prawo Stokes'a
- Prawo Piseuille'a

W pierwszym przypadku lepkość wyznacza się z pomiarów czasu opadania odpowiednio dobranej kulki w badanej cieczy. Gdy kulka porusza się ruchem jednostajnym to siła tarcia wewnętrznego (f_t) i siła wyporu Archimedesa (f_w) jest równoważona przez siłę ciężkości (f_c):

$$f_t + f_w = f_c \text{ czyli } 6\pi\eta r v + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_c g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_k g$$

a po przekształceniu

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{r^2}{v}(\rho_k - \rho_c)g$$

gdzie: η - lepkość dynamiczna, ρ_c - gęstość cieczy, ρ_k - gęstość kulki, r - promień kulki, v – prędkość kulki, g – przyspieszenie ziemskie.
Wykorzystując stałą kulki (K) powyższe równanie można przekształcić do postaci umożliwiającej wyznaczenie lepkości z pomiaru czasu opadania wybranej kulki (t):

$$\eta = Kt(\rho_k - \rho_c)$$

Przykładem aparatury opierającej się na metodzie Stokes'a jest wykorzystywany w tym ćwiczeniu wiskozymetr Hopplera.

W drugim przypadku lepkość wyznacza się korzystając z zależności objętości cieczy (V) przepływającej w czasie t przez rurę o określonym promieniu (r) i długości (l) pod wpływem różnicy ciśnień panujących na obu końcach rury (p_1-p_2):

$$V = \frac{p_1 - p_2}{8\eta l} r^4 \pi t$$

Metoda Poiseuill'a służy również do wyznaczania lepkości z pomiarów względnych naprzykład przy użyciu wiskozymetru Ostwalda. Wtedy znając lepkość cieczy wzorcowej

1. Zadania do wykonania:

Wyznaczyć lepkość cieczy oraz jej roztworów w zadaniach temperaturach stosując metodą Höpplera i metodą Ostwalda.
Zbadano wpływ temperatury na lepkość badanej cieczy i jej roztworów.

2. Aparatura:

- wiskozymetr Höpplera z kompletem kulek, ultratermostat, suwmiarka, stoper
- wiskozymetr Ostwalda, szkło laboratoryjne, gruszka gumowa z wężem.

3. Odczynniki:

olej rzepakowy, olej silnikowy, heksan, heptan, gliceryna, glikol etylowy, woda destylowana.

4. Wyniki pomiaru:

a) metoda Höpplera

W wiskozymetrze Höpplera mierzymy prędkość przepływu kulki przez w ośrodek lepki (przepływ stacjonarny).
Lepkość cieczy obliczamy według wzoru:

$\eta = K \cdot t(d_k - d_c)$ K - stała kulki
t - czas opadania kulki
d_k - gęstość kulki
d_c - gęstość cieczy

Sporządzić podany w tabeli roztwór badanej cieczy.
Czystą, suchą rurę pomiarową napełnić badaną cieczą, w cieczy tej umieścić odpowiednią kulkę, dokonując wyboru kulki tak, aby czas jej przepływu w rurze pomiarowej był w granicach $90\ s \geq t \geq 30\ s$.
Następnie zakręcić górną nakrętkę rury tak, aby w rurze nie znajdowało się powetrze, wiskozymetr jest podłączony do ultratermostatu. Nastawić żądaną temperaturę na termostacie kontaktowym i włączyć termostat. Po ustaleniu się temperatury, wykonano pomiar mierząc stoperem czas opadania kulki między działkami na rurce wiskozymetru. Kulkę ustawiamy w górnym położeniu rurki przez odwrócenie wiskozymetra o 180°.
Każdy pomiar wykonuje się 3 krotnie.
Równolegle z pomiarami lepkości przeprowadza się pomiary gęstości cieczy metodą piknometryczną.

Wyniki bezpośrednich pomiarów przedstawiamy w tabeli.

Pomiar lepkości i gęstości cieczy w funkcji temperatury.

temperatura T [K]	czas opadania kulki t [s]	t [s]	masa cieczy m[g]
298	50,5 51,0 52,0 51,0	51,1	12,9505

b/ metoda Ostwalda

W wiskozymetrze Ostwalda mierzymy czas przepływu stałej objętości cieczy (między kreskami górnego zbiornika) przez kapilarę do zbiornika dolnego.
Lepkość badanej cieczy jest proporcjonalna do czasu wypływu.

$$\eta = \eta_w \frac{dt}{d_w t_w}$$

η_w - lepkość cieczy

d - gęstość cieczy

t - czas wpływu cieczy

Do czystego, suchego wiskozymetru nalać około 10 cm^3 cieczy wzorcowej. Aparat umieścić w naczyniu termostatowym w temperaturze 25°C. Odczekać 10 minut na ustalenie się temperatury. Za pomocą gruszki przepompować ciecz z dolnego zbiornika do górnego, powyżej kreski. Zdjąć gruszkę i zmierzyć czas wypływu między górną i dolną kreską. Pomiar przeprowadzić 3-5 krotnie i wziąć wartość średnią.
Analogicznie zmierzyć czas wypływu podanych w tabeli roztworów

5. Opracowanie wyników.

- Obliczyć lepkość względną badanych cieczy oraz ich roztworów wykorzystując pomiary na wiskozymetrze pomiary na wiskozymetrze Höpplera oraz Ostwalda.

- Sporządzić wykres zależności lepkości od temperatury, gdy stężenie cieczy jest stałe, jako funkcję $\eta = f(T)$ i $-\lg\eta = f(\frac{1}{T})$

- Sporządzić wykres zależności lepkości roztworów od stężenia przy stałej temperaturze

- Obliczyć energię aktywacji lepkości stosując metodę algebraiczną i graficzną

- W sprawozdaniu końcowym (dla grupy) która będzie dysponowała wynikami wszystkich pracujących przez semestr zespołu) posługując się metodą statystyczną określić precyzję obu metod.
Należy obliczyć odchylenia standardowe s

$$S = \sqrt{\frac{(\overline{x} - x)^2}{n-1}}$$

$\overline{x}$ - średnia z kilku pomiarów

x - wartość obliczenia

n - ilość pomiarów

Im mniejsza wartość s , tym większa precyzja metody.

Harmonogram ćwiczeń

Nr zespołu	% objętościowy cieczy w rozpuszczalniku	Temperatura pomiaru ^{o}C
1	30; 10	15, 20, 30, 40

2	20; 10	45, 50, 60, 70
3	30; 40	jak dla zespołu 1
4	80; 20	jak dla zespołu 2
5	50; 60	jak dla zespołu 1
6	50; 60	jak dla zespołu 2
7	80; 100	20, 30, 30, 50

Grupa 21/22 wykonuje pomiary dla glikolu w wodzie.

Grupa 23 " " gliceryny w wodzie.

Parametry kulek dla wiskozymetru Höpplera

kulka	średnica [mm] w 20^oC	masa w [g]	gęstość w [g/cm^3] w 20^oC	stała kulki
1	15,8040 ± 0,002	4,9473	2,394	0,010181
2	15,6340 ± 0,002	4,3040	2,403	0,073356
3	15,5600 ± 0,005	16,0645	8,140	0,124529
4	14,9905 ± 0,05	14,3793	8,150	1,215253
5	13,5500 ± 0,05	10,6331	7,710	10,300000
6	10,0000 ± 0,05	4,0324	7,760	40,500000